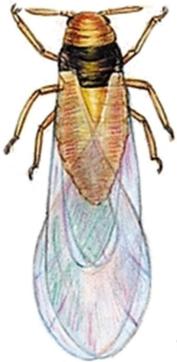




Une longue marche : la recherche de moyens pour protéger les cultures



Jean-Louis BERNARD
Membre de l'Académie d'agriculture de France

SNHF 2020.11.02 JL Bernard



Agriculture des origines : réduire la compétition entre les végétaux non désirés et l'espèce cultivée

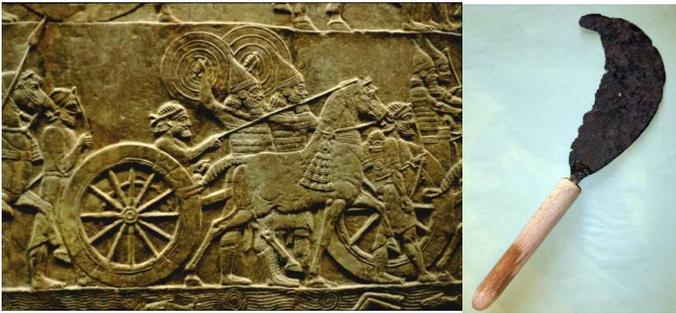
Tous les peuples cultivateurs, même les plus primitifs, possèdent des pratiques qui visent à limiter la compétition entre la flore non désirée et les végétaux dont on attend une récolte.

Des moyens sommaires, parfois radicaux :

- Abattage et brulis,
- Incendie des herbacées avant semis,
- La houe, la bêche...
- La main.



Premiers dégâts aux temps historiques : le cas des vignobles



1. L'homme :

- pratiques guerrières,
- blessures infligées à la vigne par des interventions mutilantes (taille, bêchage, labour...)

2. **Bétail errant** : très grande fréquence des dégâts occasionnés par des chèvres, des ânes, des bovins... bien supérieurs à ceux de la faune sauvage.



3. **Insectes** : criquets, éphippigères, chenilles défoliatrices, larves xylophages, cochenilles...

Poisons végétaux, substances minérales et fumigations



De très longue date, les **rongeurs** ont fait l'objet de tentatives d'éloignement ou de destruction en raison de leur très fort impact sur les denrées stockées. Selon les coutumes et les zones climatiques, il est ainsi fait mention de substances toxiques variées parmi lesquelles des sels d'arsenic. Dans le bassin méditerranéen, on utilisait volontiers des plantes comme le scille rouge qui contient de la scilliroside néphrotoxique ou le laurier rose dont les tiges sont riches en oléandrine, un poison du muscle cardiaque.

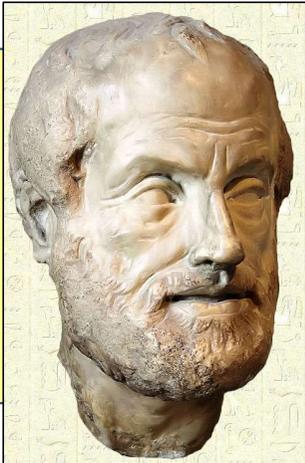
Les dommages d'**insectes** se développent souvent de manière rapide et visible, caractéristique de nature à motiver une intervention dans l'urgence.

Un exemple : l'Asie où les poisons d'origine végétale ont été utilisés très tôt : décoctions d'aconit, extraits de différents badianiers, riches en shikimine et en shikimitoxine ou bien ceux du margousier qui contiennent en proportion variable divers composés insecticides dont l'azadirachtine.



Dans toutes les civilisations d'agriculteurs, les **oiseaux** qui pillent les semis ou s'attaquent aux récoltes ont été combattus par effarouchement. Il existe cependant des indications d'enrobage des semences avec des poudres ou leur imbibition par des décoctions végétales destinées à les repousser, voire à les empoisonner.

Les philosophes de la Grèce antique



Aristote (-384 à -322)

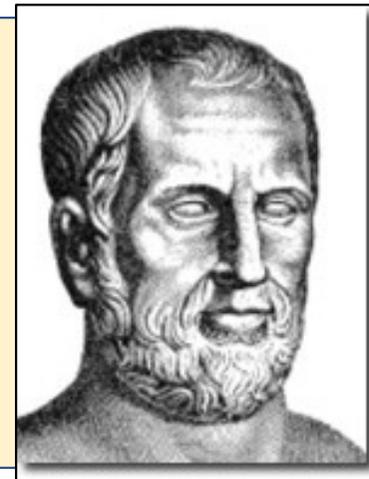
Observe les effets toxiques de l'huile sur les insectes, l'effet répulsif de certaines fumigations.

Constata que les insectes perçoivent extraordinairement bien et de très loin les odeurs (*Histoire des Animaux*).

Théophraste (-371 à -287)

Une vision plus explicite de la concurrence alimentaire entre végétaux. Note et explique l'effet bénéfique du bêchage ou du sarclage.

Fonde la notion de plante malade : les plantes, comme les hommes ou les animaux domestiques, peuvent souffrir de maladies (*Recherches sur les plantes*).



Les remèdes des « agronomes latins » (exemple de la vigne)

De nombreux auteurs, dont le plus remarquable, Columelle, est issu d'un milieu familial viticole.



Des constats plus précis sur la santé du vignoble:

- consécutifs au climat (gel, grêle, coulure...),
- en relation avec des maladies (pourriture des raisins, pourridié, esca ?...),
- liés à des ravageurs (cochenilles, chenilles diverses, ...)

Des conseils d'ordre agronomique : choix des sols, des variétés, modes de conduite, plantation, types de taille, désherbage...

Des suggestions de talismans, de recettes magiques...

Le recours à des sacrifices offerts aux dieux protecteurs.

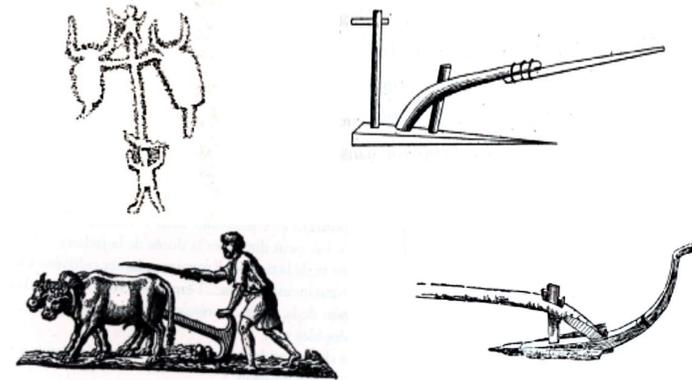
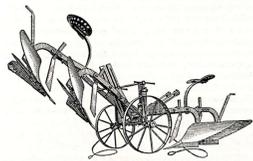
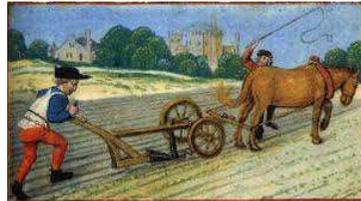
Des méthodes de lutte directe faisant appel à des cendres, des fumigations, l'emploi de substances amères ou malodorantes...

Des procédés chimiques (Caton et la pyrale, Pline et la pourriture grise, Varron et les adventices...).

Adventices des cultures

Travail du sol : araires et charrues

- L'**araire** est apparu voici plus de 6000 ans. Tracté par un âne, un mulet ou un bœuf, il réalise un travail superficiel en égratignant la surface du sol sans le retourner. Son passage répété déchausse les mauvaises herbes, ameublité le sol et couvre les graines après le semis.



- La **charrue** a près de 2000 ans. Elle réalise un travail du sol avec retournement (le labour proprement dit) et a permis de mettre en valeur les terres argileuses où l'araire est peu efficace. Elle enfouit les adventices mais remonte aussi leurs semences en surface où elles germent.

Adventices des cultures

La pratique de la jachère

« **jachère** se dit d'une terre qu'on laisse une année sans la semer pour la disposer à produire du froment par des labours qu'on lui donne pendant ce temps »
(Duhamel du Monceau, 1758)

Sa principale fonction est de disposer la terre à recevoir les semences en provoquant par le travail du sol la levée des adventices détruites par le labour suivant.

Durant cette année improductive, la terre reçoit trois ou quatre labours.

Elle sert aussi de parcours au bétail.

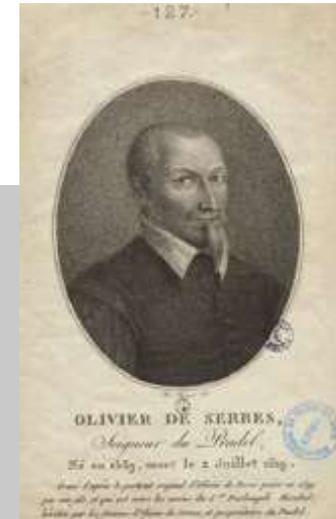
Année 1	Année 2	Année 3	Année 4
jachère	Blé ou seigle	jachère	Blé ou seigle
jachère	Blé ou seigle	« mars »	jachère

Adventices des cultures

Le désherbage durant l'année de culture : travail infini...

Olivier de Serres, 1600

« C'est l'ouvrage du menu peuple que le sarcler ; auquel les femmes et les enfants travaillent utilement, n'y ayant autre chose à faire qu'à arracher les herbes avec la main seule, ou à l'aide de quelques petites fourchettes ; si on ne peut entièrement débarrasser les blés de cette herbe en une fois, on y retournera une seconde et une troisième; en un mot, autant qu'il faudra pour que les blés restant seuls au champ puissent, sans embarras, achever de croître et de mûrir ».



Les tournants du XVIII^e siècle européen Un remède à la carie du blé

La **carie commune** du blé : une maladie cryptogamique introduite à la Renaissance devenue l'un des fléaux majeurs de la culture.



En 1755, les travaux remarquables de **Mathieu Tillet** donnent naissance à la technique du chaulage des semences. Elle se répand dans les campagnes, faisant appel au trempage dans un lait de chaux additionné de nitre, de sel marin ou d'urine.

En 1807, **Bénédict Prévost** démontre la supériorité du sulfate de cuivre sur le chaulage traditionnel. Les craintes d'une intoxication possible du semeur retarderont de plus de 50 années son adoption.



Les tournants du XVIII^e siècle européen

La conservation des grains stockés : problème majeur

L'**agriculteur** est démuni pour limiter les moisissures et la prolifération des insectes dans ses greniers...

L'**administrateur** redoute les pertes monstrueuses rencontrées dans les greniers publics ou les réserves des communautés religieuses...

Le **marchand** craint l'effondrement des lots commercialisés au cours de leur acheminement...

Pour Réaumur (1734) : « La conservation des grains est un des plus grands objets que puissent se proposer ceux qui gouvernent des Etats. »

Conduites autour de 1765, les études de **Duhamel du Monceau** proposent une technique efficace : l'étuvage des grains et le stockages ventilé par de l'air frais et sec. Cette méthode sera appliquée sur le port de Bordeaux pour les transports des céréales par voie maritime vers les colonies.

En 1760, une mission conduite dans les Charentes par Parmentier et Cadet de Vaux identifie l'alucite des grains nouvellement introduite d'Egypte, étudie sa biologie et propose des mesures efficaces pour minimiser ses dégâts alors considérables.

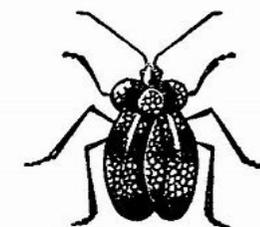


Les tournants du XVIII^e siècle européen La protection des jardins



J. de La Quintinye, R. Schabol, W. Forsyth... relatent leurs travaux sur l'art des jardins d'ornement, la conduite des fruitiers et des potagers. Diffusés dans toute l'Europe, leurs résultats expérimentaux et leurs méthodes sont repris et développés par un public de plus en plus large.

Mise au point de mastics à base de bouse de vache et d'argile pour protéger les plaies de taille.
Emploi de lessives savonneuses ou de bouillies à base de soufre, de chaux ou d'eau de tabac projetées sur la frondaison des arbres au moyen de seringues ou frottées sur le tronc, les branches ou les feuilles au moyen d'éponges imbibées.



Le tigre du poirier.
Grosseur réelle : 3 à 4 mm.

Les tournants du XVIII^e siècle européen

Le semoir en ligne



Entre 1720 et 1750, **Jethro Tull** en Angleterre et **Henri-Louis Duhamel du Monceau** en France (ré)inventent le semis des céréales en ligne. Ils imaginent et mettent au point des semoirs qui permettent d'envisager le sarclage du blé au moyen de charrues légères, puis de bineuses à traction animale, ancêtre des machines modernes.



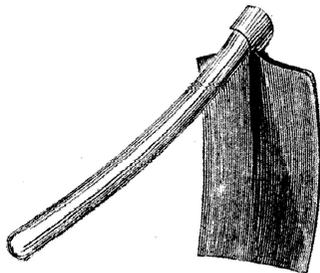
Cette invention amorce la transition entre le traditionnel désherbage manuel tardif peu efficient et un possible sarclage mécanique précoce entre les lignes de semis



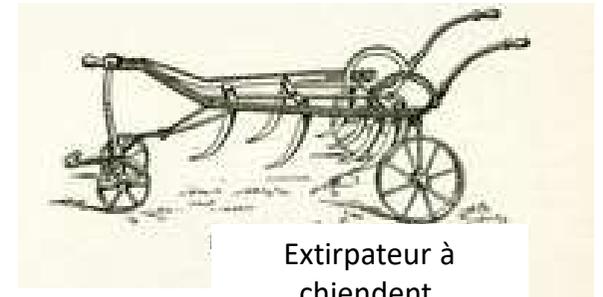
Semoir à céréales en usage vers 1890

Désherbage : les évolutions du machinisme

La houe à bras :
outil de base pour
le sarclage et le
binage

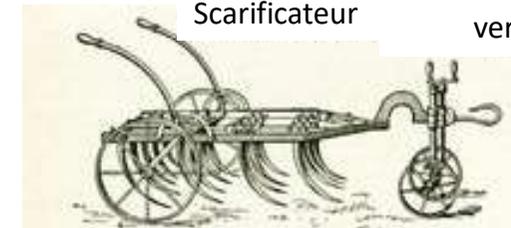


Désherbage des
betteraves
(J. de Francqueville,
vers 1900)



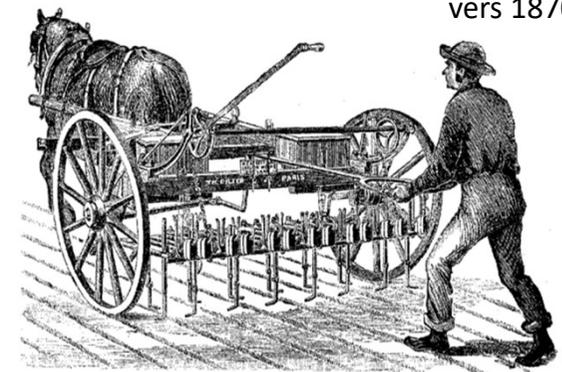
Extirpateur à
chiendent,
vers 1880

Le labourage à la
bêche
(J-F. Millet, 1855)



Scarificateur

Bineuse à céréales
Garrett, en usage
vers 1870.



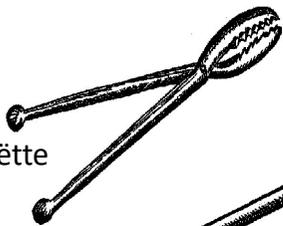
Les sarcleuses
de lin (E. Claus,
1887)



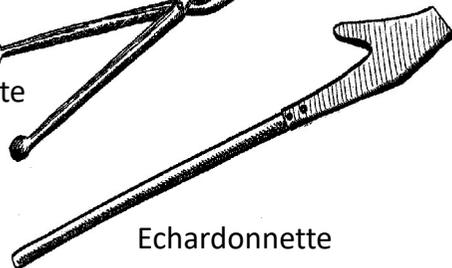
Sarcloirs à chardons



Moëtte



Echardonnette



La protection du vignoble : peu de progrès au XVIII^e siècle

Le poids des pratiques culturelles traditionnelles : « *la culture des vignes consiste dans le plantage, la taille, le labour, le provin, la greffe, la liure, la rognure, l'amandement tant de terre que de fumier et l'expulsion des insectes* ».
Binet, Officier de la Maison du Roy, 1752.

Fin des recours systématiques à l'intercession divine

Abandon des procès faits aux animaux, très nombreux en Europe au sujet des animaux ravageurs des vignobles du XV^e au XVII^e siècle...

Fatalisme devant la maladie la plus redoutée : la pourriture des raisins

Des insectes dont la biologie est mieux connue : cigarier, gribouri, hannetons et vers blancs, tordeuses...



Cigarier,
altise,
cochylys



L'épopée de la pyrale de la vigne (1780-1840)

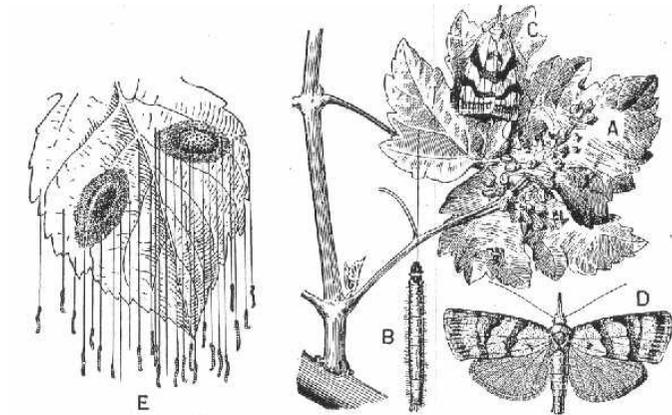


FIG. 1413. — Pyrale de la vigne (grossie d'un tiers).
A. Chenille dévorant une feuille et une jeune grappe ; B. Chenille suspendue ; C. Papillon au repos ;
D. Papillon avec les ailes éployées ; E. Ponte de la pyrale (grandeur naturelle).

Pullulations catastrophiques dans certains vignobles, en particulier en région parisienne, Champagne, Beaujolais et Mâconnais. Études approfondies de la biologie du ravageur.

Enfin des méthodes de protection aux résultats positifs et reproductibles :

- Collecte manuelle intensive des pontes (V. Audouin, 1838);
- Echaudage hivernal des larves (B. Raclet, 1845).



Une lutte impossible : les hannetons au XIX^e siècle

Contre les larves

Entre 1800 et 1910, le ramassage à la main des vers blancs en suivant la charrue ou la herse est recommandé car tenu comme le moyen de lutte le plus efficace.



Fig. 1. — La destruction des vers blancs,



Contre les adultes

La collecte par secouage des arbres est souvent organisée appuyée par des primes aux ramasseurs.

Les essais de lutte biologique conduits entre 1890 et 1910 se révèlent inefficaces.

XIXème siècle : le temps des fléaux voyageurs

Principaux problèmes en Europe

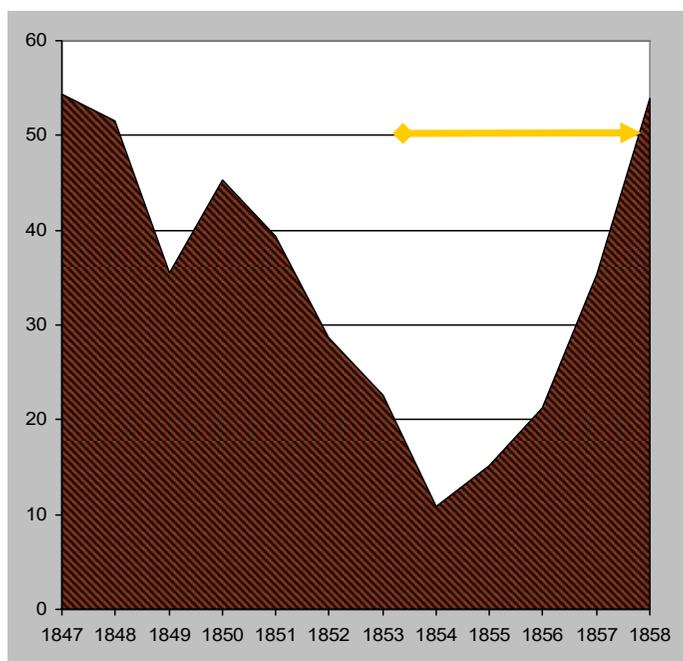
Entre 1750 et 1800	Alucite des céréales Pyrale de la vigne Puceron lanigère du pommier	Egypte Espagne ? Canada / Etats-Unis	Peu de solutions (fermeture des greniers...) Ramassage manuel inefficace ; ébouillantage après 1840 Pas de solution efficace (brossage, flambage des troncs, solutions savonneuses...
1845-1850 1847-1852	Mildiou de la pomme de terre Oïdium de la vigne	Etats-Unis Etats-Unis	Pas de solution Début de l'emploi du soufre à grande échelle (1853)
1860 1863-1867 1878 & 1885	Maladie de l'encre du châtaignier Phylloxera de la vigne Mildiou et black-rot de la vigne	Extrême-Orient Etats-Unis Etats-Unis	Submersion, traitements au sulfure de carbone puis greffage Mise au point de la bouillie bordelaise
1885 Vers 1895 1907 1919	Mouche des fruits Bruche du haricot Eudémis Doryphore	Maroc Amérique du Sud Est-Europe Etats-Unis	

Principaux problèmes en Amérique du nord

Entre 1750 et 1800 1843	Mouche de Hesse Carpocapse des pommes Mildiou de la pomme de terre	Angleterre / Espagne Europe Amérique du sud	Pas de solution Id id
1856 1860-1870 1861 1868	Piéride de la rave Doryphore Bombyx cul brun Bombyx disparate	Europe Ouest-américain Europe France	Pas de solution Mise au point des traitements arsenicaux
1868 1870 1894 1910	Cochenille australienne <i>I. purchasi</i> Pou de San Jose Charançon du coton Pyrale du maïs	Océanie Chine Mexique Italie	Recherche et introduction de la coccinelle <i>Rodolia cardinalis</i> en 1888. Premier exemple réussi de lutte biologique. Bouillie sulfocalcique, acide cyanhydrique puis huiles minérales

L'impact de l'oïdium sur le vignoble français (1847-1858)

Récolte française en millions d'hl



1854 : la
vendange est
amputée de 80%

Repères

1847 : apparition de la
maladie en France

1853 : début de l'emploi du
soufre en poudre

1854 à 1862 : expansion de
l'usage du soufre

1862 : emploi généralisé
sur l'ensemble du
vignoble.

Prix de l'hl de vin :

1849 : 9 francs

1851 : 10 francs

1852 : 13 francs

1856 : 49 francs

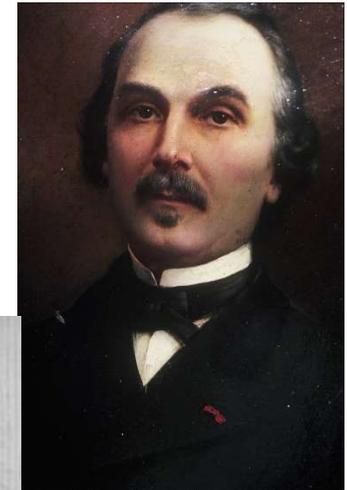
1858 : 29 francs

Source des données :
P.Galet,
Les maladies et parasites de la vigne
1977

La protection du vignoble contre l'oïdium. Des retombées considérables.

- Ouverture d'un créneau de **recherche** qu'on appellera plus tard *défense des végétaux* ou *protection des cultures* ;
- Point de départ de la **pharmacopée** phytosanitaire ;
- **Pont entre agriculture et industrie.**
 - Industrie chimique : création en urgence de « *tritureries* » et de « *sublimeries* ».
 - Industrie mécanique avec le développement du domaine spécifique du matériel d'application ;
- Lancement de **travaux de sélection végétale** à l'origine de futures catastrophes.

Henri MARÈS
(1820-1901)



Le phylloxera et la mort des vignes



Affection grave introduite en France vers 1863.
Identification de la cause en 1868.

La maladie s'étend de façon lente mais inexorable.
Elle va détruire en cinquante années l'ensemble du vignoble européen.

Retombées :

Disparition de beaucoup de vignobles marginaux.

Floraison fantastique de propositions de lutte.

Dans un premier temps: submersion, culture dans les sables,
traitement du sol au sulfure de carbone...

Dans un second temps: le **greffage** s'impose.

Fin du provignage.

Extension des plantations en ligne.

Recherche de Vitis américains résistants au puceron...

Risques accrus de pourriture des raisins, travaux sur la casse
oxydasique et la stabilisation des vins...

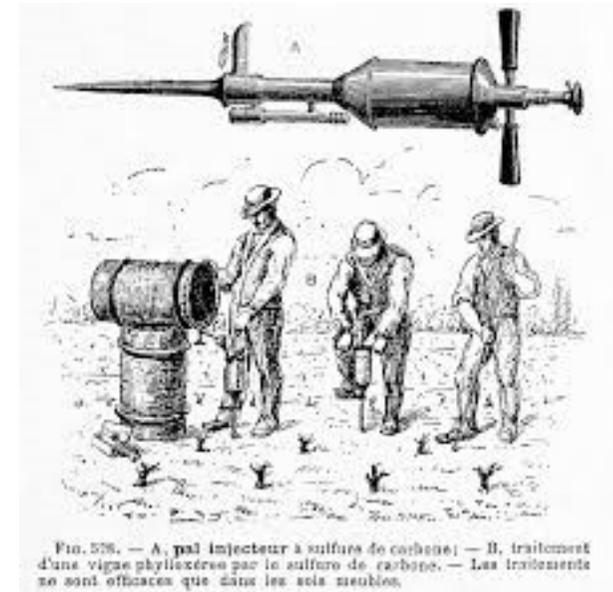


FIG. 538. — A, pal injecteur à sulfure de carbone; — B, traitement d'une vigne phylloxérée par le sulfure de carbone. — Les traitements ne sont efficaces que dans les sols meubles.

Le mildiou de la vigne



Maladie introduite en Europe vers 1878 avec des pépins de raisin destinés à créer des porte-greffes résistants au phylloxéra.

Redécouverte de l'intérêt
des sels de cuivre
Mise au point de la
bouillie bordelaise (1885)



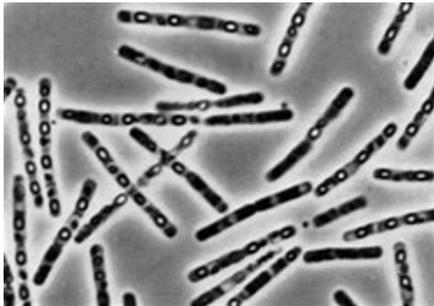
Retombées :

Renforcement de la plupart des orientations découlant de l'arrivée de l'oïdium,
Modification durable des pratiques (sulfatage),
Extension du machinisme à la pulvérisation de liquides (buse de pulvérisation),
Recherche de vignes résistantes à l'oïdium et au mildiou,
Confortation de l'agrofourmiture et d'une Distribution agricole de proximité,
Naissance des stations d'avertissement agricole en 1898.....

Les débuts contrastés des moyens de lutte biologique

1888: une réussite remarquable

L'introduction de la coccinelle *Rodolia cardinalis* en Californie permet d'enrayer la prolifération de la cochenille *Icerya purchasi*.



1911 à 1940 : des espérances mais surtout des échecs

Les essais de la bactérie *Bacillus thuringiensis* contre la pyrale du maïs se révèlent très décevants



1890-1920 : la déception des champignons entomophages

Les travaux conduits en Russie, en France et ailleurs en Europe avec *Metarhizium sp* et *Beauveria sp* se soldent – provisoirement – par des échecs.

Le désherbage des blés: une impasse agronomique 1880-1900

« Nous sommes acculés à la nécessité de produire à bas prix, c'est-à-dire d'une part de diminuer nos dépenses et de l'autre d'augmenter nos rendements ». P-P.DEHERAIN, 1898.



- Importation croissante des céréales du Nouveau Monde malgré des taxes élevées à l'importation,
- Chute générale des prix agricoles (sauf betterave),
- Nombreuses faillites d'exploitations,
- Exode rural massif, manque de main d'œuvre,
- Augmentation des apports fertilisants : fumier de ferme, nitrate de soude, phosphates...
- Rareté des semoirs, persistance du semis à la volée, archaïsme, coût élevé des bineuses inaccessibles aux petits exploitants...
- Pullulation des crucifères dans les céréales du Nord et de l'Est de la France à partir de 1890-1891.

Le désherbage chimique sélectif des céréales (1896-1910)

- 1896-1898

Mise au point par **L. Bonnet** en Champagne du désherbage sélectif des céréales par le sulfate de cuivre en solution. Contre les dicotylédones adventices, les doses testées comprises entre de 20 à 60 kg de sulfate /ha se révèlent optimales autour de 3% dans 1000 litres d'eau/ha.

- 1898-1910

Cette méthode est adoptée par un nombre croissant d'agriculteurs en France et à l'étranger.

Le sulfate de fer est développé en Allemagne.

De très nombreux essais de substances minérales caustiques pour la végétation sont conduits partout en Europe.

- 1911

E. Rabaté propose une technique basée sur l'emploi de l'acide sulfurique dilué. Elle supplante progressivement les sels minéraux et sera largement utilisée en Europe entre les deux guerres.

- 1945

Début de la vulgarisation des phytohormones de synthèse.

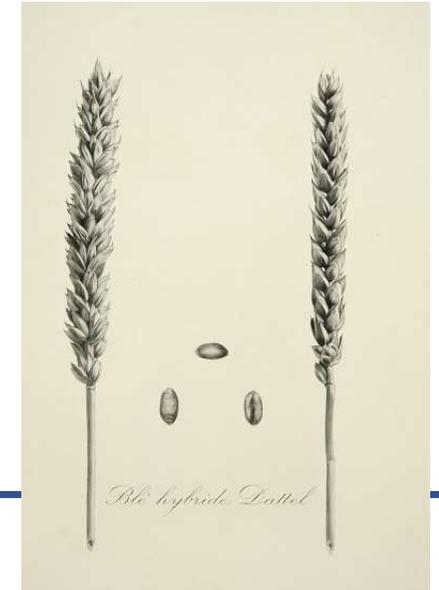


Désherbage du blé
avec des phytohormones (1945)

L'apport de la génétique (1880-1940)

La **variété Dattel** est issue du croisement de deux blés anglais réalisé par Vilmorin en 1874. Premier blé hybride commercialisée en France à partir de 1883, elle a connu un succès considérable en raison de qualités remarquées:

- Productivité et qualité du grain, récolte précoce,
- Et surtout :
- Résistance à la rouille noire, faible sensibilité à l'échaudage...



Verger sur MM106 et dégâts de puceron lanigère sur les racines



Un travail de de classification des **porte-greffes du pommier** a été entrepris en 1912 en Angleterre, orienté sur des critères de vigueur, de compatibilité, d'état sanitaire, de rusticité... et de résistance au puceron lanigère des racines.

Les croisements réalisés ont permis dès 1920 de mettre à la disposition des arboriculteurs des porte-greffes très résistants au puceron. Certains, comme le MM106, sont toujours utilisés de nos jours.

Vers les méthodes modernes de protection

- Années 1930: dominée par l'emploi de produits minéraux, la protection des plantes fait appel chaque année en France à près de 300 000 t de substances actives par an (soufre, cuivre, acide sulfurique, dérivés de l'arsenic, sulfure de carbone, huiles de houille, etc...)
- Cette protection concerne au premier chef la vigne, les vergers, la pomme de terre et les céréales à paille.
- Les premiers produits de synthèse apparaissent à partir de 1944.
- Les moyens biologiques font toujours l'objet d'une recherche active avec de nombreux lâchers d'arthropodes auxiliaires.
- La protection intégrée prend forme dans les vergers européens dans les années 1970.