



ETUDE ARCHEO GEOGRAPHIQUE DE SYSTEMES AGRICOLES PASSES (19-20E S.)

Etude réalisée pour le SMP du PNR de Brie et des Deux Morin

RESUME

Cette étude s'intéresse au système agricole des années 1850-1950, à l'échelle de la France et de la Seine-et-Marne. Elle vise à décrire ses caractéristiques principales et son évolution au cours du 20e siècle. Elle évoque les grandes mutations survenues après la Deuxième Guerre mondiale, qui ont progressivement modelé le cadre agricole actuel. L'étude identifie des pratiques appartenant au système des années 1850-1950, qui pourraient être réexaminées aujourd'hui et réactualisées, pour une possible réintroduction au bénéfice du système actuel.

Catherine Fruchart

Octobre 2024

Table des matières

Table des matières	1
Introduction	2
1 - Cadre historique de l'agriculture aux 19^e et 20^e siècles	4
1.1 Deux extraits de sources historiques pour évoquer les crises agricoles	4
1.2 Les cadres socio-économiques de l'agriculture du 19 ^e au 20 ^e siècle	6
Les principaux points à retenir dans le chapitre 1	9
2 - Transformations à partir des années 1950 : motorisation, intrants et rendements accrus 10	
2.1 Motorisation des moyens de production et gains d'efficacité productive.....	10
2.2 Forte augmentation des apports d'engrais minéraux (N-P-K) depuis 1950	13
2.3 Développement des Produits Phytopharmaceutiques (PPP) après 1950.....	15
Les principaux points à retenir dans le chapitre 2	19
3 – Utilisation et valorisation des terres du 19^e siècle à 1950, et évolutions	20
3.1 Contraction de la Surface Agricole Utilisée (SAU) avec l'intensification du système de production.....	20
3.2 Différentes qualités des sol considérées au 19 ^e siècle et aujourd'hui.....	22
3.3 Une agriculture extensive et intensive qui se complètent au 19 ^e siècle pour viser des gains durables de productivité et de rentabilité	26
3.3.1 Modèles intensifs et extensifs et améliorations culturales	26
3.3.2 Première période du système « améliorant » : le boisement.....	27
3.3.3 Deuxième période du système « améliorant » : la pâture	28
3.3.4 Focus sur le ray-grass d'Italie et sur le sainfoin, « le fourrage le plus agréable au goût des animaux », qui « rend le lait des bêtes bovines beaucoup plus butyreux »	28
3.3.5 Troisième période du système « améliorant » : la jachère.....	30
3.3.6 Quatrième période du système améliorant : le fourrage de haut rendement.....	30
3.3.7 Les bénéfices du système « améliorant » ont-ils profité à l'agriculture du 20 ^e siècle ?	32
Les principaux points à retenir dans le chapitre 3	37
4 – Une agriculture passée reposant sur des assolements planifiés et sur une large diversité végétale	38
4.1 Le fonctionnement des assolements au 19 ^e siècle	38
4.2 Semences et rendements	46
Les principaux points à retenir dans le chapitre 4	57
Conclusion : principaux résultats de l'étude et proposition d'un modèle de système de production agricole	58
Bibliographie	64

Introduction

Une première étude archéogéographique (2022-2023) avait étudié les évolutions paysagères sur la zone du projet de PNR de Brie et des Deux Morin depuis les années 1780. Les principaux changements identifiés ont été :

- la disparition précoce de nombreux étangs, asséchés dès le 19^e siècle ;
- la progression, discrète mais réelle, des boisements depuis la fin du 18^e siècle ;
- un important développement urbain après 1950 dans les vallées proches des cours d'eau, en particulier autour du Grand Morin et de la Marne ;
- la diminution notable des surfaces enherbées depuis 1970 et la simplification marquée de la mosaïque paysagère agricole traditionnelle autrefois, processus qui s'est généralisé progressivement à partir des années 1950.

Les surfaces dédiées aux cultures sur labours sont apparues relativement stables, par comparaison entre un état initial de référence, établi pour les années 1780, et l'état actuel des usages du sol mesuré d'après les données cartographiques et statistiques disponibles (données IGN, SANDRE et Agreste). Cette résilience des superficies de terres labourées, constatée sur un intervalle de 250 ans, illustre la place durable et de premier plan sur ce territoire, d'une agriculture largement dédiée à la céréaliculture depuis près d'un millénaire.

L'objectif de cette étude est de préciser les caractéristiques du système agricole en place dans les années 1850-1950. L'emprise du territoire agropastoral a connu un optimum durant le 19^e siècle, aussi bien sur la zone du projet de PNR qu'en France plus généralement. Il s'agit de préciser le fonctionnement de ce système agricole passé, de mieux comprendre ses potentialités et ses limites et de le mettre en perspective avec le système agricole que nous connaissons aujourd'hui, résultat de 70 ans de mutations.

En Brie, et plus globalement en France, une profonde réorganisation du monde agricole s'est produite au milieu du 20^e siècle. Elle s'est traduite par un effondrement du pastoralisme, notamment ovin, par des transformations significatives du paysage rural agricole liées au développement de nouvelles méthodes et stratégies de culture, par la raréfaction des cultures fourragères et des surfaces enherbées, et par l'enfrichement ou le boisement de terres durablement inexploitées. Cette révolution agricole du 20^e siècle et ses conséquences, à l'échelle mondiale ou nationale, sont déjà connues et étudiées par des historiens, géographes, économistes ou spécialistes de l'agriculture et de l'environnement (voir par exemple Mazoyer, Roudard 1997).

Ce socle de connaissances, augmenté des données historiques et statistiques anciennes portant spécifiquement sur la Seine-et-Marne, permet d'ébaucher un modèle agricole passé représentatif de l'agriculture briarde, comparable ensuite avec le modèle actuel.

Nous proposons en complément du compte-rendu rédigé au fil de différents chapitres, des extraits de textes et études anciennes, afin qu'ils livrent au lecteur un témoignage le plus fidèle possible sur la perception passée et la présentation de divers aspects fondamentaux du monde agricole d'autrefois, en termes de cadre historique, socio-économique, ou également, de pratiques et techniques culturelles.

Le chapitre 1 présente le cadre historique dans lequel s'insère le système agricole des 19^e et 20^e siècles. Sur cette période, des périodes prospères pour l'agriculture française et des crises, plus ou moins fortes et durables, se sont succédées. Une mondialisation de

l'agriculture est établie dès le 19^e siècle, principalement par l'essor des moyens de transports. Elle entraîne des crises aux 19^e et 20^e siècles, dues en premier lieu à des difficultés économiques. Enfin, les conséquences des Guerres mondiales sont importantes pour le système agricole français, conduisant à la réorganisation du marché mondial du blé, puis à l'émergence du système de production intensif actuel.

Le chapitre 2 expose les grandes transformations du système agricole à partir des années 1950. Celles-ci portent sur la motorisation généralisée des moyens de culture, l'essor majeur des engrais minéraux et des produits phytopharmaceutiques, et globalement, l'intensification systématisée de l'agriculture en vue de maximiser la production. Les engrais azotés et le rapport de l'agriculture à l'énergie (produite et utilisée) font l'objet de développements spécifiques. La question de l'évolution des rendements des principaux végétaux cultivés sur la zone du projet de PNR est également examinée, autour du blé, de l'avoine, de l'orge, du maïs, de la betterave, de la pomme de terre et de la luzerne.

Le chapitre 3 s'appuie sur des données chiffrées extraites des statistiques agricoles publiées annuellement depuis les années 1870, pour documenter l'évolution de la surface agricole utilisée (SAU) et des différentes cultures principales passées, en France et en Seine-et-Marne. La façon dont les qualités de sols étaient prises en compte par l'agriculture au 19^e siècle est examinée, puis contextualisée par rapport à aujourd'hui. Le chapitre 3 aborde aussi le recours aux « cultures améliorantes », préconisé au 19^e siècle pour rechercher l'amélioration générale et durable des sols cultivés et de leurs productions. La méthode reposait sur quatre usages des sols conduits successivement : boisement, pâture, jachère et culture de fourrage vert. Inscrite dans un fonctionnement extensif qui mobilisait des terrains sur une longue durée, la « culture améliorante » était un moyen économiquement viable d'exploiter des terrains de faible rentabilité initiale, en visant à terme l'installation d'une agriculture intensive optimisée et performante.

Le chapitre 4 détaille la pratique passée des assolements avec rotation de cultures, méthode culturale à la base du système agricole jusqu'à la Deuxième Guerre mondiale. Cette technique complexe utilisée pendant des siècles par l'agriculture, consistait à diviser les surfaces cultivées en parcelles proportionnées par rapport aux diverses récoltes recherchées annuellement, en planifiant une rotation des diverses cultures sur des durées variables, parfois au-delà de dix ans. Un assolement bien conçu et adapté aux sols cultivés permettait d'optimiser les rendements céréaliers, d'assurer la fertilité durable des sols sans nécessairement recourir à la jachère morte, et de minimiser naturellement la prolifération d'adventices, de maladies ou de ravageurs. Le chapitre 4 s'intéresse aussi aux caractéristiques des blés cultivés autrefois et à la diversité des semences, sélectionnées localement pour optimiser les cultures et les récoltes. Une compilation de variétés adaptées aux sols de Brie, et dont les semences existent encore, est proposée sous la forme d'un tableau récapitulatif.

En conclusion de l'étude, des pistes à explorer pour faire évoluer le modèle agricole actuel sont évoquées, et un modèle schématique de système d'exploitation est proposé. Ces pistes portent sur le possible réinvestissement d'anciens espaces agricoles délaissés depuis plusieurs décennies pour y développer des pâtures, la réintroduction d'un principe de rotation de cultures et d'une mosaïque paysagère plus marquée, un recours plus important aux prairies temporaires et fourrages verts, en particulier la luzerne et le sainfoin, et enfin, une diversification des semences pour gagner en valeur ajoutée sur les cultures phares de la zone du projet de PNR, en particulier le blé.

1 - Cadre historique de l'agriculture aux 19^e et 20^e siècles

Depuis le début du 19^e siècle, on peut identifier, à partir de sources historiques et d'articles scientifiques (Josseau 1867 ; Hitier, 1901, 1932 ; INA 1933 ; Lhomme 1970 ; Alfroy 1976 ; Flamant 2010 ; Vivier 2011), deux périodes plutôt considérées comme prospères pour l'agriculture française (en vert, fig. 1) et plusieurs moments de crises aux durées et intensités variables (en violet, fig. 1).

Pour la plupart, ces crises ont des points communs, en particulier l'incapacité durable pour les agriculteurs d'atteindre une rentabilité économique de leur production.

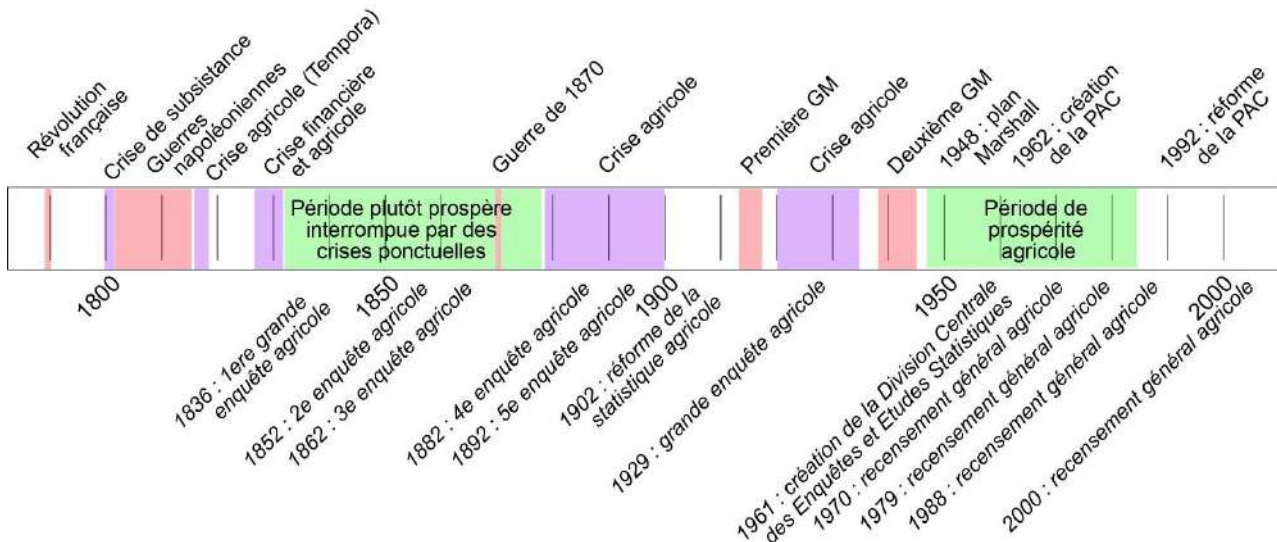


Fig. 1 – Périodes de crises et de prospérité pour l'agriculture française entre 1800 et 2000 et éléments chronologiques sur les données statistiques agricoles.

1.1 Deux extraits de sources historiques pour évoquer les crises agricoles

Les extraits qui suivent, écrits durant la crise agricole des années 1920-30, évoquent des causes et symptômes alors perçus comme récurrents dans les crises agricoles depuis 1800, liés à des aléas climatiques et des difficultés économiques ; on ne peut manquer d'y voir des points communs avec les crises agricoles contemporaines, notamment d'ordre économique.

Extrait 1 : Revue des Deux Mondes, vol. 10 n° 2, ch. V, p. 395-413 (Hitier 1932) :

« Dans tous les temps et dans tous les pays, l'agriculture a connu périodiquement de mauvaises années, des années de vaches maigres, saisons défavorables, gelée, pluies excessives, sécheresses prolongées, etc., entraînant des diminutions ou des pertes de récolte qui occasionnent aux producteurs agricoles une gêne plus ou moins forte ; de même, la baisse brusque des prix de vente de certains produits ne permet plus de couvrir les frais engagés dans telle ou telle culture, dans tel ou tel élevage. Ce sont là des accidents dont l'agriculture ne connaît que trop le retour. La crise actuelle n'est pas un de ces accidents ; elle se caractérise, au contraire, par son universalité. Tous les pays du monde sont atteints et aucun produit n'y échappe. L'agriculteur se voit dans l'impossibilité d'écouler ses produits à un prix rémunérateur. (...) Le sucre, la viande, etc., sont en état de

surproduction comme le blé : devons-nous aussi renoncer à les produire parce que Cuba et Java peuvent produire le sucre, l'Argentine et la Nouvelle-Zélande la viande à meilleur marché ? Le maintien de l'agriculture en Europe n'est pas un problème purement économique ; il est nécessaire pour des raisons historiques, sociales, et nationales. »

Extrait 2 : Annales de l'Institut National Agronomique, tome XXVI, p.201-233 (INA 1933) :

« Je sais qu'il est de bon ton et de mode de prétendre qu'avec l'égoïsme et l'ignorance habituels aux individus et aux générations, chacun a tendance à dramatiser et à amplifier les événements qu'il contemple journallement. (...) Ecoutez plutôt : « La cherté des journées des journaliers et ouvriers est poussée à un point si excessif que les propriétaires qui font exploiter leurs biens n'en peuvent rien retirer et que tout est consommé par les frais. » Ce n'est point signé d'hier par M. Samuel de Lestapis, mais par l'intendant d'Auvergne qui écrit au Roy à la date du 25 avril 1724. (...) On voudrait ainsi nous convaincre qu'il n'y a rien de nouveau sous le soleil, ce que nous savions déjà, et que la crise présente n'est qu'une répétition à échelle peut-être agrandie des crises antérieures. (...) Nous dénombrons, nous enregistrons les crises et leur périodicité. (...) Nous avons noté les causes attribuées à leur régularité, dont certaines sont agricoles : témoin celle de Stanley Jevons, qui les fait dépendre des taches solaires et de leur répercussion sur les récoltes, ou celle du professeur Moore, pour qui les cycles des révolutions de la planète Vénus détermineraient les cycles des pluies ; ceux-ci détermineraient les cycles des récoltes ; ces dernières détermineraient les prix agricoles, lesquels à leur tour détermineraient enfin le mouvement économique général. (...) Ce qui fait la gravité, la durée et l'intensité de la crise actuelle, c'est qu'en réalité elle est le point de jonction de trois catégories de crises économiques qui superposent et additionnent leurs effets, et qu'elle se complique d'éléments politiques et psychologiques tenant à l'étroite solidarité des hommes et des branches d'activité à l'intérieur de chaque pays et des différentes nations de par un monde où l'économie n'est plus domestique, nationale ou coloniale, mais véritablement universelle.

1° Une crise de longue durée, marquée par un arrêt de la hausse des prix, ininterrompue depuis 1896.

2° Une crise cyclique ou périodique de surproduction annoncée depuis longtemps et qu'a déclenchée brutalement en octobre 1929 la panique boursière de Wall-Street.

3° Une crise de structure ou de transformation de l'économie générale qui fait dire à certains que nous sommes en face d'une crise de régime. (...)

Une telle superposition de causes de déséquilibre économique, une telle tentative de l'organisation de la production, de la distribution et du crédit, ont pour effet qu'elles (...) entraînent [l'agriculture] dans la crise et l'atteignent même souvent la première dans ses œuvres vives. Aussi, à des degrés divers selon les latitudes, les régions et les contrées, l'agriculture s'industrialise ; elle s'organise financièrement, commercialement, sur un plan voisin de celui de l'industrie dont elle partage les erreurs en matière de crédit, avec l'aggravation d'une immobilisation plus longue et d'un rendement plus incertain ; elle subit les conséquences politiques et territoriales de la guerre et des traités ou des bouleversements sociaux qui en ont accompagné la fin. »

1.2 Les cadres socio-économiques de l'agriculture du 19^e au 20^e siècle

Peu après la Révolution française, une courte crise de subsistance alimentaire survient au début du 19^e siècle, provoquant une envolée du prix des céréales (Vivier 2011). Après les guerres napoléoniennes (1803-1815), une nouvelle crise agricole est consécutive à l'éruption du volcan Tempora en 1815 (Indonésie). Les récoltes sont affectées à l'échelle de l'Europe et la France est plus fortement impactée que les pays voisins, car elle sort d'une guerre. La fin des années 1820 est marquée en France par une nouvelle crise agricole, entre 1828 et 1832. Elle débute en 1825 par une crise financière en Angleterre qui s'étend progressivement à l'Europe. Elle est aggravée par de mauvaises récoltes entre 1826 et 1829. Ensuite, plusieurs épisodes ponctuels difficiles pour l'agriculture française interviennent au cours des années 1830-1880 (1839, 1846, 1855, 1861, 1866). Toutefois, cette période est plutôt considérée comme globalement prospère par les sources historiques. Les problèmes qui surviennent sont tantôt dus à des aléas climatiques (sécheresse, pluies excessive, grêle, gel), tantôt causés par des maladies ou des ravageurs. Ils sont aussi parfois consécutifs à des épidémies ou à des tensions économiques sans lien initial avec le milieu agricole.

En 1901, l'agronome Henri Hitier décrit le système de production agricole traditionnel autrefois intégré au cadre économique et social de la France, jusqu'au milieu du 19^e siècle : « Chercher à obtenir sur les terres de sa ferme la plupart des produits dont il pouvait avoir besoin pour lui-même et l'entretien de sa famille, s'assurer surtout par une culture étendue de céréales le pain quotidien, tel a été pendant longtemps le but principal de l'agriculteur. Le surplus de sa production avait un débouché assuré dans le pays même où se trouvait son exploitation (...) Certaines cultures, bien que le sol et le climat du pays ne leur fussent parfois pas favorables, étaient en quelque sorte nécessaires, et le haut prix auquel on pouvait espérer vendre les produits ainsi obtenus venait compenser la médiocrité des rendements » (Hitier 1901, p. 385).

Voici, d'après la statistique de 1852, la répartition des propriétaires, suivant qu'ils habitent dans le pays, qu'ils cultivent ou non leurs terres, qu'ils cultivent seulement pour eux-mêmes ou en même temps pour autrui.

ARRONDISSEMENTS.	NOMBRE DES PROPRIÉTAIRES			
	ayant des propriétés dans l'arrondissement sans y demeurer.	demeurant dans l'arrondissement sans cultiver eux-mêmes.	ne cultivant que par eux-mêmes.	cultivant pour eux-mêmes et pour autrui (journaliers).
Melun.....	3,869	713	2,273	3,865
Coulommiers.....	5,402	1,636	2,437	3,904
Fontainebleau.....	8,946	1,476	4,358	7,234
Meaux.....	7,648	2,911	4,470	5,829
Provins.....	7,039	1,274	3,751	3,751
TOTAUX.....	32,904	8,010	17,289	23,941

Il est probable que cette proportion s'est modifiée depuis 1852, et que le nombre des petits propriétaires cultivant par eux-mêmes, soit qu'ils travaillent en même temps ou ne travaillent pas pour autrui, s'est accru dans beaucoup de localités.

Fig. 2 – Extrait d'une Enquête agricole de 1867 (Josseau 1867, chap. Seine-et-Marne p. 65)

Du point de vue foncier, les statistiques agricoles, qui se mettent en place à partir des années 1830, font ressortir une dynamique de division de la propriété agricole durant tout le 19^e siècle, menant à l'augmentation des petites propriétés. Ceci est évoqué, par exemple, dans une publication statistique sur la Seine-et-Marne en 1867 (Josseau 1867, fig.2).

Au début du 20^e siècle, la propriété rurale reste inscrite dans une dynamique de morcellement et de multiplication. Et, pour l'opinion publique des années 1900, les petites exploitations agricoles sont réputées avoir un statut social supérieur à celui des grands domaines (Alfroy 1976 p. 280).

Un essor majeur des voies de communication à partir de 1850, en particulier du chemin de fer et du transport maritime, a favorisé une internationalisation progressive du commerce des denrées agricoles. Ce phénomène est venu bouleverser le fonctionnement du système traditionnel français (Hitier 1901). Or, au milieu du 19^e siècle, l'agriculture française était en retard sur d'autres pays et manquait de compétitivité (Hitier 1901, Lhomme 1970). Durant la deuxième moitié du 19^e siècle, les agriculteurs ont cherché à intensifier leurs modes de culture, en s'appuyant sur des progrès scientifiques et en multipliant les expérimentations innovantes. Ils ont tenté de mettre à niveau leur compétitivité économique et productive, principalement par rapport à des pays nouveaux sur le marché européen grâce au développement des transports (Russie, Amérique), capables de produire abondamment à bas coût, puis d'exporter loin leurs denrées. Certaines cultures, qui n'étaient plus viables économiquement dans leurs conditions naturelles de sol et de climat en France, furent ainsi remplacées par des productions mieux adaptées à leur milieu (Hitier 1901). On voit, dans la deuxième moitié du 19^e siècle en France, un essor remarquable des produits de laiterie, des vergers et des jardins. Cette période est également celle de nouveaux progrès scientifiques, portant sur la conservation des aliments, l'amélioration des procédés de fertilisation, la sélection d'espèces plus productives ou résistantes, ou encore, la mise au point de machines agricoles améliorant significativement les performances. Les pouvoirs publics promeuvent les recherches en agronomie et l'enseignement technique supérieur, améliorent leurs processus de suivi statistique des grandes variables du monde agricole et rendent même obligatoire l'enseignement agricole dès l'école élémentaire (1882). Des systèmes coopératifs et syndicaux se mettent en place ; les aides financières publiques sont cependant très limitées.

Malgré les efforts de l'agriculture française et la mutation du système productif, on aboutit vers 1880 à une crise mondiale sévère et prolongée. Fondée sur le gain de productivité, la diversification et l'augmentation des productions, mais inscrite dans un contexte d'intense compétitivité internationale, la production française vient s'ajouter à des stocks mondiaux déjà en forte augmentation. L'ensemble conduit à une baisse mondiale des prix de vente, et à une crise longue et marquée à la fin du 19^e siècle, touchant l'agriculture de nombreux pays, dont la France.

Avec le début du 20^e siècle, le monde agricole sort progressivement de deux décennies de crise, trouvant une certaine stabilité mais n'atteignant pas pour autant une dynamique de prospérité (Lhomme 1970). Rapidement, la Première Guerre mondiale intervient, avec ses conséquences désastreuses. La déprise démographique rurale amorcée au milieu du

19^e siècle s'accroît et touche aussi la population agricole. Les pertes humaines sont considérables et la natalité baisse. Le conflit mondial a entraîné une modification du fonctionnement du commerce du blé, moteur de l'agriculture française depuis plusieurs siècles. L'Europe, leader historique de production du blé, subit une forte baisse des récoltes sur la période 1914-1918 (- 60 %), alors que la demande mondiale augmente au même moment. Ceci permet l'essor du blé en Amérique et en Australie. Après la guerre, la reprise de l'activité agricole en Europe, cumulée aux productions des nouveaux marchés, amène un important surstock mondial de blé. Malgré le maintien artificiel de son prix à un niveau élevé en Amérique par des aides et crédits, le marché mondial du blé finit par s'effondrer. Un phénomène analogue se produit avec le sucre (betterave). La crise de la céréaliculture favorise un report sur les fruits et légumes, l'élevage, la production d'œufs, de volaille et de lait. Mais peu à peu, la crise économique s'étend aussi à ces nouveaux débouchés, alors qu'en même temps, les coûts de production et les charges augmentent (Hitier 1932, Flamant 2010). On aboutit à une crise agricole sévère et généralisée au cours des années 1920.

Une des conséquences de la crise économique des années 1920-30 pour le monde agricole a été la création de structures destinées à maîtriser le marché du blé. Cette céréale est la première production de référence de l'agriculture française aujourd'hui tout comme il y a deux siècles (Flamant 2010). C'est le cas en Seine-et-Marne, et sur l'emprise du projet de PNR, où le blé occupe une place de premier plan depuis le 19^e siècle. Entre les deux guerres mondiales, l'agriculture bénéficie de plusieurs innovations sociales : création de l'Office interprofessionnel du blé (ONIB, Chatriot 2016), création de coopératives de collecte et de stockage de produits agricoles. Par ailleurs, plusieurs lois pour la protection d'appellations d'origine sont promulguées. La Deuxième Guerre mondiale vient interrompre cette dynamique.

Après le deuxième conflit mondial, les pouvoirs publics promeuvent une augmentation de la productivité agricole et des surfaces des exploitations. Des progrès techniques sont mis en avant, tels que l'intensification des systèmes agricoles, la motorisation, la conversion des prairies permanentes en terres labourées. En outre, « *la conception d'un grand organisme de recherche agronomique, formulée au début des années 40 sur la base de l'expérience de l'Institut de recherches agricoles des années 30, se concrétise dès 1946, par la création de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Le volet agricole du Plan Marshall introduit en France, à partir de 1948, les maïs hybrides et les machines agricoles motorisées* » (Flamant 2010, p. 11). Ensuite, les lois d'orientation agricole de 1960 et 1962 (Pisani) sont importantes et annoncent la Politique Agricole Commune (PAC) initiée en 1962. En France, cette politique agricole est accompagnée d'actions volontaristes de recherche et de formation visant à améliorer la productivité des cultures et des élevages. L'intensification des modes de production végétale et animale et l'expansion de la motorisation continuent, des améliorations génétiques des espèces sont obtenues et l'usage des produits phytosanitaires se généralise (Alfroy 1976, Flamant 2010).

Les principaux points à retenir dans le chapitre 1 :

- Depuis 1800, l'agriculture a connu deux périodes prospères : au milieu du 19^e siècle et dans la deuxième moitié du 20^e siècle. Il y a eu plusieurs crises, les plus importantes étant entre 1880-1900 et 1920-1935.
- Les crises sont parfois dues à des aléas climatiques, mais sont surtout liées à des difficultés économiques. Elles ont pour point commun l'incapacité durable pour les agriculteurs d'atteindre une rentabilité économique de production.
- Le développement des transports ferroviaires et maritimes a mondialisé l'agriculture dès le milieu du 19^e siècle, menant à la crise de 1880-1900.
- Depuis le début du 19^e siècle et jusqu'au début du 20^e siècle, la propriété rurale est inscrite dans une dynamique de morcellement et de multiplication. Pour l'opinion publique des années 1900, le statut social des petites exploitations agricoles est réputé supérieur à celui des grands domaines.
- La Première Guerre mondiale a interrompu une dynamique d'innovations agricoles initiée en France au cours du 19^e siècle pour gagner en compétitivité sur le marché international ; cette guerre a affaibli la place historique de premier plan occupée par la France sur le marché international du blé.
- La crise des années 1920-30 a conduit à créer des structures destinées à maîtriser le marché du blé (ONIB, coopératives de collecte et de stockage).
- La relance économique globale consécutive à la Deuxième Guerre mondiale a favorisé une agriculture intensive visant l'augmentation de la productivité agricole et des surfaces des exploitations.
- Avec l'arrivée de la PAC (1962), ces objectifs d'intensification ont été poursuivis.

2 - Transformations à partir des années 1950 : motorisation, intrants et rendements accrus

2.1 Motorisation des moyens de production et gains d'efficacité productive

Jusqu'à la Deuxième Guerre mondiale, la traction animale reste à la base des travaux des champs (fig. 3) et l'agriculture fonctionne encore largement sur le même modèle qu'au 19^e siècle. Le tracteur commence à être utilisé par des exploitations du Bassin parisien dans les années 1930.

II. ATTELAGES.
Effectifs des animaux de travail.

	1929. (1)	1938. (2)	1940. (2)	1941. (2)	1942. (3)	1943. (3)	1944. (3)	1945. (4)
Chevaux de plus de 3 ans	2.345.140	2.139.240	1.633.953	1.744.482	1.730.882	1.687.844	1.594.592	1.746.000
Bœufs de travail . . .	964.821	"	"	"	1.038.003	1.107.375	1.069.920	"
Vaches de travail . . .	"	"	"	"	1.893.787	1.898.892	1.736.034	"

(1) Enquête de 1929. — Lors de cette enquête, les vaches de travail n'ont pas fait l'objet d'une rubrique particulière.
 (2) Avant 1942, les statistiques agricoles ne spécifiaient pas les effectifs des bœufs et des vaches au travail.
 (3) Depuis 1942 les effectifs indiqués sont ceux fournis par les enquêtes agricoles d'automne.
 (4) Enquête d'automne rectifiée.

Fig. 3 – Effectifs des animaux d'attelage entre les deux guerres mondiales (source : Statistique agricole annuelle 1945, Ministère de l'Agriculture – INSEE)

Une étude de 2018 s'est intéressée à l'évolution de la consommation d'énergie par le système agricole français entre 1882 et 2013 (Harchaoui, Chatzimpiros 2018). Elle a établi qu'en France, la production nette d'énergie et l'excédent des exploitations sont passées d'un multiplicateur deux à un multiplicateur quatre sur la période 1882-2013 ; en même temps, l'autosuffisance énergétique qui prévalait autrefois a été réduite à zéro. Cette mutation intervient au cours des années 1950-1960 (courbe noire, fig. 4).

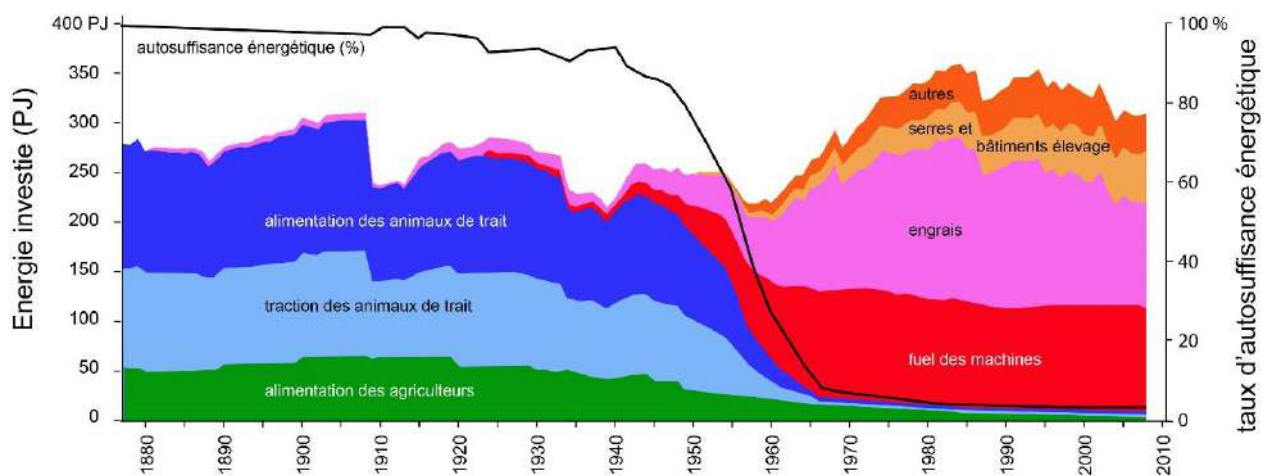


Figure d'après Harchaoui, Chatzimpiros 2018, fig. 5

Fig. 4 – Evolution des grands postes d'énergie investie dans le système productif agricole.

La consommation totale d'énergie est restée relativement stable sur la période 1882-2013, estimée par l'étude entre 250 et 300 PJ (Pétajoules) sur la période 1882-1970, et 300-350 PJ entre 1970 et 2013. C'est la structure énergétique de l'agriculture qui a totalement changé, avec la motorisation généralisée de la machinerie agricole, et l'électrification des bâtiments. Le nombre de tracteurs (fig. 5) a été multiplié par 10 entre 1950 (136 400 unités) et 1975 (1,363 millions).

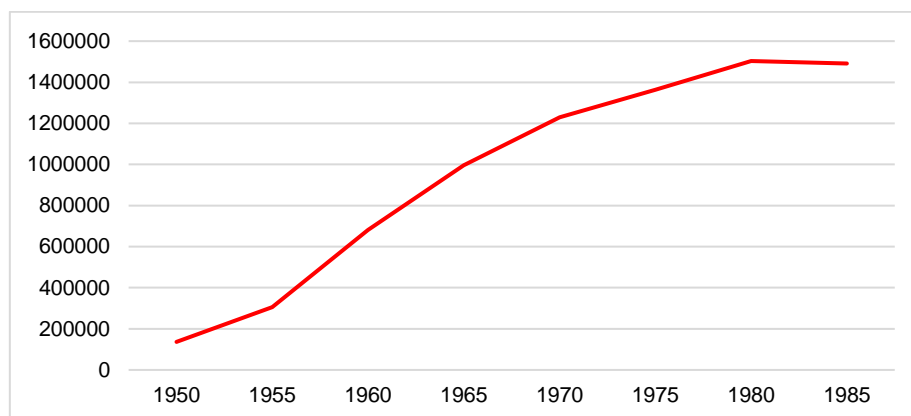
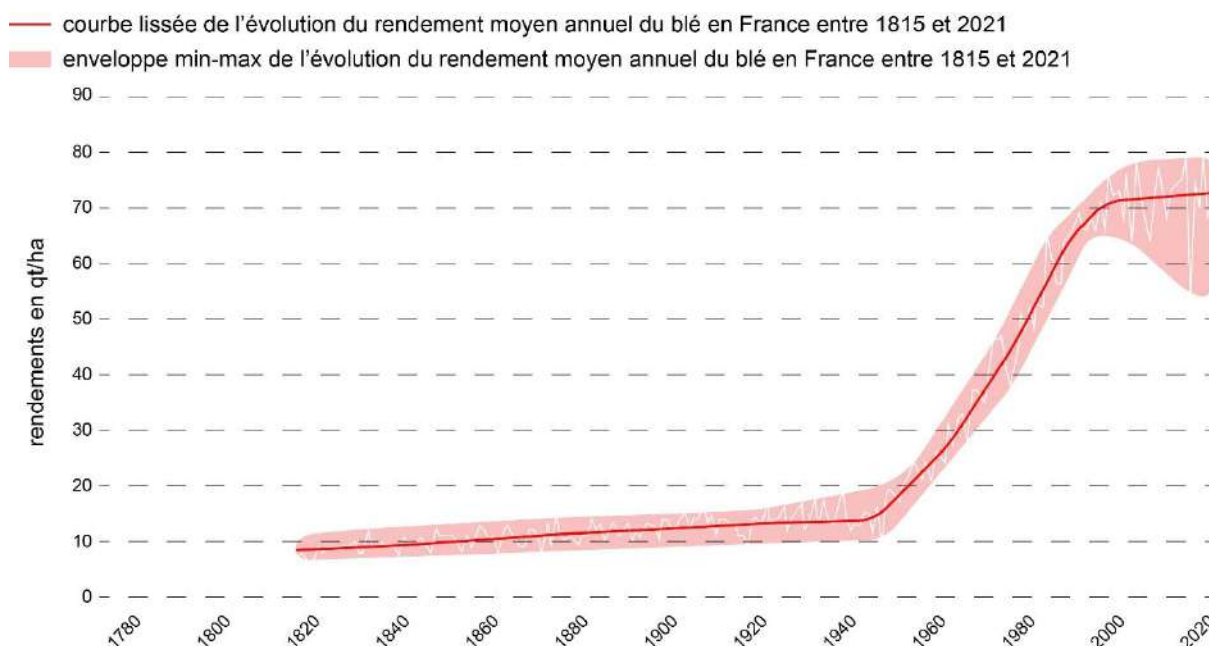


Fig. 5 – Nombre de tracteurs en service en France entre 1950 et 1985

Jusqu'en 1950, l'agriculture consommait autant d'énergie pour fonctionner qu'elle générait de surplus grâce à ses productions, exportées vers la population non agricole. Le rendement énergétique de l'agriculture était donc égal à deux. Après 1950, le remplacement des animaux de trait par des moteurs, l'augmentation des apports de fertilisants, la multiplication des produits phytosanitaires à disposition, et plus globalement, des séries d'améliorations, ont permis l'accroissement substantiel des rendements et donc, des quantités produites. Les courbes des rendements annuels du blé tendre à l'hectare sur les deux derniers siècles, en France (fig. 6) et plus spécifiquement en Seine-et-Marne (fig. 7), en témoignent.



sources : Statistiques agricoles historiques, données Agreste, GNIS - Unigrains - FranceAgriMer. Académie d'Agriculture

Fig. 6 – Evolution du rendement à l'hectare du blé tendre en France de 1820 à 2020.

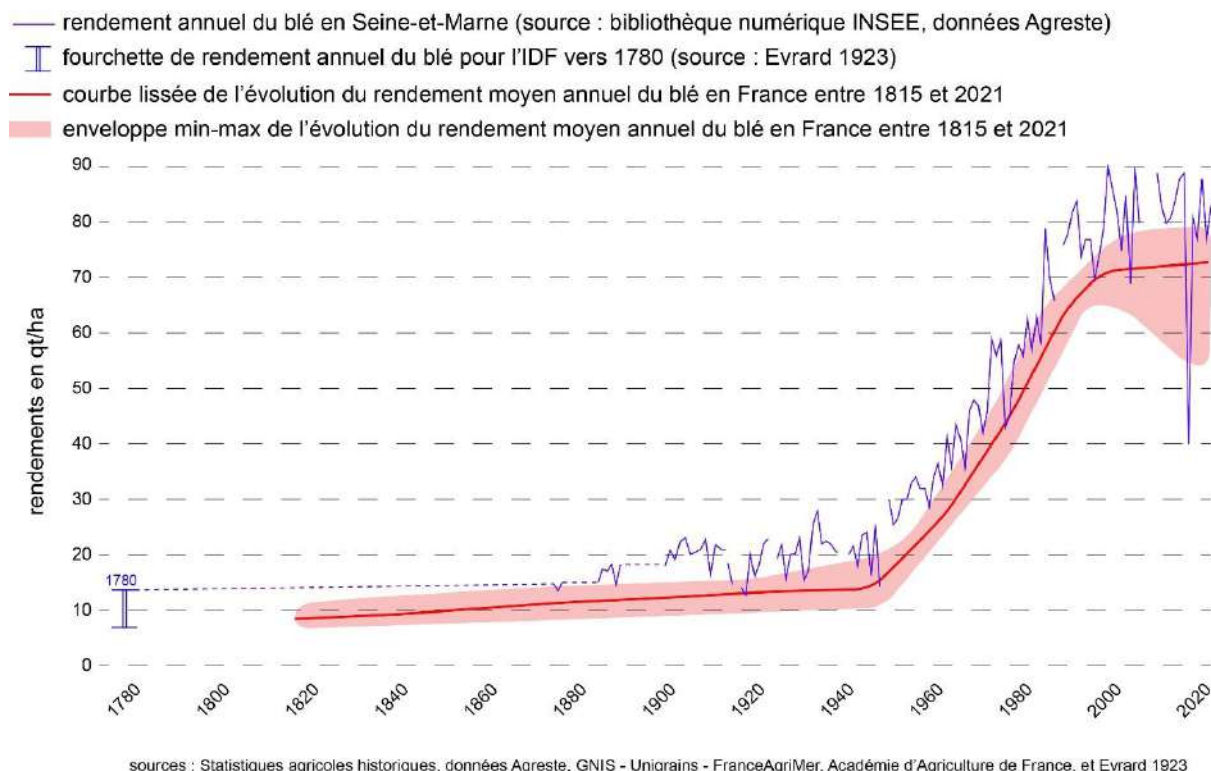


Fig. 7 – Comparaison de l'évolution du rendement annuel à l'hectare du blé tendre en France et en Seine-et-Marne depuis 1780.

Grâce à cette progression spectaculaire de la productivité, qui débute dès la fin des années 1940 pour le blé tendre à l'échelle nationale, le rendement énergétique agricole français est passé de deux à quatre au cours des 50 dernières années.

Entre 1940 et 2000, les productions agricoles ont progressé (en volumes et en poids) beaucoup plus vite que l'accroissement de la population. La France passe de 40 millions d'habitants en 1940 à 66 millions en 2023 (+ 67 %). Et, pour rester sur l'exemple du blé tendre, 7,3 millions de tonnes de grains étaient produits en 1939 à la veille de la Deuxième Guerre mondiale, contre 35,7 millions de tonnes en 2000 (+ 489 %). En Seine-et-Marne, 0,22 millions de tonnes de blé tendre étaient produits en 1937 et 1,2 millions en 2000 (+ 545 %). La population de Seine-et-Marne est passée de 0,4 millions d'habitants en 1936 à 1,4 millions en 2019 (+ 350 %).

Mais, après une croissance spectaculaire entre 1950 et 1990, les rendements du blé progressent peu depuis 30 ans, et les écarts annuels s'accroissent même maintenant, évoquant une tendance plutôt à la baisse (zone en rouge pâle englobant la courbe blanche des résultats annuels nationaux sur la figure 6 et pics négatifs sur la courbe bleue pour la Seine-et-Marne, figure 7). L'année 2016, en particulier, a été caractérisée par des rendements très faibles, et un phénomène similaire se produit probablement en 2024.

La transition énergétique agricole du 20^e siècle s'est traduite par la mise en place d'une dépendance complète aux énergies fossiles, associée à un régime priorisant l'exportation alimentaire. Si l'agriculture était autrefois deux fois moins performante du point de vue énergétique, elle fonctionnait sur un régime autosuffisant, ce qui peut être considéré comme un atout face à la dépendance aux combustibles fossiles, à la volatilité des prix

et aux émissions de gaz à effet de serre, en dépit de la baisse notable du surplus agricole pouvant être exporté¹.

2.2 Forte augmentation des apports d'engrais minéraux (N-P-K) depuis 1950

Une augmentation forte et rapide des apports d'engrais minéraux (azote, phosphore et potassium) intervient après la Deuxième Guerre mondiale (fig. 8 et 9). L'azote exploitable par les végétaux pour leur croissance a différentes origines : fixation biologique dans le sol, origine atmosphérique, organique et minérale (fig. 8). L'azote obtenu par fixation biologique (fig. 8, en bleu foncé) domine jusqu'à la Deuxième Guerre mondiale. L'emploi d'engrais minéraux (bleu clair) se généralise ensuite.

La fixation biologique de l'azote a joué un rôle essentiel dans la fertilisation des terres agricoles pendant environ dix mille ans – depuis l'invention de l'agriculture durant la Préhistoire – en particulier grâce à la culture de végétaux fixateurs d'azote dans le sol et aux jachères, usages attestés par des textes dès l'époque romaine, il y a plus de deux mille ans. L'azote assimilé à partir de sa provenance atmosphérique (fig. 8, en rose) représente seulement 5 % des apports totaux et l'azote provenant de l'alimentation des animaux d'élevage (en vert), restitué par épandage des déjections, représente moins de 10 % des apports. La contribution de l'azote minéral, très faible jusqu'en 1950, représente les deux-tiers des apports azotés en 2013 (70 % entre 1980 et 2000).

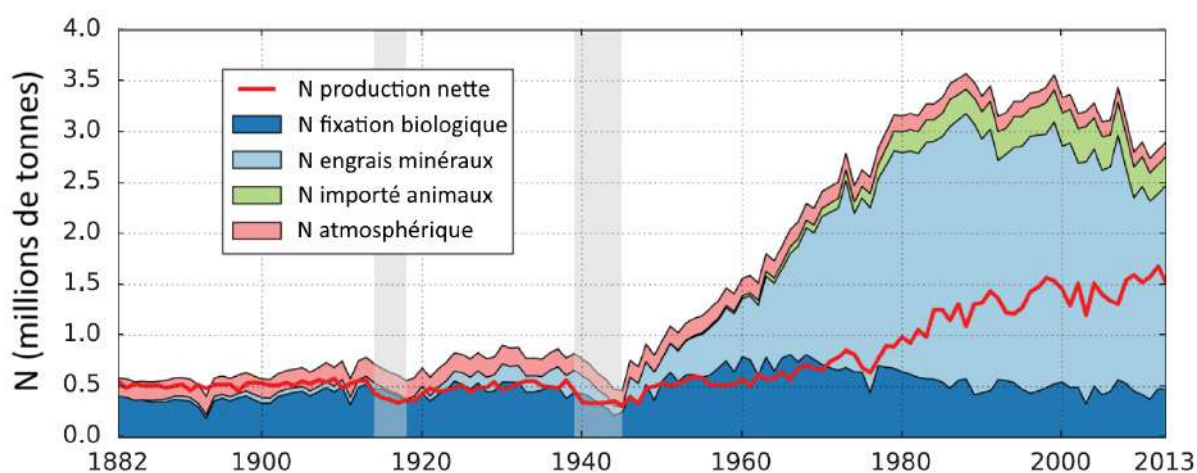


Fig. 8 - Origines de l'azote (N) dans le système agricole français entre 1882 et 2013. Figure extraite de <https://resiliencealimentaire.org/engrais-nutriments-et-fertilite-des-sols/> reprise et traduite de Harchaoui, Chatzimpiros 2018

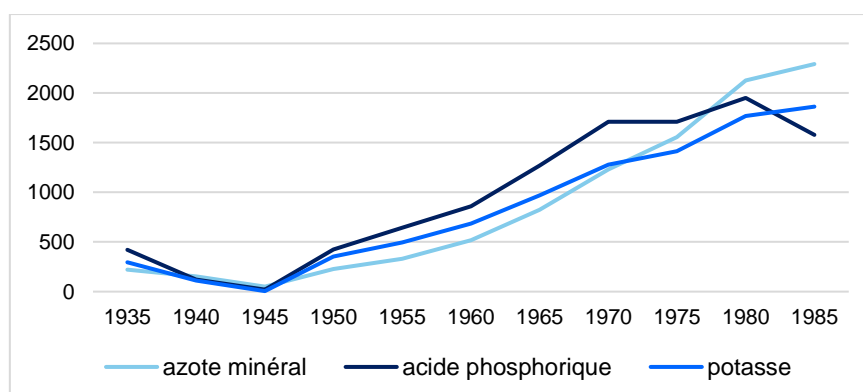


Fig. 9 – Apports annuels de fertilisants en France entre 1938 et 1985 (valeurs en milliers de tonnes)

¹ Hypothèse formulée par Harchaoui, Chatzimpiros 2018.

Les apports d'engrais phosphorés (P) et potassiques (K) progressent aussi entre 1945 et 1985 (fig. 9), à des niveaux un peu inférieurs à ceux de l'azote. La courte période de la Deuxième Guerre mondiale est marquée par une régression temporaire et presque totale de tous les apports d'engrais minéraux.

L'azote (N), élément indispensable à la vie, intervient dans la constitution de nombreuses biomolécules. C'est un fertilisant fondamental pour la croissance des végétaux. Les plantes absorbent l'azote dans le sol par leurs racines, principalement sous forme de nitrate (NO_3^-) et d'ammoniac (NH_3). L'azote entre dans le sol et en sort en permanence. L'entrée s'effectue par trois voies principales : le recyclage de la matière organique en décomposition (humus, résidus de récolte, effluents d'élevage) ; la fixation biologique de l'azote ; l'apport d'engrais azotés.

Certaines espèces végétales savent interagir avec des bactéries du sol qui captent l'azote de l'air. Ce processus, nommé fixation biologique de l'azote atmosphérique, est mis en œuvre exclusivement par l'action de bactéries du sol en symbiose avec le système racinaire de plantes, notamment certains arbres (aulne, argousier) et des légumineuses comme le soja, la luzerne, le haricot, la lentille, le sainfoin ou le trèfle. Il existe aussi des bactéries libres dans le sol qui fixent l'azote atmosphérique, sans avoir recours à une symbiose végétale, mais elles contribuent pour seulement 5 à 10 % à la fixation biologique de l'azote. Aujourd'hui, la fixation biologique de l'azote à l'échelle mondiale est estimée entre 150 et 250 millions de tonnes par an, dont environ 50 millions de tonnes par les légumineuses en symbiose. En comparaison, la production industrielle mondiale d'engrais azotés représente environ 100 millions de tonnes par an.

Dans le système agricole en place jusqu'au milieu du 20^e siècle, le cycle de l'azote du sol reposait presque entièrement sur le recyclage de la matière organique en décomposition et la fixation biologique de l'azote. Les apports d'azote minéral, qui ont débuté de manière confidentielle à partir des années 1840 (Mazoyer, Roudart 1997), se sont développés progressivement, et sensiblement moins vite en France que dans d'autres pays d'Europe ou sur d'autres continents ; il en va de même pour l'emploi de l'acide phosphorique et de la potasse.

L'étude de Harchaoui et Chatzimpiros montre que les apports d'azote minéral (fig. 8, bleu clair) contribuent beaucoup moins bien à la production nette d'azote par les cultures (fig. 8, courbe rouge) que la fixation biologique (bleu foncé). En effet, jusqu'en 1970, la quantité d'azote exportée du sol annuellement (*i.e.* les récoltes végétales) était presque égale à celle de l'azote disponible dans le sol, obtenu par fixation biologique ; le bilan annuel total était proche de zéro. La transformation en végétation de l'azote fixé biologiquement était optimale : une conversion presque totale. En revanche, les engrais minéraux sont nettement moins bien transformés en production végétale. Ainsi, sur la figure 8, la courbe rouge de production nette d'azote par les cultures est très inférieure, à partir de 1960-70, à celle des apports totaux d'engrais azotés, devenus principalement minéraux. En 2010, malgré une baisse des apports d'azote minéral par rapport aux années 1980-90, la moitié de cet azote est perdue chaque année car elle n'est pas transformée en végétation. Ce surplus est évacué par lessivage ou dénitrification (*i.e.* transformation des nitrates NO_3^- en diazote N_2 par des microbes du sol).

En comparant l'évolution des apports d'engrais minéraux entre 1885 et 1985 en France (fig. 10) avec l'évolution des rendements à l'hectare de cultures largement répandues sur cette

période, notamment en Seine-et-Marne (blé, avoine, orge, maïs, pomme de terre, betterave industrielle et luzerne), on voit que l'augmentation des apports d'engrais minéraux, en particulier l'azote multiplié par 10 entre 1950 et 1985 (courbe bleu clair), dépasse très largement la progression des rendements à l'hectare des divers végétaux ; ceux-ci sont, au plus, multipliés par 4 sur la même période (maïs). La contribution des engrais minéraux à l'accroissement de la productivité végétale apparaît donc limitée, d'autant plus que bien d'autres facteurs interviennent dans ce processus d'amélioration (motorisation, amélioration des espèces, entre autres).

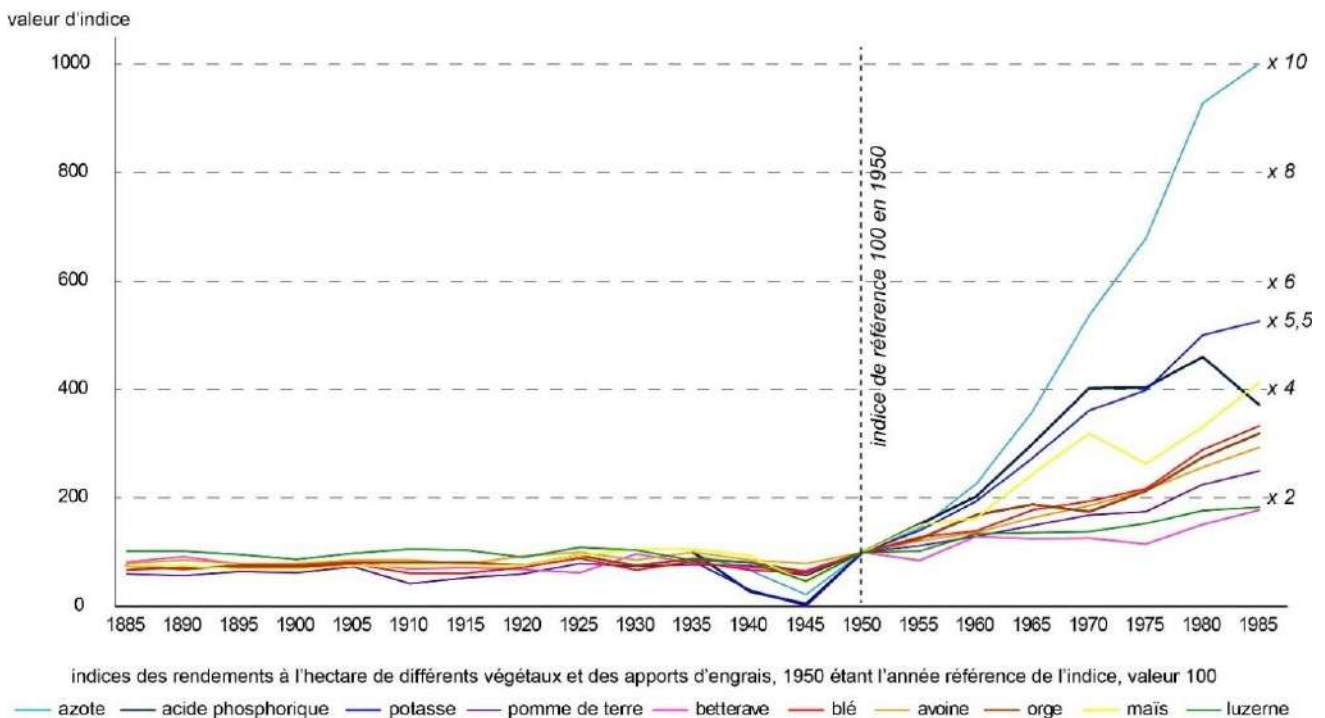


Fig. 10 – Evolution des rendements à l'hectare de diverses cultures et des apports d'engrais minéraux entre 1885 et 1985 en France, rapportés à 1950, année choisie comme référence pour la comparaison (base indice 100).

Entre 1950 et 1985, les rendements doublent pour la luzerne et la betterave, triplent pour le blé, l'orge et l'avoine. Le rendement du maïs, multiplié par 4 entre 1950 et 1985 (66 qt/ha), reste toutefois nettement inférieur en 1985 à celui de la luzerne (86 qt/ha), plante fourragère qui produisait trois fois plus à l'hectare en 1950 (47 qt/ha) que le maïs (16 qt/ha). Jusqu'en 1950, les rendements à l'hectare des différents végétaux étaient relativement stables, légèrement en progression dans l'ensemble, sauf sur les périodes des Guerres mondiales où ils ont diminué de façon passagère.

2.3 Développement des Produits Phytopharmaceutiques (PPP) après 1950

L'augmentation importante des apports en fertilisants depuis 1950 est doublée d'une multiplication des produits phytopharmaceutiques (PPP), dont la progression est spectaculaire. Les PPP sont des produits chimiques destinés à protéger les végétaux contre les organismes nuisibles ou à prévenir leur action, à assurer la conservation des produits végétaux, à détruire les végétaux indésirables et à freiner ou prévenir leur croissance indésirable, par une action chimique ou biologique (source : Code rural). On distingue trois grands types de PPP : les herbicides, les fongicides et les insecticides (fig. 11).

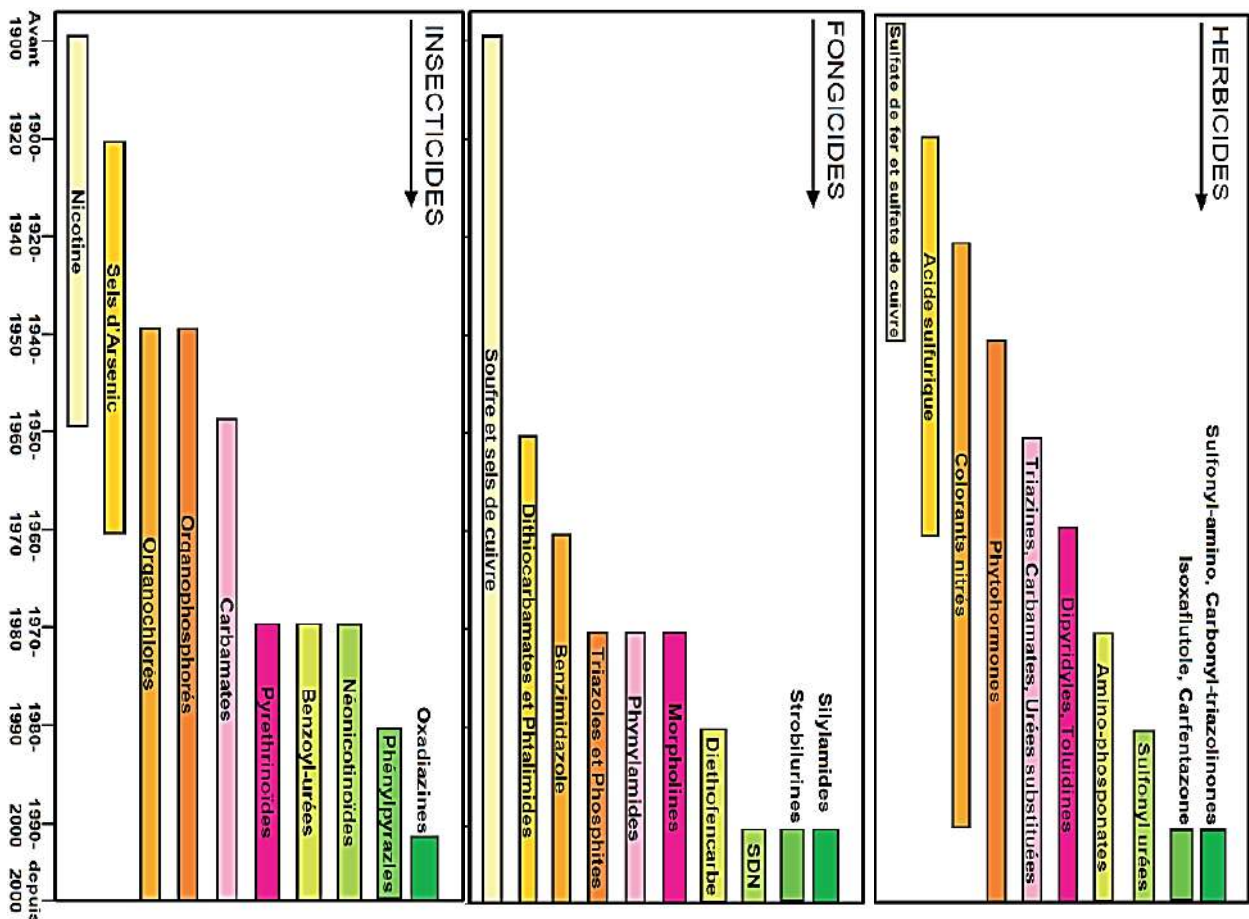


Fig. 11 - Historique de l'utilisation des produits phytosanitaires.. Source : Mohamed 2011, fig. 1, modifié d'après Pesticides et protection phytosanitaire dans une agriculture en mouvement, (Calvet et coll., 2005). Edition ACTA. Actualisé d'après l'Index phytosanitaire (ACTA, 2006).

Le recours à des substances pesticides est très ancien (Bernard 2017) : l'emploi d'huiles pour lutter contre les insectes et de plantes toxiques contre les rongeurs est attesté dès l'Antiquité par des auteurs grecs et latins (sulfure d'arsenic) et des textes chinois (poisons végétaux contre les rongeurs et les insectes). L'efficacité de la nicotine est connue dès le 16^e siècle. Au milieu du 19^e siècle, les substances chimiques utilisées pour défendre les cultures horticoles sont la chaux vive, le soufre, le chlorure de sodium et la décoction de tabac et de sels d'arsenic.

L'internationalisation des échanges de denrées dans la deuxième moitié du 19^e siècle fait apparaître de nouvelles maladies des végétaux en Europe, contre lesquelles les moyens de lutte montrent des efficacités diverses (fig. 12). Le mildiou de la pomme de terre et de la vigne, l'oïdium, le phylloxéra, le doryphore sont introduits en France au cours du 19^e siècle par la circulation de denrées de provenances lointaines. Ainsi, l'apparition de ravageurs des cultures liés à une mondialisation du commerce des denrées agricoles n'est pas un phénomène récent et, déjà au 19^e siècle, il fallait imaginer des stratégies nouvelles pour enrayer leur développement.

1845-1850	Mildiou de la pomme de terre	Pas de solution
1847-1852	Oïdium de la vigne	Début de l'emploi du soufre à grande échelle (1853)
1863-1867	Phylloxera	Submersion, traitements au sulfure de carbone puis greffage
1878-1880	Mildiou de la vigne	Découverte de la bouillie bordelaise. Après 1885, les sels de cuivre deviennent une solution pour le mildiou de la pomme de terre et d'autres maladies
1895-1910	Désherbage sélectif des céréales	Début de l'emploi du sulfate de cuivre, du sulfate de fer et de l'acide sulfurique. L'acide sulfurique est n°1 en Europe de 1920 à 1945
1919	Doryphore	Emploi des sels d'arsenic et de la roténone

Fig. 12 – Maladie des végétaux apparaissant en Europe entre 1845 et 1920 (source : Bernard 2017)

Toujours au 19^e siècle, on invente le désherbage sélectif des céréales. Dans les années 1930, l'acide sulfurique à plus de 100 litres par hectare est l'herbicide le plus utilisé en Europe sur les céréales (Bernard 2017). Avant la Deuxième Guerre mondiale, les fongicides utilisés en France sont les sels de cuivre et le soufre ; les composés arsenicaux, les dérivés du pétrole, de la houille, les goudrons, les savons, la nicotine et le pyrèthre sont employés comme insecticides (fig. 13).

<p>Fongicides principaux = Sels de cuivre, soufre et polysulfures, chaux</p> <p>Autres fongicides : formol, sulfate de fer, arsénite de sodium, sulfate d'oxyquinoléine, permanganate de potassium</p> <hr/> <p>Insecticides principaux :</p> <p>Sels arsenicaux (de chaux, de plomb...).</p> <p>Pétrole et ses émulsions, huiles de pétrole, huiles de houille (anthracène)... et leurs associations</p> <p>Savons (blanc, noir, dérivé d'huile de poisson ou de baleine...) : souvent associés avec pyrèthre, nicotine, benzène...</p> <p>Nicotine : recommandation la plus ordinaire contre les pucerons en pulvérisation.</p> <p>Pyrèthre : poudres et extraits de qualité variable, associés au savon pour la pulvérisation contre les chenilles.</p> <p>Autres insecticides :</p> <p>Pour pulvérisation, arrosage, épandage : lysols (goudron + huile de lin, de navette...), roténone, décoction de quassia amara, résine, chaux, extrait d'hellébore, fluosilicate de baryum, cryolithe, chlorure de baryum, quinoléine, sulfure de carbone, cyanure de calcium, soude caustique, crud ammoniac, benzène, décoction de feuilles de noyer ou de sureau, eau chaude...</p> <p>Répulsifs insectes : naphthaline, créosote, naphtol, paradichlorobenzène, gypse, soufre, alun, goudron de houille</p> <p>En appâts : borax, bichlorure de mercure, fluosilicate de sodium, phosphore de zinc, sels d'arsenic</p> <p>En fumigation dans des lieux clos : acide cyanhydrique, chloropicrine, bromure de méthyle, sulfure de carbone, tétrachlorure de carbone, oxyde d'éthylène...</p> <hr/> <p>Herbicides</p> <p>Acide sulfurique : le plus employé pour le désherbage des céréales à cette époque, tant en France qu'en Europe</p> <p>Autres : sulfate de fer, sulfate de cuivre, sylvinite, crud ammoniac, chlorate de soude, cyanamide calcique, colorants nitrés...</p> <hr/> <p>Rodenticides : appâts avec arsenicaux, scille, fluosilicate de baryum, phosphore, virus Danysz, strychnine (noix vomique), chloropicrine... Injection de dioxyde de soufre.</p> <p>Molluscicides : appâts avec métaldéhyde, sels d'arsenic ou de thallium. Epandage massif de chaux, cyanamide calcique, emploi de trioxyméthylène...</p> <hr/> <p>Traitement des semences : sels de cuivre principalement mais encore chaux, goudron, formol, acide phénique, sulfate d'oxyquinoléine, sels de mercure, eau chaude...</p>

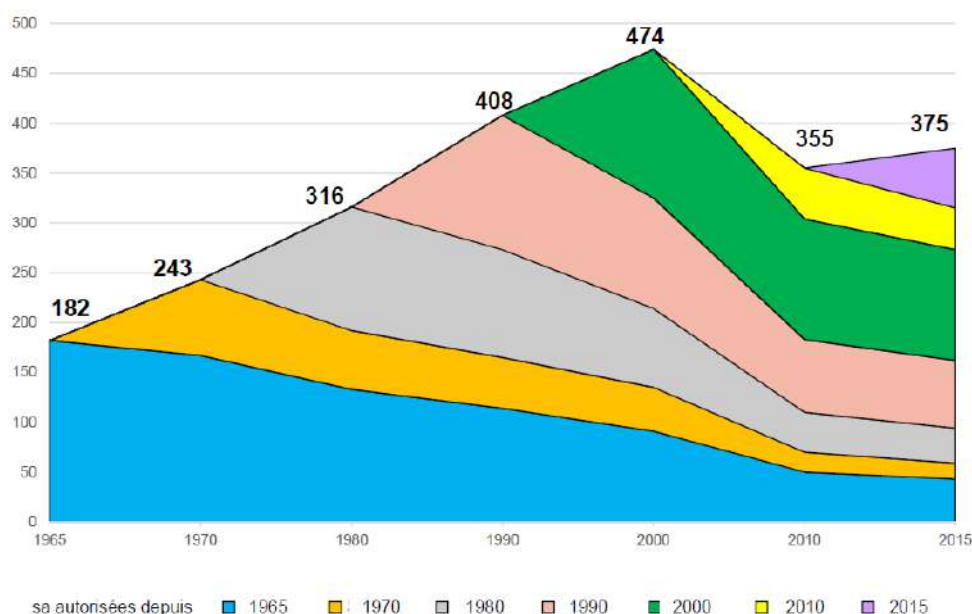
Fig. 13 - Produits majeurs de la pharmacopée chimique des années 1930-1939 (Sources : Bernard 2017 et revues de vulgarisation dont le Guide Pratique pour la Défense sanitaire des végétaux)

Après la Deuxième Guerre mondiale, les insecticides organochlorés et organophosphorés apparaissent ainsi que les phytohormones de synthèse et les premiers fongicides de synthèse (thirame, zinèbe). De nouveaux herbicides supplantent rapidement l'acide sulfurique ; les phytohormones sont complétées par des triazines, des urées substituées, des toluidines, entre autres. Les PPP utilisés dans les années 1950-60 se caractérisent par un fort degré de toxicité.

Dans les années 1970, des molécules moins toxiques et plus facilement dégradables sont produites. De nouveaux fongicides actifs à des doses nettement plus faibles, des

insecticides innovants et des herbicides plus facilement biodégradables sont inventés. La plupart des organochlorés disparaissent.

Dans les années 1980-1990 des médiateurs chimiques, tels que les phéromones, se développent, ainsi que l'emploi d'auxiliaires dans les cultures sous abri. Des insecticides obtenus par des procédés de fermentation sont mis sur le marché et sont adoptés par l'agriculture biologique. Au milieu des années 1990, la publication de la directive européenne 91/414 vise à harmoniser l'ensemble des produits phytopharmaceutiques en Europe.



Colloque EHESP-IRSET Rennes - 14 mars 2017

Source: J.L. BERNARD, 2017

Fig. 14 – Evolution du nombre de substances autorisées en France pour la protection des cultures (hors auxiliaires). Source : J.L. Bernard, Colloque EHESP-IRSET Rennes, 14 mars 2017. <http://www.forumphyto.fr/wp-content/uploads/2017/03/170314JLBernardPresentation.pdf>

En 2000, le nombre des substances actives bénéficiant d'une autorisation de mise sur le marché en France approche le demi-millier (fig. 14). Leur nombre décroît beaucoup dans la décennie qui suit, mais globalement, avec plusieurs centaines de substances actives phytopharmaceutiques autorisées sur le marché européen en 2015, les agriculteurs d'aujourd'hui ont à leur disposition un arsenal fongicide, herbicide et insecticide sans commune mesure avec la courte liste de PPP employés au début du 20^e siècle (fig. 13 et 15).

2° Produits antiparasitaires.

PRODUITS.	1938-39.	1940-41.	1941-42.	1942-43.	1943-44.	1944-45.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Sulfate de cuivre.....	90.000	50.000	39.000	26.700	14.000	25.000
Soufre.....	65.000	52.000	49.800	7.100	2.300	48.000
Arséniates.....	6.000	10.570	19.100	19.670	9.140	8.000
Acide sulfurique.....	20.000	4.800	#	3.500	3.385	1.926
Sulfate de nicotine 40 % (1).....	#	#	40	40	39	40
Nicotine alcaloïde.....	80	64	2	#	#	3

(1) Les quantités indiquées pour les campagnes 1938-1939 ne sont que tout à fait approximatives. La vente de la nicotine étant libre à cette époque et les quantités importées n'ayant pu qu'être assez grossièrement estimées d'après les statistiques douanières.

Fig. 15 – Tonnage des PPP utilisés en France avant la Deuxième Guerre mondiale (source : Statistique agricole annuelle 1945, Ministère de l'Agriculture – INSEE)

Les principaux points à retenir dans le chapitre 2 :

- Une révolution du système de production agricole se produit à partir de 1950.
- Jusqu'à la Deuxième Guerre mondiale, la traction animale forme la base des travaux des champs. La motorisation se généralise dans les années 1960-70.
- Les productions agricoles françaises ont progressé beaucoup plus vite que l'accroissement de la population entre 1940 et 2000. L'exportation des denrées produites, qui n'était pas indispensable au 19^e siècle, est devenue incontournable.
- Le rendement de la production nette d'énergie et d'excédent des exploitations agricoles valait deux avant 1950. Il a doublé dans les années 1950-60 et vaut quatre aujourd'hui. Ce doublement a été opéré au prix d'une perte totale de l'autosuffisance énergétique du système de production, qui prévalait dans presque toutes les exploitations avant 1950.
- Les rendements du blé progressent peu depuis 30 ans, après une croissance soutenue entre 1950 et 1990 (x 3,5 environ). Les écarts annuels s'accroissent sensiblement aujourd'hui et la tendance moyenne nationale évoque une baisse.
- Les engrais minéraux ont progressé spectaculairement après 1950. L'azote, fertilisant essentiel aux végétaux, était principalement obtenu par fixation biologique avant 1950, grâce à des surfaces enherbées temporaires (fourrages) ou durables (prés) et à l'incorporation au sol des pailles accompagnant le fumier des animaux de ferme. Les végétaux absorbent très bien l'azote fixé biologiquement pour croître, mais assimilent mal l'azote minéral. Or actuellement, les apports d'azote sont avant tout minéraux. Il y a aujourd'hui des pertes importantes d'engrais non assimilés, et donc, des pertes économiques et des pollutions engendrées (nitrates).
- La progression des produits phytopharmaceutiques (PPP) est spectaculaire, parallèlement à l'augmentation des engrais minéraux. Le recours à des PPP est attesté depuis plusieurs millénaires. La mondialisation des échanges commerciaux qui se met en place au milieu du 19^e siècle a causé l'apparition, dès le 19^e siècle en France, de nouvelles maladies des végétaux et de ravageurs, contre lesquels une pharmacopée a souvent dû être inventée.
- Le nombre de substances actives bénéficiant aujourd'hui d'une autorisation de mise sur le marché en France (plusieurs centaines) est beaucoup plus important qu'au début du 20^e siècle (quelques dizaines de substances, au plus). La toxicité des PPP était plus élevée dans les années 1960-70 qu'aujourd'hui.

3 – Utilisation et valorisation des terres du 19^e siècle à 1950, et évolutions

3.1 Contraction de la Surface Agricole Utilisée (SAU) avec l'intensification du système de production

Une intensification du système de production agricole débute dès les dernières décennies du 19^e siècle. Elle s'accroît fortement après 1950, phénomène accompagné d'une contraction notable de la surface agricole utilisée au cours du 20^e siècle (fig. 16), qui a diminué de plus de 20 % entre 1929 (environ 362000 km²) et 2020 (285000 km²) en France, et de plus de 40 % depuis la fin du 19^e siècle (environ 442000 km² en 1892).

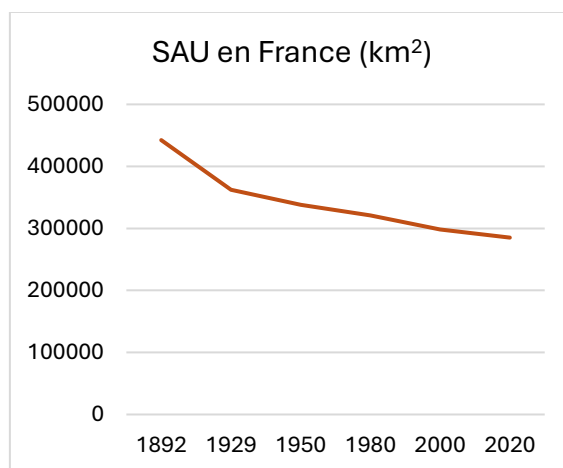


Fig. 16 – Evolution de la SAU (en km²) en France entre 1892 et 2020

Cette baisse de la SAU touche aussi la Seine-et-Marne qui, après avoir connu une augmentation très importante de ses surfaces cultivées après la Révolution française (+ 50 % estimés entre 1780 et 1862, fig. 17), a vu sa SAU diminuer progressivement jusqu'en 1940 (perte d'environ 10 %).

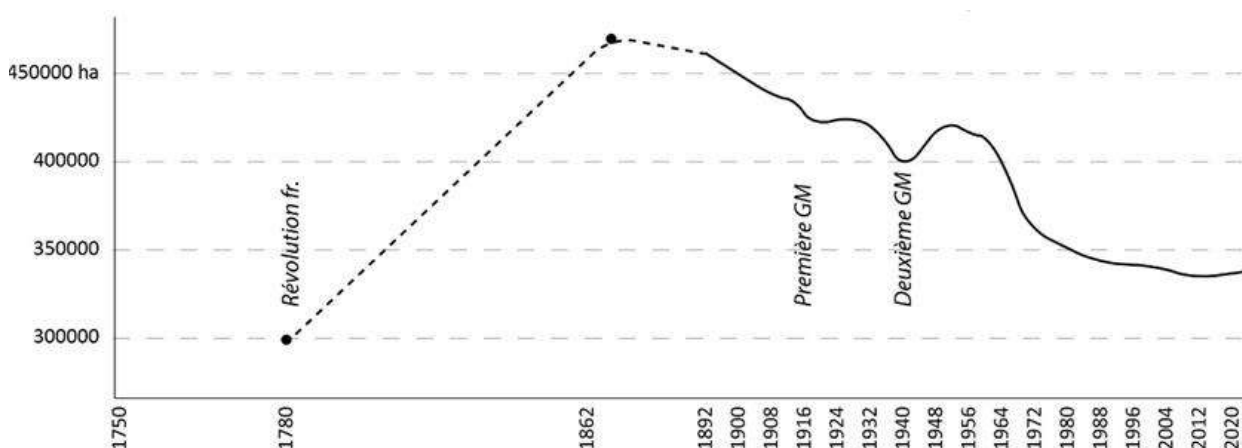


Fig. 17 – Evolution de la SAU (en ha) en Seine-et-Marne depuis 1780

Avec la relance économique qui suit la Deuxième Guerre mondiale, on observe un léger regain de la SAU, pendant une quinzaine d'année, en Seine-et-Marne. Une baisse marquée intervient ensuite entre 1970 et 1980. La SAU se stabilise après 1980, sur une superficie légèrement supérieure à celle estimée peu avant la Révolution française.

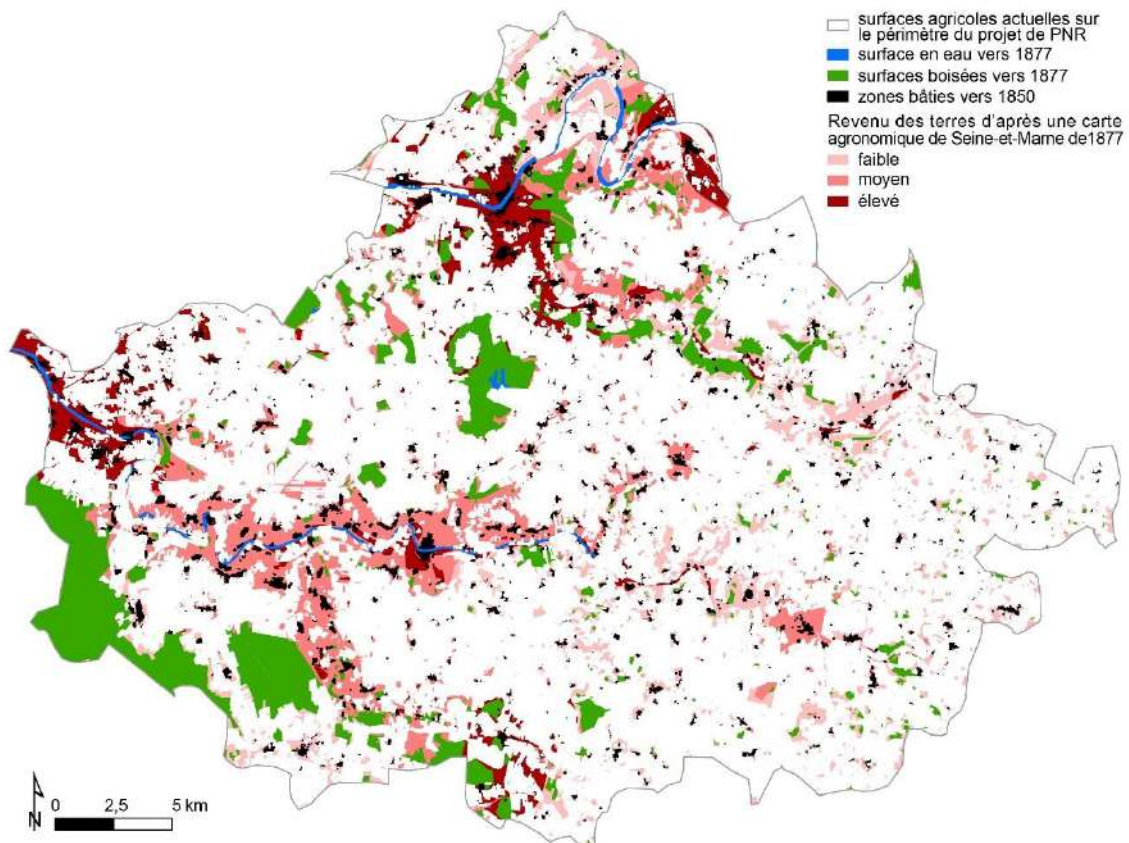


Fig. 18 – Surfaces de SAU perdues depuis 1877 (dégradés de rouge) sur la zone du projet de PNR

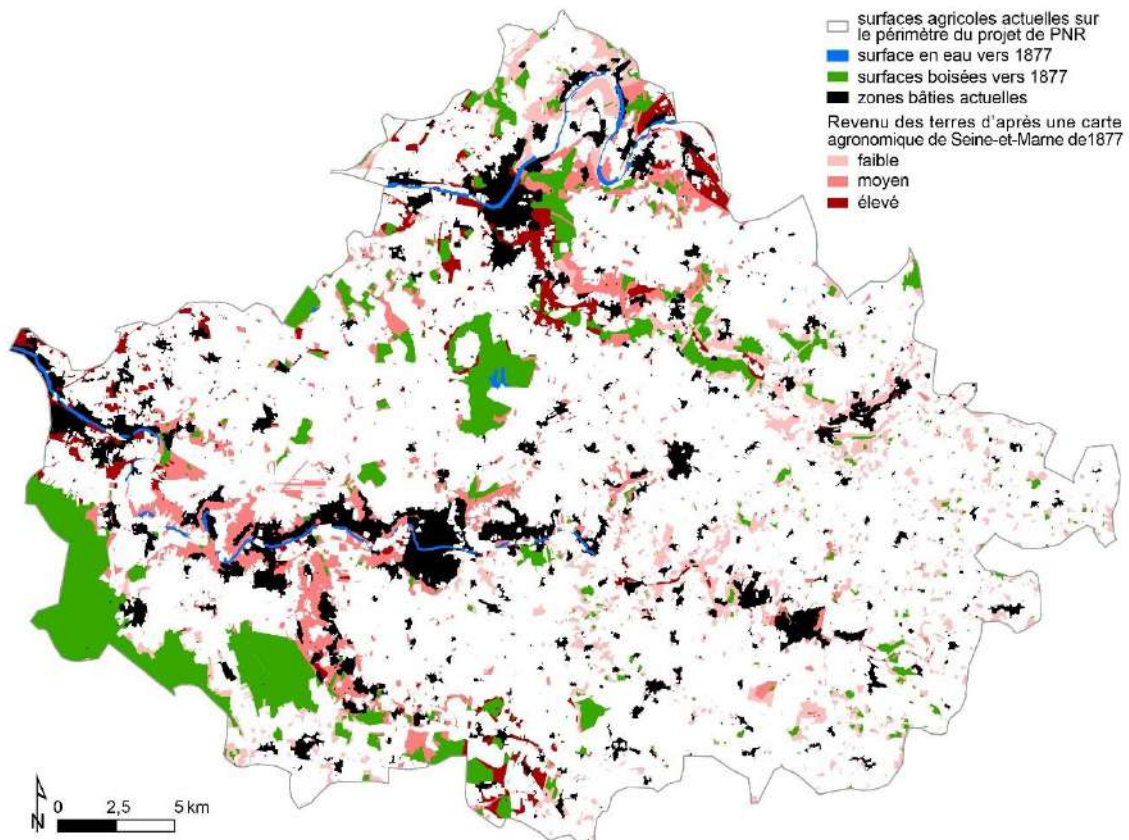


Fig. 19 – Surfaces de SAU perdues depuis 1877 et zones urbanisées actuelles (en noir)

Sur la zone du projet de PNR, l'usage des surfaces agricoles est connu vers 1877 à partir d'une carte agronomique de Seine-et-Marne (fig. 18 à 23). Entre 1877 et aujourd'hui, les surfaces agricoles perdues, représentées dans différents tons de rouge sur la figure 18, ont été partiellement converties en zones urbanisées (fig. 19, en noir), principalement autour du Grand Morin et de la Marne et souvent sur des terres de bonne rentabilité économique en 1877 (rouge foncé). Elles ont aussi évolué en friches ou en bois (fig. 20, représentant le boisement actuel en vert foncé), en particulier dans les zones pentues peu attractives pour l'agriculture céréalière, en termes de fertilité du sol et d'accessibilité. Ces terrains autrefois cultivés et valorisés malgré leur rentabilité faible ou modérée, ont été délaissés au cours de 70 dernières années, car leurs caractéristiques excluent leur inscription dans le cadre actuel d'une utilisation intensive agricole.

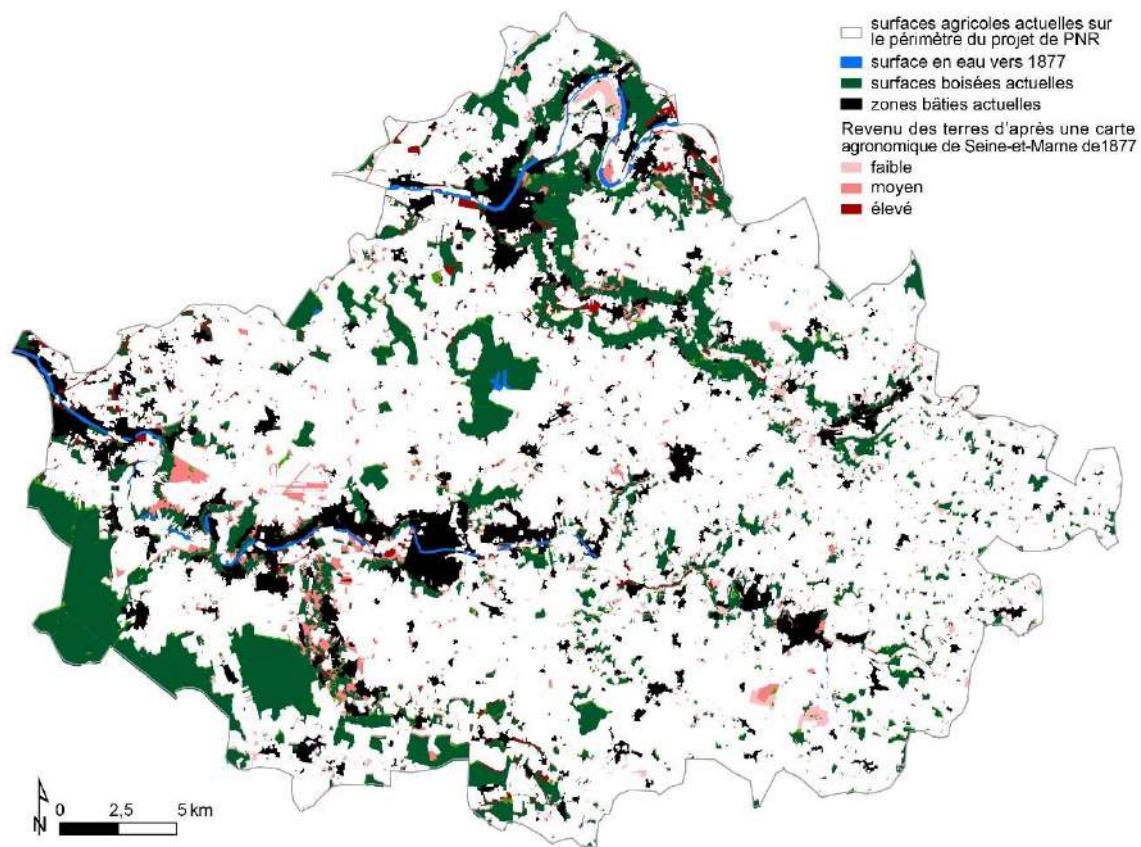


Fig. 20 – Surfaces de SAU perdues depuis 1877, converties en boisements ou zones urbanisées actuels (en vert et en noir)

La stratégie actuelle d'exploitation agricole a recentré la production sur les sols les mieux adaptés aux modalités de culture en place depuis la deuxième moitié du 20^e siècle : un système intensif et motorisé. Les caractères adéquats recherchés aujourd'hui sont en partie attribuables aux propriétés physico-chimiques naturelles des sols (fertilité, hygrométrie, portance) et à la topographie (contraintes d'accessibilité). Ils résultent aussi d'améliorations d'origine anthropique, permanentes ou temporaires, souvent anciennes et mises en œuvre par les agriculteurs d'autrefois. Ces aspects sont évoqués en partie 3.3.

3.2 Différentes qualités des sols considérées au 19^e siècle et aujourd'hui

Au cours du 19^e siècle, de nombreuses connaissances fondamentales sur les qualités physico-chimiques des sols ont été acquises, et ont été prises en compte au profit de

l'agriculture, ce que reflète par exemple une carte agronomique réalisée en 1877 sur la Seine-et-Marne (aperçus sur les fig. 21 et 22).

Cette carte a été géoréférencée, puis vectorisée sur SIG sur l'emprise du projet de PNR (fig. 23). Elle intègre des informations se rapportant à divers domaines : nature physico-chimique des sols, données économiques, météorologiques et informations de nature culturelle.

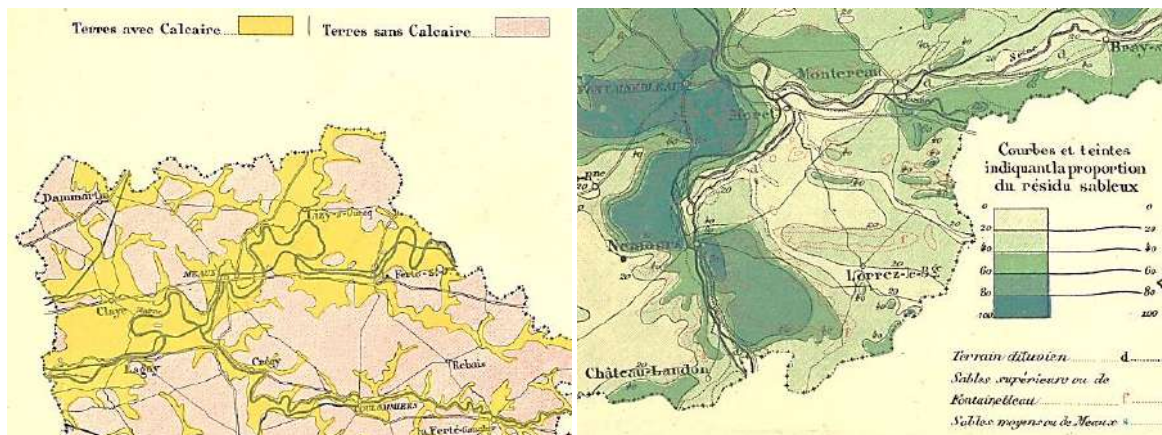


Fig. 21 – Aperçu de la carte agronomique des sols de Seine-et-Marne réalisée en 1877 : cartes réduites

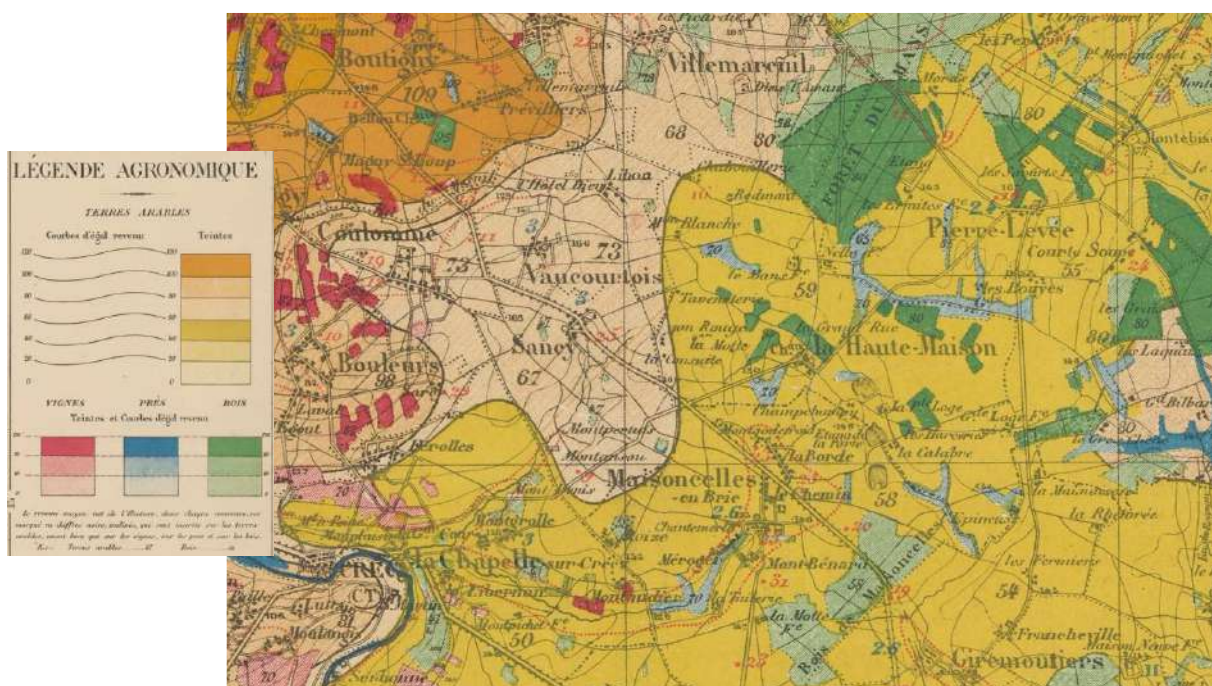


Fig. 22 – Aperçu de la carte agronomique des sols de Seine-et-Marne réalisée en 1877 : carte générale

La carte a fait l'objet d'une note assez élogieuse en 1881 dans le *Bulletin de la Société d'Agriculture de Meaux* (p. 77 et sq.). Quelques extraits sont repris ci-dessous :

« Par d'ingénieuses combinaisons, au moyen de teintes, de lignes ondulées, de chiffres variés dans leur forme, leur couleur et leur dimension, cette carte rend sensibles à l'observateur les qualités les plus essentielles du sol, au point de vue de sa composition physique et chimique et de sa force productive. Les teintes servent à distinguer :

1° Sur la carte générale, les terres arables, les prés, les vignes, les bois, friches, carrières, tourbières ;

2° Sur les cartes réduites, les terres mélangées de carbonate de chaux, de celles qui n'en contiennent pas ; et à constater dans quelle proportion des matières sableuses sont associées à la terre végétale.

Les lignes courbes et les chiffres indiquent sur la carte :

1° Le revenu moyen des terres arables, prés, vignes, bois, dans chaque commune ;

2° La proportion du carbonate de chaux et des matières sableuses contenues dans le sol arable ;

3° Le nombre d'hectolitres de froment d'hiver employé moyennement pour ensemençer un hectare ;

4° Le nombre d'orages à grêle qui ont atteint une commune pendant un espace de trente années. »

Les terres considérées les plus fertiles en 1877 sont situées dans l'arrondissement de Meaux (classées comme les meilleures de Seine-et-Marne) et dans les cantons de Brie-Comte-Robert, Melun, Mormant, Nangis et Dannemarie. L'article précise que « les orages à grêle sévissent d'une manière assez irrégulière, mais menacent plus spécialement les hauts plateaux situés au centre du département » ; cette zone est située hors du territoire du projet de PNR, plus au sud.

« Un tableau (...) indique la quantité de semence de froment d'hiver employée par hectare dans chaque canton, et le produit moyen en froment et pommes de terre. (...) Les cantons de Coulommiers, Claye, Brie-Comte-Robert, Mormant, Crécy, Dammartin, Lizy, Lagny, Bozoy sont, dans l'ordre indiqué, ceux qui fournissent les plus forts rendements en froment (...). Pour les pommes de terre, les cantons de Meaux, Lagny, Rozoy, Coulommiers, la Ferté-Gaucher, donnent les plus fortes récoltes ». On constate ainsi qu'une partie du territoire du projet de PNR disposait, à l'échelle départementale, d'un potentiel agronomique de premier plan à la fin du 19^e siècle.

Le revenu net des terres est donné selon une échelle de 20 à 120 francs. Les valeurs moyennes sont définies à l'échelle communale et montrent, sur la zone du projet de PNR, que le gradient du revenu augmente vers l'ouest (fig. 23, tons les plus foncés pour les revenus les plus élevés).

Ce gradient de revenus coïncide peu avec la typologie des sols fournie par la carte des sols actuelle (fig. 24), et les niveaux de fertilité qu'elle implique. En particulier, l'enchevêtrement de différents types de sols que figure la cartographie d'aujourd'hui est sans rapport avec le gradient de revenus restitué par la carte de 1877.

Par nature et par fonction – quelle que soit la période de sa réalisation – une carte hiérarchise les informations qu'elle présente. Les éléments visuellement dominants sur le document graphique constituent en principe l'information la plus importante délivrée. La carte agronomique actuelle (fig. 24) met en avant des typologies physico-chimiques des sols ; la carte de 1877 (fig. 21 à 23) priorise la nature principale des cultures, figurée par des gammes de couleur (bois en vert, labours en jaune et orange, vignes en rouge, prés en bleu) et leurs degrés de rentabilité économique, figurés par des dégradés dans les tons de couleurs affectées à chaque catégorie, parfois assortis de motifs.

Au 19^e siècle, les qualités physico-chimiques du sol étaient bien incorporées au bilan agronomique, mais l'examen visuel de la carte de 1877 montre qu'elles ne formaient certainement pas le principal facteur de classement de la valeur agricole : des aspects économiques prévalaient alors probablement. La notion de « fertilité » au 19^e siècle semble avoir été une hybridation entre la productivité du sol et sa rentabilité économique.

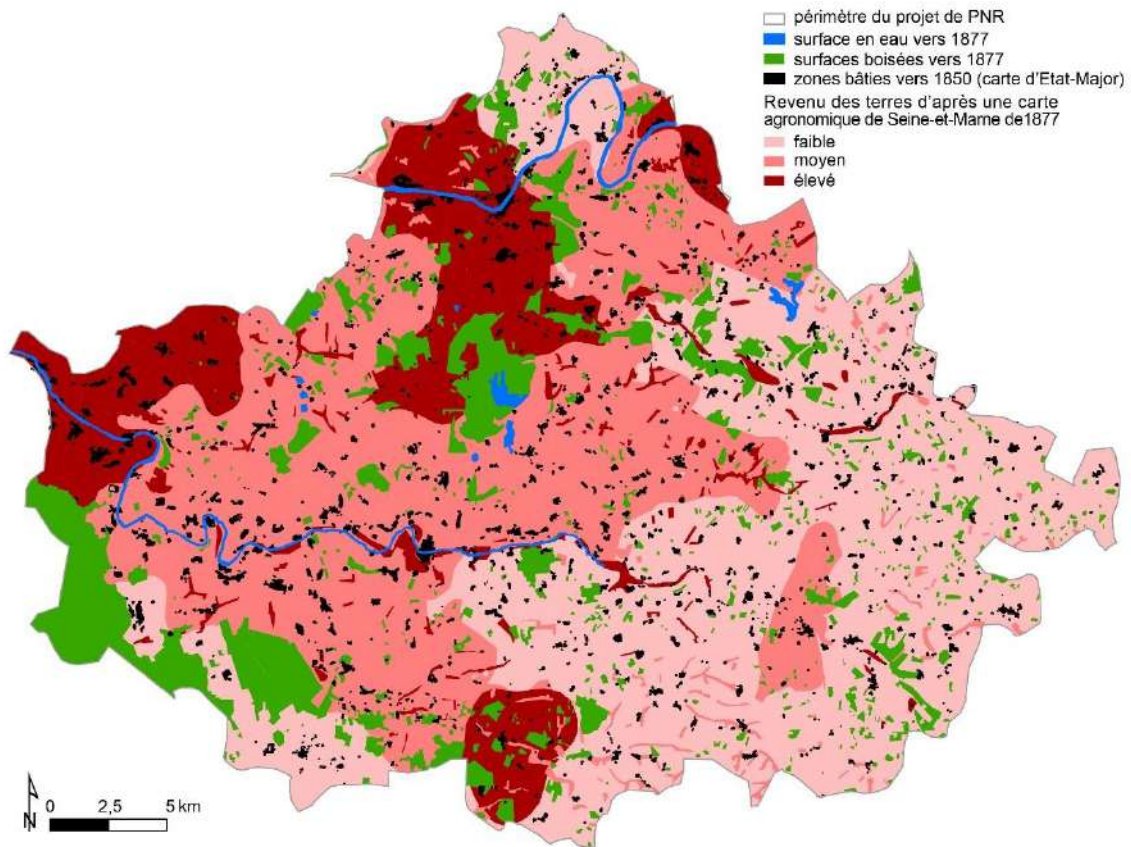


Fig. 23 - Relevé sur SIG du contenu de la carte agronomique de 1877 sur le périmètre des communes du projet de PNR : indication du niveau de revenu des terres cultivées

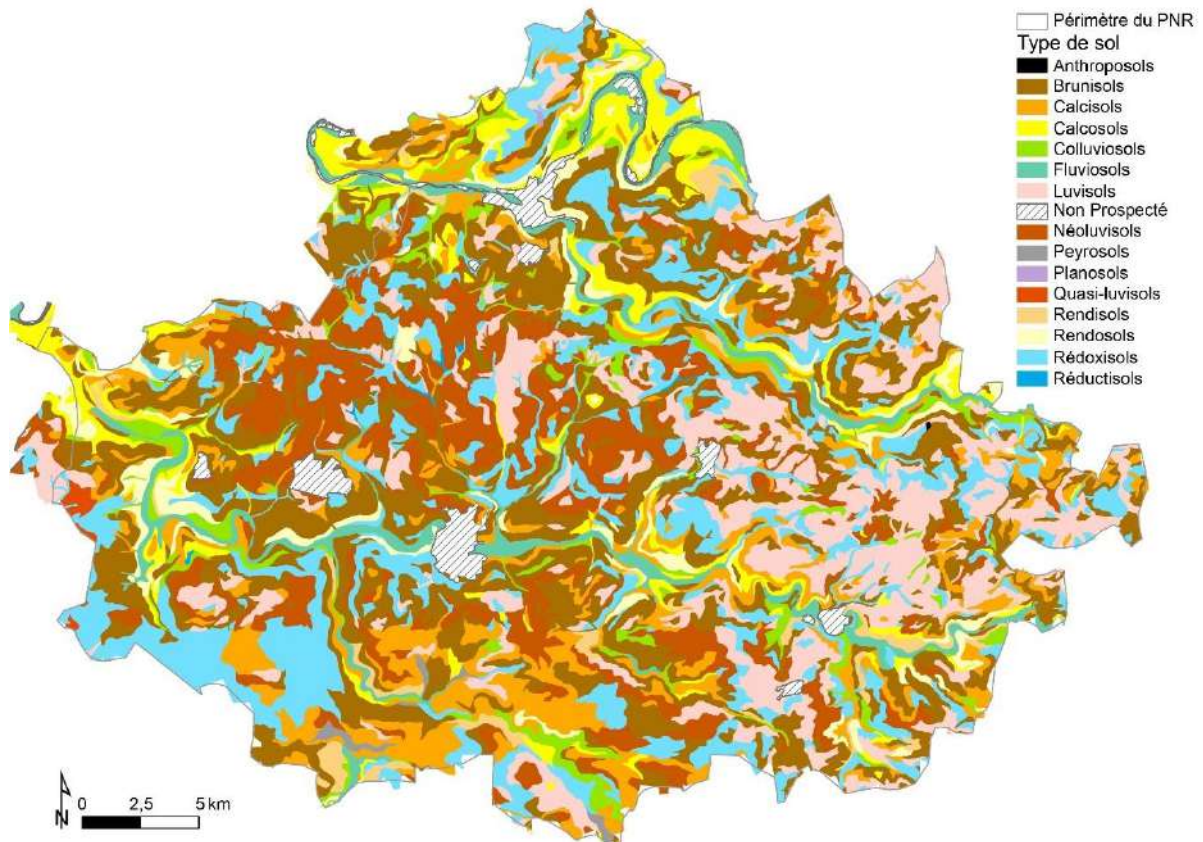


Fig. 24 – Carte des sols actuelle au 50000^e (source : Chambre d'Agriculture de Seine-et-Marne, carte mise à disposition par le SMP du PNR Brie et Deux Morin)

3.3 Une agriculture extensive et intensive qui se complètent au 19^e siècle pour viser des gains durables de productivité et de rentabilité

3.3.1 Modèles intensifs et extensifs et améliorations culturales

En 1881, Edouard Lecouteux², professeur d'agriculture et agronome auteur d'ouvrages faisant référence en France dans la deuxième moitié du 19^e siècle, résumait les éléments qu'il estimait essentiels au système productif de son époque : « *il faut à l'agriculture des terres, des bras, des capitaux, des débouchés. (...) Elle est désormais une industrie qui doit être vivifiée par la science et le capital* » (Lecouteux, 1881 p. 11). Les aspects économiques (capital, débouchés) et matériels (moyens techniques, main d'œuvre, transports) étaient considérés comme les facteurs les plus limitants pour la production. Les améliorations physico-chimiques des sols étaient recherchées à partir d'observations sur le terrain, en adaptant l'engraisement et les amendements au cas par cas. Les aléas naturels (grêle, sécheresse, pluies, etc.), qui survenaient régulièrement, étaient pris en compte et intégrés comme d'inévitables facteurs de péjoration de la production, venant minorer les rendements moyens. Contre ces aléas à la survenue ponctuelle et imprévisible, il existait des systèmes d'assurance ou d'indemnisation, toutefois encore peu développés au 19^e siècle.

La stratégie pour accroître les productions reposait sur un processus de « cultures améliorantes » (Lecouteux 1881), qui étaient de deux ordres : les améliorations culturales, aux effets temporaires, « *consistant à mieux fumer, mieux labourer, mieux assolier la terre* » et les améliorations foncières, permanentes, « *consistant en irrigations, défrichements, drainages, constructions, chemins, ouvrages d'art, toutes valeurs immobilières qui s'incorporent au sol et ne peuvent en disparaître que par le défaut prolongé d'entretien, ou par des démolitions et dégradations* ». Sur la zone du projet de PNR, les drains enterrés et le réseau dense des chemins desservant les parcelles agricoles, par exemple, s'inscrivent dans ces améliorations foncières permanentes.

Au 19^e siècle, le système de production agricole intensif, qui « *procède par le capital* », et le système extensif, qui « *procède par le temps* », ne s'opposaient pas, ils se complétaient. Le recours à l'extensivité était un moyen mobilisé pour soutenir un processus global visant l'intensification et l'accroissement productif. Ces modèles sont décrits ainsi en 1881 :

Pratiquer une agriculture intensive, c'est « *marcher par le capital, (...) ne reculer devant aucune amélioration foncière ou permanente, comme le drainage, l'irrigation, les constructions rurales, les ouvrages d'art ; c'est adopter la stabulation du bétail, proscrire la jachère morte, fumer à hautes doses, provoquer les terres à des récoltes continues ; (...) visant au summum, à l'apogée du produit brut, aux récoltes maxima, [elle] concentre toutes ses forces de manière à saturer son terrain de travail et de capital.* » (p. 47).

L'agriculture extensive s'inscrit dans une autre logique : « *Marcher par le temps, (...) c'est fertiliser lentement la terre par le boisement, l'engazonnement, la jachère ou le repos ; c'est donner de l'extension à la culture forestière et à la culture pastorale ; c'est ne développer que modérément la culture des plantes sarclées et le régime de la nourriture à l'étable ; c'est suivre une culture [qui] se contente d'un faible produit brut sur une grande étendue de terre, mais qui, par cela même, n'engage qu'un faible capital par hectare* ».

² <https://cths.fr/an/savant.php?id=124023>

Les deux modes de production sont étroitement liés : « *la culture intensive, voilà le but ; la culture extensive, voilà le moyen d’y arriver* ». La durabilité du système intensif était rendue possible par la mise en place d’assolements, avec une rotation planifiée des cultures. Ces techniques d’assolement sont évoquées dans le chapitre 4.

Les cultures améliorantes, pratiquées sur un mode extensif, devaient valoriser des terres peu rentables pour en faire, si possible, des sols dédiés à une agriculture intensive. Economiquement, elles apportaient un revenu modeste, mais durable, qui permettait de soulager la pression mise sur les terres traitées en agriculture intensive et les attentes de hauts revenus afférents.

Les terres peu rentables, médiocres, étaient celles qui, « *à moins de frais d’amélioration beaucoup au-dessus des résultats à espérer, [sont] rebelles à la production des fourrages fauchables, du trèfle, du sainfoin, de la luzerne, des racines, du maïs, (...) base de la nourriture du bétail à l’étable, et par suite base de toute culture intensive appelée à produire ses engrais par elle-même* » (Lecouteux 1881 p. 50). La médiocrité des terres peu fertiles pouvait se cumuler avec d’autres inconvénients : « *il n’y a pas que la pauvreté du sol qui fasse obstacle (...) ; la rareté et la cherté de la main-d’œuvre, l’absence de grand commerce agricole, la difficulté des transports, l’ignorance et le mauvais vouloir des populations* » peuvent s’y ajouter.

La phrase précisant la nature des terres médiocres résume aussi assez bien le fonctionnement circulaire et autosuffisant de l’agriculture intensive du 19^e siècle : les fertilisants provenaient de l’élevage, lui-même conduit en affectant une partie des terres cultivées aux « *fourrages fauchables* ». Plus on voulait produire, plus il fallait de fumier et donc de bétail, et donc, de nourriture pour ce bétail.

L’amélioration des terres peu fertiles s’obtenait, selon Edouard Lecouteux, par la succession de quatre périodes, dédiées chacune à un usage du sol différent.

3.3.2 Première période du système « améliorant » : le boisement

La première période est forestière, le boisement étant alors considéré comme le seul moyen d’obtenir un produit net rémunérateur pour la terre. Au 19^e siècle, une grande quantité de bois était consommée en chauffage domestique et pour l’énergie calorifique industrielle. Le bois avait également de multiples débouchés en artisanat, et toute une diversité de ressources ligneuses était transformable et commercialisable. Cette variété d’usages possibles diffère beaucoup du cadre actuel, où les qualités des fûts de bois d’œuvre et les normes d’approvisionnement du bois industrie / bois énergie rétrécissent considérablement les débouchés. S’il était assez facile de tirer un revenu des boisements autrefois, cette opportunité semble plus improbable aujourd’hui.

Cette première période de boisement du système « améliorant » visait à préparer le sol pour son futur usage agricole : « *le boisement est une des opérations qui facilitent le mieux l’amélioration des sables les plus maigres et les plus arides. La Sologne lui doit, dès aujourd’hui, une grande partie de sa régénération agricole* ». Le boisement des Landes de Gascogne (à partir de 1857) s’inscrit probablement dans cette logique d’amélioration visant une conversion agricole, à une échéance assez lointaine. On peut souligner que des études scientifiques actuelles ont effectivement établi l’existence d’une dynamique d’amélioration du sol dans les Landes de Gascogne aujourd’hui (Ranger 2001 p. 120). Une sylviculture bicentenaire a ainsi favorisé une augmentation significative des taux d’azote et de carbone stockés dans ces anciennes landes humides aux sols très pauvres.

Globalement, les sols forestiers, s'ils ne sont pas surexploités, sont en moyenne plus acides et plus pauvres en éléments nutritifs, mais ils sont plus riches en matière organique que des sols agricoles comparables (Ranger 2001). Cette première période forestière devait donc avoir pour but principal d'enrichir le sol en matière organique.

En Seine-et-Marne, et plus particulièrement sur la zone du projet de PNR, de tels sols pauvres sont rares. Aussi, cette phase de boisement s'y justifie peu. Les sols les plus pauvres sont surtout dans les zones de pentes caillouteuses autour des grands cours d'eau (colluviosols, calcisols, voir fig. 24). On peut souligner que ce sont précisément ces secteurs qui se sont reboisés après 1950, sur d'anciennes terres cultivées. Et, d'une manière générale sur la zone du projet de PNR, les plus mauvais sols, ceux qui sont sujets à des engorgements excessifs, sont historiquement occupés par des forêts et sont déjà boisés avant le 19^e siècle : ce sont des forêts anciennes³.

3.3.3 Deuxième période du système « améliorant » : la pâture

La deuxième période d'amélioration définie est celle des pâtures. Elle a pour objectif d'enrichir le sol en engrais, principalement en azote, par l'apport répété des déjections des animaux mis à la pâture. Jusqu'au milieu du 20^e siècle, le principal fertilisant agricole provenait du fumier et son coût de fabrication devait être en rapport avec la rentabilité des cultures qu'il fertilisait. Comme il ne fallait pas produire à perte, l'exploitation à bas coût de terres traitées en pâturages était intéressante, l'engrais étant alors produit à peu de frais. De plus, l'engraissement du sol pouvait durer plusieurs années, et finalement, les herbages couvrant le sol apportaient aussi, à terme, de l'azote fertilisant.

« Le pâturage (...) figure dans le programme de la culture améliorante, car il est un des meilleurs moyens d'utiliser les terres à bon marché, pour peu qu'elles aient une certaine aptitude herbifère et soient au moins en période pacagère. Quand, par la présence du calcaire, les légumineuses réussissent, tout est pour le mieux ; mais, à leur défaut, il reste les graminées et notamment le ray-grass d'Italie, qui est l'un des fourrages providentiels des terres siliceuses, surtout depuis qu'il est possible de le semer avec du guano, à raison de 200 kg de cet engrais par hectare. (...) Il donne, par les racines entremêlées qui constituent son gazon, une certaine consistance qui dure quelques années après le défrichement. (...) Les pâturages sont, en définitive, un moyen d'augmenter le bétail d'une ferme et (...) de fumer au maximum une partie des terres. (...) Pour les terres calcaires de pays secs, elle a le sainfoin, elle a pour les terres siliceuses de ces mêmes pays, le trèfle blanc et diverses graminées, notamment le ray-grass ».

3.3.4 Focus sur le ray-grass d'Italie et sur le sainfoin, « le fourrage le plus agréable au goût des animaux », qui « rend le lait des bêtes bovines beaucoup plus butyreux »

Aujourd'hui⁴, le ray-grass d'Italie est surtout semé en culture dérobée, souvent associé au maïs. Sa récolte à vocation énergétique donne une biomasse conséquente dès la fin de l'hiver, ce qui permet un semis précoce du maïs au printemps. Le ray-grass peut aussi servir de fourrage de secours en cas d'échec d'une culture antérieure. Si l'humidité du sol est suffisante, il peut être semé rapidement pour garantir une partie des réserves de fourrage. Son système racinaire dense, puissant et étendu aide à stabiliser les sols et limiter leur érosion. De plus, son système racinaire est capable de capturer les nitrates,

³ Sur le concept de forêt ancienne, voir par exemple Bergès, Dupouey 2017

⁴ Ce paragraphe est repris d'après : <https://www.agro-league.com/ray-grass-italien#:~:text=Le%20ray%2Dgrass%20italien%20a,moins%20riches%20ou%20m%C3%AAme%20rocailleux.>

sa germination rapide et sa capacité à couvrir rapidement le sol limitent la croissance d'espèces adventices concurrentes. Il est parfois utilisé en tant que plante compagne pour établir, par exemple, une culture de luzerne. Ainsi, le ray-grass couvre rapidement le sol et limite la prolifération des adventices pendant que la luzerne se développe. Après la fauche du ray-grass, la luzerne prend le dessus.

Le sainfoin, déjà cultivé dans le Dauphiné et en Belgique au 16^e siècle, se développe en France au cours du 18^e siècle. Il s'accommode de sols secs et était cultivé en Seine-et-Marne au 19^e siècle. Il a fait l'objet d'un article le *Bulletin de la Société d'agriculture de Meaux* en 1878, (p. 70 et sq.), dont voici un résumé et quelques aperçus : « Il résiste parfaitement aux froids de nos climats et on le cultive maintenant⁵ dans presque toute l'Europe dans les sols qui lui conviennent ». Sa racine pivotante assez longue, jusqu'à un mètre, n'aime pas les terres trop compactes. Il supporte bien la sécheresse mais végète après la coupe si le sol est trop sec. Deux variétés de sainfoin sont cultivées à la fin du 19^e siècle. Le sainfoin simple, variété la plus ancienne, donne une coupe par an et « un bon pâturage ». Le sainfoin à deux coupes, introduit en France depuis la Suisse à la fin du 18^e siècle, donne une bonne seconde coupe s'il est « cultivé dans un sol qui, sans être de première qualité, se trouve assez riche ». Le sainfoin à deux coupes était répandu en Brie, en Picardie et en Normandie. Le sainfoin peut être cultivé dans les « mauvais sols » et « vient bien dans les calcaires sablonneux à sous-sol perméable ; il remplace avec profit la luzerne dans les terres de médiocre qualité ». On le cultive rarement dans les sols riches et profonds qu'on réserve plutôt aux luzernes, « dont les produits lui sont toujours supérieurs ». On le sème dans une terre « propre et bien divisée », autant que possible après « une récolte sarclée » et « il se cultive presque toujours dans les terrains dont la couche arable n'est pas épaisse ». Enfin, « le sainfoin n'aime pas la grande humidité, surtout les eaux stagnantes ».

« Il se sème sur terre nue ou dans des céréales à l'automne ou au printemps ; dans notre contrée septentrionale, on le sème toujours dans des céréales, rarement en terre nue. Le sainfoin se sème toujours à la volée, à raison de quatre à cinq hectolitres par hectare. On commence à le semer, quand le temps le permet, en février et mars ; il faut craindre de le semer plus tard, la sécheresse peut lui faire du tort. Il ne peut pas, comme certaines graines, se contenter d'un simple roulage pour être enterré ; il faut qu'il soit recouvert de trois à cinq centimètres de terre, puis roulé ; dans ces conditions la graine germera et lèvera toujours ; si l'on sème en automne, on répandra la graine aussitôt le blé ou le seigle recouverts d'un hersage, puis on hersera de nouveau pour l'enterrer convenablement et on roulera si le temps le permet. Si on sème au printemps dans un blé de mars ou une avoine, on procédera de la même manière, mais si on sème au printemps dans une céréale d'hiver, il faudra herser énergiquement afin de faire assez de miettes pour enterrer la graine. Quand on achète la graine de sainfoin, il faut chercher celle dont la gousse est légèrement jaune et rougeâtre et que la graine qu'elle contient est pleine et d'un roux jaunâtre. Les gousses vertes ou noirâtres sont de qualité tout à fait inférieure ; la première indique que la graine a été récoltée avant maturité ; la seconde, qu'elle est avariée (...) ; ces graines font de mauvaises levées quand elle lèvent, mais donnent presque toujours des plantes chétives et qui meurent vite.

Plusieurs cultivateurs sèment du trèfle avec le sainfoin dans le but d'augmenter la production ; cette méthode n'est pas trop mauvaise lorsqu'on a l'intention de retourner

⁵ en 1878.

son sainfoin après une récolte ou deux, mais lorsqu'on veut le garder plusieurs années, on a bien tort de l'associer au trèfle qui, après une récolte, laisse de grands vides dans le champ ensemencé de sainfoin, et qui disparaît complètement à la seconde. Je préférerais au trèfle la pimprenelle et le ray-grass. excellents fourrages qui s'accordent parfaitement avec cette légumineuse.

Les soins à donner au champ ensemencé de sainfoin consistent en un hersage après l'hiver ; seulement il y a des précautions à prendre, car dans certaines terres des hersages énergiques lui feraient du tort ; c'est au cultivateur à apprécier le hersage qu'il doit donner. Il y a des terres que les gelées soulèvent beaucoup ; dans celles-là il faut être prudent, car le sainfoin ayant son collet hors de terre, des hersages trop forts le détruiraient ; dans ce cas, il vaut quelquefois mieux rouler.

Le sainfoin, sous le climat de Paris, se récolte fin mai et dans la première quinzaine de juin. (...) Lorsqu'il est mis en meule, il ne faut pas attendre longtemps pour le botteler, car le hâle, le soleil le pénètrent facilement, en font tomber les feuilles ; de là une perte considérable et une dépréciation de cette légumineuse, à laquelle il ne reste plus que le coton. Le rapport entre le fourrage vert et le fourrage sec est, à peu de chose près 100 kg de sainfoin vert fournissant 30 kg de sainfoin sec, admettant bien entendu que le fanage a été opéré dans de bonnes conditions. C'est un peu moins de perte que n'en fait la luzerne, qui est estimée de 25 à 27 %.

Le sainfoin peut durer cinq à six ans dans la même terre ; on le défriche l'hiver comme la luzerne, il améliore le sol, mais moins que cette dernière, par la raison qu'il y laisse beaucoup moins de racines. Nous avons dit que la luzerne laissait 37000 kg de racines par hectare lors du défrichement, lesquelles représentent environ 350 kg d'azote. Le sainfoin n'en laisserait que 10000 kg donnant 95 kg d'azote, ce qui peut équivaloir à une fumure de 25000 kg, calculant le fumier de ferme à 4 kg d'azote par 1000. Le défrichement du sainfoin donne une terre neuve enrichie sur laquelle il vient de belles céréales. Je conseille la culture de cette légumineuse comme fournissant le fourrage le plus agréable au goût des animaux, les nourrissant bien et rendant le lait des bêtes bovines beaucoup plus butyreux ».

3.3.5 Troisième période du système « améliorant » : la jachère

La troisième période d'amélioration est consacrée à un temps de repos du sol, avec une mise en jachère. Celle-ci permet « de nettoyer énergiquement les sols infestés de mauvaises herbes, de chiendent surtout ; d'ameublir les sols très tenaces ; de faciliter la désagrégation, le passage à l'état soluble de toutes les substances minérales et organiques qui se trouvent dans la couche arable et peuvent servir d'engrais ; de donner à la terre le temps d'absorber des engrais atmosphériques, soit par elle-même, soit par les pluies et les neiges qu'elle reçoit ; de rendre les grosses fumures moins nécessaires ; de faciliter la distribution des façons culturales (...). La jachère est un moyen extrême qui convient plutôt aux terres fortes et trop humides » (Lecouteux 1881 p. 58).

3.3.6 Quatrième période du système améliorant : le fourrage de haut rendement

Enfin, la quatrième et dernière période est celle des « fourrages de haut rendement ». Aboutissement de l'amélioration des sols pauvres, elle concrétise la transition entre le système extensif et intensif : la culture de fourrages de haut rendement s'inscrit déjà dans une logique de culture intensive, avec un objectif de rendement élevé. « On voit réussir le trèfle, le sainfoin, la luzerne, les fourrages annuels, les racines. Les terres améliorées peuvent se vendre ce qu'elles ont coûté comme achat et amélioration ».

Le cycle d'amélioration des terres pauvres que décrit Edouard Lecouteux reflète certainement assez bien les stratégies mobilisées au 19^e siècle pour augmenter la production agricole à l'échelle du pays. La succession boisements – pâtures – jachères – fourrages de haut rendement devait transformer des sols initialement peu intéressants pour l'agriculture, en terres économiquement rentables et exploitables dans un mode intensif.

Le fourrage de haut rendement par excellence est la luzerne, légumineuse à la base de l'essor de l'agriculture de l'Europe de l'Ouest au 19^e siècle (Thiébeau et al. 2003). Elle s'est développée partout en Europe, sauf là où la culture d'autres espèces était plus favorable, comme le trèfle violet sur des sols acides et le sainfoin sur les terres calcaires sèches d'Europe centrale et méridionale. Elle commence à être prise en compte de façon quantitative (surfaces cultivées et production) dans les statistiques agricoles françaises assez tardivement, après 1882.

« L'histoire de la luzerne est, en grande partie, l'histoire même de la révolution agricole des pays non arrosables, car c'est de l'époque où ils ont adopté cette légumineuse que leurs progrès les plus remarquables ont eu lieu. Il n'est pas jusqu'au pays d'irrigation eux-mêmes qui n'aient tiré un admirable parti de la luzerne, car elle brille au premier rang dans plusieurs des belles plaines du midi de la France et du Piémont. (...) Sous le climat de Paris, (...) l'époque du plein rapport est la troisième année. Elles duraient autrefois vingt ans et au-delà ; revenues trop souvent dans les mêmes sols, elles doivent être défrichées maintenant au bout de six ans d'occupation car, après ce laps de temps, les brômes les envahissent, beaucoup de plants disparaissent, le produit baisse en quantité comme en qualité. (...) Pour elle, le sol n'est pas une simple couche de 25 centimètres d'épaisseur : c'est l'ensemble des couches de plusieurs mètres où elle peut enfoncer ses racines qui ont la propriété de traverser des roches calcaires de moyenne cohésion » (Lecouteux 1811 p. 236-238).

Cette légumineuse fourragère pérenne capte l'azote atmosphérique qu'elle fixe dans le sol. Ses effets positifs sur la fertilité du sol se manifestent par la fixation symbiotique de l'azote dans la biomasse, grâce à une bactérie du sol (*Rhizobium meliloti*). La même réaction obtenue par chimie de synthèse (azote minéral) demande une énergie considérable, car le processus nécessite des températures de 500 à 600°C et des pressions importantes. La luzerne fait donc preuve d'une formidable efficacité comme fertilisant du sol, grâce à un processus naturel économique. Le coût énergétique d'1 kg d'azote fixé par une légumineuse vaut 5000 à 10000 kcal, contre 18000 à 19000 kcal pour un engrais de synthèse, auquel s'ajoutent les dépenses de stockage et de distribution. En outre, la luzerne rétrocède l'azote contenu dans sa biomasse progressivement et son effet positif est encore constaté 18 mois après sa destruction. Son système racinaire pivotant exploite les sols profonds (plus de 1,5 m), entraînant une amélioration physique du sol, en termes de structure et de capacité de drainage. Pour ces raisons, la luzerne occupe une place en tête de rotation dans les assolements. Cette légumineuse, qui demande peu d'intrants pour prospérer, est aussi intéressante pour limiter l'érosion des sols et capter les nitrates en excès dans le sol. Elle a un intérêt socio-économique par sa grande productivité, et le large éventail des utilisations possibles de son produit : fourrage vert, pâturé, ensilé ou déshydraté, alimentation humaine et aussi, usages industriels. Elle permet une production de protéines par hectare sans équivalent en Europe (fig. 25)⁶.

⁶ Ce paragraphe est largement repris de Thiébeau et al. 2003, p. 35-36

Culture	Rendement moyen (1994-1999) en t/ha	Coefficient de conversion	Protéines produites en t/ha
Blé tendre	7,1	0,12	0,852 ^D
Colza d'hiver	3,2	0,20	0,643 ^E
Féverole	4,0	0,25	0,992 ^C
Lin oléagineux	1,9	0,34	0,638 ^E
Luzerne déshydratée	13,2	0,16	2,117 ^A
Maïs grain	8,4	0,08	0,672 ^E
Pois protéagineux	5,1	0,22	1,118 ^B
Soja	2,6	0,38	1,001 ^C
Tournesol	2,2	0,16	0,352 ^F

^{A-F} : Classement en groupe homogène selon le test de Newman & Keuls (p<0,05)

Fig. 25 – Comparaison de la production de protéines de cultures entrant dans la fabrication d'aliments composés pour les animaux (in Thiébeau et al. 2003, tableau III p. 39)

La luzerne consomme toutefois beaucoup d'eau (50 mm par tonne de matière sèche), aussi, il faut lui réserver des sols à bonne réserve hydrique et se ressuyant bien pour éviter l'asphyxie des racines. Elle apprécie des sols à pH neutre ou basique et consomme une quantité notable de calcium pour sa croissance (30 kg de CaO par tonne de matière sèche). Les sols de Brie répondent *a priori* très bien, dans l'ensemble, à ces exigences de réserve hydrique et de pH.

3.3.7 Les bénéfiques du système « améliorant » ont-ils profité à l'agriculture du 20^e siècle ?

Cette stratégie des quatre périodes améliorantes, qui repose sur un recours à l'agriculture extensive pour accroître à terme les surfaces de production intensive, peut expliquer l'augmentation importante des superficies de terres arables observée en Seine-et-Marne (fig. 17) au 19^e siècle, et plus généralement aussi, en France. Dans cette perspective, le recours à l'extensivité peut être vu comme une stratégie nationale visant un futur agricole amélioré, capable de soutenir une société française en pleine croissance démographique et industrielle. Ce choix d'extensivité, promu au 19^e siècle par des lois, était certainement un pari politique sur l'avenir, plutôt qu'une solution immédiate adoptée faute de mieux, pour produire plus tout de suite, malgré des rendements médiocres ou des prix de revient élevés.

Les variations des usages du sol observés entre 1780 et 1830, puis durant les 19-20^e siècles sur la zone du projet de PNR (fig. 26 à 28), sont compatibles avec cette stratégie des améliorations. Ainsi, l'assèchement d'une bonne partie des étangs après la Révolution française, et leur conversion en prés concrétisée dès 1830 (cf. étude 2021-2023), renvoie à une première démarche d'amélioration permanente (drainage). Ensuite, l'évolution de ces anciens plans d'eau vers une conversion totale en terres labourées après une période d'enherbement, durant les 19^e et 20^e siècles, s'inscrit aussi dans une démarche d'amélioration opérée dans un temps long. L'élimination des friches pour leur mise en culture, dès le début du 19^e siècle, se place dans cette même logique.

Globalement, sur la zone du projet de PNR, les évolutions des usages du sol relevées montrent un accroissement constant des terres arables, d'environ 30 %, entre 1780 et 1877, dans une progression conforme aux successions d'usages des sols préconisés par le système des « cultures améliorantes ». L'approche quantitative opérée à partir d'archives statistiques (19^e siècle) et de tableaux d'arpentages (18^e siècle), ainsi que les sources cartographiques (plans d'Intendance du 18^e siècle, carte d'Etat-Major vers 1830, carte agronomique de 1877) indiquent la même tendance d'augmentation constante des surfaces de terres arables entre la fin du 18^e siècle et la fin du 19^e siècle sur la zone du projet de PNR.

Les sources cartographiques anciennes documentant cette zone montrent que les friches, qui occupaient 2500 ha en 1780 (plans d'intendance), ont presque disparu dès 1830 (relevés d'après la carte d'Etat-Major, fig. 26, cf. étude archéogéographique 2021-2023). Les vignes, tout comme les surfaces boisées, sont restées assez stables entre 1780 et 1830, alors que les terres arables (+ 8 %) et les surfaces toujours enherbées (+ 10 %) ont progressé sur la même période.

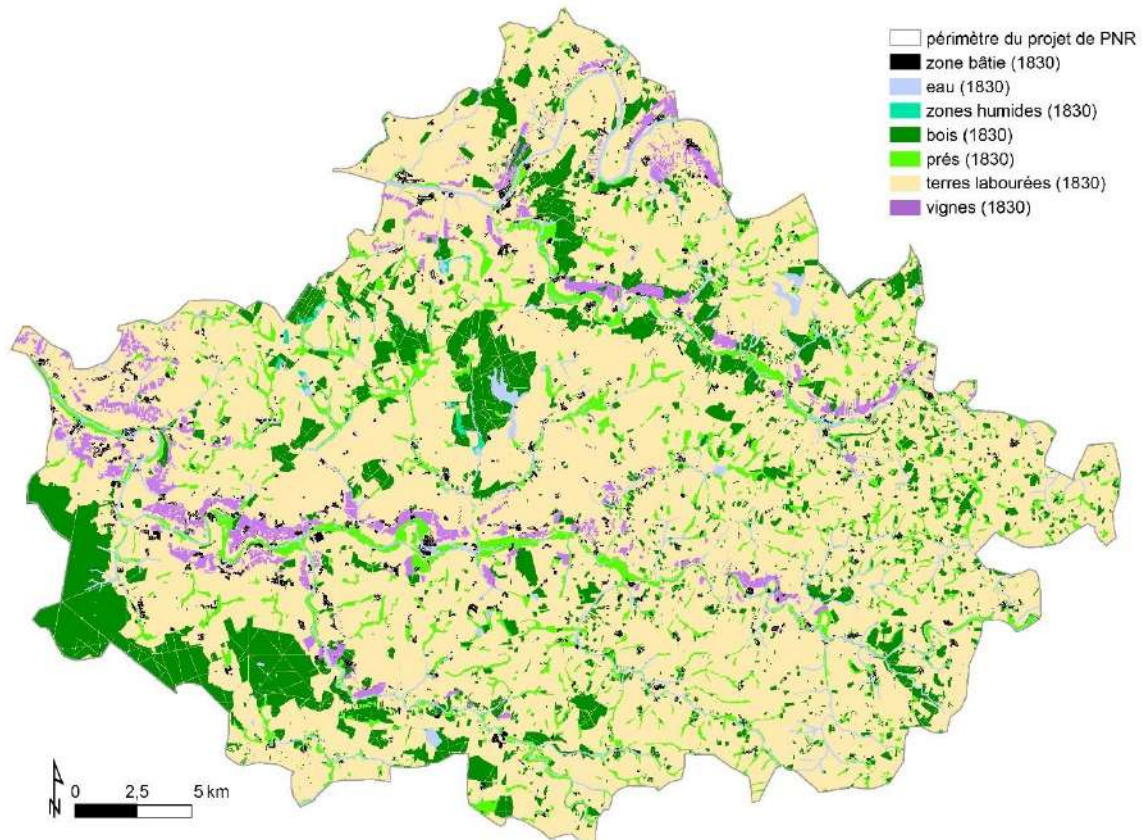


Fig. 26 – Usages des sols vers 1830, relevés d'après les données de la carte d'Etat-Major

En 1877, la carte agronomique (fig. 27) indique encore une relative stabilité du boisement depuis 1830 (+ 3 %), et un léger recul du vignoble (- 5 %). L'augmentation des terres cultivées (hors vignes), est sensible, de l'ordre de 20 %. Les prés diminuent beaucoup, passant d'environ 7500 ha vers 1830 à 4000 ha seulement en 1877 (- 47 %) : bon nombre de prairies ont été converties en terres arables entre 1830 et 1877. Aujourd'hui (fig. 28), les surfaces toujours enherbées couvrent 3500 ha sur la zone du projet de PNR, soit une baisse de 12 % environ par rapport à 1877. Et, si le vignoble a presque disparu à présent, les boisements se sont en revanche beaucoup développés autour des deux Morin et de la Marne.

Enfin, l'importance des surfaces cultivées en luzerne en Seine-et-Marne depuis les années 1880 (environ 10 % de la SAU), quantités connues à partir des statistiques agricoles départementales annuelles – auxquelles on pourrait ajouter les surfaces d'autres fourrages verts capables d'améliorer la fertilité du sol (sainfoin, trèfle) – font écho à la quatrième période des « fourrages de haut rendement ». La spatialisation cartographique passée de ces cultures est impossible, car les fourrages verts sont comptabilisés avec les terres arables. Etant intégrés à un système d'assolement avec rotation des cultures, ils sont mobiles dans l'ensemble de l'espace agricole, qu'ils fertilisent au fur et à mesure des soles affectées, grâce à la fixation biologique de l'azote qu'ils absorbent.

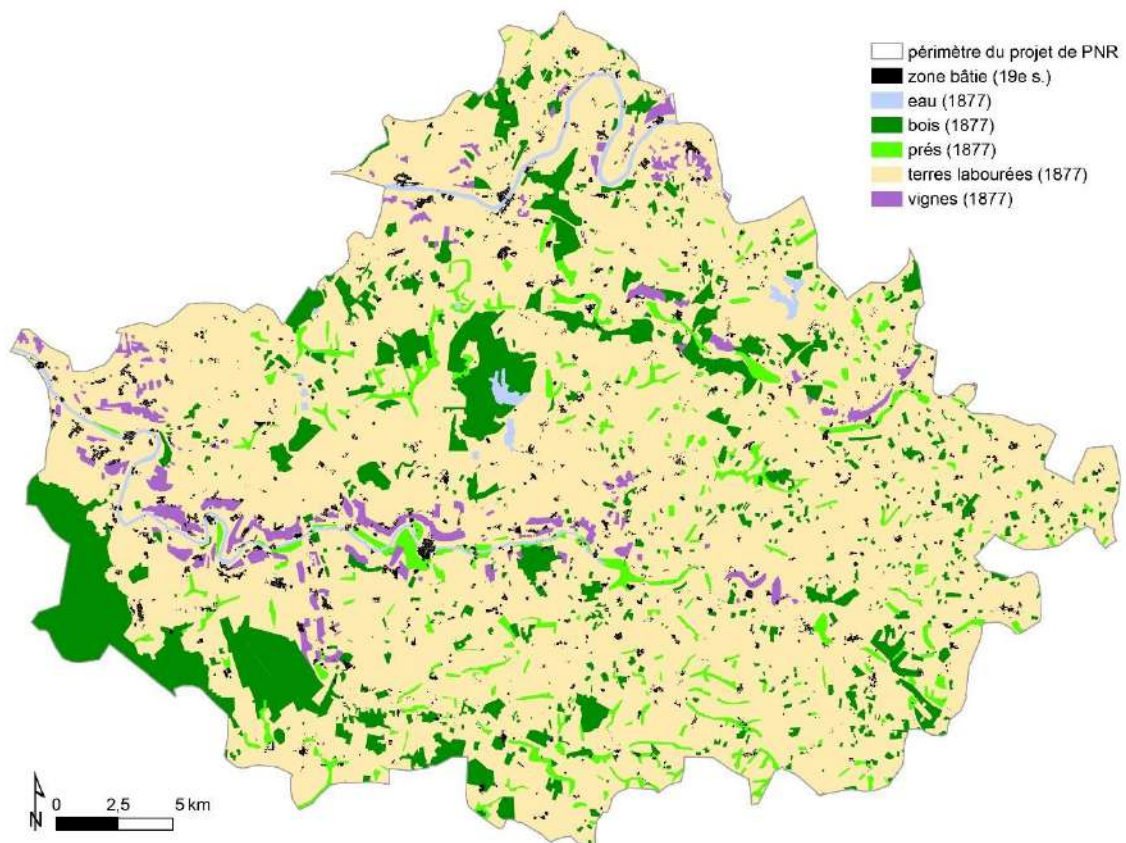


Fig. 27 – Usages des sols relevés d’après les données de la carte agronomique de 1877

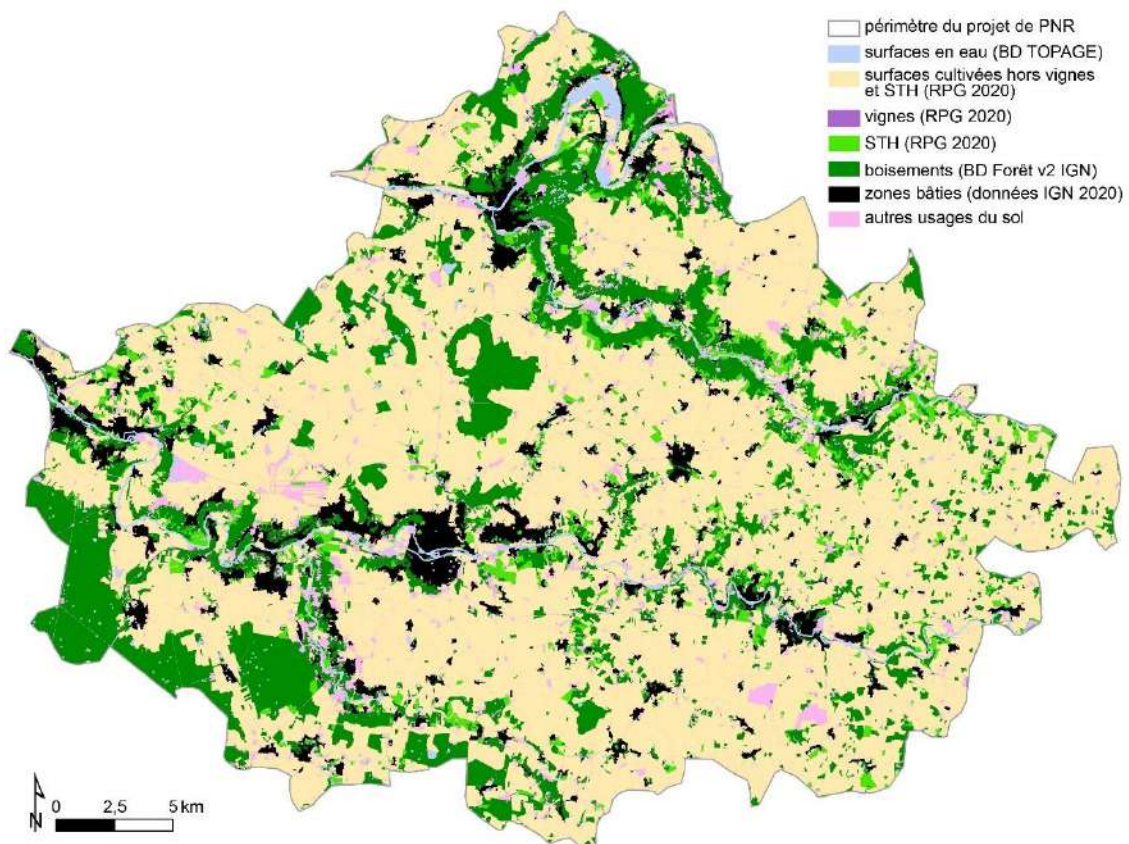


Fig. 28 – Usages des sols actuels relevés d’après les données IGN, RPG et TOPAGE.

L'essor spectaculaire des rendements et des quantités produites à partir des années 1950, qui est assurément liée à une intensification systématisée du système agricole, pourrait être en partie le bénéfice d'une stratégie d'amélioration agricole du sol planifiée à large échelle après la Révolution française, qui s'est concrétisée par une capitalisation des ressources durant le 19^e siècle et la première partie du 20^e siècle. Ce capital a pu être largement consommé dans la deuxième moitié du 20^e siècle.

Les données statistiques agricole, publiées chaque année depuis environ 150 ans, permettent de suivre l'évolution quantitative des surfaces et des rendements des principales cultures végétales en Seine-et-Marne sur toute cette période (fig. 29).

La contraction globale de la SAU, surtout marquée durant les décennies 1960-1980, a déjà été évoquée (fig. 17, partie 3.1 et fig. 29, courbe noire). Si la perte de terres arables est parfois imputable à l'urbanisation, c'est surtout l'abandon des terres les moins rentables qui a conduit à cette rétractation. Le plus souvent, les terrains abandonnés s'enrichissent et se boisent. Ce phénomène a été étudié et bien caractérisé à l'échelle de la France (voir Koerner *et al.* 2000, par exemple).

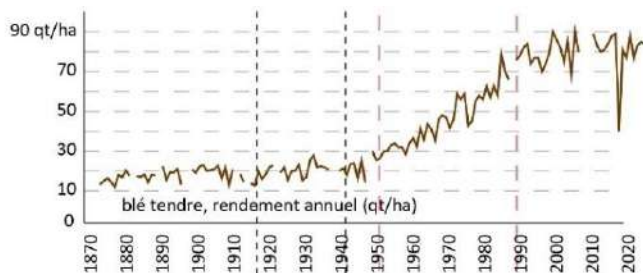
La superposition des courbes d'évolution des surfaces cultivées en blé tendre, betterave, avoine, luzerne et des surfaces toujours enherbées (fig. 29) permet d'identifier des synchronies et des trajectoires individuelles. Ainsi, l'évolution des superficies cultivées en betterave (fourragère et industrielle, courbe violette) révèle une tendance assez stable des surfaces dédiées sur la période 1880-2020, avec une augmentation toutefois non négligeable sur la période 1930-1960.

La courbe de l'avoine (en gris) montre sa déprise précoce, dès la Première Guerre mondiale, et une accélération après 1930, suivie d'une disparition presque totale en Seine-et-Marne dès 1970. Cette chute s'explique surtout par l'essor généralisé de la motorisation, bien au-delà de l'agriculture, et l'abandon de la traction animale, qui était le principal débouché de cette céréale (grains pour les chevaux), ainsi que la litière animale pour les pailles, recyclées en fertilisant avec le fumier.

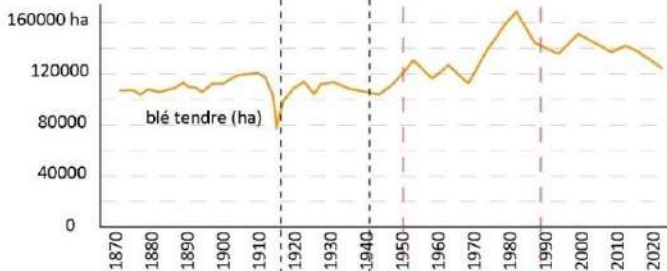
Les surfaces en blé tendre ont globalement augmenté, avec un pic marqué au cours des années 1970-1980. Simultanément, la luzerne (courbe vert clair), qui formait autrefois l'une des cultures fondamentales complétant le processus d'assolement pluriannuel avec rotation des cultures (voir partie 4.1), disparaît presque complètement. Les surfaces toujours enherbées (STH, courbe vert foncé) se rétractent fortement dès les années 1950.

Il y a une synchronie opposée remarquable entre la période de forte augmentation des rendements du blé et celle de la disparition de la luzerne, de la rétractation de la SAU globale et de la forte diminution des STH. Ces tendances combinées reflètent le processus d'intensification du système agricole initié après la Deuxième Guerre mondiale, qui a visé en premier lieu une production accrue en blé tendre. Cette dynamique semble avoir atteint un palier : il n'y a plus de luzerne à supprimer, les STH sont à un niveau très bas et la SAU est réduite aux terres les plus adaptées aux cultures intensives. On assiste peut-être aujourd'hui, avec la stabilisation constatée des rendements du blé depuis plusieurs décennies déjà, à l'atteinte d'une limite du système intensif en place depuis environ 70 ans, et un plafonnement de ses gains productifs et probablement aussi, économiques.

rendement annuel du blé tendre (qt/ha) en Seine-et-Marne : forte augmentation entre 1950 et 1990



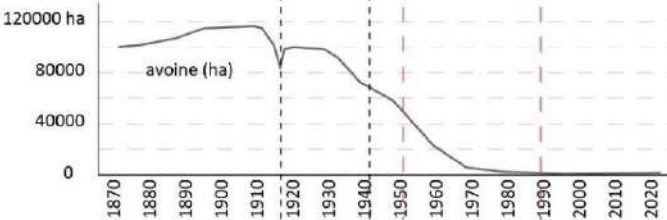
augmentation sensible des surfaces en blé tendre (ha) en Seine-et-Marne dans les années 1970



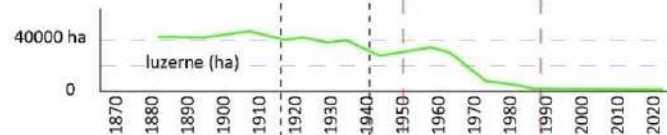
relative stabilité des surfaces cultivées en betterave entre 1880 et aujourd'hui en Seine-et-Marne



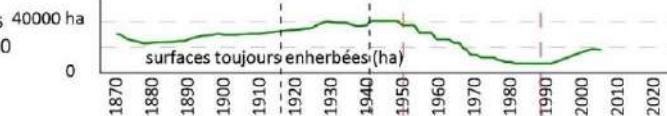
diminution rapide et forte des surfaces cultivées en avoine en Seine-et-Marne à partir de la Première Guerre mondiale



diminution rapide et forte des surfaces cultivées en luzerne en Seine-et-Marne à partir des années 1960



diminution progressive et forte des surfaces toujours enherbées en Seine-et-Marne à partir des années 1950 et reprise après 1990



perte de 25 % SAU en Seine-et-Marne entre 1870 et 2020

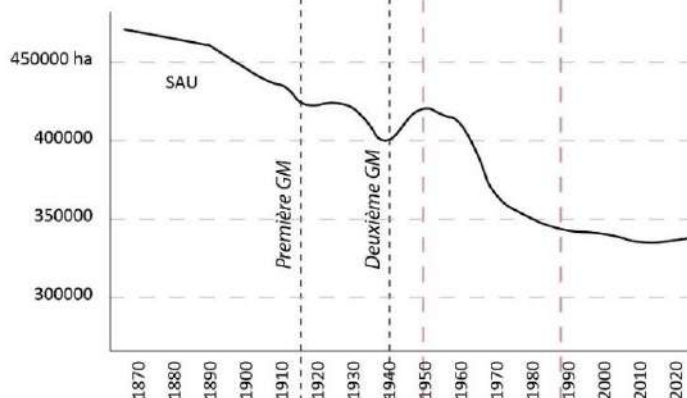


Fig. 29 – Evolution comparées des rendements du blé tendre, des surfaces cultivées en blé tendre, betterave, avoine et luzerne et des surfaces toujours enherbées en Seine-et-Marne de 1870 à 2020.

Les principaux points à retenir dans le chapitre 3 :

- Une intensification du système de production agricole débute dès les dernières décennies du 19^e siècle et s'accroît fortement après 1950. Ce phénomène est associé à une contraction notable de la SAU durant le 20^e siècle. Elle a diminué de plus de 20 % en un siècle et de plus de 40 % depuis la fin du 19^e siècle.
- Les terrains de rentabilité modérée délaissés par l'agriculture postérieure à 1950 étaient cultivés autrefois. Aujourd'hui, ils sont surtout devenus des friches ou des bois. Le développement urbain postérieur à 1950 a souvent investi des terrains qui avaient une bonne rentabilité économique agricole au 19^e siècle.
- L'agriculture actuelle a recentré la production sur les sols les plus adaptés aux besoins d'un système d'exploitation intensif et motorisé. Si les caractères recherchés aujourd'hui sont fortement liés aux propriétés physico-chimiques naturelles des sols et aux contraintes d'accessibilité, ils résultent aussi d'améliorations durables et souvent anciennes, initiées par les agriculteurs d'autrefois.
- La carte agronomique de Seine-et-Marne de 1877 tient compte des qualités physico-chimiques du sol. Toutefois, les principaux facteurs pris en compte pour le classement de la valeur agronomique étaient la rentabilité économique et la nature de l'usage du sol (bois, vignes, prés, terres labourées).
- L'agriculture extensive, associée à une SAU élevée, était mobilisée au 19^e siècle pour soutenir un processus général d'intensification et d'accroissement productif. Les systèmes intensifs et extensifs se complétaient, ils ne s'opposaient pas.
- Cette stratégie d'accroissement reposait sur la mise en œuvre de « cultures améliorantes », soit permanentes et d'ordre foncier (drains, chemins, etc.), soit temporaires et d'ordre cultural (engrais, labours, assolements).
- Les terrains cultivés sur le mode extensif intégraient un cycle long d'amélioration du sol, où se succédaient : une phase 1 forestière destinée à accroître la matière organique des sols très pauvres (gain en carbone), une phase 2 de pâture (ray-grass, sainfoin) visant à augmenter la réserve en azote, une phase 3 de jachère pour assimiler les éléments produits par la pâture (racines, déjections animales) et améliorer la structure physique du sol, et une phase 4 de transition vers le mode intensif, concrétisée par une culture économiquement rentable de fourrages verts gros producteurs d'azote (luzerne, en particulier).
- L'essor spectaculaire des rendements et quantités produites par l'agriculture à partir des années 1950, lié à l'intensification systématique du système, pourrait être en partie le bénéfice d'une stratégie d'amélioration des sols agricoles planifiée à large échelle au 19^e siècle et concrétisée par une capitalisation des ressources qui se prolonge jusqu'au milieu du 20^e siècle. Ce bénéfice a pu être largement consommé dans la deuxième moitié du 20^e siècle. Le système agricole intensif en place depuis 70 ans semble à présent avoir atteint un plafond de capacités de production et de rendement.

4 – Une agriculture passée reposant sur des assolements planifiés et sur une large diversité végétale

4.1 Le fonctionnement des assolements au 19^e siècle

La production des cultures reposait traditionnellement sur un assolement avec rotation des cultures, dont le fonctionnement complexe est détaillé en 1881 par Edouard Lecouteux (p. 367 et sq.). L'assolement est établi pour permettre une succession chronologique des cultures préétablie sur une durée variable de 2 à 6 ans et plus encore, si cela est jugé opportun.

« *Etablir un assolement, c'est diviser le terrain en autant de parties ou soles que la rotation compte d'années. C'est surtout fixer la proportion des diverses récoltes, au double point de vue de l'équilibre entre la production et la consommation des engrais, ainsi que la répartition des travaux d'attelages et de main d'œuvre* » (p. 369). Il existe trois types d'assolements (fig. 30) :

Assolements	{	1 ^o avec jachères.....	{	biennal.	
		2 ^o à récoltes annuelles sans jachères.	{	triennal.	
		3 ^o avec fourrages vivaces..	{	alaterne.	
				{	pâturages.
				{	prairies.

Fig. 30 – Les trois grands types d'assolements décrits par E. Lecouteux en 1881

L'assolement biennal avec jachère, qui alterne culture du blé et jachère, est un « faux assolement ». Il repose sur une fertilisation du sol par absorption d'azote atmosphérique pendant l'année de jachère, augmentée pendant cette année de repos, de la dégradation des engrais résiduels non consommés par l'année de culture de blé. Cette méthode est considérée comme un pis-aller peu rentable par Edouard Lecouteux, qui préconise de la réserver à des terrains à problèmes : « *il faut parfois savoir s'en contenter dans certaines terres sèches qui ne peuvent pas être irriguées* ».

L'assolement triennal (jachère, blé-avoine), est situé au premier rang des assolements productifs avec jachère ciblant les céréales, cultivées théoriquement avec cette méthode sur deux-tiers de la surface disponible. Mais, la fertilisation reposant au 19^e siècle sur la disponibilité du fumier obtenu principalement en autosuffisance, un quart des terres cultivables devait être réservé à la prairie ou aux fourrages nourrissant les animaux. Ceci diminue la part pouvant réellement être dédiée aux céréales : « *le quart au froment, le quart à l'avoine fourrage, tandis que l'autre moitié se partage également entre les prés et la jachère morte* ».

Un exemple théorique quantitatif est donné (p. 371 et sq.), pour illustrer le fonctionnement de cet assolement triennal, avec une ferme exploitant 90 ha de terres arables. Pour cultiver cette surface, 9 chevaux de trait sont nécessaires, qui consomment 36 t de foin sec par an (4 t/ha). La paille d'avoine, estimée à 60 t/an (2 t/ha), sert de fourrage-litière aux moutons producteurs de fumier. On compte environ 25 moutons par hectare de surface parquée. Pour la fertilisation du sol, « *les blés sont fumés directement, et la jachère morte bien conduite et souvent piétinée par le troupeau vaut une portion de*

fumure ». Il reste à ajouter 20 t/ha en fumier à cette jachère, pour espérer ensuite une récolte de 13 à 15 qt/ha de blé et 12 à 15 qt/ha d'avoine.

Les assolements alternes avec jachères sont planifiés sur une durée dépassant trois ans et organisés pour éviter deux récoltes consécutives de céréales sur la même parcelle. Ils intègrent des années de jachère dans la succession. Ces assolements « *conviennent dans les situations où la culture des racines ne doit pas être développée ; une partie de la sole qui fait tête de rotation est occupée, partie par les racines, partie par la jachère morte ou verte. La culture des racines se concentre ainsi sur une terre mieux fumée et mieux travaillée* ». Ce type d'assolement est donc préconisé dans une perspective de production intensive par des terres ayant des facteurs agronomiques limitants.

Les assolements à récoltes annuelles continues placent chaque année une récolte différente de celle que le sol vient de porter sans avoir recours à la jachère morte. Ils reposent sur l'alternance de racines sarclées, trèfle, fourrages annuels et céréales. C'est le mode de culture par excellence de l'agriculture intensive du 19^e siècle. « *Le but principal de la culture alterne (...) c'est de ne faire revenir les céréales sur le même sol qu'après une année d'absence, et d'utiliser cette absence par des récoltes intercalaires qui permettent le nettoyage, l'ameublissement et la fumure du sol. Car, s'il est un fait acquis à la pratique, à la science, c'est que les céréales fauchables ne peuvent, sans diminuer de rendement, sans épuiser et salir le sol, revenir longtemps sur elles-mêmes. Tandis que, ne revenant sur la même terre que de deux années l'une, elles donnent à l'homme le plus haut produit de grain et de paille qu'il puisse obtenir* » (p. 376).

Les cultures intercalaires conduites entre les céréales doivent :

- Livrer une terre bien labourée, nettoyée, assainie et fumée avant la saison d'ensemencement de la céréale ;
- Restituer l'engrais qu'elles ont consommé à la terre, et produire par elles-mêmes l'engrais nécessaire au développement maximal de la céréale qui lui fait suite ;
- Être placées « *dans des conditions de succès qui assurent la vigueur de leur végétation et mettent leur prix de revient en rapport avec les résultats généraux de l'exploitation* » ;
- Dans le cas où elles ne produisent pas d'engrais, compenser cet inconvénient par le nettoyage et l'ameublissement du sol qu'on leur associe, et les bénéfices qu'elles procurent, qui permettent d'acheter les engrais manquants à l'extérieur de l'exploitation.

Les plantes sarclées, classées au 19^e siècle comme fourragères (racines, féveroles, choux) ou industrielles (colza, garance, pavot, entre autres), sont considérées comme une culture intercalaire de premier plan : « *c'est par elles et pour elles que le sol est labouré énergiquement, fumé copieusement, puis ameubli et nettoyé pendant toute la saison où poussent les mauvaises herbes* ».

Les plantes sarclées fourragères consomment beaucoup d'engrais pour croître. Mais, si on tient compte du fonctionnement en autosuffisance de l'exploitation agricole, ces engrais d'abord consommés par les végétaux sont ensuite restitués au sol avec le fumier, puisque ce sont les animaux qui consomment la production. Au final, le bilan export/apport d'engrais est au bénéfice du sol.

Les plantes sarclées industrielles, dont la production est exportée sans retour, épuisent nécessairement le sol. Par conséquent, « *pour cultiver des plantes industrielles, il faut, ou un excès de richesse du sol que ne peuvent utiliser lucrativement les autres récoltes, ou bien un excès d'engrais tiré du dehors de l'assolement* » (p. 378).

Le trèfle, « *l'une des meilleures plantes préparatoires au froment, à l'avoine et au colza* » est « *l'un des pivots de la culture alterne, et une véritable prairie artificielle de courte durée* ». Il n'exige aucune préparation spéciale et se sème généralement dans la céréale qui a suivi une jachère ou une récolte sarclée, et il reste en place un à deux ans. On le sème parfois dans le lin ou dans le colza, ou « *dans une avoine destinée à être coupée en vert* ». Le trèfle est « *fauchable et donne au moins deux coupes et une pâture dans la première année, puis une coupe et une pâture dans la deuxième année* ». La minette, le trèfle incarnat, la pimprenelle et le sainfoin, s'ils sont défrichés après une année de culture, jouent un rôle analogue à celui du trèfle dans les rotations. Mais en général, on les cultive en pâture. Le ray-grass d'Italie est aussi associable au trèfle et à la luzerne.

Les jachères vertes sont « *les terresensemencées en seigle, escourgeon, vesce, navette, sarrasin, moutarde, maïs, etc., tous fourrages qui (...) n'occupent en général le sol que pendant sept mois, les uns pendant six à sept semaines même ; permettant ainsi de façonner la terre, soit avant leur semaille, soit après leur récolte, et viennent combler, dans la nourriture verte, les temps d'arrêt que les fourrages vivaces (trèfle, luzerne) laissent entre leurs coupes* ». Ces jachères peuvent être fumées et « *remplacent avantageusement la jachère morte* ».

Il existe diverses « *formules d'assolement* », résumées sous forme de tableaux (fig. 31 et 32) :

ROTATION DE 2 ANS.	ROTATION DE 4 ANS.	ROTATION DE 6 ANS.	ROTATION DE 8 ANS.
1 ^o Plantes sarclées, fumées.	1 ^o Plantes sarclées, fumées.	1 ^o Plantes sarclées, fumées.	1 ^o Plantes sarclées, fumées.
2 ^o Céréales diverses.	2 ^o Céréales diverses	2 ^o Céréales diverses.	2 ^o Céréales.
	3 ^o Trèfle et autres fourrages.	3 ^o Trèfle.	3 ^o Trèfle.
	4 ^o Céréales d'automne	4 ^o Céréales.	4 ^o Céréales.
		5 ^o Fourrages, demi-fumure.	5 ^o Fourrages, demi-fumure.
		6 ^o Céréales.	6 ^o Céréales.
			7 ^o Fourrages, demi-fumure.
			8 ^o Céréales.

Fig. 31 - Assolements à récoltes annuelles continues à nombre d'années paires (Lecouteux 1881 p. 385)

ASSOLEMENT de 3 ans.	ASSOLEMENT de 5 ans.	ASSOLEMENT de 7 ans.	ASSOLEMENT de 9 ans.
1 ^o Trèfle, racines, jachère { morte, { verte.	1 ^o Racines fumées.	1 ^o Racines fumées.	1 ^o Jachère fumée.
2 ^o Céréales d'hiver.	2 ^o Céréales d'hiver ou de printemps.	2 ^o Céréales diverses.	2 ^o Colza.
3 ^o Céréales de prin- temps.	3 ^o Trèfle.	3 ^o Trèfle.	3 ^o Orge.
—	4 ^o Céréales d'hiver.	4 ^o Céréales diverses.	4 ^o Trèfle fumé, plâ- tré.
—	5 ^o Avoine ou orge.	5 ^o Fourrages verts, demi-fumure.	5 ^o Epeautre.
—	—	6 ^o Colza, navette.	6 ^o Pois et vesces.
—	—	7 ^o Céréales.	7 ^o Racines parquées.
—	—	—	8 ^o Epeautre.
—	—	—	9 ^o Avoine.
2/3 Céréales.	3/5 Céréales.	4/7 Céréales et oléagineuses.	5/9 Céréales et colza.

Fig.32 - Assolements à récoltes annuelles continues à nombre d'années impaires (Lecouteux 1881 p. 388)

Les assolements avec fourrages vivaces intègrent des prairies et pâturages dans les rotations. L'amélioration obtenue par l'engazonnement du sol profite, pendant plusieurs années, à toutes les récoltes qui succèdent à leur défrichement (p. 389).

L'assolement quinquennal avec pâturages alternes était très utilisé en Angleterre, où le climat est humide, avec la succession suivante : « 1^{ère} année, turneps ; 2^e année, céréales de printemps ; 3^e et 4^e année, trèfle et ray-grass ; 5^e année, céréale d'hiver ». Cet assolement s'est développé en France au 19^e siècle, dans des régions au climat approprié.

Autre exemple donné, l'assolement de la plaine de Nîmes fonctionne ainsi : « 1^e, 2^e, 3^e, 4^e, 5^e années, luzerne ; 6^e, 7^e, 8^e années, trois récoltes de blé consécutives ; 9^e et 10^e années, sainfoin ; 11^e et 12^e années, deux récoltes de blé consécutives » (p. 390). On apporte une fumure de 150 t/ha de fumier pour établir la luzerne. Cet assolement convient bien au climat provençal sec et chaud, et à des cultures établies sur un sous-sol avec une bonne réserve en eau.

Dans la plaine de Brienne (Aube), l'assolement mis en place sur des terres sèches pour une ferme à moutons est résumé par la figure 33. Cet assolement reçoit deux fumures, dont une pour le blé.

		Fourrages.	Céréales.
1 ^{re} année.	Pommes de terre fumées....	1/13	»
2 ^e —	Orge de printemps.....	»	1/13
3 ^e —	Minette, trèfle, pâture.....	1/13	»
4 ^e —	Froment fumé.....	»	1/13
5 ^e —	Seigle pour pâture.....	1/13	»
6 ^a —	Vesce en vert.....	1/13	»
7 ^e —	Seigle en grain.....	»	1/13
8 ^e à 12 ^e —	Sainfoin.....	5/13	»
13 ^e —	Avoine en grain.....	»	1/13
Rapport des fourrages aux céréales...		9/13	4/13

Fig. 33 – Assolement de la plaine de Brienne (Aube, Lecouteux 1881 p. 391)

L'assolement avec fourrages vivaces fonctionne bien si les prairies temporaires « ont le bonheur de réussir », ce qui n'est pas toujours le cas, pour diverses raisons : maladies, sécheresses, sous-sol inadapté, en particulier. Une solution consiste alors à placer les prairies temporaires « hors rotation », pour pouvoir les défricher de façon irrégulière et avoir ainsi une plus grande liberté d'action dans les rotations. La figure 34 illustre ce fonctionnement, mis en œuvre à la ferme expérimentale de Grignon (Yvelines) entre 1826 et 1866 (p. 392 et sq.). Cette ferme, qui existe depuis le 17^e siècle et qui était un lieu dédié à la recherche agronomique au 19^e siècle, est encore aujourd'hui un domaine expérimental géré à présent par AgroParisTech (Vincent, Clerc 2021).

N° des soles.	ASSOLEMENT normal.	ANNÉE de défriche.	1 ^{re} ANNÉE sur défriche.	2 ^e ANNÉE sur défriche.
1	Racines.	Céréales de printemps avec graines de trèfle.	Trèfle.	Céréales d'hiver.
2	1 Céréales de printemps avec graines de luzerne.	2 LUZERNE à sa première récolte.	LUZERNE.	LUZERNE.
3	Trèfle.	Céréales d'hiver.	Fourrages verts.	Colza.
4	Céréales d'hiver.	Fourrages verts.	Colza.	Céréales d'hiver.
5	Fourrages verts.	Colza.	5 Céréales d'hiver.	Racines.
6	Colza.	Céréales d'hiver.	Racines.	Céréales de printemps avec graines de trèfle.
7	Céréales d'hiver.	Racines.	6 Froment de printemps avec graines de trèfle.	Trèfle.
8	LUZERNE.	3 LUZERNE à sa dernière récolte.	4 Avoine sur défriche.	Fourrages verts.

Fig. 34 - Assolements avec fourrages vivaces (Lecouteux 1881 p. 393)

La colonne de gauche (fig. 34) montre « un assolement normal avec une sole de vieille prairie dont le remplacement est préparé à l'aide d'un semis de luzerne, au lieu d'un semis

de trèfle, dans la seconde sole d'avoine, d'orge ou de blé de mars » (n° 1 en rouge, fig. 34). Dans la deuxième colonne, « la luzerne est à son année de défrichement après la récolte [n°2]. La jeune luzerne donne ses premières coupes et occupe la place réservée au trèfle dans l'assolement normal. Cette année-là il n'y a donc pas de trèfle mais deux soles de luzerne [n°2 et 3] ». Dans la troisième colonne, « l'ancienne sole de luzerne est en avoine [n°4] ; il n'y a qu'une sole de céréale d'hiver sur colza [n°5] ; celle qui devrait être sur trèfle n'existe pas, puisque l'année précédente il n'y a pas eu de trèfle. Aussi, pour parer à ce déficit momentané de froment d'hiver, a-t-on mis toute la sole sortant de racines en froment de mars [n°6]. Au total cependant, il y a trois soles de céréales [n°4, 5 et 6]. ». Dans la dernière colonne, l'assolement a repris sa marche normale.

Edouard Lecouteux commente ainsi les bienfaits de ce mode d'assolement : « les prairies artificielles dans l'assolement (...) ont rendu d'immenses services à l'agriculture française et notamment aux pays secs. Sans doute la luzerne, cette plante si productive, s'est emparée des meilleures terres ; mais d'autre part le sainfoin, cette providence des terres sèches, calcaires ou siliceuses, s'est installé sur les collines (...). Qu'on ajoute à cela la réduction de surface arable, qui résulte de l'extension des prairies artificielles, et qui permet, au grand profit des céréales, de concentrer les engrais et les travaux sur une surface mieux cultivée, (...) bienvenu fut le sainfoin (...) et bienvenue fut la luzerne » (p. 394). Il conclut ce passage à l'éloge du sainfoin et de la luzerne en soulignant aussi leurs limites. Ainsi, des sols laissés trop longtemps en sainfoin et luzerne se dégradent, notamment par l'envahissement d'adventices (bromes, chiendent), l'apparition d'un déséquilibre chimique du sol et une perte de la structure meuble cultivable. Le recours aux rotations et un espacement notable des cultures en prairies temporaires évite ces problèmes.

D'autres exemples d'assolements illustrent une longue étude de l'INSEE consacrée à l'histoire de l'agriculture, menée entre 1976 et 1979 (Alfroy 1976, 1978, 1979). Les rotations données en exemple, présentées sur les figures 35 à 37, sont issues de méthodes utilisées dans l'Indre.

La place occupée par la luzerne, à cause de la longue durée où elle reste en place, est comptabilisée séparément de l'assolement. Les luzernières en production sont ainsi déduites du total des terres labourables pour définir la base des surfaces de terres assolées (Alfroy 1976 t. 3 p. 500 et sq.). Les exemples d'assolement présentés en figures 35 à 37 listent les principaux végétaux composant chaque sole, avec les coefficients correspondant à la superficie relative qu'ils occupent, exprimés en centièmes. L'assolement triennal (fig. 35) est le plus répandu pour la petite et la moyenne culture.

1ère Sole (grains)	{	Blé.	0,97 à 0,89
		Seigle.	0,01 - 0,03
2ème Sole (grains)	{	Avoine de printemps	0,40 - 0,50
		Orge de printemps	0,50 - 0,60
3ème Sole (fourrages et plantés sarclées)	{	Sainfoin	0,45 - 0,50
		Trèfle	0,10 - 0,15
		Betteraves	0,15 - 0,20
		Pommes de terre	0,15 - 0,20

Fig. 35 – Exemple d'assolement triennal pratiqué dans l'Indre au 19^e siècle et début du 20^e siècle

L'assolement quadriennal (fig. 36) et l'assolement quinquennal (fig. 37) sont plutôt pratiqués par des exploitations de grandes surfaces. L'assolement quinquennal était toutefois peu répandu dans l'Indre.

A) 1ère Sole (grains)	{ Blé.	0,96 - 0,98
	{ Seigle.	0,02 - 0,04
2ème Sole (grains)	{ Avoine de printemps	0,55 - 0,60
	{ Orge de printemps	0,40 - 0,45
3ème Sole (fourrages)	{ Trèfle et Ray grass (Sont pacagés jusqu'au printemps qui suit la récolte).	
4ème Sole (plantes sarclées et jachère)	{ Betteraves	0,15 - 0,20
	{ Pommes de terre	0,15 - 0,20
	{ Jachère.	0,60 - 0,70
B) 1ère Sole (grains)	{ Blé.	0,75 - 0,80
	{ Orge d'hiver.	0,15 - 0,20
	{ Seigle.	0,02 - 0,03
2ème Sole (grains)	{ Avoine d'hiver	0,10 - 0,12
	{ Avoine de printemps	0,50 - 0,60
	{ Orge de printemps	0,30 - 0,40
3ème Sole (Artificielles et fourrages)	{ Prairies artif. : Sainfoin et trèfle	0,50 - 0,60
	{ Fourrages annuels : trèfle incarnat, trèfle jaune, vesce, gesse, etc	0,40 - 0,50
4ème Sole (Plantes sarclées et pacages)	{ Pacages sur vieux trèfles et sainfoins	0,40 - 0,50
	{ Betteraves	0,10 - 0,15
	{ Pommes de terres	0,06 - 0,10
	{ Jachère.	0,20 - 0,25
	{ Divers (maïs, fourrage, haricots, etc.)	0,05 - 0,08

Fig. 36 – Exemple d'assolement quadriennal pratiqué dans l'Indre au 19^e siècle et début du 20^e siècle

A) 1ère Sole	{ Blé.	0,80 à 0,90
	{ Seigle.	0,10 - 0,20
2ème Sole	{ Avoine d'hiver	0,10 - 0,15
	{ Avoine de printemps	0,85 - 0,90
3ème Sole	{ Prairies artificielles : Trèfle et ray-grass.	
4ème Sole	{ Pacage des artificielles.	
5ème Sole	{ Betteraves	0,10 - 0,15
	{ Pommes de terre	0,15 - 0,20
	{ Divers et jachère	0,60 - 0,70
B) 1ère Sole	{ Blé.	0,70 - 0,75
	{ Orge d'hiver.	0,25 - 0,30
2ème Sole	{ Prairies temporaires : sainfoin, trèfle seul et en mélange avec des graminées.	
3ème Sole	{ Pacages fournis par les prairies précédentes.	
4ème Sole	{ Avoine d'hiver	0,10 - 0,15
	{ Avoine de printemps	0,50 - 0,69
	{ Orge de printemps	0,30 - 0,35
5ème Sole	{ Fourrages annuels	0,35 - 0,45
	{ Betteraves	0,15 - 0,20
	{ Pommes de terre	0,10 - 0,12
	{ Jachère.	0,30 - 0,40

Fig. 37 – Exemple d'assolement quinquennal pratiqué dans l'Indre au 19^e siècle et début du 20^e siècle

L'abandon progressif des assolements avec rotation des cultures, qui s'est produit au cours de la deuxième moitié du 20^e siècle avec la métamorphose du système productif agricole, a été accompagné d'une modification substantielle du paysage rural. Elle se concrétise par la perte de la mosaïque paysagère que formaient autrefois les cultures (exemple sur la fig. 38, vue de gauche, mosaïque de cultures aux alentours de Jouarre, en 1936), transformée en une juxtaposition de grandes unités de culture dès le dernier quart du 20^e siècle (phénomène de remembrement, fig. 38 à droite, vue de la même zone autour de Jouarre en 2014). Outre une impression visuelle de paysage uniformisé plus monotone, la disparition de la mosaïque de cultures a probablement favorisé un appauvrissement de biodiversité, car la variété des milieux agricoles en place par hectare de territoire a beaucoup diminué.



Fig. 38 – comparaison de la mosaïque paysagère agricole en 1936 (vue de gauche) et 2014 (vue de droite), sur une zone située entre le sud-ouest de Jouarre et le nord de la forêt de Choqueuse.

L'augmentation des dimensions des unités de culture dans la deuxième moitié du 20^e siècle a certainement été avant tout motivée par des raisons pratiques, notamment une rationalisation des cultures avec les engins agricoles motorisés, aux performances techniques et mobilité limitées durant le 20^e siècle, ce qui demandait l'adaptation des champs aux travaux d'entretien et d'exploitation opérés à l'aide des machines. On peut difficilement attribuer le remembrement parcellaire sur la zone du projet de PNR à une éradication des haies, car elles y sont historiquement rares, ou par la suppression de fossés de drainage inter parcellaires, ceux-ci étant traditionnellement enterrés depuis des périodes anciennes. Le processus de remembrement a probablement visé surtout un gain de temps de travail consacré aux cultures avec engins motorisés, dans une logique d'intensification du système agricole.

Aujourd'hui et au cours des vingt dernières années, des progrès technologiques spectaculaires ont été faits dans la machinerie agricole : maniabilité accrue des engins, programmation des tâches à accomplir, recours à la localisation par satellite (GPS), par exemple. Avec cet enrichissement des possibilités techniques, on pourrait réfléchir à l'intérêt de réintroduire une forme de mosaïque paysagère et une plus grande diversité d'unités de cultures à l'hectare, sans pour autant modifier les superficies des cultures formant le socle du système actuel, comme le blé tendre, l'orge, la betterave, entre autres. Une telle démarche est peut-être réalisable avec les machines actuelles, dotées de capacités techniques sans commune mesure avec les engins de la deuxième moitié du 20^e siècle.

4.2 Semences et rendements

Pour compléter les informations sur le système productif agricole d'autrefois, voici quelques données sur les semences de blé et leurs caractéristiques. Le blé tendre a été ciblé plus particulièrement, car il constitue le moteur du système agricole briard, au 19^e siècle comme aujourd'hui.

ANNÉES.	FROMENT.			SEIGLE.			ORGE.			AVOINE.		
	1 ^{re} QUALITÉ.	2 ^e QUALITÉ.	3 ^e QUALITÉ.	1 ^{re} QUALITÉ.	2 ^e QUALITÉ.	3 ^e QUALITÉ.	1 ^{re} QUALITÉ.	2 ^e QUALITÉ.	3 ^e QUALITÉ.	1 ^{re} QUALITÉ.	2 ^e QUALITÉ.	3 ^e QUALITÉ.
1^{re} RÉGION. (NORD-OUEST.)												
FINISTÈRE, CÔTES-DU-NORD, MORBIHAN, ILLE-ET-VILAINE, MANCHE, CALVADOS, ORNE, MAYENNE, SARTHE.												
1891.....	76.43	74.47	72.34	73.29	71.89	70.41	65.71	63.85	61.91	50.74	48.83	46.79
1892.....	77.77	75.66	73.49	74.17	72.65	70.99	67.15	65.17	62.34	50.45	48.65	46.44
1893.....	78.61	76.63	74.69	74.74	73.43	71.65	66.18	64.13	62.50	49.67	47.78	45.65
1894.....	76.25	74.60	72.54	72.01	70.70	69.07	64.22	62.39	60.39	49.25	47.27	44.87
1895.....	77.99	76.04	74.34	74.30	72.55	70.72	66.28	64.59	62.85	50.72	48.87	46.79
1896.....	79.63	77.78	75.88	74.19	72.42	70.20	66.26	64.15	62.17	50.57	48.72	46.78
1897.....	78.28	76.34	74.38	73.27	71.90	70.09	64.80	62.97	60.82	49.57	47.42	45.19
1898.....	79.43	77.73	75.87	74.24	72.78	70.66	66.99	64.92	63.06	51.97	49.90	48.08
1899.....	79.43	77.80	76.05	74.61	73.33	71.51	67.66	65.95	63.88	51.58	49.69	47.60
1900.....	79.42	77.61	75.83	74.08	73.17	71.80	67.36	65.56	63.81	50.16	48.37	46.62
POIDS MOYENS.	78.32	76.66	74.54	73.89	72.48	70.71	66.25	64.26	62.37	50.46	48.55	46.48
2^e RÉGION. (NORD.)												
NORD, PAS-DE-CALAIS, SOMME, SEINE-INFÉRIEURE, OISE, AISNE, YUDE, LOIRE-ET-LOIR, SEINE-ET-OISE, SEINE, SEINE-ET-MARNE.												
1891.....	76.77	74.50	71.99	72.52	70.65	68.79	65.42	63.99	61.03	48.54	46.15	44.01
1892.....	79.40	77.25	74.94	74.48	72.63	70.81	65.72	63.79	61.93	47.63	45.41	43.14
1893.....	78.99	76.92	74.94	75.20	73.51	71.48	64.87	63.07	60.96	46.67	44.34	41.81
1894.....	77.61	75.50	73.14	73.05	71.21	69.57	64.73	62.69	60.75	47.62	45.43	43.16
1895.....	78.56	76.59	74.48	74.18	72.22	70.24	65.36	63.36	61.19	48.07	46.04	44.15
1896.....	79.56	77.40	75.21	74.85	73.07	71.15	65.33	63.23	61.15	48.35	46.28	44.10
1897.....	78.42	76.33	74.11	73.68	71.91	69.96	64.38	62.42	60.21	47.69	45.37	43.11
1898.....	79.40	77.36	75.07	73.52	71.92	70.11	65.38	63.15	60.71	49.34	47.32	45.25
1899.....	79.00	76.93	74.87	73.62	72.08	70.37	65.88	63.49	61.10	48.44	46.41	44.45
1900.....	78.90	76.97	74.94	73.98	72.21	70.52	65.11	63.02	60.99	47.87	45.87	43.69
POIDS MOYENS.	78.66	76.57	74.36	73.90	72.14	70.30	65.21	63.13	61.00	48.02	45.86	43.68

Fig. 39 – Poids moyens par région française de l'hectolitre des principales céréales entre 1891 et 1900 (i.e. poids spécifique des différentes céréales, source : INSEE 1900)

Plusieurs variables interviennent aujourd'hui dans l'évaluation de la valeur d'une récolte en blé tendre. Le rendement à l'hectare est un premier indicateur fondamental. Le niveau moyen national (la moyenne est établie sur plusieurs années) est un peu inférieur à 80 qt/ha actuellement. Le deuxième indicateur important est le poids spécifique du grain, c'est-à-dire le rapport entre son volume et sa masse. Pour être éligible à l'alimentation humaine, le poids spécifique du blé tendre doit être supérieur à 0,76, ce qui correspond sensiblement aux blés de première et deuxième qualité autrefois (fig. 39). La fourchette des

pois spécifiques pour le blé tendre au 19^e siècle était comprise entre les valeurs extrêmes 0,71 et 0,8, avec une valeur moyenne estimée à 0,77 (Boussingault 1843 p. 448).

Dans un ouvrage d'*Economie rurale* de 1843, un tableau récapitule les valeurs moyennes de rendements du blé tendre à l'échelle mondiale dans la première moitié du 19^e siècle, comprises entre la valeur très basse de 4,16 qt/ha (pois spécifique 0,77) pour les cas les plus défavorables (Lot, Lozère, Dordogne, Cantal) et 29,62 qt/ha (pois spécifique 0,77) dans la vallée d'Aragua au Venezuela (Boussingault 1843 p. 449, reproduit sur la fig. 40). Ces rendements sont établis après avoir soustrait les semences nécessaires à la production. Dans les années 1880, la quantité de blé semée s'élève à 210 à 250 l/ha pour des semilles à la volée, et 150 à 160 l/ha en utilisant un semoir en ligne. Le poids spécifique d'un « bon blé de semence » étant alors estimé à 0,80-0,82 (Lecouteux 1883 p. 137-139), on obtient des valeurs moyennes de semences à l'hectare comprises entre 1,2 et 2 qt/ha, qu'il faudrait en principe ajouter aux moyennes de la fig. 40. En comparaison, la carte agronomique de Seine-et-Marne de 1877 fournit une fourchette plus large, allant de 1 à 3 qt/ha : on semait plus densément les parcelles les plus fertiles, dans l'objectif d'augmenter les rendements.

LOCALITÉS.	PRODUIT PAR HECTARE (semence déduite).		AUTORITÉS.
	En volume.	En poids (t).	
	hectol.	kilog.	
<i>Allemagne</i> : Mœgelin	23,3*	1833	Thaer.
Gussow	18,7*	1440	Podewils.
Lavanhale	20,0*	1540	Burger.
Saint-Florian	19,3*	1486	Burger.
Saalfelden	16,1*	1240	Lorzer.
Dans l'Altenbourg	19,0*	1463	Schmalz.
Ponitz	21,0*	1617	Schmalz.
Hungerbrunn (Carinthie)	18,8*	1248	Burger.
<i>Lombardie</i> : terres irriguées	22,4*	1725	Burger.
Id. terres non irriguées	13,9*	1070	Dandolo.
Id. id.	9,6*	739	Verra.
Moyenne de la Lombardie vénitienne	13,9*	1070	Burger.
<i>Angleterre</i> : les meilleures cultures	30,0*	2310	Arthur Young.
Id. Moyenne	20,7*	1594	Arthur Young.
<i>Brabant et Flandre</i>	25,2*	1950	Schwartz.
<i>France</i> : Alsace (après tabac)	26,0*	2002	Schwartz.
Alsace : Bechelbronn	19,5	1501*	Lebelet et Boussingault
Roville (Meurthe)	14,3*	1101	Mathieu de Dombasle
Environ de Paris	22,0*	1694	Dailly.
Id. du Nord	20,7*	1594	} Statistique officielle.
Id. Seine et Oise	19,1*	1471	
Id. Oise	18,8*	1248	
Lot, Lozère, Dordogne, Cantal	5,4*	416	} Blodget.
<i>Amérique</i> : à l'est des Alleghanis ; terres riches	30,8	2372*	
Id. terres médiocres	8,7	667*	
Mississipi ; terres riches	38,6	2965*	} Humboldt.
Id. terres médiocres	24,1	1853*	
Venezuela ; vallée d'Aragua	38,5	2962*	} Codazzi.
Id. climats tempérés	12,3	944*	

Fig. 40 – Tableau récapitulatif du « produit moyen des récoltes de blé dans différentes contrées » (Boussingault 1843 p. 449)

En comparaison, les rendements obtenus aujourd'hui avec le blé tendre peuvent dépasser 100 qt/ha dans de bonnes terres en Seine-et-Marne. En exemple, la figure 41 présente une partie des variétés préconisées pour une semille durant la deuxième quinzaine d'octobre sur des terres fertiles en Seine-et-Marne, sélectionnées sur l'interface en ligne Arvalis de

choix des variétés (<https://choix-des-varietes.arvalis-infos.fr/bletendre/>). La dernière colonne correspond aux rendements.

Sélectionner	Variété	Critères physio	Tolérances et résistances								Critères qualité			Productivité
			Lignée / hybride	Précocité épisaison ①	Verse ①	Piétin verse ①	Rouille jaune ①	Septoriose ①	Rouille brune ①	Fusariose (DON) ①	Chlorotoluron ①	Classe qualité ①	Poids spécifique ①	
<input type="checkbox"/>	ACADEMY ①	Lignée	7	7	3	7	6.5	5		S	BPS	6	6	104
<input type="checkbox"/>	ADRIATIC ①	Lignée	7	7.5	4	4	5	7	4.5	S	BB	3	3	96
<input type="checkbox"/>	ADVISOR	Lignée	6.5	5	6	7	5	6	4	S	BPS	6	5	103
<input type="checkbox"/>	AGENOR ①	Lignée	7.5	7	6	4	6.5	7	5	T	BPS	7	7	99
<input type="checkbox"/>	ALIXAN	Lignée	6.5	6.5	4	3	4	4	5.5	S	BPS	5	3	96
<input type="checkbox"/>	AMPLEUR	Lignée	7	6	3	7	6	7	5	T	BPS	7	5	104
<input type="checkbox"/>	ANDORRE	Lignée	6.5	5.5	3	7	6	7		T	BPS	5	5	102
<input type="checkbox"/>	APACHE	Lignée	7	7	2	7	4.5	4	6.5	T	BPS	6	4	93
<input type="checkbox"/>	APEXUS ①	Lignée	7.5	5.5		6	6	7				8	6	92
<input type="checkbox"/>	APRILIO	Lignée	7	7	4	7	5.5	6	4.5	T	BPS	6	4	91
<input type="checkbox"/>	ARCACHON	Lignée	7	6.5	3	7	6	5	5.5	T	BPS	6	4	104
<input type="checkbox"/>	AREZZO	Lignée	7	6	2	7	6	3	4.5	T	BPS	8	5	95
<input type="checkbox"/>	ARKEOS	Lignée	7	6	2	4	5.5	5	4.5	S	BB	4	4	99
<input type="checkbox"/>	ARTIMUS	Lignée	7.5	6.5		5	5	7				9	7	93
<input type="checkbox"/>	ASCOTT	Lignée	7	5	4	5	6	5	4	T	BP	6	5	101
<input type="checkbox"/>	AUTRICUM	Lignée	6.5	6	1	6	6.5	7	5	T	BPS	7	8	102
<input type="checkbox"/>	BALZAC	Lignée	7	5.5	2	7	7.5	7	5	T	BPS	8	7	104
<input type="checkbox"/>	BOLOGNA ①	Lignée	7.5	6.5	2	8	6	2	5.5		BAF	8	5	85
<input type="checkbox"/>	CAMELEON ①	Lignée	7.5	5.5	4	4	7.5	7	4	S	BAU	6	6	99
<input type="checkbox"/>	CAMPESINO	Lignée	6.5	6	6	3	6.5	8	6	S	BAU	5	5	104
<input type="checkbox"/>	CELEBRITY	Lignée	7	6.5	2	6	6.5	4	4	T	BPS	5	6	108
<input type="checkbox"/>	COMPLICE	Lignée	7	5	3	5	6	5	3.5	T	BPS	6	5	105
<input type="checkbox"/>	DESCARTES	Lignée	7	6.5	5	8	5.5	5	5.5	S	BPS	6	5	99
<input type="checkbox"/>	DIAMENTO	Lignée	7	6	3	7	5.5	5	4	S	BPS	6	5	100
<input type="checkbox"/>	DJANGO	Lignée	6.5	5.5	3	6	5.5	5		S	BPS	6	5	103
<input type="checkbox"/>	FALADO ①	Lignée	8	5.5	3	5	6	4	5.5	S	BPS	6	6	94
<input type="checkbox"/>	FANTOMAS	Lignée	7	6	3	5	6	7	4.5	T	BPS	6	6	100
<input type="checkbox"/>	FILON	Lignée	7.5	5.5	3	6	5.5	5	5.5	T	BPS	6	7	102
<input type="checkbox"/>	FORCALI	Lignée	7.5	4.5	3	7	6	7	4.5	T	BAF	8	8	83
<input type="checkbox"/>	GALLOWAY	Lignée	7	6	3	7	6.5	5		T	BAF	7	8	86

Fig. 41 – Capture d'écran du début de la liste de variétés de blé tendre préconisées par Arvalis pour un semis entre le 11 et 20 octobre sur des terres fertiles (limon argileux profond) en Seine-et-Marne

Les autres variables importantes d'estimation de la qualité d'un blé recherchées aujourd'hui sont le taux de protéines, la force boulangère (W), le rapport ténacité/extensibilité (P/L), le temps de chute de Hagberg (TCH) et le taux d'humidité.

La teneur en protéines du blé⁷ est calculée à partir de la quantité totale de matières azotées mesurée dans sa matière sèche. L'effet de la fertilisation azotée influe sur le rendement et la teneur en protéines (fig. 42). En cas d'excès d'apport azoté, il reste un reliquat dans le sol après la récolte, qui est un polluant (nitrates).

⁷ Source : Arvalis https://www.arvalis.fr/sites/default/files/imported_files/protéines8315888099113625872.pdf

Les taux standards exigés en boulangerie (fig. 43) demandent un taux de protéine du blé compris au moins entre 10,5 et 12 %, ce qui correspond à des doses d'azote de 150 à 220 kg/ha environ.

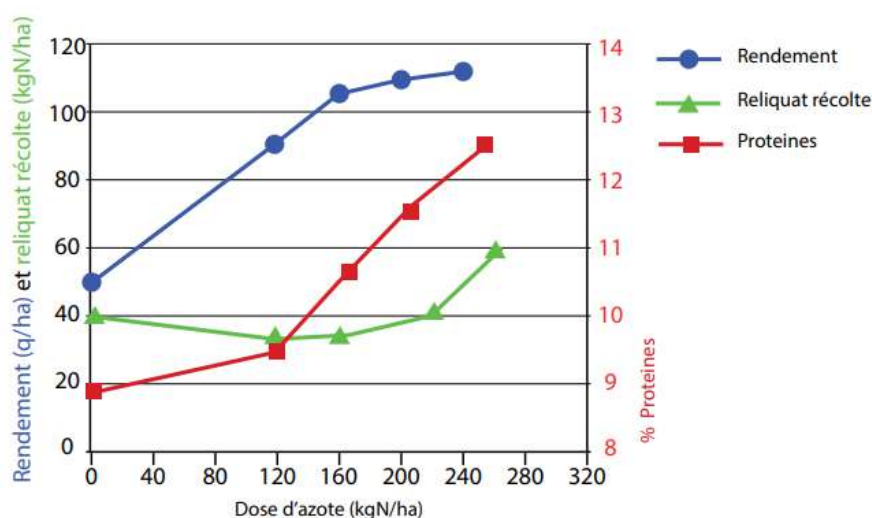


Fig. 42 – Courbes des effets de la dose d'azote sur le rendement, la teneur en protéines et le reliquat d'azote à la récolte (source Arvalis)

	Biscuit	Pain cru	Brioche	Croissant frais	Croissant surgelé
Teneur en protéines du grain	<11 %	10,5 - 11,5 %	11 - 13 %	11 - 13 %	12 - 14 %
Force boulangère (W)	<150	150 - 250	200 - 350	200 - 300	250 - 400

Fig. 43 – Exigences requises pour la fabrication de différents produits de la boulangerie-vienniserie-pâtisserie (source : enquêtes Arvalis - Institut du végétal)

La force boulangère (W) et le rapport ténacité/extensibilité (P/L) sont propres à chaque variété de blé tendre. La force boulangère caractérise la capacité de la pâte à s'allonger et retrouver sa forme d'origine (élasticité), et à s'étendre sans déchirure (extensibilité), deux critères fondamentaux pour un usage boulanger. Sous la valeur W = 100, le blé est considéré comme inapte à la panification.

Depuis 2017, des indicateurs pour le marché export désignent des classes supérieures et premium, celles qui ont la meilleure valeur économique à la vente (fig. 44).

	SUPERIEUR	PREMIUM
Taux de protéines (%)	≥ 11	≥ 11,5
Force boulangère (W)	-	≥ 170
Poids spécifique (kg/hl)	≥ 76	≥ 77

Fig. 44 – Seuils utilisés dans le calcul de l'indicateur d'accès aux marchés des variétés de blé tendre (source <https://www.arvalis.fr/infos-techniques/le-w-et-le-pl-deux-criteres-majeurs-pour-la-panification>)

La mesure du temps de chute de Hagberg (TCH) quantifie les dégâts causés par une germination précoce sur les grains de céréales panifiables riches en amidon. Cette méthode, utilisée à l'échelle internationale, a été mise au point dans les années 1950. La teneur en eau des grains récoltés influe sur leur conservation lors du stockage. Une

humidité supérieure à 16 % pour les céréales nuit à leur bonne conservation au cours du stockage. Le taux d'humidité est fortement lié aux conditions météorologiques, surtout au moment des récoltes.

Dans la première moitié du 19^e siècle, des analyses chimiques comparatives des teneurs en gluten, amidon, et eau dans le son et les matières solubles ont été réalisées sur des échantillons de grains provenant de sols fumés par différents moyens (Lecouteux 1883 p. 13). Il s'agissait alors d'identifier les engrais les plus performants pour la culture du blé (fig. 45). Le tableau présente des résultats en pourcents, chaque ligne totalisant 100 %. Il montre la grande variabilité des taux de gluten mesurés, selon la nature de l'engrais apporté, ce qui s'explique par les écarts entre les quantités d'azote contenu dans chaque type d'engrais testé.

	Gluten	Amidon	Son et mat. soluble, eau
Parcelle avec urine d'homme.	35.1	39.3	25.6
— sang de bœuf.	34.2	41.3	25.5
— exer. d'homme.	33.1	41.4	25.5
— — de mouton	22.9	42.8	34.3
— — de chèvre.	32.9	42.4	24.7
— — de cheval.	13.7	61.6	24.7
— — de pigeon.	12.2	63.2	24.6
— — de vache.	12.0	62.3	25.7
— sans engrais. . . .	9.2	66.7	24.1

Fig. 45 – Taux de gluten, amidon et eau dans le son et matières solubles quantifiés sur des échantillons de blé tendre dans la première moitié du 19^e siècle, selon la nature des engrais employés (in Lecouteux 1883 p. 13)

Une autre étude réalisée au 19^e siècle donne une valeur moyenne de protéines du blé de 14,6 %, établie sur l'analyse de 14 variétés de blé, avec des valeurs extrêmes allant de 9,9 % à 21,5 % (fig. 46). Le taux moyen obtenu est proche (écart de 2 %) du taux usuel moyen de protéines mesuré aujourd'hui dans le blé tendre en France, s'élevant à 14,9 %⁸.

Gluten.	12.8	} Mat. azotées. 14.6.	Blé de Pologne.	21.5	pour 100.
Albumine.	1.8		Blé d'Égypte.	20.6	—
Amidon	59.7		Blé poulard bleu	18.1	—
Dextrine.	7.2		Tousselle bl. de Prov. . .	9.9	—
Matière grasse.	1.2		Bl. de Flandre, blé d'Esp.	10.7	—
Cellulose.	1.7		Poulard roux.	10.6	—
Sels minéraux.	1.6				
Eau	14.0				
	100.0				

Fig. 46 – Composition chimique du blé tendre établie d'après 14 échantillons cultivés dans la première moitié du 19^e siècle (in Lecouteux 1883 p. 13)

Commentant les variétés de blé cultivées au 19^e siècle, Edouard Lecouteux préconise de « préparer une situation à peu près égale à celle qui a fondé leur supériorité » (1883 p. 16). Autrement dit, il faut utiliser des semences bien adaptées aux conditions climatiques et édaphiques du milieu où elles sont cultivées. Au 19^e siècle, il y avait une grande variété de semences disponibles, qui étaient sélectionnées localement de façon à bénéficier d'une adaptation optimale au climat et terrains où on les cultivait.

⁸ Voir tableau en annexe de l'étude Comifer <https://comifer.asso.fr/wp-content/uploads/2015/03/Document-methodologique.pdf>

BLÉS A GRAIN NU.	
1. Blé ordinaire ou tendre.	<i>Triticum sativum.</i>
2. Blé poulard ou à grain renflé.	<i>Triticum turgidum.</i>
3. Blé dur ou à grain glacé.	<i>Triticum durum.</i>
4. Blé de Pologne.	<i>Triticum polonicum.</i>

BLÉS A GRAIN VÊTU.	
5. L'épeautre.	<i>Triticum spelta.</i>
6. L'amidonnier.	<i>Triticum amyleum.</i>
7. L'engrain.	<i>Triticum monococcum.</i>

Fig. 47 – Classes de blé recensées au 19^e siècle (classification de Metzger, in Lecouteux 1883 p. 17)

sans barbes.	Épi blanc.	lisse . . .	grain blanc .	blanc de Flandre.
				Victoria blanc.
		velu	grain jaune ou rouge . .	Chiddam d'aut. à épi blanc.
				hunter.
	Épi fauve.	lisse . . .	grain blanc .	trump.
				blanc de Hongrie.
		velu	grain jaune ou rouge . .	roseau.
				Chili.
	Épi rouge.	lisse . . .	grain rouge .	Chiddam blanc de mars.
				Richelle blanc de Naples.
velu		grain blanc .	Zélande.	
			Talavera de Bellevue.	
Barbus.	Épi blanc	grain blanc .	Blanc de Mareuil.	
			Crépi.	
	Épi rouge	grain rouge .	Noé.	
			Touzelle anone.	
Barbus.	Épi blanc	grain blanc .	Saumur de mars.	
			à épi carré.	
	Épi rouge	grain rouge .	Hickling.	
			Tonstall ou de haie.	
Barbus.	Épi blanc	grain blanc .	à duvet.	
			Odessa sans barbes.	
	Épi rouge	grain rouge .	Victoria d'automne.	
			Hallett.	
Barbus.	Épi blanc	grain blanc .	Saumur d'automne.	
			Red chaff Dantzick.	
	Épi rouge	grain rouge .	Chidd. d'automne à épi rouge	
			Roussolin.	
Barbus.	Épi blanc	grain blanc .	rouge d'Écosse.	
			Spalding.	
	Épi rouge	grain rouge .	Prince Albert.	
			rouge inversable.	
Barbus.	Épi blanc	grain blanc .	rouge de Hongrie.	
			rouge de Sain.-Laud.	
	Épi rouge	grain rouge .	Browich.	
			rouge de Provence.	
Barbus.	Épi blanc	grain blanc .	rouge de Sicile.	
			hérisson sans barbes.	
	Épi rouge	grain rouge .	blé-seigle.	
			Mars de Californie.	
Barbus.	Épi blanc	grain blanc .	blanc Shireff.	
			Mars barbu ordinaire.	
	Épi rouge	grain rouge .	Victoria de mars.	
			d'automne rouge barbu.	
Barbus.	Épi blanc	grain blanc .	Mars rouge barbu.	
			précoce du Japon.	
	Épi rouge	grain rouge .	hérisson.	

Fig. 48 – Catégories de blé tendre (*triticum sativum*) selon la classification de Henri Vilmorin au 19^e siècle (in Lecouteux 1883 p. 18)

On distingue « les froments à grain nu, qui, par le battage, sont séparés en deux parties, le grain d'un côté, les balles de l'autre – les froments à grains vêtus, dont la balle est tellement adhérente au grain qu'il faut un outillage spécial pour l'en séparer » (p. 17). Sept grands types de blés étaient listés au 19^e siècle (classification de Metzger, fig. 47), ce qui est un peu moins qu'aujourd'hui (onze catégories). Pour le seul blé tendre, la classification établie par Henri Vilmorin (fig. 48) recense près de cinquante variétés. Cette liste représente une petite partie seulement de la grande diversité de variétés de blé tendre existantes, le plus souvent issues de sélections locales. La création de variétés hybrides à partir des années 1870, avec la variété pionnière Dattel, a été l'une des clés dans le processus d'amélioration des semences de blé.

Un tableau liste ci-dessous des variétés de blé anciennes, recensées depuis le site internet http://moulin.chauffour.free.fr/autour_des_moissons/varietes_de_ble.htm, créé par un érudit nommé Christian Lemaire. Une sélection parmi les centaines de variétés listées sur ce site internet est reprise ci-dessous, en ciblant celles qui semblent les plus appropriées pour une culture en Brie, pour lesquelles des rendements précis sont indiqués et une éventuelle disponibilité de la semence a été identifiée. Des liens dans chaque case de commentaire renvoient vers les sites internet de référence, dont le principal est un répertoire en ligne anglais <http://www.wheat-gateway.org.uk/>.

VARIETE	COMMENTAIRES	RENDEMENTS OBTENUS
Aurore	Blé australien ayant une grande précocité, variété de printemps présentée en 1907. Paille forte haute de 100-120 cm, peu sujet à la verse. Epi rouge, long, demi compact. Grain rouge, glacé et plein. http://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=auror e&cn=	36 qt/ha en 1917 à Massy 33 qt/ha en 1921
Blanc de Hongrie ou Blé Chevalier ou Album Densum	Blé anglais connu en France dès 1850. Paille blanche, de hauteur moyenne, droite et ferme. Épi blanc, compact. Grain blanc, bien plein, court, presque rond, quelquefois légèrement glacé et un peu grisâtre dans les terres trop argileuses. http://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=blanc%20de%20hongrie&cn=	29,93 qt/ha en 1927 à Grignon
Bon Fermier	Croisement des variétés Blé-seigle et Gros Bleu par Vilmorin en 1894. Variété robuste, précoce et productive. développée depuis 1905. Epi blanc, moyen, mi-compact. Grain rouge, gros et plein. Hauteur moyenne à la tenue parfaite. Résiste à la rouille. Une étude de 1930 à la ferme de Grignon le classe parmi les meilleurs en valeur boulangère. https://www.limestere.be/bon-fermier.html	31,2 qt/ha en 1921 à Avrillé (85) 33,5 qt/ha en 1922 à Avrillé 25,7 qt/ha en 1923 à Avrillé 22,6 qt/ha en 1926 à Avrillé 20,9 qt/ha en 1926 à Grignon 26,84 qt/ha en 1927 à Grignon 28,7 qt/ha en 1927 à Avrillé
Blé de Bordeaux ou Rouge de Bordeaux ou Blé Rouge Inversable	Variété rustique utilisable en automne et au printemps en région parisienne (essais Vilmorin 1882-1896). Paille haute qui ne verse pas. Introduit en Beauce et en Brie par des fermiers de Seine-et-Oise et Seine-et-Marne réfugiés à Bordeaux pendant l'hiver 1870-1871, ayant rapporté des semences pour emblaver leurs terres. http://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=rouge%20de%20bordeaux&cn=	De 1901 à 1907, rendement moyen de 28,81 qt/ha à Avrillé 28 qt/ha en 1921 à Avrillé 28 qt/ha en 1922 à Avrillé 21,07 qt/ha en 1923 à Avrillé 23,1 qt/ha en 1926 à Avrillé 25,5 qt/ha en 1927 à Avrillé

Bordier	Croisement des variétés Noé et Prince Albert commercialisé en 1889. Paille de hauteur moyenne blanche. Epi long blanc de 11-12 cm et grain blanc. Très rustique, tallant beaucoup, peu exigeant sur la nature du sol. Supporte bien les hivers rigoureux. https://www.limestere.be/bordier.html	De 1901 à 1907, rendement moyen de 28,64 qt/ha à Avrillé
Briquet Jaune	Croisement des variétés Browick et Chiddam d'Automne à épi rouge, obtention Vilmorin en 1890. Paille assez haute et de bonne tenue. Épi court et compact, blanc sans barbe, très beau grain jaune. Maturation est un peu tardive, mais rendements très élevés dans les terres riches. http://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=briquet%20jaune&cn=	34,2 qt/ha et 7,91 % de gluten sec en 1904 à Vaulx-Vraucourt (62)
Champlan ou Hybride Champlan	Croisement des variétés Victoria blanc et Chiddam d'Automne à épi rouge (Vilmorin) commercialisée en 1895. Paille forte, épi blanc laiteux. gros grain rouge lourd. Demi précoce, très productif en grain et paille. Talle bien et résiste bien à la verse, assez bien aux gelées, à l'échaudage et à la rouille. S'égrène facilement : le couper un peu vert. Convient aux terres moyennes ou riches, saines. http://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=champlan&cn=	32,15 qt/ha et 8,4 % de gluten sec en 1904 à Vaulx-Vraucourt
Dattel	Croisement des variétés Prince Albert et Chiddam d'Automne à épi rouge. Obtention Vilmorin en 1874. Paille blanche, hauteur 150 cm, épi rouge et grain blanc gros et plein. Talle fortement, verse peu et ne souffre pas des grands froids. Très apprécié pour le développement important de jeunes talles. http://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=dattel&cn=	40,6 qt/ha en 1902 à Grignon De 1901 à 1907, 30,1 qt/ha en moyenne à Avrillé 37 qt/ha en 1907 dans le Nord
Wilhelmine ou Wilhelmine de Grignon ou Double Walcom	Variété à épi carré adaptée aux terres riches et fraîches même en été. Citée en 1916. http://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=wilhelmine&cn=	36,38 qt/ha en 1926 à Grignon 29,97 qt/ha en 1927 à Grignon
Shireff ou Shirrif blanc ou Epi Carré	Variété écossaise. Paille blanche, courte, très droite et très raide. Épi carré long de 9 cm, assez compact. Grain jaune ou rougeâtre, moyen et assez plein. Variété très rustique et résistante aux grands froids et gelées printanières du fait de sa lenteur à rentrer en végétation. Son fort tallage lui procure des rendements élevés.	38 qt/ha en 1892 à Grignon 30,8 qt/ha en 1902 à Grignon
Galland ou Pétanielle Blanche	Blé d'hiver à paille haute, grosse, forte, dure et demi pleine atteignant 200 cm de hauteur. Epi blanc parfois marron, pesant en moyenne 10 g et comptant 100 à 120 grains. Il est garni de barbe dont le plus grand nombre tombe à maturité complète. Grain très gros, très blanc, assez souvent taché de noir vers le germe. Variété très vigoureuse, assez rustique, à semer de fin septembre au 15 octobre pour obtenir d'excellents résultats, il réussit même très bien dans les terres exposées à la sécheresse. Bonne résistance à la verse https://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=galland&cn=	41,6 qt/ha de grain et 75,6 qt/ha de paille en 1878 en Lozère, sur sol argilo-calcaire après une culture de pomme de terre

Gironde	Variété hâtive citée en 1906 et obtenue par un fermier en Seine-et-Oise, très appréciée en Beauce, résistant bien à la verse et à la rouille. Paille de hauteur moyenne. Épi blanc, grain jaune. https://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=gironde&cn=	36 qt/ha en 1921 sur terre sèche
Golden Drop ou Blé Rouge d'Écosse	Variété anglaise à grains et paille roux développée à partir de 1857. Après des essais en région parisienne de 1882 à 1896 (Vilmorin) est signalée en 1905 comme variété d'automne apprécié pour le développement important des jeunes talles. https://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=golden%20drop&cn=	36,65 qt/ha et v8,74 % de gluten sec en 1904 à Vaulx Vraucourt et 42,5 qt/ha en 1907 dans le Nord
Gros Bleu	Repéré vers 1830, originaire du Nivernais, s'est répandu vers le Nord à la fin du 19 ^e s. Paille moyennement haute, forte, peu sujette à la verse, feuillage ample et glauque. Epi assez long, mi-compact, blanc, sans barbe. Grain très gros rouge. Précoce pouvant être semé jusqu'en février. https://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=gros%20bleu&cn=	38,5 qt/ha en 1907 dans le Nord
Japhet	Variété originaire des polders du mont Saint Michel, presque similaire au Bleu de Noé et répandue vers 1892. Il était très apprécié en semis tardifs après les betteraves et peut être semé au-delà de février. Epi long assez lâche, blanc sans barbe, grain jaune. Ne craint pas la verse. Classé en 1930 parmi les meilleures en valeur boulangère. https://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=japhet&cn=	De 1901 à 1907, 31,33 qt/ha en moyenne à Avrillé 25,2 qt/ha en 1921 à Avrillé 29,65 qt/ha en 1922 à Avrillé 26,7 qt/ha en 1923 à Avrillé 22,9 qt/ha en 1926 à Avrillé 26,05 qt/ha en 1927 à Avrillé
Mesnil	Variété repérée dans l'Oise en 1938 pour la taille remarquable d'épis contenant 91 grains, et 70 à 80 grains les 2 années suivantes. Variété sans barbe à épi blanc lisse, à paille creuse, grain moyen ovoïde, jaunâtre. https://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=mesnil&cn=	Rendement 27 à 31 qt/ha
Oscar Benoist	Obtention Camille Benoist, fermier en Seine et Oise. Hybridation des variétés Gironde et Inversable. Paille courte, très hâtif, gros épi blanc, très gros grain roux de belle qualité. https://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=oscar%20benoist&cn=	40 qt/ha en 1922 32 qt/ha en 1926 à Grignon 35,26 qt/ha en 1927 à Grignon
Poularde d'Australie ou Gros Blé ou Poulard Bleu ou Blé Jaune d'Australie ou Rivetts Bearded	Blé d'hiver à paille relativement haute, forte et pleine. Ne verse pas. Epi carré long de 10 cm, grain jaune ou rougeâtre, assez allongé et bien plein. Variété rustique s'accommodant bien des argiles tenaces, froides et même humides. Il talle beaucoup. Semis en octobre. Variété d'automne citée en 1875 comme étant largement cultivée dans le nord de la France. https://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=Poularde%20d%27Australie&cn= et https://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=Poulard%20bleu&cn= et https://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=Rivett&cn=	
Rouge d'Écosse	Variété très rustique citée en 1890. Paille de hauteur moyenne, épi rouge brun long de 11 cm, grain jaune rougeâtre à rouge	

	<p>bien plein et lourd. Talle fortement, paille de hauteur moyenne forte et souple. Résiste bien à la verse et assez bien à la rouille. Variété d'hiver supportant les grands froids, convient bien aux terres moyennes et fortes du Centre de la France. Bonne résistance au froid pendant le terrible hiver 1890-1891. https://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=rouge%20d%27%C3%A9cosse&cn=</p>	
Saumur de Mars ou Saumur de Printemps ou Rouge de Brie	<p>Variété à paille courte et forte, grains jaunâtres, tendre, gros, épi serré. Variété de printemps qui peut être semé jusqu'à fin mars. Variété supportant bien les fortes chaleurs, citée en 1889. Vilmorin dit en 1987 : « On peut semer cette variété pendant tout le mois de mars ; c'est le blé de mars le plus répandu dans les environs de Paris ; il n'est pas très exigeant sous le rapport du terrain, et c'est un de ceux dont le rendement est le plus assuré : il peut presque rivaliser avec les blés d'automne ». https://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=saumur%20de%20mars&cn=</p>	
Shireff ou Blé Blanc Shireff ou Schirriff	<p>Blé tendre barbu d'automne. Variété d'hiver à paille blanche haute, droite et forte citée en 1890. Epi long de 12 cm, grain blanc, très plein. Blé très vigoureux et très rustique qui talle beaucoup et résiste bien au froid. Il réussit dans les terres de qualité moyenne et ne redoute pas les pays un peu accidentés, à climat froid et variable. Résiste bien à l'action des vents et aux ravages des oiseaux. https://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=shireff&cn=</p>	
Stand Up ou Standup Blanc de Carter	<p>Variété tardive à épi carré et blanc citée en 1982. https://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=stand%20up&cn=</p>	35,2 qt/ha et 7,81 % de gluten sec en 1904 à Vaulx Vraucourt 42,5 qt/ha en 1907 dans le Nord
Vilmorin 27	<p>Croisements multiples de Dattel, Japhet, Parsel, Inversable et Bon Fermier. Obtention Vilmorin en 1910. Epi blanc, glauque dressé, épais, demi-lâche, non barbu. Grain jaune, gros, d'excellente qualité boulangère. Paille forte, très rigide, de 110 à 115 cm de hauteur, tallant bien. Bonne résistance à la rouille et à la verse. Bonne rusticité. Marque déposée en 1932. Une étude de 1930 réalisée par le Centre National d'expérimentation agricole installé à la ferme extérieure de Grignon classe cette variété parmi les meilleures en valeur boulangère. https://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=vilmorin%2027&cn=</p>	26,75 qt/ha en 1936
Wilhelmine ou Wilhelmine de Grignon ou Double Walcom	<p>Variété citée en 1916, à épi carré, adaptée aux terres riches et fraîches même en été. https://www.wheat-gateway.org.uk/search.php?send=1&simple=1&search=Wilhelmine&cn=</p>	36,38 qt/ha en 1926 à Grignon 29,97 qt/ha en 1927 à Grignon

Soulignons enfin la forte variabilité des rendements du blé recensés au 19^e siècle, et la place importante qu'occupait la production de paille, au même titre que celle du grain.

De nombreux essais étaient conduits dans les dernières décennies du 19^e siècle et au début du 20^e siècle, sur les stratégies d'engraisement des parcelles et de succession des rotations de cultures, ce qui pouvait conduire à quasiment doubler des rendements en

grain sur une même parcelle la même année. En illustration, voici quelques extraits d'un rapport issu d'un Bulletin de la Société d'agriculture de Meaux de 1885, et un tableau de résultats d'essais de culture de blé tendre menés dans les années 1880 (fig. 49).

« Un blé, après trèfle ou récent défrichement de luzerne, trouve dans le sol une trop forte proportion d'azote qui l'expose à la verse, à l'échaudage et à la rouille, et une addition notable d'acide phosphorique peut lui éviter ces accidents. J'ai reconnu par expérience qu'un blé après betterave ne craint pas les accidents précités, mais qu'il ne reste pas dans le sol, après la betterave, la quantité d'azote nécessaire pour lui donner une richesse suffisante en gluten. (...) Les Allemands posaient en principe, que pour obtenir une betterave riche en sucre après blé sur fumier, il fallait employer un engrais complémentaire, contenant 1 d'azote pour 2 d'acide phosphorique. La proportion à établir, dans un engrais complémentaire, entre ces deux éléments est variable dans une même terre, et dépend de la récolte précédente, qui peut avoir laissé un sol riche en azote, si c'est du trèfle ou de la luzerne, ou l'avoir trop épuisé d'azote, si c'est de la betterave. Elle est encore variable d'une terre à l'autre, dans les mêmes conditions de récolte précédente. Ainsi dans nos terres sablonneuses de la vallée de la Marne, nous pouvons sans inconvénient mettre dans l'engrais une proportion d'azote deux fois plus forte que dans nos terres argileuses du plateau de la Brie » (Société d'agriculture de Meaux 1885 p. 160).

	BLÉ sur blé			BLÉ sur betterave		
	Poids total	Grain	Paille	Poids total	Grain	Paille
1° Sans aucun engrais	84	30	54	98	35	63
2° 300 k. fumier de ferme	95	37	58	109	40	69
3° 300 k. fumier, 6 k. engrais complet.	86	32	54	119	41	78
4° 14 k. 1/2 engrais intensif	90	25	65	130	43	87
5° 12 k. engrais complet	89	27	62	121	42	79
6° 7. k. 60 engrais sans azote.	72	26	46	77	28	49
7° 8 k. engrais sans phosphate	86	28	58	119	40	79
8° 10 k. engrais sans potasse	99	29	70	118	39	79
9° 8 k. engrais sans chaux.	100	29	71	121	40	81
10° 4 k. 40 engrais à azote seul	69	23	46	126	41	85

Fig. 49 – Rendements comparés de blé tendre (qt/ha) dans différentes configuration de rotation des cultures et d'apports d'engrais (in Société d'agriculture de Meaux 1885 p. 154 et sq.)

Les principaux points à retenir dans le chapitre 4 :

- La durabilité du système de production intensif avant 1950 était garantie par la rotation planifiée des cultures, établie sur des durées pluriannuelles. Ces assolements fixaient en premier lieu la proportion attendue des diverses récoltes, déterminée de façon à respecter un équilibre entre la production visée, la consommation d'engrais et les travaux agricoles à effectuer dans l'année.
- L'intégration d'une jachère morte était optionnelle dans les assolements. L'assolement avec jachère morte le plus fréquent était triennal, avec une succession jachère-blé-avoine sur $\frac{3}{4}$ des surfaces cultivées. Le dernier quart était dédié au nourrissage du bétail, qui produisait les engrais nécessaires aux cultures.
- L'assolement considéré comme le plus performant en culture intensive au 19^e siècle était l'assolement à récoltes annuelles continues. Il était conçu pour placer chaque année sur les parcelles une récolte différente de celle qui avait précédé, sans pour autant avoir recours à la jachère morte. Il reposait sur l'alternance de racines sarclées, trèfle, fourrages annuels et céréales.
- Vers 1880, E. Lecouteux souligne l'utilité de la luzerne, du sainfoin et des prairies artificielles : *« Les prairies artificielles ont rendu d'immenses services à l'agriculture française. La luzerne, si productive, s'est emparée des meilleures terres ; le sainfoin, cette providence des terres sèches, calcaires ou siliceuses, s'est installé sur les collines. La réduction de surface arable, qui résulte de l'extension des prairies artificielles, permet, au grand profit des céréales, de concentrer les engrais et les travaux sur une surface mieux cultivée. »*
- L'abandon des assolements avec rotations et la forte baisse des engrais organiques et des fourrages verts dans la deuxième moitié du 20^e siècle, ont entraîné une modification substantielle du paysage, avec la perte d'une mosaïque paysagère formée autrefois par les cultures, et l'enfrichement ou le reboisement des terres délaissées par l'agriculture intensive, souvent des prairies ou pâtures.
- Au 19^e siècle, les rendements du blé tendre variaient beaucoup selon les zones de provenance, les variétés cultivées, la nature de la culture ayant précédé le semis de blé tendre, et selon la composition et la quantité de l'engrais apporté.
- Les rendements à l'hectare du blé tendre étaient jusqu'en 1950, nettement inférieurs aux quantités actuelles. En revanche, les qualités des grains en protéines, poids spécifique et force boulangère étaient comparables aux niveaux actuels.
- On recensait des centaines de variétés de blé tendre au 19^e siècle, souvent d'obtention locale. Le premier blé hybride (Dattel) a été obtenu en 1874. Il est encore possible aujourd'hui de trouver les semences de nombreuses variétés anciennes adaptées à leur culture sur des sols tels qu'on les trouve en Brie.

Conclusion : principaux résultats de l'étude et proposition d'un modèle de système de production agricole

Aujourd'hui, le système agricole français s'inscrit avant tout dans une logique de fonctionnement intensif régulé à l'échelle de l'Europe, selon un processus visant à préserver une compétitivité productive dans un marché très largement mondialisé. Les cultures céréalières et industrielles, internationalisées et très présentes sur la zone du projet de PNR, sont fortement dépendantes de ce système.

Le Plan stratégique national actuel de la France (PSN) établi pour la période 2023-2027 est encadré par la réglementation européenne. « *Il vise à soutenir les transitions à l'œuvre dans le monde agricole en vue de l'amélioration de la compétitivité durable des filières, la création de valeur, la résilience des exploitations et la sobriété en intrants au service de la sécurité alimentaire* »⁹. Son but est de favoriser le développement d'une agriculture et d'une sylviculture plus diversifiées, en recherchant une démarche de transition agroécologique et l'essor socio-économique des zones rurales.

L'enquête menée sur le système de production agricole en place avant 1950 a permis d'identifier des pratiques passées qui mériteraient d'être examinées et testées dans l'espace agropastoral actuel, car elles sont peut-être capables d'apporter quelques solutions qui répondent aux objectifs du PSN, sans perte de compétitivité. Ces pratiques sont :

- le développement d'une agriculture extensive pour valoriser des terres peu rentables,
- la rotation et le morcellement des cultures, stratégies techniques mises en œuvre autrefois pour des raisons économiques et sanitaires,
- la multiplication de prairies temporaires et fourrages verts, en particulier la luzerne et le sainfoin, pour augmenter la production d'azote par fixation biologique dans le sol,
- la diversification des semences pour gagner en valeur ajoutée en cultivant des variétés rares, commercialisables sur le marché parisien.

Ces pratiques sont pour la plupart associées à un système de « cultures améliorantes » mis en œuvre durant le 19^e siècle, et décrites par l'agronome E. Lecouteux vers 1880.

Les différences socio-économiques entre le monde d'aujourd'hui et les sociétés passées, tout comme les contextes climatiques divergents, ne nous semblent pas des obstacles majeurs à la comparaison et à la mise en perspective.

Du point de vue socio-économique, la mondialisation de l'agriculture existe déjà au 19^e siècle. La France a été confrontée à une crise agricole sévère et longue dès les années 1880, consécutive à l'internationalisation du marché. Elle s'est traduite par une perte de compétitivité des produits français, en rendements et en prix, et des difficultés financières pour les agriculteurs. Et, facteur aggravant, des maladies et ravageurs nouveaux sont apparus au même moment, importés avec des denrées de provenances lointaines, ce qui a nécessité l'invention de stratégies préventives ou curatives.

D'un point de vue climatique ou météorologique, indépendamment de la dynamique de réchauffement que nous subissons aujourd'hui, les archives historiques nous

⁹ <https://agriculture.gouv.fr/la-pac-2023-2027-en-un-coup-doeil>

apprennent la récurrence d'aléas destructeurs des productions agricoles, qui surviennent sans prévenir et à des fréquences irrégulières. Le 18^e siècle en particulier, mais également le 19^e siècle, ont connu des sécheresses sévères, des tempêtes et inondations, des épisodes de gel ou de froid remarquables et des grêles catastrophiques.

Ainsi, le contexte actuel combinant crise économique et problèmes liés au réchauffement climatique trouve des échos dans l'histoire agricole des trois derniers siècles. Nous pouvons aujourd'hui analyser les solutions mises en œuvre autrefois avec un recul temporel appréciable, pour bien identifier leurs conséquences à long terme.

Les Guerres mondiales ont eu des conséquences fortes et durables sur l'évolution du système agricole. Le premier conflit mondial a interrompu une dynamique d'innovations initiée au cours du 19^e siècle, alors que la France faisait face à une perte de compétitivité agricole. Il s'agissait de répondre aux défis posés par un essor démographique remarquable et un mouvement d'industrialisation et d'urbanisation. La Première Guerre mondiale a aussi affaibli la place de premier plan historique occupée par notre pays sur le marché international du blé. Le deuxième conflit mondial a accéléré l'émergence d'un modèle agricole national intensif et mécanisé tel que nous le connaissons aujourd'hui, et probablement accentué une rupture nette avec le modèle traditionnel qui l'a précédé.

Les principaux atouts du système d'exploitation agricole passé étaient son autosuffisance en énergie et en moyens de production, son autonomie économique et ses savoir-faire techniques favorables à l'entretien d'une bonne fertilité des sols et d'une certaine résilience écosystémique de l'environnement naturel. Ses points faibles étaient la modestie des rendements, l'efficacité limitée des moyens mécaniques de culture à disposition et une dépendance forte de la production aux contraintes physico-chimiques locales des sols. Une grande partie du travail d'innovation du 19^e siècle a porté sur la mise au point de stratégies pour surmonter ces points faibles.

Au 19^e siècle comme aujourd'hui, le blé tendre est le produit végétal de référence, pour lequel on s'emploie à améliorer les rendements et optimiser les coûts de production – objectifs bien représentatifs de systèmes fondés sur un fonctionnement intensif. Le rendement du blé a plus que triplé en France entre 1950 et aujourd'hui. Il atteint à présent près de 80 qt de grains en moyenne par hectare et par an. Cette progression a demandé moins d'un demi-siècle, entre 1950 et les années 1990. C'est l'intensification sans précédent du système agricole opérée après la Deuxième Guerre mondiale qui a certainement permis ce résultat spectaculaire. La même multiplication des rendements (x 3,5) s'était déjà produite précédemment, mais sur une durée trois fois plus longue, entre la fin du 18^e siècle (environ 6 qt/ha) et le milieu du 20^e siècle (environ 22 qt/ha).

Depuis environ 30 ans, un palier dans la progression des rendements semble atteint. Les résultats récents pour le blé tendre évoquent même une tendance à la baisse. Ceci questionne la résilience du système en place pour le futur. En contraste, la lente augmentation des rendements sur les 150 ans qui ont précédé, au lieu d'aboutir à un tel palier, s'est transformée en une prodigieuse accélération des rendements dans la deuxième moitié du 20^e siècle. On peut donc considérer que les pratiques agricoles antérieures aux années 1950 forment un bon modèle de résilience, qui a prouvé ses

capacités à progresser constamment pendant plus d'un siècle et son aptitude à livrer à l'agriculture actuelle des surfaces cultivables performantes et durablement productives.

Sur la période 1790-1950 comme entre 1950 et aujourd'hui, la progression des rendements du blé a été bien plus forte (1300 % en tout) que celle de la population française, qui augmente de 40 % entre 1790 et 1950, et 65 % entre 1950 et aujourd'hui (230 % entre 1790 et aujourd'hui). Depuis la fin de la Révolution française, la France produit sans cesse de plus en plus de blé par habitant. Il en va de même, globalement, pour les autres grandes denrées de base cultivées en France, comme la pomme de terre, la betterave industrielle ou le maïs, par exemple. Autrement dit, qu'on se réfère au système passé en place au 19^e siècle ou au cadre actuel, la production agricole nationale dépasse largement les besoins alimentaires fondamentaux de sa population. Et donc, la vente à l'exportation des denrées est devenue de plus en plus incontournable au fil du temps. Dans ces conditions, une bonne rentabilité économique de la production agricole française semble indispensable à la viabilité globale de ce système.

Pour soutenir un processus général d'intensification et d'accroissement productif dans une France en plein développement après la Révolution de 1789, l'agriculture du 19^e siècle a promu l'usage de « cultures améliorantes », soit permanentes et d'ordre foncier (drains, par exemple), soit temporaires et d'ordre cultural (engrais, par exemple). Ce système a notamment reposé sur un recours à l'agriculture extensive, entraînant une SAU élevée. Elle venait compléter et soutenir le système intensif à visée productive et lucrative, qui concrétisait les objectifs ultimes de l'agriculture française du 19^e siècle.

Les terrains cultivés en mode extensif intégraient un cycle long d'amélioration du sol, où se succédaient quatre phases associées chacune à un usage spécifique. La première était forestière. Son intérêt était d'accroître les taux de matière organique des sols pauvres (gain en carbone). La deuxième phase était une conversion en pâture (ray-grass, sainfoin), qui améliorait la réserve en azote du sol. Venait ensuite une période de jachère pour assimiler les éléments fertilisants issus de la pâture (décomposition des racines d'herbacées et des déjections animales) et améliorer la structure physique du sol. La dernière phase concrétisait la transition vers le mode intensif, par la culture économiquement rentable de fourrages verts gros producteurs d'azote et de biomasse (luzerne, en particulier). La multiplication des prairies temporaires et des fourrages verts en remplacement de jachères mortes au 19^e siècle, a beaucoup contribué à améliorer les capacités productives globales de l'agriculture française, et à les capitaliser.

L'intensification du système agricole après 1950 a été accompagnée d'une contraction notable de la SAU, processus toujours en cours aujourd'hui. L'agriculture actuelle a recentré la production sur les sols les plus adaptés aux besoins d'un système d'exploitation intensif et motorisé : fertiles et accessibles. La SAU a diminué de plus de 40 % depuis la fin du 19^e siècle, à l'échelle de la France. Les terrains de rentabilité modérée, cultivés autrefois, ont été délaissés par l'agriculture postérieure à 1950 et sont aujourd'hui devenus des friches ou des bois. En revanche, le développement urbain des cinquante dernières années a plutôt investi des terrains de bonne rentabilité économique agricole passée, par exemple d'anciens vergers ou jardins maraîchers, ou d'anciennes prairies. L'urbanisation est donc, dans une certaine mesure, concurrentielle avec le

système agricole actuel, en termes d'usages des sols. Elle l'est beaucoup moins avec les anciens sols cultivés et ré-enfrichés, qui restent valorisables en espaces agropastoraux.

La tendance à la raréfaction des « bons » sols cultivables contribue probablement à entretenir l'effet de seuil constaté sur la productivité depuis le début du 21^e siècle. La réintroduction d'une culture extensive, construite en s'inspirant des « cultures améliorantes », permettrait peut-être de créer un effet de levier en faveur d'une nouvelle dynamique de progrès. Aujourd'hui, l'enfrichement récent de sols encore cultivés il y a quelques décennies se traduit par une augmentation forte du taux de boisement national : il a doublé en un siècle. Cette évolution n'a pas pour autant accru la disponibilité effective en ressources ligneuses ou permis une amélioration substantielle de la biodiversité. La perte de surfaces enherbées par fermeture paysagère a pénalisé des espèces inféodées aux milieux prairiaux, qui ont été aussi largement perdus dans l'espace agraire par leur conversion en labours. Les nouveaux bois peu entretenus, souvent peu accessibles, sont aussi une source de risques (chutes d'arbres, incendies).

Il serait intéressant d'étudier comment réinvestir ces terrains délaissés depuis peu par l'agriculture, par exemple pour y développer une agriculture extensive de pâture, économiquement valorisable. On peut souligner le regain d'intérêt pour le pastoralisme constaté depuis quelques années, avec l'émergence de nouveaux modes pastoraux à forte valeur ajoutée, perçus par la société actuelle comme des services écosystémiques innovants et bénéfiques pour des lieux urbanisés ou des espaces collectifs.

Souvent, ce nouveau pastoralisme est intégré à des exploitations de petite ou moyenne taille en polyculture-élevage, réputées être assez fragiles dans le cadre économique actuel, où la tendance forte est d'agréger les structures, pour les étendre en rappelant des logiques de fonctionnement industriel, estimé plus robuste. La situation était pourtant totalement inverse entre la Révolution française et le début du 20^e siècle : une dynamique de morcellement et de multiplication prévalait alors. Les petites exploitations étaient très nombreuses et leur statut social était réputé meilleur à cette période que celui des grands domaines, au moins jusqu'au début du 20^e siècle. Les Guerres Mondiales ont beaucoup contribué à renverser cette situation. On peut déduire de ces observations que la taille moyenne de la propriété agricole ne conditionne pas la réussite globale d'un modèle d'exploitation. Le recours à une dynamique d'agrégation pour viser des exploitations grandissantes n'est probablement pas indispensable à la prospérité.

Un facteur fondamental de réussite durable du système de production avant 1950 reposait sur la rotation planifiée des cultures. Les assolements fixaient par avance la proportion des diverses récoltes de façon à équilibrer la production visée, la consommation d'engrais et les travaux agricoles à conduire. L'introduction de fourrages verts, en particulier la luzerne, a permis la réussite d'un modèle d'assolement reposant sur l'alternance de racines sarclées, trèfle, fourrages annuels et céréales. Plaçant chaque année sur les parcelles une récolte différente de celle qui avait précédé, ce système pouvait se passer de jachère morte. La luzerne, le sainfoin et les prairies artificielles la remplaçaient et jouaient un rôle clé : « *Les prairies artificielles ont rendu d'immenses services à l'agriculture française. La luzerne, si productive, s'est emparée des meilleures*

terres ; le sainfoin, cette providence des terres sèches, calcaires ou siliceuses, s'est installé sur les collines » (Lecouteux, 1881).

Il serait intéressant d'examiner comment réactualiser cette technique traditionnelle au service de l'agriculture actuelle. L'essor du tracteur au milieu du 20^e siècle, puis celui des PPP et fertilisants minéraux explique certainement, pour une bonne part, le désintérêt pour ces méthodes de rotation. La maniabilité limitée des engins du 20^e siècle dans les champs, et les avantages offerts par les pesticides et engrais artificiels, ont assurément pénalisé ce mode de culture passé, contraignant et chronophage. Mais, les progrès techniques du 21^e siècle apportent aux machines actuelles une souplesse d'utilisation sans commune mesure avec la lourdeur des engins du 20^e siècle ; et le coût croissant des engrais minéraux, tout comme les problèmes et freins réglementaires liés aux PPP aujourd'hui, amènent à s'interroger sur le gain de compétitivité que pourrait offrir un usage élargi des rotations et un morcellement plus important de la mosaïque de cultures.

Il y a certainement des profits, économiques et environnementaux, à tirer d'une culture accrue de prairies temporaires et plantations de luzerne ou sainfoin pendant plusieurs années consécutives, en alternance avec des céréales et plantes sarclées. Le bénéfice le plus évident est la production d'azote obtenu par fixation biologique, très bien assimilé par les végétaux pour leur croissance, et plus rentable, à masse égale, que l'achat d'azote minéral. L'intérêt est aussi environnemental, par une diminution des pollutions aux nitrates et une amélioration de la structure physique générale du sol. De même, la rotation des cultures permet certainement de diminuer les besoins en PPP. Autrefois, l'alternance des cultures était la principale stratégie mise en œuvre pour limiter la pousse d'adventices et lutter contre la prolifération de parasites.

Enfin, on peut suggérer la promotion d'une diversification dans les semences, notamment pour le blé sur la zone du projet de PNR. Au 19^e siècle, on recensait des centaines de variétés de blé tendre en France, souvent d'obtention locale. Il est encore possible aujourd'hui de trouver les semences de nombreuses variétés anciennes adaptées aux terroirs tels qu'on les trouve en Brie.

Pour faciliter la comparaison entre des exploitations passées et actuelles, ou entre différents systèmes de culture, ou filières, nous proposons l'appui d'un modèle schématique, utilisable aussi bien pour des établissements actuels que dans un contexte appartenant au passé (fig. 50). Ce modèle permet de synthétiser sur un unique schéma les propriétés principales d'un système d'exploitation, et ses liens avec les éléments qui l'environnent, aujourd'hui ou dans le passé.

Ce modèle englobe les éléments principaux qui définissent le système d'exploitation agricole (en jaune), les composantes d'ordre économique en jeu (en bleu), des aspects environnementaux (en vert), sociétaux (en rose) et d'ordre historique (en gris). Il est facilement transposable sur Système d'Information Géographique (SIG), sous forme de bases de données spatialisées liées entre elles.

Sur un SIG, les différents éléments constituant ce modèle peuvent alors, par exemple, prendre la forme de points localisés représentant des établissements agricoles, auxquels sont associés des attributs personnalisables. La représentation peut aussi être

concrétisée par des emprises surfaciques, des cartographies qui délimitent des ensembles aux propriétés particulières, comme une carte des sols, par exemple. On peut aussi avoir recours à une représentation multicouches, où une superposition de couches peut symboliser des successions temporelles.

Le modèle présenté ci-dessous, qui vient conclure cette étude, est à considérer comme un schéma générique, qui reste à personnaliser et à adapter en fonction des spécificités de chaque cas d'étude à analyser.

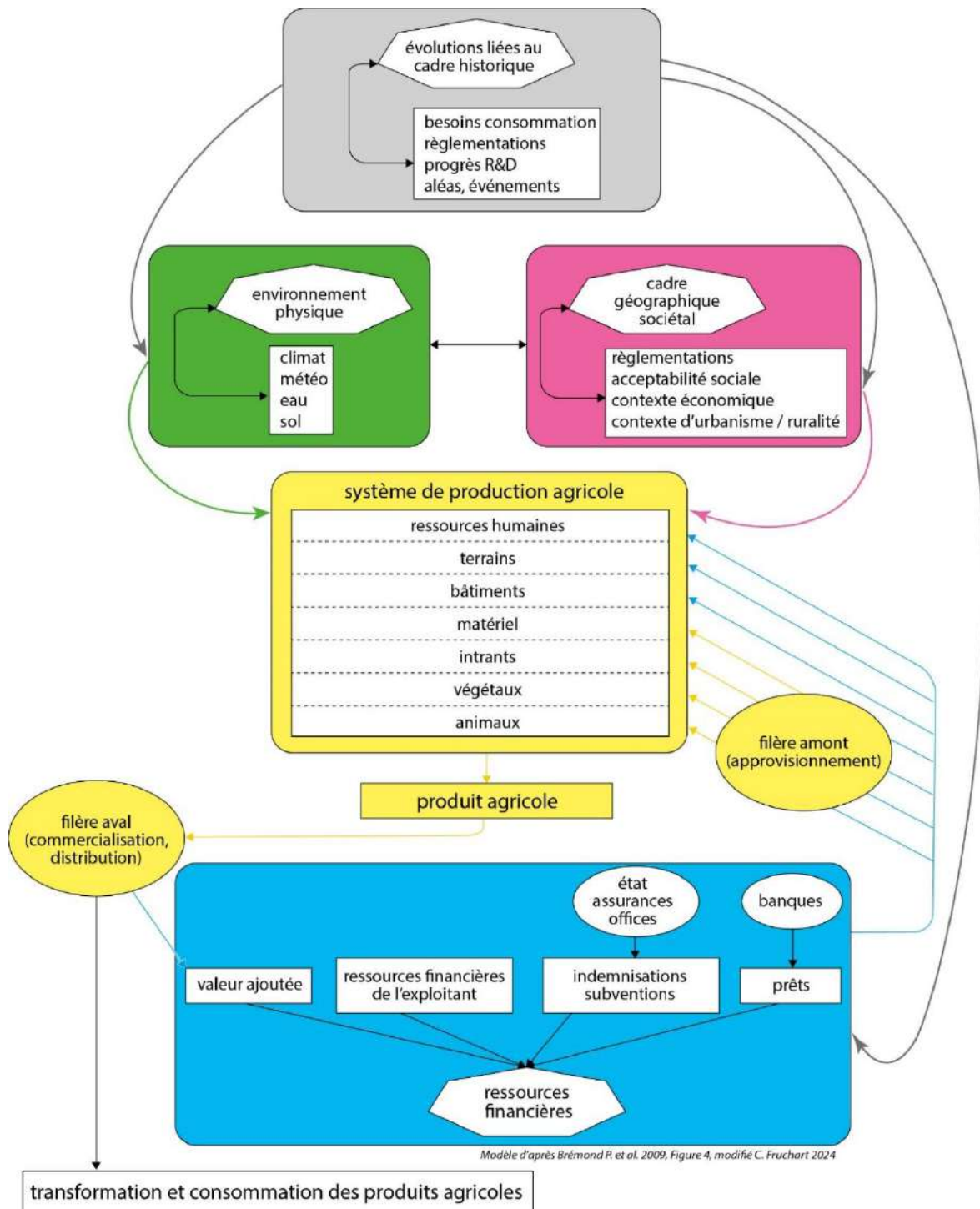


Fig. 50 – Modèle de système de production agricole intégré dans son contexte environnemental, socio-économique et historique.

Bibliographie

- Alfroy 1976 : Alfroy Maurice, *La statistique agricole française. Etude n° 140. Volume 1.* Collections de statistique agricole. Paris, 1976, 3 tomes, 548 p.
<http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb46796200c>
- Alfroy 1977 : Alfroy Maurice, *La statistique agricole française. Etude n° 140. Volume 2.* Collections de statistique agricole. Paris, 1976, 2 tomes, 428 p.
- Alfroy 1978 : Alfroy Maurice, *La statistique agricole française. Etude n° 140. Volume 3.* Collections de statistique agricole. Paris, 1976, 3 tomes, 520 p.
- Bergès, Dupouey 2017 : Bergès Laurent, Dupouey Jean-Luc (Eds.), *Revue Forestière Française* Vol. 69 No 4-5 (2017): Forêts anciennes.
<https://revueforestierefrancaise.agroparistech.fr/issue/view/538>
- Bernard 2017 : Bernard Jean-Louis, L'évolution des substances utilisées pour protéger les cultures. Focus sur les cinquante dernières années. *Colloque EHESP-IRSET Rennes - 14 mars 2017.* Présentation. https://www.academie-agriculture.fr/system/files_force/seances-colloques/20170314pptrennesjlb.pdf?download=1
- Boussingault 1843 : Boussingault Jean-Baptiste, *Économie rurale considérée dans ses rapports avec la chimie, la physique et la météorologie. Tome 1.* Paris, 1843, 644 p.
<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5768495p.r=boussingault?rk=21459;2#>
- Brémond et al. 2009 : Brémond Pauline, Beauduceau Nicolas, Grelot Frédéric, De la vulnérabilité de la parcelle à celle de l'exploitation agricole : un changement d'échelle nécessaire pour l'évaluation économique des projets de gestion des inondations. In : "Becerra S., Peltier A (dir.), *Risques et Environnement : recherches interdisciplinaires sur la vulnérabilité des sociétés*, 2009, 15 p.
https://www.researchgate.net/publication/41446064_De_la_vulnerabilite_de_la_parcelle_a_cell_e_de_l%27exploitation_agricole_un_changement_d%27echelle_necessaire_pour_l%27evaluation_economique_des_projets_de_gestion_des_inondations?enrichId=rgreq-6374e3909b31fe787c44636814fdbf4e-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzQxNDQ2MDY0O0FT0jE1MDQwMDQxODE5MzQwOUAxNDEyODY5NjYyMzE1&el=1_x_3&_esc=publicationCoverPdf
- Chatriot 2016: Chatriot Alain, *La politique du blé. Crises et régulation d'un marché dans la France de l'entre-deux-guerres.* IGPDE, 627 p. <https://doi.org/10.4000/books.igpde.4171>
- De Ségur 1839 : de Ségur Paul, *Rapport fait au comice agricole de Seine-et-Marne.* Melun, 1839, 23 p. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3148449>
- Desriers 2007 : Desriers Maurice, *L'agriculture française depuis cinquante ans : des petites exploitations familiales aux droits à paiement unique.* In : Benvéniste et al. (éds), *L'agriculture, nouveaux défis - édition 2007*, INSEE, 2007, p. 17-30 <http://sg-proxy02.maaf.ate.info/IMG/pdf/AGRIFRA07c-2.pdf>
- De Tamisier 1842 : de Tamisier, *Double rapport. Comice agricole de Seine-et-Marne.* Melun, 1842, 27 p. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k285658>
- De Tamisier 1843 : de Tamisier, *Rapport au comice agricole de Seine-et-Marne.* Melun, 1843, 64 p. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k96014711>
- Evrard 1923 : Evrard Fernand. *Les grandes fermes entre Paris et la Beauce. Annales de Géographie*, t. 32, n°177, 1923. p. 210-226 https://www.persee.fr/doc/geo_0003-4010_1923_num_32_177_9934

Flamant 2010 : Flamant Jean-Claude, *Une brève histoire des transformations de l'agriculture au 20^e siècle*. Document Mission Agrobiosciences édité dans le cadre du centenaire de l'ENSAT. Toulouse, 20 p. <https://www.agrobiosciences.org/>

Harchaoui S, Chatzimpiros P. 2018. Energy, Nitrogen, and Farm Surplus Transitions in Agriculture from Historical Data Modeling. France, 1882–2013. *Journal of Industrial Ecology*. Yale University, vol. 23(2), p. 412-425. doi:10.1111/jiec.12760 <https://hal.science/hal-02999180/document>

Hitier 1901: Hitier Henri. L'évolution de l'agriculture. *Annales de géographie* n° 54, 15 novembre 1901, p. 385-400. <https://www.jstor.org/stable/i23442187>

Hitier 1932 : Hitier Henri. Face à la crise. V. L'agriculture. *Revue des deux mondes*, vol. 10, n°2, juillet 1932, p. 395-413. <https://www.jstor.org/stable/44847309>

INA 1901 : Ensemble du travail de vacances remis par M. Serpette de Bersaucourt, élève à l'Institut Agronomique. *Annales de l'Institut national agronomique*, n° 16, 24^e année, 1897-1900. Institut national agronomique, Paris, 1901, p. 369-585. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k56249826?rk=21459;2>

INA 1908a : La ferme de Sainte-Suzanne par H. Hitier. *Annales de l'Institut national agronomique*, 2^e série, tome VII, fasc. 1^{er}. Institut national agronomique, Paris, 1908, p. 34-66. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6133834r?rk=21459;2>

INA 1908b : Monographie de la ferme du Manet exploitée par M. Gilbert à Montigny-le-Bretonneux (Seine-et-Oise) par Adrien Boitel. *Annales de l'Institut national agronomique*, 2^e série, tome VII, fasc. 1^{er}. Institut national agronomique, Paris, 1908, p. 67-93. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6133834r?rk=21459;2>

INA 1909 : La ferme de Champagne (Seine-et-Oise) par H. Hitier. *Annales de l'Institut national agronomique*, 2^e série, tome VIII, fasc. 1^{er}. Institut national agronomique, Paris, 1909, p. 213-237. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5440965h?rk=21459;2>

INA 1910 : Ferme de Fontenay-en-Parisis (Seine-et-Oise) exploitée par M. Bernard par Adrien Boitel. *Annales de l'Institut national agronomique*, 2^e série, tome IX, fasc. 1^{er}. Institut national agronomique, Paris, 1910, p. 279-291. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5439039f?rk=21459;2>

INA 1922 : Les travaux de la ferme par Max Ringelmann. *Annales de l'Institut national agronomique*, tome XVI. Institut national agronomique, Paris, 1922, p. 97-160. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5441502x?rk=21459;2>

INA 1930 : La moisson, travail des hommes, des animaux et des machines par Pierre Juliette, élève à l'Institut National Agronomique, 53^e promotion. *Annales de l'Institut national agronomique*, 2^e série, tome XXIII. Institut national agronomique, Paris, 1930, p. 37-49. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5460457s?rk=21459;2>

INA 1933 : Les grandes leçons de la crise et l'agriculture française par W. Oualid. *Annales de l'Institut national agronomique*, tome XXVI. Institut national agronomique, Alençon, 1933-1934, p. 201-233. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k54443752?rk=21459;2>

INSEE 1990 : *Annuaire rétrospectif de la France. 1948-1988*. Ministère de l'économie, des finances et du budget, Institut national de la statistique et des études économiques, Paris, 1990, p. 313-368. <https://www.bnsp.insee.fr/ark:/12148/bpt6k6243943k>

Josseau 1867 : Enquêtes départementales. Ile série, 6^e circonscription, Eure-et-Loire, Seine-et-Marne, Seine-et-Oise, Seine. Rapport de M. Josseau. Ministère de l'Agriculture, du commerce et des travaux publics. 1867. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k62439425>

Koerner et al. 2000 : Koerner Waltraud, Cinotti Bruno, Jussy Jean-Hugues, Benoît Marc. Evolution des surfaces boisées en France depuis le début du XIX^{ème} siècle : identification et localisation des boisements des territoires agricoles abandonnés. *Revue forestière française*, 2000, 52 (3), p.249-269. <https://hal.science/hal-03443543/document>

Lecouteux 1879 : Lecouteux Edouard, *Cours d'économie rurale. Tome premier. La situation économique*. Paris, 1879, 428 p.

Lecouteux 1879 : Lecouteux Edouard, *Cours d'économie rurale. Tome second. Les entreprises agricoles et les systèmes de culture*. Paris, 1879, 548 p.
<https://books.google.com.do/books?id=wR5ZAAAYAAJ&printsec=frontcover&hl=fr#v=onepage&q&f=false>

Lecouteux 1881 : Lecouteux Edouard, *Principes de la culture améliorante. Quatrième édition*. Paris, 1881, 440 p. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k30522253>

Lecouteux 1883 : Lecouteux Edouard, *Le blé, sa culture intensive et extensive. Commerce, prix de revient, tarifs et législation des céréales*. Paris, 1883, 410 p.
<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3411167n>

Lhomme 1970 : Lhomme Jean, La crise agricole à la fin du XIX^e siècle en France. Essai d'interprétation économique et sociale. *Revue économique*, volume 21, n°4, 1970. p. 521-553.
https://www.persee.fr/doc/reco_0035-2764_1970_num_21_4_407929

Mazoyer, Roudart 1997 : Mazoyer Marcel, Roudart Laurence, *Histoire des agricultures du monde*, Paris, 1997.

Mohamed 2011: Mohamed Aly Ahmed Abd-Ella, Etude du mode d'action neurotoxique d'un répulsif, le DEET utilisé seul et en association avec un insecticide sur l'acétylcholinestérase des dum neurones d'un insecte, la blatte *Periplaneta Americana*. Thèse en sciences agronomiques. Angers, 2011, 179 p.
https://www.researchgate.net/publication/262939245_ETUDE_DU_MODE_D%27ACTION_NEUROTOXIQUE_D%27UN_REPULSIF_LE_DEET_UTILISE_SEUL_ET_EN_ASSOCIATION_AVEC_UN_INSECTICIDE_SUR_L%27ACETYLCHOLINESTERASE_DES_DUM_NEURONES_D%27UN_INSECTE_L_A_Specialite_Sciences_Agronomique/figures?lo=1

Ranger 2001: Ranger Jacques, Les sols forestiers. *Bulletin de l'Association de Géographes Français Année 2001*, 78-2 p. 119-134. https://www.persee.fr/doc/bagf_0004-5322_2001_num_78_2_2210

SAF 1879 : Note sur les récoltes de blé d'hiver obtenues de 1863 à 1876 sur sa ferme de Trappes, par M. Adolphe Bailly. *Mémoires publiés par la Société centrale d'agriculture de France. Année 1877*. Société nationale d'agriculture de France, Paris, 1879, p. 157-182.
<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6244688f>

SA Meaux 1877, 1878, 1881, 1884, 1885 et 1888 : *Bulletin de la Société d'Agriculture de Meaux*. Meaux, Imp. Charriou. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/cb32869394f/date&rk=171674;4>

Statistique 1878 à 1884, 1891, 1894, 1896 à 1899 : *Annuaire statistique de la France*. Paris, Ministère de l'agriculture et du commerce, www.bnsp.insee.fr

Statistique 1882b : *Statistique de la France. Album de statistique agricole. Résultats généraux de l'enquête décennale de 1882*. Ministère de l'Agriculture, 1887.

Statistique 1892 : *Atlas de statistique agricole. Résultats généraux des statistiques agricoles décennales de 1882 et 1892*. Paris, 1892 <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k853837t>

Statistique 1897b : *Statistique agricole de la France : Résultats généraux de l'enquête décennale de 1892*. Ministère de l'agriculture, Paris, 187, 686 p.

Stat 1885 à 1890, 1900 à 1911, 1913, 1914, 1916 à 1922, 1924 à 1937, 1940 à 1947, 1949 à 1969 : Ministère de l'agriculture, Statistique agricole annuelle www.bnsp.insee.fr

Rq : à partir de 1970, les données statistiques agricoles annuelles sont accessibles sous forme de bases de données sur le site <https://www.agreste.agriculture.gouv.fr/>

Stat 1936b : Ministère de l'agriculture, *Statistique agricole de la France. Résultats généraux de l'enquête de 1929*. Paris, 1936. <https://www.bnsp.insee.fr/ark:/12148/bpt6k6209868t>

Thiébeau et al. 2003 : Thiébeau Pascal, Parnaudeau Virginie, Guy Pierre, *Quel avenir pour la luzerne en France et en Europe ?* *Courrier de l'environnement de l'INRA* n°49, juin 2003, 46 p. <https://hal.science/hal-01199768v1/file/C49Guy.pdf>

Vincent, Clerc 2021 : Vincent Jean, Clerc Pascal, Grignon : de la fin du terroir paysan (1674) au haut lieu de l'agronomie (1826), un bien commun à l'aube d'un grand tournant (2021). *Pour* 2021/2 N° 240-241, p. 42-60

Vivier 2011 : Vivier Nadine, *Pour un réexamen des crises économiques du xix^e siècle en France. Histoire & Mesure* XXVI-1, 2011, p. 135-156. <https://doi.org/10.4000/histoiremesure.4125>