

## Évaluation et amélioration des techniques disponibles d'épandage aérien et terrestre

**Optimiser les traitements aériens et trouver des solutions alternatives terrestres sont les objectifs du projet de recherche Optiban, afin d'aider les acteurs de la filière antillaise de production de bananes à lutter efficacement contre les maladies du bananier tout en respectant les réglementations et en préservant l'environnement. Focus sur les différents travaux engagés et les premiers résultats des études.**

### Les traitements aériens

#### État des lieux des applications aériennes contre les cercosporioses du bananier en Martinique et Guadeloupe

L'avion et l'hélicoptère permettent de traiter les bananeraies. En Martinique, seul l'hélicoptère est employé depuis janvier 2010 ; en Guadeloupe, les deux types d'aéronefs sont utilisés avec une prédominance de l'avion. En effet, la topographie de la sole guadeloupéenne (plus de grandes parcelles et en terrain plat) autorise l'utilisation de cet appareil, plus rapide mais moins maniable.

La dose de pulvérisation préconisée est de 15 litres par hectare de bouillie constituée d'huile paraffinique agricole avec ou sans incorporation de fongicide (triazoles : SICO et TILT, respectivement de zone de non-traitement, ZNT, de 5 et 50 m). L'application de produit se fait *via* des buses de pulvérisation montées sur des rampes situées sous les appareils. Le produit est pulvérisé à environ deux mètres au-dessus de la canopée.

Les objectifs de diminution de la pollution des milieux par les pesticides et de respect des zones tampons mises en place ont conduit à modifier ces pratiques d'épandage aérien. Ainsi, le type de buses mais aussi la longueur des rampes, en tant que paramètres déterminants du potentiel de dérive, ont fait l'objet d'évaluations.

#### L'amélioration des traitements aériens

Deux axes de travail ont été identifiés. Le premier axe a consisté en un travail d'analyse-conception d'un outil informatique, Banatrace. Conçu pour les gestionnaires de lutte, il répond aux différents besoins de traçabilité imposée par la réglementation récente sur les épandages aériens. Cet outil permet la programmation des traitements, l'enregistrement des données, telles que la date, les tracés GPS des aéronefs, le produit phytosanitaire

utilisé ou la dose pulvérisée à l'hectare, ainsi que leur archivage et leur transfert aux administrations de contrôle (cf. article page 18).

Le second axe a concerné l'équipement proprement dit de pulvérisation. À la suite d'études préalables (Cooperative extension service, 1983) et de l'expérience acquise par le Cemagref sur la dérive aérienne (rapports internes), plusieurs solutions techniques de réduction de la dérive avaient déjà été mises en œuvre aux Antilles :

- l'utilisation des buses à injection d'air en remplacement des buses à turbulence (Teejet D6 pour les avions ou ATR pour les hélicoptères),
- la diminution de la longueur de rampe à 60 % de l'envergure des ailes ou du diamètre du rotor.

Les travaux complémentaires menés en 2009 dans le cadre du projet Optiban, en Martinique et Guadeloupe, ont visé à confirmer les premiers résultats obtenus et tester d'autres solutions telles que l'utilisation de différentes buses à injection d'air ou une diminution encore plus importante de la longueur des rampes.

#### Matériels et méthodes

L'évaluation de la pulvérisation sur une parcelle consiste d'une part, à mesurer la quantité de produit (bouillie) déposé sur la cible et, d'autre part, la quantité de produit qui se dépose au-delà de la cible. Dans le cadre de cet article, nous ne présentons que les résultats principaux relatifs à la fraction se déposant sur une parcelle sous le vent de la parcelle traitée. Cette mesure suit les recommandations de la norme dérive au champ ISO 22866. Le principe de mesure repose sur l'utilisation d'un traceur fluorescent ajouté à la bouillie et dosé par spectrofluorimétrie. L'échantillonnage se fait *via* des collecteurs constitués par des boîtes de Pétri disposées en six lignes distantes de 5, 10, 20, 30, 50 et 100 m du bord de la parcelle traitée. Chaque ligne est constituée de vingt collecteurs disposés à 20 cm du sol (figure 1).

Les applications sont réalisées pour une dose de traitement visée de 15 litres par hectare, au-dessus d'une parcelle en production, exposée de façon à ce que la direction principale du vent soit perpendiculaire au sens de passage de l'aéronef (à +/- 30°). La vitesse du vent doit être comprise entre 1 m/s et 5 m/s (traitement aérien interdit au-delà de 19 km/h, soit 5,3 m/s) et la température ambiante inférieure à 30 °C pour limiter la phytotoxicité liée à un excès d'huile (brûlures).

Différentes configurations matérielles ont été comparées, sur trois types d'aéronefs (hélicoptère Bell 47, hélicoptère Hughes 300, avion Cessna 188). Les paramètres de chaque configuration ont concerné :

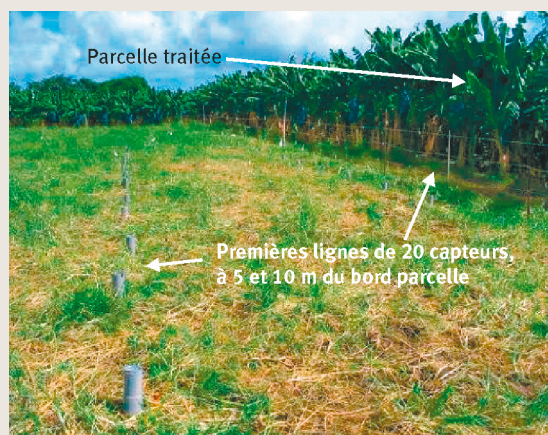
- le type de buses utilisées (à turbulence : Teejet, ATR, ou à injection d'air, basse ou haute pression : CVI ; AVI),
- la largeur de rampe : 60 % ou 50 % du diamètre du rotor,
- l'installation d'un système de déflecteur sur avion.

### Résultats

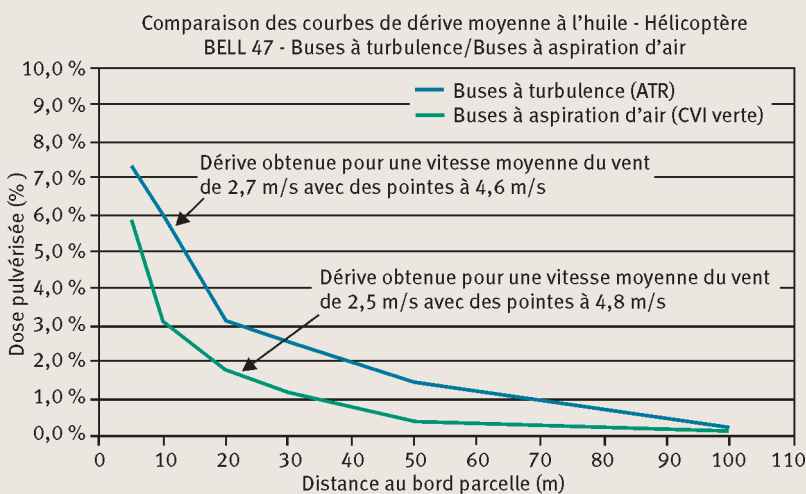
La réduction des rampes de 60 % à 50 % du diamètre du rotor sur le Bell 47 ont apporté une réduction de la dérive mesurée de l'ordre de 45 % (buses à turbulence ;

mesures à l'eau). L'utilisation des buses à injection d'air basse pression (de type CVI) sur hélicoptère ont permis de limiter la dérive de 50 % à l'huile et de 60 % à l'eau, par rapport à des buses à turbulence (figure 2).

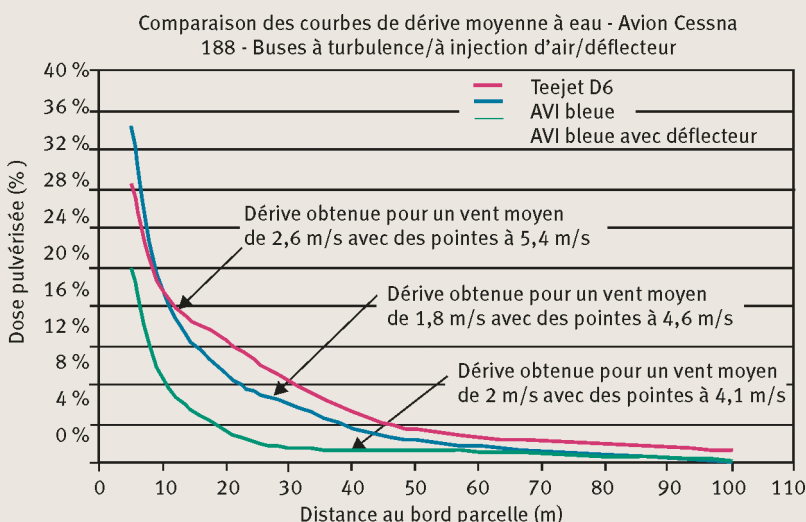
#### 1 Dispositif expérimental sur la zone « dérive ».



#### 2 Graphiques des résultats obtenus sur la réduction de la dérive de pulvérisation aérienne.



Bell 47 en traitement.



Cessna 188 équipé de déflecteur.

► Sur avion, les résultats obtenus à l'huile n'ont pas permis de mettre en évidence une amélioration importante liée à l'utilisation de buses à injection d'air AVI par rapport aux buses à turbulence Teejet D6. À l'eau, la réduction de la dérive constatée a été de l'ordre de 35 % par rapport à ces dernières buses. Quant à l'utilisation d'un système de déflecteur ajouté sur les ailes, conjugué à des buses à injection d'air, elle a permis de réduire la dérive de pulvérisation de l'ordre de 60 % par rapport à des buses à turbulence, sans déflecteur. Ce système de déflecteur n'est pas pour le moment homologué au niveau de la réglementation de la navigation aérienne. J.-M Dardoize de la société TAC (en charge des traitements aériens en Guadeloupe), concepteur de ce système qui apparaît être une piste intéressante, poursuit ses investigations en vue d'une homologation.

À noter que le vent étant un paramètre déterminant sur le phénomène de dérive, il convient de comparer les essais entre eux pour des conditions de vent similaires. Paradoxalement, un vent important peut conduire à un résultat de dérive mesurée plus faible car une fraction du produit est transportée au-delà de la zone de collecte. Ainsi, le résultat obtenu avec les buses Teejet doit être considéré en tenant compte de cette remarque.

#### Conclusion sur le traitement aérien

Ces moyens techniques de réduction de la dérive, couplés à un équipement GPS à bord et à la cartographie intégrée des zones tampons, peuvent donc permettre de diminuer la contamination des milieux. Une meilleure maîtrise des applications aériennes peut ainsi être mise en œuvre sur les zones à traiter. Cependant, quelle que soit la décision de l'État français d'accorder une dérogation pour les traitements aériens ou non, les zones d'interdictions de traitement (ZITA) sont à traiter par une méthode alternative terrestre. Ainsi, des recherches ont été menées en parallèle afin d'étudier les solutions de traitement terrestre.

#### Les traitements terrestres

Une analyse des moyens disponibles « sur le marché » a été réalisée afin d'évaluer leur efficacité et leur adéquation avec les exigences du traitement contre la cercosporiose dans une région tropicale ultrapériphérique : contraintes topographiques avec des pentes supérieures à 45 % ; milieu humide propice au développement des champignons et nécessité d'une réponse rapide pour une lutte efficace ; respect des normes françaises et/ou européennes concernant la sécurité des opérateurs et les réglementations sur les véhicules.

#### Évaluation de solutions de traitement terrestre existantes

Différentes méthodes de traitement terrestre ont été évaluées dans le cadre du projet Optiban :

- le traitement par pulvérisateur à dos, méthode appliquée dans la plupart des cas en l'absence d'autre alternative terrestre opérationnelle à ce jour ;
- les canons de pulvérisation, utilisés pour le traitement contre la cercosporiose aux Philippines par exemple, ainsi que dans quelques exploitations bananières des Antilles françaises. Ces canons nécessitent un véhicule gros porteur circulant autour des parcelles, sur des terrains relativement plats : « solution gros porteur » ;



❶ Pulvérisateur à dos.

- des systèmes de pulvérisation de moins grande portée, à coupler avec un véhicule porteur plus maniable et capable de franchir des pentes importantes : « solution petit porteur ».

#### Le traitement par pulvérisateur à dos

Le traitement à dos (photo ❶), utilisé actuellement pour traiter les ZITA, pose un important problème pour la sécurité de l'opérateur. En effet, ce dernier se trouve directement exposé au produit pulvérisé. Il est tenu de porter un EPI (équipement de protection individuel) lors de la préparation de la bouillie, de l'application et du nettoyage du matériel. L'observation des comportements lors des traitements et l'évaluation des connaissances de l'opérateur sur les risques encourus lors des applications ont été réalisées à l'aide de films et d'enquêtes (Hughes *et al.*, 2007).

Les conclusions de ces études montrent que les EPI ne sont pas adaptés aux milieux chauds et humides et sont souvent négligés par les opérateurs car très inconfortables ou inappropriés. Les lunettes de protection sont rapidement huileuses et l'opérateur doit les nettoyer régulièrement à l'aide d'un mouchoir souillé par le produit. Des contacts indirects négligés ou méconnus avec les produits surexposent les opérateurs. Les combinaisons jetables sont mal gérées (réutilisées par exemple) ; des équipements de protection cutanée non appropriés peuvent être utilisés : un mauvais type de protection ou une combinaison non homologuée pour une pulvérisation vers le haut (elle doit toucher les feuilles du bananier, situées entre 1,5 et 5 m de hauteur) peuvent être des exemples. Les opérateurs sous-estiment les périodes d'exposition aux produits phytopharmaceutiques et sont mal informés des risques. Ils n'ont pas la démarche de réaliser une analyse du risque phytosanitaire.

Un important travail de sensibilisation est donc à mener par les groupements de producteurs qui sont un relais d'information essentiel auprès des opérateurs et des chefs de culture et d'exploitation.

### Le traitement par canon (solution « gros porteur »)

Une autre méthode de traitement est le canon de pulvérisation, tel qu'utilisé plus communément à l'étranger (Philippines) ou dans certaines exploitations bananières des Antilles. Dans la continuité d'investigations portant sur la qualité de pulvérisation liée au type de buses et à la taille des canons (Salyani *et al.*, 1992), des évaluations en vraie grandeur dans le contexte des Antilles ont été réalisées en 2008 et 2009. En effet, compte tenu de la portée de 30 à 70 m annoncée par les constructeurs et de la productivité attendue, ces appareils pouvaient apparaître comme des moyens d'application très intéressants.

Les essais réalisés par le Cemagref dans le cadre du projet (figure ③) ont porté sur quatre appareils : Canon pneumatique Berthoud avec cellules Speedair ou Supair ; Hardi Zenit 400 : jet porté ; Canon pneumatique Martignani B612 ; Canon pneumatique Martignani B819. Ils ont été caractérisés d'après les critères suivants :

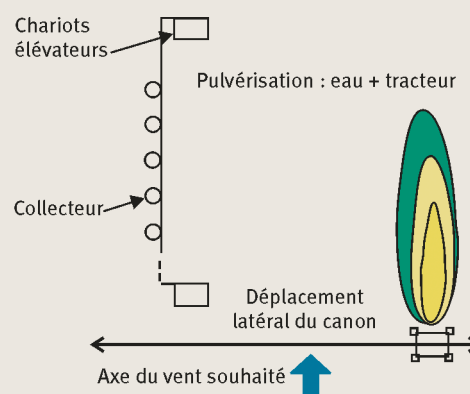
- la « portée efficace avec recouvrement (PER) » : celle-ci intègre en plus de la « portée efficace nette » (PEN<sup>1</sup>), la zone où au moins 37,5 % du volume appliqué sont récoltés. En effet, si au moins 37,5 % du volume appliqué sont récoltés au premier passage et 37,5 % au deuxième passage, un volume appliqué acceptable (i.e. au moins 75 % du volume appliqué) est retombé sur cette zone de recouvrement,
- la répartition de ce volume sur la portée totale du jet,
- le volume recueilli sur la cible,
- les pertes totales estimées par le biais du calcul du taux de récupération (volume recueilli/volume émis).

Un dispositif expérimental a été mis en œuvre permettant de travailler hors végétation à 5-6 mètres de hauteur pour s'adapter aux contraintes techniques des appareils. Il s'agissait d'un câble tendu entre deux chariots élévateurs. Le câble était équipé de soixante collecteurs (boîtes de Pétri) disposés tous les mètres. Chaque appareil, préalablement réglé pour appliquer une dose de 40 litres par hectare (débit liquide, vitesse d'avancement), a réalisé quatre passages successifs, perpendiculaires à cette ligne, en pulvérisant de l'eau additionnée d'un traceur. La hauteur du dispositif a été ajustée pour se situer à environ un mètre au-dessous de l'axe de pulvérisation de chaque canon.

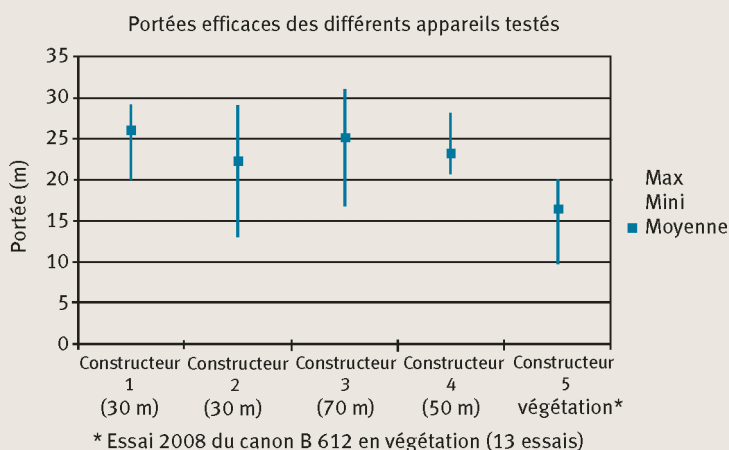
Les portées efficaces avec recouvrement mesurées pour les différents canons ont donné des valeurs comprises entre 20 m et 25 m (figure ④), soit des portées inférieures de 50 à 80 % aux valeurs annoncées par les constructeurs.

La qualité de la pulvérisation quant à elle, a été évaluée à partir des critères d'homogénéité de répartition, du respect de la dose visée et du taux de récupération. Les canons ont donné une courbe de répartition en forme de cloche correspondant à un surdosage (2,5 à 3,5 fois la dose) au sommet du pic. Les taux de récupération ont été de 30 à 40 % pour l'ensemble des appareils évalués. Par ailleurs, au vu des portées obtenues lors des essais, les traces en bord de champ ne pourraient suffire aux passages des canons pour le traitement des 50 m en ZITA. Des aménagements de nouvelles traces ou une association avec d'autres moyens de traitement seraient donc nécessaires si les canons se trouvaient utilisés.

#### ③ Protocole de mesures « canons ».



#### ④ Mesures des portées efficaces avec recouvrement des canons de pulvérisation.



1. La « portée efficace nette » est définie comme la distance jusqu'à laquelle au moins 75 % du volume appliqué sont retrouvés.

Il est donc apparu qu'en termes de qualité d'application et de quantité de produit perdu (potentiellement soumis à la dérive), aucun des appareils testés ne permet une application satisfaisante au regard des attentes des professionnels et de la protection de l'environnement. Ainsi, un canon ne peut être considéré comme un substitut générique au traitement aérien. Toutefois, dans les cas d'impossibilité d'application aérienne, le recours à l'utilisation de canons peut être envisagé dans des cas spécifiques.

Ces préconisations ont, par ailleurs, été confortées par des travaux de recherche expliquant l'origine du type de distribution obtenue par un canon, en couplant des mesures de granulométrie laser aux dépôts au sol (Douzals *et al.*, 2010). Ainsi, par principe, un canon ne peut générer une distribution suffisamment homogène. D'autres solutions ont donc été étudiées, avec pour objectifs une bonne qualité de pulvérisation, une capacité de franchissement des pentes importantes ainsi

► qu'une possibilité de traiter en limitant les aménagements des parcelles, sans oublier les aspects relatifs à l'impact sur la végétation (pénétration de l'engin) et de la stabilité des sols (tassement, orniérage). Ces différents aspects étant en jeu, les recherches ont porté à la fois sur un système de pulvérisation efficace et sur la sélection d'un engin automoteur porteur de ce matériel d'application, un couplage entre les deux systèmes étant par la suite envisagé afin d'aboutir à un appareil de traitement répondant aux objectifs mentionnés ci-dessus.

### L'étude des systèmes de pulvérisation compatibles avec les objectifs du traitement terrestre

#### Critères de recherche sur les solutions de pulvérisation pour le petit système de traitement

La recherche d'un système de pulvérisation adapté au traitement terrestre a commencé début 2009. Les objectifs à atteindre étaient :

- un traitement d'une portée efficace avec recouvrement de 11 m au minimum,
- une qualité de traitement compatible avec les objectifs de protection de la culture,
- un dispositif capable d'être embarqué sur un engin mobile se déplaçant à une vitesse de 2,5 à 5 km/h sur des pentes allant jusqu'à 45 %, avec des dévers de 15 %,
- une mise en œuvre rapide nécessitant relativement peu de développement industriel donc pouvant être rapidement implémenté sur un porteur motorisé.

#### Études des petits systèmes de pulvérisation existants

Plusieurs systèmes de pulvérisation, de constructeurs différents, ont été présélectionnés et testés au laboratoire « RéducPol » du Cemagref de Montpellier. Quatre systèmes ont été retenus pour leur facilité à être installés rapidement sur un dispositif porteur : une buse Girojet Tecnom, un mini-canon Cifarelli série M3, un mini-canon Martignani et une main à tuyères Cima Tecnom (figure 5). Les panaches de ces systèmes ont été comparés.

L'évaluation de ces éléments de pulvérisation préexistants ou légèrement modifiés n'a pas donné de résultat concluant. Les recherches d'amélioration à l'eau sur la

main à tuyères, encourageantes dans un premier temps sur banc en veine fermée, ont donné des résultats très différents lors des phases de tests à l'extérieur et à l'huile (hétérogénéité de répartition, pics dans le profil obtenu). De même, concernant la solution Martignani, les résultats au champ n'ont pas donné satisfaction, notamment concernant le, taux de récupération à l'huile (très faible). Ces solutions préalablement envisagées ont donc été abandonnées. Toutefois, le principe de pulvérisation, une buse disposée au centre d'un flux d'air, a été retenu et plusieurs expériences d'approche ont permis d'apporter un embryon de solution. Une nouvelle recherche a donc été nécessaire pour mettre au point un système original spécifiquement dédié au traitement à bas volume sur une distance de l'ordre d'une dizaine de mètres.

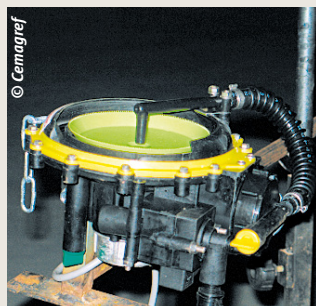
La solution technique pressentie faisait donc intervenir un système très simple composé d'un tube muni en son centre d'une buse de pulvérisation (Cotteux, 2010). Les améliorations ont porté sur le choix des vitesses de vent optimales qu'il convenait d'appliquer et par conséquent du diamètre du canon, ainsi que sur le type de buse (forme du jet et granulométrie). Cette phase de recherche et d'amélioration a abouti à la conception d'un nouveau système de pulvérisation, composé de deux minicanons. Elle est détaillée dans l'article complémentaire sur l'éco-conception de solutions alternatives terrestres innovantes.

### La sélection d'un petit porteur compatible avec les objectifs du traitement terrestre et les contraintes physiques des plantations

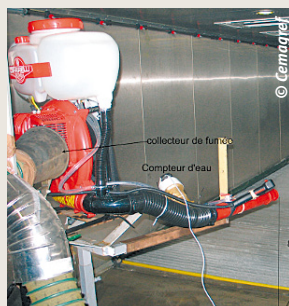
En janvier 2009, une étude sur des petits porteurs a été réalisée, à partir des descriptions et caractéristiques issues des documentations techniques des constructeurs. Les discussions avec la profession et les producteurs sur les familles d'engins, à roues ou à chenilles, ont exclu l'utilisation des petits chenillardes (glissement dans les dévers, sol labouré si braquage fait sur place, faible vitesse d'avancement, etc.).

La sélection a uniquement porté sur les engins à roues et plus particulièrement sur les véhicules tout terrain 6 x 6 et 8 x 8. Les principaux critères de choix ont été la capacité à évoluer en forte pente et dans les grands rangs des bananeraies, la robustesse, la fiabilité, la maintenance aisée, le respect de la qualité des sols.

#### 5 Solutions de pulvérisation existantes, étudiées pour un « petit système de traitement ».



Buse Girojet



Atomiseur Cifarelli



Mini-canon Martignani



Main à tuyère

L'engin américain Landtamer XHDS à huit roues motrices (photo ②) a finalement été retenu, notamment pour ses capacités de franchissement de pentes données de 45%. Commandé par les groupements de producteurs puis livré aux Antilles début 2010, sa maniabilité et ses caractéristiques ont été évaluées sur bananeraies en mars 2010 (résultats présentés dans l'article sur l'éco-conception de solutions terrestre innovantes, page 10). Suite à ces essais, cet engin a été retenu dans la conception du prototype complet du système de traitement terrestre.

## Conclusion

Les premières études du projet Optiban ont conduit à une amélioration des traitements aériens par l'amélioration des techniques de pulvérisation et la mise en place d'un outil de traçabilité opérationnel. Des recherches ont également porté sur une évaluation des techniques de traitement terrestre existantes. Concernant le traitement à dos, un document d'information et de recommandations sur la protection des opérateurs lors des applications sera fourni aux groupements de producteurs, afin d'améliorer leur sécurité. Les autres solutions techniques étudiées (gros canons, main à tuyères, etc.) n'ont pas donné satisfaction ; une solution innovante a dû être conçue par le Cemagref. Le prototype complet du système de pulvérisation couplé à un petit porteur fait l'objet d'un article à part entière. ■



② Petit porteur tout terrain Landatmer.

## Les auteurs

### Maïlis Carré

Cemagref, Centre de la Martinique  
UR AEMA, Agriculture et espace insulaire  
Quartier Petit Morne, BP 214  
97285 Lamentin Cedex 02  
maylis.carre@cemagref.fr

### Éric Cotteux et Marc Rombaut

Cemagref, Centre de Montpellier  
UMR ITAP, Informations et technologies pour les agro-procédés  
361 rue Jean-François Breton, BP 5095  
34196 Montpellier  
eric.cotteux@cemagref.fr  
marc.rombaut@cemagref.fr

### Sonia Grimbuhler

Cemagref, Centre d'Antony  
UR TSAN, Technologies pour la sécurité et les performances des agroéquipements  
1 rue Pierre-Gilles de Gennes, CS 10030  
92761 Antony Cedex  
sonia.grimbuhler@cemagref.fr

### Dominique Didelot

Cemagref, Centre de Clermont Ferrand  
UR TSCF, Technologies et systèmes d'information pour les agrosystèmes  
24 avenue des Landais  
63172 Aubière  
dominique.didelot@cemagref.fr

## QUELQUES RÉFÉRENCES CLÉS...

- ① **COOPERATIVE EXTENSION SERVICE, COLLEGE OF AGRICULTURE, ARIZONA UNIVERSITY**, 1983, *Reducing pesticide application drift-losses, Pesticide application drift training – Manual Task Group*, 38 p. <http://pesticides.hawaii.edu/studypackets/driftlos.html#2> (consulté le 29/03/2011).
- ② **COTTEUX, E.**, 2010, Evaluation and optimization of ground spraying within the quarantine treatment against Black Sigatoka French West Indies, in : *Conférence Suprofruit*, Juin 2011, Accepted paper.
- ③ **DOUZALS, J.-P., SINFORT, C., COTTEUX, E.**, 2010, Spraying quality assessment of a mist blower used on banana crops, in : *International Conference on Agricultural Engineering – AgEng2010 Towards Environmental Technologies*, Clermont-Ferrand, September 6-8 2010, Paper Ref 240, 10 p.
- ④ **HUGHES, E.A., et al.**, 2007, Potential dermal exposure to deltamethrin and risk assessment for manual sprayers: influence of crop type, *Science of the total environment*, n° 391, p. 34-40.
- ⑤ **SALYANI, M., CROMWELL, R.P.**, 1992, Spray Drift From Ground and Aerial Applications, *Transactions of the ASABE*, 35(4), p. 1113-1120.

## Remerciements

Remerciements au ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire (Direction générale de l'Alimentation) et à l'Union des groupements de producteurs de bananes de Martinique et de Guadeloupe, pour leur soutien technique et financier, ainsi qu'à tous les participants aux expérimentations terrain pour la logistique et leur implication dans le bon déroulement des essais.