



## Techniques envisagées pour l'épuration des effluents issus de traitements phytosanitaires

Jean-Luc DEMARS : ITV EPERNAY - Tél : 03 26 51 50 90

Joël ROCHARD : ITV EPERNAY - Tél : 03 26 51 50 90

CD Rom 2003 "Etablissement de fiches descriptives par procédé", réalisé et corédigé par les groupes régionaux ITV France. *Pour se le procurer : tél : 04 99 23 33 02 - fax : 04 99 23 33 09.*

Des actions sont également menées par les groupes régionaux phytosanitaires sur la thématique de la gestion des effluents de pulvérisation, P.Reulet et C. Meoule.

### Partie 1 ETAT DES LIEUX DES PROCESS

Après le traitement des parcelles avec des produits de protection des plantes, les pulvérisateurs contiennent des reliquats de bouillie. Ces derniers sont dus au volume mort de la cuve du pulvérisateur, à la bouillie contenue dans le circuit de pulvérisation et parfois à des surplus préparés par le viticulteur. Le nettoyage des pulvérisateurs génère alors des effluents phytosanitaires pouvant être à l'origine de pollutions ponctuelles.

Dans le cadre des démarches d'agriculture raisonnée, il est préconisé de rincer la cuve à la parcelle (gestion au champ des reliquats), de nettoyer les pulvérisateurs sur une aire de lavage permettant de récupérer les effluents, puis de les traiter.

À l'instar des effluents vinicoles, où des procédés de traitement sont mis en œuvre dans la plupart des caves, des réflexions sont en cours sur l'épuration des effluents phytosanitaires.

Au niveau réglementaire, aucun moyen n'est actuellement validé pour respecter l'objectif de ne pas polluer. Au niveau pratique, de nombreux procédés de traitement des effluents sont proposés aux viticulteurs mais leur pertinence et leur faisabilité en milieu agricole n'est pas encore démontrée. C'est pourquoi les Ministères chargés de l'Agriculture et de l'Environnement ont mis en place un réseau national d'expérimentations sur les systèmes de traitement des effluents phytosanitaires afin de parvenir à une validation de ces procédés et de les proposer aux professionnels.

Au moment où une réglementation sur la gestion des reliquats de pulvérisation est en cours de réflexion, il est important d'acquérir des références sur les systèmes de traitement et de pouvoir comparer leurs performances techniques, économiques et pratiques. Dans ce cadre, une démarche de coordination des groupes régionaux est menée (P. REULET et C. MEOULE) afin de proposer un processus de validation des procédés.

### Préalables à l'épuration des effluents

#### ▪ Définitions des termes

Pour évoquer la gestion des reliquats, il est nécessaire de définir plusieurs termes utilisés dans la suite de cet article :

- Effluents phytosanitaires = effluents issus des traitements phytosanitaires = effluents de pulvérisation (définition issue du projet n°10 d'arrêté relatif à l'épandage des effluents issus des traitements phytosanitaires) : « *les fonds de cuve, fonds de cuve*

*dilués, eaux de nettoyage du matériel de pulvérisation (rinçage intérieur et lavage extérieur), ainsi que les effluents liquides ou solides issus de leur traitement à l'exception des supports filtrants, tels que les charbons actifs, les membranes et les filtres, et des concentrés liquides ou solides issus des procédés de séparation physique ».*

- Rinçage : passage rapide à l'eau pour éviter l'encrassement du matériel (dilution des substances). Le plus souvent, il correspond à l'action juste après traitement sur l'intérieur des cuves du pulvérisateur pour éviter le dépôt des produits.
- Lavage : nettoyage du pulvérisateur impliquant une action mécanique ou chimique (produit de lavage). Le plus souvent, le lavage correspond au nettoyage de l'extérieur du pulvérisateur (ou bien pour nettoyer les cuves après les traitements herbicides).
- Fond de cuve : bouillie restant dans la cuve du pulvérisateur quand le viticulteur décide de la fin du traitement phytosanitaire. Ce volume correspond au volume de fond de cuve après désamorçage du pulvérisateur (cf. ci-dessous) ajouté à la bouillie restant en fin de traitement de parcelle.
- Fond de cuve après désamorçage (= fond de cuve « vrai ») : bouillie restant dans la cuve du pulvérisateur après désamorçage de la pompe d'aspiration de l'appareil, ne peut plus être pulvérisé. Ce fond de cuve est inhérent à la forme de la cuve et au positionnement du système d'aspiration du matériel.
- Volume mort : bouillie restant dans le circuit de pulvérisation (distributeur, retour en cuve, tuyauterie, filtres..., hors cuve(s) de bouillie). Il dépend directement de la conception du circuit de pulvérisation et du niveau de désamorçage.

#### ▪ **La nécessité de la démarche amont**

Avant d'envisager le traitement des effluents issus des traitements phytosanitaires, il est nécessaire de réduire leur volume et leur concentration. Les étapes principales garantissant d'une efficacité quant à la gestion des effluents de pulvérisation sont les suivantes :

- Suivi des règles de décision en protection phytosanitaire raisonnée (première démarche pour limiter les volumes d'effluents !),
- Adaptation du matériel de pulvérisation afin de limiter les volumes de bouillie non pulvérisables,
- Ajustement optimum du volume de bouillie à la surface à traiter (limite les fonds de cuve chroniques délicats à gérer),
- Pulvérisation jusqu'au désamorçage, même quand l'application agronomique est finie sur la parcelle (la grosse avancée pour l'environnement se situe ici !)
- Réalisation à la parcelle d'un rinçage permettant de diluer les volumes non pulvérisables et pulvérisation de ce volume dilué.

Ces démarches permettent de limiter considérablement les effluents à traiter et constituent un préalable indispensable avant toute démarche de traitement des effluents. Rappelons ici que gérer ne signifie pas forcément système d'épuration.

#### ▪ **Construction d'une aire de lavage**

L'équipement d'une aire de remplissage-lavage présente plusieurs intérêts :

- sécuriser pour l'opérateur des actions mettant en œuvre des produits concentrés,
- limiter les risques de contaminations ponctuelles et donc de protéger le milieu environnant, l'eau, la population et l'opérateur,
- gagner du temps sur des étapes courantes de l'itinéraire technique phytosanitaire et d'assurer un confort de travail,
- collecter les effluents à traiter.

Des documents sur la conception de cette aire de remplissage-lavage sont disponibles auprès de l'ITV. Les principaux éléments à retenir sont les suivants :

- situation à l'écart des habitations et des points d'eau,
- zone étanche permettant la récupération des eaux de ruissellement,

- séparation des eaux de pluie (à diriger vers le milieu naturel ou le réseau pluvial) et des effluents à traiter (à diriger vers une cuve de récupération ou vers un système de traitement en continu),
- équipement éventuel d'un dessableur-dégrilleur-déshuileur en fonction des procédés de traitement.

Parallèlement, le projet de réglementation actuel prévoit une cuve de stockage des effluents « bruts » et une seconde cuve pour stocker les effluents de pulvérisation « traités », en vue d'un épandage agricole.

Les volumes de stockage sont à déterminer en fonction de chaque contexte d'exploitation.

## Contexte

### ***Une réglementation bientôt renforcée***

Le code de la santé publique (Art. L1331-15) et le code de l'environnement (Art. L432-2 et Art. L216-6) précisent la responsabilité des personnes générant des effluents pouvant causer des dommages à l'environnement et aux personnes, et l'obligation de traiter les effluents. Il n'existe cependant actuellement pas de réglementation spécifique sur la gestion des reliquats de pulvérisation ni de norme de rejet après traitement des effluents.

Sur ce sujet, un arrêté relatif à l'épandage des effluents phytosanitaires est en cours de rédaction et devrait préciser prochainement le mode de gestion des reliquats de pulvérisation.

### ***Des demandes du monde agricole***

Au sein de la filière viti-vinicole, un nombre croissant d'exploitations développe les bonnes pratiques agricoles et collecte leurs effluents lors du nettoyage de leur matériel. Ces exploitations sont cependant confrontées à des difficultés pour l'élimination des effluents phytosanitaires car la mise en centre agréé est extrêmement coûteuse.

### ***Une offre commerciale qui s'étoffe***

Face à ce marché émergent, plusieurs sociétés de traitement de l'eau proposent des systèmes de traitement des effluents phytosanitaires au monde agricole. Initialement limités, ces systèmes ne cessent de s'accroître en nombre et de se diversifier, avec des prestations différentes. Il est donc particulièrement difficile pour un agriculteur d'avoir une vision objective sur ces procédés concernant leurs performances techniques mais aussi leurs aspects économiques et pratiques.

## État des lieux des procédés d'épuration des effluents phytosanitaires

### **1. Identification**

En Septembre 2004, les procédés identifiés sont (par ordre alphabétique) :

- BF Bulles<sup>®</sup> (Sté Agrosol-Ecobulles) : coagulation, floculation, série de filtrations puis finition sur charbons actifs
- EPU Mobil<sup>®</sup> (Sté Zamatec) : coagulation, floculation, filtration sur charbon actif
- Filtre planté de roseaux (plusieurs bureaux d'étude) : dégradation biologique sur substrat planté de roseaux
- OC<sup>®</sup> (Sté Technavox) : ozonation catalytique
- Osmofilm<sup>®</sup> (Sté Alyzée) : déshydratation dans sachet technique
- Photocatalyse (Sté Ahlstrom) : dégradation photochimique des molécules
- Phytobac<sup>®</sup> (Sté Bayer) : dégradation biologique sur substrat
- Phytapur<sup>®</sup> (Sté Paetzold) : coagulation, floculation puis par osmose inverse
- Procédé électrochimique modifié (Sté AMP)

- Réacteur électrochimique (*Hydrosciences Verseau*)
- Sentinel<sup>®</sup> (*Sté WMEC*) : coagulation, floculation, filtration sur charbon actif
- STBR2<sup>®</sup> (*Sté Aderbio*) : dégradation biologique en milieu liquide.

Il s'agit ici des procédés identifiés et suivis par ITV France, la liste n'est donc pas limitative. Par exemple, un système fonctionnant à partir d'un compost de sarment finement broyé (Compound Vignolles) est à l'étude mais aucun avis objectif ne peut être formulé par l'ITV sur le procédé. Par conséquent il n'est pas développé dans cet article.

De même, l'évaporation naturelle, procédé simple, est en cours de suivi sur différents sites (potentiel d'évaporation, transfert dans l'air, odeur)

Par ailleurs, de nombreux autres process existent pour le traitement d'effluents industriels mais n'ont encore jamais été proposés pour le traitement des effluents de pulvérisation.

## 2. Description des systèmes de traitement

Les systèmes de traitement des effluents de pulvérisation fonctionnent selon deux grands principes. Il est possible de distinguer les procédés qui concentrent les molécules de ceux qui visent une dégradation des substances actives (par voie physico-chimique ou biologique).

### **La concentration des substances actives**

#### **La déshydratation** (procédé OSMOFILM<sup>®</sup>)

Le procédé de déshydratation OSMOFILM<sup>®</sup> mis au point par la société Alyzée consiste à introduire l'effluent dans une sachette OSMOBAG<sup>®</sup>. La sachette est une membrane plastique sélective perméable à la vapeur d'eau et ne laissant théoriquement pas passer les molécules phytosanitaires. L'eau s'évapore dans la sachette et diffuse à travers la membrane. Simultanément, les rayons lumineux provoquent un effet de serre augmentant l'évaporation au sein de l'OSMOBAG<sup>®</sup>. Après quelques semaines, la sachette ne contient plus théoriquement que les produits phytosanitaires concentrés qui doivent être éliminés en centre agréé.

Pour leur mise en oeuvre, les sachettes OSMOBAG<sup>®</sup> sont disposées dans des casiers ajourés d'une capacité de 250 litres et gerbables sur cinq hauteurs. Un système d'embout simplifie le remplissage des sachettes qui se ferment par des clips.

#### **La coagulation-floculation-filtration sur charbon actif**

(Procédés BF Bulles<sup>®</sup>, EPU mobil<sup>®</sup>, Sentinel<sup>®</sup>)

Dans l'eau, le potentiel zêta est responsable des répulsions entre particules de même signe. Tant que ce potentiel est élevé, la suspension des colloïdes est stable et aucun amalgame n'est possible.

La coagulation consiste à introduire des ions métalliques, en général Al<sup>3+</sup> ou Fe<sup>3+</sup>, qui abaissent le potentiel zêta, ce qui forme des micro floccs. La coagulation élimine donc la stabilité de la suspension.

La floculation correspond à l'introduction dans l'effluent d'un polymère destiné à amalgamer les micro floccs pour former des floccs plus volumineux donc plus facilement séparables du liquide par décantation. La floculation agglomère par conséquent les petites molécules en des plus grosses qui sont séparables.

La coagulation-floculation seule ne suffit pas à éliminer les substances actives présentes dans l'effluent qui doit ensuite être filtré. La filtration permet d'arrêter la pollution particulaire des floccs puis une adsorption permet d'abaisser la pollution dissoute. La filtration sur charbon actif en grain (CAG) permet d'avoir une filtration et une adsorption.

### **La coagulation-floculation-filtration par osmose inverse (Procédé Phytapur®)**

L'osmose inverse est une des nombreuses techniques dites membranaires. Il s'agit d'une technique qui consiste à utiliser une membrane semi-perméable au travers de laquelle, sous l'effet d'une différence de pression les molécules d'eau transitent tandis que la plupart des corps dissous (sels, matières organiques) sont retenus.

Le procédé est dit "inverse" car il nécessite une pression suffisante pour 'forcer' l'eau pure à passer à travers la membrane (inverse de l'osmose normale ou les ions diffusent à travers la membrane de la solution la plus concentrée vers la moins concentrée). L'ordre de grandeur de la taille des éléments arrêtés est le suivant (Rappel : la taille de la molécule d'eau est de l'ordre de 0,3 nm):

- Filtration conventionnelle : supérieure à 2 mm
- Micro filtration : entre 2 µm et 0,05 mm
- Ultrafiltration : entre 50 nm et 1 µm
- Nanofiltration : entre 1 µm et 0,4 µm
- Osmose inverse : inférieure à 0,4 µm

Éliminant plus de 99% des bactéries, virus et macromolécules organiques et sels dissous, cette technique est utilisée dans de nombreuses industries : traitement de l'eau potable, dessalinisation de l'eau, production d'eau ultra pure...

Ce procédé appliqué aux reliquats de pulvérisation permet donc de séparer l'eau des molécules phytosanitaires. Les effluents sont en général trop chargés pour être osmosés directement et sont prétraités par coagulation-floculation.

### **L'électrochimie modifiée (Procédé électrochimique modifié®)**

C'est un procédé d'électrolyse à électrode soluble. Lors du passage du courant, l'anode en fer ou en aluminium se consomme et provoque la mise en solution des cations métalliques, respectivement  $Fe^{3+}$  ou  $Al^{3+}$ , amorçant une coagulation. Le champ électrique provoque la migration des ions et augmente la probabilité de collision des ions et des particules chargées de signes contraires. De plus, l'électrolyse provoque des réactions d'oxydo-réduction permettant de dégrader en partie les substances actives. Après traitement électrochimique, l'effluent est décanté et filtré sur filtre-pressé.

## **La dégradation physico-chimique des substances actives**

La dégradation physico-chimique des micropolluants peu biodégradables est généralement réalisée par les techniques d'oxydation avancées suivantes :

### **Réacteur électrochimique**

Une méthode de dégradation par électrochimie a été développée par le laboratoire Hydrosciences avec l'appui du pôle Construction Matériaux Verseau. Ce procédé commercialisé pour d'autres applications (potabilisation, décontamination microbiologique) est maintenant étudié pour la gestion des effluents phytosanitaires. Deux électrodes recouvertes de catalyseur, parcourues par un faible courant électrique, génèrent des radicaux hydroxyles  $OH^\circ$  qui dégradent les polluants. Le phénomène d'électrocoagulation intervient également.

### **L'ozonation catalytique (Procédé OC®)**

L'ozone est un oxydant puissant qui permet de dégrader de nombreuses molécules organiques. Cependant, certaines molécules dont plusieurs substances actives des produits phytosanitaires ne peuvent être dégradées par l'ozone seul. Le CNRS de Poitiers a mis au

point un catalyseur qui, couplé à l'ozone, améliore les propriétés oxydantes de celui-ci et permet de dégrader un plus large spectre de molécules que l'ozone seul. De plus, la consommation d'ozone est réduite.

### La photocatalyse

La photocatalyse est basée sur l'action conjointe d'un catalyseur et de rayonnements ultraviolets. Le catalyseur le plus courant est le dioxyde de titane (TiO<sub>2</sub>). Les UV apportent l'énergie nécessaire au catalyseur introduit dans l'effluent pour former des radicaux hydroxyles OH° qui dégradent les polluants organiques par oxydation.

La société Ahlstrom a réalisé des recherches sur la photocatalyse sur papier : l'effluent s'écoule sur une rampe recouverte d'un papier sur lequel est fixé le catalyseur. Le catalyseur se présente habituellement sous forme de poudre ; la fixation du TiO<sub>2</sub> sur papier évite le problème de la séparation du catalyseur et de l'effluent.

À notre connaissance, plusieurs sociétés envisagent un développement de ce procédé : sociétés Agro-environnement et Résolution.

## La dégradation biologique des molécules phytosanitaires

### Dégradation biologique en milieu liquide (Procédé STBR2®)

La société Aderbio Développement a développé la station de traitement des effluents viticoles STBR2®. Cette station est une adaptation des systèmes de traitements destinés aux effluents de cave par dégradation aérobie en milieu liquide.

Des micro organismes sont mis en culture dans un fermenteur et ajoutés séquentiellement à l'effluent à traiter dans un digesteur. Les substances actives sont dégradées par co-métabolisme et par choc enzymatique. L'effluent est ensuite décanté et filtré sur un lit de roches volcaniques.

### Dégradation biologique sur substrat

- *Les lits biologiques (Biobed, Phytobac® ...)*

Le biobac, également appelé biobed ou Phytobac® (Bayer Cropscience France) est basé sur le pouvoir épurateur du sol. Les reliquats de pulvérisation sont épandus dans une fosse étanche où se trouve un mélange de terre, de paille et parfois de matière organique (fumier, tourbe) dans des conditions aérobies. Par conséquent, le lit biologique ne doit pas être gorgé d'eau et doit donc être couvert. Ce dispositif permet la fixation et/ou la dégradation des substances actives par les micro organismes présents naturellement dans le milieu.

- *Les filtres végétalisés*

Une fosse étanche est d'abord remplie de graviers (granulométrie décroissante) puis de sol. Sur ce substrat est ensuite implanté un couvert végétal, généralement des roseaux (*Phragmites Australis*). Les effluents s'écoulent à travers le lit planté comme à travers un filtre. Les molécules sont dégradées par une biomasse aérobie se développant conjointement dans le substrat et sur le système racinaire des roseaux.

-----

En page 7 : tableau de synthèse sur le fonctionnement des process.

-----

En **Partie 2**, une **discrimination des différents procédés** sera traitée. Elle sera diffusée ultérieurement via la "lettre actualités de MatéVi".

**Synthèse sur le fonctionnement des process**

**Fonctionnement des procédés – État à l'automne 2004.**

Principe	Mode de fonctionnement process	Nom du procédé (entreprise)	Niveau et nature de développement	Mise en œuvre des procédés
Concentration des substances actives	Déshydratation	Osmofilm® (Alyzée)	Développement commercial, vente du produit. Commercialisé par distributeurs nationaux	Saches de 250 Litres disposées dans des casiers ajourés gerbables sur 5 hauteurs
	Coagulation – floculation- filtration sur charbons actifs	BF Bulles® (Eco bulle)	Stade prototype , pré-développement En cours de commercialisation par la société ECOBulles (conceptrice) : vente et prestation	Dispositif compact monté sur chariot. Système par batch.
		EPU Mobil® (Zamatec)	Développement commercial, vente du procédé. Commercialisé par la société Zamatec (Suisse)	Dispositif monté sur remorque. Système par batch
		Sentinel® (WMEC)	Développement commercial, vente du procédé. Commercialisé par la société conceptrice	Système fonctionnant par batch d'1 m3. Dispositif fixe mais peut être transporté en cas de prestation.
	Coagulation – floculation – osmose inverse	Phytopur® (Michael Paetzold)	Développement commercial. Prestation de service. Commercialisé par la société conceptrice.	Dispositif transporté chez le « client » dans une camionnette. Système par batch.
	Coagulation par voie électrochimique	Procédé Electrochimique Modifié (AMP)	Stade pilote, en cours d'essai sur les effluents phytosanitaires. Commercialisé sur d'autres effluents industriels (Sté AMP).	Système équipant un camion aménagé (pour les gros volumes). Pour des volumes à traiter plus limités, système transporté dans un véhicule utilitaire Système par batch
Dégradation des substances actives	Oxydation avancée par voie électrochimique	Réacteur électrochimique (Hydrosciences Verseau)	Stade prototype. En cours d'essai sur les effluents phytosanitaires.	Module d'électrochimie (taille d'une pompe) à introduire dans l'effluent. Système par batch ou en continu.
	Ozonation	OC® (Technavox)	Stade pilote, en cours d'essai sur les effluents phytosanitaires (par la société Technavox)	Stade pilote, la mise en œuvre des procédés n'est encore pas définie au niveau pratique
	Oxydation avancée par voie photochimique	Photocatalyse (Ahlstrom)	Prototypes mais perspectives proches de développement commercial (vente du procédé). Commercialisation par plusieurs sociétés (Résolution...)	Forme de présentation du process non arrêtée (écoulement vertical, sur plan incliné...) Système par batch (de volume variable)
	Dégradation biologique aérobie en milieu liquide par ensemenement	STBR2® (Aderbio)	Développement commercial, vente du procédé. Commercialisé par Aderbio et distribué par le groupe Soufflet.	Présentation sous forme d'armoire. Système autonome fonctionnant en continu.
	Dégradation biologique sur filtre végétalisé	Filtre planté de roseaux, roselière...	Stade prototype. En cours de test en conditions d'exploitation	Une fois la roselière installée, les effluents s'écoulent directement sans stockage ni prétraitement, au fur et à mesure de leur production. Possibilité de Zéro rejet liquide.
	Dégradation biologique sur substrat	Phytobac® (Bayer)	Développement du procédé en cours par Bayer (formation « d'experts Phytobac® »)	Écoulement des effluents directement sans stockage ni prétraitement, au fur et à mesure de leur production Possibilité de Zéro rejet liquide.