

## LE SOUFRE ET LA PROTECTION DES CULTURES. HIER, AUJOURD'HUI, DEMAIN

par Jean-Louis **Bernard**<sup>1</sup>

Parmi les nombreuses périodes critiques que l'agriculture a dû surmonter au cours de l'Histoire, les événements survenus au milieu du XIXe siècle sont particulièrement intéressants à considérer. Nous voulons parler de l'arrivée des premières maladies américaines, mildiou de la pomme de terre et oïdium de la vigne. Le premier de ces fléaux est responsable de millions de morts en Irlande et d'une disette sensible dans les régions d'Europe où la pomme de terre était à la base de l'alimentation. Le second, bien que ruineux pour l'économie viticole, n'a jamais revêtu un caractère aussi dramatique au plan humain. Cependant, les avancées techniques que son introduction a suscitées ont modifié pour longtemps, et peut être pour toujours, la manière dont les productions végétales sont conduites.

Dans une très courte période de dix années à peine (1847-1856), l'oïdium de la vigne a permis :

- d'ouvrir véritablement ce créneau nouveau de la recherche que l'on appellera plus tard « défense des végétaux » ou « protection des cultures »,
- de donner son point de départ à la pharmacopée phytosanitaire,
- de créer un pont entre agriculture et industrie chimique à une époque où les engrais minéraux balbutient (superphosphates) et ce, bien avant l'arrivée des engrais de synthèse<sup>1</sup>,
- de jeter les bases de ce que nous appelons aujourd'hui l'agrofourniture,
- de développer un pan nouveau du machinisme agricole, en donnant naissance au domaine spécifique du matériel d'application.

La recherche assidue d'espèces de *Vitis* américaines résistantes à l'oïdium s'est traduite par quelques succès mais a surtout déclenché une catastrophe majeure avec l'introduction successive du phylloxera (1873), du mildiou (1878), du black-rot (1885)... dont l'action destructrice cumulée a détruit l'ensemble du vignoble européen, nécessitant sa refondation sur de nouvelles bases.

Notre propos d'aujourd'hui repose sur l'usage du soufre en protection des cultures mais nous aurons à cœur d'éclairer, même brièvement, les autres retombées de cette introduction malheureuse.

### 1. De la désinfection à la bouillie sulfocalcique

Nombre d'auteurs<sup>2</sup> font remonter bien avant Homère la connaissance des propriétés « purificatrices » du soufre. On trouve en effet dans l'Odyssée un passage évocateur dans lequel Ulysse, après avoir occis les prétendants, donne l'ordre<sup>3</sup> d'enlever les cadavres et de nettoyer soigneusement la demeure avec l'eau, le sable, la brosse et le soufre ! Et le maître des lieux de faire

---

<sup>1</sup> Membre correspondant, section IX, Syngenta Agro SAS, Relations Extérieures & Environnement, 78212 - St Cyr l'École Cedex.

<sup>1</sup> BOULAIN J., p 254 et suivantes.

<sup>2</sup> LHOSTE J., LAMBERT J., p 12

<sup>3</sup> HOMERE, Odyssée, XXII.

apporter par la nourrice Euryclée le soufre et le feu dont on imprègne salles et cours. Mais cette utilisation d'un pouvoir désinfectant n'est pas en relation avec une quelconque affection des végétaux.

Cependant, cette reconnaissance des propriétés hygiéniques du soufre sera souvent utilisée dans l'Antiquité : ainsi, les Romains faisaient brûler du soufre dans des mannequins d'osier sur lesquels on enfilait les vêtements à désinfecter<sup>4</sup>. Caton l'Ancien est le premier des « agronomes latins » à nous avoir laissé des indications substantielles sur ce que pouvait être la vie quotidienne dans une exploitation agricole romaine vers 150 av. JC. Il mentionne<sup>5</sup> une curieuse recette destinée à lutter contre la pyrale de la vigne, sorte de glu à base d'*amurca*, de bitume et de soufre, élaborée à chaud et destinée à badigeonner le cep et la base des coursons afin de prévenir l'apparition du ravageur. Ce procédé constitue la toute première recette de lutte insecticide par voie chimique en Occident. Il n'a cependant pas été repris par les auteurs latins postérieurs, en raison peut être des aléas de la confection, du temps nécessaire à sa préparation et de l'efficacité sans doute limitée du remède.

Dans la traduction qu'en donne Bolens<sup>6</sup>, Abdul Khayr, agronome andalou du XI<sup>e</sup> siècle, signale le soufre comme utile pour soigner les arbres sujets à la pourriture des racines ou aux attaques de « vers ». La poudre doit alors être répandue au pied des troncs déchaussés en mélange avec d'autres ingrédients. D'autres emplois mal définis font état d'un poudrage des feuilles ou du sol. Par la suite, c'est le grand Ibn Al Awam qui signale l'intérêt des fumigations d'un mélange de poix et de soufre pour lutter contre les « vers » qui rongent les troncs des arbres ou les « insectes qui attaquent la tête » des choux-fleurs<sup>7</sup>. Ce même auteur fait du soufre l'un des multiples ingrédients que l'on peut mélanger avec l'argile et l'eau afin de réaliser un enduit destiné éviter l'introduction des déprédateurs dans les silos à grains souterrains.

Dans le Moyen Age occidental, les recettes médicales, alchimiques et surtout pyrotechniques où le soufre et ses combinaisons naturelles interviennent ne sont pas rares mais peu sont appliquées à la protection des plantes. Citons la proposition étrange d'Albert le Grand qui, pour chasser les taupes d'un champ, suggère d'en prendre une, « de la mettre dans le même endroit avec du soufre vif que l'on fera brûler ; aussitôt toutes les autres taupes s'assembleront auprès »<sup>8</sup>.

Après 1348, le soufre sera utilisé en maintes circonstances lors de l'épidémie de peste noire. Un peu à l'image de ce que faisait Ulysse dans le palais d'Ithaque, certains s'efforcent de désinfecter les maisons contaminées ou les marchandises provenant de lieux suspects avec des épandages de soufre ou des parfums soufrés. De telles pratiques existent dès 1399 à Reggio, en 1402 à Milan, mais elles ne sont imitées pour la première fois en France qu'en 1482 à Orléans<sup>9</sup>. Avant même l'arrivée de la pandémie, la sulfuration des tonneaux destinés à la vinification ou au transport du vin avait supplanté la technique ancienne de fumigation par le charbon de bois. Mais si, dans le courant du XV<sup>e</sup> siècle, la possibilité de stopper une fermentation ou de conserver un vin sucré grâce au soufre est une possibilité mieux connue<sup>10</sup>, on ne sait pas encore expliquer la raison de ces effets qui jettent les bases des usages œnologiques du soufre.

---

<sup>4</sup> ANDRE J., p 155

<sup>5</sup> CATON, Note XCV.

<sup>6</sup> BOLENS L., p 241

<sup>7</sup> IBN AL AWAM , chap XIV, p 592-593

<sup>8</sup> ALBERT LE GRAND, p 94

<sup>9</sup> DELUMEAU J. & LEQUIN Y., p 208

<sup>10</sup> IRSIGLER F, p 61

Si l'on prête au soufre de multiples vertus et même quelques emplois agricoles, sa véritable utilisation en santé végétale ne semble émerger qu'à la fin du XVIIIe siècle. Avec l'exemple de William Forsyth, jardinier à Chelsea et auteur d'un « Traité des arbres fruitiers » publié en 1802, qui s'était vu confier par le roi George III d'Angleterre le soin des jardins de Kensington. Il est peut être le premier<sup>11</sup> à avoir souligné l'intérêt d'un mélange de soufre, de chaux, de tabac et de bourgeons de sureau avec de l'eau bouillante. La mixture obtenue, une fois refroidie, était réputée dotée d'un pouvoir curatif lorsqu'on l'appliquait avec des chiffons de laine sur des feuilles de pommier malades...

Durant la première moitié du XIXe siècle, plusieurs expérimentateurs vérifient le potentiel fongicide de préparations contenant des proportions variables de soufre et de chaux vive après cuisson préalable du mélange dans l'eau. Les doses initialement testées sont de l'ordre de 10 kg de soufre et 20 kg de chaux pour 100 litres d'eau. Des constats positifs sont rapportés après aspersion ou lavage d'organes végétaux ; ils portent déjà sur l'oïdium de la vigne (Kenrick, 1833), l'oïdium (essais faits en Irlande en 1824)<sup>12</sup> ou la cloque du pêcher (Knight, 1834)<sup>13</sup>. Le « lime sulphur », parfois appelé « bouillie californienne », sera à l'origine de l'« eau de Grison » testée en 1851 à Versailles. Très agressive pour le matériel et les végétaux, elle se mélange assez mal avec d'autres produits et fut employée ultérieurement comme insecticide sur les cochenilles.

Au milieu du XIXe siècle, il est donc certain que des jardiniers, en nombre très limité, faisaient un usage occasionnel de poudres de soufre ou de mixtures contenant du soufre contre les « blancs » ou les affections de différentes cultures. Mais il s'agissait surtout de recettes orales et plus rarement de solutions de valeur vérifiée.

## 2. L'arrivée de l'oïdium de la vigne

L'oïdium de la vigne a été signalé en Amérique du nord par Schweinitz dès 1834<sup>14</sup>. La maladie s'y rencontre de façon ordinaire sur des *Vitis* sauvages (*cordifolia*, *californica*, *ruspestris*, *berlandieri*...) ce qui pourrait expliquer son introduction en Europe à partir d'un envoi imprudent de matériel végétal.

La maladie est observée pour la première fois en 1845 par Tucker, jardinier à Margate (Angleterre), sur des vignes cultivées sous serre. Elle se présentera à nouveau au cours des deux années suivantes, à la fois sous serre et en plein air, très certainement chez plusieurs cultivateurs. Tucker puis le pasteur M.J.Berkeley qui ont très vite reconnu la nature cryptogamique des efflorescences blanchâtres, décrivent l'affection dans le *Gardener's Chronicle* de Londres fin 1847 et Berkeley lui donne le nom d'*Oïdium tuckeri*. Plus tard, le parasite sera dénommé *Uncinula necator* (Schw.) Burr., puis *Erisyphe necator* (Schw.).

En cette même année 1847, l'oïdium est constaté dans les serres de Suresnes puis il envahit la saison suivante de nombreux vignobles en plein air autour de Paris. On le signale aussi dans des serres en Belgique. En 1849, les dégâts de la maladie sont considérables dans l'Île de France ; sa présence est constatée en fin d'année dans le Trentin. La saison suivante, la maladie s'étend en Italie, atteint l'Espagne ; on la signale partout en France (Beaujolais, Provence, Languedoc,

---

<sup>11</sup> BRENT K.J., p 11

<sup>12</sup> GEOFFRION R., p 213

<sup>13</sup> LHOSTE J., LAMBERT J., p 157-158

<sup>14</sup> ARNAUD G. & M., p 281-318

Charentes, Bordelais...). Enfin, 1851 voit son extension fantastique : le cryptogame ravage tous les vignobles précédemment atteints et on l'identifie maintenant au Portugal, en Suisse, en Allemagne, Autriche, Hongrie, Grèce, dans l'Asie mineure et jusqu'en Syrie ; il atteint la Sicile, l'Afrique du Nord, l'île de Madère... L'oïdium de la vigne fera le tour du monde, signalé en Australie en 1866-67, au Japon et au Brésil à la fin du siècle et seulement en 1905 dans les serres au sud de la Suède.

En 1852, les vendanges s'effondrent dans toute l'Europe. La récolte de 1854 atteint en France un plancher historique avec 10 800 000 hl seulement contre plus de 50 000 000 hl en 1847 et 1848. Le prix du vin flambe en conséquence. L'hectolitre négocié aux alentours de 9 francs-or avant la crise dépassera les 45 francs-or en 1856. Mais dès cette époque, et malgré une très forte pression de la maladie, les volumes remontent grâce à l'emploi du soufrage. En 1858, la récolte française est revenue à son niveau de 1847.

La communauté scientifique et les pouvoirs publics ne sont pas restés inertes devant la crise. Le ministre de l'agriculture, J-B.Dumas, a ordonné l'étude de la maladie et on a appris assez vite que, dès 1846, des jardiniers anglais auraient entrepris de combattre l'oïdium en mettant du soufre sur les tuyaux de chauffage des serres<sup>15</sup> ou en poudrant avec du soufre ou un mélange de soufre et de chaux les feuilles de vigne préalablement mouillées à la main<sup>16</sup>. On peut discuter du caractère empirique de ces premiers travaux mais ils semblent avoir été guidés par les tâtonnements antérieurs d'horticulteurs héritiers de W.Forsyth et de ses continuateurs.

Pierre Duchartre, professeur à l'Institut agronomique, chargé de faire le point sur la question, conduit des essais avec Hardy, directeur et Grison, jardinier du château de Versailles, qui confirment l'intérêt du soufre. Entre 1849 et 1851, la panique donne naissance à de nombreux procédés qui, transmis de bouche à oreille ou recommandés sans expérience préalable se révèlent décevants : brossage des raisins au lait de chaux, poudrage à la cendre de bois, incision annulaire, flambage hivernal des souches, etc. Un horticulteur de Montrouge, Gonthier, construit un soufflet destiné à projeter de la fleur de soufre sur les vignes préalablement mouillées. A Thomery, les cultivateurs de Chasselas généralisent cette technique en 1851 mais si le remède est intéressant, les grappes sont irrémédiablement souillées<sup>17</sup>. En 1853, l'un d'entre eux, Jean-Baptiste Rose Charmeux, expérimente le poudrage à sec avec un grand succès et communique sur cette méthode. Dans le Languedoc, suite au travail prometteur du viticulteur F.Laforgues<sup>18</sup>, les premiers essais de poudrage donnent des résultats irréguliers. C'est Henri Marès qui, sur la foi d'une large expérimentation conduite sur son domaine de Launac dans l'Hérault, confirme la valeur du soufre en poudre, précise ses conditions d'emploi et vulgarise la technique à grande échelle. La carrière du soufre est dorénavant lancée et son emploi se généralise très rapidement.

Avant 1885, l'oïdium de la vigne est essentiellement combattu par l'application de soufre en poudre. Le plus souvent, les vignerons emploient du **soufre trituré** obtenu par blutage de la poudre résultant du broyage des canons de soufre ; plus rarement pour des raisons de coût, du **soufre sublimé ou fleur de soufre** obtenue par distillation du soufre natif ou du soufre en canons. A cette recherche d'économie répond aussi l'utilisation de nouvelles formes de soufre comme les **soufres précipités** obtenus par traitement des polysulfures alcalins en solution aqueuse par l'acide chlorhydrique, du « soufre noir » qui est un sous produit de la fabrication du gaz d'éclairage ou différents mélanges contenant du soufre (ex : soufre d'Apt 80% plâtre + 20% soufre)...etc.. Outre la

---

<sup>15</sup> GALET P., p 65

<sup>16</sup> LEGROS J-P., ARGELES J.

<sup>17</sup> PONS M., p 30-31

<sup>18</sup> BOURDIER L., AGULHON R., p 83

teneur en soufre pur et la finesse de ces poudres, ces différentes options sont largement débattues entre experts et industriels, tant en raison de leurs qualités respectives que des impuretés toxiques pour les végétaux que peuvent receler certaines formulations : en particulier l'acide sulfurique dans la fleur de soufre, le goudron ou les cyanures dans les sulfures précipités.

Vers 1880, trois applications de soufre en poudre sont généralement préconisées<sup>19</sup>. Elles font appel à des quantités importantes de produits. De 120 à 150 kg/ha/an pour un soufre trituré : 15 kg/ha environ au premier soufrage sur des pousses de dix centimètres, 50 kg/ha à la floraison et 60-70 kg/ha en pré-véraison. De 80 à 90 kg/ha/an pour de la fleur de soufre : 15 + 30 + 40 kg/ha aux mêmes stades.

L'arrivée du mildiou de la vigne en 1878 va perturber cet équilibre. On a très vite remarqué que les poudrages efficaces sur l'oïdium ne peuvent entraver le nouveau fléau. La découverte de Millardet et la vulgarisation de la bouillie bordelaise, bien que saluée par le vigneron, l'oblige cependant à doubler les applications de soufre en poudre (au soufflet manuel, à la soufreuse à dos ou à traction animale) par des passages de pulvérisateur (à dos dans un premier temps, à traction animale par la suite). Avant 1900, la lutte contre le mildiou à l'aide de bouillies cupriques nécessite fréquemment plus de dix passages par campagne et jusqu'à vingt passages lors des années pluvieuses... Un point de vue répandu est alors que l'effet du soufrage est largement perturbé par la pulvérisation des fongicides cupriques qui ont tendance à ruisseler sur le feuillage, faisant choir au sol les poudres peu adhérentes. Un autre point de vue explique de gros échecs sur mildiou par l'effet des vapeurs de soufre qui rétrograderaient les sels de cuivre en sulfure de Cu inactif... Jusqu'en 1902, on a donc considéré qu'il était préférable de maintenir séparés les deux traitements.

Les différentes formes de soufre en poudre n'étant ni solubles ni miscibles à l'eau en l'état, il est facile d'imaginer la réduction de charge de travail et de coût que représentait pour le monde viticole la possibilité d'incorporer l'anti-oïdium aux bouillies cupriques. Deux voies principales ont été explorées :

- les formulations cupriques pulvérulentes efficaces contre le mildiou capables d'être associées aux sulfures en poudre en vue d'un épandage simultané : cette voie qui se révélera assez vite sans issue ;
- les méthodes destinées à rendre le soufre miscible aux nombreuses bouillies anti-mildiou (bordelaise, bourguignonne, céleste...).

D'après Galet<sup>20</sup>, Michel Perret aurait suggéré dès 1887 de mélanger 4 kg de soufre par hl à une bouillie d'eau céleste ; ce procédé nommé « bouillie dauphinoise » fut expérimenté dès 1888 par Rougier en Ardèche. Pour Capus<sup>21</sup>, c'est Guillon qui aurait montré que les mélanges sont efficaces si on les emploie à court délai avant que le soufre n'ait réagi sur l'hydrate d'oxyde de cuivre... Cette possibilité nouvelle de réaliser une lutte mixte en mélangeant du soufre aux bouillies cupriques est illustrée par deux méthodes qui vont cohabiter durant près d'un demi-siècle.

Tout d'abord, les mixtures basées sur **l'incorporation du soufre en poudre fine avec le lait de chaux** en préalable à la confection de la bouillie bordelaise. Cucovitch en 1903 fait état des bons résultats<sup>22</sup> obtenus avec des bouillies contenant 1% de sulfate de cuivre, 1% de chaux et 2% de

---

<sup>19</sup> P. VIALA P., FERROUILLAT P., p 64-67

<sup>20</sup> GALET P., p 81

<sup>21</sup> CAPUS. J, p 97. Cite Guillon in Revue de viticulture 1902, n°451 et 1903, n°494 et suivants.

<sup>22</sup> BOURCART E., p 356-357

soufre. Un des intérêts de la mixture est de supprimer les brûlures du feuillage liées aux traces d'acide sulfurique ou d'acide sulfureux qui subsistent dans certaines poudres.

On voit ensuite apparaître dans le commerce divers types de « **soufres mouillables** ». Les poudres ordinaires demeurant à la surface de l'eau, on a utilisé des adjuvants pour abaisser leur tension superficielle, les « mouiller », permettant ainsi de les conserver en suspension dans l'eau le temps du traitement. Ces adjuvants peuvent être des savons, des dérivés biliaries (« *fiel de bœuf* »), de la glu, de la gélatine, du caséinate de chaux, de l'alcool éthylique, de la résine en poudre... qui facilitent le mélange avec les bouillies anti-mildiou. Certaines de ces formules font appel au carbonate de soude destiné à saturer le sulfate de cuivre du commerce. Les deux exemples ci-dessous sont donnés pour 100 kg de produit commercial :

	Formulation n°1	Formulation n°2
Soufre sublimé.....	70 kg.....	85 kg
Carbonate de soude.....	20 kg.....	10 kg
Résine en poudre.....	10 kg.....	5 kg

Ces formulations à base de résine, encore en usage autour de 1930, avaient des inconvénients bien connus qui étaient de fréquents bouchages de jets et l'encrassement rapide des pulvérisateurs<sup>23</sup>.

A cette même époque, on trouve dans le commerce du « soufre colloïdal » dont la miscibilité aux bouillies anti-mildiou est mise en avant par différents auteurs (ex : Guide Solvay 1936). Ce produit se présente sous la forme d'une pâte obtenue « *en précipitant du sulfure de calcium par l'acide sulfurique et en enrobant le soufre finement déversé dans une solution chaude de glu que l'on dilue au moment de l'emploi* »<sup>24</sup>.

Avant la seconde guerre mondiale, malgré leurs avantages, les soufres mouillables et plus encore les soufres colloïdaux, restent des solutions marginales utilisées moins fréquemment en pratique que les poudrages. L'emploi des soufres mouillables ne décollera vraiment que dans les deux décennies suivant le second conflit mondial en raison du progrès des formulations. Les préparations sont le plus souvent à base de soufre trituré ventilé et leur élaboration fait alors appel à la vaste gamme des mouillants et dispersants modernes issus de l'essor de la chimie organique de synthèse.

### 3. Les industries nées de l'emploi du soufre à usage agricole

#### a) L'industrie du soufre proprement dite

Avant l'apparition de l'oïdium de la vigne, le soufre est un produit important pour l'industrie mais dont les tonnages extraits sont encore mineurs. La France importe principalement du minerai brut depuis les mines de Sicile. Il est transformé pour faire du soufre en canon ou du sublimé utilisés pour le blanchissage de la laine ou de la soie, la fabrication d'acide sulfurique, de poudre à canon, des allumettes ou des mèches pour le traitement des tonneaux. La demande agricole qui explose dès 1856 amène à la création en urgence de « *sublimeries* » : 20 autorisations préfectorales sont accordées au cours des seules années 1856 et 1857, dont 11 pour l'Hérault<sup>25</sup>. Mais si les

<sup>23</sup> TROUVELOT B., WUILLAUME F., p 36

<sup>24</sup> PERROT E. & al., tome III, p 190

<sup>25</sup> JULIEN A., p 27

experts de l'époque accordent beaucoup de mérites au soufre sublimé, les prix élevés qu'il atteint vers 1858 obligent à utiliser en sus des sulfures triturés, moins efficaces mais moins chers. Marès estime qu'il faut environ 180 kg de trituré pour remplacer 100 kg de fleur de soufre. Dès 1860, les importations atteignent 46 000 t de minerai et 85000 en 1890.

Les usines de raffinage sont souvent situées en zone urbaine à proximité des ports. *Sublimeries* et *tritureries* sont des unités délicates à piloter car elles génèrent de fines particules sulfurées très inflammables. Les incendies sont donc nombreux et les habitants des quartiers voisins rédigent souvent des pétitions pour éloigner ces usines incendiaires en rase campagne. Néanmoins, des dizaines d'unités voient le jour autour de Marseille, Montpellier, Frontignan, Sète, Narbonne ainsi qu'à Bordeaux. Au début du XXe siècle, la concurrence américaine se fait sentir avec des sulfures sous-produits de l'industrie pétrolière et gazière et l'arrivée de nouveaux entrepreneurs.

A cette époque et malgré la reconstitution du vignoble qui suit la crise phylloxérique, la consommation agricole de soufre pour la protection de cultures avoisine les 100 000 t par an. C'est le chiffre que donne Bourcart<sup>26</sup> en 1910 et l'estimation que font toujours Perrot et ses co-auteurs en 1939 pour la lutte contre l'oïdium de la vigne, les usages sur fruitiers, sur houblon...<sup>27</sup>. Entretemps, il semble que ce chiffre ait atteint et dépassé 150 000 tonnes (1911 à 1913 puis 1920 à 1922)<sup>28</sup>. A noter que l'important vignoble qui s'est constitué en Algérie (113 000 ha en 1895, 350 000 ha en 1930) commence à être approvisionné par des usines créées localement dès 1902. En 1960, alors que l'agriculture métropolitaine consomme près de 60000 t/an, les 40000 t/an spécifiquement consacrées chaque année au vignoble algérien sont produites et formulées sur place<sup>29</sup>.

### *b) Le machinisme d'application*

La mise en évidence de l'intérêt du poudrage à sec pose immédiatement le problème de son application à grande échelle. La projection du soufre à la main ou le secouage de la poudre enfermée dans de petits sacs de jute au-dessus de la végétation sont peu efficaces. Si le premier soufflet de Gonthier est le matériel qu'utilise Rose Charmeux pour ses essais à Thomery, le sujet ne tarde guère à évoluer tant la demande est vive.

Des dispositifs très simples sont d'abord mis au point comme les « **boîtes à souffrer** ». Ferrouillat mentionne<sup>30</sup> en 1880 la « boîte à sablier » et la célèbre « boîte à houpes ». De tels dispositifs seront utilisés durant plus d'un siècle par les jardiniers mais aussi des vignerons pour le premier poudrage de la saison. Dans le Médoc, M. de la Vergne est aussi un précurseur. Il invente bientôt le **soufflet** à souffrer qui va porter son nom et sera imité par de nombreux artisans et petits industriels.

Pour améliorer le rendement des chantiers de poudrage souvent confrontés à la nécessité de contrer les symptômes sur des surfaces étendues, les **hottes** à souffrer sont conçues pour augmenter la rapidité des interventions et accroître l'autonomie des applicateurs. Elles sont suivies par la commercialisation d'appareils plus efficaces car munis d'un ventilateur ; mais ces poudreuses sont encore plus lourdes et toujours portées à dos d'homme... Leur utilisation pénible s'accompagne souvent chez le manipulateur d'une irritation oculaire forte occasionnée lors de l'épandage par les poussières. On recommande aux ouvriers de poudrer dans le sens du vent pour éviter de voir se rabattre vers soi les poussières. Un nombre croissant d'applicateurs s'équipe de lunettes protectrices,

---

<sup>26</sup> BOURCART E., p 60

<sup>27</sup> PERROT E. & al, p 192

<sup>28</sup> AUGÉ-LARIBÉ

<sup>29</sup> BRANAS, p 749

<sup>30</sup> VIALA P., FERROUILLAT P., p 99-101

presque indispensables lors de l'emploi de poudres mixtes soufre + sulfate de cuivre dont le pouvoir irritant est encore plus marqué.

Ces contraintes conduisent à la mise au point de véritables **soufreuses à grand travail** qui apparaissent après 1885. Une des plus célèbres sera la soufreuse à traction animale « *Nabo* » des Ets Vermorel. Outre le fait de rendre l'application plus facile et plus rapide, les soufreuses jouent un rôle clé pour limiter l'agressivité du soufre par temps très chaud. Bien réglées, elles évitent l'accumulation localisée de poudre sur le feuillage qui provoque souvent au-delà de 35°C des grillures sévères voire un échaudage des baies. Appareils à dos de tous types, poudreuses et sulfateuses vont donner naissance à une nouvelle industrie qui est celle du machinisme d'application.

Après la mise sur le marché des soufres micronisés mouillables, la recherche d'une optimisation de leur effet dans les vignes du midi est l'un des arguments qui jouera en faveur de la pulvérisation pneumatique.

Dans ce domaine du machinisme qui ne cesse d'évoluer, les innovations viticoles tiennent encore régulièrement compte de l'optimisation de l'emploi du soufre lors de la conception et de la mise sur le marché des nouveaux matériels.

### *c) La recherche d'alternatives au soufre et la phytopharmacie*

Coût des traitements, pénibilité et désagréments d'une application conduite par temps chaud au moyen d'engins rustiques, problèmes financiers... voire refus de mettre une substance chimique dans leurs vignes, certains viticulteurs préfèrent émigrer en Algérie ou en Argentine<sup>31</sup> autour de 1855. Remplacer le soufre n'est alors pas facile.

La piste des **variétés résistantes** a été tentée. On a multiplié après 1850 des cépages résistants comme Isabelle (*V.vinifera* x *V.labrusca*). Mais le goût foxé des vins d'hybrides, la grande efficacité des poudrages au soufre puis l'introduction de nouveaux parasites ont orienté la sélection vers d'autres cibles que l'oïdium. D'autre part, de nombreuses **mesures de protection indirecte** ont été testées en 150 ans. Une récente revue<sup>32</sup> a hiérarchisé la courte liste des solutions d'intérêt connu, recommandables pour une viticulture raisonnée :

- Réduire les zones de mouillères dans les parcelles,
- adopter un mode de conduite permettant une bonne aération et une bonne insolation des grappes,
- limiter les fumures entraînant une vigueur excessive de la vigne,
- éviter l'ombrage des grappes propice au parasite en effeuillant la zone des grappes à la nouaison.

Leur mise en œuvre réduit assurément l'incidence de la maladie mais elles ne permettent pas de se passer de traitements fongicides.

La mise au point de **fongicides alternatifs au soufre** a donc balbutié durant un siècle (1850-1950). Au moins deux raisons à cela : la grande efficacité des poudrages au soufre bien réalisés et la mobilisation des chercheurs sur les fléaux du vignoble introduits postérieurement à l'oïdium.

---

<sup>31</sup> GALET P., p 19

<sup>32</sup> BUGARET Y. & al., 2002.



L'effet freinateur sur *E. necator* de certaines bouillies cupriques a été vite remarqué mais aucune solution anti-mildiou reconnue n'a pu supplanter l'emploi du soufre. Une certaine demande existait cependant, dictée par les cas de phytotoxicité rencontrés avec des poudres du commerce de qualité douteuse, la sensibilité de certains cépages (Othello), le coût, la lenteur et l'inconfort des poudrages, et surtout, la difficulté à coupler traitements contre le mildiou et contre l'oïdium.

Une solution ancienne faisant appel au permanganate de potassium ( $K_2MnO_4$ ) à 0,125% a été conseillée au début du XXe siècle et parfois utilisée jusqu'aux années 1980. Cet oxydant énergique exerce un effet curatif puissant mais de courte durée sur les hyphes mycéliennes externes de l'oïdium de la vigne. Il n'a jamais occupé qu'une place marginale sur le marché viticole.

Après 1950, l'arrivée des fongicides organiques de synthèse sélectifs par temps frais suscite des espoirs. Certains sont performants (ex : dinocap), d'autres (ex : folpel) possèdent seulement des effets secondaires notables sur oïdium. Mais aucun d'entre eux ne parviendra à détrôner le soufre. Les premiers vrais concurrents sont les fongicides benzimidazoles à la fin des années 60. Bien qu'efficaces sur oïdium au début de leur emploi, leur prix les marginalise et ils sont utilisés préférentiellement contre la pourriture grise (*Botrytis cinerea*). Les résistances rapidement apparues avec ce cryptogame condamnent du même coup la famille chimique qui restera marginale en viticulture.

La concurrence véritable apparaît à partir de 1977-78 avec le triadiméfon (Bayleton 5), puis le fénarimol (Rubigan 4). Ces composés sont des fongicides systémiques agissant à très faible dose (18 à 75 g sa/ha), préventifs et curatifs sur oïdium, faciles à associer aux bouillies anti-mildiou. A la suite du triadiméfon, la famille chimique des triazoles s'élargit très rapidement pour compter plus d'une douzaine de matières actives vendues en 1990. Certains de ces IBS (inhibiteurs de la biosynthèse des stérols) contrôlent très bien le black rot et le brenner, ce qui les impose souvent dans les vignobles de l'ouest et de l'est de la France. Leur impact sur le marché est considérable mais ils seront assez rapidement confrontés à des phénomènes de résistance qui seront bien gérés par les responsables de la protection du vignoble. De nouvelles familles chimiques arriveront ultérieurement (hydroxyquinoléines, strobilurines...) mais on doit souligner que leur développement sur oïdium de la vigne n'est plus le fruit d'un criblage spécifique, mais une simple extension à partir d'autres usages qui ont conditionné l'effort financier pour la recherche et la mise sur le marché.

#### 4. Les usages du soufre aujourd'hui

Dans le strict domaine de la protection des plantes, nous nous bornerons à considérer les domaines suivants :

##### *a) Mode d'action anticryptogamique du soufre par rapport aux autres alternatives chimiques*

Depuis fort longtemps, l'action « désinfectante » du soufre a été perçue comme passant par la voie de l'air. C'est sans doute cette conception qui a très vite poussé les serristes à utiliser les conduites de chauffage des serres pour faire s'exprimer son effet anticryptogamique. De son côté, l'homme curieux qu'était Henri Marès avait essayé de comprendre la manière d'agir de cette substance<sup>33</sup>, observant sous le microscope la nécrose rapide du mycélium et des conidiophores du champignon au voisinage des particules de soufre. A la surface de lames d'argent, il avait aussi

---

<sup>33</sup> LEGROS J-P., ARGELES J., 2000.

noté la formation de sulfure, démontrant l'émission de vapeurs soufrées lorsque la température est suffisante. De plus, il semblait qu'au bout de 3 semaines environ, le mycélium était capable de se reconstituer, ce qui impliquait de maintenir une protection dans la durée. Ces constatations jointes à des relevés de terrain sur la climatologie et des stades phénologiques de la vigne l'aidèrent à préciser doses d'emploi et périodes d'application optimales.

Sur ces bases, d'amples débats ultérieurs ont pris place. De nombreuses observations montrent que l'efficacité du traitement est reliée à l'aptitude du soufre à se sublimer à proximité des organes où se trouve l'inoculum infectieux, d'où l'importance de la *nature du soufre utilisé* (pur, mélangé à du plâtre, du sable...), de la finesse des particules appliquées conditionnant, en relation avec la température et la surface de soufre en contact avec l'atmosphère, la *quantité des vapeurs « utiles » émises*, des *techniques d'application* et de la *formulation* (pénétration de la masse végétale, maintien du produit sur le feuillage...). L'activité anticryptogamique est faible en-dessous de 18°, optimum à 23-25°. Au delà de 35°, l'action est fugace et les risques de brûlure plus élevés avec les formulations agressives.

Le mode d'action du soufre a aussi fait l'objet de théories variées. Les spécialistes actuels considèrent<sup>34</sup> qu'il doit ses propriétés à sa pénétration dans les organes du champignon où il interfère avec la chaîne respiratoire ce qui ralentit la production d'ATP : d'où ralentissement, arrêt de la croissance voire destruction du cryptogame. Ce mode d'action simple sur l'un des mécanismes fondamentaux du monde aérobie est de nature à minimiser le risque d'apparition de résistances et confère théoriquement une polyvalence d'action étendue. En sus des oïdiums, des parasites tels que tavelures, septorioses, ramularioses, fusarioses, alternarioses, helminthosporioses... etc, sont plus ou moins sensibles à l'action du soufre. Les différences de sensibilité enregistrées s'expliqueraient par la nature des parois cellulaires de ces cryptogames (perméabilité au soufre) et aux caractéristiques de leur cycle biologique.

Sur ses cibles principales, les oïdiums dont le mycélium est externe au végétal parasité, l'action du soufre est à la fois préventive sur les conidies qui véhiculent la maladie, mais aussi curative (dessèchement des filaments mycéliens et des suçoirs) et éradiquante (destruction des conidiophores et du mycélium). Si la majeure partie du soufre se sublime depuis la surface des feuilles ou depuis le sol où il est tombé, une fraction se dissout dans les cires cuticulaires d'où il est susceptible d'être relargué.

### *b) Principaux usages du soufre seul ou associé*

Bien qu'étendue, la polyvalence d'action du soufre n'est codifiée dans le cadre des AMM que pour un nombre limité d'usages. Le tableau 1 qui les regroupe pour 2007 fait état de 27 cultures où les spécialités à base de soufre peuvent être recommandées pour combattre des parasites (oïdiums, tavelures, excoriose, taches noires du rosier), des arthropodes (érisose, acarieuses...), voire limiter des altérations physiologiques (rugosité des pommes).

---

<sup>34</sup> COLENO A., 1987. volume 1, p 31

Tableau 1 – Ensemble des usages autorisés en France pour les spécialités à base de soufre seul  
(source : Index ACTA 2007)

Usages couverts par une AMM		Soufre micronisé pour pulvérisation	Soufre pour poudrage
Cultures	Parasite		
Betterave	Oïdium	6000 à 8000 g/ha	19500 g/ha
Blé	Oïdium	8000 g/ha	
Vigne	Acariose, érinose	7890 à 20625 g/ha	
	Oïdium, excoriose	525 à 1250 g/hl	19500 g/ha
Abricotier, Pêcher	Oïdium	600 à 750 g/hl	19500 g/ha
Pommier	Oïdium, rugosité, tavelures	600 à 750 g/hl	19500 g/ha
Noisetier	Acariens (sur bourgeons)	600 g/hl	
Artichaut, aubergine, carotte, cornichon, fraisier, mâche, pissenlit, poivron, pois de conserve, salsifis, scarole frisée, scorsonère	Oïdium	6000 g/ha	
Bette, betterave potagère, chicorée witloof (production de racines)	Oïdium	6000 à 10000 g/ha	
Concombre, courgette, melon	Oïdium sp.	6000 g/ha	19400 à 19800 g/ha
Tomate	Acariose bronzée	6000 g/ha	19800 g/ha
	Oïdium	6000 g/ha	
Rosier	Maladie des taches noires	6000 à 7500 g/ha	
	Oïdium	6000 g/ha	19500 à 19800 g/ha
Cultures porte-graine mineures : florales, plantes à parfum, aromatiques, médicinales, condimentaires et potagères	Oïdium	8000 g/ha	

Cette présentation formelle des usages ne fait bien sur pas état des nombreux effets secondaires connus pour le soufre. Pour limiter le propos à la vigne rappelons qu'il est réputé comme freinateur du rot-brenner, du black-rot, voire du mildiou. Il a tendance à freiner les acariens phytophages et possède un effet ovicide sur les pontes de *Scaphoïdeus titanus*, la cicadelle vectrice de la flavescence dorée.

Son profil demeure intéressant sur les arthropodes auxiliaires prédateurs et parasitoïdes, et il est recommandé à ce titre dans de nombreux cahiers des charges de productions agricoles raisonnées, intégrées ou biologiques. D'après les données de l'ACTA en 2006, le soufre est considéré<sup>35</sup> comme :

- peu ou pas toxique sur syrphes, chrysopes, hémérobes, *Neoseiulus californicus* (acarien prédateur) ;
- moyennement toxique sur coccinelles (*Stethorus sp.*), punaises (mirides et anthocorides), *Amblyseius andersoni* (acarien prédateur) ainsi que sur mycoses d'insectes
- toxique ou très toxique sur microhyménoptères et *Typhlodromus pyri* (acarien prédateur).

Etendues aux domaines plus génériques de la « faune sauvage terrestre » et de la « faune aquatique », ces approches le classent aussi comme peu ou pas toxique.

Dans le sol, le soufre élémentaire, qui est quasiment insoluble, s'oxyde plus ou moins vite. Les données classiques estiment entre 6 et 42 jours le temps nécessaire à l'oxydation de 50% du soufre élémentaire. Cette évolution est beaucoup plus rapide par temps chaud et lorsque le produit est sous forme micronisée. En quelques jours, il se transforme en dioxyde (SO<sub>2</sub>), puis en sulfate (SO<sub>4</sub>) dont la capacité de solubilisation varie avec le pH du sol. Ces produits de transformation ne sont pas considérés comme des contaminants particuliers du milieu aquatique.

<sup>35</sup> AVERSENQ S., p 41

### *c) Evolution de son marché principal : la viticulture*

Entre 1856 et 1862, le soufrage qui se répand rapidement devient une pratique ordinaire. Si les traitements ont tendance à s'alléger par rapport à la reprise en main du vignoble qui a suivi le pic de l'invasion, ils restent nécessaires chaque année. Ils interviennent sur un vignoble énorme dont les surfaces atteindront en 1869 un très haut historique de 2 446 862 ha<sup>36</sup>. En 1900, alors que la crise phylloxérique s'estompe, le vignoble qui se reconstitue représente encore 1 609 350 ha. Même si l'encépagement a changé, l'oïdium demeure l'ennemi le plus constant, celui qu'il faut combattre chaque année. A cette époque la consommation nationale de soufre pour poudrage avoisine donc les 100 000 tonnes par an.

Erosion lente des surfaces, progrès des méthodes d'application, évolution des cépages... les surfaces de vignes sont retombées à 1 549 000 ha en 1938. La moyenne annuelle des livraisons métropolitaines pour les 18 campagnes comprises entre 1923-24 et 1940-41 se situe à 65 000 tonnes<sup>37</sup>. Durant le second conflit mondial, la pénurie de soufre touche durement les vigneron de 1942 à 1944, en particulier la Champagne où les solutions de substitution testées se montrent peu opérantes. En 1950, il reste près de 1 400 000 ha de vignes à protéger.

Au cours des décennies suivantes, et alors même que les premiers fongicides organiques de synthèse tentent de challenger le soufre avec de maigres succès, le tonnage moyen commercialisé connaît une diminution régulière. Sur la période 1944-45 à 1968-69 (soit 25 campagnes), les livraisons moyennes sont de l'ordre de 54 000 tonnes. Elles régressent à 44 000 tonnes entre 1969-70 et 1980-81 (13 campagnes), puis 32 000 tonnes entre 1980-81 à 1985-86 (5 campagnes). Les causes de cet effacement sont multiples :

- d'abord, les surfaces cultivées s'amenuisent : la crise viticole des années 70 s'est traduite par un arrachage massif, principalement en Languedoc. Passé sous le million d'ha vers 1980, le vignoble français ne représente plus que 899 775 ha en 1990. Une partie des surfaces de cépages méridionaux très sensibles (ex : Carignan, Terret...) a disparu au profit de variétés moins réceptives comme le Grenache ou la Syrah.

- ensuite, la concurrence vient aussi du soufre lui-même ! En 1948, la société suisse Sandoz a lancé Thiovit, une formulation nouvelle de soufre mouillable micronisé qui fait rapidement des adeptes dans le midi et en Bordelais. Son concurrent français, les Raffineries de Soufre Réunies (RSR) emboîtent le pas en 1950 avec Microthiol<sup>38</sup>. Pendant près de trente ans, tenants du poudrage et de la pulvérisation s'affrontent, véritable querelle des anciens et des modernes. Plusieurs industriels développent à leur tour des soufres du même type et, vers 1977, cette formulation représente à elle seule 75% du marché des anti-oïdiums. Sa dose d'emploi est comprise dans une fourchette de 5 et 10 kg/ha avec une moyenne autour de 8 kg/ha, alors qu'un poudrage moderne met en œuvre 20 à 30 kg/ha avec 25 kg/ha environ de moyenne. L'adoption des soufres mouillables micronisés par un nombre croissant de praticiens tire donc le marché quantitatif à la baisse.

- enfin, mais seulement à partir de 1978, les nouveaux anti-oïdiums de synthèse font une percée extraordinaire en viticulture : la part de marché de l'ensemble « soufres » qui était de l'ordre de 99% en 1977, s'effrite autour de 90% en 1980, plonge à 60% en 1986, s'effondre aux alentours de 40% en 1988. Cette même année, les livraisons de soufre pour la protection des cultures touchent le fond avec 13 423 tonnes<sup>39</sup>.

---

<sup>36</sup> NOILHAN H., p 431, 413 et 419

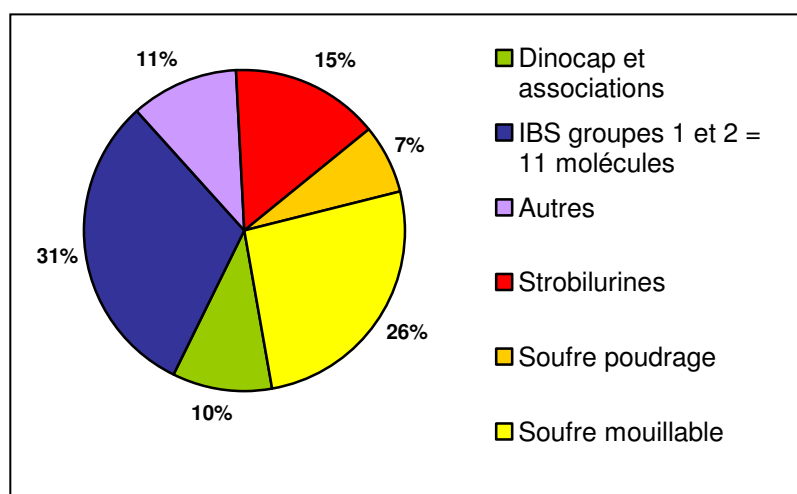
<sup>37</sup> JULIEN A., p 143. Sauf indication contraire, les autres estimations de tonnage sont extraites du même ouvrage.

<sup>38</sup> JULIEN A., p 127

<sup>39</sup> JULIEN A., p 147

Cette situation ne dure guère. Des cas de résistance du champignon aux fongicides IBS, suspectés en 1984, sont identifiés au Portugal (1988) et dans plusieurs départements français (1989). Dès l'année suivante<sup>40</sup>, les stratégies de protection du vignoble limitent en conséquence l'emploi des « nouveaux fongicides », faisant repartir à la hausse l'emploi du soufre. Actuellement (tab.1), les fongicides à base de soufre sont employés sur près du tiers des surfaces protégées. L'arrivée de nouvelles familles chimiques et le respect des consignes données pour éviter la création ou l'expansion de souches résistantes permet de gérer un équilibre de nature à faire durer les solutions disponibles.

Figure 1 - Les différents types de fongicides anti-oïdiums dans la viticulture française. Pourcentage estimé des surfaces protégées par catégorie en 2006



Cette pérennité des moyens de protection est vitale pour les viticulteurs car, de par sa biologie et sa fréquence, l'oïdium reste la maladie de la vigne la plus régulièrement combattue. Actuellement plus de 99% des surfaces cultivées reçoivent chaque année un ou plusieurs traitements spécifiques (de 4 à 6 passages en général).

#### d) Autres usages du soufre pour la protection des cultures

Employé ponctuellement en France lors des grandes invasions d'oïdium du pommier (*Podosphaera leucotricha*) en 1899 et 1921-23<sup>41</sup>, le soufre sous forme mouillable a vu son utilisation s'étendre considérablement après 1945 avec l'apparition de grands vergers spécialisés. Son effet remarquable sur la rugosité a même donné naissance à des spécialités particulières associant soufre et oligo-éléments. Actuellement près de 15% des applications fongicides en verger (pommier principalement) sont à base de soufre, pour l'essentiel des poudres mouillables utilisées à raison de 6 à 7 kg pf/ha.

Outre les cultures dites mineures, le soufre demeure précieux sur cucurbitacées dont de nombreuses variétés sont très sensibles à des oïdiums spécifiques (*Erysiphe cichoracearum*, *Sphaerotheca fuliginea*...). Les usages sur céréales développés à partir de 1970 ont aujourd'hui

<sup>40</sup> INRA, SPV, ITV, note commune

<sup>41</sup> GAUDINEAU citée par GEOFFRION R., p 213

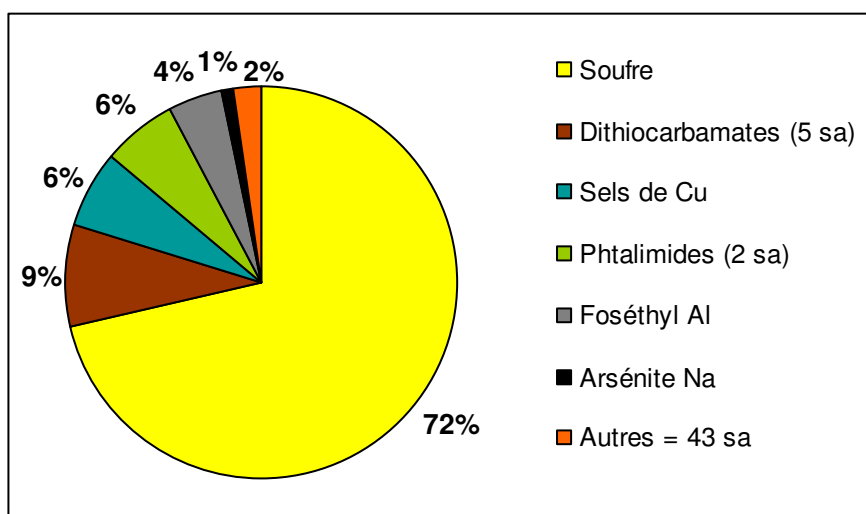
disparu et la betterave reçoit surtout des fongicides de synthèse pour sa protection contre les maladies foliaires.

*e) Place du soufre dans le débat actuel sur la consommation des produits phytopharmaceutiques*

Depuis quelques années, la consommation des produits phytosanitaires par l'agriculture française, considérée comme trop élevée par certaines organisations, fait l'objet d'un débat qui, par bien des aspects, nous semble paradoxal. Notre pays serait actuellement – *en valeur* – le 4<sup>ème</sup> marché mondial et le premier européen pour les produits phytopharmaceutiques (données Agrow 2003). Peu contestables, ces données sont quelquefois malmenées dans le débat public, débat dans lequel d'autres données tout aussi peu contestables ne sont jamais prises en compte :

- au sein de l'UE, *notre pays est celui dont la SAU est la plus importante* : ce fait explique en partie le niveau de la consommation nationale ;
- cette consommation, *ramenée à l'ha cultivé, situe notre pays dans la moyenne européenne* ; elle est en effet de l'ordre de 4,45 kg ma/ha/an, loin derrière la Belgique (11,14), l'Italie (7,92), les Pays-Bas (7,71), le Portugal (6,27), le Royaume Uni (5,75), et supérieure à la Suisse (3,48) ou l'Allemagne (2,46)<sup>42</sup>.

Figure 2 - Les fongicides utilisés en viticulture. Tonnages cumulés des substances actives pour 6 campagnes d'observation (1984, 87, 90, 94, 98, 2002). Proportion relative des quantités utilisées par catégorie (Source : Bernard, 2006)



En raison de sa nature pondéreuse, le soufre pèse fortement dans la statistique des pays viticoles méridionaux où l'oïdium est le plus virulent. Trois chiffres pour illustrer la situation française :

- pour la seule **viticulture** la quantité de soufre utilisée observée sur 6 campagnes (1984, 87, 90, 94, 98, 2002) représentait **72% du tonnage total des fongicides utilisés** (fig.2) ;
- pour les **vergers**, le soufre représente actuellement à peine **15% des surfaces traitées** mais **50% du tonnage total des fongicides** utilisés par nos arboriculteurs.
- d'après les données de l'UIPP publiées pour les dernières années, on peut évaluer la consommation annuelle comme oscillant dans une fourchette de 15 à 25 000 tonnes. Ce qui

<sup>42</sup> FAOSTAT 2004 pour l'ensemble des données

signifie que **le soufre représente à lui seul 20 à 25% du tonnage de l'ensemble des substances phytopharmaceutiques utilisées par nos agriculteurs !**

Pousser à une réduction aveugle de l'emploi des produits phytopharmaceutiques sur la base de critères quantitatifs est de nature à pénaliser fortement l'emploi du soufre, fongicide substituable pour de nombreux usages par des produits plus récents utilisés à moins de 100 g ma/ha.

### 5. Perspectives

Cette revue rapide de la situation du soufre en protection des plantes conduit à proposer quelques réflexions sur ses perspectives d'avenir et les éléments qui les conditionnent.

A la lumière des problématiques actuelles, rappelons d'abord un point essentiel : **il n'existe pas de résistance des cryptogames parasites au soufre**. Sa présence dans la pharmacopée moderne revêt donc un intérêt majeur pour la constitution de programmes de protection fongicide performants. Il permet en effet :

- de contribuer à l'alternance des substances actives,
- de sécuriser les programmes de protection en utilisant les fongicides de synthèse modernes là où le soufre montre des limites : efficacité par temps très frais, risque d'agressivité, sensibilité des parasites à contrôler...
- de protéger ces mêmes molécules modernes très performantes de l'apparition de souches résistantes en évitant leur usage exclusif. L'application de soufre en début de saison agit sur l'ensemble des souches d'oïdium, sensibles ou résistantes, positionnant ainsi les autres matières actives en situation plus favorable.

Les conseillers de la lutte contre l'oïdium du vignoble sont unanimes sur le fait que **la protection repose davantage aujourd'hui sur des stratégies**<sup>43</sup> que sur un produit unique, même aussi performant et éprouvé que le soufre.

Par ailleurs, **ce fongicide minéral n'est pas au bout de son évolution**. Il a connu au cours de la dernière décennie de réelles innovations dans ses formulations. Ainsi, les nouveaux soufres liquides ou granulés suppriment le problème des poussières et améliorent le confort d'utilisation. Le soufre en poudre mouillable évolue vers des formes de granulés dispersables (WG) dont la sélectivité sur le feuillage a été accrue grâce à une optimisation de la taille des particules.

Comme pour de nombreux produits phytopharmaceutiques, l'avenir du soufre est conditionné par la **révision européenne des substances actives** découlant de la directive 91/414 CEE. Il a été inscrit comme la plupart des substances minérales sur la 4<sup>ème</sup> liste de révision qui devrait être examinée courant 2008. Plusieurs industriels importants se sont rapprochés afin de constituer un dossier commun en vue de sa défense, ce qui, d'une part, témoigne de son intérêt à moyen et long terme et d'autre part, offre des appuis concrets en vue de son inscription future.

Enfin, toute approche visant à réduire l'emploi des produits phytopharmaceutiques sur une base purement quantitative nous paraît éminemment discutable. Rappelons encore une fois que l'ensemble des produits de protection des plantes utilisés par nos agriculteurs entre 2000 et 2005 représente un tonnage moyen annuel de 85 500 t de substances actives, nettement en-dessous de certaines campagnes de soufre avant 1939 !

---

<sup>43</sup> SPEICH P., & al.

**RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- (1) Anonyme (Solvay & Cie), 1936. – La lutte contre les parasites et les maladies des plantes. Paris, Lib. Baillière & Fils.
- (2) ALBERT LE GRAND, Les admirables secrets de magie naturelle du Grand Albert et du Petit Albert. Paris, Albin Michel, 1996.
- (3) ANDRE J., 1963. – Dictionnaire archéologique des techniques. Paris, Ed. de l'Accueil, p 155
- (4) ARNAUD G. & M., 1931. – Traité de pathologie végétale, tome 1, p 281-318, Ed. Lechevalier.
- (5) AUGÉ-LARIBÉ M., vers 1925. – L'agriculture pendant la guerre. in Publications de la Dotation Carnegie pour la Paix internationale. Paris, PUF et Yale University Press.
- (6) AVERSENQ S., 2006. – Choix des produits phytosanitaires en verger. Phytoma/LDV, n°592, avril, p 41.
- (7) BERNARD J.-L., 2006. – L'utilisation des produits phytosanitaires par l'agriculture française. Quelle évolution dans les quantités utilisées sur des marchés majeurs ? CR Académie d'Agriculture de France. Séance du 25 janvier 2006.
- (8) BOLENS L., 1981. – Agronomes andalous du Moyen Age. Librairie Droz, Genève-Paris
- (9) BOURCART E., 1910. – Les maladies des plantes. Leur traitement raisonné et efficace en agriculture et en horticulture. Paris, O.Doin & Fils Ed..
- (10) BOURDIER L., AGULHON R., 1987. – Le soufre dans la protection du vignoble français. Polyvalence d'action et sécurité. CR du Symposium international du soufre élémentaire en agriculture, vol. 1, p 83.
- (11) BRANAS J., 1974. – Viticulture. Montpellier, Imp. Dehan.
- (12) BRENT K.J., 1985. One hundred years of fungicide use. Fungicides for crop protection, BCPC monograph n°31, p 11.
- (13) BUGARET Y., BERNARD J.-L., MAURIN G., MOLOT B., DE LA ROCQUE B., 2002. – Premier examen critique des mesures de lutte indirecte envisageables pour la protection du vignoble contre les principales maladies en regard des approches d'une viticulture raisonnée. 2<sup>ème</sup> Conf. Intern. sur les moyens alternatifs de lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux, Lille, 4 au 7 mars 2002.
- (14) CAPUS J., 1910. – Traitement des maladies de la vigne. Paris, Lib. Ch. Amat.
- (15) CATON. De Re Rustica. Les Agronomes latins, Nizard, 1844.
- (16) COLENO A., 1987. – Rôle fongicide du soufre. CR du Symposium international du soufre élémentaire en agriculture, volume 1, p 31.
- (17) DELUMEAU J. & LEQUIN Y., 1987. – Les malheurs des temps - Histoire des fléaux et des calamités en France. Larousse. p 208.
- (18) GALET P., 1977. – Les maladies et les parasites de la vigne, tome 1, Montpellier, Imp. du Paysan du Midi.
- (19) GEOFFRION R., 1987. – Le soufre et l'arboriculture fruitière à pépins. CR du Symposium international du soufre élémentaire en agriculture, vol. 1, p 211.
- (20) BRANAS J., 1974. – Viticulture. Montpellier, Imp. Dehan.
- (21) IBN AL AWAM. Le livre de l'Agriculture. Trad. J.-J.Clément-Mullet (3 tomes). Ed. Bouslama, Tunis. 1977.
- (22) INRA, SPV, ITV. Note commune. Phytoma/LDV, n°421, sept.-oct. 1990.
- (23) IRSIGLER F., 1989. – Viticulture, vinification et commerce du vin en Allemagne occidentale des origines au XVI<sup>e</sup> siècle. Flaran 11, p 63.
- (24) JULIEN A., 1998. – L'industrie du soufre utilisé en viticulture depuis 1850. Sorgues, Imp. de l'Ouvèze.
- (25) LEGROS J.-P., ARGELES J., 2000. – Henri Marès (1820-1901), vainqueur de l'Oïdium. Conférence n°3722, Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, Séance du 23 octobre 2000.
- (26) LHOSTE J., LAMBERT J., 1970. – Les fongicides. 3<sup>ème</sup> édition, Imp. Rullière-Libeccio, p 12
- (27) NOILHAN H., 1965. – Histoire de l'Agriculture à l'ère industrielle. Paris, Ed. De Boccard.
- (28) PERROT E., FABRE R., LUTZ L., RAOUL Y., VALETTE G., CAVIER R., DESRUE A., 1949. Manuel de phytopharmacie. Masson & Cie, p 192
- (29) PONS M., 2003. Thomery, patrimoine viticole. Imprimerie Hermant, Thomery.



- (30) SPEICH P., BOURGOUIN, BLANC M., 2001. Oïdium de la vigne : raisonner les interventions et gérer les spécialités disponibles. Phytoma/LDV, n°535, p 24-27.
- (31) TROUVELOT B., WUILLAUME F., 1927. Manuel guide des traitements insecticides et fongicides des arbres fruitiers. Paris, 2<sup>ème</sup> éd., Lib. Paul Lechevalier.
- (32) VIALA P. & FERROUILLAT P., 1888. Manuel pratique pour le traitement des maladies de la vigne. Montpellier, C.Coulet, libraire-éditeur.

Remerciements : Philippe Bandiera, Laure de Bastard, Hélène Vergonjeanne.