

MAITRISER LA REPARTITION DE L'EPANDAGE DE FONDANTS ROUTIERS EN FONCTION DE LA TENEUR EN EAU

M.LANGLLET & P.PECQUENARD & P.BERNARD
SEMR/DERDI/CETE Normandie-Centre
Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, FRANCE
michael.langlet@developpement-durable.gouv.fr

RÉSUMÉ

La maîtrise de la répartition longitudinale et transversale est essentielle. Elle permet au gestionnaire du réseau routier de garantir que la quantité programmée de fondant routier est réellement répandue sur la route.

Des normes européennes existent sur la répartition du fondant : elles fournissent des protocoles d'essais simples et définissent les exigences que doivent remplir les matériels pour que leur répartition soit considérée comme acceptable. La Station d'Essais de Matériels Routiers de Blois (SEMR) possède une plate-forme d'essais dédiée aux saleuses composée entre autres d'un appareil de dosage longitudinal (ODEMIE) et d'un banc de répartition transversale (EPIR).

Le réglage des matériels se fait avec un fondant doté de propriétés qui peuvent évoluer tout au long de la viabilité hivernale : il est donc nécessaire pour ne pas régler en pure perte les matériels d'adapter leur fonctionnement aux propriétés des fondants, et notamment le plus important pour un fondant routier donné : la teneur en eau. D'autres paramètres interviennent liés au fondant (granulométrie, cohésion) ou au matériel (disque d'épandage, transport du fondant entre la trémie et le disque, largeur d'épandage).

Des essais ont permis, pour un sel donné, de déterminer l'influence de la teneur en eau sur les répartitions transversale et longitudinale selon différents paramètres technologiques (largeur d'épandage et asymétrie d'épandage).

Ces données, sous forme d'abaques, peuvent être utilisées par les gestionnaires pour mieux doser leur épandage. Elles peuvent être reliées avec des technologies de mesure de teneur en eau et permettre via des asservissements de commander un dosage plus proche de la réalité et ainsi répandre la juste quantité. La SEMR, dans cette optique, a testé des sondes de teneur en eau du sel qui, actuellement, peuvent être utilisées lors du chargement par tapis du fondant en trémie et permettent d'avoir connaissance de la teneur en eau du sel dans celle-ci.

Deux éléments font l'objet de recherches complémentaires. Il s'agit de

- la mesure de la teneur en eau du sel dans la trémie qui serait plus simple à traiter pour le gestionnaire que sur tapis de chargement ;
- l'asservissement entre cette valeur et le boîtier de commande.

1. CONTROLE ET REGLAGES DES EPANDEUSES : DES OPERATIONS ESSENTIELLES

1.1. Principe de fonctionnement des épanduses de fondants routiers

« L'épandage en matière de viabilité hivernale est une opération consistant à déposer un matériau sur les chaussées en vue du maintien ou du retour de l'adhérence des roues des véhicules. » [1]

Le principe général de fonctionnement d'une épanduse de fondant routier est celui d'un distributeur centrifuge. Les grains constituant le fondant routier, stockés dans une trémie, sont dirigés via une vis sans fin, un tapis ou des chaînes à racleurs dont la vitesse variable permet le réglage du débit et donc du dosage longitudinal moyen. Les particules sont ensuite dirigées au dessus d'un disque muni de pales. Le débit n'est pas continu : le flux de fondant routier est coupé par le passage des pales. Sur chaque pale, les grains sont accélérés dans un mouvement centrifuge jusqu'à leur éjection. La largeur d'épandage est réglée en déplaçant le point d'injection du matériau sur le disque. Chez certains constructeurs le nombre de distributeurs peut varier pour s'adapter aux largeurs d'épandage souhaitées.

La répartition au sol est également influencée par les réglages réalisés au niveau de l'attelage de l'épanduse (inclinaison, hauteur), les propriétés de fabrication et intrinsèques du fondant (masse volumique, forme, granulométrie, teneur en eau...), les conditions d'épandage (mouvement du porteur muni de l'épanduse, profilé de la route, vent, humidité...).

1.2. Intérêt du contrôle des épanduses

La qualité d'une épanduse correspond aux éléments suivants :

- Respect du dosage souhaité ;
- Respect de la largeur souhaitée ;
- Respect de la configuration de l'épandage (centré, asymétrique) ;
- Régularités longitudinale (parallèle à la direction d'avancement du porteur) et transversale (perpendiculaire) avec lesquelles la dose déterminée est apportée en tout point de la route.

La qualité de l'épandage de fondants routiers a des impacts :

- **Pour le milieu humain** d'une part, avec une sécurité accrue et des conditions de circulation améliorées,
- **Pour le milieu naturel**, en diminuant les désordres environnementaux causés par un mauvais épandage [2], [3], [4]
- **Pour le milieu économique**, en optimisant le fonctionnement des épanduses et l'efficacité du fondant épandu sur la chaussée, et en réduisant les dépenses d'entretien et de réparation des infrastructures, notamment des ouvrages d'art. [5]

Le réglage et une meilleure connaissance des épanduses permettent :

- de respecter les prescriptions des responsables de la viabilité hivernale ;
- par un juste dosage, de minimiser l'impact du fondant sur l'environnement ;
- d'éviter les erreurs de dosage impactant négativement les stocks de sel (surconsommation par surdosage) ;
- de donner confiance au chauffeur dans le fonctionnement de sa machine ;

- de justifier l'efficacité de l'épandage de fondants routiers, opération de viabilité hivernale souvent pointée du doigt ;
- d'avoir une action responsable et d'assurer la pérennité de la viabilité hivernale des réseaux routiers.

1.3. Caractérisation de la qualité des épanduses

En Europe, la norme XP CEN TS 15597 [6] [7] spécifie dans sa seconde partie les épanduses de fondants routiers en fonction de la vitesse du porteur, de l'étendue de leur largeur d'épandage ainsi que de l'étendue de leur dosage d'épandage. Cette norme définit des essais statiques et dynamiques portant sur, d'une part, le dosage longitudinal et, d'autre part, sur le dosage transversal.

Toute épanduse soumise à l'essai statique doit remplir les critères de tolérance suivants :

- la différence maximale entre le dosage moyen effectif et le dosage théorique de l'essai doit être inférieure à $\pm 6\%$;
- 90 % des points de mesure doivent présenter une différence maximale de $\pm 40\%$ par rapport au dosage moyen effectif ; cette tolérance est valable pour le sel sec et pour la saumure ;
- l'erreur de proportion entre la quantité totale de solide et de liquide doit être inférieure à 7 %.

La répartition transversale doit être conforme aux tolérances suivantes avec chaque type de fondant :

- La quantité totale, dans les zones de mesure, doit être supérieure à 75 % de la quantité totale théorique.
- Les bandes extérieures doivent avoir un dosage moyen effectif inférieur ou égal à 80 % du dosage théorique
- La première bande et la dernière bande à l'intérieur d'une zone de mesure doivent avoir chacune un dosage moyen effectif supérieur ou égal à 50 % du dosage théorique
- Toutes les autres bandes à l'intérieur d'une zone de mesure doivent avoir un dosage moyen effectif au moins égal à 60 % du dosage théorique.

2. PLATE-FORME D'ESSAIS DE LA SEMR

2.1. Présentation des méthodes d'essai

La Station d'Essais de Matériels Routiers du Ministère français du Développement Durable dispose de différents moyens de caractériser l'épandage de fondants routiers :

- **Graind'sel** : logiciel d'analyse d'images permettant sur support bitumineux d'appréhender une concentration de fondant routier sur une surface de 1 mètre carré [8]

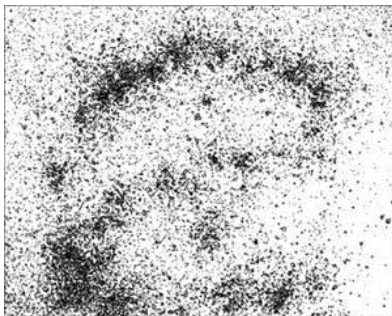


Figure 1. Cartographie des corps granulaires à l'aide de Graind'sel (22640 grains détectés à partir d'une photo de 1 m² de revêtement)

- **piste d'essai** efficace de 20*12 mètres, avec une distance avant et après de 40 mètres permettant au porteur de stabiliser une vitesse. Cette piste peut être recouverte de bâches de dimensions 10*15 mètres en matériau tissé et non lisse.



Figure 2. Récupération du fondant routier sur la piste d'essai

- **ODEMIE**, matériel construit par le CECP de Rouen [9], détermine le dosage moyen et la variation longitudinale de l'épandage en fondant routier, suivant la norme XP CEN TS 15597-2.

Constitué d'un bac peseur et de matériel informatique, il est positionné à l'arrière d'une épandeuse de fondant (cf. Figure 3). L'épandeuse étant à poste fixe, le bac recueille l'ensemble du fondant éjecté par le disque rotatif. Le dosage moyen (g/m^2) est déterminé en réalisant des pesées dynamiques afin de recréer une suite de 200 échantillons. Chaque échantillon correspondant à une bande de chaussée de 1 mètre de longueur et de la largeur de l'épandage. Le dosage en fondant est calculé sur chacun des échantillons, la moyenne du dosage des 200 échantillons donne le dosage moyen. La variation du dosage sur ces 200 échantillons donne le coefficient de variation longitudinal (CVL). L'appareil ODEMIE intègre l'ensemble du fondant sur chaque échantillon, il ne peut **donc pas déterminer la façon dont le fondant est réparti sur la surface de l'échantillon**. Ainsi pour une épandeuse avec un dosage en fondant stable et correct, le dosage moyen mesuré sera stable et correct bien que la répartition transversale puisse être bonne, ou mauvaise.

De mauvaises répartitions comme : tout à droite, tout à gauche, tout au centre, ou avec un épandage trop ou pas assez large, ne seront pas mises en évidence par ODEMIE.

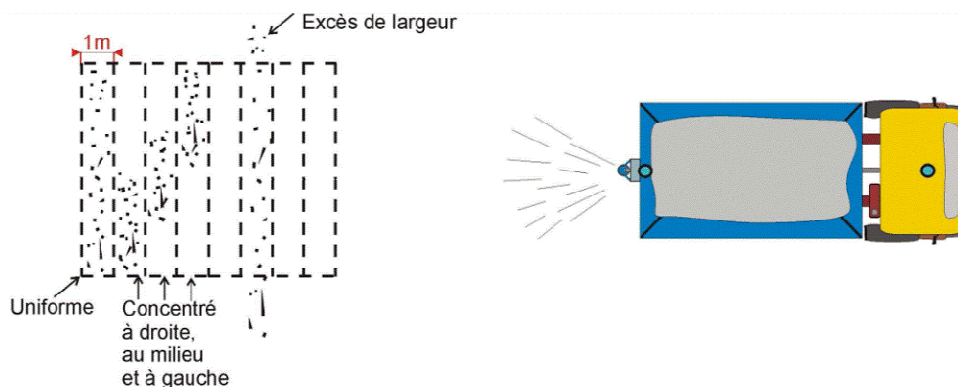


Figure 3. Répartitions transversales non différenciées par ODEMIE

- **EPIR** (Etude des Phénomènes Influençant la Répartition) : banc de caractérisation de la répartition transversale d'une épandeuse de fondants. L'épandeuse est à poste fixe. Pour

prélever le fondant suivant des bandes longitudinales, un préleveur évolue dans le voile de fondant éjecté par l'épandeuse et recueille le fondant dans des réceptacles. La vitesse est paramétrable ainsi que les distances d'accélération et de décélération.



Figure 4. Vue d'ensemble du banc d'essais EPIR (cabine de commande, portique automoteur de récupération du sel, épandeuse testée)

Ce banc peut être utilisé de deux manières : d'une part à déterminer le dosage transversal en simulant grâce à la vitesse du préleveur une distance parcouru du paramètre « profondeur » P de 200 mètres (cf. Figure 5), d'autre part, à déterminer une répartition transversale relative en effectuant plusieurs passages de préleveur à dosage déterminé.

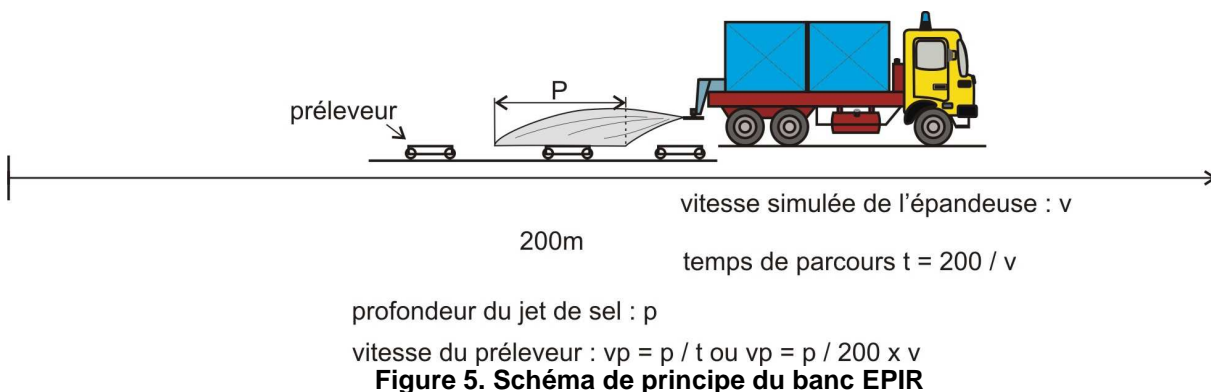


Figure 5. Schéma de principe du banc EPIR

Ces deux dernières méthodes ont été expérimentées [10]. L'exploitation de la répartition relative est la plus simple et la plus proche de la réalité.

2.2. Validation des méthodes d'essai

Plusieurs campagnes d'essais [10] ont permis de mieux caractériser chacune des méthodes.

- Piste d'essai :

- Les résultats peuvent être exploités en considérant soit les données brutes sur chaque mètre carré, soit la répartition transversale de chaque mètre carré rapporté à sa bande transversale de longueur 1 m (cf. Figure 6), soit la répartition transversale d'une bande de longueur 10 ou 20 m rapporté à la surface totale de longueur 10 ou 20 m ;
- Une homogénéité des courbes de répartition transversale en choisissant une longueur d'essai de 20 mètres ;
- Des écarts faibles entre deux essais (répétabilité) de longueur 10 mètres, de l'ordre de 4% (écart de répartition transversale entre deux bandes identiques) ;
- Un phénomène cyclique quant aux écarts observés à l'échelle d'un mètre carré.

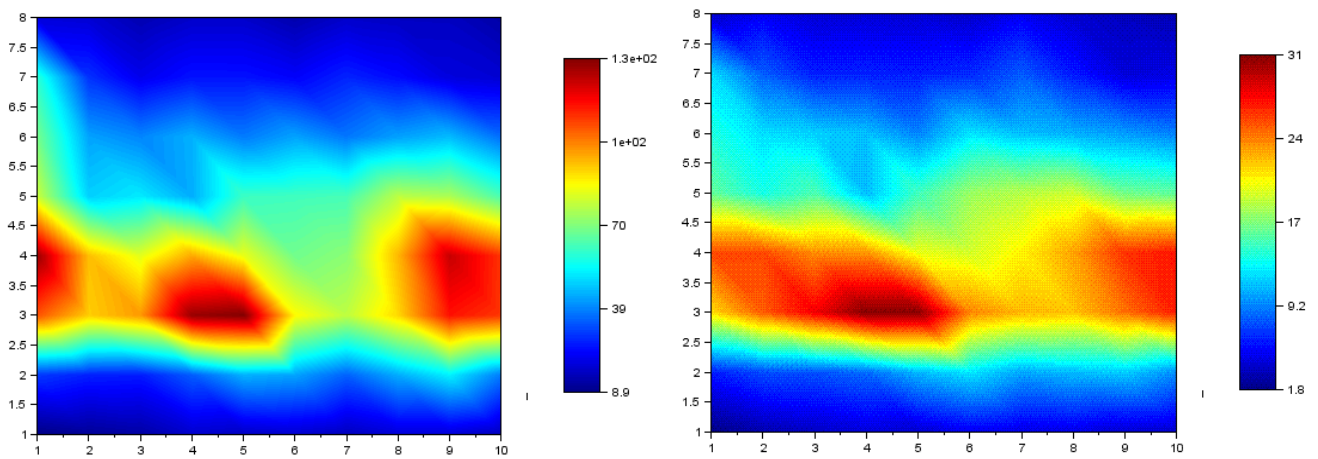


Figure 6. Représentations de la répartition de l'épandage de fondants routiers sur une surface de longueur 10m * Largeur 8m, à g. : valeurs brutes en g après 3 passages, à d. : répartition transversale (en %) par bande transversale de longueur 1 mètre (dosage : 40g/m², Largeur : 6mètres, configuration : centré)

- ODEMIE :

Le système de mesure pour le sel sec permet une mesure dynamique (10 Hz) entre 2.5 kg et 180 kg avec une incertitude de +/-50 g.

Le système de mesure des saumures permet une mesure dynamique (10 Hz) entre 2.5 kg et 100 kg avec une incertitude de +/-25 g. Ces incertitudes permettent au matériel de répondre à la norme XP EN TS15597-2 qui impose une incertitude de +/-1% de la valeur mesurée.

- EPIR :

Pour la suite de l'article, la convention suivante est adoptée pour les essais in situ et sur EPIR :

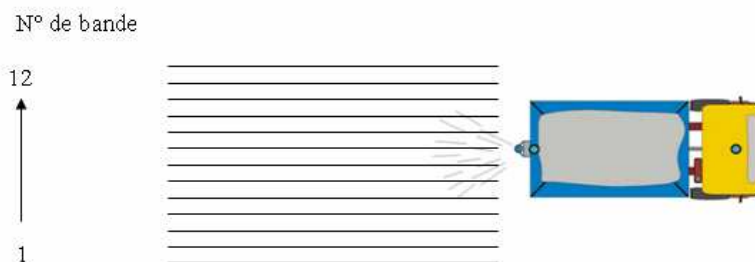


Figure 7. Convention de numérotation des bandes longitudinales

Un nombre de passages de 10 est suffisant pour obtenir un résultat stabilisé s'affranchissant des variations dues au fonctionnement cyclique des épandeurs (résultat obtenu sur essais avec comme paramètres : Dosage [10,20,30]g/m², Largeur [4,6,10]m, vitesse préleveur [1.5]m/s, configuration [centrée,décentrée 2 crans gauche]). Le pourcentage de répartition transversale attribuée à une bande longitudinale a un écart type inférieure à 4% lorsque l'on cumule les quantités de fondant épandu après 10 passage ([10] et Figure 9).



Figure 8. Cabine de commande d'EPIR (à g.) et dispositif ODEMIE (à d.)

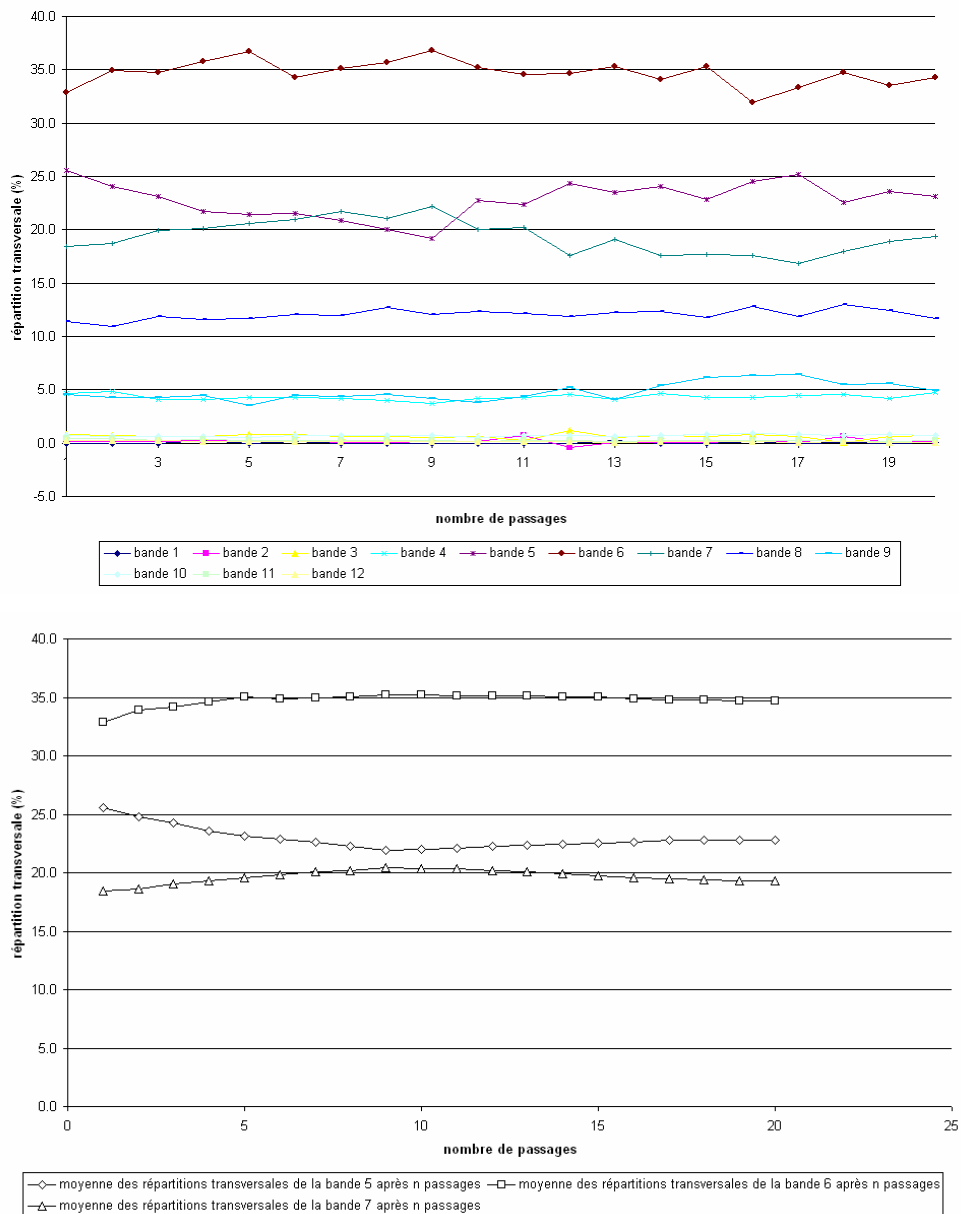


Figure 9. en haut : évolution de la répartition transversale pour chaque bande en fonction du numéro d'essai (un essai = un passage du préleveur), en bas : variation de la moyenne des répartitions cumulées de 3 bandes (« au nombre de passage 15 sur le bac 7, la répartition moyenne des 15 premiers passages est de 20% »)

2.3. Comparaison des méthodes

Les trois méthodes permettent de caractériser des grandeurs différentes :

- ODEMIE caractérise un dosage longitudinal indépendant de la chaussée. Ce dosage est avant tout lié au débit du fondant vers le disque d'épandage. C'est un paramètre intrinsèque à l'épandeuse.
- EPIR permet de caractériser une largeur d'épandage ainsi qu'une répartition. L'expérience a montré qu'il était plus pertinent d'utiliser EPIR et ODEMIE pour avoir une caractérisation longitudinale et transversale. L'utilisation seule d'EPIR permet de caractériser l'évolution de la répartition transversale en fonction de certains paramètres ou de suivre l'évolution d'une machine afin de mieux la régler.
- la méthode in situ, sur bêche ou sur enrobé, a, elle aussi, des limites : elle dépend du gabarit du porteur (effet de traînée aérodynamique), des conditions météorologique et anémométrique et de la macrorugosité de l'enrobé.

Des essais comparatifs ont été menés sur la piste d'essai et sur EPIR. Le banc EPIR permet de caractériser la largeur d'épandage ainsi que la répartition transversale (quantité épandue sur une bande de 1 mètre de large rapportée à la quantité totale). Les quantités sont difficilement comparables : l'effet de glissement des grains de fondant routier n'apparaît pas avec EPIR, une frontière physique existant entre chaque bande du fait des bacs de prélèvement.

Les essais ODEMIE et EPIR sont rapides en comparaison des essais in situ : un essai de dosage pour une configuration donnée ODEMIE dure moins de 5 minutes et un essai sur banc EPIR pour une configuration donnée dure moins de 15 minutes.

Ces considérations amènent à proposer le schéma de caractérisation d'une épandeuse de fondants routiers suivant :

1. détermination du **dosage longitudinal humide** à l'aide d'ODEMIE sur un fondant humide ;
2. détermination du **dosage longitudinal sec** après mesure de la teneur en eau du fondant routier ;
3. détermination de la **largeur d'épandage** à l'aide d'EPIR en prenant en compte les critères de la norme XP CEN TS 15597-2 ;
4. détermination du **dosage longitudinale sec par bande**
4. détermination du **dosage effectif** qui serait conforme avec la norme XP CEN TS 15597-2.

Pour illustrer cette démarche, on prendra l'exemple suivant :

Une épandeuse a un dosage théorique (commande) de 15g/m^2 sur une largeur théorique (commande) de 10 mètres (cf. Figure 10).

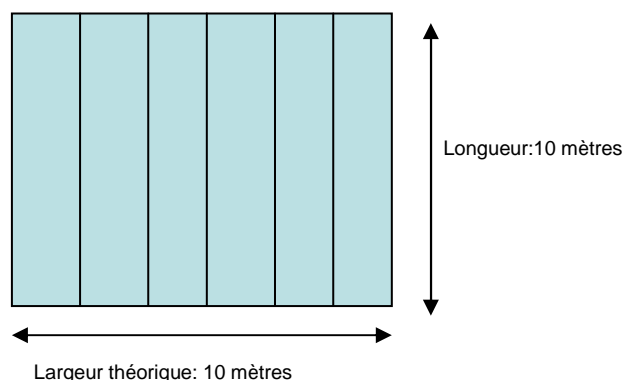


Figure 10. Configuration d'épandage théorique

ODEMIE annonce un dosage de 16,5 g/m². Ce dosage est valable pour une largeur de 10 mètres qui correspond à la largeur inscrite sur le boîtier de commande. La teneur en eau du sel est de 6%. Le dosage longitudinal sec est de 15,5g/m². EPIR permet de déterminer la largeur d'épandage réelle et la répartition transversale.

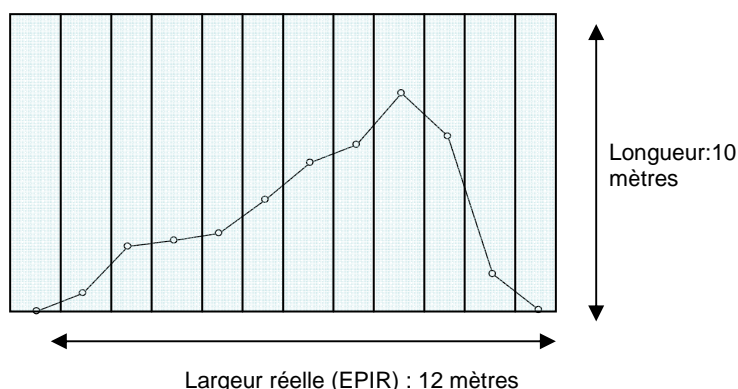


Figure 11. Utilisation d'EPIR et ODEMIE pour la détermination du dosage réel

ODEMIE fournit une quantité totale répandue sur une longueur donnée quelque soit la largeur. Ainsi, la quantité sèche épandue sur une surface de 10 mètres de long et de largeur sera de 15,5g * 10 mètres * 10 mètres (largeur théorique) = 1550 g.

EPIR donne une largeur de 12 mètres et une courbe de répartition transversale. Celle-ci permet de déterminer les quantités épandues sur chacune des bandes de 1 mètre de large et de 10 mètres de long et donc d'obtenir un dosage sec longitudinal par bande (cf. Figure 11). Les informations sont réunies pour qualifier l'épandeuse selon la norme européenne. Le paragraphe 4.5 utilise cette méthodologie.

3. PROGRAMME D'ESSAIS

L'objectif est de déterminer les variations des valeurs des répartitions transversale et longitudinale de l'épandage en fonction des teneurs en eau du fondant.

Les essais sont réalisés à l'aide d'ODEMIE et d'EPIR, ces derniers pouvant être corrélés avec des essais in situ.

L'épandeuse utilisée est une épandeuse munie d'une vis avec un disque d'épandage simple à 6 pales.

Les paramètres d'essais sont :

- caractéristiques d'état du fondant routier : 3 teneurs en eau $W_1 < W_2 < W_3$;
- caractéristiques de l'épandeuse de fondant routier : dosages ($D_1=15g/m^2$ et $D_2= 30g/m^2$) et configuration/largeur d'épandage (6 mètres centré et asymétrie 2 crans gauche : 6mc et 6mg et 10 mètres centré et asymétrie 2 crans gauche : 10 mc et 10mg).

Le tableau synthétique des essais est le suivant :

Tableau 1. Tableau synthétique des essais réalisés

W_1	D_1	D_2
6mc	ODEMIE + EPIR (10 passages)	ODEMIE + EPIR (10 passages)
6mg	ODEMIE + EPIR (10 passages)	ODEMIE + EPIR (10 passages)
10mc	ODEMIE + EPIR (10 passages)	ODEMIE + EPIR (10 passages)
10mg	ODEMIE + EPIR (10 passages)	ODEMIE + EPIR (10 passages)

W_2	D_1	D_2
6mc	ODEMIE + EPIR (10 passages)	ODEMIE + EPIR (10 passages)
6mg	ODEMIE + EPIR (10 passages)	ODEMIE + EPIR (10 passages)
10mc	ODEMIE + EPIR (10 passages)	ODEMIE + EPIR (10 passages)
10mg	ODEMIE + EPIR (10 passages)	ODEMIE + EPIR (10 passages)

W_3	D_1	D_2
6mc	ODEMIE + EPIR (10 passages)	ODEMIE + EPIR (10 passages)
6mg	ODEMIE + EPIR (10 passages)	ODEMIE + EPIR (10 passages)
10mc	ODEMIE + EPIR (10 passages)	ODEMIE + EPIR (10 passages)
10mg	ODEMIE + EPIR (10 passages)	ODEMIE + EPIR (10 passages)

4. RESULTATS

4.1. Teneurs en eau

Les teneurs en eau W_1 , W_2 et W_3 sont après 6 prélèvements pour chacune et séchage en étuve ventilée les suivantes :

$W_1 = 3,14\%$

$W_2 = 5,25\%$

$W_3 = 12,53\%$

4.2. Résultats ODEMIE

Tableau 2. Résultats dosage ODEMIE sur matériau humide et sec

Dosage théorique	Configuration	Dosage réel moyen g/m ²		Dosage réel moyen g/m ²		Dosage réel moyen g/m ²	
		longitudinal (ODEMIE)		longitudinal (ODEMIE)		longitudinal (ODEMIE)	
		Humide (W1)	Sec	Humide (W2)	Sec	Humide (W3)	Sec
15g/m ²	6 m centré	14.8	14.0	15.1	14.3	17.2	16.3
	6 m 2 crans gauche	14.3	13.5	14.9	14.1	16	15.2
30g/m ²	6 m centré	28.7	27.2	30.6	29.0	31.3	29.7
	6 m 2 crans gauche	30.4	28.8	31.2	29.6	30.5	28.9
15g/m ²	10 m centré	14.3	13.5	15.6	14.8	15.9	15.1
	10 m 2 crans gauche	14.4	13.6	14.2	13.5	14.5	13.7
30g/m ²	10 m centré	22.2	21.0	19.5	18.5	25.4	24.1
	10 m 2 crans gauche	23.8	22.6	19.1	18.1	21.1	20.0

Les résultats ODEMIE permettent de déceler des dysfonctionnements du matériel pour les configurations (dosage = 30g/m², largeur = 10m).

Les différences obtenues pour les autres configurations peuvent être corrigées par l'opérateur en adaptant la commande. Pour les configurations (dosage = 30g/m², largeur = 10m) cette correction est quasiment impossible du fait d'absence de linéarité de la réponse. Cette correction ne prend cependant pas en compte la répartition transversale.

4.3. Résultats EPIR

Les figures à représenter les répartitions transversales pour les différentes configurations. Pour chaque courbe, la légende suivante est identique :

- W1
- W2
- △ W3

En abscisse sont placés les numéros de bande avec la convention adoptée au paragraphe 2.2. En ordonnée, on peut lire la répartition transversale, i.e le rapport de la quantité de fondant épanché sur une bande de largeur 1 mètre par la quantité totale épanché sur l'ensemble des bandes.

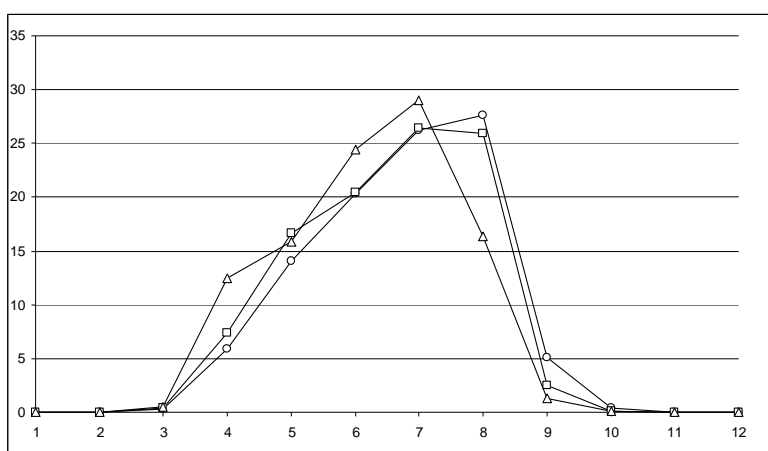


Figure 12. Dosage 15g/m², configuration centrée, Largeur : 6m

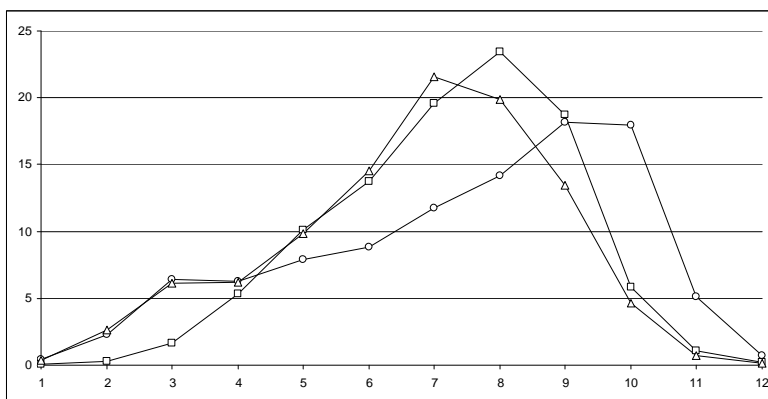


Figure 13. Dosage 15g/m², configuration centrée, Largeur : 10m

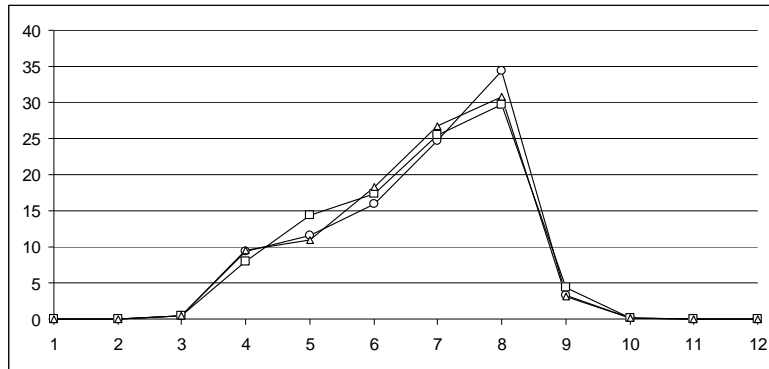


Figure 14. Dosage 30g/m², configuration centrée, Largeur : 6m

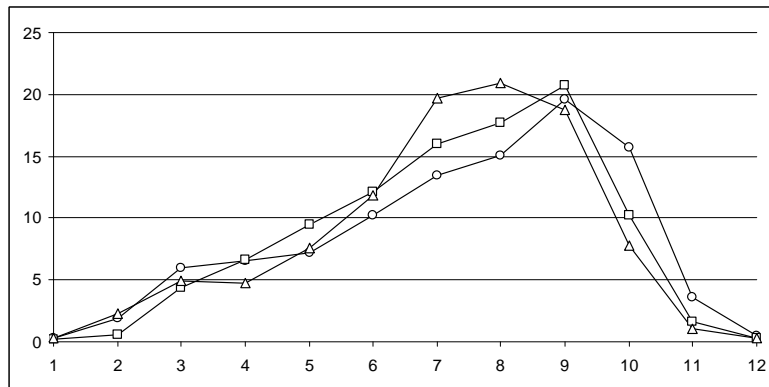


Figure 15. Dosage 30g/m², configuration centrée, Largeur : 10m

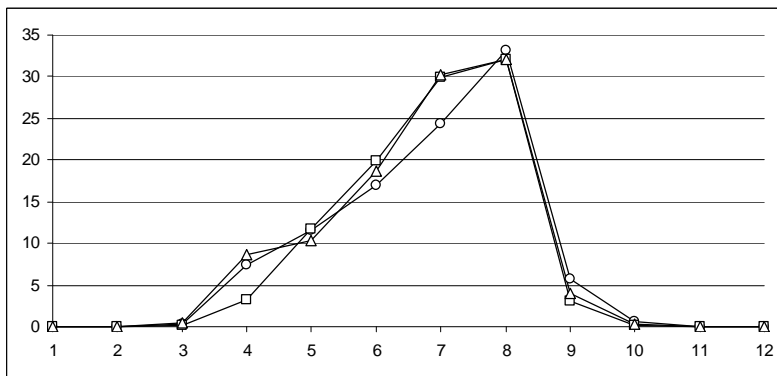


Figure 16. Dosage 15g/m², configuration 2 crans gauche, Largeur : 6m

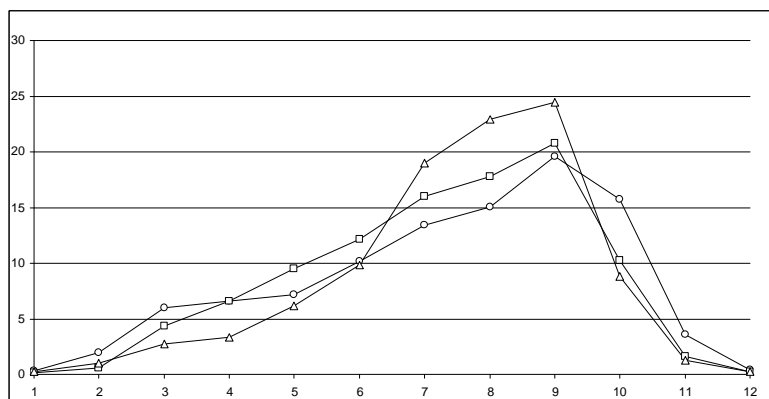


Figure 17. Dosage 15g/m², configuration 2 crans gauche, Largeur : 10m

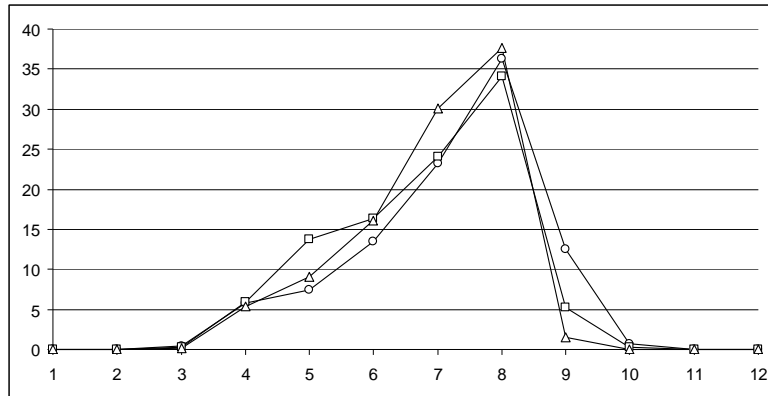


Figure 18. Dosage 30g/m², configuration 2 crans gauche, Largeur : 6m

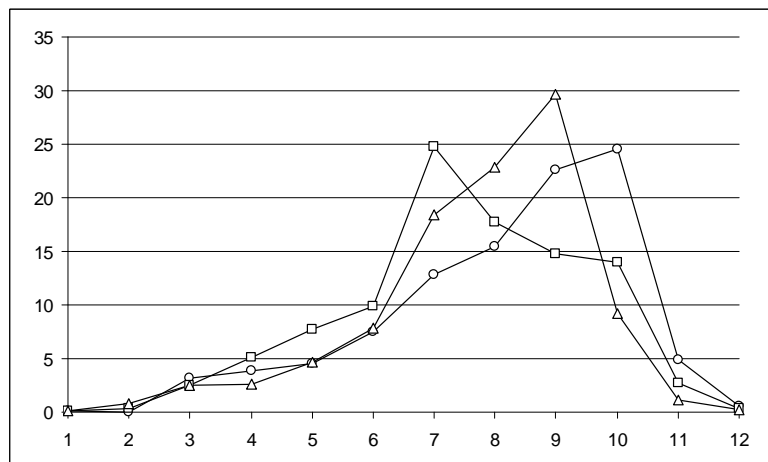


Figure 19. Dosage 30g/m², configuration 2 crans gauche, Largeur : 10m

Le matériel testé présente des hétérogénéités de fonctionnements sur des largeurs de 10 mètres et des dosages de 30 g/m². Ces résultats amènent à privilégier des essais de caractérisation ou de contrôle des épanduses sur des gammes étendues de fonctionnements afin de permettre des adaptations dans les commandes pour doser au plus juste. Ces hétérogénéités apparaissent aussi dans les résultats des essais ODEMIE. Certaines hétérogénéités de fonctionnements n'apparaissent pas dans les résultats ODEMIE : la configuration (D = 15g/m², L = 10m centré) ne laisse pas supposer de variations importantes en fonction de la teneur en eau à partir des essais ODEMIE alors que l'essai de répartition transversale montre des différences notables.

4.4. Analyse granulométrique

L'essai sur banc EPIR permet de réaliser très facilement des analyses granulométriques. Cette analyse permet de déterminer la classe granulométrique des éléments éjectés dans chaque bande longitudinale. Dans notre cas, on remarque une symétrie en terme de granularité.

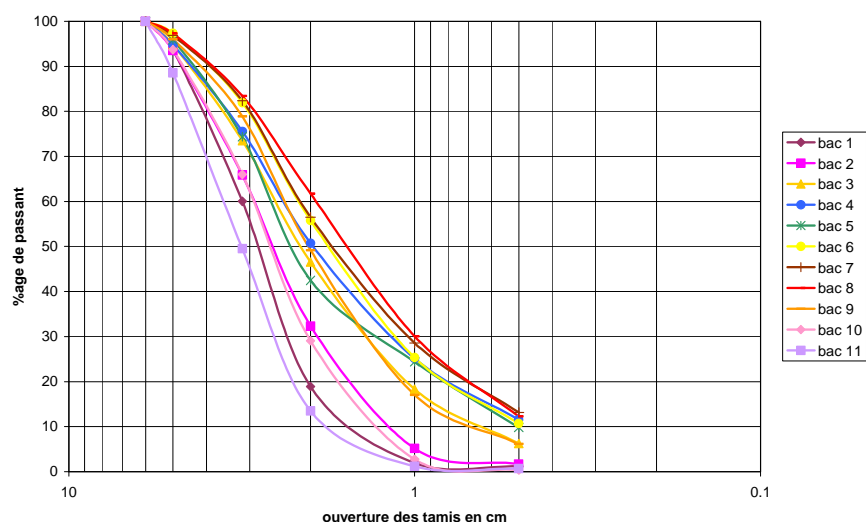


Figure 20. Analyse granulométrique des éléments prélevés dans chaque bande pour un essai sur banc EPIR.

4.5. Exemple d'une exploitation des résultats selon la norme XP CEN TS 15597-2

On développe la méthodologie exposée au paragraphe 2.3 en l'appliquant à la configuration (W2, Largeur = 10m, Dosage = 15g/m², Centré). On obtient le tableau suivant :

Tableau 3. Exploitation des résultats ODEMIE et EPIR au regard de la norme européenne (W2, Largeur = 10m, Dosage = 15g/m², Centré)

n° de bande	% de répartition transversale	quantité sèche épandue sur une bande de 1m*10m (en g)	dosage réel (en g/m ²)	critère de la norme XP CEN TS 15597-2
1	0.5	7.4	0.7	<12g/m ²
2	2.3	34.0	3.4	>7,5g/m ²
3	6.4	94.7	9.5	>9g/m ²
4	6.3	93.2	9.3	>9g/m ²
5	7.9	116.9	11.7	>9g/m ²
6	8.9	131.7	13.2	>9g/m ²
7	11.7	173.2	17.3	>9g/m ²
8	14.2	210.2	21.0	>9g/m ²
9	18.1	267.9	26.8	>9g/m ²
10	18.0	266.4	26.6	>9g/m ²
11	5.1	75.5	7.5	>7,5g/m ²
12	0.7	10.4	1.0	<12g/m ²

La répartition transversale est fournie par EPIR. La quantité sèche épandue sur une bande de 1m * 10m est le résultat du produit de la quantité sèche épandue sur une surface de 100m² par la répartition transversale EPIR.

Le calcul est le suivant :

- quantité totale épandue fournie par ODEMIE pour une largeur et une longueur de 10 mètres : Dosage ODEMIE * 10m * 10m = 1480g ;
- largeur réelle : 12m ;
- répartition transversale donnée par EPIR ;
- calcul de la quantité sèche épandue sur une bande de 1m de large et 10m : exemple sur la bande n°6 : 8.9% * 1480 = 131.7g
- dosage réel : quantité sèche/10 = 13.17g/m²

Dans la configuration étudiée ci-dessus, l'épandeuse ne pourra être réceptionnée comme fonctionnelle à une largeur de 10m. Pour l'utiliser à 10m conformément à la norme, il faudra commander une largeur supérieure. Cette opération sera consommatrice en fondant sur les bandes extérieures.

Un second exemple est donnée ci-dessous avec la configuration (W1, Largeur = 6m, Dosage = 15g/m², 2 crans gauche).

Tableau 4. Exploitation des résultats ODEMIE et EPIR au regard de la norme européenne (W1, Largeur = 6m, Dosage = 15g/m², 2 crans gauche)

n° de bande	% de répartition transversale	quantité sèche épandue sur une bande de 1m*10m (en g)	dosage réel (en g/m ²)	critère de la norme XP CEN TS 15597-2
1	0.0	0.0	0.0	<12g/m ²
2	0.0	0.0	0.0	<12g/m ²
3	0.2	1.6	0.2	<12g/m ²
4	3.2	25.9	2.6	>7,5g/m ²
5	11.6	94.0	9.4	>9g/m ²
6	19.9	161.2	16.1	>9g/m ²
7	29.9	242.2	24.2	>9g/m ²
8	32.1	260.0	26	>9g/m ²
9	3.1	25.1	2.5	>7,5g/m ²
10	0.1	0.8	0.1	<12g/m ²
11	0.0	0.0	0.0	<12g/m ²
12	0.0	0.0	0.0	<12g/m ²

La répartition transversale est fournie par EPIR. La quantité sèche épandue sur une bande de 1m * 10m est le résultat du produit de la quantité sèche épandue sur une surface de 60m² par la répartition transversale EPIR.

Le calcul est le suivant :

- quantité totale épandue fournie par ODEMIE pour une largeur de 6m et une longueur de 10m : Dosage ODEMIE * 6m * 10m = 810g ;
- largeur réelle : 8m ;
- répartition transversale donnée par EPIR ;
- calcul de la quantité sèche épandue sur une bande de 1m de large et 10m : exemple sur la bande n°6 : 19.9% * 810 = 161.2g
- dosage réel : quantité sèche/10 = 16.1g/m²

Pour cette configuration, les première et dernière bandes de la zone de mesure de 6 mètres ne reçoivent pas assez de fondants routiers, alors que les bandes intérieures sont en surdosage.

5. COMMENTAIRES

Les essais sur ODEMIE et EPIR mettent en évidence des problèmes pour l'épandeuse testée concernant les fonctionnements suivants :

- non respect du dosage pour des dosages importants (30 g/m²) et des largeurs importantes (10m), d'autant plus important que le fondant routier est lourd (i.e dans notre cas une teneur en eau plus importante) ;
- une influence de la teneur en eau relativement faible sur le fonctionnement de l'épandeuse en configuration dosage faible et petite largeur ;

- une répartition transversale n'assurant pas une homogénéité sur toute la largeur théorique ;
- une absence de respect des critères de la norme XP CEN TS 15597-2 : aucune configuration ne permet de respecter les critères rappelés au paragraphe 1.3.

Les dosages « réels » découlant des essais posent la question de la maîtrise des fondants routiers dans une optique d'optimisation.

La SEMR a déjà testé des sondes de teneur en eau montées sur épandeuse ou insérés dans les process de chargement des épanduses. Les essais réalisés et les différences de fonctionnement d'une épandeuse selon la teneur en eau des fondants devraient inciter les gestionnaires de réseau routier ainsi que les constructeurs à adapter leurs pratiques vers une meilleure connaissance et maîtrise des teneurs en eau des fondants routiers.

6. PERSPECTIVES

L'étude a mis en évidence :

- l'intérêt d'associer les deux systèmes de caractérisation d'épanduses EPIR et ODEMIE : l'association du dosage longitudinal et de la détermination d'une largeur d'épandage ainsi que sa répartition transversale permet de caractériser complètement une épandeuse et permet de déterminer le respect ou non de l'épandeuse aux critères de la norme européenne ;
- l'intérêt d'associer EPIR et ODEMIE pour caractériser les plages de fonctionnement optimal des épanduses et ainsi déterminer en fonction d'une teneur en eau du fondant routier les configurations à utiliser ;
- l'intérêt d'associer EPIR et ODEMIE en soutien à la recherche et au développement de systèmes d'épandage innovants ;
- l'intérêt d'associer EPIR et ODEMIE pour proposer une alternative aux essais longs et laborieux proposés par la norme européenne ;
- l'intérêt de mieux connaître et maîtriser la teneur en eau des fondants routiers notamment par des procédés mis en oeuvre par la SEMR [11].

Les gestionnaires de réseau routiers ainsi que les constructeurs devraient au regard de ces résultats travailler, afin d'optimiser les matériels et mieux connaître les quantités efficaces de fondants routiers épandues, sur une meilleure maîtrise des fondants routiers, tant au niveau du stockage, du chargement et de l'épandage. C'est dans cette optique que la SEMR a engagé des études de mesures de teneur en eau en continu du fondant routier afin d'asservir l'épandage à cette valeur.

RÉFÉRENCES

1. Giloppé, D., Langlet, M., Maurice, F., Pecquenard, P. (2009). Viabilité hivernale - Stratégies de choix des outils de raclage et d'épandage. Guide Sétra
2. Burtwell, M., Oberg, G. (2002). Améliorations du contrôle de la neige et du verglas sur les routes et les ponts en Europe. COST344
3. Leppänen, A., Penttinen, O. (2001). Maintenance hivernale révisée en Finlande. Stratégies et exigences qualitatives. Administration nationale des routes de Finlande
4. Wälivaara, B., Blomqvist, G., Andersson, T., Wilhlmsson, H. (2006). Surveillance automatique de la contamination des eaux souterraines le long des routes salées. PIARC 2006, Torino.
5. Staquet, F., Laurent, D. (2006). Influence des fondants routiers sur les eaux souterraines en région Wallonne. PIARC 2006, Torino.
6. Langlet, M. (2012). Vers une meilleure connaissance des matériels. RGRA. N° 899, pp 48-52
7. XP CEN TS 15597-2. Equipements de viabilité hivernale – Epanduses – Partie 2. Exigences relatives à la distribution et Essais. Janvier 2012

8. Giloppé, D. (2006). Une nouvelle méthode pour déterminer la répartition granulaire du sel sur une surface routière. Info DESGI.
9. Lelandais, A., Guillevic, G., Pecquenard, P. (2012). ODEMIE, un outil universel de contrôle des épanduses de fondants routiers. N°899, pp 53-56
10. Langlet, M. (2011). Rapport d'avancement EPIR, Etude des Phénomènes Influençant la Répartition. Rapport Sétra.
11. Oudin, J., Langlet, M., Château, E., Bailly, G. (2010). Pour une meilleure connaissance de la teneur en eau dans les fondants routiers (NaCl). RGRA. N°886, pp 74-76