L’apport de Louis Pasteur aux sciences œnologiques

Jean-Louis BERNARD
Académie d’agriculture de France

La vigne et l’invention du vin

- La fabrication des premiers vins remonte aux alentours de -8000 dans la région du Caucase, vraisemblablement à partir de raisins collectés sur des vignes sauvages.
- La mise en culture de la vigne est certainement postérieure à -6000 en Arménie, en Géorgie et en Iran.
- Vers -4000, la vigne est cultivée en Egypte, en Turquie et dans tout le Moyen-Orient.
- Entre -2000 et -500, sa culture s’étend d’est en ouest à l’ensemble des régions côtières de la rive nord de Méditerranée.

Feuille de lambrusque, vigne sauvage présente de la Caspienne au nord du bassin méditerranéen.

Le mystère de la fermentation

- Depuis la plus haute Antiquité, la fermentation est tenue comme un phénomène ordinaire que l'on constate mais que personne ne cherche même à comprendre.
- « *Le vin n'est autre chose que le moût auquel la fermentation a donné de la force* » (Pline, H.N., XXIII, 24, 1)
- Au XVIIe siècle, on l'explique souvent en faisant appel à l'action du feu interne qui serait contenu dans toutes les substances combustibles (théorie du phlogistique).

« *La fermentation est le mouvement qui s'excite dans la cuve où est déposée la vendange, ainsi que dans les tonneaux où est déposé le suc du raisin. Elle exige le concours de l'eau, de l'air et de la chaleur.* »
Anonyme, *Coup d'œil et réflexions sur le vignoble messin* (1807).

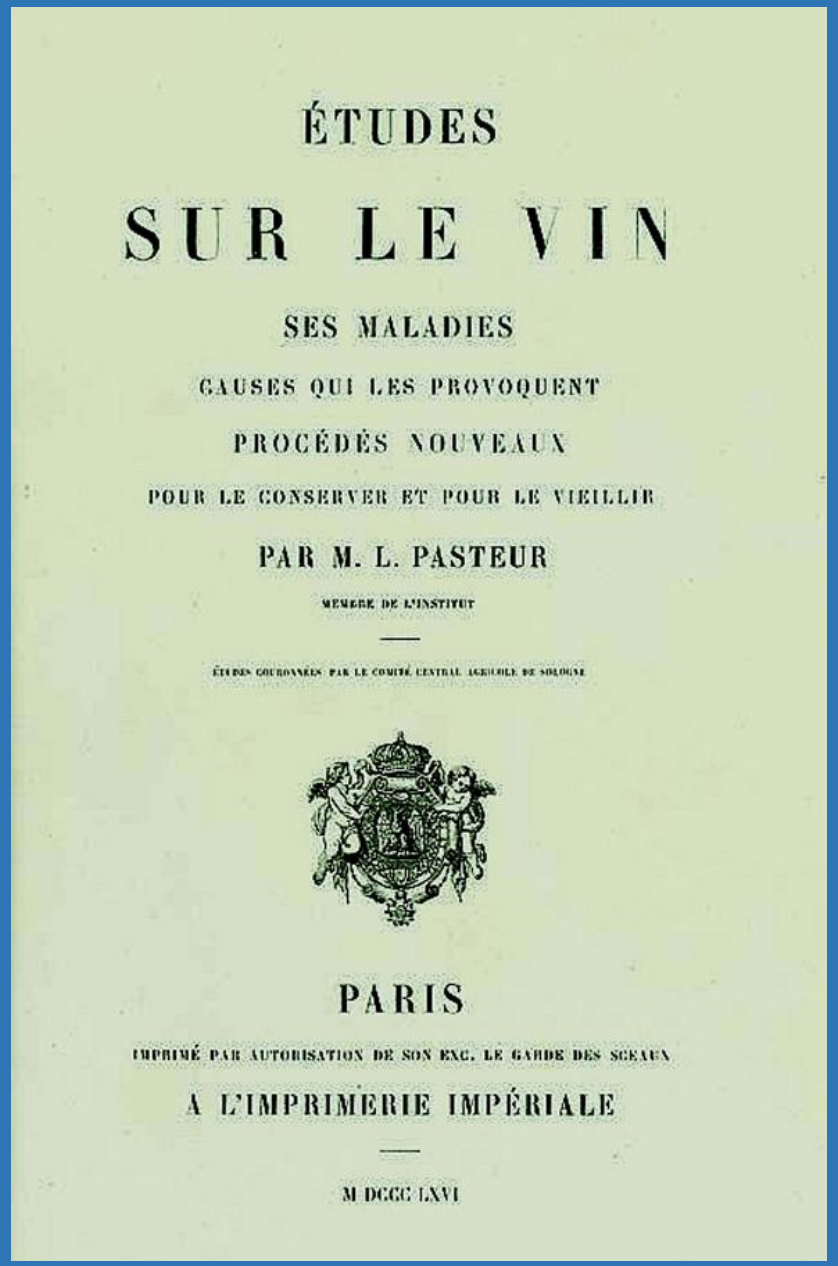
Des hypothèses sur les fermentations (XVIIe siècle à 1850)

- **Robert Boyle** (1663) : « Celui qui comprend parfaitement la nature des ferments et des fermentations… sera en mesure de rendre compte de divers aspects de plusieurs maladies… »
- **Lavoisier** (1789) démontre que la fermentation décompose le sucre en alcool et en acide carbonique. Il attribue ce phénomène à un « ferment » mais dénie un rôle actif aux levures.
- Pour **A. Fabroni** (1787; 1801 pour vf), le sucre du raisin est décomposé par une « substance animo-végétale » qui existe dans la plupart des plantes. Mélangée au raisin lorsqu'on l'écrase, elle induit la fermentation comme cela se produit dans toute autre opération de chimie…
- Indépendamment, **C. Cagniard de la Tour** et **F. Küntzing** (1836-1837) suggèrent que les levures que l'on trouve lors des fermentations sont responsables de la décomposition des sucres.
- **T. Schwann** (1839) montre l'absence de production d'alcool dans le jus de raisin bouilli conservé sous une atmosphère d'air préalablement calciné.
- **J. Berzelius** (1840) avance l'idée que la « diastase » ou le « ferment alcoolique » sont des catalyseurs biologiques.
- **J. Von Liebig** (1850) considère que les fermentations sont des processus autocatalytiques de décomposition des matières organiques.

Le tournant de la microscopie

- Pasteur prépare sa thèse de doctorat en physique et chimie lorsqu'il découvre en 1847 la **dissymétrie moléculaire**. Il n'a alors que 26 ans.
- Cette découverte résulte de l'étude des cristaux de l'acide tartrique, une molécule que l'on trouve en abondance sur la paroi des cuves où du moût a fermenté.

- Cherchant à comprendre comment les sucres contenus dans des substrats fermentescibles évoluent vers la formation d'alcool, d'acide malique, d'acide acétique…, Louis Pasteur se convainc que la fermentation fait appel à des **processus biologiques** dont des organismes vivants de très petite taille sont responsables.
- L'appui de la **microscopie** va devenir indispensable au chimiste Pasteur pour expliciter la nature des ces agents.



ÉTUDES

SUR LE VIN

SES MALADIES

CAUSES QUI LES PROVOQUENT

PROCÉDÉS NOUVEAUX

POUR LE CONSERVER ET POUR LE VIEILLIR

PAR M. L. PASTEUR

MEMBRE DE L'INSTITUT

ÉTUDES COURONNÉES PAR LE COMITÉ CENTRAL AGRICOLE DE SOLOGNE

PARIS

IMPRIMÉ PAR AUTORISATION DE SON EXC. LE GARDE DES SCEAUX

A L'IMPRIMERIE IMPÉRIALE

M DCCC LXVI

Les travaux autour du vin dans l'œuvre de Pasteur

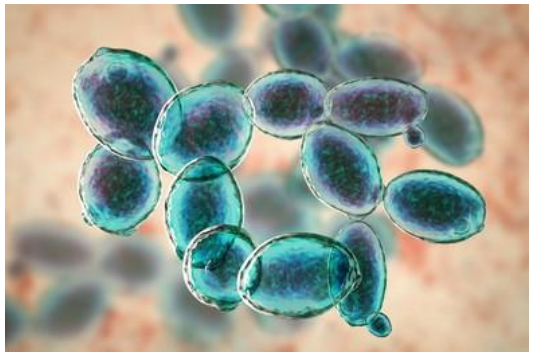
- Premiers travaux sur la fermentation alcoolique (1856) à la théorie générale sur les fermentations (1860)
- Les « maladies » du vin (1863-1881…)
- La fabrication du vinaigre et l'optimisation de sa fabrication industrielle (1860-1868)
- Très nombreuses communications traitant de la pasteurisation des moûts, des vins, du vinaigre

- Notes, courriers, interventions… sur des méthodes d'analyse, sur le sucrage, les dépôts dans les vins et les cuves, sur les produits obtenus à partir de cépages traditionnels et ceux provenant de vignes américaines, sur les falsifications…

Des aléas dans la fabrication d'alcool de betterave

- 1856 : L. Pasteur est alors doyen de la nouvelle Faculté des Sciences de Lille.
- Répondant à l'appel d'un distillateur de betteraves nommé Bigo, il se penche sur les fermentations irrégulières constatées dans ses cuves.

  LP observe que le contenu de celles qui fermentent bien présentent au microscope de fortes populations d'une levure de forme globulaire ; les autres contiennent ces mêmes globules mais aussi une plus ou moins grande proportion de corpuscules en forme de bâtonnets…



- Ce constat est le point de départ d'une réflexion fondamentale :
  - A chaque type de fermentation correspond un ferment vivant spécifique,
  - La levure qui pullule dans le moût décompose le sucre en alcool et en acide carbonique,
  - Les bâtonnets, au contraire, le transforment en acide lactique,
  - Il s'agit là de deux fermentations différentes: fermentation alcoolique d'un côté, fermentation lactique de l'autre.

Premiers travaux sur les fermentations

Début des recherches en 1854

- 1856 : travaux sur la distillation de la betterave
- Août 1857 : mémoire sur la fermentation lactique lu à la Société des Sciences de Lille
- Décembre 1857 : mémoire sur la fermentation alcoolique présenté à l'Académie des Sciences
- Expériences sur des moûts stérilisés ensemencés avec des cultures pures de levures ou de bactéries
- Juillet 1861 : présentation du mécanisme de la fermentation acétique devant la Société chimique de Paris, et mémoire sur la fermentation acétique publié dans les Annales scientifiques de l'Ecole Normale supérieure en avril 1864

- 1860 Louis Pasteur formule sa théorie générale sur les fermentations d'où il découle :
  - ✓ Le vin est le résultat d'une fermentation alcoolique réalisée à partir des populations de levures qui existent sur la pruine des baies de raisin.
  - ✓ Mais d'autres microorganismes qui cohabitent avec elles peuvent provoquer des « maladies du vin » soit à l'issue du processus de fermentation, soit plus tard dans les tonneaux, voire dans les bouteilles.

Les « maladies » du vin
Des conséquences économiques considérables

En 1860, la France conclut un traité de commerce avec le Royaume-Uni permettant de faciliter l'accès du marché britannique aux vins français.

Avec au passage pas mal de déboires qualitatifs…

Juillet 1863, Napoléon III demande à Louis Pasteur de se pencher sur les « maladies » du vin…

Les premiers constats de Pasteur (*Etudes sur le vin*, 1865) :

- « *Les vins de France supportent difficilement les voyages prolongés. Ils sont sujets à de nombreuses maladies: l'acétification, la pousse, la graisse, l'amer…* »
- « *Arrivés à destination, ils se détériorent*. »
- « *Il n'y a peut-être pas une seule cave en France, chez le pauvre comme chez le riche, qui ne renferme quelque portion de vin plus ou moins altéré.* »

Des « maladies » du vin…

- Pasteur connait bien ces déboires si souvent évoqués par les vignerons du Jura qu'il connait bien.
- Partant d'une ébauche de classification des vins malades proposée par Chaptal en 1807, il mène depuis Arbois, une **enquête de terrain** auprès de ses connaissances, examinant un grand nombre de vins sains, suspects ou altérés qui lui sont amenés.
- La microscopie l'aide ici encore à démontrer qu'à chaque « maladie » du vin correspond un microbe particulier.

L. Pasteur distingue :

- La « **tourne** » ou maladie des vins tournés, montés, qui ont la pousse…
- L' « **acescence** » ou maladie du vin acide, piqué, aigre…
- La « **graisse** » qui donne des vins filants, des vins huileux…
- La maladie de l'« **amertume** » ou de l'amer, du goût de vieux…

Bactéries lactiques dont *Oenococcus oeni*

Bactérie type : *Acetobacetr* sp

Bactéries lactiques *Pediococcus damnosus*

Bactéries lactiques

Des remèdes aux « maladies » du vin

Des actions préventives à privilégier :

- Favoriser une fermentation alcoolique précoce et complète pour entraver le développement de microbes non souhaitables,
- Assurer une hygiène poussée par nettoyage à la vapeur ou à l'eau chaude des récipients et du matériel utilisé lors des opérations de vinification.

Une technique curative pour stabiliser les produits

- Chauffage modéré (50 à 60°) des vins faits pendant quelques minutes pour y détruire les germes : c'est la « **pasteurisation** ».
- La méthode sera développée par certains œnologues qui chauffent directement le moût avant fermentation, puis l'ensemencent avec des levures sélectionnées.

Des retombées immenses pour la brasserie (*Etudes sur la bière*, 1876), la conservation du lait, du beurre, la fabrication des fromages…

L'épopée du vinaigre

- Anciennes méthodes de fabrication empiriques dans des tonneaux dédiés ou par passage de liquides alcooliques sur des copeaux de hêtre entassés dans des tonneaux.
- Etudes sur le vinaigre menées en parallèle avec ses études sur le vin.
- En 1862, Pasteur établit que la production du vinaigre résulte de l'action d' « êtres vivants organisés » déjà observées par Persoon en 1822 et désignés comme *mycoderma aceti*. Leur activité oxyde l'alcool du vin pour former de l'acide acétique. Il se forme sur le vin exposé à l'air un voile (« fleur du vinaigre ») et parfois une masse gélatineuse (« mère de vinaigre ») au fond des tonneaux.

Quelques détails de la fameuse « *Leçon sur le vinaigre de vin* » professée à Orléans en 1867.

- Il est facile d'ensemencer le vin avec un peu de *mycoderma aceti* qualifié de « plante ouvrière »
- Le mycoderme doit être gardé pur afin d'empêcher les déviations dommageables dues à d'autres microbes.
- Observations sur les anguillules et leur élimination par un nettoyage strict des récipients utilisés.
- Observations sur les « mouches rougeâtres » des vinaigreries qui transportent facilement le mycoderme.
- Le chauffage du vinaigre à 55° élimine les anguillules, stérilise le mycoderme et permet une longue conservation.

Louis Pasteur, propriétaire-vigneron

- En 1874 et 1875, Pasteur achète deux petites parcelles de vigne à Rosières, au nord d' Arbois, d'une surface de 23 ares.

Maison de Louis Pasteur à Arbois

- Il y fait installer en 1878 une serre hermétiquement close pour produire des raisins exempts de contamination levurienne qui, une fois récoltés et transportés de manière stérile à Paris, contribueront à une démonstration sur la génération spontanée.

- En 1892, il acquiert une parcelle contigüe, formant un petit domaine de près d'un demi-hectare dans l'un des meilleurs crus d'Arbois.

ARBOIS CUVÉE PASTEUR HENRI MAIRE 1992

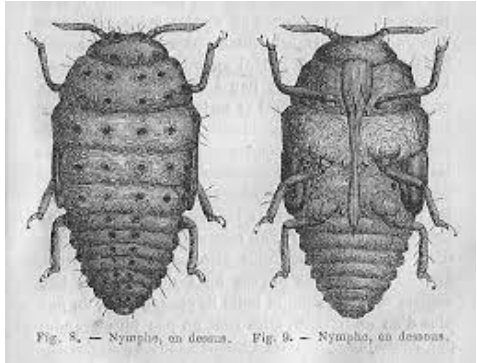
Renouveau dans l'élaboration et la conservation du vin mais crépuscule apparent du vignoble…

Un contexte angoissant :
- 1863 : **phylloxéra** : les premiers dépérissements du vignoble sont observés.
- 1878 : **mildiou de la vigne** : introduite des Etats-Unis, la maladie apparait en Europe.
- 1885 : **black-rot de la vigne** : premières attaques du champignon enregistrées dans l'Hérault.

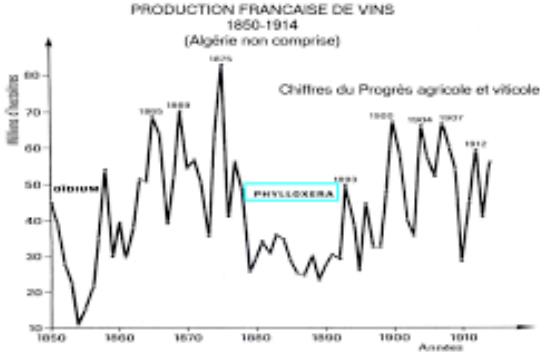
L'ensemble du vignoble de l'Ancien Monde va être détruit.
Il devra être greffé avant replantation et protégé au moyen de traitements au sulfate de cuivre

Le vignoble d'Arbois couvre 1260 ha en 1879. Il se compose de cépages variés, souvent mélangés, où domine le Poulsard (rouge) et le Savagnin (blanc).
De 1853 à 1884, il connait une série de vendanges calamiteuses : apparition de l'oïdium, gelées, pluies, orages, grêles… Dans son laboratoire arboisien, Pasteur fera des observations sur l'anthracnose, la chlorose, la cochylis, la pyrale, les hannetons mais aussi sur l'oïdium soupçonné de favoriser diverses maladies du vin.
L'arrivée du mildiou (1880) et surtout du phylloxéra (1886) semblent précipiter la fin du vignoble.
Entre 1851 et 1891, Arbois perd 35% de sa population !

La mobilisation du monde scientifique pour sauver le vignoble



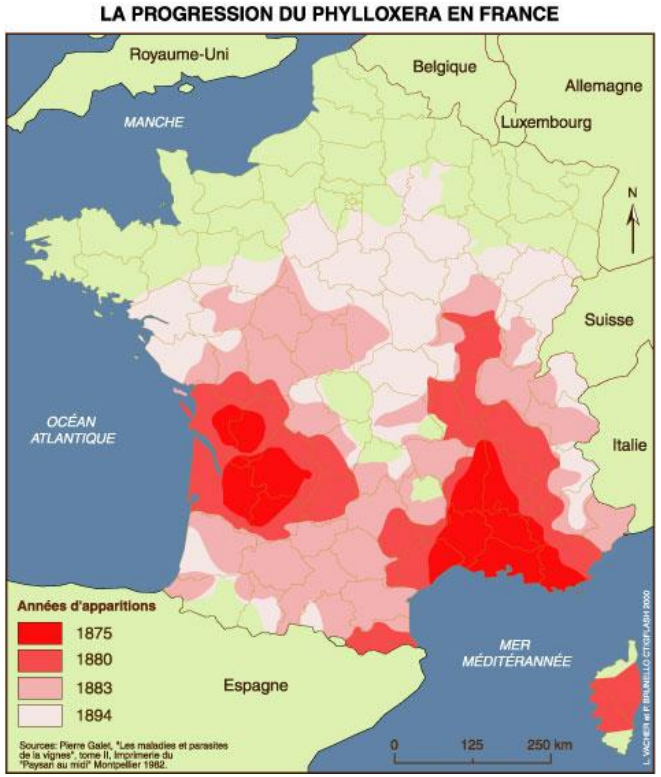
- En 1868, le fléau est rattaché à la pullulation d'un puceron qui attaque les racines de la vigne.
- Alors que la guerre avec la Prusse et la Commune éreintent la France, le Ministère de l'Agriculture crée en 1871 une **Commission supérieure du Phylloxéra** pour centraliser tous les moyens de défense proposés, les expérimenter et sélectionner les meilleurs.
- J-B. Dumas préside cette commission qui regroupe des sommités comme Planchon, Marès, Bazille, Milne-Edwards…
- En 1872, la commission choisit de recommander le procédé inventé par le baron Thénard qui consiste à introduire du sulfure de carbone dans le sol à la base du pied de vigne au moyen d'un pal injecteur.



Pendant une quinzaine d'années, ces traitements retarderont l'invasion phylloxérique sans pouvoir l'arrêter.

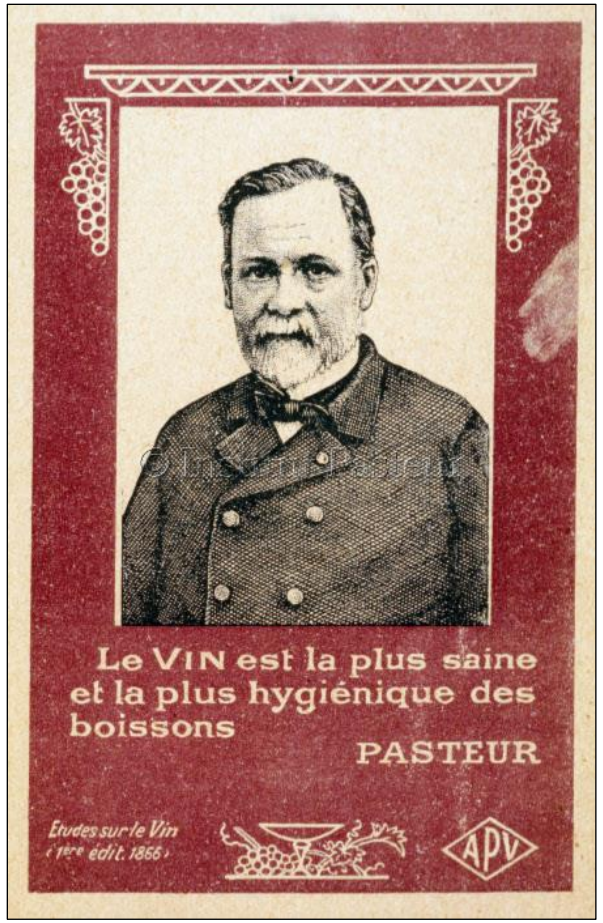
Une contribution à la défense du vignoble contre le phylloxéra

- A partir de 1878, Louis Pasteur intègre la Commission supérieure du phylloxéra où il côtoie nombre d'agronomes et de savants de l'époque.
- Parmi les multiples moyens de défense à examiner, il suggère d'étudier sur le puceron le protozoaire agent de la pébrine du ver à soie.
- Louis Pasteur préside la commission en 1885.
- Les moyens alors recommandés sont dans l'ordre:
  - ✓ L'utilisation des « vignes américaines » résistantes,
  - ✓ La submersion,
  - ✓ Les traitements du sol au sulfure de carbone ou au sulfocarbonate de potassium.



Clos de Rosières, vigne de L. Pasteur à Arbois

Pasteur et le vin : imagerie populaire



Crédit : Institut Pasteur/Musée Pasteur

🡸 Affichette de 1930 faisant l'éloge des bienfaits du vin en représentant un portrait de Louis Pasteur.

Cette citation est le raccourci d'une phrase où le savant prône les vertus de la pasteurisation du vin :
« **Il est désirable que l'on atteigne ce but** [la suppression des altérations spontanées des vins] ***car le vin peut être à bon droit considéré comme la plus saine, la plus hygiénique des boissons***. »
Œuvres de Pasteur, tome III, Etudes sur le vinaigre et sur le vin, p.152.

A cette époque, le vin est d'abord perçu comme un aliment. Consommé par les deux sexes dans toutes les classes de la société, il se présente le plus souvent comme un breuvage à faible teneur en alcool, considéré comme « vin naturel », c'est-à-dire sans adjonction d'eau de vie en cours ou en fin de fermentation.

Mais ce produit « naturel » reste fragile, sensible aux conditions de transport, d'entreposage et peu propice à une longue conservation.

Nota – En France, la consommation moyenne de vin vers 1900 était largement supérieure à 150 L/personne/an. Elle est aujourd'hui inférieure à 40 L/personne/an.

Pasteur et l'œnologie moderne

Selon Emile Roux, « *Pasteur entrevoyait un temps où, dans les grandes exploitations, la vinification serait scientifiquement conduite* ».

Principaux fondamentaux

1. Maîtrise des levures utiles à la fermentation alcoolique
   - Rôle fondamental décisif pour la qualité, capable de pallier à des accidents majeurs tels que le non-démarrage ou les arrêts de fermentation…
   - Prévention des risques de pullulation de microorganismes aux conséquences néfastes
2. Hygiène générale de la vaisselle vinaire, des caves et des chais
3. Délivrance de recommandations permettant une conservation durable des produits dérivés de la vigne (vin, vinaigre, jus de raisin…)

Au-delà de la vigne et du vin :
Des leçons pour la recherche aux temps présents

Outre ses apports à l'œnologie moderne, la démarche scientifique et humaine de Louis Pasteur offre, entre autres, quelques enseignements :

1. S'intéresser aux problèmes pratiques.
2. Aborder ces phénomènes sous un angle large afin d'être en capacité de mieux cerner les conditions de leur survenue et leurs causes.
3. S'attacher à des solutions concrètes à l'efficacité vérifiée.
4. Assurer un retour compréhensible pour les acteurs de terrain.

Une démarche dont bien des recherches modernes pourraient s'inspirer afin de retisser les liens qui tendent à se distendre entre la Science et la Société.

Principales références

- BERCHE P., (2007), Une histoire des microbes. John Libbey Eurotext.
- BOUFFLERS P. (1995), Un vigneron nommé… Pasteur. L'Alsace, 13 nov.
- DUCLAUX E. (1922), Le laboratoire de M. Pasteur. In Institut Pasteur, Pasteur 1822-1922. Hachette.
- GIBEY R. (1987), Conférence sur « Le vignoble arboisien au 19e siècle avant le phylloxera ».
- GROS F., SALVIAT B., Pasteur et les maladies du vin https://fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/minisites/projet_europe/PDF/pastHistfr.pdf
- NAVARRE C., BELLY P. (2017), L'œnologie (8ème éd.). Lavoisier Tec & Doc.
- PASTEUR L, Etudes sur le vinaigre et le vin.
- PASTEUR L., Leçon sur le vinaigre de vin. Orléans, 11 novembre 1867.
- PERROT A., SCHWARTZ M. (2022), Pasteur. L'homme et le savant. Tallandier.
- POUGET R. (1990), Histoire de la lutte contre le phylloxéra de la vigne en France. Inra-Oiv.
- RIBEREAU-GAYON P. & al. (2020), Traité d'œnologie, 7ème éd., Dunod.
- ROUX E. (1922), L'œuvre agricole de Pasteur. In Institut Pasteur, Pasteur 1822-1922. Hachette.
- SANCHIS V. (2011), From microbial sprays to insect-resistant transgenic plants: history of the biospesticide Bacillus thuringiensis. A review. Agronomy for Sustainable Development, 31 (1), pp. 217-231.