

INTRODUCTION & OBJECTIF

Une bonne valorisation des produits organiques solides par épandage est étroitement liée au devenir du produit épandu et aux pertes dues aux émissions potentielles. L'utilisation d'équipements de maîtrise de dose sur les épandeurs permet d'optimiser l'apport en éléments fertilisants (diminution des sur et sous-dosage) favorisant ainsi leur assimilation par les plantes et impactant aussi réellement le bilan économique, environnemental et sociétale de l'épandage.

Ce travail a pour finalité de développer un outil permettant de renseigner, de sensibiliser et de guider objectivement un acheteur potentiel ou un conseiller technique vers le dispositif de maîtrise de dose le plus adapté à ses attentes. Basé sur des simulations issues de données réelles (compilés sur les 10-15 dernières années) et extrapolées, cet outil permet de visualiser l'efficacité des différents équipements de maîtrise de dose. En évaluant l'efficacité de chacun des dispositifs de maîtrise de dose l'utilisateur de l'outil sera à même de choisir et d'acquérir le ou les dispositifs adéquates à sa problématique et à ses objectifs maîtrise de sa dose.

I - CONTEXTE & PRINCIPE

I - 1. Contexte et enjeux

L'étude du parc des matériels d'épandage réalisé en 2012 grâce au soutien du MAAF a montré la faible utilisation des équipements de maîtrise de dose (Mazoyer, 2012). Les entrepreneurs de travaux agricoles sont les principaux utilisateurs de ces équipements additionnels du fait des exigences de service rendu (notamment de dosage à épandre), les autres utilisateurs n'en faisant actuellement quasiment aucun usage. Pourtant les produits résiduels organiques (effluents d'élevage, compost, boues d'épuration...), potentiellement riches en éléments fertilisants représentent une source importante de nutriments pour fertiliser les cultures et abaisser la facture globale en engrais minéraux. Dans ce contexte, l'utilisation d'épandeurs classiques, dépourvus d'organes de maîtrise de dose, peut engendrer de fortes variabilités de concentrations, très néfastes lors des surdosages. Les **équipements de maîtrise de dose (pesée totale de la charge, volet pousseur, tablier accompagnateur, DPA (Débit proportionnel à l'avancement))...** sont censés prendre en compte l'ensemble des paramètres permettant de réguler le débit d'alimentation des organes épandeurs de la machine et proposer ainsi une solution technologique efficace pour les utilisateurs.

I - 2. Principe général d'un matériel d'épandage de produit organique

Un épandeur est constitué d'une caisse montée sur châssis avec un ou plusieurs essieux pourvus de pneumatiques. La caisse est équipée à l'arrière d'un dispositif de déchetage et de projection du produit et au fond d'un tapis. Ce tapis connu sous le nom de fond mouvant entraîne le produit vers le dispositif de déchetage et de projection.

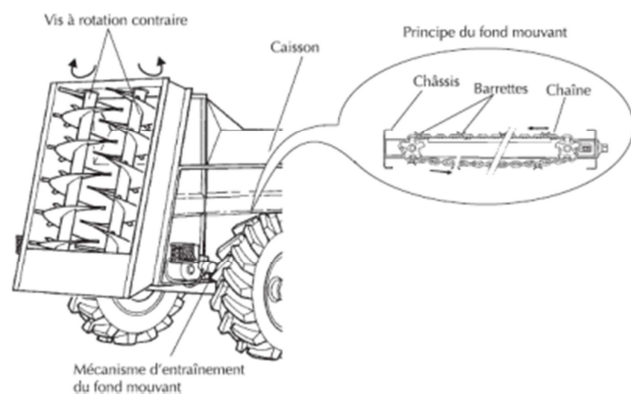


Figure 1 : Dispositif d'épandage (Irstea et al, 2007).

I - 3. Réglages des épandeurs de fumier

Le réglage d'un épandeur de fumier consiste à régler la vitesse du fond mouvant en fonction de l'objectif de dose fixé. Il peut être réalisé avec un abaque (Chambre d'agriculture de Bretagne et al, 2007.) :

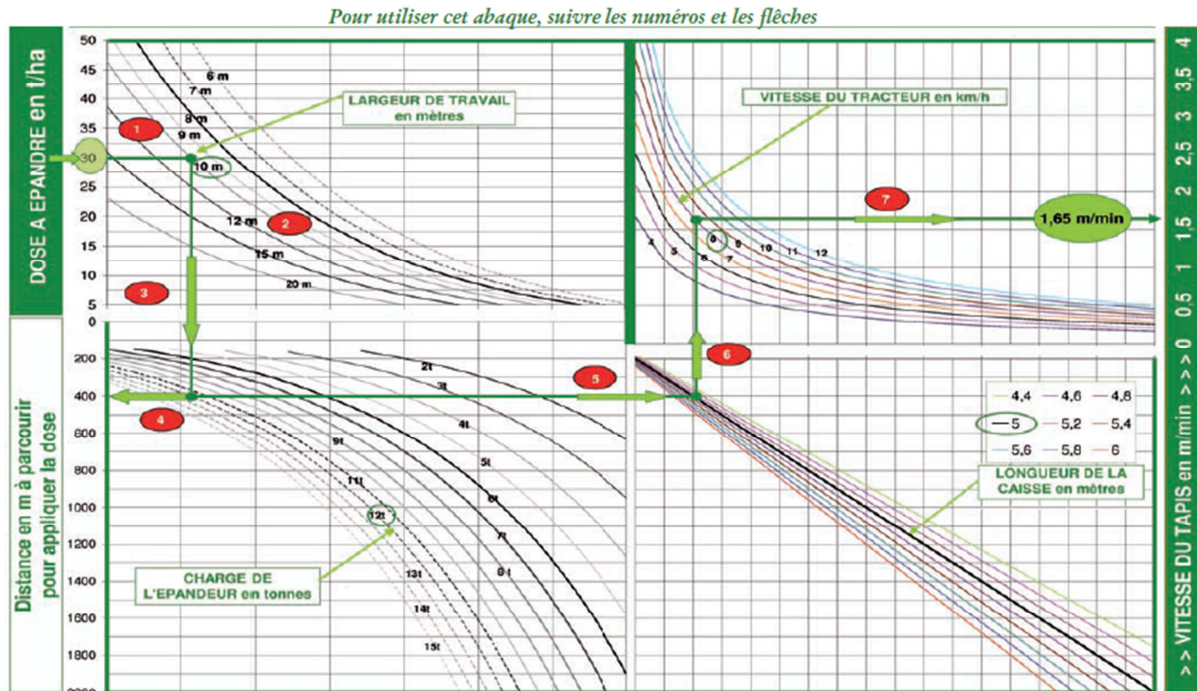


Figure 2 : Abaque

Cet abaque présente les différents paramètres que doit maîtriser et connaître l'utilisateur pour réaliser le réglage de sa machine.

I - 4. Principe du modèle et de la simulation

Le modèle utilisé dans le cadre de cette étude repose sur les paramètres introduits dans l'abaque vus précédemment. L'utilisateur, pour régler sa machine, doit configurer la vitesse de déplacement du produit dans la caisse en fonction de son objectif de dose. Pour y parvenir, l'utilisateur doit connaître ou déterminer :

- | | | |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------|
| - L'objectif de dose | D | Exemple : 30t/ha |
| - Largeur de travail | L _w (m) | Exemple : 10m |
| - Charge de l'épandeur | M (kg) | Exemple : 12 000kg |
| - Longueur de la caisse | L _(épandeur) (m) | Exemple : 5m |
| - Vitesse du tracteur | V _(Tracteur) (km/h) | Exemple : 8km/h |

Ces paramètres sont nécessaires pour obtenir la vitesse du dispositif entraînant le produit (V_(Produit) en m/min) obtenue à l'aide de la formule suivante :

$$V_{(Produit)} = \frac{D * L_w * V_{(Tracteur)}}{0.6 * \frac{M}{L_{(Epandeur)}}}$$

- | | | |
|--------------------|--------------------------------|---------------------|
| - Vitesse du tapis | V _(Produit) (m/min) | Exemple : 1.65m/min |
|--------------------|--------------------------------|---------------------|

Notons que les paramètres : Charge de l'épandeur et Longueur de la caisse seront modélisés afin de d'évaluer le réglage voulu par l'utilisateur. Cependant, ces deux paramètres ne décrivent pas des phénomènes physiques liés au déchargement de la machine. Afin de modéliser l'épandage en champs nous utiliserons les paramètres suivants :

- | | | |
|--|----------------------------|----------------------------------|
| - Section de passage du produit du dispositif d'épandage | S (m ²) | Exemple : 2m |
| - Masse volumique du produit | μ (kg/m ³) | Exemple : 1 200kg/m ³ |
- (Dans notre modèle un épandeur de longueur de tapis : 5m correspond à un épandeur de 10m³)

Le calcul de la dose devint :

$$D = \frac{0.6 * S * \mu * V_{(Produit)}}{L_w * V_{(Tracteur)}}$$

avec D (t/ha), S (m²), μ (kg/m³), $V_{(Produit)}$ m/min, L_w (m) et $V_{(Tracteur)}$ (km/h)

- | | | |
|--------|----------|------------------|
| - Dose | D (t/ha) | Exemple : 30t/ha |
|--------|----------|------------------|

Chacun des paramètres de cette équation doit être maîtrisé pour atteindre l'objectif de dose. Cette équation constitue le socle du modèle de simulation que nous avons développé, car la fonction d'un équipement de maîtrise de dose est d'agir sur un des paramètres de cette équation dans le but de le réguler comme le montre la figure suivante :

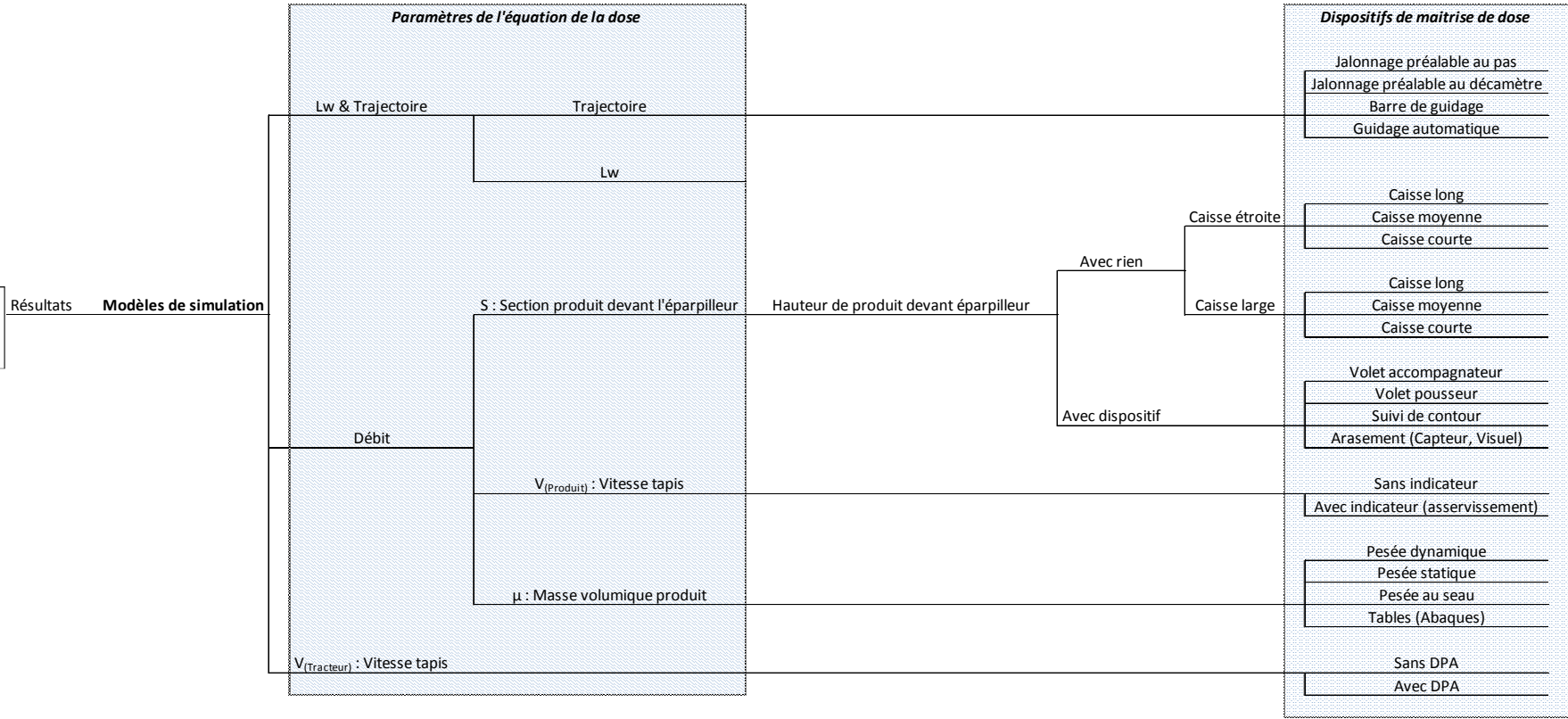


Figure 3 : Modèle & dispositifs de maîtrise de dose

II - PARAMETRES D'ENTREE DU MODELE

Les paramètres d'entrée permettent de définir l'épandeur et les dispositifs de maîtrise de dose que souhaite évaluer l'utilisateur :

II - 1. Types de machine

Le choix du type de machine utilisé pour réaliser l'interface repose sur l'étude : Étude du parc des matériels d'épandage de matière organique en France (Mazoyer, 2012). Cette étude montre que les dispositifs d'épandage les plus courants sur le marché sont : les épandeurs avec hérissons verticaux et les tables d'épandage. La description de ces dispositifs est la suivante (Roussel et Mazoyer, 2012) :

Les épandeurs à hérissons verticaux

- Il s'agit de matériels dont les organes d'éparpillages sont constitués de deux rotors de grand diamètre à axe vertical munis de couteaux. Ces hérissons, légèrement inclinés vers l'avant, tournent en sens inverse l'un de l'autre. Les principales variantes de ces hérissons sont dimensionnelles et cinématiques. Le produit est déchiqueté sur toute la hauteur des hérissons, puis éjecté. À la base des hérissons, des plateaux équipés de pales fixes ou mobiles favorisent l'éjection du produit. Ces matériels, plutôt en usage dans les exploitations d'élevage, sont bien adaptés à l'épandage du fumier. Les largeurs de travail sont comprises entre 5 et 12 m.

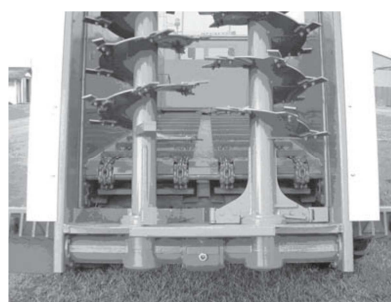


Photo 1 : Hérissons verticaux

Les épandeurs à table d'épandage

Il s'agit d'épandeurs dont les organes de déchiquetage et d'éparpillages sont distincts :

- le déchiquetage est réalisé par des hérissons, indépendants de la table d'épandage, disposés horizontalement et transversalement. De grand diamètre, ces hérissons déchiquettent la matière, et la projettent contre un capot à paroi verticale qui surplombe la table d'épandage

- l'éparpillages est assuré par une table formée de 2 à 4 plateaux rotatifs munis de pales, ou bien de pales rotatives seules. Ces éléments projettent le produit avec une largeur de travail comprise entre 10 et 18 m.

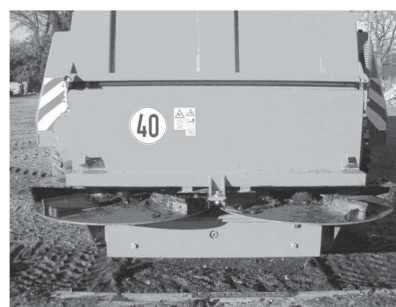


Photo 2 : Table d'épandage

On observe également que les capacités des machines les plus courantes sont de 10 à 20m³, au vu du matériel présent sur le marché (Mazoyer, 2012), l'utilisateur pourra choisir entre les capacités suivantes : Caisnes étroites : 10 – 12 – 15 et 16m³ / Caisnes larges : 20 et 25m³. Notons que ces choix de capacités "machines" donnent un cadre qui correspond également au travail réalisé dans l'étude : (Roussel et Mazoyer, 2006). Cette étude nous permettra de lier la simulation à des données réelles.

II - 2. Types de produit

Afin que l'utilisateur ait un panel de produits à tester nous proposons les choix suivants :

Épandeur à hérissons verticaux :

- Fumier,
- Fumier composté,
- Boues chaulées

Épandeur à table :

- Fumier,
- Fumier composté,
- Co-compost MIATE.

II - 3. Types d'équipement de maitrise de dose

L'étude introduite précédemment (Mazoyer, 2012) a également réalisé un état des lieux des types d'équipement de maitrise de dose présents sur le marché français. Cette étude montre que le nombre et les types d'équipement utilisés sur le marché sont très faibles. Pour atteindre notre objectif de développement d'un outil de renseignement, de sensibilisation et de guide objectif pour un acheteur potentiel ou un conseiller technique, nous avons modélisé la majorité des équipements présents sur le marché jouant un rôle sur la maitrise de la dose et identifiés dans la liste ci-dessous en caractère gras au-delà des pratiques manuelles de jalonnage ou de mesure de la densité du produit (pesée au seau) :

Gestion de la largeur de travail :

- Jalonnage spécifique
- Jalonnage traces du semis
- **Barre de guidage**
- **Guidage automatique**

Gestion de la régularité de débit :

- **Volet accompagnateur**
- **Volet pousseur**
- **Suivi de contour**
- **Arasement (Capteur, Visuel)**

Gestion de la masse volumique :

- **Pesée dynamique**
- **Pesée statique**
- Pesée au seau
- Tables (Abaques)

Gestion de la vitesse du fond mouvant :

- Sans DPA¹ sans indicateur
- **Sans DPA mais avec indicateur**
- **Avec DPA**

¹ DPA : Débit proportionnel à l'avancement

Bibliographie

Mazoyer J., 2012. Étude du parc des matériels d'épandage de matière organique en France ; Rapport Irstea/MAAF, convention 2010 : agriculture et gestion durable de l'eau ; 38 pages.

Rousselet M., Mazoyer J., 2006. Étude sur l'état des lieux des performances des épandeurs d'engrais organiques ; ADEME ; 60 pages.

Rousselet M. et Mazoyer J., 2012. Évaluation des performances des épandeurs de fumier : premiers résultats selon la norme NF EN 13080 ; Ingénieries N° 46 ; pages.79 à 92.

Chambre d'agriculture de Bretagne et al., 2007. Les bonnes pratiques d'épandage du fumier ; Cloître Imprimeur ; 28 pages