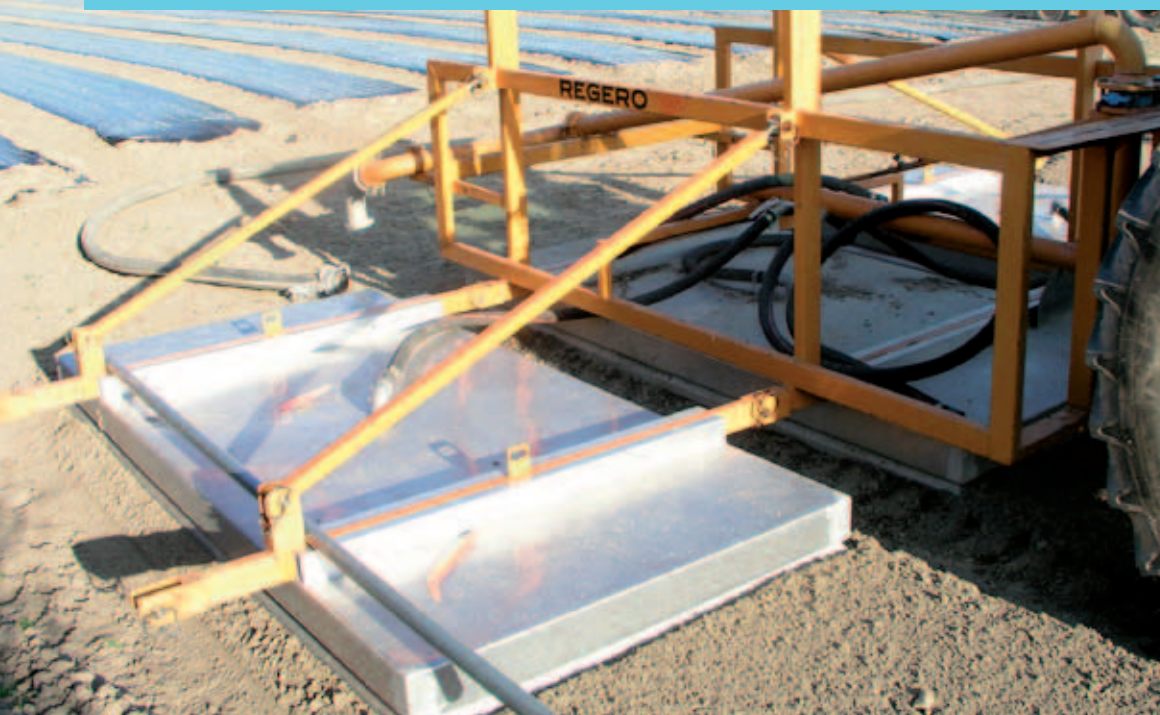


le Point

SUR les méthodes alternatives

La désinfection vapeur



Moyens physiques

Ctifl



N° 6
juin 2010

PLI - La production légumière intégrée®

Objectif visé

L'objectif de la désinfection des sols à la vapeur est une protection des cultures avant mises en place contre les bioagresseurs telluriques (champignons, nématodes, bactéries, virus...) et les adventices.

Description sommaire

La possibilité de désinfecter les sols à la vapeur a été découverte en 1888 par Frank en Allemagne. Cette technique s'est développée en France à partir des années 1950. Le principe consiste à injecter dans le sol de la vapeur d'eau à 180 °C qui va élever la température du sol de façon homogène jusqu'à 85 – 90 °C. La plupart des organismes pathogènes sont détruits à de telles températures.

Traditionnellement la désinfection à la vapeur était réalisée avec un système de "cloches" ou de bâches, nécessitant de les déplacer régulièrement. Depuis une dizaine d'années, différents modèles automoteurs ont été mis au point.



Système "cloche"



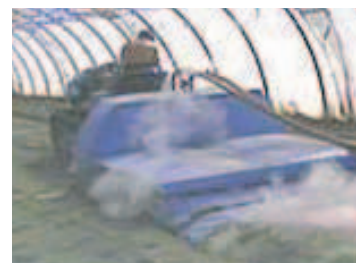
Système automoteur Regero

Il est difficile de faire varier la température, aussi faut-il adapter la durée d'application en fonction :

- de l'objectif, par exemple champignon superficiel (*Rhizoctonia solani*) ou champignon profond (*Verticillium dahliae*)
- des conditions de sol : texture, structure, humidité, température initiale...
- du matériel utilisé : surface d'application, puissance, pression...

Outre la désinfection des sols, le procédé permet également la désinfection des terreaux et des substrats.

Un nouveau procédé de désinfection des sols par air chaud humidifié "Verdivap Airstream®" a été récemment mis au point par la société Verdivap. Le principe du procédé est simple. Il s'agit de comprimer de l'air, de façon à en augmenter la température, puis d'y injecter de l'eau qui se vaporise. Ensuite, on réalise la transformation adéquate pour obtenir un air chaud humidifié à une pression et une température souhaitée.



Système Verdivap

De même, des firmes ont travaillé les possibilités d'ajout de potasse, calcium, zéolites... pour augmenter et prolonger la température du sol ou du substrat (système "bioflash").

Limites d'emploi/Contraintes

Le procédé est très gourmand en énergie et coûteux dans sa mise en œuvre.

Pour certains agents pathogènes comme les *Fusarium spp.* ou les *Verticillium spp.* pouvant coloniser le sol en profondeur, il est nécessaire de désinfecter au delà de 30 cm. Ceci peut être difficile dans les sols limoneux ou argileux où la progression de la vapeur sera plus difficile dans le cas d'utilisation d'une technique avec cloche. Cela est plus aisé avec les coutres injecteurs.

Avantages/Inconvénients

■ Avantages

Ce procédé n'introduit aucun facteur nocif persistant dans le sol. Il permet un désherbage et une désinfection simultanée et ne requiert que peu d'exigences de température et d'humidité du sol. Néanmoins, il faut éviter les sols trop froids pour une désinfection en profondeur car il y a risque de création d'un front froid provoquant une condensation, d'où une réduction de la profondeur désinfectée.

Les délais de remise après désinfection en culture sont très rapides. Néanmoins dans le cas des désinfections profondes, il est conseillé d'effectuer un test cresson avant une nouvelle mise en culture pour vérifier l'absence de phytotoxicité due à des excès d'ions.

■ Inconvénients

La désinfection vapeur est très gourmande en combustible et très coûteuse dans sa mise en œuvre, qui est longue et fastidieuse.

La combustion des carburants occasionne une pollution atmosphérique (CO₂ et CO₂ + soufre pour fioul). Ce procédé est peu sélectif. Selon les températures atteintes, la vapeur va détruire une grande partie de la faune et de la flore utile du sol. À la suite du vide biologique causé par la désinfection, les producteurs peuvent se trouver confrontés à une recolonisation rapide par des bioagresseurs.

De même, ce procédé peut modifier les caractéristiques physico-chimiques du sol, et le processus de nitrification pendant une durée allant jusqu'à 2 mois.

Il induit, par destruction d'une partie des bactéries nitrifiantes, une élévation du niveau d'azote ammoniacal du sol qui peut conduire à des phytotoxicités.

Une forte modification du pH est susceptible d'entraîner des phytotoxicités liées à des excès de manganèse assimilable (sols acides ou riches en matière organique), ou de cuivre.

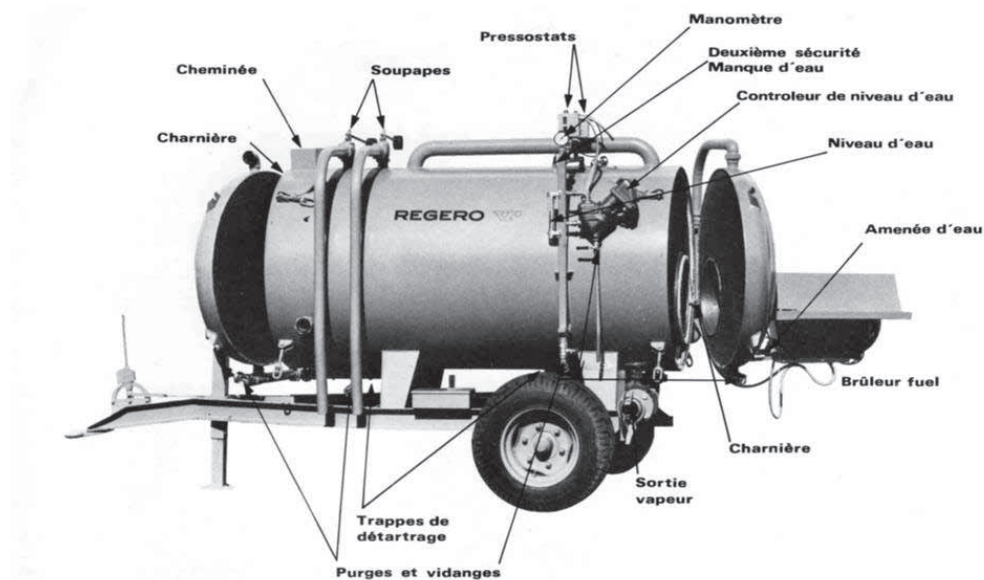
Durant l'opération de désinfection, la vapeur est convertie en eau (environ 50 l/m² pour une profondeur de 25 cm à 90 °C), ce qui peut provoquer des pertes par lessivage d'éléments nutritifs (sulfates et phosphates).



← Blocage de la croissance de laitues après une désinfection vapeur de 60 min

← Hétérogénéité de la croissance de laitues après une désinfection vapeur de 45 min

Description détaillée et mise en œuvre



Vue d'un générateur de Vapeur (photo Regero)

■ Production de la vapeur

La vapeur surchauffée est obtenue par un générateur dans lequel l'eau est vaporisée par chauffage à l'aide d'un brûleur. Elle est en sortie de chaudière à une température de 170 – 180 °C et à 1 kg/cm² de pression. Cette pression est la limite maximale de la basse pression qui permet d'éviter les servitudes de la haute pression.

On trouve sur le marché des chaudières haute, moyenne et basse pression. La vapeur surchauffée (160 – 185 °C) basse pression peut être canalisée à des distances importantes, c'est pourquoi les générateurs de vapeur basse pression sont de plus en plus utilisés.

Le générateur fonctionne au fuel-oil/gas-oil en standard, mais peut recevoir un brûleur fonctionnant au gaz. Il nécessite une alimentation électrique.

La capacité des générateurs se mesure en quantité de vapeur fabriquée par heure. Des systèmes de préchauffe de l'eau facilitent l'isolation du générateur et évitent d'introduire de l'eau froide directement dans le corps de chauffe. Afin d'éviter les dépôts de tartre, l'eau utilisée doit être peu chargée en éléments minéraux et elle doit avoir un pH élevé (> 8, idéal 10) pour limiter la corrosion des métaux.

Plus un sol sera humide et froid, plus la quantité de chaleur à produire sera importante. Pour désinfecter, la période estivale convient donc le mieux.

Exemple

Pour un sol à 20 % d'humidité, de température initiale de 10 °C, d'une densité apparente de 1,4 et une température de désinfection de 80 °C, les besoins en chaleur sont de 50 000 kcal/m³. À ces besoins on ajoute 6300 kcal pour réchauffer la vapeur condensée. 1 kg de vapeur se transformant en eau à 80 °C libère 560 kcal (chaleur latente de vaporisation de l'eau), la quantité de vapeur devient 56 000/560 = 100 kg/m³ de sol. En pratique, les quantités de vapeur utilisées sont assez variables en fonction des sols et des conditions. Elles varient de 50 à 150 kg de vapeur par m³ de sol.

On trouve sur le marché des générateurs produisant de 60 à 1 400 kg de vapeur/heure.

Description détaillée et mise en œuvre

■ Distribution de la vapeur

À la sortie du générateur, la vapeur est transportée sur le lieu à désinfecter par des tuyaux calorifugés. En serre, elle peut être distribuée dans le sol par les tuyaux de drainage à condition qu'ils aient été conçus pour cela au départ, par des tuyaux perforés placés au fond des tranchées... Ces différents systèmes n'offrent pas toujours une bonne répartition de la vapeur. Aussi leur préfère-t-on la désinfection à partir de la surface. On utilise pour cela des bâches pour une désinfection profonde (15 à 50 cm). La bâche plastique est placée sur le sol et ses bords sont maintenus par des petits sacs de sable. On introduit la vapeur pendant plusieurs heures jusqu'à l'obtention de la température désirée à la profondeur souhaitée.



Désinfection par bâche sous tunnel
(Photo Chappaz)



Désinfection par bâche sous serre
(Photo Regero)

• Exemple d'un générateur dont la puissance est de 1 400 kg de vapeur/heure

Avec cette machine équipée d'une surface de bâche de 300 m² il faudra pour désinfecter ces 300 m² à une température de 90 °C un temps de 4 h 40 min pour une profondeur de 30 cm, 6 heures pour 40 cm, 7 h 30 min pour 50 cm et 9 heures pour 60 cm.

Pour des profondeurs moindres, les cloches ou coffres sont utilisés. Ce sont des plaques métalliques en aluminium et acier galvanisé de 3 à 4 m de long et de 1,30 à 1,4 m de large qui entrent en partie dans le sol. Les largeurs traitées peuvent varier de 2,50 m à 10 m pour les serres et abris et jusqu'à 25 m pour le plein champ. La surface des cloches est fonction de la puissance du générateur. Une charge de 50 kg de vapeur par heure au m² est optimale. Des automates complets sont proposés à la vente.

Les temps moyens d'application vont varier en fonction de la profondeur désinfectée.

Pour une désinfection de surface (10 cm) avec des cloches ou coffres, il est de 5 à 10 minutes pour une consommation moyenne en gas-oil de 0,5 à 1 l/m².

Une désinfection profonde avec des bâches nécessite un temps moyen de 3 heures pour une consommation de 2 l/m². La surface horaire désinfectée avec des cloches à 12 cm de profondeur varie selon la puissance des générateurs de 15 à 350 m² par heure.



Relevage des coffres sur tracteur (Photo Regero)

■ Efficacité

La température de destruction des organismes vivant dans le sol est variable. Elle est estimée à 50 - 60 °C pour les nématodes, *Botrytis* ou *Rhizoctonia*, à 60 - 70 °C pour *Sclerotinia*, à 70 - 80 °C pour les graines d'adventices et de nombreux champignons, à 90 °C pour certains virus et à plus de 100 °C pour les bactéries ammonisantes et certains virus.

D'une manière générale, la température et la durée du traitement dépendent des bioagresseurs ciblés. Dans le cas des nématodes, une désinfection profonde s'impose. S'il s'agit de lutter contre les champignons responsables des fontes de semis, un traitement de surface pourra convenir.

Avant de réaliser une désinfection à la vapeur, on préparera son sol afin d'obtenir une structure fine et meuble sur un sol débarrassé des tiges et racines. Le sol ne devra pas être trop humide (chaleur latente).



Éléments de coût 2009

Ils intègrent l'amortissement et l'entretien du matériel, la consommation de combustible, d'électricité et d'eau ainsi que les temps de travaux.

- Coûts indicatifs à l'ha et par an pour une profondeur de désinfection de 10 cm
 - Amortissement du matériel sur 7 ans (7 ha/an) : 490 €
 - Entretien du matériel : 100 €
 - Temps de travaux à l'ha : 1 200 €
- Consommation/ha
 - Eau : 80 €
 - combustible (gas-oil + électricité) : 2 201 €
 - Total par ha : 4 121 €
 - Total par m² : 0,41 €

Pour en savoir plus

Christian Icard

■ Ctifl/Serail (Station d'Expérimentations Rhône-Alpes et d'Information Légumes)

123 Chemin du Finday
69850 Brindas
Tél. +33 (0)4 66 04 78 87
Fax. +33 (0)4 66 01 97 59

François Villeneuve

■ Centre Ctifl

41 Route des Nébouts
24130 Prigonrieux
Tél : +33 (0)5 53 58 00 05
Fax : +33 (0)5 53 58 17 42

Christian Porteneuve

■ Ctifl/SECL (Station d'Expérimentations en Cultures Légumières)

«Le Glazic» Pleumeur Gautier
22740 Lezardrieux
Tél : +33 (0)2 96 22 19 40
Fax : +33 (0)2 96 22 17 17

Actuellement en France, 3 constructeurs fournissent une large gamme de matériels adaptés à la désinfection à la vapeur en plein champ et sous abris.

- SIMOX, 25 rue de la Forêt, 74130 Contamine sur Arve, 04 50 03 90 70
- C.M. SA (ex REGERO), 31 route de la Loire, 44450 La Chapelle Basse Mer, 02 40 03 66 60 et 02 40 49 38 20
- Ateliers Charles CHAPPAZ : Avenue Ternier, 74160 Saint Julien en Genevois, Fax : 04 50 49 38 45

Le procédé Verdivap Airstream a été développé par la société Verdivap : www.verdivap.com

J. Le Bohec et M. Giraud : Désinfecter les sols autrement. 1999. Ctifl éditions.

J.F. Lizot, C. Mazollier. 2000. Le désherbage par la solarisation ou la vapeur. Fruits et Légumes n°186.

B. Picard. 2006. Désherbage et désinfection du sol. Matériel utilisant la vapeur. PHM n°480.

À découvrir ou à redécouvrir... La désinfection vapeur. Le Maraîcher de France, Novembre 1996.

La désinfection du sol par la vapeur, G.I.E Fleurs et Plantes du Sud-Ouest, Bulletin de Liaison n°3, Automne 2002.

Vapeur : influence du traitement sur certaines propriétés biologiques et chimiques d'un sol. Compte-rendus d'expérimentation Serail 2003.

D. Roux-Michollet, Y. Dudal, L. Jocteur-Monrozier et S. Czarnes. 2010. Steam treatment of surface soil : how does it affect water-soluble organic matter, C. mineralization, and bacterial community composition? Biology and fertility of soils.

■ Point Sur les méthodes alternatives en ligne sur www.fruits-et-legumes.net

Le Ctifl est présent sur Internet

e-mail : « votre contact au Ctifl »@ctifl.fr

Serveur : <http://www.ctifl.fr>