

Les applications de la fumigation aux sols et aux denrées

Jacques AUGER, Professeur Emérite



Journée technique CFF
26 avril 2018

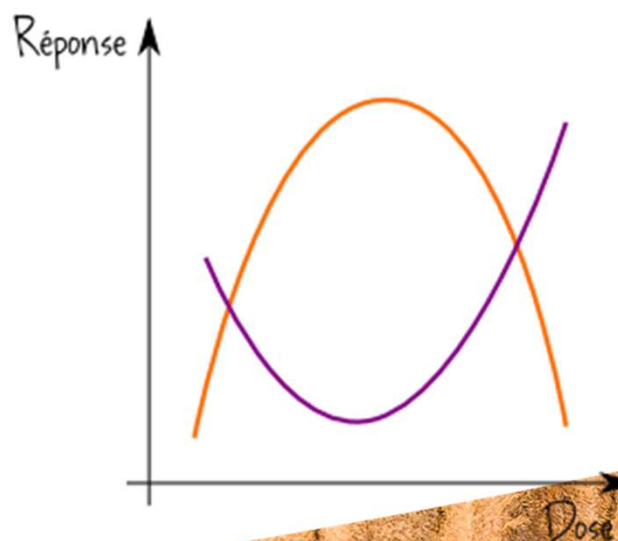
1. Caractéristiques particulières

- Terme de fumigation : gaz invisibles et non fumées (solides opaques), effet rapide et fugace
- Agitation moléculaire $f(T)$ induisant diffusion et homogénéisation (sauf si d/air)
- Interactions g/s et g/l cinétiques jusqu'à saturation : efficacité dépend de la dispersion et de la pénétration. Fixation réversible ou non : adsorption/désorption, absorption (réaction chimique). Solubilisation aqueuse, dégazage
- Effet lié au Ct , seuil, $f(C)$ monotone....PE

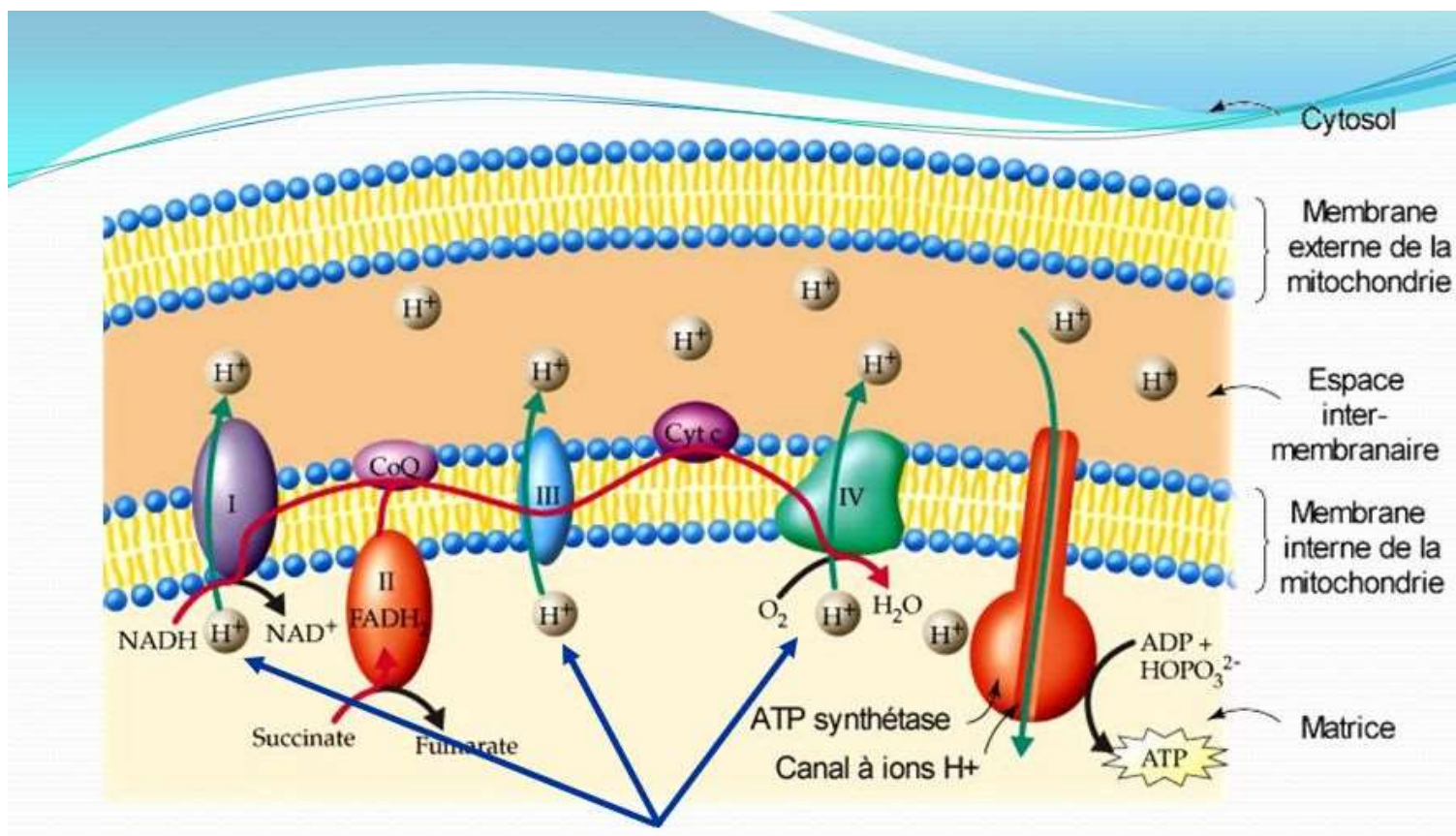
Courbes monotones



Courbes non-monotones



- Action biocide générale : micro-organismes, nématodes, arthropodes, mammifères. Toxiques de l'oxygénation, mécanismes liés à la respiration
- Cytochrome-oxydase, radicaux libres, catalase

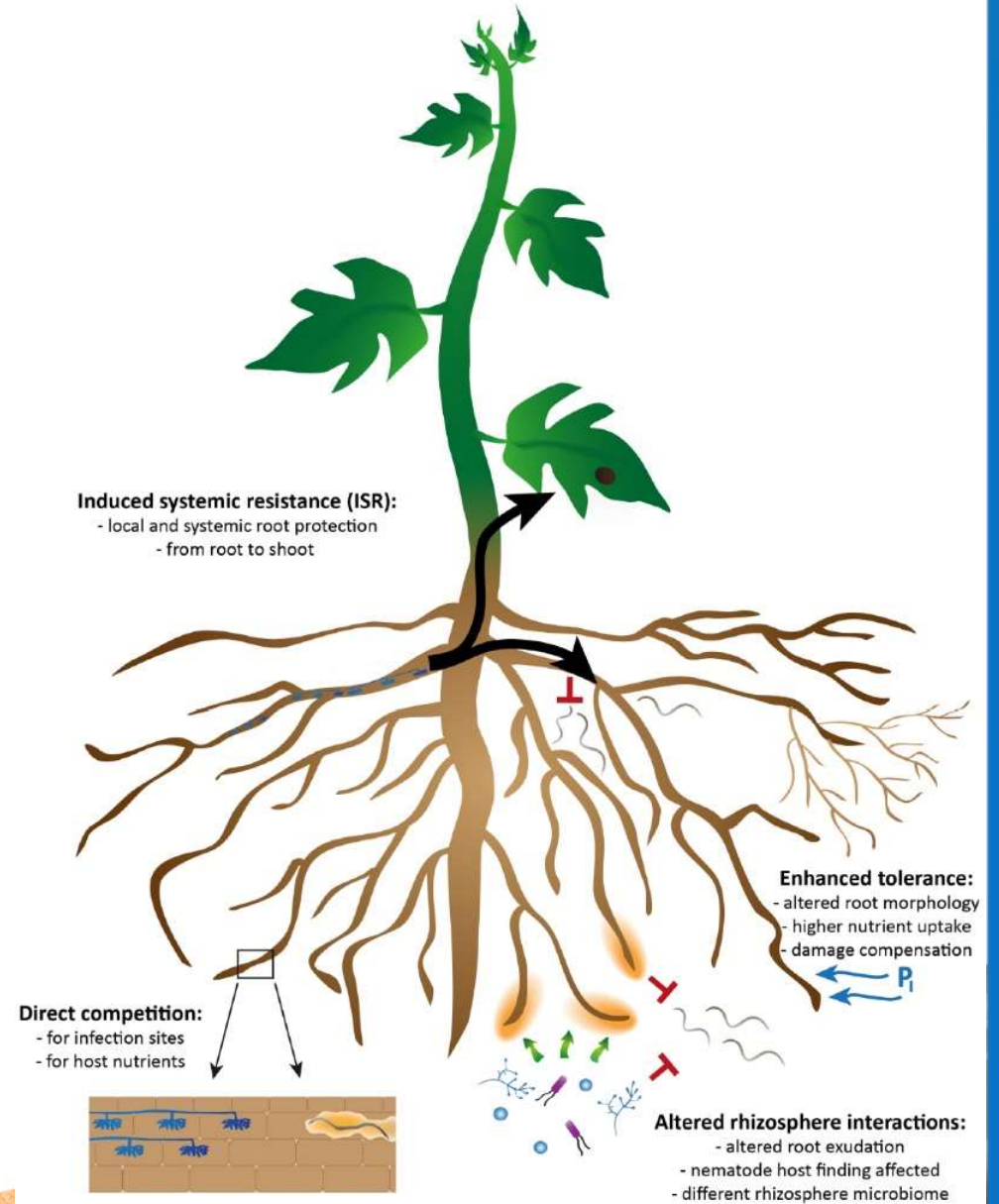


2. Différenciation sols/denrées

- Biocide à part : milieu urbain, locaux (termites, santé), objets patrimoniaux
- Denrées stockées : enceintes de stockage, transport
- Données connues et uniformes : volume d'air, nature substrat, taille particulière
- Risques : Inflammation, explosion, gaz générés
- Nécessité faire circuler l'air



- Sols: mélange varié beaucoup plus compliqué, matrice de solides organiques et minéraux en présence de solutions aqueuses complexes dans un air impur
- Monde vivant à préserver très complexe et peu connu en lien avec rhizosphère :
- Fonctionne par communication chimique
- Populations variant très rapidement



3. Divers fumigants

- Souvent anciens, en nombre limité...rien à espérer
- Application dans eau d'irrigation, par coutres injecteurs
- Non spécifiques mais usages différenciés
- Restriction des autorisations
- Revue :
 - 3.1 anciens,
 - 3.2 originaux,
 - 3.3 nombreux halogénés,
 - 3.4 les naturels



3.1 anciens

3.1.1 SO₂ antiquité

- H₂SO₃ combustion de S
- Cl₉₀=1.5mg/l polluant/naturel
- Sulfites vin
- 30g(S)/m³ (rat)



3.1.2 CS₂ 1854 Phylloxera

E_b=46°C d=2,6

➤ Cl₉₀=15mg/l naturel

explosif : +CO₂, +CCl₄,

+gélatine : point éclair

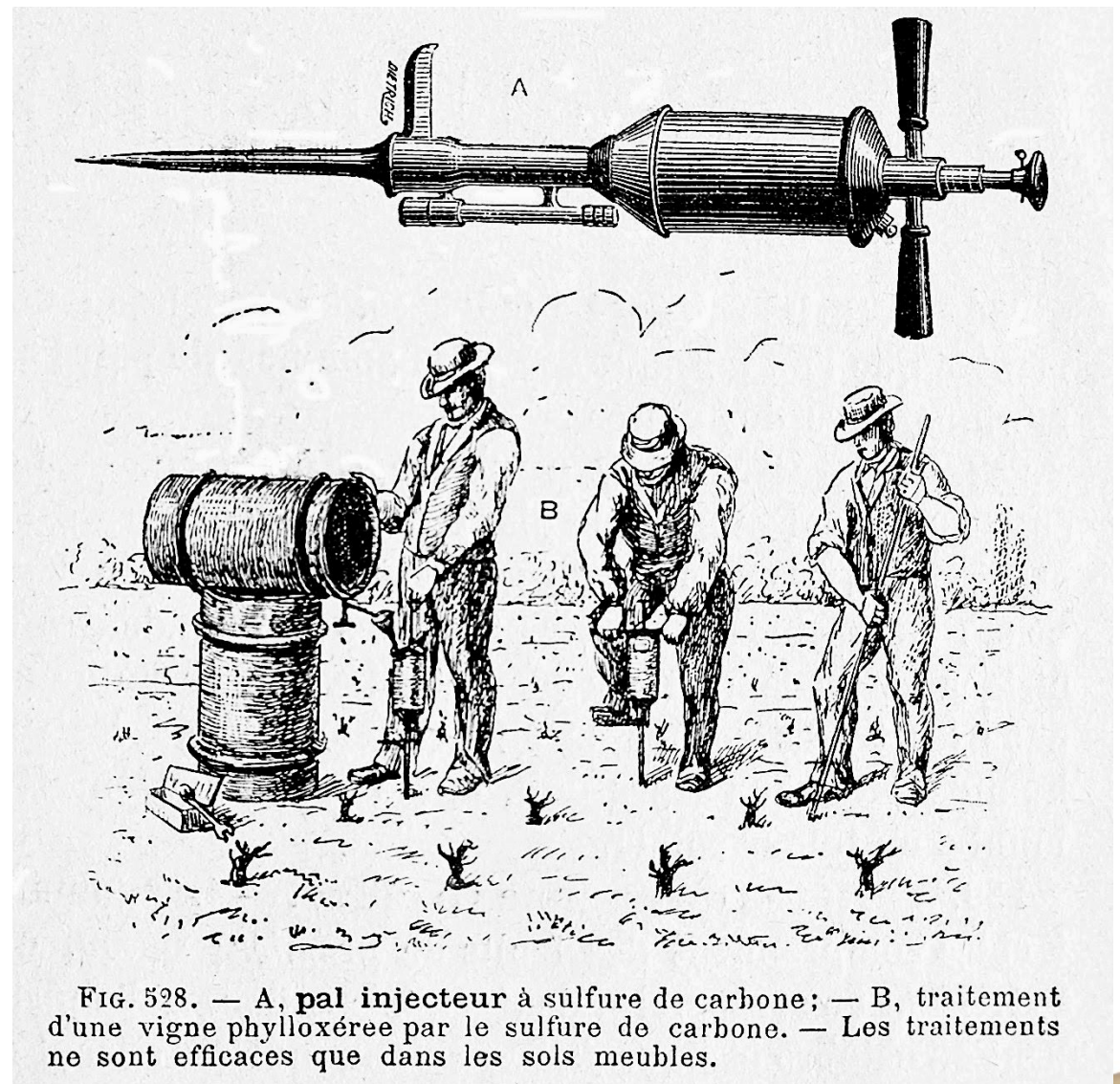
➤ Tetrathiocarbonate

➤ Inhibe catalase

➤ Attaque Cu, Fe

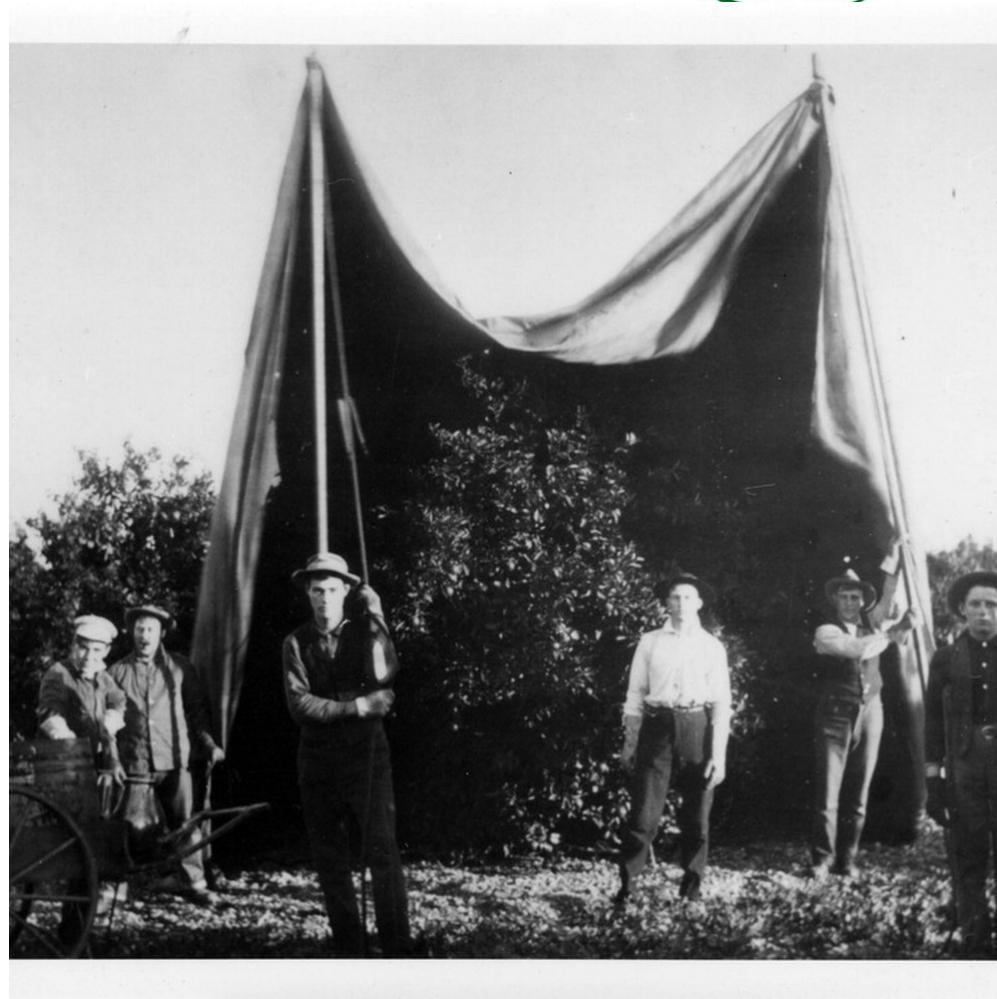
➤ Sorption moyenne

➤ Excellente diffusion/air, moyenne/grains



3.1.3 HCN Zyklon B

- Très hydrosoluble 1886
- $d=0,9$
- 10g/m³ (rat)
- Inhibe cytochrome-c oxydase et catalase absorption (cyanhydrines)
- Avions
- Biofumigation : manioc, amande, sorgho
- $\text{Ca}(\text{CN})_2$, ClCN (1915), CN-CN (EDN), $\text{CH}_2\text{CH-CN}$ (1942):
- $E_b=77^\circ\text{C}$, $d=1,9$



3.2 les originaux

3.2.1 PH₃ 1933

- d=1,1
- Eb=-90°C peu absorbé et adsorbé, oxyde le Cu, Or Ag
- Excellente diffusion/air, bonne/matériaux, grains
- Inflammable : généré in situ, $\text{AlP} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PH}_3 + \text{Al}(\text{OH})_3$ ou $\text{Mg}_3\text{P}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{PH}_3 + 3\text{Mg}(\text{OH})_2$
- +paraffine...ou membrane HP
- Inhibe cyt-c oxydase(Cu) et catalase



3.2.2 NO₂-CCl₃ 1918 lacrymo(14-18)

- d=1,7
- Eb=112°C
- Ininflammable (phosgène)
- Nématicide 1-20g/m³
- + dichloronitroéthane



3.2.3 SO₂F₂ non-organique

- 1961 termites 2004
- Eb=-55°C ininflammable, non explosif, inodore, hydrosoluble, pénétrant
- Excellente diffusion/air

3.2.4 divers originaux :

- Oxyde d'éthylène (1928) :10-100g/m³
- COS « naturel »
- COCl₂ (phosgène)
- NCl₃ (agène ,explosif) :NH₄Cl+3Cl₂, Eb=71°C
- Glycerol.....



3.3 Halogénés : Cl, Br, I, F

3.3.1 CH₃Br/CH₃I ininflammables

1932 / 1908

➤ Bromure, vie 1,5-2ans,... iodure 2-8j(4 x-volat),algues, cher, attaqueCu,Fe

➤ Excellente diffusion/air, moyenne/s,,grains

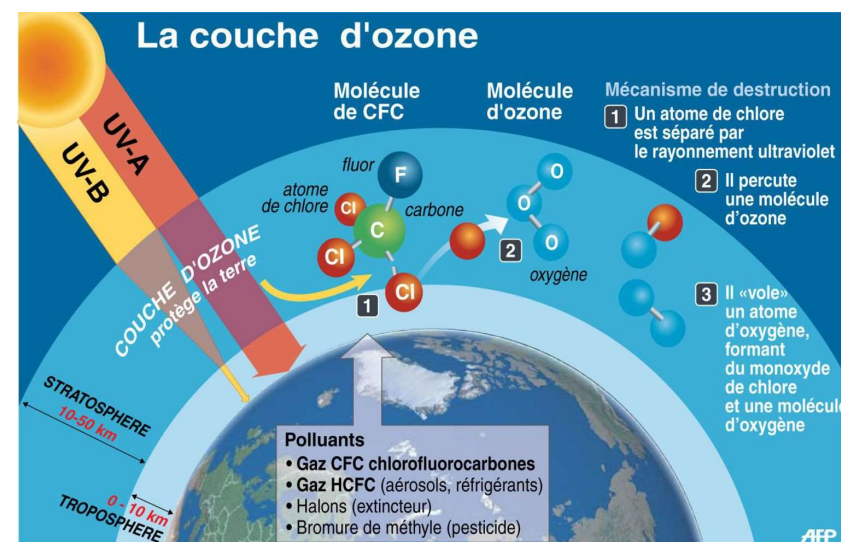
➤ Sorption moyenne

➤ d=3,3 Eb=3,5°C

Eb=42°C

➤ inodore, mélange acétate d'amyle(iso-)3°/00 ou Pic

➤ les2 + Pic 67 :33

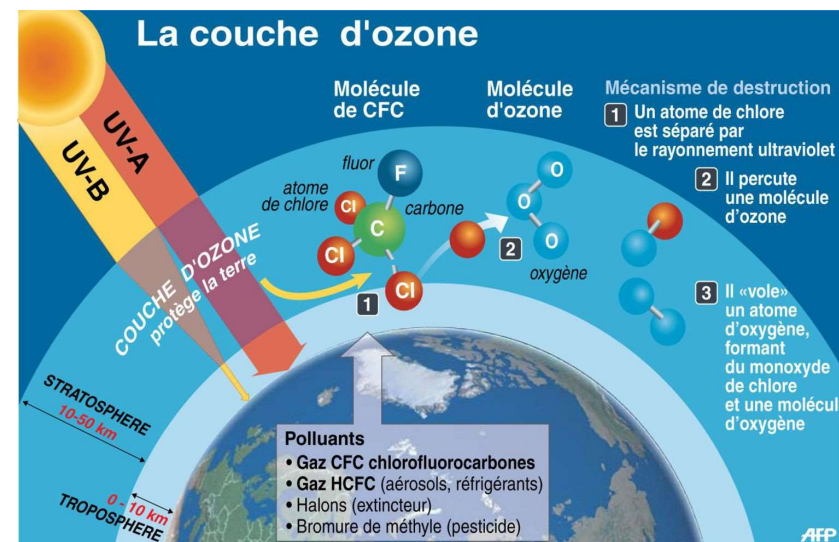


3.3.2 CCl_4 $d=1,6$ $E_b=76^\circ\text{C}$, (CHCl_3 , CH_2Cl_2 , $\text{C}_2\ldots\text{C}_3\ldots$, sat.) 1920 (poux)

➤ EDB (S) 1988, $E_b=131^\circ\text{C}$: classé groupe 2A (cancerogène probable) comme Captafol F 1996, As gr1 (certain), procès/1,3 DBCP (20 ans/nappes)

3.3.3 $\text{C}_3\text{H}_4\text{Cl}_2$, (insat.) 1943 $d=3,7$

➤ 2008 en F (01/2011 CEE) ?



3.4 Les naturels

3.4.1 CH₃NCS (autres ITC) 1920

- d=2,6 AllTC supérieur à Pic ou CS₂
- pur ou généré insitu: Metam-Na, Dazomet (Basamid) + formol
- 1 appli/3 ans 2021-22
- Biofumigation : Brassicacées, Capparidacées

3.4.2 HCO₂-CH₃ (Et,i-Pr)

- Inhibe cyt-c-oxydase 1927
- 3g/m³ +CCl₄, +Pic, +MeBr
- 17 %formiate d'Et :83%CO₂



3.4.3 C₂H₆S₂ (DMDS)

➤ Biofumigation Alliacées, Brassicacées



Paladin + Chloropicrin (79:21)
60 GPA, Shank Application, Tomatoes
EUP Immokalee, FL 2009



3.4.4 mélanges :

- MITC+DMDS, Pic+DMDS,
MITC+halogénés, MITC+1,3D+Pic

3.4.5 autres naturels :

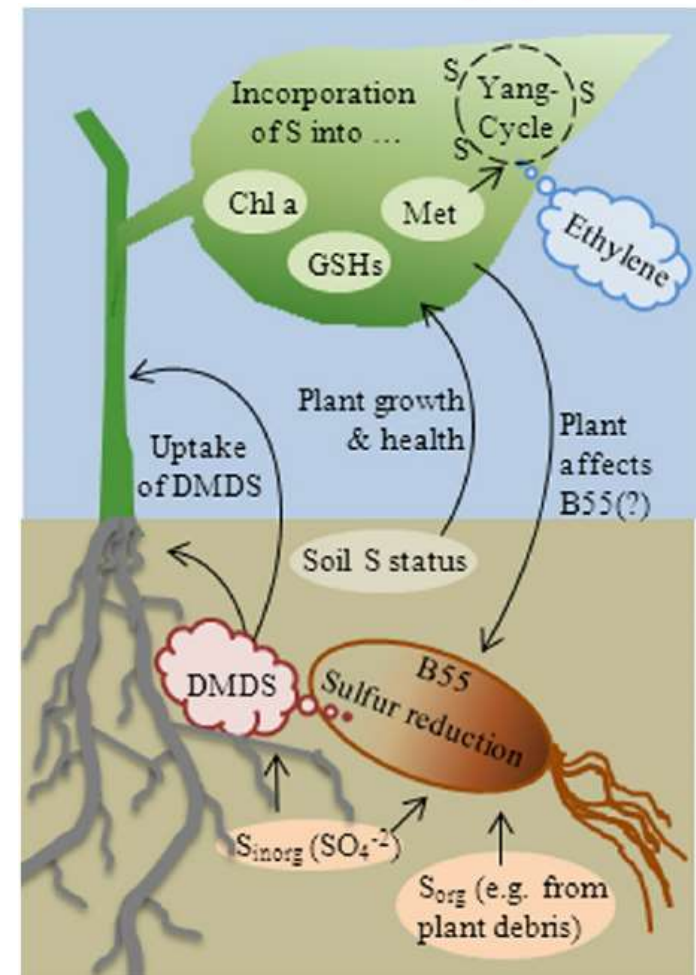
- Nicotine : alcaloïde volatil 1928
- Camphre :
- croix de Verdun (collier de Phylloxera)
- Huiles essentielles :
- Terpénoïdes : cineole
- Phénylpropanoïdes : eugénol



Journée technique CFF
26 avril 2018

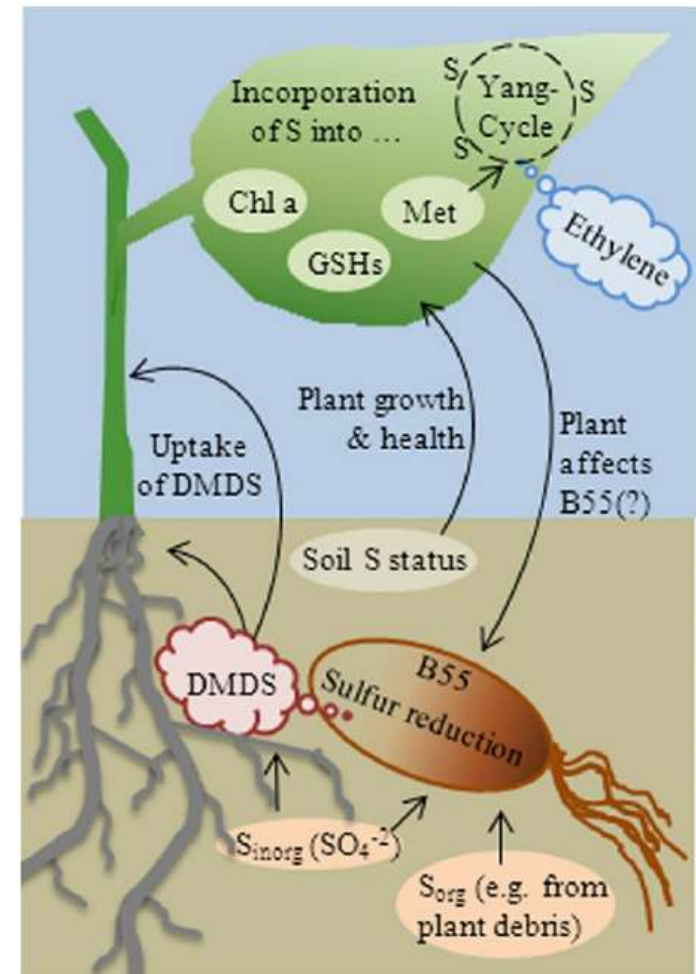
4. Le chimique est-il durable ?

- Economiquement, écologiquement, socialement
- Santé des opérateurs /consommateurs : air, eau, aliments, biodiversité
- Rhizosphère : symbiose mycorhizienne (arbusculaire)-champignons et nodosités racinaires des légumineuses-bactéries.
- Sols supprimeurs ou résistants : associations champignons-bactéries
- Signaux moléculaires :phytohormones et volatiles), « quorum sensing »



4. Le chimique est-il durable ?

- Action négative sur la vie des sols : effet « boomerang », vide biologique ou moindre compétition des antagonistes
- Désinfection plus douce, anaérobie (ASD) vise l'anoxie : déchets-composts sous film, fumigation gaz (S org. Réduits)
- Désinfection biologique (BSD) par antagonistes : Trichogrammes/autres, bactéries associées
- Effet positif /plante
- Mécanismes encore parfois gazeux !



CONCLUSIONS

Avenir de la fumigation

- Conclusions du programme « Alterbromide »
- Approche intégrée en combinaison avec méthodes alternatives non chimiques
- Ultime recours
 - ❑ Denrées stockées « management intégré des populations »
 - Mesures préventives: surveillance, sondes acoustiques, seuils
 - Traitements physiques curatifs privilégiés
 - ❑ Sols
 - Rotation, engrais verts
 - Solarisation combinée avec vapeur ou biofumigation à base d'amendement organiques
 - Greffage
 - Réduction des doses, mélanges, Films barrières