

# Public Health

Bayer 

1998 **14**



**Main theme:  
Dengue**

**Special edition**



The Use of Fog  
Generators in  
Integrated  
Vector Control:  
Thermal  
Fog and Cold  
Fog (ULV)  
Generators





# The Use of Fog Generators in Integrated Vector Control: Thermal Fog and Cold Fog (ULV) Generators

## Principles, methods and techniques

The most important elements of efficient integrated vector control are:

- Research, field investigation, education;
- Chemical vector control
  - larvae
  - mosquitos by area and residual spraying
  - personal protection with impregnated mosquito nets;
- Environmental management and hygiene.

This report discusses the chemical control of mosquitos with the ULV (Ultra Low Volume) process using thermal and cold fog generators.

## Spraying methods, application quantity, droplet size

ULV is defined as the lowest amount of liquid per unit area (chemical formulation or active ingredient plus carrier substances) necessary to achieve efficient vector control.

The volume of spray liquid is directly related to the size of droplets which result from the different spraying methods. The relationship of volume (in liters per hectare) to droplet size is illustrated in [Table 1](#).

[Table 2](#) illustrates the cause of the great differentiation in application quantity. For specific droplet sizes (column 1), the theoretical volume of liquid is indicated which would be needed to cover every mm<sup>2</sup> of one hectare with at least one drop (column 2). Column 3 shows the number of droplets on each cm<sup>2</sup> when spraying one liter evenly over one hectare.

[Table 2](#) clearly shows that through the output of very small droplets, the amount of spray liquid needed can be drastically reduced with no resulting disadvantages in coverage. In fact, distribution of small droplets is far more even and dense. Each droplet contains the same amount of active ingredient in percentage terms, since only the volume of carrier substances, and not the amount of active ingredient in the preparation, is

altered. World Health Organization (WHO) studies also show that in fighting flying insects a 10-20 µm droplet size is most effective. A fog cloud consisting of droplets in this range provides the greatest possibility of contact with flying mosquitos.

## Thermal foggers vs. ULV cold foggers

Both of these devices can be effective in mosquito control and both meet ULV standard: application quantity up to 5 liters/hectare with a corresponding droplet range of up to 50 µm. They differ in type of droplet preparation, which takes place pneumatically in a jet system or through rotation (spinning disc) for cold fog generators, and is thermo-pneumatic in thermal fog generators, whereby the preparation is injected into the hot exhaust flow of the device.

There is a major difference between the two systems, however. The capacity of the combustion chamber in portable thermal foggers ranges between 13-19 kW (approx. 17-25 HP), whereas the capacity of portable cold foggers is under 1.5 kW (approx. 2 HP). In devices which are mounted on motor vehicles, perform-

By  
Bernd L. Dietrich

Spraying method (limits not exactly defined)	Application quantity liter/hectare	Droplet size ( $\mu\text{m } \phi$ )		Types of machinery
		Spectrum	-vmd*	
High Volume (HV)	>600	>400	450->700	Field sprayers, coarse sprayers
Medium Volume (MV)	200-600	200-400	250-350	Lever-operated knapsack and compression sprayers
Low Volume (LV)	50-200	50-200	75-150	Mist blowers (motorized)
Very Low Volume (VLV)	5-50	0-100	25-50	Mist blowers with ULV attachment
Ultra Low Volume (ULV)	<5	0-50	15-20	Fog and aerosol generators

\* vmd = volume median diameter. Half of the spray volume consists of droplets smaller than the vmd; the other half contains larger droplets.

Table 1

Table 2

Droplet diameter ( $\mu\text{m}$ )	Spray liquid required (l/ha) for density of 1 droplet per $\text{mm}^2$ applied evenly to a flat surface	Number of droplets per $\text{cm}^2$ when spraying 1 l evenly over 1 ha
10	0.005	19,099
20	0.042	2,387
30	0.141	708
40	0.335	299
50	0.655	153
70	1.797	56
90	3.818	26
100	5.238	19
200	41.905	2.4
500	654.687	0.15

ance ranges between 35-45 kW (approx. 47-61 HP) for thermal foggers and between 6-13 kW (approx. 8-18 HP) for cold foggers. The output capacity and the ability to produce a correct spectrum of ULV droplets ( $< 50 \mu\text{m}$ ) is directly dependent on the power output of a machine. Thus, the output of droplets ranging up to  $< 50 \mu\text{m}$  is some 3 liters/hour with portable cold foggers, about 30 liters/hour with portable thermal foggers, up to 25 liters/hour with vehicle-mounted cold foggers and up to some 75 liters/hour with vehicle-mounted thermal foggers.



In theory, due to the higher output capacity of thermal fog generators compared with that of cold fog generators, with thermal foggers an area could be treated much faster, or respectively a much greater area could be fogged in the same amount of time, using an identical concentration of active ingredient. In many cases, however, greater coverage will not be attainable since the speed of an operator or vehicle depends on personal performance (walking speed) and/or

local terrain. In such cases there is a risk of exceeding the correct dosage if the total volume of the effective ingredient is administered to an area smaller than planned. This problem can be solved by adding a carrier ingredient such as diesel oil, kerosene, mineral or vegetable oil with similar viscosity to those chemical preparations which can be mixed with oil. This lowers the concentration of the active ingredient and allows for a slower operating speed. The same step

can also be taken with cold foggers when concentrations in the chemical preparation are especially high.

In general, for vector control the total application quantity of chemical preparation and carrier ingredients is between 4 and 6 l/ha for thermal fog generators and between 0.5 and 2 l/ha for cold fog generators, with an identical dose of active ingredient. A greater quantity of spray liquid can be an advantage in fighting

**Table 3**

Thermal fog generators	Cold fog generators
<b>A d v a n t a g e s</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>shorter application time due to higher flow rate (liter/hour)</li> <li>dense, visible fog, therefore perfect observation of fog distribution and fog drift</li> <li>lower concentration of the active ingredient</li> <li>psychological effect on people (something is "happening")</li> <li>people can escape direct contact with the fog cloud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>no traffic hazards because fog cloud is nearly invisible</li> <li>little or no quantities of carrier substances therefore reduced volume of output (liter/hectare) (but not of active ingredient)</li> <li>little or no smell caused by carrier substances</li> <li>lower noise level</li> </ul>
<b>D i s a d v a n t a g e s</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>cost of carrier substances</li> <li>strong smell of oily carrier substances</li> <li>possible traffic hazards through dense fog</li> <li>high noise level of the machines</li> <li>operation requires some experience</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>requires longer application time</li> <li>fog is hardly visible, therefore observation of fog distribution and fog drift is difficult</li> <li>people cannot easily avoid the fog cloud</li> <li>lesser psychological effect (nothing can be seen)</li> <li>higher concentration of active ingredient</li> </ul>



flying insects (mosquitos) with thermal foggers since the cloud is more dense, i.e. three times as many aerosol droplets are produced and the probability of insect contact is greater. The individual droplets contain a lower concentration of active ingredient, but this has practically no impact on the effectiveness of eradication.

Both devices are mainly used for vector control treatment of areas and spaces. Distribution of the fog cloud initially occurs through the power of the device, and continues thereafter through the cloud's own kinetic energy and with airflow. This produces a relatively wide swath of vapor which allows quick, widespread treatment. An immediate "knock-out" effect is achieved with all insects coming into contact with the cloud, although the residual effectiveness of the chemical preparation is extremely low. For this reason, in area and space treatment, effective ingredients which work on a contact and inhalation basis are preferred to systemic preparations. A wider droplet spectrum can also be achieved (VLV/LV) with both devices by increasing output (liters/hour). This makes residual spraying possible with the appropriate chemical preparations.

Table 3 summarizes the advantages and disadvantages of thermal and cold fog generators.

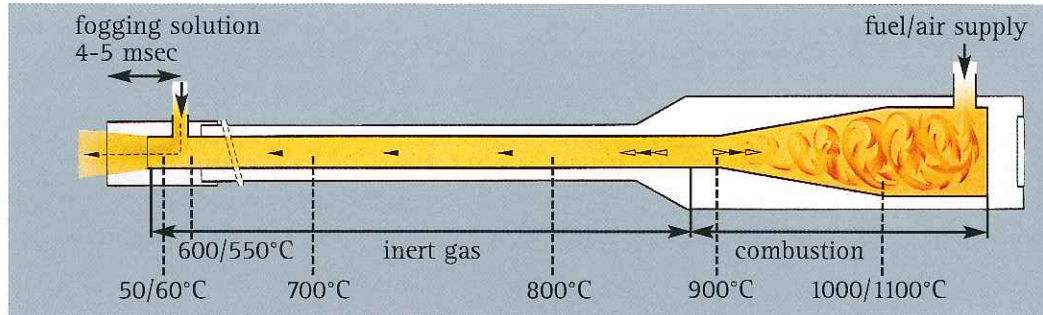


Figure 1

### Portable thermal fogger.

(Photo MOTAN Swingtec GmbH)



### Details on thermal foggers with regard to the operating temperature

It is often said that in thermal fogging, the temperature of the hot gas flow or the open flame destroys a portion of the active ingredient. This is not the case with high-quality devices which have been properly adjusted. Figure 1 shows a cross-section of a thermal fogger with its combustion stages and temperature ranges.

With a correctly adjusted, quality device, fuel combustion should take place in the combustion chamber and the back section of the resonator tube, achieving nearly 100% combustion. Hot exhaust is the only thing remaining within the resonator tube itself, containing ex-

cellent exhaust values of 0.03% CO and 13-14% CO<sub>2</sub>. The exhaust cools down to 600/550°C by the time it reaches the resonator area right in front of the opening for preparation injection. The preparation comes in contact with the hot exhaust flow. The pressure and temperature (thermo-pneumatic effect) convert the liquid into millions of tiny aerosol droplets. The high temperature of the exhaust is then absorbed by the droplets, cooling it down to 50°-60°C maximum. The droplets begin to evaporate, and the resulting latent heat drastically reduces the exhaust temperature. Through initial evaporation, each drop is surrounded by a gas shell which isolates the fluid and protects it from further evaporation. Although immeasurable, it is as-



sumed that the temperature within the droplet is lower than the 50°-60°C measured at the injection opening. The time lag between injection of the preparation and fog output at the tube is a mere 4-5 milliseconds - not long enough for the active ingredient to be thermally destroyed or diminished. As soon as the fog leaves the device, it adapts to the surrounding temperature. In this regard, it may be of interest to note that in animal husbandry, thermal foggers have been successfully used to administer highly temperature-sensitive inhalation vaccines. A thermal loss of ingredient effectiveness cannot be ruled out, however, if the device is poorly adjusted and the flame reaches the injection opening or extends outside the device.

It is recommended that all thermal foggers which make use of combustible preparations be fitted with an automatic preparation shut-off device. Should the machine be incorrectly used or stop due to lack of fuel, the shut-off device prevents the pressure in the chemical tank from feeding the fluid into the extremely hot combustion chamber, where it could ignite (fire hazard!).

## Application

As illustrated above, thermal and cold foggers produce droplets of comparable quality. The drops differ only slightly in weight, diameter, volume and breadth of droplet spectrum. From this we can deduce that physical properties are also identical as regards drifting, suspension and life span. Therefore, the following application tips apply equally to both methods.

Detailed studies have been published in the scientific literature which describe the behavior of aerosol droplets with regard to life span, suspension, falling speed, the effects of climatic factors, etc. Although these findings are significant, they are difficult, if not impossible, to follow and apply during spraying in the field, since the factors at work on site often cannot be clearly defined or undergo numerous changes during the course of an application. The following tips are intended to assist in the successful practical application of ULV methods.

### Droplet life span

Water droplets with a diameter of 20 µm evaporate completely in 2.3 seconds at a temperature of 20°C and relative humidity of 80%, and as fast as 0.7 seconds at a temperature of 30°C and

relative humidity of 50%. If the drops of ULV spray fluid were to behave in a similar way, the application would be completely

### Thermal fog application.



ineffective. It is important to keep the aerosol droplets active as long as possible so that they can do their job. Most ULV preparations are oil-based or contain additives which greatly inhibit evaporation. Oily carrier substances increase this effect even further, thus preventing the evaporation of even the smallest aerosol droplets over a longer period of time.



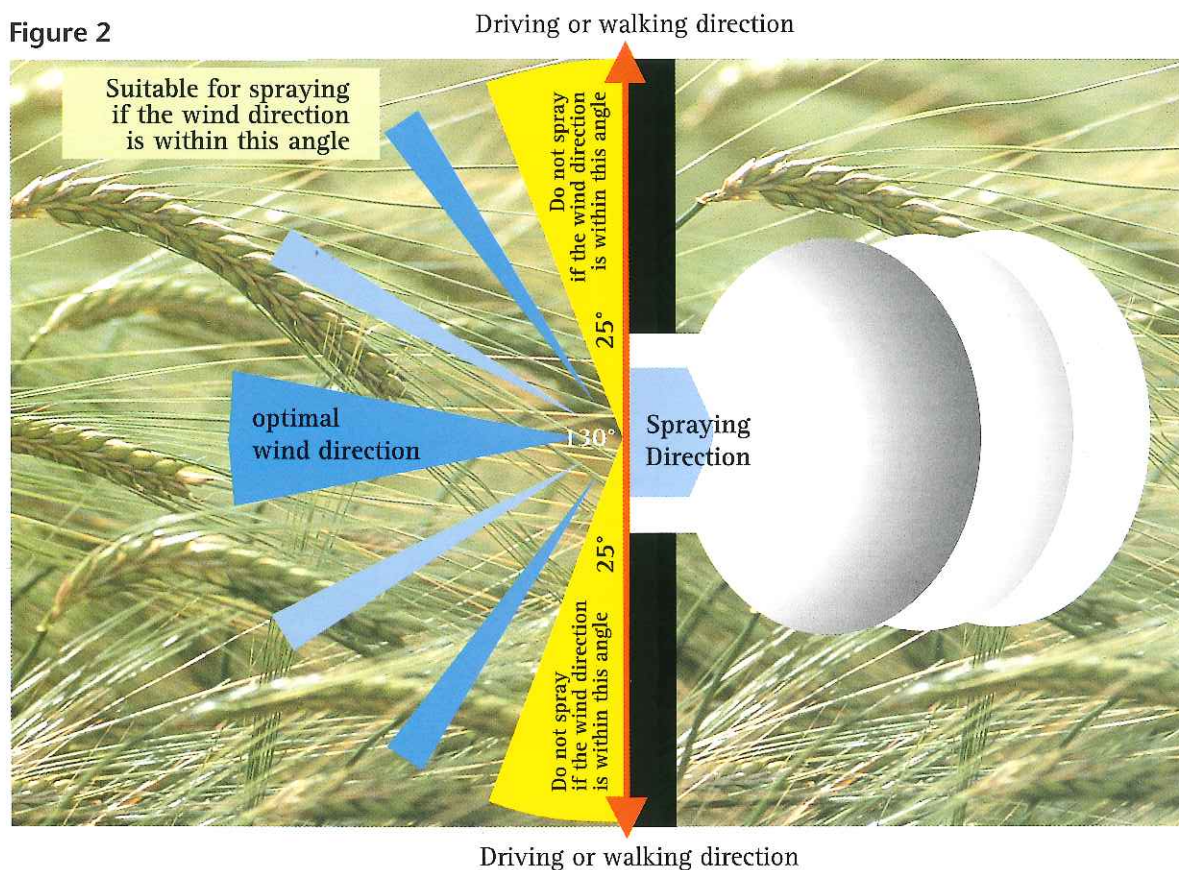
For environmental reasons, water-based ULV preparations have also been made available over the last few years. These

In applying water-based ULV preparations with thermal foggers, it is important to know that the droplet spectrum is far broad-

### Wind speed/swath width/wind direction

The strength of the wind is of great importance with regard to

Figure 2



formulations also contain substances which prohibit rapid evaporation. Should water-based preparations be used which do not contain additives to prevent evaporation, it is imperative that such an ingredient be added to the water, which is in this case the carrier substance. These additives could include glycols or emulsifiable mineral oils, and should make up 5%-10% of the carrier substance.

er - droplets of over 100 µm are even produced which fall to the ground directly in front of the device and are therefore ineffective. There are special high-performance fogging tubes on the market which can produce a droplet spectrum with watery fog preparations that nearly matches that of an "oil fog."

the distribution of the fog cloud.

Table 4 lists various wind forces and their corresponding wind speeds in keeping with the Beaufort scale. The observation of visible signs in the area contributes to the correct evaluation of wind conditions. Effective swath widths, which depend on wind speed, are also listed. Swath width is particularly crucial for calculating and adjusting the



output (liters/hour) of the device and walking or driving speed.

Windlessness or low wind speeds only allow for small swath widths of up to 50 m. At a wind force of 2 or 3 (up to 20 km/hour), greater swaths of 150 m and more are possible. Better saturation of vegetation and higher particle impact also result. This is especially desirable for the contact effect on flying pests in adult vector control.

The effective swath widths in Table 4 refer to application in an open area. The height and

density of vegetation, buildings and other obstacles prevent the fog from spreading. The higher and more dense vegetation and other such obstacles become, the less effective the swath width becomes. In such cases, as a rule of thumb, a reduction of 50% of swath width can be assumed.

Wind direction is also significant since the application of concentrated chemicals must not occur against the wind, unnecessarily exposing operators to the fog. Figure 2 shows where the spray can be applied depending on wind direction.

### Treatment procedure

Figure 3 illustrates typical area and space vector control treatment using ULV procedures.

For this example, we have assumed a wind force of 3 (speed of ca. 12.2-19.4 km/hour). This will produce a total swath width of some 130 m, whereby the effective swath width achieved is around 100 m and there is an overlap of 30 m. The overlap guarantees complete and even coverage of the target area. It is also practical to extend the actual treatment area beyond the target area to prevent a new on-

**Table 4**

Wind force	Description	Observations	Wind speed		Effective swath width / in m*		
			m/s	km/h	ULV	ULV-Plus	LV
Force 0	calm	smoke rises vertically	0.0 - 0.2	0.0 - 0.7	25 - 50	20 - 40	15 - 30
Force 1	light whiff	observable drift of smoke	0.3 - 1.5	1.1 - 5.4	35 - 70	25 - 50	20 - 40
Force 2	light breeze	rustle of leaves	1.6 - 3.3	5.8 - 11.9	50 - 100	35 - 70	25 - 50
Force 3	soft breeze	leaves and twigs are moving constantly	3.4 - 5.4	12.2 - 19.4	75 - 150	50 - 100	30 - 60
Force 4	moderate breeze	movement of small branches, whirl of dust and paper	5.5 - 7.9	19.8 - 28.4	Application possible with certain reservations**		

\* Effective swath width = total swath width ./ overlap (approx. 30%)

\*\* Application is only recommended under certain conditions at wind force 4, as the fog clouds swirl too strongly, reducing their effectiveness. Should application nevertheless take place under less than ideal conditions, a higher total application volume (more carrier substances with the same amount of active ingredient) must be used and walking or driving speed reduced to compensate for the lower concentration of the active ingredient.



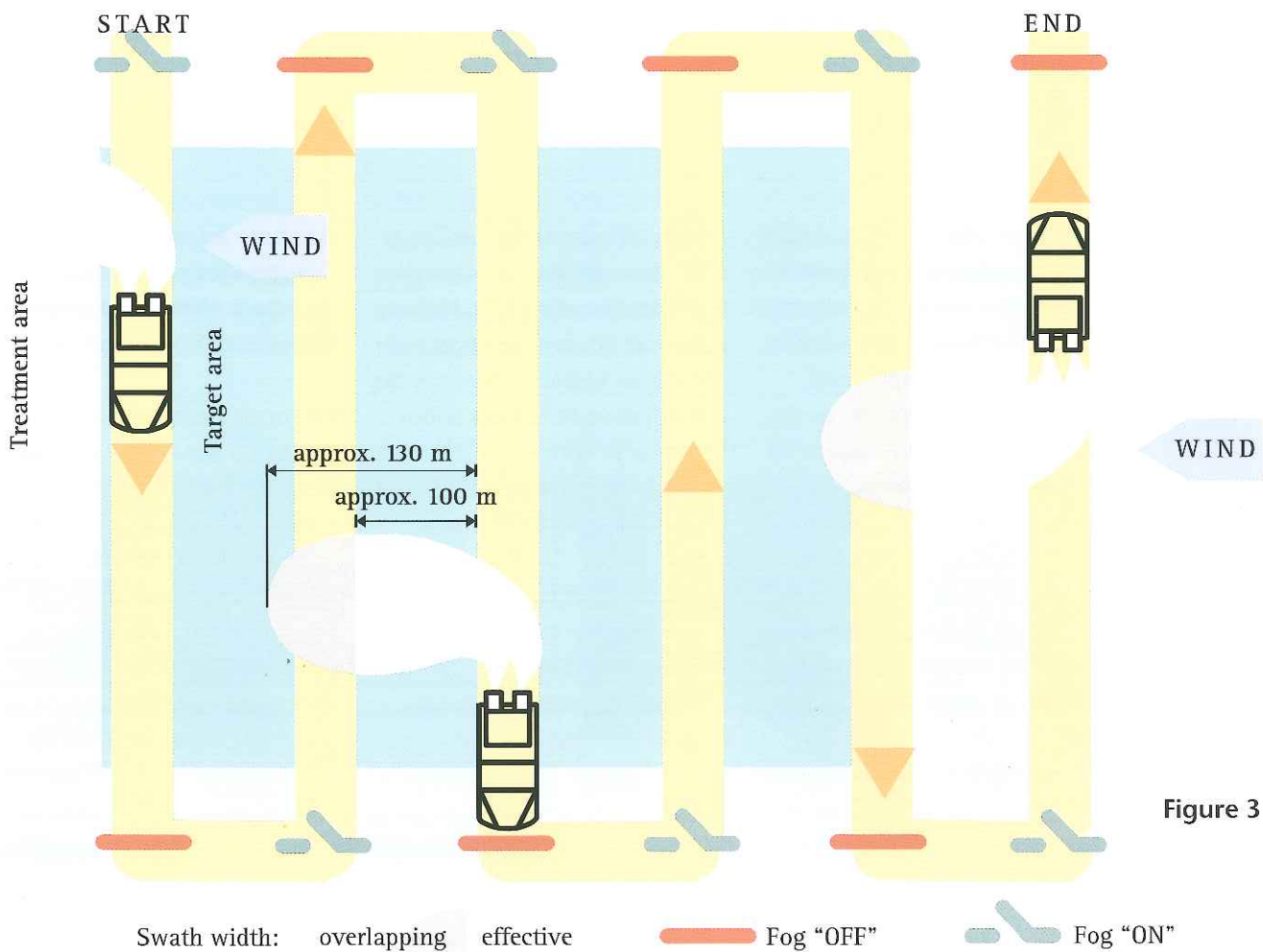


Figure 3

set of vectors from untreated areas as long as possible. The treatment area should be far larger than the target area when treating residential areas in particular.

It is imperative to switch off the fogging function every time the vehicle stops. This is also true for the route travelled from one fogging area to the next.

### Determining the adjustable output of the device and the driving or walking speed

Calculating the output rate  
The device's flow rate in liters/hour is determined by the following parameters:

- Speed of the vehicle or walking speed with portable devices (km/hour = 1,000 m/hour).
- Effective swath width according to [Table 4](#) (in meters).
- Quantity of the chemical preparation as per manufacturer information (liters/hectare = liters/10,000 m<sup>2</sup> in-

cluding any carrier substances).

### Determining driving or walking speed

The driving speed can be calculated as follows:

- Effective swath width according to [Table 4](#) (in meters).
- Quantity of the chemical preparation according to manufacturer instructions per hectare (in liters including any carrier substances).
- Area (in m<sup>2</sup>).
- Output rate (in liters/hour). →



**Formula for calculating output rate:**

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Speed} \\ \text{(meters/hour)} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{Swath Width} \\ \text{(meters)} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{Quantity} \\ \text{(liters/hectare)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Output amount to be adjusted} \\ \text{on the device (liters/hour)} \\ \hline \end{array}$$

For example:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Driving} \\ \text{speed:} \\ \text{10 km/hour =} \\ \text{10,000 m/hour} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{Effective} \\ \text{swath width:} \\ \text{50 m} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{Dosage: 0.5} \\ \text{liters/hectare =} \\ \text{0.5 liters/} \\ \text{10,000 m}^2 \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{10,000 \text{ m} \times 50 \text{ m} \times 0.5 \text{ l}}{\text{h} \times 10,000 \text{ m}^2} = \frac{50 \times 0.5 \text{ l}}{\text{h}} = 25 \text{ liters/hour}$$

**Formula for calculating driving speed:**

$$\frac{\begin{array}{|c|} \hline \text{Area (m}^2\text{)} \\ \hline \end{array}}{\begin{array}{|c|} \hline \text{Quantity per ha (l)} \\ \hline \end{array}} \times \frac{\begin{array}{|c|} \hline \text{Output Quantity (l/h)} \\ \hline \end{array}}{\begin{array}{|c|} \hline \text{Swath Width (m)} \\ \hline \end{array}} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Driving Speed (meters/hour)} \\ \hline \end{array}$$

For example:

$$\frac{\begin{array}{|c|} \hline \text{Area: 10,000 m}^2 \\ \hline \end{array}}{\begin{array}{|c|} \hline \text{Quantity per ha: 0.5 liters} \\ \hline \end{array}} \times \frac{\begin{array}{|c|} \hline \text{Output quantity: 25 liters/hour} \\ \hline \end{array}}{\begin{array}{|c|} \hline \text{Effective swath width: 50 meters} \\ \hline \end{array}}$$

$$\frac{10,000 \text{ m}^2 \times 25 \text{ l}}{0.5 \text{ l} \times 50 \text{ m} \times \text{h}} = \frac{250,000 \text{ m}}{25 \text{ h}} = 10,000 \text{ m/h} = 10 \text{ km/h}$$

**Time of application**

If at all possible, application via ULV methods should not take place at midday when the sun is at its strongest. Early morning and late afternoon hours are preferable.

As we have learned from the above application criteria, the ideal ULV application requires careful evaluation of swath width and correct calculation and adjustment of the fog generator's

output. Great precision and consistency in driving or walking speed is also a prerequisite for achieving an application which is as even as possible. This could be quite difficult in rough terrain or heavy traffic. State-of-the-art cold foggers solve this problem and make it possible to adjust output of the chemical preparation according to speed. This can be achieved by measuring speed at the vehicle axle or tachometer. The very latest devices

use a radar controller for a speed-synchronized chemical output (mode of output now liters/km instead of liters/hour) to avoid having to make adjustments to the vehicle. With these devices, it is also possible to program the spray application, locking it so as to prevent any alterations by the operator.

**References**

- 1) Lofgren, C. S., Anthony, D. W. and Mount, G. A.: "Size of aerosol droplets impinging on mosquitos as determined with a scanning electron microscope," *J. Econ. Ent.*, 1973.
- 2) Matthews, G.A.: *Pesticide Application Methods*, Longman 1992.
- 3) World Health Organization (1971): "Application and dispersal of pesticides," *WHO Tech. Rep. Ser. No. 465*.



Bernd L. Dietrich, who has a background in business administration and economics, is the executive shareholder of MOTAN Swingtec GmbH, based in Isny, Germany.



Bayer





## L'UTILISATION DES THERMONEBULISATEURS ET DES NEBULISATEURS A FROID (UBV) POUR LE CONTROLE INTEGRE DE VECTEURS - PRINCIPES, METHODES ET TECHNIQUES

Les éléments les plus importants pour un contrôle intégré et efficace des vecteurs sont :

- a) Recherche, étude sur le terrain, éducation
- b) Contrôle chimique des vecteurs:
  - larves
  - moustiques, par un traitement sur de grandes surfaces et traitement résiduel
  - protection personnelle par des moustiquaires imprégnées
- c) Gestion de l'environnement et hygiène

L'article ci-dessous traite du contrôle chimique des moustiques par la méthode ultra bas volume (UBV) avec les nébulisateurs thermiques et à froid.

### 1.) Méthodes de pulvérisation, quantités appliquées, tailles des gouttelettes

L'ultra bas volume (UBV) se définit comme la quantité minimale de liquide par unité de surface (formulation chimique ou ingrédient actif plus substances porteuses) nécessaire pour atteindre un contrôle efficace et économique des vecteurs.

Le volume de liquide à pulvériser dépend directement de la taille des gouttelettes que l'on arrive à produire avec les différentes méthodes de pulvérisation. La table 1 indique la relation entre le volume (en litres par hectares) et le spectre des gouttelettes.

Table 1

Méthode de pulvérisation (les limites ne sont pas définies précisément)	Quantité d'ap- plication en litres/hectare	Taille des gouttelettes ( $\mu\text{m } \phi$ )		Types de machines
		Spectre	~ v m d*	
Haut Volume (HV)	> 600	> 400	450 - >700	Pulvérisateurs agricoles Pulvérisateurs à dispersion grossière
Moyen Volume (MV)	200 - 600	200 - 400	250 - 350	Pulvérisateurs à dos opérés par levier et pulvérisateurs à compression
Bas Volume (LV)	50 - 200	50 - 200	75 - 150	Atomiseurs (avec moteur)
Très Bas Volume (VLV)	5 - 50	0 - 100	25 - 50	Atomiseurs avec dispositif ULV
Ultra Bas Volume (ULV)	< 5	0 - 50	15 - 20	Nébulisateurs et géné- rateurs aérosols

\* vmd (volume median diameter) = diamètre médian volumétrique. La moitié du volume nébulisé consiste en des gouttes plus petites que le dmv. L'autre moitié est formée de gouttelettes de taille plus grande.



La table 2 montre la cause de la grande différence qui existe entre les quantités appliquées avec les différentes méthodes. La colonne 2 nous indique la quantité théorique nécessaire par hectare pour une taille de gouttelettes déterminée (colonne 1) afin de couvrir chaque millimètre carré d'une surface de un hectare avec au moins une gouttelette. La colonne 3 montre le nombre de gouttelettes par centimètre carré lorsqu'on distribue uniformément un litre de liquide par hectare.

Table 2

Diamètre des gouttelettes ( $\mu\text{m}$ )	Quantité de liquide, appliqué uniformément sur une superficie plate, nécessaire (en l/ha) pour une densité de 1 goutte par $\text{mm}^2$	Nombre de gouttelettes par $\text{cm}^2$ en distribuant 1 litre uniformément sur une superficie de 1 hectare
10	0,005	19.099
20	0,042	2.387
30	0,141	708
40	0,335	299
50	0,655	153
70	1,797	56
90	3,818	26
100	5,238	19
200	41,905	2,4
500	654,687	0,15

La table 2 montre clairement qu'en appliquant des gouttelettes de très petite taille, la quantité de liquide nécessaire peut être considérablement réduite sans désavantage au niveau de la couverture. En effet, la distribution de petites gouttelettes est beaucoup plus uniforme et plus dense. En pourcentage, chaque gouttelette contient la même quantité d'ingrédient actif, étant donné que seul le volume des substances porteuses varie et non la quantité d'ingrédient actif de la préparation. Des études réalisées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) montrent également que les gouttelettes d'une taille de 10 - 20  $\mu\text{m}$  sont les plus efficaces pour combattre les insectes volants, parce que la probabilité de contact d'un moustique volant à travers un nuage de produit chimique composé de gouttelettes de cette taille est la plus grande.

## 2.) Comparaison entre les nébulisateurs thermiques et les nébulisateurs à froid UBV

Les deux types d'appareils sont utilisés avec succès pour le contrôle des moustiques, et l'un et l'autre répondent à la définition UBV: quantité à appliquer jusqu'à 5 litres/hectare avec un éventail correspondant de gouttelettes allant jusqu'à 50  $\mu\text{m}$ . Ils se différencient par le système de production des gouttelettes. Avec les nébulisateurs à froid, les gouttelettes sont produites au moyen d'un processus pneumatique, en utilisant un système de buses ou de rotation (disque giratoire), alors qu'avec les thermonébulisateurs le processus est effectué thermo-pneumatiquement, par injection de la préparation chimique dans le courant de gaz chaud s'échappant de l'appareil.



---

Il y a cependant une différence sensible de puissance entre les deux systèmes. La capacité de la chambre de combustion des thermonébulisateurs portables oscille entre 13 et 19 kW (environ 17 à 25 CV DIN), alors que celle des nébulisateurs à froid portables est inférieure à 1,5 kW (environ 2 CV DIN). Pour les appareils montables sur véhicule, la puissance varie entre 35 et 45 kW (environ 47 à 61 CV DIN) dans le cas de nébulisateurs thermiques, et entre 6 et 13 kW (environ 8 à 18 HP) dans le cas de nébulisateurs à froid. Le débit (litres/heure) d'un appareil et sa capacité à transformer un liquide afin de produire un bon spectre de gouttelettes UBV (c'est à dire, < 50 µm) dépend en grande partie de la puissance de l'appareil. Ainsi, le débit de gouttelettes d'une taille allant jusqu'à < 50 µm peut aller jusqu'à environ 3 litres/heure avec des nébulisateurs à froid portables, et jusqu'à environ 30 litres/heure avec des thermonébulisateurs portables ; pour les nébulisateurs à froid montés sur véhicule il va jusqu'à environ 25 litres/heure ; et jusqu'à environ 75 litres/heure pour les nébulisateurs thermiques montés sur véhicule.

Comparés aux nébulisateurs à froid, les nébulisateurs thermiques ayant une plus grande capacité de débit permettent théoriquement de traiter une surface donnée plus rapidement, ou bien de traiter une surface considérablement plus grande pendant la même durée de temps, en utilisant la même concentration d'ingrédient actif. Cependant, ceci ne sera souvent pas possible parce que la vitesse théorique à laquelle l'opérateur pourrait se déplacer (vitesse de marche dans le cas d'appareils portables) ou la vitesse du véhicule dépendent de la performance humaine ou de l'état du terrain. Il existe dans ce cas un risque de surdosage, étant donné que la quantité totale de préparation serait appliquée sur une surface plus petite que prévue. Ce problème peut être résolu en ajoutant un agent porteur, comme du gas-oil, du kérosène ou une huile minérale ou végétale ayant une viscosité similaire. Cela signifie que la concentration de l'ingrédient actif est diminuée et permet ainsi de réduire la vitesse de marche ou du véhicule. On procède de la même manière avec les nébulisateurs à froid, spécialement lorsque la formulation de la préparation chimique se présente à une concentration particulièrement élevée.

En général, pour le contrôle de vecteurs, la quantité totale de produit chimique et d'agents porteurs à appliquer oscille entre 4 et 6 litres/hectare, dans le cas de nébulisateurs thermiques, et entre 0,5 et 2 litres/hectare, dans le cas de nébulisateurs à froid, cependant que dans les deux cas la dose d'ingrédient actif sera identique. L'utilisation d'une plus grande quantité de liquide avec les thermonébulisateurs peut être un avantage pour lutter contre les vecteurs volants (moustiques), étant donné que le nuage produit sera plus compact et plus dense, c'est à dire que trois fois plus de gouttelettes aérosol sont produites et ainsi la probabilité de contact avec les insectes est nettement plus grande. Bien que la concentration en ingrédient actif de chaque gouttelette est plus basse, cela n'a pratiquement pas d'effet sur l'efficacité du traitement.

Pour le contrôle des vecteurs les deux types d'appareils s'utilisent principalement pour des traitements de surfaces et de l'espace. La distribution du nuage produit s'effectue tout d'abord par la puissance initiale fournie par l'appareil et continue ensuite par l'énergie cinétique propre au nuage et par le mouvement de l'air. On obtient ainsi un nuage relativement large, qui permet un traitement rapide sur de grandes surfaces. Il se produit un effet de choc (effet Knock-Down) immédiat avec tous les insectes qui entrent en contact avec le nuage, alors que l'effet résiduel de la préparation chimique est très faible. C'est la raison pour laquelle on préfère utiliser des ingrédients actifs agissant par contact ou par inhalation pour le traitement de surfaces ou de l'espace, plutôt que les agents systémiques. Cependant il est également possible avec les deux types d'appareils de produire des spectres de gouttelettes plus grands (VLV/LV) en augmentant le débit (litres/heure), ce qui rend possible des traitements à effet résiduel à base d'ingrédients actifs appropriés.



Les avantages et les inconvénients des thermonébulisateurs et des nébulisateurs à froid sont résumés dans la table 3.

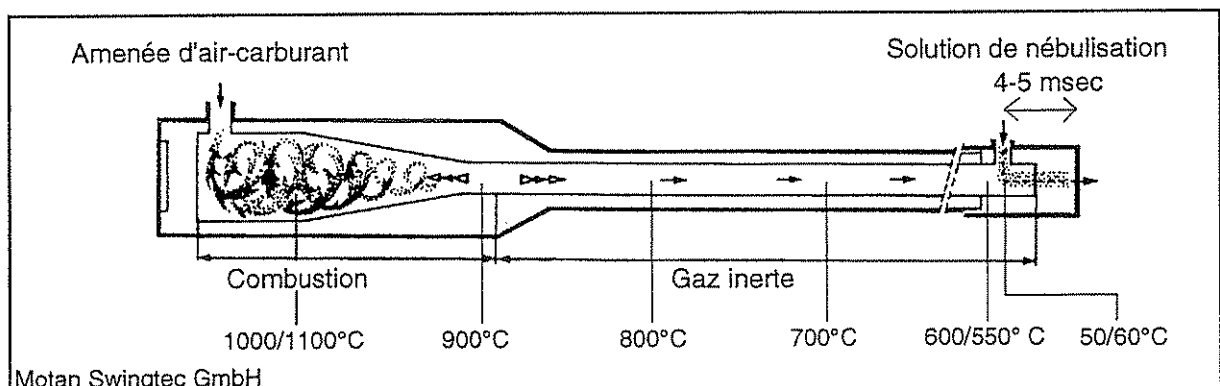
Table 3

	Nébulisateurs thermiques	Nébulisateurs à froid
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temps d'application plus court en raison du débit (litres/heure) plus élevé</li> <li>- brouillard dense et visible, la distribution du brouillard et le déplacement du nuage peuvent être parfaitement observés</li> <li>- concentration plus basse de l'ingrédient actif</li> <li>- effet psychologique sur le public (quelque chose se produit)</li> <li>- les gens peuvent éviter le contact direct avec le nuage de brouillard</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aucun danger pour le trafic parce que le nuage est presque invisible</li> <li>- petites quantités ou pas de substances porteuses du tout</li> <li>- pour cette raison, la quantité de liquide nécessaire (litres/hectare) est réduite (mais pas celle de l'ingrédient actif)</li> <li>- peu ou pas d'odeur provenant des substances porteuses</li> <li>- niveau sonore plus bas</li> </ul>
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> <li>- coût des substances porteuses</li> <li>- forte odeur des substances porteuses à base d'huile</li> <li>- danger possible pour le trafic en raison de la densité du brouillard</li> <li>- bruit élevé des appareils</li> <li>- l'utilisation des appareils demande de l'expérience</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nécessite un temps d'application plus long</li> <li>- le brouillard se voit à peine, et il est ainsi difficile d'observer la distribution et le déplacement du brouillard</li> <li>- il n'est pas facile d'éviter le brouillard</li> <li>- effet psychologique moindre (on ne voit rien)</li> <li>- concentration plus grande de l'ingrédient actif</li> </ul>

Particularités des nébulisateurs thermiques relatives à la température des appareils

Il est souvent dit, qu'avec la nébulisation thermique, la température de la colonne de gaz chaud ou bien la flamme nue détruisent une partie de l'ingrédient actif. Ce n'est pas le cas avec des appareils de haute qualité et lorsque le réglage correct de l'appareil est assuré. Le graphique 1 montre le schéma de la section transversale d'un nébulisateur thermique, avec les étapes de combustion et les niveaux de température.

Graphique 1



---

Sur un appareil de haute qualité et réglé correctement la combustion de l'essence doit s'effectuer dans la chambre de combustion et dans la partie arrière du résonateur, achevant une combustion de quasi 100 %. Ainsi dans le tube même du résonateur il ne reste plus que le gaz d'échappement chaud, qui possède par ailleurs d'excellentes valeurs d'échappement de 0,03 % CO et 13 à 14 % CO<sub>2</sub>. Jusqu'au bout du résonateur, immédiatement avant le point d'injection de la préparation, la température de ce gaz résiduel se refroidit à 600/550° C. La préparation entre en contact avec le courant de gaz chaud, et par l'effet de la pression et de la température (effet thermo-pneumatique) elle est déchirée en millions de petites gouttelettes aérosol. Par cela, la haute température du gaz est absorbée par les gouttelettes et est réduite jusqu'à 50 à 60 ° C au maximum. Le phénomène est le suivant : les gouttelettes commencent à s'évaporer et le froid dû à l'évaporation réduit considérablement la température du gaz. Par le début d'évaporation, il se forme autour de chaque gouttelette une enveloppe de gaz qui isole le liquide, le protège et de ce fait empêche la poursuite de l'évaporation. Bien qu'il ne soit pas possible de la mesurer, on peut cependant supposer, que la température à l'intérieur de la gouttelette est inférieure aux 50-60 °C mesurés à l'ouverture d'injection. La durée de séjour entre l'injection de la préparation à nébuliser et la sortie du brouillard est seulement de 4 à 5 msec., durée qui n'est pas suffisante pour détruire ou réduire par effet thermique l'efficacité de l'agent chimique actif. Dès que le brouillard quitte l'appareil, il prend la température ambiante. Une diminution de l'efficacité de l'ingrédient actif par dégradation thermique ne peut cependant pas être exclue lorsque sur des appareils mal réglés, la flamme arrive jusqu'au point d'injection ou sort même par le bout du résonateur. Dans ce contexte il devrait aussi être intéressant de noter que dans les élevages d'animaux, des vaccins par inhalation, très sensibles à la chaleur, sont appliqués avec succès avec des thermonébulisateurs.

Il est à noter, les nébulisateurs thermiques qui sont utilisés pour la nébulisation de préparations inflammables devraient toujours être pourvus d'un arrêt automatique du produit. Dans le cas d'une erreur de manutention ou si l'appareil s'arrête en raison d'un manque d'essence, ce dispositif évite que la pression présente dans le réservoir à produit continue d'injecter le produit, qui pourrait alors s'écouler le long du résonateur et remonter jusqu'à la chambre de combustion extrêmement chaude et s'y inflammer (risque d'incendie).

### 3. Application

Comme nous l'avons constaté ci-dessus, les nébulisateurs thermiques et les nébulisateurs à froid permettent de produire des gouttelettes de qualité similaire. Les gouttelettes varient un peu seulement en poids, diamètre, volume et par l'amplitude de leur spectre. Nous pouvons donc en déduire que les propriétés physiques sont également similaires en ce qui concerne les caractéristiques de dérivation, suspension et durée de vie et les conseils d'application ci-dessous sont donc valables pour les deux types d'appareils.

La littérature scientifique contient des études détaillées décrivant le comportement des gouttelettes aérosol en ce qui concerne leur durée de vie, caractéristiques de suspension, vitesse de précipitation, influence des conditions climatiques, etc... Bien que ces observations soient importantes, elles ne peuvent cependant que très rarement être prises en considération ou respectées au cours des applications pratiques, car souvent les facteurs d'influence sur le lieu du traitement ne sont pas définissables exactement, ou bien ils peuvent changer plusieurs fois au cours d'un même traitement. Les indications suivantes sont données dans le but de contribuer au succès d'un traitement avec la méthode UBV dans la pratique.

#### a) Durée de vie des gouttelettes

Les gouttelettes de 20 µm de diamètre s'évaporent complètement en 2,3 secondes à 20° C de température et à une humidité relative de l'air de 80 %, à 30° C de température et 50 % d'humidité relative de l'air elles s'évaporent en 0,7 secondes à peine. Si les gouttelettes d'un liquide à nébuliser UBV devaient se comporter de la même façon, le traitement serait complètement inefficace. Pour cela il est important de maintenir les gouttelettes aérosol actives aussi longtemps que possible, afin qu'elles puissent faire leur effet.

Dans la perspective de la protection de l'environnement, des préparations UBV à base aqueuse ont fait leur apparition sur le marché au cours de ces dernières années. Ces préparations contiennent également des substances qui freinent l'évaporation. Si l'on devait avoir affaire à des préparations à base d'eau qui ne contiennent pas d'additif pour prévenir l'évaporation, il est indispensable de rajouter un tel additif à la substance porteuse (dans ce cas l'eau).



Les additifs possibles sont par exemple des glycols ou des huiles minérales émulsifiables et ils devraient constituer entre 5 et 10 % environ de la substance porteuse.

Pour l'utilisation de préparations UBV à base d'eau avec des nébulisateurs thermiques, il faut savoir que le spectre de gouttelettes est beaucoup plus large et que même des gouttelettes de 100 µm sont produites qui tombent sur le sol directement devant l'appareil et qui sont par conséquent complètement inefficaces pour l'application. Il existe sur le marché des tubes de nébulisation à haute performance spéciaux, qui utilisés pour l'application de produits à base d'eau, permettent de produire un spectre de gouttelettes presque équivalent à celui d'un brouillard à base huileuse.

b) Force du vent, largeur du nuage et direction du vent

La vitesse du vent est d'une importance particulière pour exploiter au mieux les déplacements de l'air afin de distribuer le brouillard.

La table 4 indique diverses forces du vent et la vitesse correspondante selon l'échelle de Beaufort. L'observation de signes visibles dans l'environnement permet d'évaluer correctement les conditions du vent. La table ci-dessous montre également l'amplitude prise par le nuage de brouillard en fonction de la vitesse du vent. Cette amplitude est particulièrement importante pour le calcul et le réglage du débit (litres/heure) de l'appareil et de la vitesse de marche de l'opérateur ou du véhicule.

Lorsqu'il n'y a pas de vent ou lorsque la vitesse du vent est très faible, la largeur du nuage restera relativement étroite, jusqu'à un maximum de 50 m. Avec un vent de force 2 ou 3 (jusqu'à 20 km/h) des expansions beaucoup plus importantes allant jusqu'à 150 m et plus sont possibles. Dans ce cas on obtiendra également une meilleure pénétration de la végétation et une meilleure incidence des particules. Ceci est particulièrement désiré dans la lutte contre les vecteurs adultes pour arriver à un effet de contact avec les insectes nuisibles volants.

Table 4

Force du vent	Description	Observations	Vitesse du vent		Largeur effective du nuage en m*		
			m/s	km/h	ULV	ULV-Plus	LV
Force 0	calme	la fumée s'élève verticalement	0,0 - 0,2	0,0 - 0,7	25 - 50	20 - 40	15 - 30
Force 1	léger mouvement de l'air	la fumée va dans une certaine direction	0,3 - 1,5	1,1 - 5,4	35 - 70	25 - 50	20 - 40
Force 2	légère brise	bruissement de feuillage	1,6 - 3,3	5,8 - 11,9	50 - 100	35 - 70	25 - 50
Force 3	brise douce	feuilles et brindilles constamment en mouvement	3,4 - 5,4	12,2 - 19,4	75 - 150	50 - 100	30 - 60
Force 4	brise modérée	mouvement de petites branches, tourbillons de poussière et de feuilles de papier	5,5 - 7,9	19,8 - 28,4	L'application est possible avec certaines restrictions**		

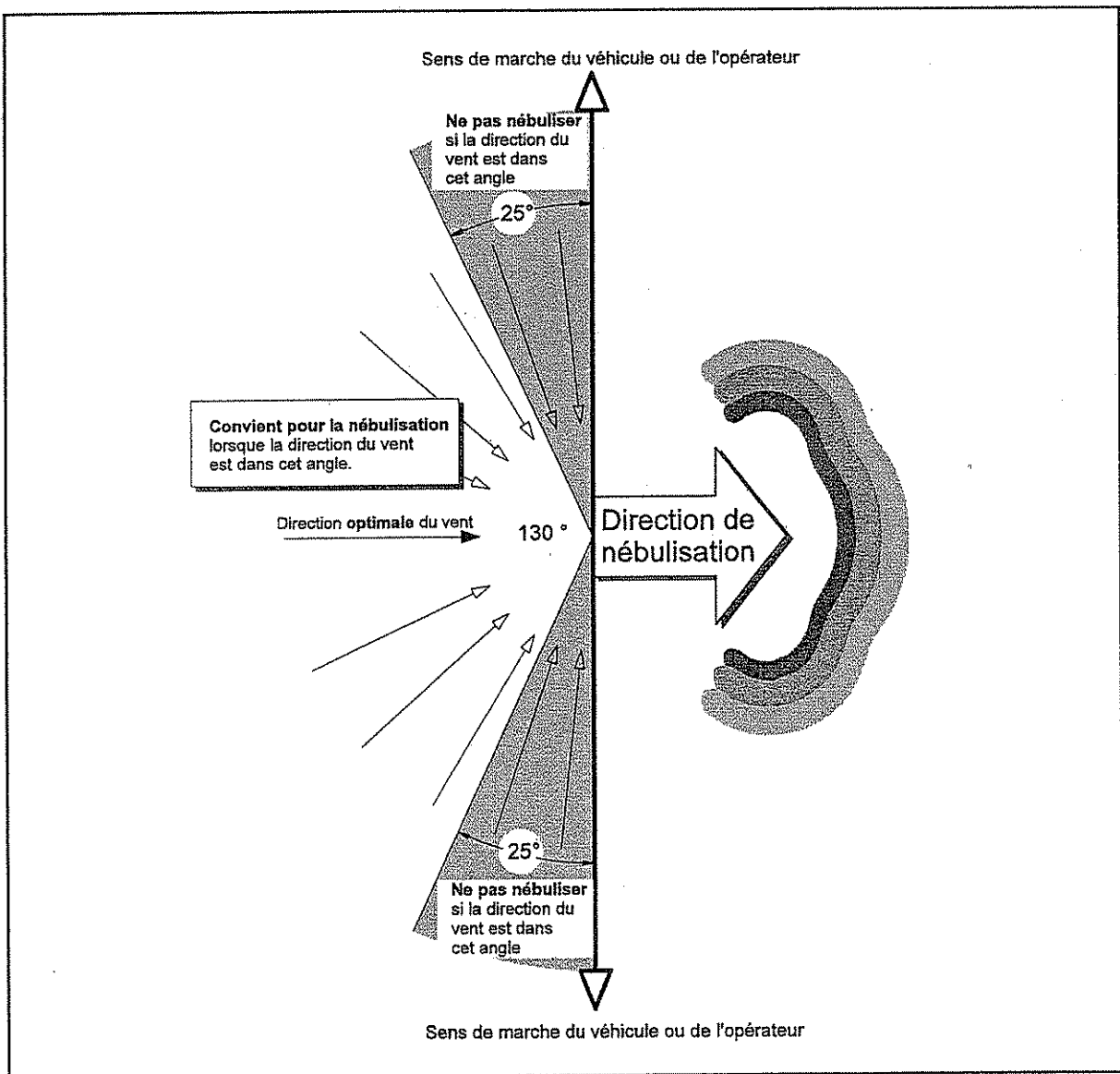
\* amplitude effective du nuage = amplitude totale du nuage ./ débordement (env. 30 %)

\*\* Avec des vents de force 4, les applications ne peuvent être recommandées que sous certaines conditions, étant donné que les nuages évoluent très rapidement ce qui entraîne une perte de leur efficacité. Si l'application devait se faire dans des conditions moins bonnes que les conditions idéales, il est recommandé d'appliquer un volume total plus grand (plus d'agent véhiculant avec cependant la même quantité d'ingrédient actif), et de réduire la vitesse de marche de l'opérateur ou du véhicule pour compenser la plus grande expansion du nuage et la concentration plus faible de l'ingrédient actif.

**Important:**

La largeur effective des nuages indiquée dans la table 4 réfère à des applications en terrain découvert. La hauteur et la densité de la végétation, de bâtiments ou d'autres obstacles constituent des barrières et entravent la dilatation du nuage. La largeur effective du nuage sera d'autant plus étroite que la végétation ou d'autres obstacles seront hauts et denses. Dans ces cas, en règle générale, on peut estimer une réduction de l'amplitude du nuage de jusqu'à 50 %.

La direction du vent est un autre facteur, car une application de produits chimiques concentrés ne devrait en aucun cas être faite face au vent afin de ne pas exposer inutilement les opérateurs au brouillard. Le croquis ci-dessous (Graphique 2) montre le champ d'action possible pour un traitement selon une direction du vent donnée.



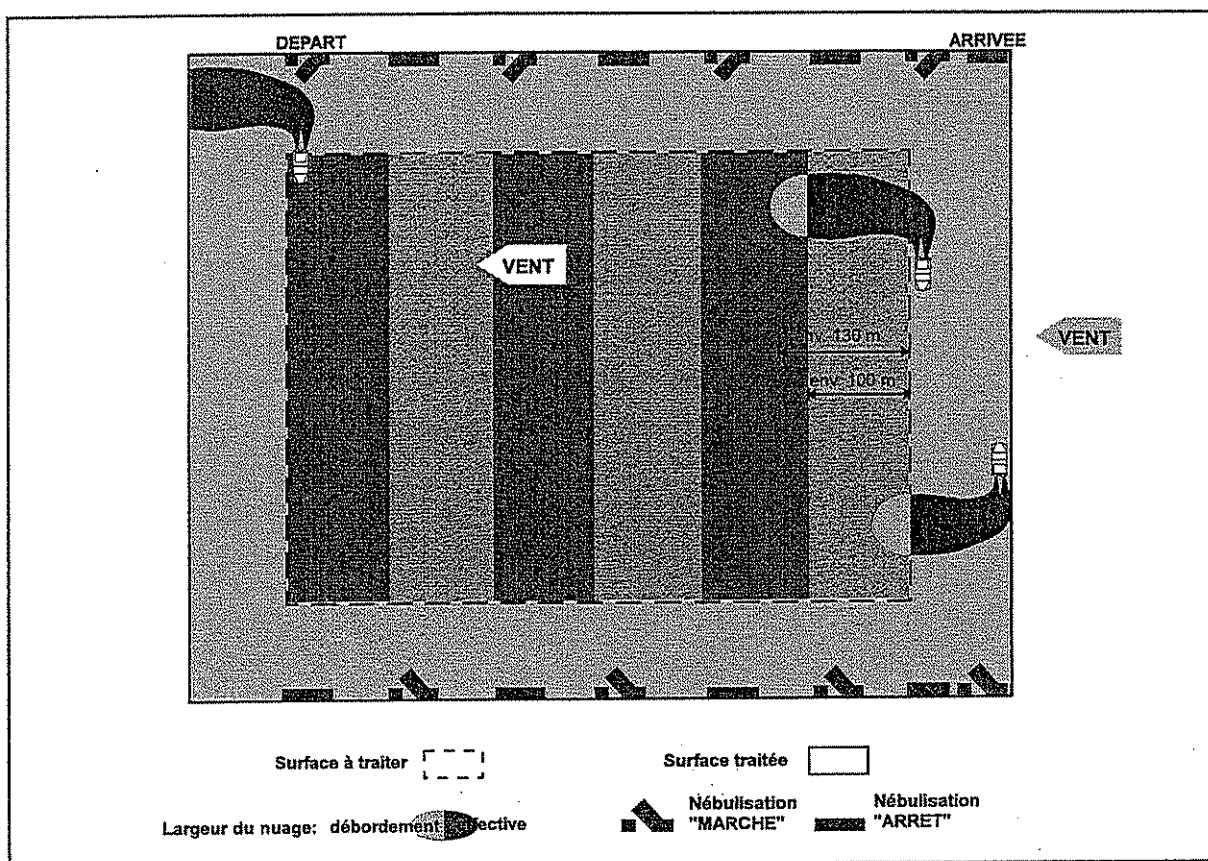
Graphique 2



c) Procédure de traitement

Le graphique 3 montre un exemple typique pour le contrôle de vecteurs par un traitement de la surface et de l'espace avec la méthode UBV.

Graphique 3



Dans cet exemple on suppose un vent de force 3 (vitesse entre 12,2 et 19,4 km/h). Ceci produira une expansion totale du nuage d'environ 130 mètres, dont la largeur effective sera d'environ 100 mètres avec un chevauchement de 30 mètres, ce qui garantira une couverture complète et uniforme de la zone à traiter. Il est toujours opportun d'aller au delà des limites de la zone à protéger et d'agrandir la surface de traitement, pour retarder autant que possible une nouvelle invasion de vecteurs provenant de zones non-traitées. Particulièrement dans les zones résidentielles la surface de traitement doit être beaucoup plus grande que l'aire à protéger.

Il est d'indispensable d'interrompre la nébulisation chaque fois que le véhicule s'arrête. Ceci est également valable pour la distance de passage d'une section de nébulisation à la suivante.

#### 4) Comment déterminer le débit de l'appareil et la vitesse de marche de l'opérateur ou du véhicule

##### 4.a Comment calculer le débit

Le débit de l'appareil en litres/heure se détermine en fonction des paramètres suivants :

- Vitesse du véhicule ou vitesse de marche de l'opérateur avec des appareils portables (km/heure = 1.000 mètres/heure)
- Amplitude effective du nuage selon la Table 4 (en mètres).
- Volume total de préparation chimique selon les instructions du fabricant (litres/hectare = litres/10.000m<sup>2</sup> incluant d'éventuelles substances porteuses).

Le calcul se fait suivant la formule suivante :

Vitesse (mètres/heure) x Largeur du nuage (mètres) x Quantité (litres/hectare)

= Débit à régler sur l'appareil (litres/heure)

Exemple:

Vitesse du véhicule:	10 km/heure = 10.000 m/heure
Largeur effective du nuage:	50 m
Dosage:	0,5 litres/hectare (0,5 litres/10.000m <sup>2</sup> )
$\frac{10.000 \text{ m} \times 50 \text{ m} \times 0,5 \text{ l}}{h \times 10.000 \text{ m}^2}$	$= \frac{50 \times 0,5 \text{ l}}{h} = 25 \text{ litres/heure}$

##### 4.b Comment déterminer la vitesse de marche de l'opérateur ou du véhicule

La vitesse du véhicule peut être déterminée de la manière suivante :

- Largeur effective du nuage selon la table 4 (en mètres)
- Dose de produit chimique par hectare selon les instructions du fabricant (en litres, et incluant une éventuelle substance porteuse)
- Surface (en m<sup>2</sup>).
- Débit (en litres/heure).

On applique la formule suivante :

$$\frac{\text{Surface (m}^2\text{)} \times \text{Débit (l/h)}}{\text{Dose par hectare (l)} \times \text{Largeur effective du nuage(m)}} = \text{Vitesse du véhicule (m/h)}$$

Exemple:

Largeur effective du nuage	50 m
Dose par hectare	0,5 l
Surface	10000 m <sup>2</sup>
Débit	25 litres/heure
$\frac{10.000 \text{ m}^2 \times 25 \text{ l}}{0,5 \text{ l} \times 50 \text{ m} \times h}$	$= \frac{250.000 \text{ m}}{25 \text{ h}} = 10.000 \text{ m/heure} = 10 \text{ km/heure}$



---

## 5) Moment de l'application

Un traitement avec la méthode UBV ne devrait pas si cela est possible être fait pendant les heures de radiation solaire intense du milieu de la journée, mais plutôt dans les premières heures de la matinée ou en fin d'après midi.

Les critères d'application décrits ci-dessus montrent clairement qu'une application correcte avec la méthode UBV demande une évaluation précise de la largeur du nuage et le calcul et le réglage correct du débit de l'appareil. Pour atteindre une répartition homogène de la préparation sur l'aire à traiter, il est indispensable de toujours respecter la vitesse de marche de l'opérateur ou bien du véhicule, ce qui demande une grande discipline et de l'exactitude, voire se révèle être particulièrement difficile sur un terrain accidenté ou bien dans le trafic urbain.

Les nébulisateurs à froid modernes résolvent ce problème et permettent un débit de la préparation chimique en fonction de la vitesse de marche. Ceci peut être réalisé soit par une mesure de la vitesse sur l'essieu ou le compteur de vitesse du véhicule, ou bien alors, comme c'est le cas sur les appareils de la dernière génération, sans intervention sur la véhicule, par un réglage du débit synchronisé à la vitesse du véhicule et contrôlé par radar (dans ce cas le débit est indiqué en l/km, au lieu de l/h). Avec ces appareils modernes il est également possible de régler un programme d'application et d'en bloquer les données afin d'exclure toute possibilité de manipulation par le personnel de service.

### Photos:

- Nébulisateur à froid avec débit synchronisé en fonction de la vitesse du véhicule contrôlé par un radar (Photo MOTAN Swingtec GmbH)
- Nébulisateur thermique portable (Photo MOTAN Swingtec GmbH)

### Références

Lofgren, C.S., Anthony, D.W. and Mount, G.A., Size of aerosol droplet impinging on mosquitos as determined with a scanning electron microscope, J. Econ Ent., 1973

Matthews G.A., Pesticide Application Methods, Longman 1992

Organisation Mondiale de la Santé (1971): "Application and dispersal of pesticides", WHO Tech. Rep. Ser. No. 465.