

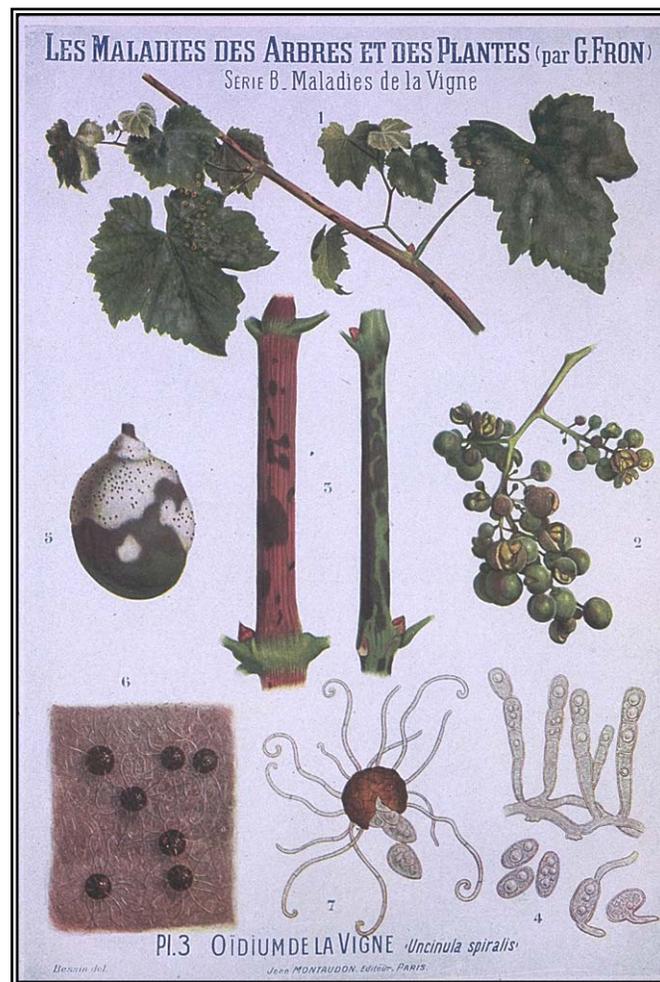
Le soufre et la protection des cultures

Hier, aujourd'hui, demain

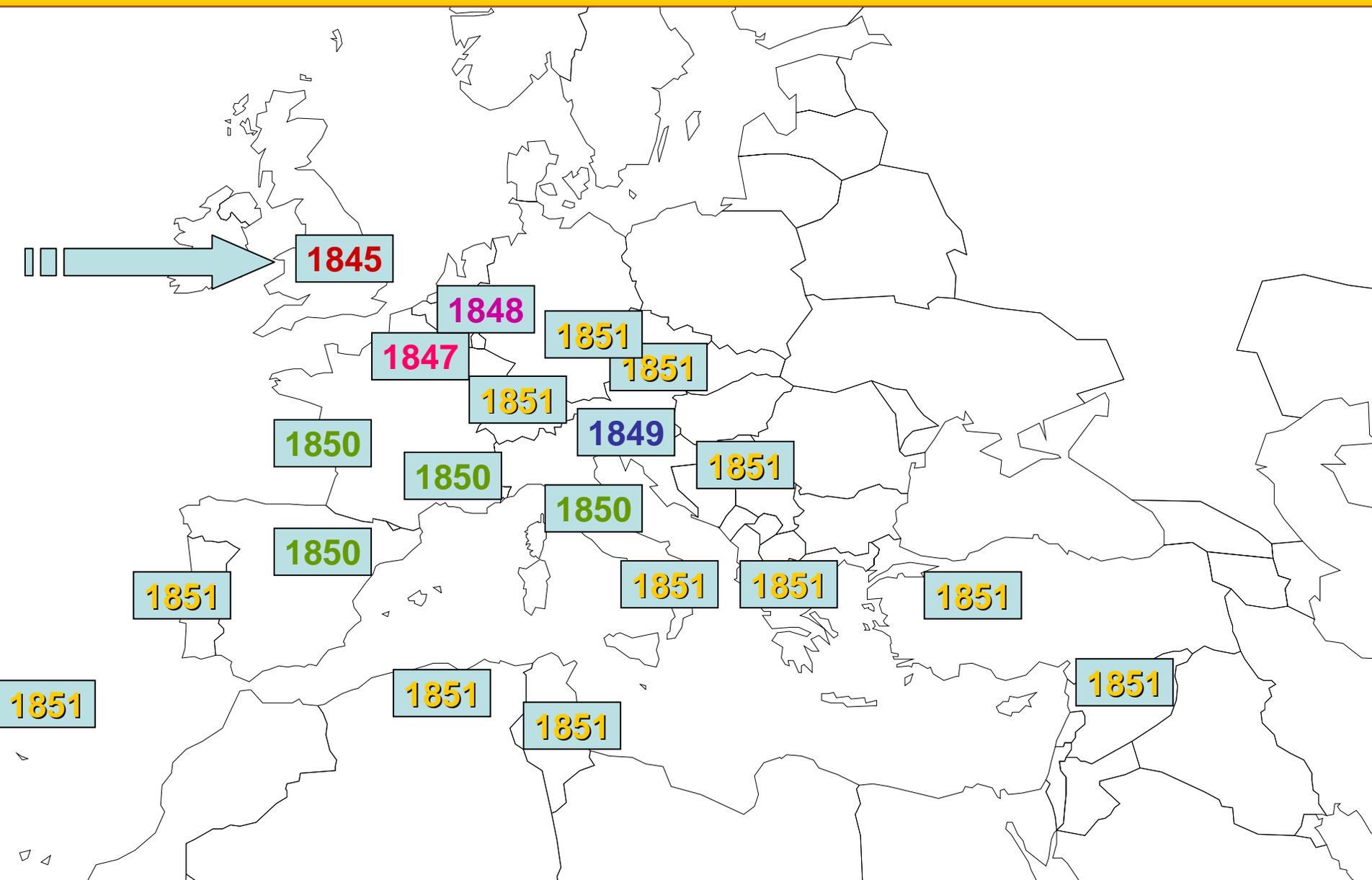
Jean-Louis BERNARD
Syngenta Agro SAS
Membre correspondant section IX

1845 : l'oïdium de la vigne arrive en Europe

- Un **fléau ruineux** pour l'économie viticole (1847-1857)
- Le prélude aux introductions successives du phylloxera (1873), du mildiou (1878), du black-rot (1885)... dont l'action cumulée va détruire l'ensemble du vignoble européen, nécessitant sa refondation sur de nouvelles bases.

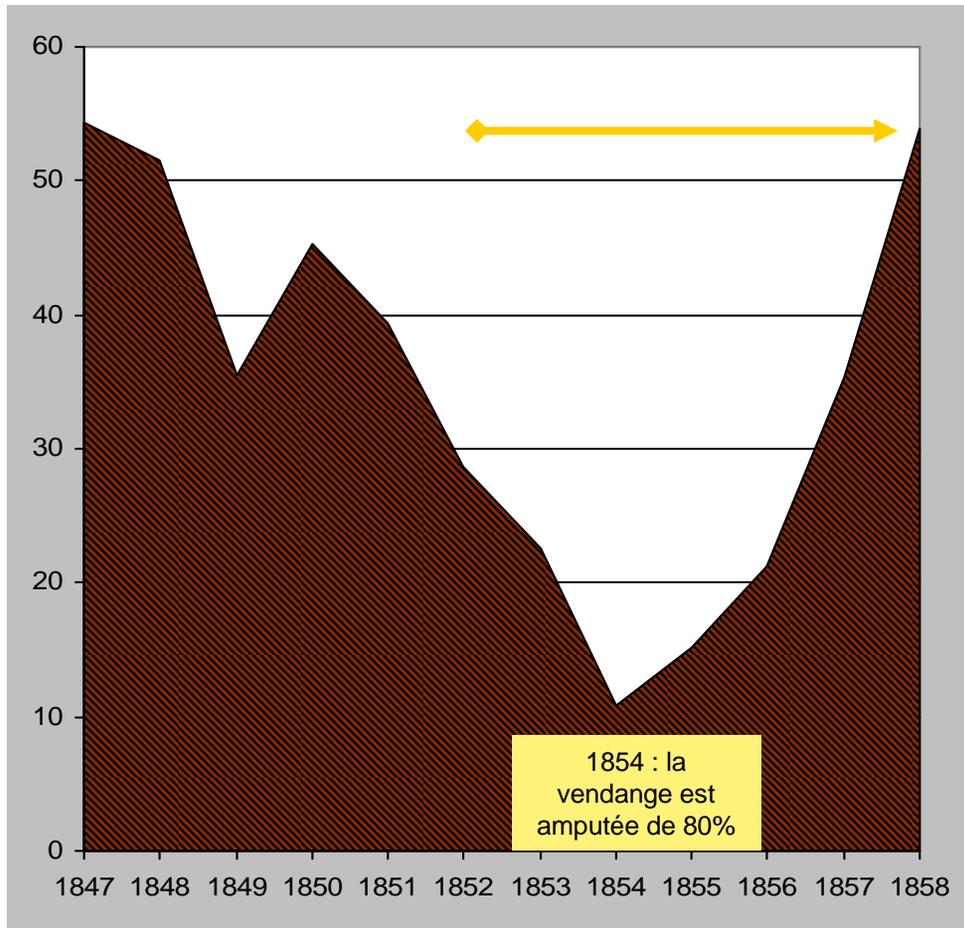


1845-1851 : expansion de l'oïdium de la vigne dans l'Ancien Monde



Impact de l'oïdium de la vigne sur le vignoble français (1847-1858)

Récolte française en millions d'hl



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-or

1851 : 10 francs-or

1852 : 13 francs-or

1856 : 49 francs-or

1858 : 29 francs-or

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

Oïdium de la vigne : une mobilisation exceptionnelle

En dix années à peine, l'étude du parasite et des moyens destinés à le combattre ont permis :

- d'ouvrir véritablement une nouvelle discipline 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 et ce, bien avant l'arrivée des engrais de synthèse,
- de jeter les bases de ce que nous appelons aujourd'hui l'agrofourmiture,
- de développer un pan nouveau du machinisme agricole : le domaine spécifique du matériel d'application.

De la désinfection des locaux à la protection des cultures



Les propriétés « purificatrices » du soufre

- signalées par Homère...
- utilisées par les Romains pour la désinfection des vêtements...
- mises en œuvre au Moyen Age pour désinfecter les tonneaux..
- utilisées au XVe siècle pour assainir les locaux durant l'épidémie de peste noire.

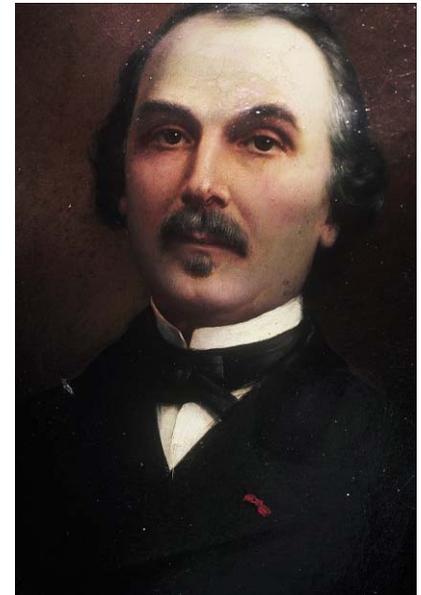
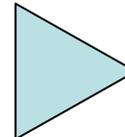
La protection des plantes cultivées

- Caton l'Ancien (vers 150 av. JC) : le soufre est inclus dans un procédé de lutte contre la pyrale de la vigne (première recette de lutte chimique en Occident),
- mentions par les agronomes andalous et des auteurs du Moyen Age,
- premier signalement clair de propriétés fongicides par William Forsyth dans son « Traité des arbres fruitiers » (1802),
- l'intérêt de bouillies à base de soufre et de chaux est vérifié par divers auteurs avant 1850.

L'expérimentation qui se mobilise impose les vertus du poudrage au soufre

- 1846-1848 : observations en serre de **Kyle** et **Tucker** sur les effets de remèdes à base de soufre et de chaux.
- 1848-1850 : les tests multiples conduits par **Duchartre**, **Hardy** et **Grisson** confirment l'intérêt du soufre en poudre
- 1851 : le poudrage sur feuillage humide est testé autour de Paris
- 1853 : **Rose Charmeux** démontre l'efficacité du poudrage à sec sur les Chasselas de Thomery
- 1854-1855 : dans l'Hérault, les travaux de **Marès** consacrent la valeur des poudrages au soufre et lancent la méthode à grande échelle.

Henri MARÈS (1820-1901)



Retombées de ces découvertes

L'industrie du soufre et sa distribution

La réponse à une demande pressante :

- **L'envolée du soufre de Sicile...**
- **Création des *tritureries* et des *sublimeries*** (20 autorisations données en 1856-1857)
- **Le marché se diversifie rapidement :**
 - Soufre sublimé,
 - Soufre trituré,
 - Soufre noir
 - Soufres précipités
 - Mélanges (ex: soufre d'Apt)
- Des revendeurs de soufre s'installent : certains sont à l'origine des **distributeurs actuels de l'agrofourmiture.**
- **Concurrence exacerbée après 1900** (soufre provenant de l'industrie pétrolière et gazière)



Vers 1910, les cultures françaises consomment près de 100 000 t/an de produit fini

Un maximum de l'ordre de 150 000 t/an est atteint autour de la première guerre mondiale

Réduction des surfaces cultivées : un déclin s'amorce vers 1930

Il s'accélère après 1950 avec l'arrivée des soufres mouillables.

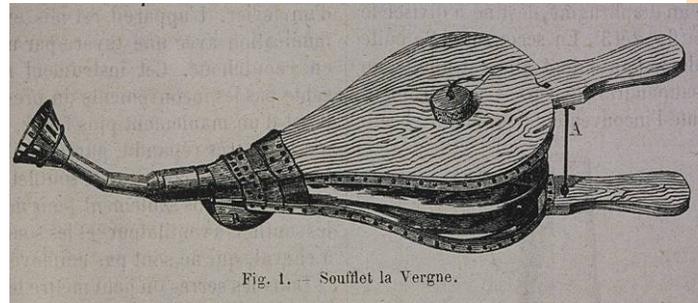
Retombées de ces découvertes

Naissance du machinisme d'application

Boîtes à soufrer



Soufflets



10
112

Nouveau Soufflet à Vigne

A GRAND TRAVAIL Breveté S. G. D. G.
en FRANCE et à L'ÉTRANGER

BESNARD & C^o, à PARIS, Fabricants

“ LE FURET ”

Produit le même travail qu'une soufreuse à dos
et coûte sept fois moins



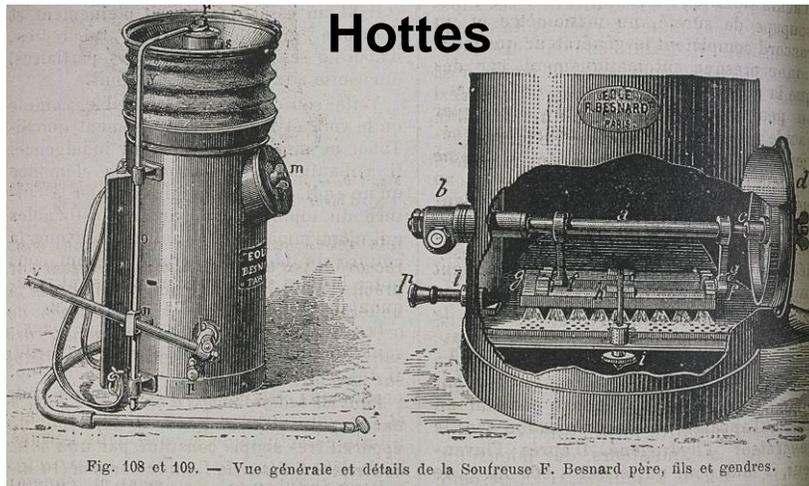
LEGERETÉ SOLIDITÉ

LE PLUS SIMPLE
LE PLUS COMMODE
LE PLUS PRATIQUE

Laisse une main libre. — Marche avec toutes les poudres

PRIX : 4 fr. — Franco : 4 fr. 60

Hottes



Les **Soufreuses à grand travail** apparaissent après 1885.

Retombées de ces découvertes

Du soufre mouillable à la chimie de synthèse

Le poudrage traditionnel :

- un exercice pénible,
- des poudres de qualité variable,
- trois passages annuels...
- de fortes quantités de produit à épandre : jusqu'à + de 200 kg/ha/an



Oïdium + mildiou : la protection de la vigne se complexifie après 1885

- Impossibilité de combiner poudrage au soufre et bouillies cupriques
- Le temps passé et les coûts explosent !
- Les vignerons sollicitent la recherche...

A partir de 1900 :

- Les premiers sulfures mouillables
- Le permanganate de potassium

Vers 1950 :

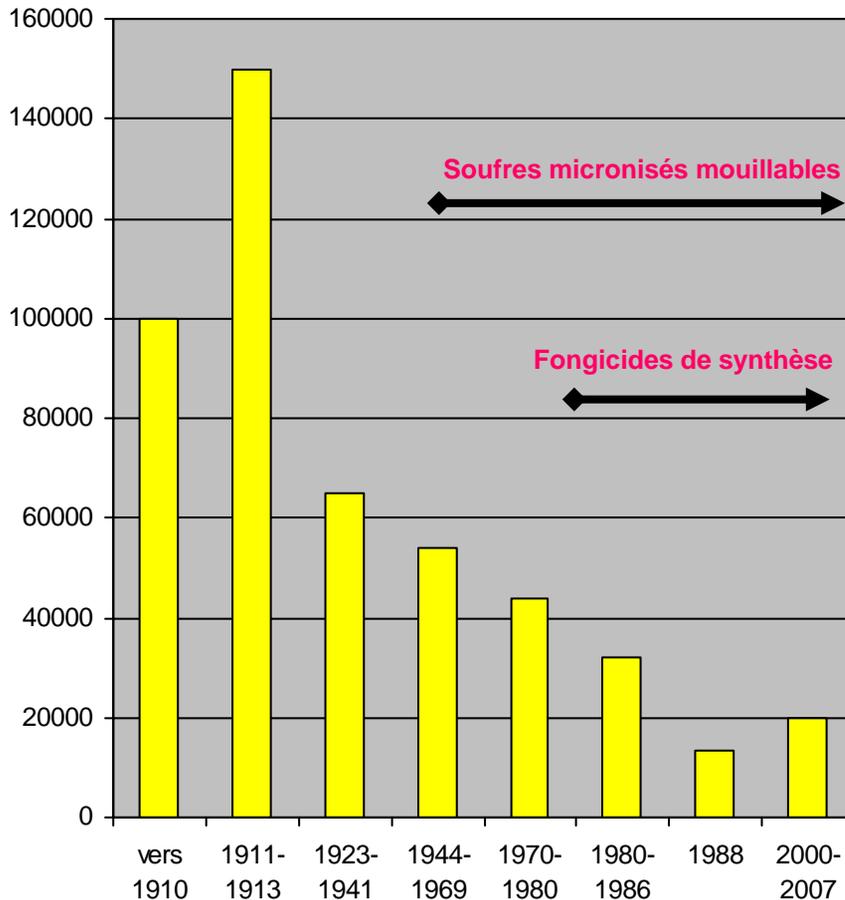
- Le soufre mouillable micronisé

A partir de 1977 :

- Les fongicides de synthèse

L'évolution quantitative du marché du soufre destiné à la protection des cultures

Déterminants de l'évolution



Régression des surfaces viticoles

- 1869 : 2 450 000 ha
- 1900 : 1 609 000 ha
- 1939 : 1 500 000 ha
- 1990 : 900 000 ha

Les soufres mouillables : 8 kg/ha
contre 20 à 40 pour le poudrage !

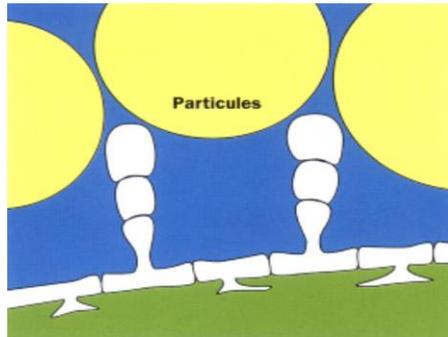
Les fongicides de synthèse après
1977...

Les progrès dans la **conception de
la protection.**

Comment agit le soufre ?

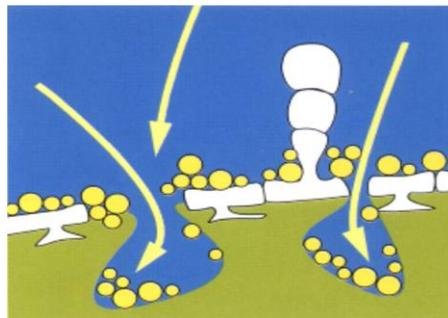
- Un siècle de débats...
- L'efficacité est liée à l'aptitude du soufre à se sublimer à proximité des organes où se trouve l'inoculum infectieux, d'où l'importance de :
 - de la nature du soufre utilisé
 - de la finesse des particules qui le composent
 - des techniques d'application
 - de la formulation
- Le soufre qui se sublime → directement absorbé par les tissus du cryptogame dans lesquels il interfère avec la chaîne respiratoire au niveau des cytochromes → baisse de la production d'ATP → croissance ralentie et mort du champignon.
Cette action simple sur un mécanisme très fondamental limite les possibilités de voir apparaître des résistances.
- Triple action pratique
 - Action préventive (sur les conidies)
 - Action curative (sur les filaments mycéliens et les suçoirs)
 - Action éradiquante (dessèchement des conidiophores et du mycélium).

Effacité et sélectivité dépendent de la taille des particules élémentaires de soufre



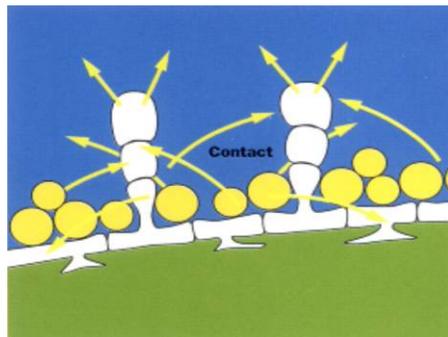
Forte proportion de particules d'un Ø 25 microns et plus

Rétention faible en surface de la cuticule, beaucoup de pertes au sol, efficacité limitée en conditions non optimum, risque de lessivage...



Particules de taille inférieure à 1µ

Mise en action rapide mais risques de phytotoxicité



Particules de taille centrée autour d'un diamètre voisin de 4 microns

Optimum pour les paramètres efficacité, sélectivité et rémanence

Le progrès considérable des formulations

« Fleur de soufre »



S mouillable « classique »



Soufre « WG »



Les sulfures « modernes »

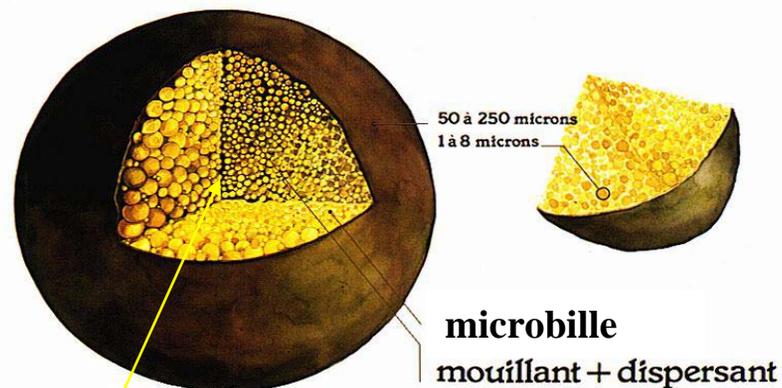
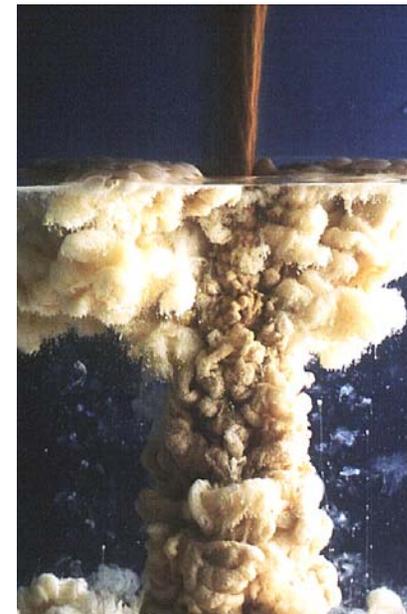
Moins de poussières

Plus simples à doser et à utiliser

Compatibilités facilitées

**Remise en suspension facile
après un arrêt de 4 h**

Moins de bouchage de buses...



Microbilles = 1 à 8

Granulé = 50 à 250 μ

Ensemble des usages autorisés pour les spécialités à base de soufre seul

(France – d'après Index ACTA 2007)

Usages couverts par une AMM Cultures	Parasite	Soufre micronisé pour pulvérisation	Soufre pour poudrage
Betterave	Oïdium	6000 à 8000 g/ha	19500 g/ha
Blé	Oïdium	8000 g/ha	
Vigne	Acariose, érinose	7890 à 20625 g/ha	19500 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	

Polyvalence des traitements au soufre : l'exemple de la vigne

Stades d'application
précoces

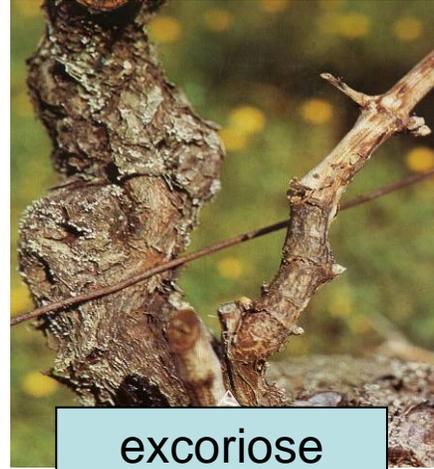


Stades B-C

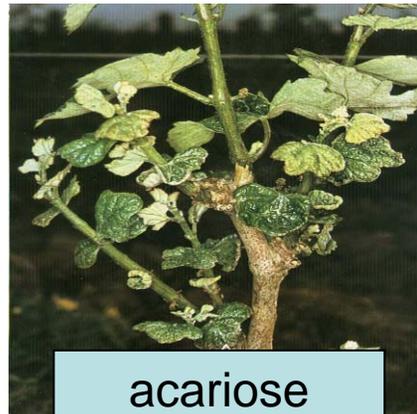


Stades D-E

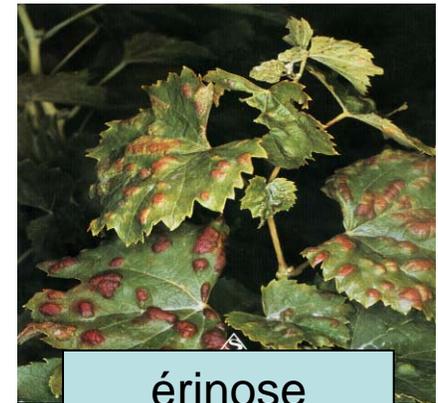
Parasite et ravageurs visés (en sus de l'oïdium)



excoriose



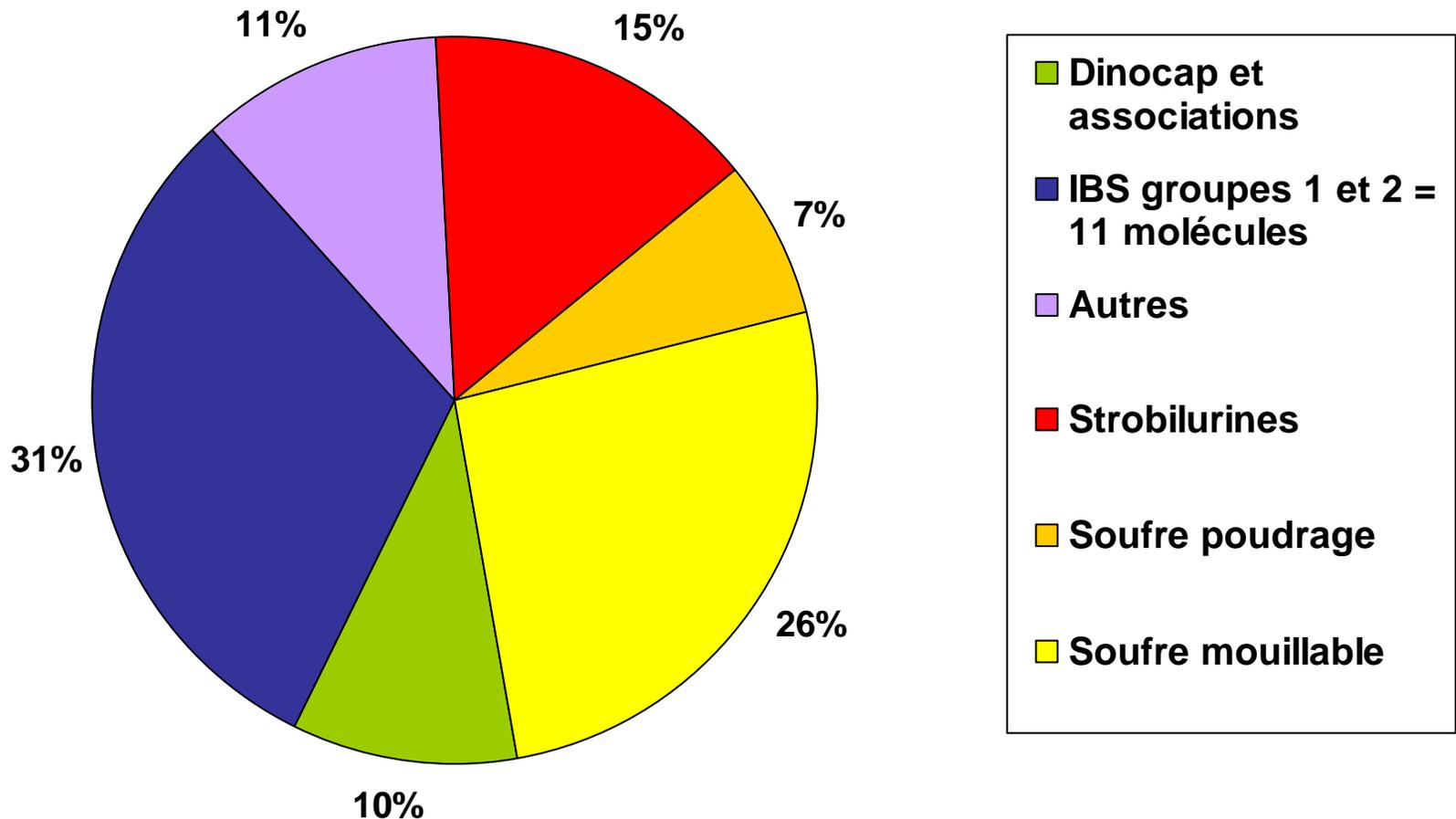
acariose



érinose

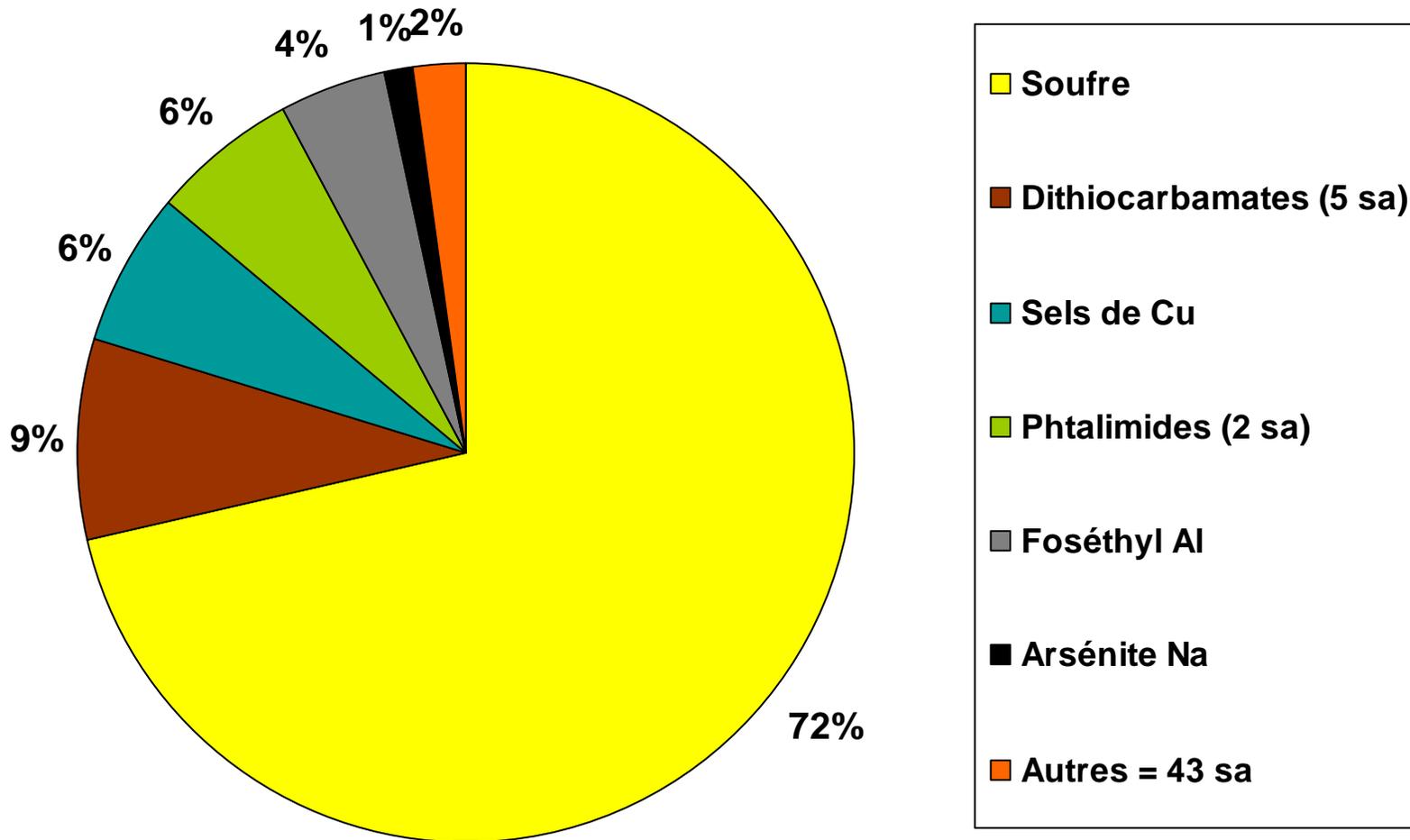
Les différents types de fongicides anti-oïdiums dans la viticulture française

Pourcentage estimé des surfaces protégées par catégorie en 2006



L'ensemble des fongicides utilisés en viticulture

Tonnage cumulé des substances actives (sa) pour 6 campagnes d'observation (1984, 87, 90, 94, 98, 2002). Proportion relative des quantités utilisées par catégorie de fongicides



Soufre et protection des cultures

Perspectives d'avenir

1. Point essentiel : **pas de résistance des cryptogames parasites au soufre**
= intérêt majeur pour la création de stratégies de protection durables et performantes :
 - Contribution à l'alternance des substances actives,
 - Sécurisation des programmes en substituant le soufre par des fongicides de synthèse modernes sur ses points faibles : temps très frais, risque d'agressivité, sensibilité des parasites...
 - Protection de ces mêmes molécules modernes très performantes en évitant leur usage exclusif.
 2. **Ce fongicide minéral n'est pas au bout de son évolution** → nouvelles formulations = sélectivité, comportement en suspension et en mélange, confort croissant d'utilisation
 3. Avenir conditionné par la **révision européenne des substances actives** découlant de la directive 91/414 CEE.
 - 4ème liste de révision : examen courant 2008
 - plusieurs industriels importants soutiennent le dossier.
- **Menace** : les approches visant à réduire l'emploi des produits de protection sur une base purement quantitative.