

# NOUVELLES PERSPECTIVES EN MATIÈRE DE TECHNIQUES D'APPLICATION PHYTOSANITAIRES ET DE FERTILISATION PAR VOIE LIQUIDE

R. CAUSSIN (1) et Ch. DEBOUCHE (2)  
Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat  
GEMBLoux

## AVANT-PROPOS

En matière de protection des cultures, l'utilisateur, qui est le plus souvent l'exploitant agricole lui-même, doit être conscient de sa responsabilité. Celle-ci intervient à différents niveaux.

L'opportunité de traiter, la sélection des moyens, le choix de l'époque d'intervention sont les premiers problèmes qu'il doit résoudre. Il lui faut ensuite décider des modalités d'application, rechercher la technique la mieux appropriée, régler le matériel, maîtriser les conditions de son utilisation et organiser les chantiers.

De la qualité des solutions trouvées à ces différents problèmes dépend en finale la rentabilité du traitement et le caractère inoffensif des implications.

Malgré les progrès encourageants de procédés ayant recours plus spécifiquement à la biologie et à la physique (rayonnement gamma, micro-ondes, revêtements plastiques dégradables, effets électrothermiques,...), les traitements phytosanitaires par voie chimique gardent leur caractère d'incontestable nécessité dans les conditions actuelles de la production agricole et horticole.

Toutefois, ces traitements doivent faire l'objet d'une volonté constante d'amélioration tendant à obtenir une plus grande précision, génératrice elle-même de sécurité et d'économie en produit et en énergie.

Dans cette perspective et en ce qui concerne les techniques d'application, les actions de recherches et de vulgarisation doivent viser à optimaliser les conditions d'emploi des produits chimiques.

---

(1) Comité de Recherches pour l'Amélioration des Techniques de Traitements Phytosanitaires (Subsidié par l'I.R.S.I.A.).

(2) Services de Génie Rural.

L'amélioration technique du matériel (régularité de la répartition, maîtrise des volumes épanchés,...), la rationalisation de ses modalités d'emploi (localisation des dépôts, suppression de la dérive et du rejet des excédents, homogénéisation des mélanges...), l'allègement de la charge globale en matières mises en oeuvre (diminution des volumes de véhiculants, recherche des doses minimales par l'hyperlocalisation....), sont les principales voies d'accès à cet objectif.

Cette démarche est en cours tant au niveau de la recherche que de la vulgarisation. Elle est le fruit de la collaboration entre spécialistes de la protection des végétaux, de la phytotechnie, du génie rural et de la physicochimie.

Les résultats enregistrés ces dernières années sont encourageants et intéressent différents secteurs de notre vie socio-économique :

- les milieux de la production agricole et horticole par l'amélioration de la sécurité du travail et des conditions financières de production (maîtrise des techniques d'application, diminution des volumes épanchés, suppression des pertes en produit),
- les consommateurs par la diminution des risques d'intoxication consécutifs le plus souvent au surdosage,
- l'environnement dont la protection est renforcée par l'emploi plus rationnel et mieux maîtrisé de pratiques réputées préjudiciables.

Les données techniques et les conseils pratiques concernant le matériel d'épandage classique, qui ont été présentés dans les éditions précédentes du Livre Blanc, sont toujours d'application. Nous invitons nos lecteurs à s'y référer.

Dans les pages qui suivent nous abordons 4 sujets dictés par l'actualité.

Ils se rapportent à des techniques originales ou à des techniques anciennes ayant fait l'objet d'une mise à jour récente : la pulvérisation électrostatique et électrodynamique, les aéronefs ultralégers pour les traitements aériens, les appareils portés à double cuve et enfin la technique d'épandage pneumatique inspirée par la mise au point d'une nouvelle stratégie de fertilisation par voie liquide.

LES PULVERISATIONS ELECTROSTATIQUE ET ELECTRODYNAMIQUE CONSTITUENT-ELLES UNE  
VOIE D'ACCES DECISIVE AUX TRES BAS VOLUMES ?

La diminution des volumes de liquide épandus à l'ha fait toujours l'objet de recherches très actives.

Avec des faibles volumes, la protection des substrats n'est suffisante que si l'on utilise des gouttelettes très fines (de l'ordre de 0,1 mm); celles-ci s'évaporent rapidement et sont soumises à une dérive intense avec comme conséquences: perte d'efficacité et risque de pollution de l'environnement.

Divers procédés ont été proposés pour maîtriser ce problème.

Parmi les plus récents figure l'exploitation de phénomènes électristatiques pour contrôler la trajectoire des gouttelettes et améliorer leur fixation sur les cibles végétales.

Les techniques de chargement électrostatique des gouttelettes sont diverses. Les unes, utilisées pour les pistolets à peinture, ont été appliquées aux pulvérisateurs à canon à jet porté, et aux diffuseurs à disques tournants. D'autres se sont révélées particulièrement adaptées aux buses pneumatiques à 2 fluides.

Par ailleurs, un procédé électrodynamique de pulvérisation, déjà pratiqué en imprimerie, a été développé pour l'usage agricole par ICI (G.B) avec l'élaboration du système Electrodyn.

Le principe de ce dispositif repose sur les effets d'une charge électrique constante appliquée à un liquide; celui-ci se disloque en gouttes dont le calibre, pour un niveau de charge déterminé est fonction de la tension superficielle.

Le champ électrique qui se crée entre l'ajutage et le sol accroît la vitesse des gouttes et rend plus enveloppant leur trajectoire vers les cibles végétales, ce qui diminue les risques de dérive et améliore la couverture générale des plantes.

La figure 1 montre les principaux organes constitutifs d'un appareil Electrodyn à main.

Dans la figure 2 sont illustrées les trajectoires théoriques des gouttelettes chargées positivement.

L'analyse du système Electrodyn et l'examen des premiers résultats acquis sur le terrain conduisent à un certain nombre de constatations :

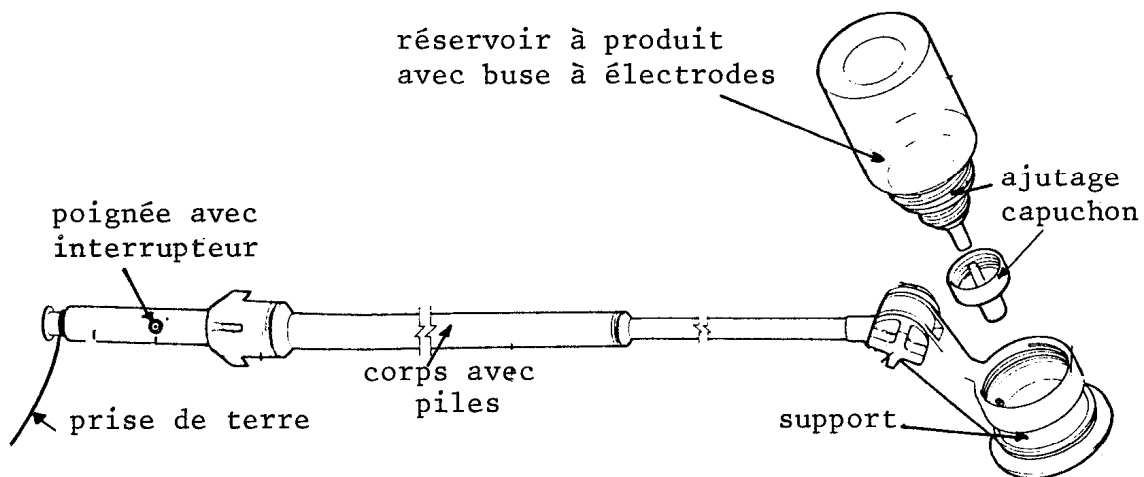


Fig. 1. - Schéma d'un appareil à main utilisant le principe de pulvérisation électrodynamique .

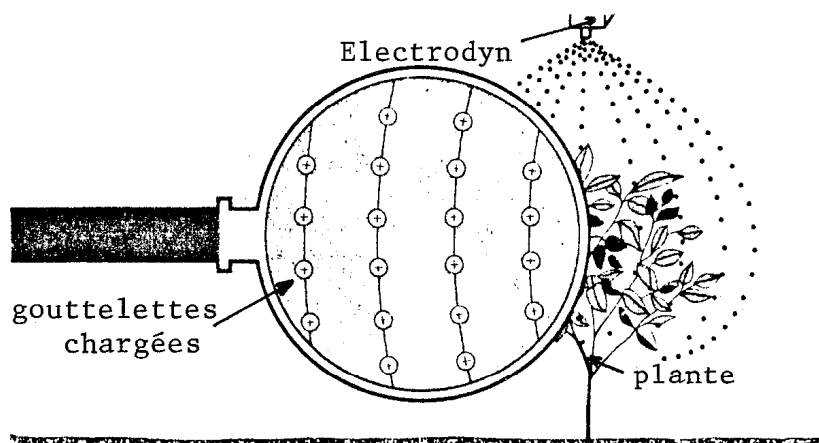


Fig. 2. - Trajectoires théoriques des gouttelettes pourvues d'une charge électrostatique .

- le procédé est simple (pas de pièce en mouvement) et faible consommateur d'énergie (+ 100 mW par ajutage),
- le chargement et la pulvérisation sont des complexes d'interactions de forces électriques, de viscosité et de tension superficielle. A chaque formulation (du type huileuse) correspond un ajutage et un voltage à caractéristiques propres; ce qui a amené le promoteur à présenter le bidon de produit et l'ajutage d'un seul tenant,
- la maîtrise de la taille des gouttes (par réglage du voltage), la charge de celles-ci et leur trajectoire particulière assurent un indice de recouvrement élevé et une réduction de la perte en matière active par dérive et retombée; il semble cependant que sous le couvert d'une végétation fermée, l'absence de champ électrique compromet la pénétration de ce type de pulvérisation,
- le système a été monté sur une rampe d'appareil destiné aux grandes cultures; l'énergie électrique est alors fournie par le tracteur et le liquide acheminé vers les ajutages par une pompe. Les premiers essais à l'aide d'herbicides ont montré une équivalence de résultats avec la pulvérisation classique.

En résumé, on peut conclure que la pulvérisation électrostatique apporte une amélioration aux traitements à bas volume.

En ce qui concerne l'Electrodyn on attend la présentation d'un appareil à distribution par rampe pour tester toutes les possibilités de ce dispositif qui s'annonce intéressant.

(Les détails relatifs à ces problèmes de pulvérisation électrostatique et électrodynamique ont été présentés, en janvier 1983, à l'occasion d'un séminaire de fin d'études, par M. Philippe DETROUX, étudiant, 3e D.V. Faculté des Sc. Agr. Gx).



QUE PEUT-ON ATTENDRE DES NOUVEAUX ENGINS DE TRAITEMENT PAR VOIE AERIENNE ?

Les traitements par voie aérienne séduisent principalement par leur rendement horaire élevé et la suppression des risques de dégâts pouvant découler des passages tardifs dans les cultures; ce dernier avantage sur les appareils terrestres a cependant été fortement réduit en cultures céréalières notamment, par la mise au point de techniques de préparation de chemins de passage dès le semis.

Dans la plupart des pays d'Europe occidentale, l'hélicoptère est préféré à l'avion pour sa plus grande maniabilité et sa réglementation plus souple en ce qui concerne le trafic aérien, bien qu'il soit d'un coût d'exploitation sensiblement plus élevé.

En ce qui concerne la Belgique, les quelques tentatives d'introduction de cette technique se sont limitées aux traitements fongicides tardifs et exceptionnellement insecticides pratiqués à une échelle réduite sur cultures de froment, de pois et de haricots.

Les quantités de liquide appliquées variaient de 1 à 12 litres/ha pour les hélicoptères équipés de diffuseurs rotatifs et de 20 à 30 litres/ha pour ceux munis d'une rampe avec buses. La vitesse du vol de 50 à 60 km/h et la largeur du travail de 15 à 20 m permettaient d'obtenir un rendement horaire de 30 à 40 ha et journalier de 150 à 200 ha.

En résumé, l'emploi des traitements par voie aérienne a trouvé ses limites parmi les facteurs suivants :

- un prix de revient sensiblement plus élevé que celui des appareils terrestres;
- un manque de polyvalence (seuls un nombre restreint de types de traitement peuvent être exécutés);
- les rigueurs d'une législation de plus en plus soucieuse de la sauvegarde de l'environnement, car au-delà d'une vitesse de vent de 1 à 2 m/sec les risques de dérive sont importants.

Récemment sont apparus des engins ultra-léger motorisés (U.L.M). Le succès qu'ils ont rencontré dans un certain nombre de pays, a amené les constructeurs à leur envisager un usage agricole. C'est ainsi que différents types d'appareils ont été équipés d'un dispositif de pulvérisation. Le modèle proposé par la figure 3 est constitué par une AILE DELTA soutenant un châssis tricycle; ce dernier est équipé d'un moteur 2 temps de 40 CV actionnant une hélice de propulsion, un réservoir à carburant, un siège-réservoir à bouillie de 90 litres, un groupe motopompe et une rampe de pulvérisation de 12 mètres munie de buses à fente.

Cet appareil est entièrement repliable et donc facilement transportable à l'aide d'un véhicule ordinaire.

Il peut décoller et atterrir sur quelques dizaines de mètres et sa vitesse de travail est de l'ordre de 60 km/heure. Il est susceptible d'atteindre des rendements de 8 à 15 ha/heure en appliquant des quantités de bouillies de l'ordre de 20 à 30 litres/ha.

Les possibilités que pourraient offrir cette technique en matière de protection des cultures seront étudiées avec attention et son avenir suivi avec intérêt. Mais, sans négliger le caractère séduisant et sportif de ce type d'appareil nous ne pensons pas qu'il puisse améliorer sensiblement le bilan assez négatif qui fut établi il y a peu concernant les traitements aériens. Mis à part le prix d'achat qui ne dépasserait pas celui d'un pulvérisateur traîné de grande capacité les facteurs limites restent ceux décrits en tête de ce chapitre.

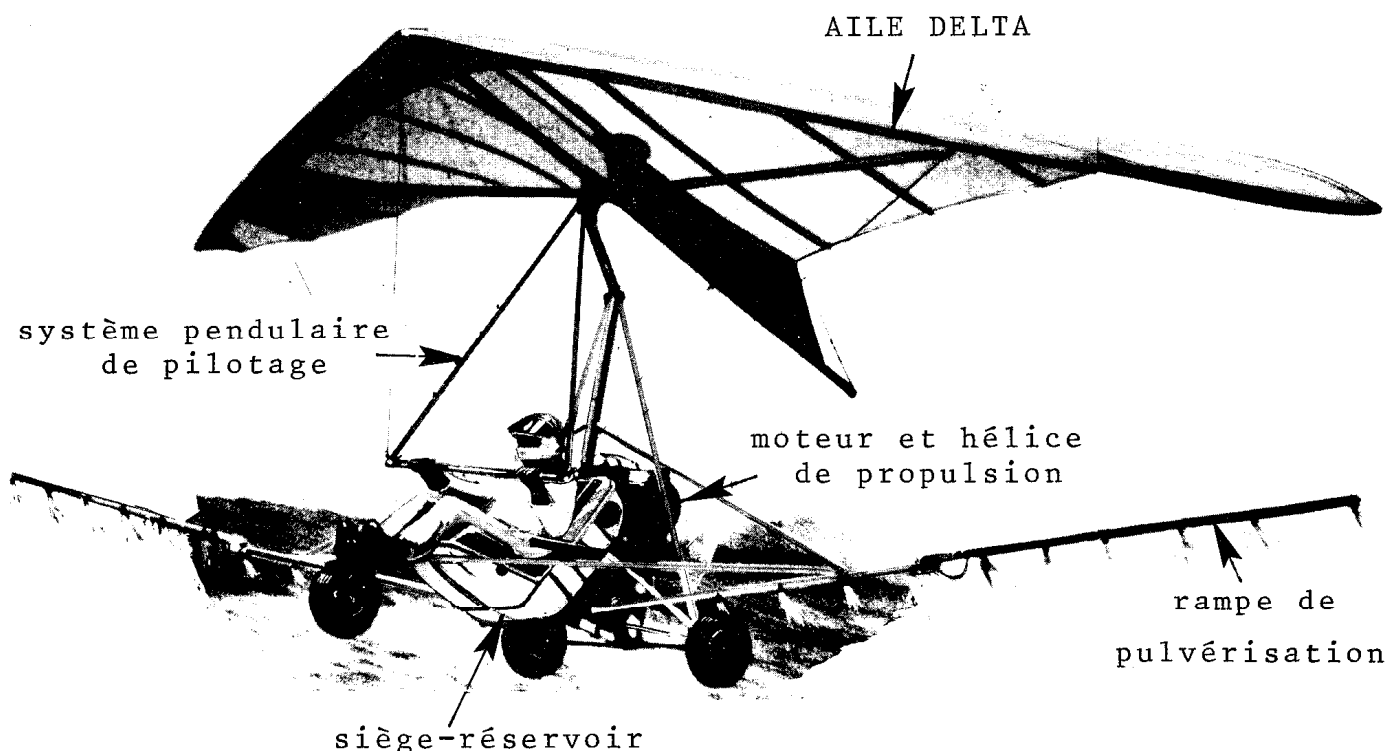


Fig. 3. - Exemple d'un aéronef Ultra Léger Motorisé ( U.L.M. )  
à vocation agricole



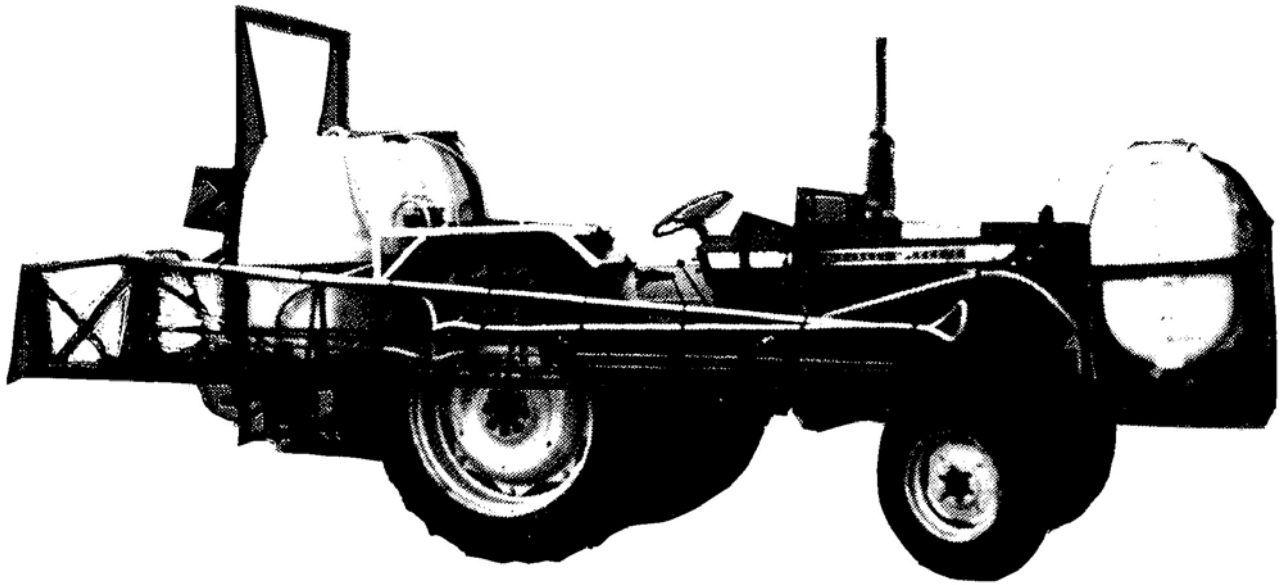


Fig. 4. - Exemple de pulvérisateur porté à double cuve .  
Capacité totale 2.100 litres - Rampe 21 m.

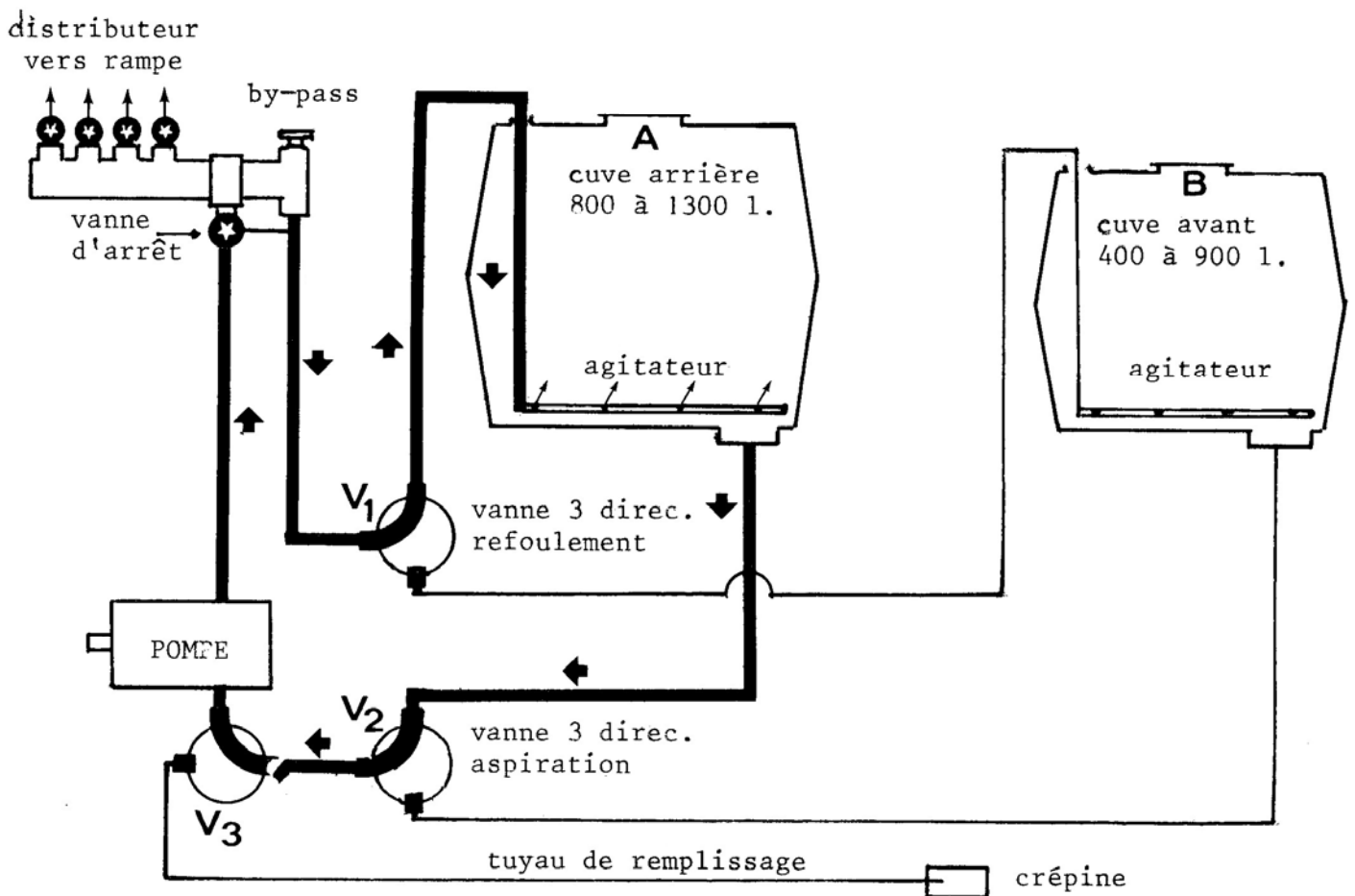


Fig. 5. - Pulvérisateur porté à double cuve .  
Exemple de schéma de circuit hydraulique .



LES PULVERISATEURS PORTES A BOUBLE CUVE POURRONT-ILS SE SUBSTITUER AUX APPAREILS TRAINES ?

Le rendement horaire (R) d'un pulvérisateur, exprimé en ha, est donné par la relation suivante :

$$R = r \frac{L \cdot V}{10}$$

dans laquelle, L est la largeur de travail (en mètre) et V la vitesse d'avancement (en km/heure). Le rendement de chantier, r, représente le rapport entre le temps de travail effectif (pendant lequel on pulvérise) et le temps total consacré à l'opération. Sa valeur est donc sous la dépendance de l'importance des temps "morts". Une bonne part de ceux-ci résulte des déplacements et des manipulations consacrées à l'approvisionnement en eau et à la préparation des bouillies.

Pour cette raison, dans les grandes et moyennes exploitations agricoles, on s'est orienté progressivement vers des appareils traînés à cuve de plus en plus grande garantissant une autonomie plus importante. C'est ainsi que, partant de pulvérisateurs traînés de 1.200 et 1.500 litres, on est passé à 2.000 puis 3.500 et enfin 4.500 à 5.000 litres.

Il est apparu que ces appareils de très grosse capacité présentaient un certain nombre d'inconvénients, parmi lesquels citons : prix d'achat élevé, poids considérable aggravant les risques de dommages au sol, traces multiples et dégâts aux cultures dans les virages en fourrières et par glissement latéral sur les terrains accidentés.

Des solutions de rechange ont été proposées. Elles s'inspirent de 2 observations principales :

- la diminution des volumes épandus à l'ha,
- l'augmentation de la puissance des tracteurs et de leur charge utile.

De nouveaux types d'appareils portés sont apparus. La capacité de leur cuve est montée des 600 litres, habituels, il y a peu de temps encore, à 800 puis 1.000 et même 1.300 litres; ces dernières contenances étant toutefois exceptionnelles.

Plus récemment encore se sont développés des appareils portés à double cuve pouvant atteindre une capacité totale de 2.200 litres.

Un exemple d'appareil de ce genre est donné dans la figure 4.

Ce type de montage est intéressant au plan économique. En effet, il ne coûte qu'environ 65 % du prix d'achat d'un appareil traîné assurant les mêmes

performances. La différence de prix peut le plus souvent suffire à l'achat d'un tracteur d'occasion sur lequel s'opère le montage. Un autre avantage réside dans la plus grande maniabilité. Par contre, il lie étroitement le pulvérisateur et le tracteur et en cas de panne de ce dernier on se trouve dans la situation d'un appareil automoteur; alors qu'avec un appareil traîné il suffit de changer d'attelage.

Il faut signaler également un circuit hydraulique plus complexe requérant une habileté plus grande de l'utilisateur.

Le schéma de principe d'un circuit hydraulique est repris dans la figure 5. On observe que les commandes sont constituées par des vannes à 3 directions qui permettent de sélectionner à volonté l'aspiration (vanne  $V_3$ : remplissage - vanne  $V_2$ : cuve arrière ou cuve avant) et le refoulement (vanne  $V_1$ : vers la cuve arrière ou vers la cuve avant).

Lors du travail proprement dit, on procède habituellement de la façon suivante: les vannes  $V_1$  et  $V_2$  sont orientées vers la cuve arrière jusqu'à vidange de la moitié du contenu de celle-ci; ensuite on modifie le sens des vannes pour passer sur la cuve avant et on la vide complètement; enfin les circuits sont rebranchés à nouveau sur la cuve arrière pour achever de la vider.

Lors de l'utilisation de bouillies concentrées (poudres mouillables dans de faibles volumes d'eau), il est nécessaire d'agiter le liquide énergiquement et pendant plusieurs minutes avant la mise en route de l'appareil et ce lors de chacune des séquences de travail décrites plus haut.

En conclusion les appareils portés à double cuve s'avèrent une formule intéressante pour autant que l'on respecte les contraintes suivantes :

- système de montage simple et rapide (dans les bonnes réalisations le montage exige moins d'une heure);
- placement judicieux de la cuve avant, de manière à maintenir une bonne visibilité pour le conducteur;
- circuit hydraulique bien étudié et à commande facile;
- agitation suffisante dans les cuves avant chaque mise en route.



UNE NOUVELLE STRATEGIE DE FERTILISATION PAR VOIE LIQUIDE.

QUE PENSER DE LA TECHNIQUE D'EPANDAGE QU'ELLE A ENGENDREE ?

La fertilisation par voie liquide a pris son essor, dans notre pays, il y a une quinzaine d'années. Parmi les avantages qui furent présentés à l'époque, citons : la facilité de manipulation des matières liquides en vrac, une plus grande maîtrise de la dose appliquée grâce à l'emploi d'un matériel précis tel que le pulvérisateur, un meilleur amortissement de cet appareil par l'augmentation de sa fréquence d'utilisation, la possibilité d'effectuer des opérations combinées (fumure + certains traitements phytosanitaires).

Ces différents aspects positifs du procédé n'ont pas été démentis depuis lors; tout au moins en ce qui concerne la fumure azotée qui s'est largement diffusée dans les exploitations à vocation céréalières et principalement celles pratiquant la méthode du Professeur LALOUX de fumure fractionnée.

L'utilisation de ces nouveaux produits à caractéristiques physicochimiques particulières (viscosité et densité élevées, action corrosive sur certains alliages...) a amené les constructeurs de pulvérisateurs à sélectionner des matériaux plus résistants et des procédés de réglage mieux adaptés. Ce fut l'occasion également d'imaginer de nouveaux organes de distribution permettant d'appliquer tardivement la dernière fraction d'azote tout en limitant les risques de nécroses au feuillage. C'est ainsi que se sont développés différents modèles de buse "filet" et à pendillard et qu'est apparue, plus récemment, la buse "Tri-jet", à détente, dont les grosses gouttes ont un faible pouvoir d'adhérence.

Les autres formes de fumure par engrais liquides clairs ont connus un succès moins évident. Les difficultés rencontrées pour appliquer en un seul passage la fumure potassique de base ont conduit notamment à la création d'engrais en suspension, très concentrés mais également très visqueux et très abrasif. Ils ont nécessité la mise au point d'appareils de conception particulière ainsi que la mise en place d'installations de stockage appropriées. Ces contraintes contribuent à expliquer la faible diffusion de ce type de fertilisation.

Il n'est peut-être pas inutile de rappeler ici, que les principes de la fumure pédologique se sont considérablement affinés et que l'exploitation des phénomènes d'"agressivité" a permis d'envisager la révision des concepts traditionnels de fumure phospho-potassique.

Récemment, sous l'impulsion d'une société d'engrais de notre Pays, a vu le jour et s'est développée une nouvelle stratégie de fumure par voie liquide.

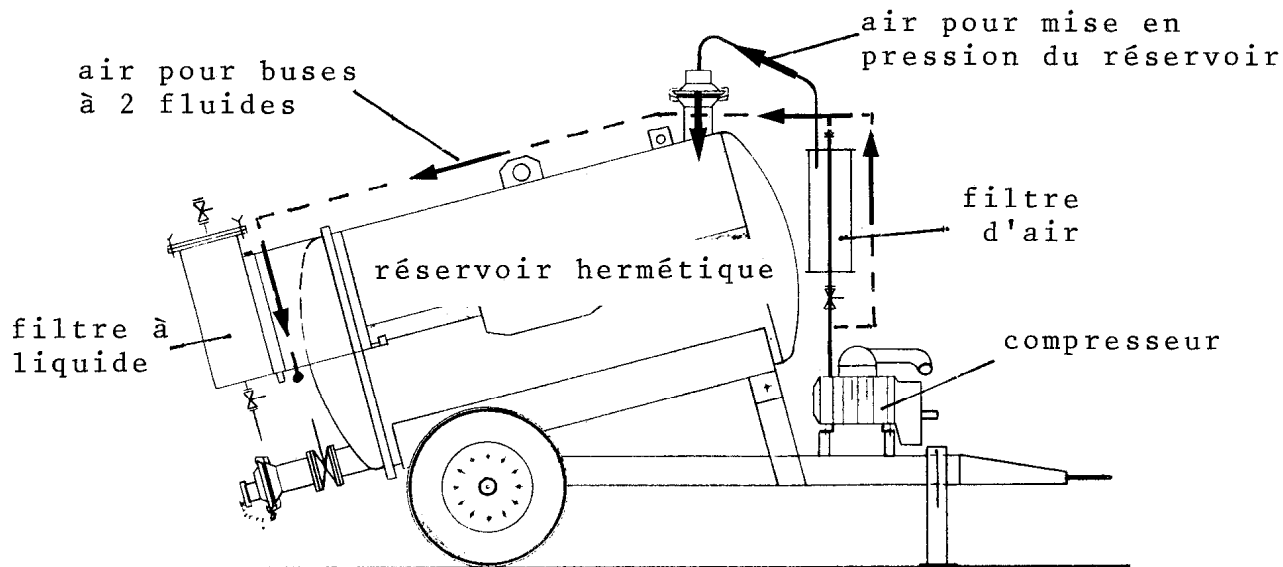


Fig. 6. - Appareil pneumatique d'épandage .

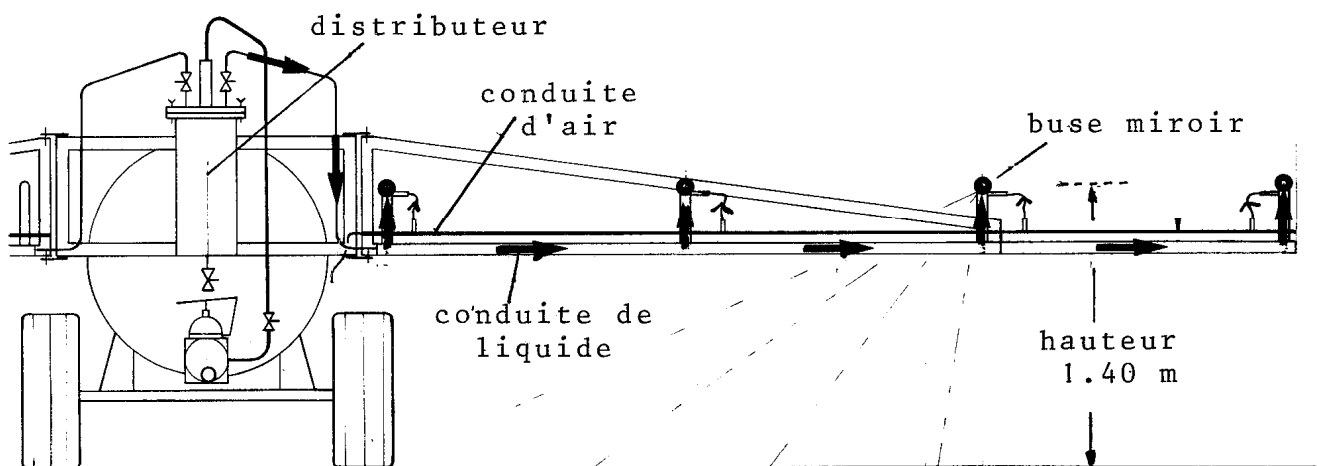


Fig. 7. - Rampe et circuits de distribution à 2 fluides .

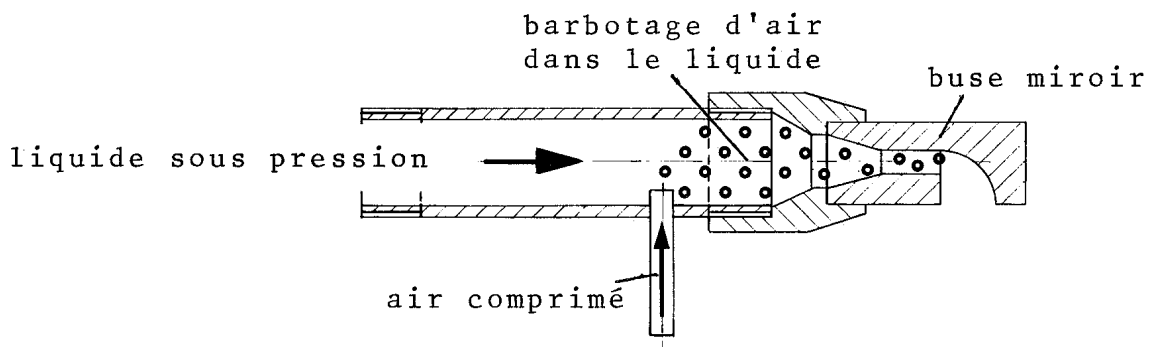


Fig. 8. - Buse à barbotage d'air .  
Schéma de principe .

L'un des caractères originaux de ce système est la mise au point d'une gamme complète d'engrais et d'amendements calcaro-magnésien sous forme liquide, permettant simultanément l'entretien du pH des sols et l'application d'éléments fertilisants.

Les spécifications de ces produits permettent en outre le stockage à la ferme dans des réservoirs de toutes formes sans agitation périodique.

La conception du matériel d'épandage a été repensée pour la mise en oeuvre de cette nouvelle technique.

La caractéristique essentielle de ce matériel est la suppression de la pompe dont les organes constitutifs sont habituellement sensibles à la corrosion et à l'abrasion et dont l'action, parfois trop brutale, sur les liquides chargés peut entraîner la rupture de l'équilibre entre les phases en présence.

Un compresseur d'air constitue le coeur du dispositif. L'air qu'il fournit permet de mettre sous pression un réservoir hermétique d'une contenance de 2.200 ou 3.500 litres, monté sur un châssis semi-remorque à un ou deux trains de roues. Le liquide est poussé par l'air comprimé vers les organes de distribution en passant par des canalisations largement dimensionnées, un filtre et un répartiteur à voies multiples. L'agitation du liquide dans la cuve est également pneumatique. Ce même système pneumatique est également exploité pour l'homogénéisation des produits dans les réservoirs de stockage au moment de l'emploi, soit par injection directe d'air comprimé soit par un mouvement alternatif d'aspiration et de refoulement du produit lui-même. D'autre part, la mise en dépression de la cuve permet, au choix, son remplissage ou la vidange des diverses tuyauteries de l'appareil. Un plan schématique de cet ensemble est repris dans la figure 6.

Les ORGANES DE DISTRIBUTION sont constitués par des buses du type "miroir". Elles sont montées à un espacement de 1,5 m sur un châssis métallique articulé permettant le repliage latéral. La largeur d'épandage peut varier de 9 à 18 m. La hauteur de travail recommandée est de 1,4 m au sol. Le détail de la rampe est donné par la figure 7.

La disponibilité en air comprimé excédentaire a par ailleurs inspiré le constructeur dans sa recherche de l'amélioration de la répartition du liquide. C'est ainsi qu'a été conçue une buse à 2 fluides. Son principe est illustré par la figure 8. L'air comprimé est injecté dans la buse miroir en amont de l'orifice terminal et barbote dans l'engrais fluide avant la formation du jet.

Les principaux avantages de ce dispositif peuvent être résumés comme suit :

- le débit en liquide de la buse est sous la dépendance du rapport volume de liquide / volume d'air injecté; ce dernier est fonction de la pression d'air, de la dimension et de la position de la buselure d'injection. Dès lors il est possible de réaliser des volumes/ha réduits avec des orifices de distribution de grande section; ce qui diminue sensiblement les risques de bouchage;
- le barbotage de l'air dans le liquide favorise l'écoulement des liquides visqueux;
- ce même phénomène améliore les caractéristiques du spectre des gouttelettes et la courbe de leur répartition spatiale ainsi que l'illustre la figure 9. Celle-ci reprend les observations effectuées au répartiteur à rigoles à l'occasion d'essais visant à mettre en évidence l'action de l'air comprimé sur la régularité de la répartition. Le protocole suivant a été appliqué:
  - liquide : engrais 15.00.0 + 48 % p/p de carbonate calcaro-magnésien
  - pois spécifique : 1,67
  - viscosité : 2.500 centipoises à 1°C
  - pression : 1 k/cm<sup>2</sup>
  - air comprimé : pression : 1 k/cm<sup>2</sup>

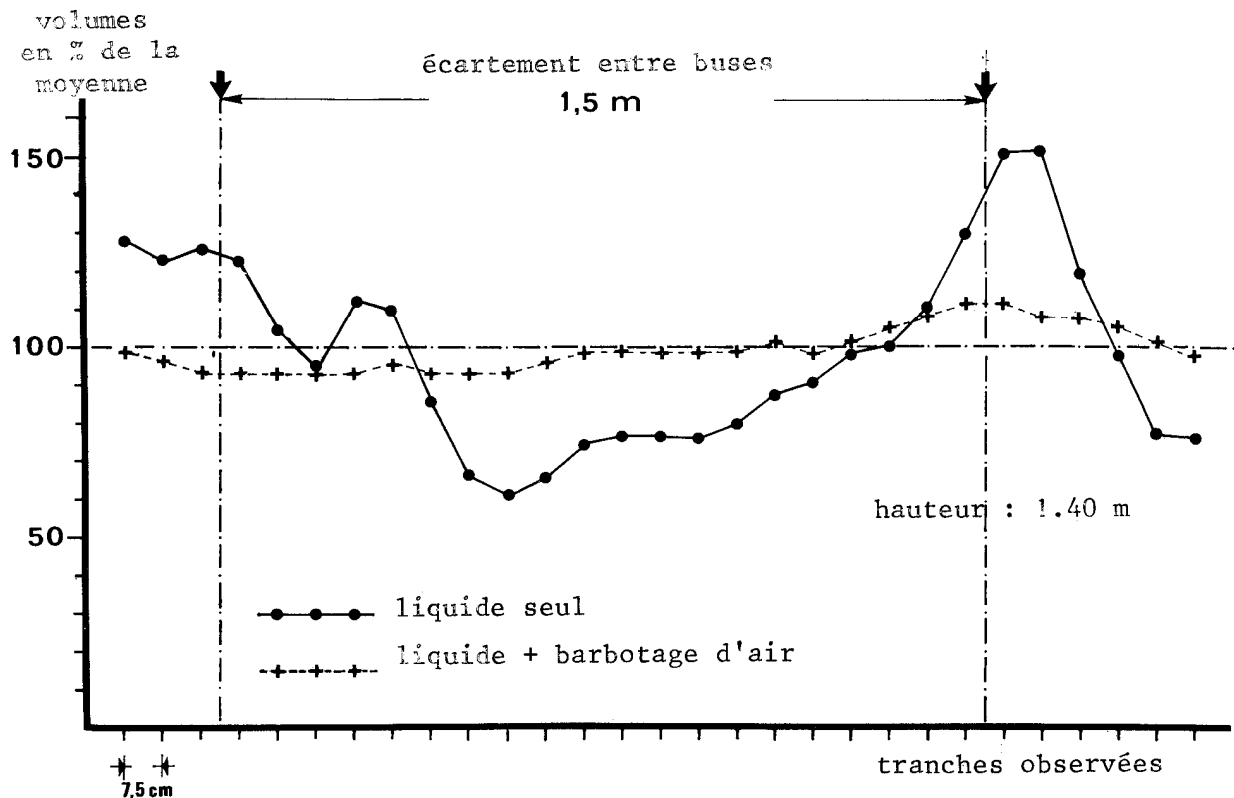


Fig. 9. - Répartition du liquide - Exemple de l'effet améliorant du barbotage d'air .

