



Synthèse technique :
mieux **valoriser les engrais organiques**
pour réduire le recours aux engrais minéraux



Transport d'engrais naturel



CUMA

Cette synthèse technique s'appuie sur les travaux menés par le réseau CUMA de l'Ouest, dans le cadre des projets multipartenariaux Teplis, Teplis+, Val'OR et ABAA. Ces projets ont permis de produire des références techniques, économiques et organisationnelles issues d'essais et suivis de terrain et de retours d'expériences d'agriculteurs, avec pour objectif de valoriser au maximum le potentiel agronomique des effluents organiques, notamment par une meilleure maîtrise de l'épandage.

Introduction	3
<ul style="list-style-type: none">• L'azote au coeur des enjeux environnementaux• La volatilisation de l'azote, un levier stratégique	
Engrais minéraux et engrais organiques : comprendre leurs spécificités	5
<ul style="list-style-type: none">• Engrais minéraux : efficacité agronomique et limites environnementales• Engrais organiques : diversité, potentiel et contraintes• Pourquoi favoriser les engrais organiques ?	
Avant l'épandage : prérequis indispensables	6
Pertes d'azote : facteurs et leviers de réduction	7
<ul style="list-style-type: none">• Facteurs influençant les pertes• Coût économique de la volatilisation• Outils pour mieux valoriser les effluents	
Zoom sur les techniques d'épandage	9
<ul style="list-style-type: none">• Analyse comparative des équipements d'épandage selon les pertes d'azote• Analyse comparative des équipements d'épandage et besoins de puissance• Organisation des chantiers : innover pour préserver les sols• Acceptabilité sociale et lien avec les riverains	

L'azote au cœur des enjeux environnementaux

Depuis plusieurs décennies, l'agriculture française est confrontée à une double exigence : maintenir un haut niveau de production alimentaire tout en réduisant ses impacts environnementaux. Longtemps centrées sur la qualité de l'eau et les émissions de gaz à effet de serre, les politiques publiques intègrent désormais de manière croissante la qualité de l'air, reconnue comme un enjeu sanitaire majeur.

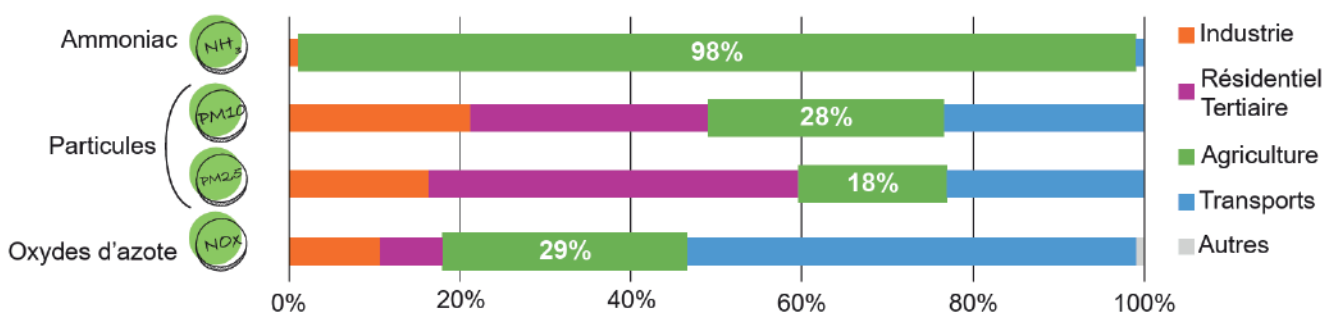
L'azote occupe une place centrale dans cette problématique. Indispensable à la croissance des cultures et à l'atteinte des rendements, il peut devenir une source importante de pollution lorsqu'il est mal maîtrisé. Historiquement, l'intensification agricole engagée après la Seconde Guerre mondiale s'est appuyée sur un recours massif aux engrais minéraux azotés.

Cette stratégie a permis des gains de productivité considérables, mais appelle désormais à une meilleure prise en compte de la variabilité des besoins des cultures afin de limiter les impacts environnementaux.

Aujourd'hui, l'agriculture représente le deuxième poste d'émissions de gaz à effet de serre (GES) en France, avec environ 19 % des émissions nationales. Mais au-delà du climat, elle est également le principal contributeur aux émissions d'ammoniac NH_3 (cf figure 1), un gaz qui joue un rôle clé dans la formation des particules fines, responsables d'impacts sanitaires avérés (cf figure 2).

Ces particules pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire et sont associées à des pathologies respiratoires, cardiovasculaires et métaboliques, constituant ainsi un enjeu majeur de santé publique.

Figure 1 - Les contributions de l'agriculture aux émissions des principaux polluants de l'air



Source : Fiche Agriculture & Qualité de l'air produit dans le cadre du projet ParteN'air - source des données OPTÉER, inventaire des émissions 2018

La volatilisation de l'azote, un levier stratégique

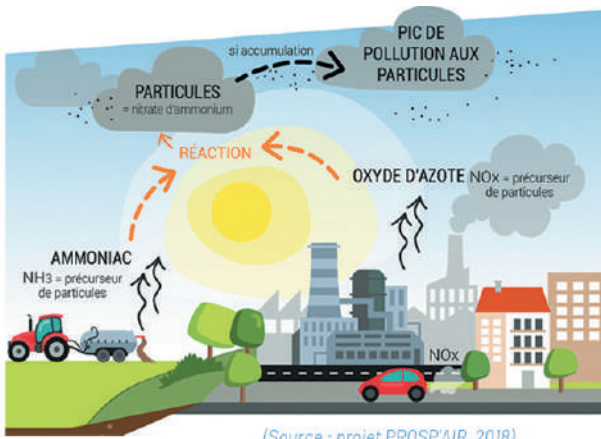


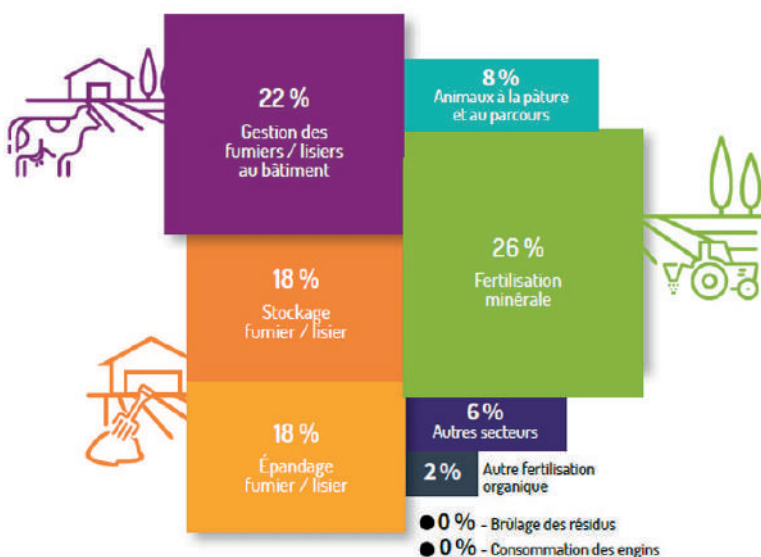
Figure 2 - L'ammoniac, un précurseur de particules fines

Une part importante de ces émissions d'ammoniac est liée à la volatilisation lors des épandages d'engrais azotés, qu'ils soient minéraux ou organiques (cf figure 3). Cette volatilisation constitue une pollution évitable, qui réduit l'efficacité agronomique des apports en azote et entraîne des pertes économiques directes pour les exploitations agricoles.

Par ailleurs, l'ammoniac n'est pas uniquement émis au moment de l'épandage. Sous forme gazeuse, il est également libéré en amont, notamment par l'industrie lors de la fabrication des engrais minéraux, des procédés particulièrement énergivores et émetteurs de gaz à effet de serre. Ainsi, chaque unité d'azote minéral économisée permet de réduire à la fois les émissions liées à sa production industrielle et celles issues de sa mise en œuvre au champ.

Dans ce contexte, la maîtrise de la volatilisation de l'ammoniac apparaît comme un levier stratégique, à la croisée des enjeux agronomiques, économiques, environnementaux et sanitaires.

Figure 3 - Répartition des émissions nationales d'ammoniac



source CITEPA SECTEN 2018

L'épandage, en tant qu'étape clé du cycle de l'azote, constitue **un point d'intervention prioritaire** pour améliorer l'efficacité des engrais organiques, réduire les émissions dans l'air et limiter durablement le recours aux engrais minéraux.

Engrais minéraux et engrais organiques : comprendre leurs spécificités

LES ENGRAIS MINÉRAUX : EFFICACITÉ AGRONOMIQUE ET LIMITES ENVIRONNEMENTALES

Les engrais minéraux azotés (urée, ammonitrate, solution azotée) présentent l'avantage d'une teneur connue et d'une disponibilité rapide pour les cultures.

Toutefois, cette efficacité apparente s'accompagne de risques importants de pertes par volatilisation ammoniacale et par lessivage des nitrates. L'urée est particulièrement sensible à la volatilisation, surtout lorsqu'elle est épandue en surface dans des conditions chaudes et sèches. La solution azotée présente un risque intermédiaire, tandis que l'ammonitrate est moins volatil, mais reste associé à des pertes potentielles.

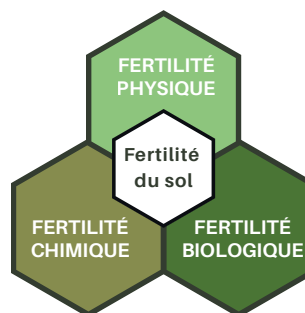
Au-delà de ces pertes au champ, les engrais minéraux présentent un coût environnemental important en amont, lié à leur fabrication industrielle.



La fabrication d'une tonne d'ammoniac nécessaire aux engrais azotés génère environ 2 tonnes équivalent CO₂, sans compter les émissions liées à son transport.

LES ENGRAIS ORGANIQUES : DIVERSITÉ, POTENTIEL ET CONTRAINTES

Les engrais organiques présentent une composition plus complexe et plus variable que les engrais minéraux (cf figure 4). Ils apportent des éléments minéraux majeurs et secondaires (N, P, K, Ca, Mg, S) contribuant à l'entretien de la fertilité chimique des sols, ainsi que des fractions de matière organique plus ou moins stabilisées.



Ces matières organiques influencent directement les propriétés physiques du sol (structure, stabilité des agrégats, porosité, capacité de rétention en eau) et alimentent l'activité et la diversité des micro-organismes, contribuant ainsi aux fertilités biologique, chimique et physique.

Figure 4 - Valeurs repères de composition de quelques engrais organiques liquides

Lisier de bovin
1,3 kg d'azote total / t

Lisier de porc
3,6 kg d'azote total / t

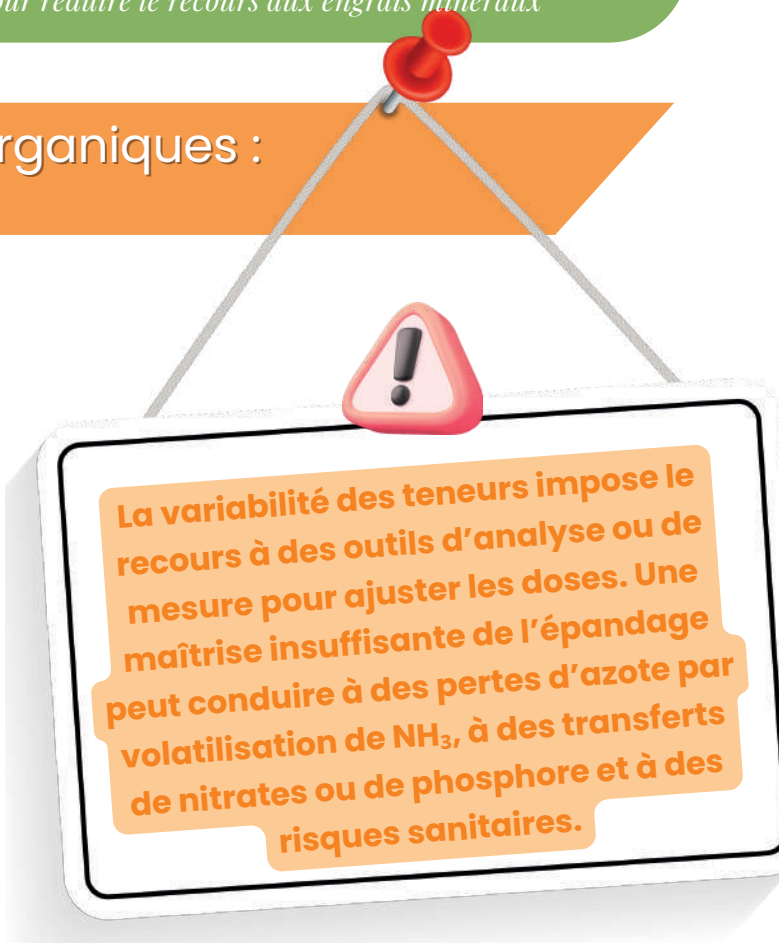
Digestat brut :
2 à 7 kg d'azote total / t

Source : Ferti-Dig, Arvalis, IFIP, Idèle

Engrais minéraux et engrais organiques : comprendre leurs spécificités

POURQUOI FAVORISER LES ENGRAIS ORGANIQUES ?

La valorisation agronomique des Produits Résiduaux Organiques (PRO) constitue un levier majeur pour substituer une partie des engrais minéraux, renforcer l'autonomie des exploitations et inscrire la fertilisation dans une logique d'économie circulaire. Cette substitution n'est toutefois effective que si la gestion des PRO est rigoureuse.



La variabilité des teneurs impose le recours à des outils d'analyse ou de mesure pour ajuster les doses. Une maîtrise insuffisante de l'épandage peut conduire à des pertes d'azote par volatilisation de NH_3 , à des transferts de nitrates ou de phosphore et à des risques sanitaires.

Avant l'épandage : les prérequis indispensables



Période d'épandage

- respect de la réglementation
- ma culture en a besoin maintenant
- météo favorable (temps frais, humide, peu venteux)



Plan d'épandage : il doit intégrer le type d'effluent, le type de sol, les cultures en place et les contraintes environnementales.



Raisonner les doses

- besoins réels de la culture évalués (reliquats, historique, objectif de rendement)
- composition de l'effluent connue et coefficient d'efficacité pris en compte
- mixage du lisier



Conditions de passage dans la parcelle

- sol portant
- pression des pneumatiques adaptée

Pertes d'azote : facteurs et leviers de réduction

LES FACTEURS INFLUENÇANT LES PERTES PAR VOLATILISATION

Les pertes d'azote par volatilisation ammoniacale résultent de l'interaction de plusieurs facteurs (cf figure 5). Elles peuvent varier fortement selon les conditions d'épandage et les choix techniques, et atteindre des niveaux très élevés si ces facteurs sont défavorables.

La technique d'épandage est l'un des rares leviers directement maîtrisables, capable de multiplier ou de réduire fortement les pertes.

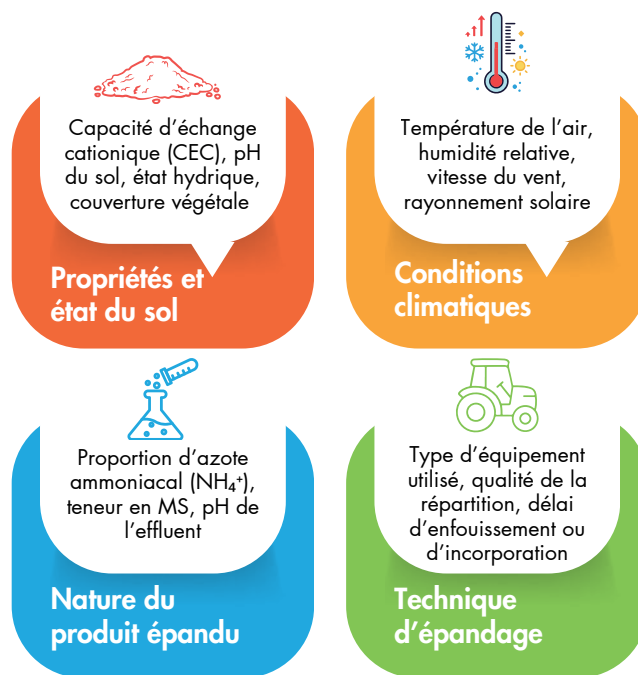


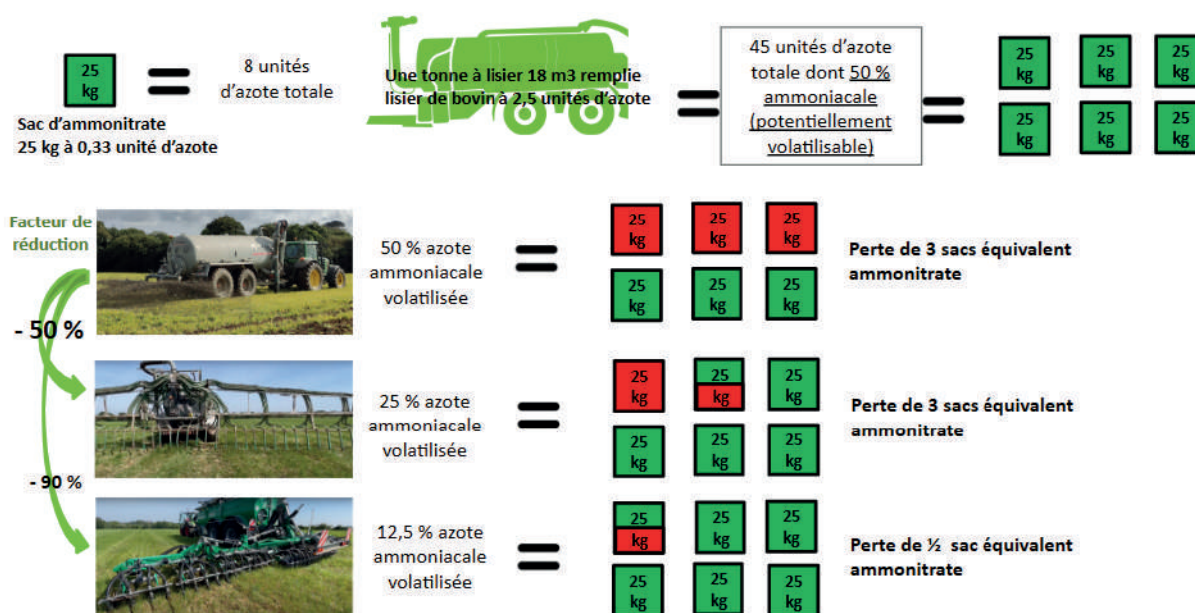
Figure 5 - Les facteurs influençant la volatilisation

LE COÛT ÉCONOMIQUE DE LA VOLATILISATION

Chaque kilo d'azote perdu par volatilisation est un kilo d'azote non valorisé par la culture, qui devra être compensé par des apports supplémentaires, le plus souvent sous forme d'engrais minéraux. À titre d'ordre de grandeur :

- une perte de 10 kg N/ha représente plusieurs dizaines d'euros par hectare,
- à l'échelle d'une exploitation ou d'un territoire, ces pertes constituent un gaspillage économique significatif, souvent sous-estimé.

Figure 6 - Volatilisation et pertes économiques



Source : Travaux du projet Teplis, FRcuma Ouest 2020

EXEMPLE ÉCONOMIQUE – COMPARAISON DE 3 ÉQUIPEMENTS D'ÉPANDAGE

CALCULS ISSUS DU CALCULATEUR VAL'OR – CUMA OUEST

Les résultats économiques présentés (cf figure 7) s'appuient sur le calculateur d'épandage développé par le réseau CUMA dans le cadre du projet Val'OR.

Hypothèses :

- lisier de porc
- volume 1575 m³
- surface îlots 45 ha
- parcelles à 10 km de la fosse
- cotation ammonitrate 506 €/t (2025)

	BUSE PALETTE	PENDILLARD	ENFOUSSEUR
pertes NH ₃ potentielles	39% de l'azote apporté	23% de l'azote apporté	13% de l'azote apporté
perte économique	120 €/ha	70 €/ha	40 €/ha
coût du chantier (matériel + MO)	2,7 €/m ³ = 120 €/ha	3,3 €/m ³ = 142 €/ha	3,6 €/m ³ = 162 €/ha

Figure 7 - Comparaison de 3 équipements d'épandage, calculateur Val'OR

Le lisier de porc a un potentiel de volatilisation important. Le coût de la perte est fonction du coût d'achat de l'engrais (ammonitrate) pour compenser cette perte

LES OUTILS POUR MIEUX VALORISER LES EFFLUENTS

Les outils de mesure embarqués permettent de mieux connaître la composition des effluents au moment de l'épandage et de raisonner les apports en unités d'azote plutôt qu'en volumes.

Mesurer en temps réel la composition (N, P, K, matière sèche) afin :

- d'ajuster les doses,
- de réduire la variabilité,
- de sécuriser la fertilisation organique

Bientôt disponible dans



Cet outil, dont la mise à disposition est prévue en 2026, permet d'estimer les coûts mécaniques (investissement, carburant, main-d'œuvre, organisation) et la valeur économique des pertes d'azote par volatilisation.

Technologies disponibles

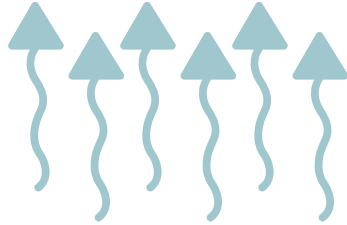
- Proche infrarouge (NIR)
- Conductivité électrique (CE)
- Résonance magnétique nucléaire (RMN)

Le NIR offre la meilleure précision et la RMN est prometteuse mais non opérationnelle à ce jour



Scannez le QRcode ou cliquez pour accéder à la synthèse complète

Zoom sur les techniques d'épandage



ANALYSE COMPARATIVE DES ÉQUIPEMENTS D'ÉPANDAGE SELON LES PERTES D'AZOTE



Figure 8 - Volatilisation NH₃ selon l'équipement



Résultats d'essais

Les essais menés dans les projets Teplis et Teplis+ montrent un classement clair des équipements d'épandage selon leur niveau d'émissions (cf figure 9). Plusieurs équipements (buse palette, pendillard/rampe à patins, enfouisseurs) ont été comparés avec une méthode visuelle de mesure de la concentration d'ammoniac à l'aide de tubes Dräger (cf figure 10), qui réagissent immédiatement (type « éthylotest »).



Scannez le QRcode ou cliquez pour accéder à la synthèse complète

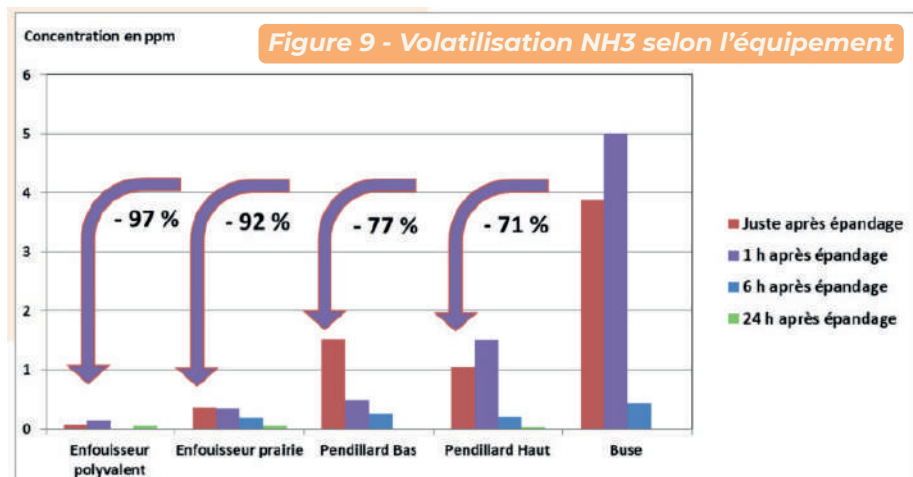


Figure 9 - Volatilisation NH₃ selon l'équipement

Figure 10 - Tubes Dräger



Ces résultats sont cohérents quels que soient le produit (lisier, digestat) et l'année d'essai.

Zoom sur les techniques d'épandage

ANALYSE COMPARATIVE DES ÉQUIPEMENTS D'ÉPANDAGE ET BESOINS DE PUISSANCE



Résultats d'essais

Des essais menés en juillet 2018 ont comparé des tonnes (15 000 à 16 800 l) équipées d'enfouisseurs à disques à une buse palette.

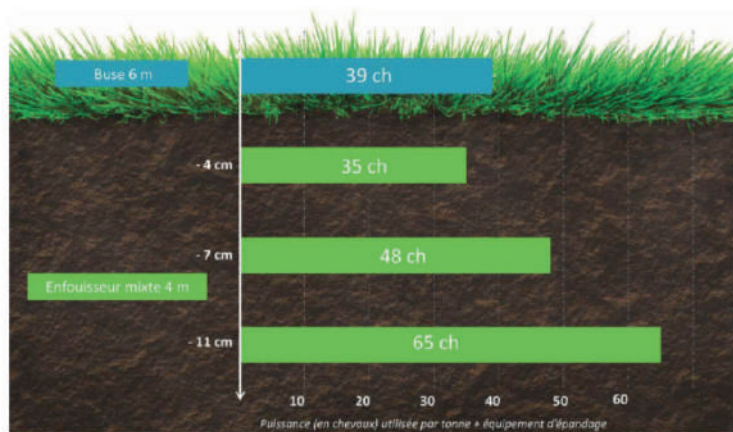


Figure 11 - Besoins en puissance en fonction de la profondeur

Les essais montrent que ce n'est pas l'acte d'enfourir qui génère un surcroît de puissance, mais l'augmentation de la profondeur et de la vitesse (cf figures 11-12).

En termes de consommation de carburant, les mesures montrent environ 3 l/ha pour la buse palette contre 7 l/ha pour l'enfouisseur. Toutefois, un passage de déchaumage est nécessaire après un épandage à la buse dans la plupart des cas. Or, déchaumer à moins de 4 l/ha est rarement possible.

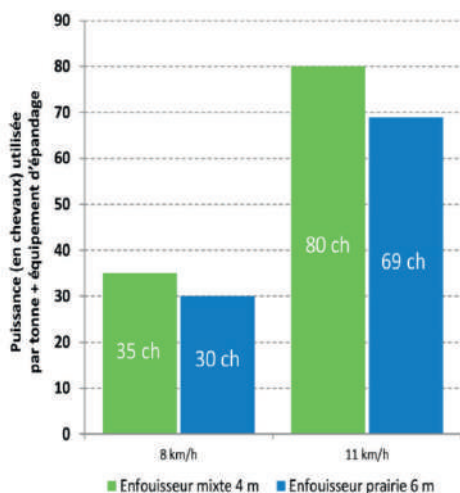


Figure 12 - Besoins en puissance en fonction de la vitesse

ORGANISATION DES CHANTIERS : INNOVER POUR PRÉSERVER LES SOLS

L'évolution des chantiers d'épandage, marquée par l'augmentation des volumes transportés et de la puissance des tracteurs, pose des **questions croissantes en matière de portance des sols et d'organisation du travail**. Ces enjeux sont particulièrement sensibles lors des épandages en conditions de sols fragiles ou en sortie d'hiver, notamment sur cultures en place.



Lorsque l'on raisonne l'itinéraire technique complet, les écarts de consommation se réduisent fortement.

Dans ce contexte, le réseau CUMA de l'Ouest a conduit plusieurs retours d'expériences auprès d'agriculteurs pratiquant l'épandage d'engrais organiques sur céréales. Ces pratiques, encore peu répandues, visent à mieux positionner les apports d'azote au plus près des besoins de la culture, tout en étalant le calendrier d'épandage.

Zoom sur les techniques d'épandage



EPANDAGE SANS TONNE



Scannez le QRcode ou cliquez pour accéder à une vidéo témoignage



Scannez le QRcode ou cliquez pour accéder à l'ensemble des témoignages

ATOUTS

Préservation des sols : limitation forte du tassement permettant des interventions en conditions de portance limitées.

Précocité d'intervention : possibilité d'épandre plus tôt dans la saison, notamment sur cultures d'hiver.

Adaptation aux sols sensibles : solution pertinente dans les contextes à faibles marges de manœuvre mécaniques.

Meilleure répartition des volumes d'effluents dans le temps : sécurisation de la gestion des fosses

LIMITES

Temps de mise en place : installation et rangement du matériel plus chronophages, notamment sur les petits chantiers.

Contraintes logistiques : nécessité d'anticiper le transport des effluents et l'organisation du chantier.

Adaptation du parcellaire : besoin de parcelles suffisamment grandes et accessibles pour optimiser l'efficacité.

Coordination renforcée : réussite conditionnée à une bonne articulation entre les différents acteurs mobilisés.



ACCEPTABILITÉ SOCIALE ET LIEN AVEC LES RIVERAINS

Limitier la volatilisation, c'est aussi limiter les odeurs. Le choix d'équipements performants contribue directement à l'acceptabilité sociale des épandages. Des actions de communication permettent de valoriser une image positive : **épandage local, fertilisation naturelle, économie circulaire.**



Buse palette



Rampe à pendillards



Enfouisseur à disques



Enfouisseur à dents



Impact du matériel sur les odeurs



Scannez le QRcode ou cliquez pour accéder à l'ensemble des panneaux de sensibilisation

L'essentiel de l'épandage organique

val'OR



Centre de ressources



SCAN ME

CUMA



— NOUVELLE AQUITAINE
LA PUISSANCE DU GROUPE

17 cours Xavier Arnoz
33000 Bordeaux

www.nouvelle-aquitaine.cuma.fr



Union Européenne



RÉGION
**Nouvelle-
Aquitaine**

*La Nouvelle-Aquitaine et l'Europe
agissent ensemble pour votre territoire*