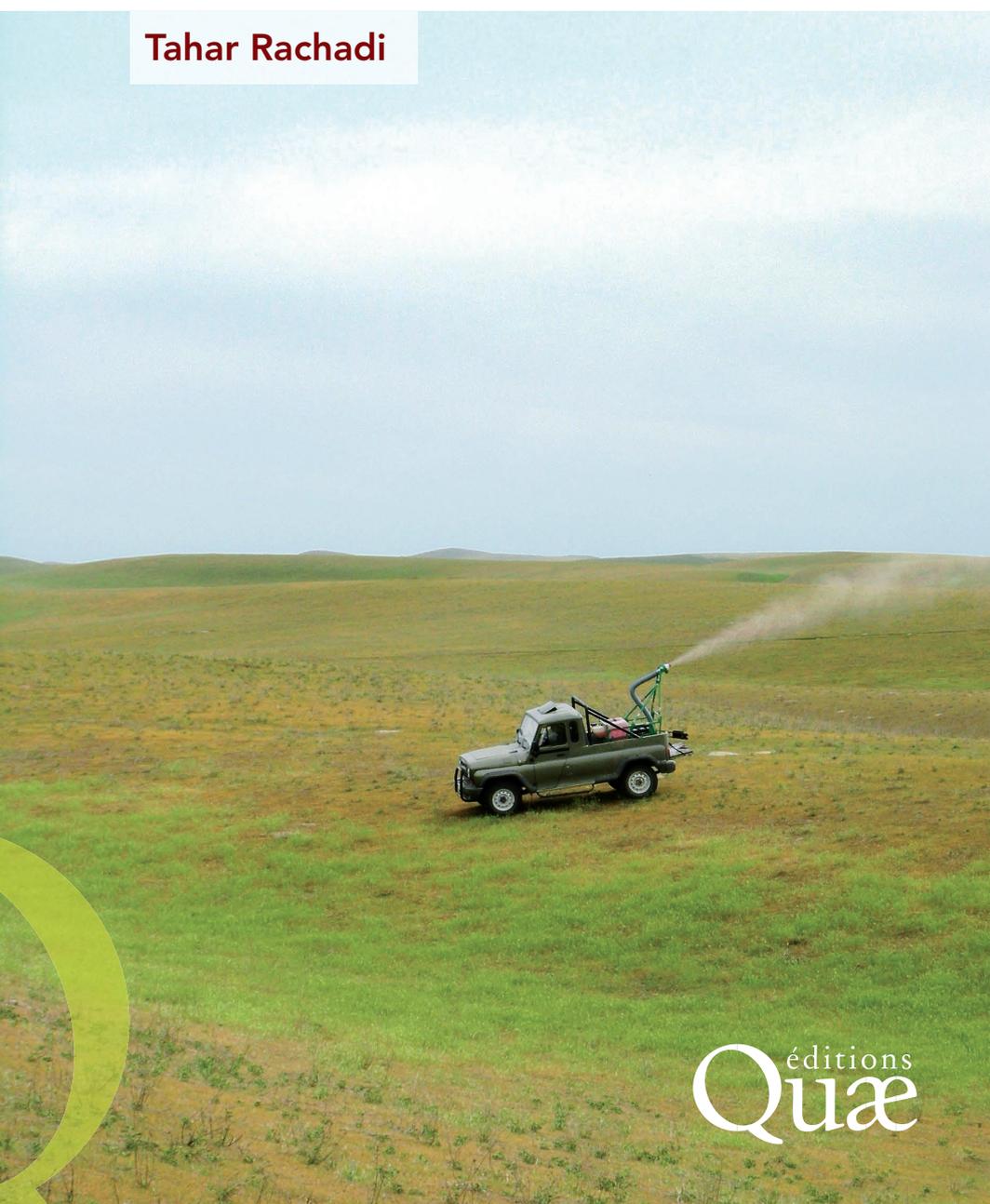


**Guide**  
pratique

# Manuel de lutte antiacridienne

Tahar Rachadi



éditions  
**Quæ**



# Manuel de lutte antiacridienne

Tahar Rachadi

Éditions Quæ/CTA



partageons les connaissances au profit des communautés rurales  
sharing knowledge, improving rural livelihoods

Le Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA) a été créé en 1983 dans le cadre de la Convention de Lomé signée entre les États du groupe ACP (Afrique, Caraïbes, Pacifique) et les États membres de l'Union européenne. Depuis 2000, le CTA opère dans le cadre de l'Accord de Cotonou ACP-UE. Le CTA a pour mission de développer et de fournir des produits et des services qui améliorent l'accès des pays ACP à l'information pour le développement agricole et rural. Le CTA a également pour mission de renforcer les capacités des pays ACP à acquérir, traiter, produire et diffuser de l'information pour le développement agricole et rural.

Le CTA est financé par l'Union européenne.

CTA – Postbus 380 – 6700 AJ Wageningen – The Netherlands  
[www.cta.int](http://www.cta.int)

Éditions Quæ, RD 10, 78026 Versailles Cedex, France  
[www.quae.com](http://www.quae.com)

© CTA, 2010 / ISBN 978-92-9081-457-3

© Éditions Quæ, 2010 / ISBN 978-2-7592-0867-8 / ISSN 1952-2770

Le code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20, rue des Grands-Augustins, Paris 6<sup>e</sup>.

# Sommaire

Introduction 5

## **Les principes de base de la pulvérisation 7**

Cible et matière active 8

Critères de répartition et de dépôt des gouttelettes 10

Les modes de pulvérisation 22

Les modes de transport des gouttelettes 29

L'évaluation de la qualité des pulvérisations 39

## **Le matériel de pulvérisation 49**

Les pulvérisateurs portatifs 49

Les pulvérisateurs portés par véhicule 59

Le matériel d'épandage aérien 73

## **Les traitements antiacridiens 101**

Les modes d'intervention 101

La pratique des traitements 113

Les contrôles des traitements et l'optimisation des opérations de lutte 145

Conclusion 163

Références bibliographiques 165





## Introduction

L'accroissement démographique, les changements climatiques et les défis environnementaux qui en découlent ont considérablement fragilisé la disponibilité alimentaire dans de nombreux pays en développement. La pénurie guette dès que des pullulations d'acridiens affectent le rendement des récoltes.

À l'exception des situations d'urgence, qui suscitent l'engagement actif de la communauté internationale, la lutte antiacridienne gagne à être bien organisée aux niveaux local et national. Une gestion à l'échelon régional serait en outre souhaitable lorsque plusieurs pays sont susceptibles de subir les effets d'un même fléau. Sur la période concernée par les invasions et pullulations de 1987-1989, d'énormes quantités d'insecticides ont été pulvérisées sur des millions d'hectares : l'impact considérable et les effets environnementaux délétères de telles campagnes ne peuvent être ignorés.

Dans un tel contexte, l'application d'insecticides doit s'opérer dans des conditions d'efficacité optimale. Par conséquent, une approche pluridisciplinaire s'impose, combinant les dernières connaissances sur la biologie et l'écologie de ces insectes, sur les techniques d'application et le matériel adapté et sur l'économie des traitements phytosanitaires – le tout dans le souci de préserver autant que possible l'environnement à court et à long terme. La diversité des acteurs de la lutte antiacridienne, depuis les simples paysans jusqu'aux pilotes des aéronefs d'épandage, doit également être soigneusement prise en compte. Il est bien entendu impératif de prévenir les invasions en luttant contre les premières pullulations ou en étouffant les foyers de prolifération – mais pas à n'importe quel coût. L'efficacité des acridicides doit être optimisée pour réduire les quantités de substances chimiques répandues. Sous cet angle, renforcer et améliorer les techniques d'application devient **une nécessité économique et éthique**.

La plupart des écrits consacrés à la lutte antiacridienne traitent surtout des insecticides. Peu nombreux sont ceux qui expliquent comment ces produits doivent être employés. S'il est évident pour tout le monde que répandre un produit avec un arrosoir ne saurait donner de bons résultats, dans la mesure où la matière active doit être répartie de manière uniforme sur toute la surface à protéger, il est plus difficile à comprendre que pulvériser avec des gouttelettes à très large spectre entraîne un gaspillage significatif de produit et d'énergie – les gouttelettes très fines étant entraînées loin de la cible et les plus grosses tombant directement au sol. Les deux techniques ont un effet négatif sur l'environnement. Il est de ce fait essentiel de bien comprendre et maîtriser les phénomènes qui régissent les pulvérisations d'insecticides, d'autant plus qu'en lutte antiacridienne les méthodes les plus efficaces vont parfois à l'encontre des idées reçues.



La sécurité et l'efficacité de l'utilisation des pesticides dépendent dans une large mesure de l'état du matériel d'application. Dans la plupart des cas, les produits sont appliqués à l'aide de dispositifs rotatifs qui fragmentent le liquide en un brouillard de fines gouttelettes. La gamme des outils de pulvérisation est relativement sophistiquée et requiert un niveau élevé d'entretien, de formation et de maîtrise. En commençant par essayer de comprendre la nature des infestations acridiennes et les défis à relever pour les combattre, les chercheurs peuvent contribuer à améliorer les pratiques actuelles en matière de pulvérisation chimique, à accroître l'efficacité générale des traitements et à diminuer les risques sanitaires pour les opérateurs. De surcroît, plus d'efficacité signifie moins de traitements et donc moins de dépenses et de risques pour l'environnement.

Avec l'invention des insecticides de synthèse, les procédés d'application contre les acridiens ont connu un développement rapide. Les années passant, les pesticides sont devenus plus puissants et demandent désormais à être appliqués avec une précision bien supérieure. Les matériels de pulvérisation ont également beaucoup évolué, en tirant parti de nouveaux matériaux plus légers et plus solides. Ces progrès se sont traduits par une amélioration significative des pulvérisateurs en ultra bas volume (UBV) (*ultra low volume*, ULV), qui se sont aujourd'hui généralisées, tant pour les traitements terrestres que pour les épandages aériens. C'est ainsi que depuis les années 1980, la très grande majorité des applications antiacridiennes a été réalisée à l'aide de ce type de matériel, tandis que la part des pulvérisations aqueuses, des appâts et du poudrage est devenue négligeable. Consacrer un manuel à la technique UBV et au matériel associé se justifiait donc, pour tenter d'offrir aux opérateurs de la lutte antiacridienne, un guide de terrain adapté à leurs besoins.

Pour remplir son objectif, tout traitement phytosanitaire quel qu'il soit doit être appliqué au bon moment, au bon endroit, avec le bon produit et le bon matériel, calibré avec soin.

De telles précautions sont absolument nécessaires pour éviter les erreurs d'application, lesquelles entraînent :

- un accroissement considérable du coût du traitement;
- un gaspillage dispendieux de produits chimiques potentiellement dangereux pour les humains et pour l'environnement;
- un risque accru d'intoxication des opérateurs et de contamination des organismes non ciblés par les traitements;
- des résidus en excès, qui contaminent l'environnement.

La méconnaissance des techniques de calibrage peut avoir d'autres répercussions négatives. Les échecs des traitements sont souvent abusivement attribués à une prétendue inefficacité des produits et il arrive que les opérateurs, face à des résultats décevants, soient tentés par le surdosage ou par le renouvellement des traitements, ce qui multiplie les effets nocifs sans résoudre le problème.

Ce manuel se propose de contribuer à combler les lacunes de ce type. La première partie présente les notions générales en matière de pulvérisation. Elle expose clairement les principes de base régissant la formation des gouttelettes tout en faisant comprendre le rôle des conditions atmosphériques. La deuxième partie décrit le matériel le plus couramment utilisé en lutte antiacridienne terrestre et aérienne. La troisième partie, enfin, intègre les acquis des chapitres précédents et montre comment s'appuyer sur ces connaissances pour concevoir des programmes de traitement adaptés aux diverses situations.



## Les principes de base de la pulvérisation

La pulvérisation phytosanitaire est une technique qui consiste à fragmenter une veine de liquide en une multitude de gouttelettes et à transporter ces dernières pour les répartir sur une surface donnée. Cette définition doit cependant être complétée par la prise en compte de deux facteurs limitants, à savoir, le ruissellement au sol des gouttelettes les plus volumineuses d'une part, et la dérive des gouttelettes les plus fines, d'autre part. La chute des gouttes qui se sont coalescées sur le feuillage peut être à l'origine d'un lessivage important – un risque que les méthodes utilisant les techniques à **très bas volume** (TBV, *very low volume* ou VLV en anglais) et en **ultra bas volume** (UBV, *ultra low volume* ou ULV en anglais) permettent de réduire. Mais ces méthodes contribuent par ailleurs à accroître un autre risque, celui de voir les gouttelettes les plus fines (les plus légères) dériver hors de la zone cible.

Les notions de base des pulvérisations phytosanitaires, dont il est question dans cette première partie, sont essentielles à la compréhension des deux autres volets de l'ouvrage. Bien comprises, elles permettent de choisir les équipements les mieux adaptés puis de se familiariser avec les subtilités des calibrages qui permettront d'optimiser les résultats des traitements.

Ce premier chapitre est subdivisé en cinq points :

- la **cible** et la **matière active**. Ce chapitre décrit la cible acridienne et ses spécificités afin de pouvoir établir le meilleur moyen de l'atteindre ;
- la **distribution**, le **dépôt** des gouttelettes. Ce deuxième chapitre traite des paramètres qui président à la formation des gouttelettes, puis aborde les notions qui permettront ensuite d'évaluer les traitements ;
- les **modes de pulvérisation**. La description des différents modes de pulvérisation permet d'éviter les ambiguïtés qui sont fréquemment à l'origine d'erreurs dans le choix du matériel antiacridien ;
- les **modes de transport des gouttelettes**. L'étude de cette problématique fait toucher du doigt l'importance de l'action des facteurs atmosphériques sur la pulvérisation, notamment dans le cas des applications UBV en dérive contrôlée. Une bonne connaissance des phénomènes atmosphériques est essentielle pour réussir les traitements de ce type ;
- l'**évaluation de la qualité des traitements**. L'objectif de l'évaluation est de s'assurer que la pulvérisation produite réponde aux critères recherchés et de rectifier les éventuelles erreurs de calibrage.



## Cible et matière active

Pour qu'une application phytosanitaire soit efficace, il convient de commencer par en définir la cible, à la fois dans le temps et dans l'espace. Un traitement atteindra son efficacité optimale s'il est appliqué au moment où le ravageur visé est le plus vulnérable – ce qui implique une bonne connaissance de la biologie et du comportement de la cible. En outre, il est évident que l'espace au sein duquel cette dernière se déplace pendant la durée de la persistance d'activité d'un pesticide doit également être délimité. Ainsi, un nombre égal de larves n'occupe pas le même espace qu'un nombre équivalent d'ailés. L'approche adoptée contre une espèce donnée d'acridien ne doit pas être aveuglément appliquée à une autre espèce – locuste ou sauteriau.

Le pesticide qui n'atteint pas sa cible constitue une perte économique et une réelle menace pour l'environnement; l'optimisation des traitements devrait donc avoir pour objectif de détruire le maximum d'acridiens **en contaminant le moins possible tout ce qui n'appartient pas à la cible**. Les procédés d'application devraient viser à réduire les quantités de pesticides utilisées tout en augmentant les quantités de pesticides atteignant effectivement la cible – ce qui implique de lutter contre le lessivage et la dérive incontrôlée. Quel que soit le pesticide employé, son mode d'action devrait être connu car les matières actives n'utilisent pas toutes le même canal pour détruire la cible. Ainsi pyréthrinoides et composés organophosphatés ne s'emploient-ils pas de la même manière que les régulateurs de croissance (*insect growth regulators, IGR*). Pour être efficaces, les premiers doivent atteindre leur cible directement, tandis que les seconds agissent par l'ingestion de végétaux contaminés. Les informations de ce type doivent être prises en considération, tout comme les caractéristiques de l'environnement, pour définir les paramètres de la pulvérisation qui permettront d'atteindre la cible dans les meilleures conditions.

À l'exception des essaims posés et des bandes larvaires en bloc isolé, la cible acridienne se présente le plus souvent sous la forme d'insectes dispersés (adultes clairssemés, bandes éparées de larves) et la procédure habituelle est de traiter le périmètre à l'intérieur duquel les ravageurs évoluent plutôt que de traiter chaque insecte directement. On parle dans ce cas de **zone cible**.

**Définir l'objectif du traitement revient essentiellement à définir la cible dans le temps et dans l'espace et à établir la dose à appliquer.**

Les acridiens peuvent se rencontrer sous trois formes, qui correspondent aux trois stades du développement : les œufs, les larves (ou nymphes) et les imagos (ailés). Comme les œufs sont enfouis dans le sol, à l'abri des pesticides pulvérisés, la cible acridienne est donc constituée des larves et des imagos.

Plusieurs facteurs sont à prendre en compte pour définir la cible acridienne.

### La nocivité

La nocivité à la fois présente et future doit être prise en considération. Il en découle que la nocivité d'une population de sauteriaux devrait être estimée en fonction de la proximité et de la vulnérabilité des cultures à risque. Un champ de mil, par exemple, est très sensible au stade de la plantule et de la formation du grain. En revanche, une population de locustes sera considérée comme cible dès lors qu'elle atteindra son seuil de grégarisation, même si elle se trouve à des centaines de kilomètres de toute culture, et même si cela peut paraître disproportionné au regard des dégâts constatés sur le moment.



### **La vulnérabilité**

Les larves, notamment celles des premiers stades, sont connues pour être plus sensibles que les ailés. Le fait qu'elles ne se déplacent pas sur de longues distances les rend en outre plus faciles à maîtriser. Larves et ailés se traitent mieux dans des habitats ouverts que dans des milieux buissonnants ou boisés.

### **La mobilité**

Les locustes ailés sont capables de se déplacer en vol sur des dizaines, voire des centaines, de kilomètres par jour. Au cours de leur vie, ces insectes peuvent parcourir des milliers de kilomètres. Les essaims ne constituent de bonnes cibles que lorsqu'ils sont posés, en particulier s'ils sont engourdis par le froid. Par temps chaud, la cible est en trois dimensions et mobile. Un même essaim peut être aperçu en plusieurs endroits quasi simultanément. La cible est alors en mesure de se déplacer plus rapidement que les moyens de prospection et de lutte.

Les larves sont moins mobiles et ne se déplacent qu'en marchant ou en sautant. Elles constituent ainsi une cible plus facile à atteindre. Les bandes larvaires peuvent parcourir plusieurs kilomètres par jour mais demeurer pendant quelques semaines relativement stationnaires et, une fois repérées, être faciles à suivre et à traiter.



**Figure 1.** Une bande larvaire de Criquets pèlerins de 5<sup>e</sup> stade traversant une route au Sénégal (octobre 1988). La densité des bandes larvaires peut être de plusieurs centaines de larves par mètre carré. Elles peuvent occuper des dizaines d'hectares par an.

### **L'ampleur**

Dans un milieu uniforme où les cibles ont des contours et des dimensions similaires, les ailés et les larves de sauteriaux partagent généralement le même espace, tandis que le volume occupé par un essaim de locustes varie sensiblement au cours de la journée, en fonction de la température, du vent, de la stabilité de l'air,



de la nature et de la structure de la végétation et de l'activité des individus qui le constituent. En outre, il est fréquent qu'un essaim investisse une zone vingt fois plus importante que celle qu'occupait la bande larvaire dont il est issu. Se tromper de tactique à l'encontre d'un essaim de grande taille peut se traduire non seulement par un taux de mortalité décevant mais – bien pire – par la fragmentation de l'essaim en plusieurs essaims plus petits, constituant alors de multiples cibles dispersées sur une surface encore plus étendue, beaucoup plus difficiles à traiter. Les bandes larvaires – surtout des premiers stades – sont souvent très denses. On observe souvent plusieurs milliers d'individus par mètre carré. La surface couverte par une bande peut varier de moins d'un mètre carré à plusieurs centaines d'hectares (fig. 1). Il arrive que ces bandes se morcellent en groupes plus petits mais elles se dispersent rarement en individus isolés. Elles constituent des cibles vulnérables et faciles à définir une fois localisées. Une erreur de tactique de traitement contre une bande larvaire n'entraîne pas de modification significative de la zone cible.

## Critères de répartition et de dépôt des gouttelettes

### La dose de matière active

La pulvérisation est un moyen de répartir de manière aussi homogène que possible une certaine quantité de matière active – la dose – sur une surface donnée. En lutte antiacridienne, **l'unité de surface de référence est l'hectare (ha)**. Les doses sont donc exprimées en grammes de matière active par hectare (**g m. a./ha**). Le coordinateur des opérations antiacridiennes sur le terrain doit absolument s'assurer que la dose effectivement utilisée est suffisamment proche de la dose recommandée. Il ne s'agit pas là d'une exigence disproportionnée, car les erreurs de calculs et les surdosages réduisent l'efficacité du traitement et entraînent des répercussions nuisibles sur l'environnement. En particulier, les opérateurs doivent résister à la tentation instinctive de pulvériser avec insistance sur les endroits où la densité des criquets est plus forte qu'ailleurs. À l'inverse, ils ne doivent pas non plus passer plus rapidement sur les zones apparemment moins densément occupées. Le résultat, dans le premier cas, est un surdosage dangereux doublé d'une perte économique et, dans le second, la survie d'un nombre d'insectes suffisant pour que l'infestation reprenne, en particulier lorsqu'il s'agit de locustes.

### Les volumes à appliquer par hectare

La mobilisation de ressources logistiques considérables est nécessaire pour pouvoir traiter rapidement de vastes étendues infestées, en particulier dans le cas des invasions généralisées de locustes. Ces situations ont poussé les opérateurs antiacridiens à rechercher des moyens pour réduire le volume de produit à épandre par hectare, avec l'idée de limiter les dépenses et les délais nécessaires au contrôle des acridiens sur de grandes étendues. Expressément conçu dans ce but précis, le pulvérisateur fixé sur pot d'échappement (PPE ou *ENS* en anglais, *exhaust nozzle sprayer*) a été le premier pulvérisateur UBV.



Les recherches qui ont suivi la mise au point du PPE ont montré que l'efficacité globale augmentait lorsque les gouttelettes étaient à la fois plus fines et plus nombreuses, ce qui se traduisait par une réduction des volumes de pesticides utilisés.

**Une pulvérisation uniforme de gouttelettes de petite taille est beaucoup plus efficace que l'application de gros volumes de produits.**

La classification des pulvérisations selon les volumes utilisés par hectare est purement conventionnelle et surtout basée sur des critères subjectifs. Elle distingue cinq catégories de pulvérisation (tableau 1) : **haut volume** (HV – *high volume* ou HV en anglais), **volume moyen** (VM – *medium volume* ou MV en anglais), **bas volume** (BV – *low volume* ou LV en anglais), **à très bas volume** (TBV – *very low volume* ou VLV en anglais) et **en ultra bas volume** (UBV – *ultra low volume* ou ULV en anglais).

La technique UBV emploie un volume de produit aussi faible que possible tout en préservant une efficacité optimale. En traitement phytosanitaire, les quantités utilisées dépendent généralement du type de cible et des caractéristiques du milieu, telles que la couverture végétale (tableau 1). Il arrive cependant que le volume par hectare soit imposé par le type et la teneur en matière active de la formulation dont on dispose, en dépit des exigences liées à la zone cible. La situation doit alors être analysée par les responsables des opérations aux échelons régionaux et nationaux, à qui il revient de fournir au personnel de terrain les formulations les mieux adaptées à leur travail.

Type de pulvérisation	Qualité de la pulvérisation	Volume (l/ha)	Diamètre des gouttelettes (µm)
HV	Grossière	600 - 1 000	> 500
MV	Grossière	100 - 600	300 - 500
LV	Moyenne	25 - 100	200 - 300
VLV	Fine	5 - 25	50 - 1500
UBV	Très fine	< 5	40 - 620

**Tableau 1.** Classification des pulvérisations en fonction du volume d'application.

Le plus souvent, en particulier pour les épandages aériens, le volume utilisé dépasse rarement un litre par hectare, puisque les opérations concernent surtout des zones dont la couverture végétale est clairsemée. Il reste judicieux toutefois de fixer ici des limites afin d'éviter tout excès. Pulvériser des volumes inférieurs à 0,5 l/ha accroît considérablement les risques d'exodérive dans la mesure où les gouttelettes produites sont trop petites (< 40 microns) ; d'autre part, diminuer le volume utilisé plutôt que la taille des gouttelettes (par exemple, en réduisant le débit d'une buse pneumatique) n'améliorera en rien le traitement. L'application par gouttelettes calibrées (*controlled droplet application*, CDA) est une approche qui vise à limiter les volumes utilisés en diminuant et en uniformisant les gouttelettes produites (Matthews, 1985). Toutefois, en traitements dits *en barrières*, ramené à la totalité de la surface protégée, le volume appliqué peut descendre jusqu'à 0,25 l/ha en moyenne.



Les traitements en UBV utilisant des formulations à base d'eau (formulations aqueuses) ne sont pas adaptés. En effet, les opérations de lutte antiacridienne interviennent souvent en conditions chaudes et sèches, dans lesquelles les gouttelettes inférieures à 200 microns sont susceptibles de s'évaporer rapidement et de se transformer en poussières en suspension : celles-ci dérivent à l'extérieur de la zone cible en provoquant perte de produit et pollution. **De fait, il est admis que les volumes d'application des formulations aqueuses doivent être supérieurs à cinq litres par hectare.**

Au vu de ce qui précède, la technique UBV dans le cadre de la lutte antiacridienne peut être définie de la manière suivante : **il s'agit d'une technique de production de très fines gouttelettes uniformes (DMV inférieur à 100 µm), permettant la pulvérisation de formulations huileuses à des volumes inférieurs à cinq litres par hectare.**

Les préparations pour pulvérisations en UBV sont toujours huileuses et, à quelques exceptions près, sont utilisées en l'état. Si le produit doit être dilué, il est possible de le faire dans la quantité appropriée d'une quelconque huile disponible sur place. Cet adjuvant doit être compatible, d'où la nécessité de procéder à des essais avant le traitement. Mieux vaut ici rechercher l'avis du fabricant. Parfois, lorsque les doses sont très faibles, il est avantageux de transporter des produits concentrés jusqu'au chantier de traitement, puis de les mélanger sur place.

### 1. Exemple de calcul pour une dilution extemporanée

Une formulation contient 450 g/l de matière active. Combien de diesel doit-on y ajouter pour pouvoir traiter une infestation de Criquets pèlerins à 200 g m.a./ha ou une infestation de sauteriaux à 150 g m.a./ha, sachant que, dans les deux cas, le volume d'application est de 1 l/ha ?

**Note :** pour simplifier les calculs, on utilisera les cm<sup>3</sup> et les ml (millilitres) comme unités.

On commence par calculer le **volume de formulation qui contient la dose requise** de matière active. On utilise la formule :

$$Q = (D \times 1000) / C$$

où : Q = le volume, en ml

D = la dose, en grammes de matière active par hectare (g m.a./ha)

C = la concentration de matière active dans la formulation d'origine (g m.a./l)

Dans le cas des Criquets pèlerins :  $Q = (200 \times 1000) / 450 = 444$  ml

Dans le cas des sauteriaux :  $Q = (150 \times 1000) / 450 = 333$  ml

La quantité d'adjuvant nécessaire est donc de :

– dans le cas des Criquets pèlerins :  $1000 - 444 = 556$  ml ;

– dans le cas des sauteriaux :  $1000 - 333 = 667$  ml.

Ainsi, 444 ml de la préparation d'origine seront dilués dans 556 ml de diesel ( $444 + 556 = 1000$  ml) pour traiter 1 ha contre les Criquets pèlerins et 333 ml de formulation seront dilués dans 667 ml de diesel ( $333 + 667 = 1000$ ) pour traiter 1 ha contre les sauteriaux.



## La densité des gouttelettes (degré de couverture)

Le degré de couverture correspond au nombre de gouttelettes qui atteignent la cible. Il peut être estimé et s'exprime en **nombre de gouttelettes par cm<sup>2</sup>**. Comme il est quasiment impossible de connaître le nombre de gouttelettes qui atteignent la cible acridienne proprement dite, on se contente d'estimer **la couverture de la zone cible**.

**Il faut souligner que la densité des gouttelettes qui entrent en contact avec le feuillage dans la zone cible est élevée lorsque la taille des gouttelettes est petite et que l'efficacité croît avec le nombre de gouttelettes. Il est donc plus efficace de pulvériser avec un grand nombre de fines gouttelettes qu'avec un petit nombre de grosses gouttes.**

Type de végétation	Matériel de pulvérisation			
	UBV aérien	Porté	À piles	TBV pneumatique à dos
Tapis herbeux clairsemé	0,5	0,5	1	5
Tapis herbeux moyennement dense	1	1	2,2	5 - 10
Tapis herbeux dense discontinu	1.5 - 2	2	3	10 - 20
Tapis herbeux dense continu	2 - 3	3 - 5		> 20

**Tableau 2.** Volumes d'application pour des traitements UBV et TBV en fonction de la végétation et du type de matériel (en l/ha).

De manière générale, le nombre d'impacts nécessaires pour assurer une efficacité suffisante dépend de la nature de la cible : ainsi faut-il un nombre d'impacts (ou de gouttelettes) plus élevé pour traiter les champignons que les insectes (tableau 3). De même, une pulvérisation contre les pucerons requiert plus de gouttelettes que celle contre les acridiens.

Pour les traitements en couverture totale, 20 gouttelettes par cm<sup>2</sup> suffisent généralement avec un insecticide par contact, tandis qu'en traitement en barrières avec des insecticides à longue persistance d'activité, la densité des gouttelettes diminue en amont du vent vers l'aval. Les traitements en barrières réalisés avec le fipronil ont une efficacité satisfaisante là même où aucune gouttelette n'a été relevée sur les collecteurs (Rachadi, 1999).

**En lutte antiacridienne, en couverture totale, 20 gouttelettes par cm<sup>2</sup> permettent d'assurer une efficacité satisfaisante dans la plupart des cas.**

### La taille des gouttelettes

La taille des gouttelettes indique la mesure des sphères qu'elles forment pendant leur trajectoire entre leur point d'émission et l'impact sur un obstacle. Cette valeur est purement théorique car pendant le trajet, la gouttelette est soumise à



DMV*	% de dépôt	Types d'utilisation	Remarques
500	> 95	Application d'herbicide, aucune dérive tolérée. Applications en HV ou VM	Dans le cas d'épandages aériens, l'avion doit voler très bas
200-500	80-95	Utilisation pour opérations de santé publique. Applications en BV sur les cultures, y compris herbicides	Convient pour des formulations aqueuses, y compris pour des épandages aériens
125-250	50-80	Applications en TBV d'insecticides par contact et traitements de position sur toutes cultures	Bonne couverture en TBV. Formulations aqueuses par temps frais et humide
60-120	30-20	Application en UBV d'insecticides par contact et traitements de position dans la plupart des traitements phytosanitaires. La méthode la plus utilisée en lutte antiacridienne	Bon dépôt au sein du feuillage. Formulations spécifiques pour pulvérisation en UBV
30-60	15-30	Applications par contact contre des insectes en vol ou posés (moustiques, glossines, etc.). Technique UBV	Dérive importante. Dépôt faible. Application en période d'inversion atmosphérique
15-30	< 15	Aérosol pour traitements par contact contre des insectes volants. Technique UBV	Dérive très forte. Pratiquement aucun dépôt.

\* DMV : diamètre médian du volume

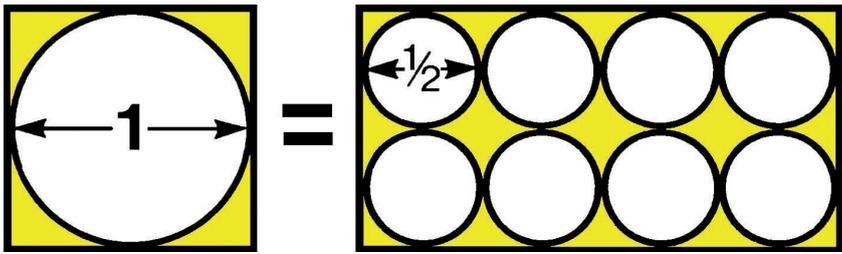
**Tableau 3.** Taille des gouttelettes en fonction du type de traitement (d'après Lerch, 1984).

de nombreux facteurs de déformation. La taille des gouttelettes est exprimée en micromètres ou microns ( $\mu\text{m}$ ).

Il a été souligné plus haut que, à dose égale, l'efficacité d'un traitement est supérieure lorsque les gouttelettes sont plus fines. La raison en est que les fines gouttelettes pénètrent mieux dans le feuillage et assurent une meilleure couverture. L'interception des insectes en vol est également améliorée.

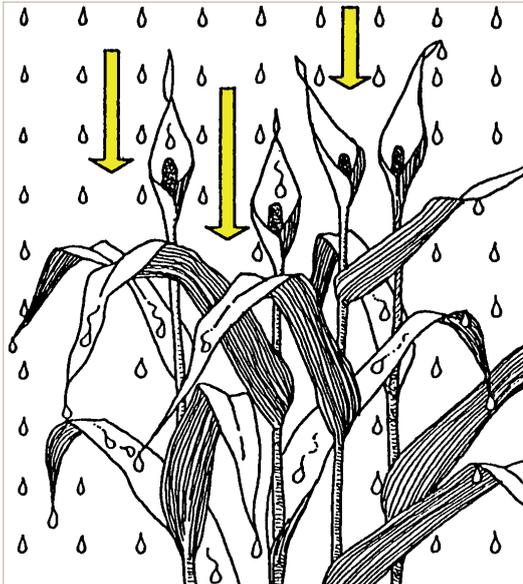
Comme le nombre des gouttelettes est inversement proportionnel à leur diamètre, un volume donné peut traiter une plus grande surface si les gouttelettes sont fines. Ainsi, diviser par deux le diamètre des gouttelettes équivaut à en multiplier le nombre par huit et à doubler la surface couverte par le traitement (fig. 2).

Il convient de noter que le comportement des gouttelettes est influencé par la gravité et par les conditions atmosphériques en fonction de leur taille. Ainsi :



**Figure 2.** Comparaison de la surface couverte par de grosses gouttelettes et par de fines gouttelettes (d'après Hoechst). À volume égal, diviser le diamètre des gouttelettes par deux équivaut à doubler la surface couverte.

- Les gouttelettes de plus de 300  $\mu\text{m}$  tombent presque verticalement sous l'effet de la gravité. Dans la quasi-totalité des cas, elles se retrouvent au sol : en effet, même si elles sont interceptées par la végétation, elles se disloquent au moment de l'impact et ruissellent vers le bas (fig. 3). Les grosses gouttelettes sont celles qui contiennent la plus grande proportion du volume et donc de matière active. Elles atteignent la cible par sédimentation.
- Les gouttelettes de 100 à 300 microns sont elles aussi entraînées vers le bas mais sont par ailleurs soumises à une certaine dérive latérale avant d'être interceptées. Elles atteignent leur cible par sédimentation et par interception. Elles ne sont que modérément retenues par la végétation.
- Les gouttelettes de 30 à 100 microns peuvent être emportées loin de leur point d'émission par un vent latéral tout en sédimentant progressivement. Elles atteignent leur cible principalement par interception. Elles pénètrent bien dans la végétation et sont bien retenues par le feuillage et par les téguments des insectes (fig. 4).



**Figure 3.** Les inconvénients des pulvérisations à grosses gouttelettes (d'après Hoechst). Les gouttelettes ne sont pas retenues par le couvert végétal. Elles finissent généralement au sol.



• Les gouttelettes de moins de 30 microns sont trop légères pour être très affectées par la gravité. Elles restent en suspension dans l'air tout en dérivant loin de leur point d'émission, jusqu'à ce qu'elles s'évaporent. Ce type de pulvérisation n'est pas habituellement utilisé en lutte antiacridienne mais plutôt en santé publique, contre des insectes volants tels que moustiques et glossines (tableau 4). La cible est exclusivement atteinte par interception.



**Figure 4.** Les avantages des pulvérisations à fines gouttelettes (d'après Hoechst). Elles atteignent la cible par interception et pénètrent bien dans le couvert végétal.

Type de cible	Couverture (gouttelettes par cm <sup>2</sup> )	Pourcentage estimé de dépôt
Insectes volants	Gouttelettes en suspension dans l'air	15
Insectes au sol	20 - 30	15 - 40
Mauvaises herbes en post-émergence	30 - 40	40 - 80
Champignons/moisissures	50 - 70	50 - 80

**Tableau 4.** La couverture et le pourcentage de dépôt des gouttelettes en fonction du type de cible (d'après Lerch, 1984).

**Pour obtenir une densité de 20 gouttelettes par cm<sup>2</sup>, le volume d'application sera de :**

- 1 000 l/ha avec des gouttelettes de 985 microns,
- 200 l/ha avec des gouttelettes de 576 microns,
- 50 l/ha avec des gouttelettes de 363 microns,
- 20 l/ha avec des gouttelettes de 267 microns,
- 5 l/ha avec des gouttelettes de 168 microns,
- 4 l/ha avec des gouttelettes de 156 microns,
- 3 l/ha avec des gouttelettes de 142 microns,
- 2 l/ha avec des gouttelettes de 124 microns,
- 1 l/ha avec des gouttelettes de 98 microns,**
- 0,1 l/ha avec des gouttelettes de 46 microns.



Par ailleurs, avec un litre par hectare, on peut théoriquement produire, par centimètre carré :

- 387 gouttelettes de 20 microns,
- 298 gouttelettes de 40 microns,
- 88 gouttelettes de 60 microns,
- 37 gouttelettes de 80 microns,
- 19 gouttelettes de 100 microns,
- 11 gouttelettes de 160 microns,
- 2 gouttelettes de 200 microns.

Après avoir sélectionné la taille et la densité des gouttelettes souhaitées en fonction du type d'usage envisagé (tableau 3), il est possible de déterminer le volume d'application à l'aide d'un abaque, tel le graphique de la figure 6. Ainsi, s'il faut pulvériser avec des gouttelettes de 100 microns à raison de 50 gouttelettes/cm<sup>2</sup>, on utilisera 3 l/ha. Pour une couverture de 19 gouttelettes/cm<sup>2</sup> dans les mêmes conditions, on utilisera 1 l/ha.

En traitements en UBV, la taille des gouttelettes utiles oscille entre 30 et 120 microns. Le diamètre optimal se situe entre 30 et 70 microns pour les traitements antiacridiens.

Les pertes de liquide au niveau des gouttelettes dépendent de la température et de l'humidité relative de l'air et de la taille des gouttelettes. Les grosses gouttes, qui tombent rapidement, sont peu affectées, tandis que les plus fines, qui demeurent longtemps en suspension, sont soumises à une forte évaporation et peuvent même s'évaporer complètement (fig. 5). La forme solide de la matière active qui résulte de cette évaporation est susceptible de dériver à grande distance du point d'émission avant de se déposer par sédimentation.

C'est la raison pour laquelle les solvants utilisés dans les formulations pour l'UBV doivent impérativement avoir un point éclair élevé pour permettre aux gouttelettes d'atteindre la cible avant d'avoir trop diminué de volume.

## Le spectre des gouttelettes

### La notion de spectre

Habituellement, une pulvérisation génère un grand nombre de gouttelettes inférieures à 0,5 mm (500 microns) et il est sans intérêt d'en produire de plus grosses. Toutefois, aucun des nombreux modèles de pulvérisateurs actuels ne produit des gouttelettes qui soient toutes exactement de la même taille : on obtient toujours une gamme de gouttelettes de différents diamètres.

Le spectre des gouttelettes est la classification des gouttelettes en fonction de leur taille; elle peut être estimée à **partir du diamètre médian du volume (DMV** ou *volume median diameter*, VMD en anglais) **et du diamètre médian du nombre (DMN** ou *number median diameter*, NMD en anglais). Bien que purement théoriques, ces grandeurs sont importantes pour comprendre l'influence de la taille des gouttes sur la couverture de la pulvérisation. Ce sont des critères importants pour estimer la qualité de la pulvérisation.

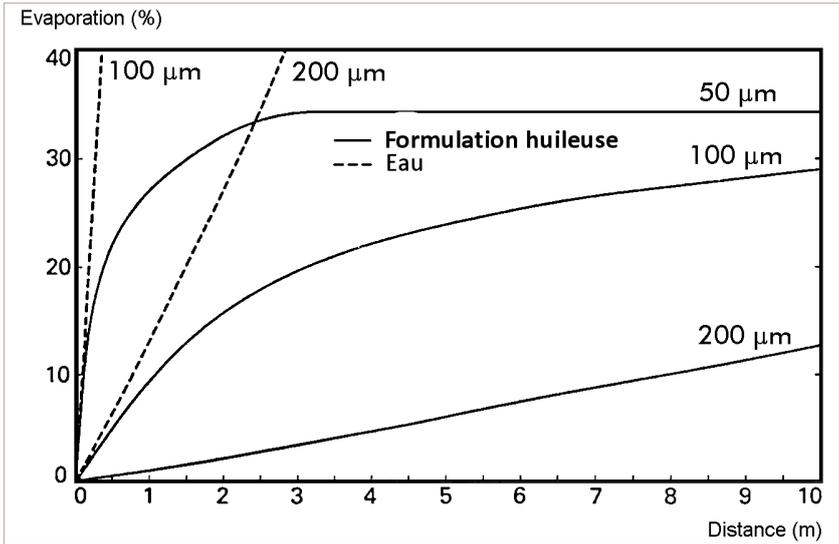


Figure 5. Vitesse d'évaporation d'une formulation huileuse pour UVB par rapport aux applications aqueuses, en fonction de la taille des gouttelettes et de la distance entre le point d'émission et le point d'impact (d'après Ciba-Geigy, 1984). Évaluation en laboratoire, à 30 °C.

Diamètre des gouttelettes (microns)	Température (°C)	Humidité relative (%)	Longévité (secondes)
100	20	70	20
		40	9
	30	70	17 - 18
		40	8
	40	70	16,8
		40	7,8
50	20	70	5
		40	2
	20	40	1.9

Tableau 5. Longévité de gouttelettes d'eau en fonction de leur diamètre, de la température et de l'humidité relative de l'air (d'après von Eickstedt in Gröner 1985).

### Le diamètre médian du volume

Si l'on range les gouttelettes produites de la plus petite à la plus grosse tout en additionnant leur volume de proche en proche, le diamètre de la gouttelette avec laquelle on arrive à 50 % du volume total, correspond au diamètre médian du volume (DMV). La moitié du volume total des gouttelettes produites est répartie dans des gouttelettes de diamètre inférieur au DMV et l'autre moitié dans des gouttelettes de diamètre supérieur au DMV (fig. 7 et 8).