

Gestion des poussières et circulation sur chantier

Recommandations pour la gestion des émissions de poussières et de l'usage de l'eau lors de la circulation sur pistes non revêtues



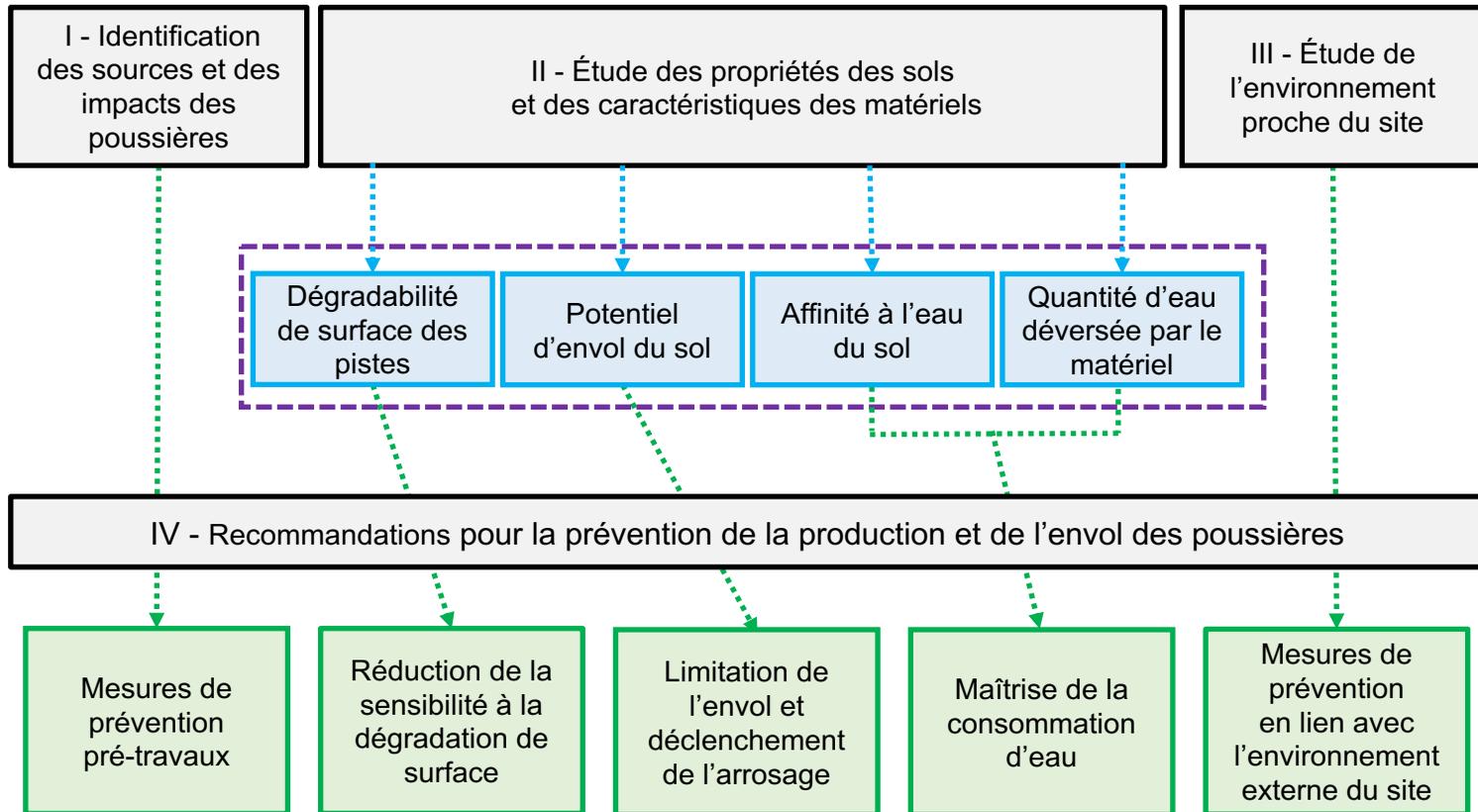
plaquette

Préambule	P 3
Logigramme des actions pour la gestion de l'envol et de l'optimisation de l'arrosage sur les pistes non revêtues	P 4
I. Identification des sources et des impacts des poussières	P 5
II. Étude des propriétés des sols et des caractéristiques des matériels	P 6
II.1. Introduction et méthodologie d'étude	P 6
II.2. Dégradabilité de surface des pistes sous trafic	P 7
II.3. Potentiel d'envol du sol	P 9
II.4. Affinité à l'eau du sol et quantité d'eau déversée par le matériel	P 10
III. Étude de l'environnement proche du site	P 11
III.1. Identification des zones d'exposition à la poussière	P 11
III.2. Établissement des indices de zone	P 11
III.3. Qualification du niveau d'exposition aux poussières de la zone	P 12
IV. Recommandations	P 13
IV.1. Limitation de la production et de l'envol et prise en compte de l'environnement	P 13
IV.2. Optimisation du compactage	P 14
IV.3. Optimisation de l'arrosage	P 15

La présente plaquette permet d'accompagner son utilisateur dans la gestion des volumes d'eau d'arrosage, en lien avec les émissions de poussières issues de la circulation sur les pistes non revêtues.

- ✓ Pour une information complète, il convient de consulter le guide technique « Gestion des poussières et circulation sur chantier ».
- ✓ Les abaques présentés dans le présent document sont issus de résultats d'études de laboratoire, réalisées sur 5 sols fins non évolutifs. Les abaques sont affinables avec des campagnes d'essais complémentaires.
- ✓ Les détails des protocoles expérimentaux pour les mesures des propriétés des sols sont présentés dans le guide.
- ✓ Les termes « cycle » et « passage d'essieu » sont utilisées de façon distincte pour le « laboratoire » et le « terrain », respectivement, tel que : 1 cycle = 2 passages d'essieux.
- ✓ Le terme « sol » sera utilisé dans la suite du document pour désigner le sol.
- ✓ Les données affichées dans le guide concernent uniquement les sols de classe A (GTR). Cependant, tous les sols pulvérulents sont susceptibles à l'envol de poussière, mais l'intensité de cet envol et leur sensibilité à l'eau varie suivant leur nature. Par exemple, les sols de classe B présenteront une sensibilité à l'envol et à l'eau plus faible que les sols de classe A.

Logigramme des actions pour la gestion de l'envol et de l'optimisation de l'arrosage sur les pistes non revêtues



Se référer aux abaques fournis. Pour des mesures précises, il convient de réaliser les essais de laboratoire et/ou *in-situ* nécessaires.

I. Identification des sources et des impacts des poussières

- Le tableau présente l'inventaire des sources principales de production et d'envol des poussières, les facteurs d'influence environnementaux, les facteurs d'influence liés aux activités humaines, ainsi que les nuisances générées pendant les travaux sur les pistes non revêtues.

Mécanismes	Paramètres d'influence		Nuisances générées
	Liés au sol et au site	Liés aux travaux	
Sources de production <ul style="list-style-type: none"> • Attrition lors du compactage • Dégradation au contact roue/sol • Dégradation inter-agglomérats (Effritement) 	<ul style="list-style-type: none"> • Nature du sol : granulométrie, composition minéralogique • État hydrique du sol • Conditions météorologiques : humidité relative de l'air, température, ensoleillement 	<ul style="list-style-type: none"> • Conditions de compactage du sol • Modification de l'état hydrique du sol • Conditions de circulation et nombre de passages des engins • Caractéristiques des engins de transport 	<ul style="list-style-type: none"> • Baisse de la visibilité sur chantier • Dépôt de poussières dans l'environnement humain
Sources d'envol <ul style="list-style-type: none"> • Vent • Circulation des engins 	<ul style="list-style-type: none"> • Masse volumique des sols • Nature du sol : granulométrie, composition minéralogique • État hydrique du sol • Conditions météorologiques : humidité relative de l'air, température, ensoleillement, vent 	<ul style="list-style-type: none"> • Taille des agglomérats • État hydrique du sol • Conditions de circulation et fréquences de passage des engins 	<ul style="list-style-type: none"> • Pollution des espaces naturels

La gestion des émissions de poussières et de l'usage de l'eau consiste à agir sur les paramètres d'influence pour les adapter aux situations des travaux.

II. Étude des propriétés des sols et des caractéristiques des matériels

II.1. Introduction et méthodologie d'étude

- L'étude consiste à déterminer :
 - Les propriétés des sols (dégradabilité de surface, potentiel d'envol et affinité à l'eau) pour prévenir la production des poussières, leur mise en suspension et favoriser leur rabattement.
 - Les caractéristiques du matériel d'arrosage (débit, type, vitesse d'avancement) afin de l'optimiser pour un arrosage efficace.
- Le tableau suivant donne la méthodologie de l'étude. Les propriétés des sols et des matériels peuvent être estimées à partir d'abaques (option 1). Néanmoins, pour une action optimale sur le chantier, il est conseillé de réaliser les mesures nécessaires au laboratoire et/ou sur terrain (option 2).

Propriété / caractéristique à étudier Méthodologie		Dégradabilité de surface des pistes (DS)	Potentiel d'envol du sol (PE)	Conditions d'arrosage : Q/S_{eau}	
				Affinité à l'eau du sol	Quantité d'eau déversée par le matériel
1. Détermination de la propriété / caractéristique	Option 1 : estimation	<ul style="list-style-type: none"> • Passant à 80 μm • Classe GTR du sol • Nombre de passage d'essieux 	Passant à 80 μm	• Valeur au bleu du sol (V_{BS}) (*)	• $Q/S_{\text{eau-queue de carpe}}$ « moyen » du matériel de référence (**)
	Option 2 : mesure	Mesure au laboratoire sous 10^5 cycles	Mesure au laboratoire ou <i>in-situ</i>	Mesure du $Q/S_{\text{eau-matériau}}$ au laboratoire	Mesure du $Q/S_{\text{eau-matériau}}$ <i>in-situ</i>
2. Qualification		Selon les valeurs estimées et/ou mesurées cf. pages 7 et 8	cf. page 9	cf. page 10	cf. page 10
3. Actions à prévoir		Les recommandations nécessaires sont détaillées dans la partie IV			

(*) Valeur au bleu du sol de référence en fonction de la catégorie du sol

Catégorie de sol	insensible à l'eau	sablo limoneux, sensible à l'eau	sablo argileux, peu plastiques	limoneux de plasticité moyenne	argileux	très argileux
V_{BS}	$V_{\text{BS}} < 0,1$	$0,2 \leq V_{\text{BS}} < 1,5$	$1,5 \leq V_{\text{BS}} < 2,5$	$2,5 \leq V_{\text{BS}} < 6$	$6 \leq V_{\text{BS}} < 8$	$V_{\text{BS}} > 8$

(**) Pour mémoire, le Q/S_{eau} d'une queue de carpe se situe entre 0,4 et 1,9 L/m² pour des vitesses de 5 et 25 km/h, respectivement.

II. Étude des propriétés des sols et des caractéristiques des matériels

II.2. Dégradabilité de surface des pistes sous trafic

- L'étude consiste à déterminer la sensibilité de surface du sol compacté vis-à-vis du trafic. Les résultats permettent de se positionner sur les actions à prévoir.

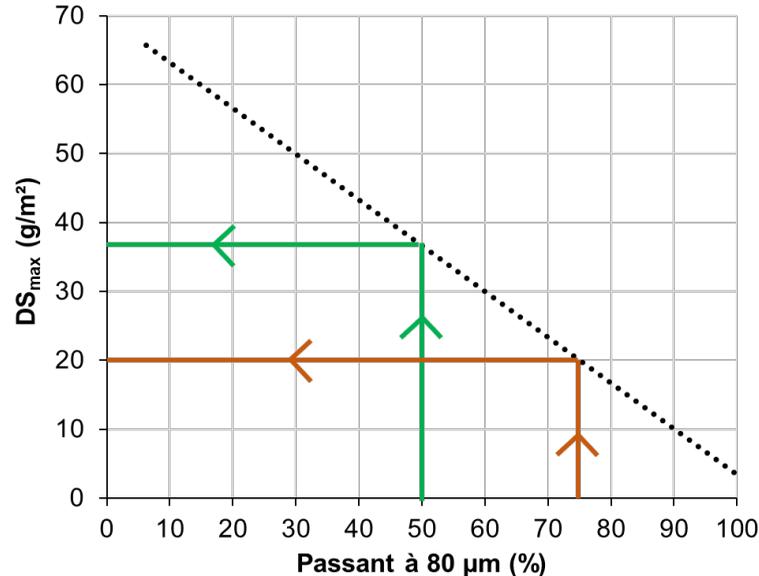
1. Détermination de la dégradabilité de surface DS

Option 1 : estimation de DS_{max} (*)

Option 2 : mesure de DS au laboratoire

cf. [GT17, 2021]

Abaque d'estimation de DS_{max} à partir du passant à 80 μm du sol.



- Soumission du sol compacté à 10^5 cycles au laboratoire
- Mesure de la masse du sol détaché en surface
- Détermination de DS

$$DS = \frac{m_h}{(1+w)S_{soll}} \times \frac{\gamma_d}{\gamma_s}$$

w : teneur en eau du sol exprimé entre 0 et 1

m_h : masse humide des particules collectées à la surface (g)

S_{soll} : surface sollicitée (m²)

γ_d : poids volumique sec du sol (kg/m³)

γ_s : poids volumique des particules solides (kg/m³)

Exemples

— un sol dont le passant à 80 μm est de 50 % présente une dégradabilité de surface de 37 g/m²

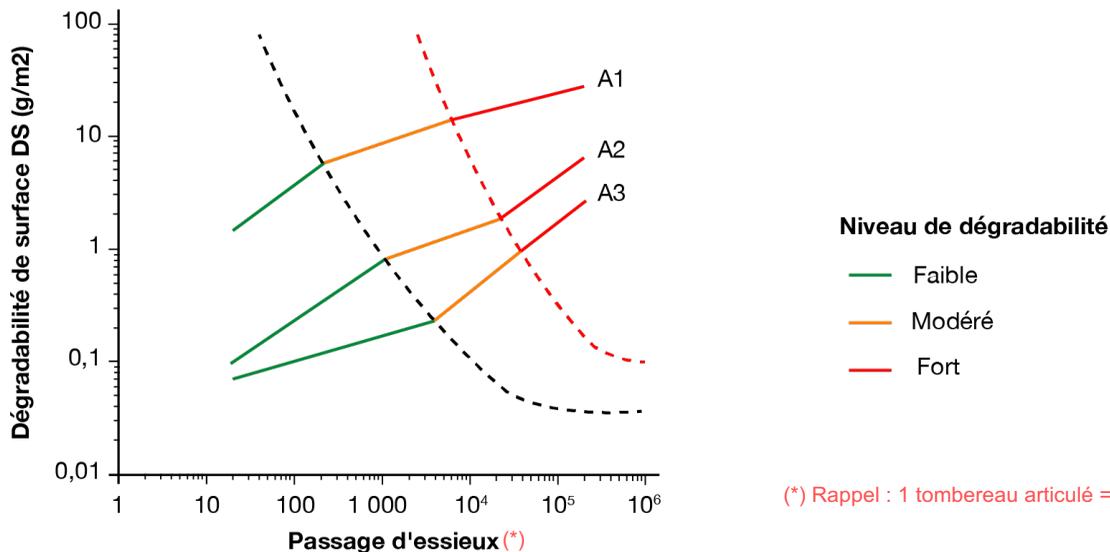
— un sol dont le passant à 80 μm est de 75 % présente une dégradabilité de surface de 20 g/m²

(*) DS_{max} est une mesure de dégradabilité de surface obtenue au laboratoire sous 10^5 cycles sur un sol compacté à $w=0,75w_{OPN}$ et γ_{dmax} .

2. Qualification de la dégradabilité de surface DS

En croisant le nombre de passage d'essieux prévu avec la classe géotechnique du sol, la dégradabilité de surface, DS, est déduite puis qualifiée :

Abaque de qualification du niveau de dégradabilité de surface



Exemples

- Pour 100 passages d'essieux appliqués sur un sol de classe A1, sa dégradabilité de surface sera faible.
- Pour 10^4 passages d'essieux appliqués sur un sol de classe A2, sa dégradabilité de surface sera modérée.
- Pour 10^5 passages d'essieux appliqués sur un sol de classe A3, sa dégradabilité de surface sera forte.

3. Actions à prévoir

Selon la dégradabilité de surface du sol, les actions nécessaires sont détaillées en étape IV.

II. Étude des propriétés des sols et des caractéristiques des matériels

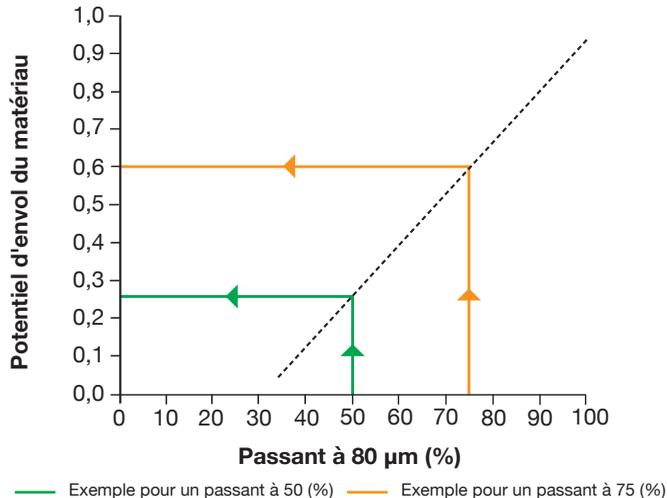
II.3. Potentiel d'envol du sol

- L'étude consiste à déterminer la sensibilité du sol à s'envoler. Les résultats permettent de se positionner sur les actions à prévoir.

1. Détermination du potentiel d'envol du sol PE

Option 1 : estimation du PE

Abaque d'estimation du PE à partir du passant à 80 μm (*)



Option 2 : mesure du PE

cf. [GT17, 2021]

Sol pulvérulent mis en suspension et :

- Mesures des concentrations des poussières en vol (C)
- Suivi du temps d'atténuation de la visibilité (T_A)

→ Détermination du potentiel d'envol du sol PE à partir de la courbe reliant C à T_A , dont la procédure de calcul est détaillée dans le guide.

2. Qualification du potentiel d'envol du sol



Exemple

Un sol, dont le passant à 80 μm est de 60 %, a un PE de 0,4 et présente un risque d'envol modéré.

3. Actions à prévoir : selon le potentiel d'envol du sol, les actions nécessaires sont détaillées en étape IV.

(*) Les valeurs du PE représentées dans l'abaque, à ce jour, sont validés pour les sols de classe géotechnique « A » du GTR .

II. Étude des propriétés des sols et des caractéristiques des matériels

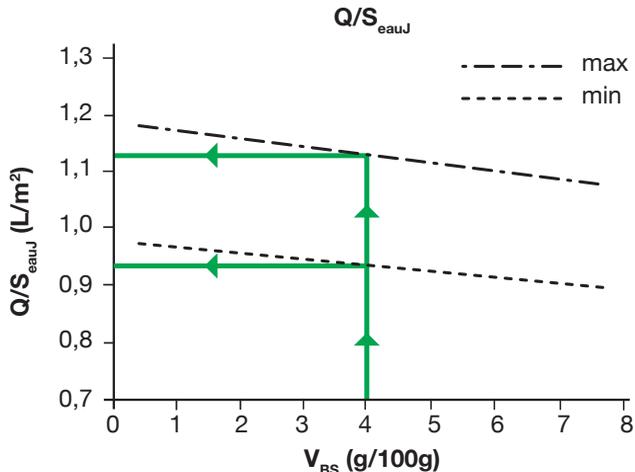
II.4. Affinité à l'eau du sol et quantité d'eau déversée par le matériel

➤ L'étude consiste à déterminer la quantité d'eau nécessaire au sol pour limiter la dégradation de surface et l'envol des poussières, ainsi que la quantité d'eau déversée par le matériel d'arrosage. L'étude est basée sur la mesure de la capacité d'absorption en eau du sol. Les résultats permettent de se positionner sur les actions à prévoir.

1. Détermination du Q/S_{eauj}

Option 1 : estimation du Q/S_{eauj}

→ **Pour le sol** : Q/S_{eauj} estimé à partir du V_{BS} du sol.
Les « min » et « max » définissent un fuseau de valeurs correspondant à la quantité d'eau nécessaire pour une journée de chantier.



→ **Pour le matériel** : basé sur les valeurs moyennes du matériel de référence « queue de carpe » pour des vitesses de 10 à 30 km/h :

$$Q/S_{\text{eau-queue de carpe}} = -0,02 \text{ Vitesse} + 0,84 \text{ (l/m}^2\text{)}$$

Option 2 : mesure du Q/S_{eauj}

cf. [GT17, 2021]

→ **Pour le sol**

Détermination du Q/S_{eauj} à partir de la mesure du $Q/S_{\text{eau-matériau}}$

$$Q/S_{\text{eauj}} = Q/S_{\text{eau-matériau}} - R + ET$$

$Q/S_{\text{eau-matériau}}$ est défini par :

- min : capillarité
- max : capillarité + infiltration

R : rosée (condensation)

ET : évapotranspiration

→ **Pour le matériel**

$Q/S_{\text{eau-matériau}}$: calculé à partir de la mesure *in-situ* de la quantité d'eau déversée par le matériel d'arrosage disponible, à différentes vitesses d'avancement.

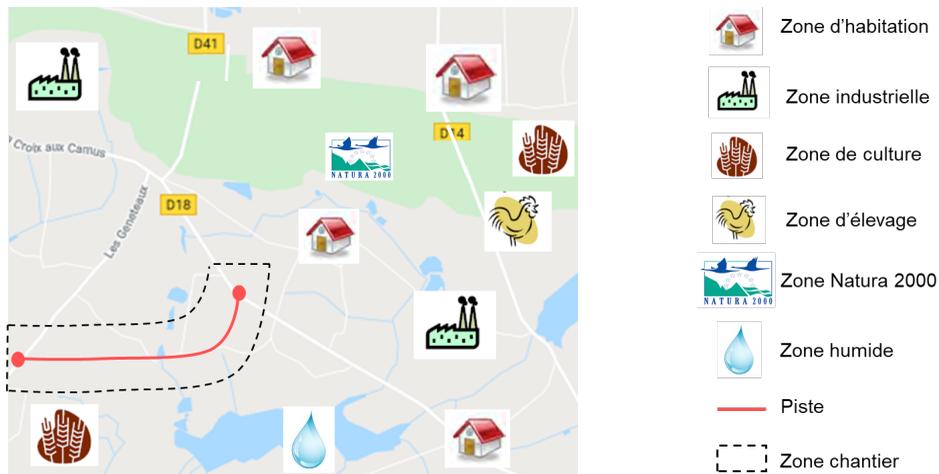
2. Actions à prévoir : recherche des conditions d'arrosage optimales en fonction de la capacité d'absorption en eau du sol et de la quantité d'eau déversée par le matériel d'arrosage. Les actions nécessaires sont détaillées en étape IV.

III. Étude de l'environnement proche du site

- L'étude permet d'identifier les impacts de la poussière sur l'environnement proche du site, afin d'en tenir compte dans la procédure de gestion des poussières et de l'usage de l'eau dans le site.

III.1. Identification des zones d'exposition à la poussière

Zone d'exposition : zone proche du chantier qui contient des milieux susceptibles d'être sensibles à la poussière : homme, animaux, végétaux, zone humide, etc.



III.2. Établissement des indices de zone

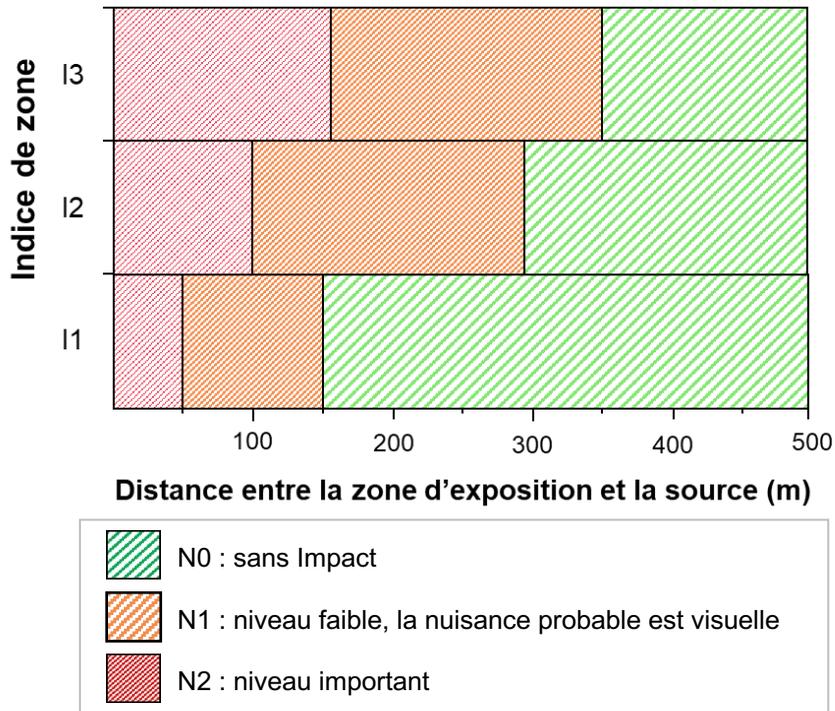
Indice de zone : paramètre qui qualifie la sensibilité de la zone d'exposition aux poussières en fonction des milieux qui la composent

Impact de la poussière	Indice de zone	Exemple
Faible	I1	Zone chantier
Moyen	I2	Environnement non protégé ou commun, culture à faible valeur ajoutée, industrie non sensible
Fort	I3	Environnement protégé ou rare, habitations, culture à forte valeur ajoutée, industrie sensible

III. Étude de l'environnement proche du site

III.3. Qualification du niveau d'exposition aux poussières de la zone

Niveau d'exposition : paramètre qui qualifie l'impact de la source de production des poussières sur la zone d'exposition



Exemple

une zone de culture, dont la culture est à faible valeur ajoutée, située entre 100 et 300 m de la source des poussières possède un niveau d'exposition faible.

IV. Recommandations

IV.1. Limitation de la production et de l'envol et prise en compte de l'environnement

- Ce tableau présente le classement des actions à prévoir et mener pour la gestion des émissions de poussières et de l'usage de l'eau lors des travaux, tout en prenant en compte l'environnement proche du site.

	Actions recommandées	Dégradation de surface du sol			Potentiel d'envol du sol			Impact sur l'environnement proche du site *		
		Faible	Modérée	Fort	Faible	Modéré	Fort	N0	N1	N2
1	Optimisation du compactage <small>(voir page 14)</small>	x	xx	xxx				x	xx	xxx
2	Optimisation de l'arrosage <small>(voir page 15)</small>				x	xx	xxx	x	xx	xxx
3	Autres actions		Cf. Guide						Cf. Guide	

* Niveau d'exposition

x conseillée ; **xx** recommandée ; **xxx** très recommandée

Exemples

- Pour une dégradation de surface faible d'un sol, il est « conseillé » d'optimiser le compactage.
- Lorsque le sol présente un potentiel d'envol modéré, il est « recommandé » de déclencher un arrosage optimisé.
- Dans une zone proche du site dont le niveau d'exposition à la poussière est important, il est « très recommandé » d'optimiser le compactage et l'arrosage.

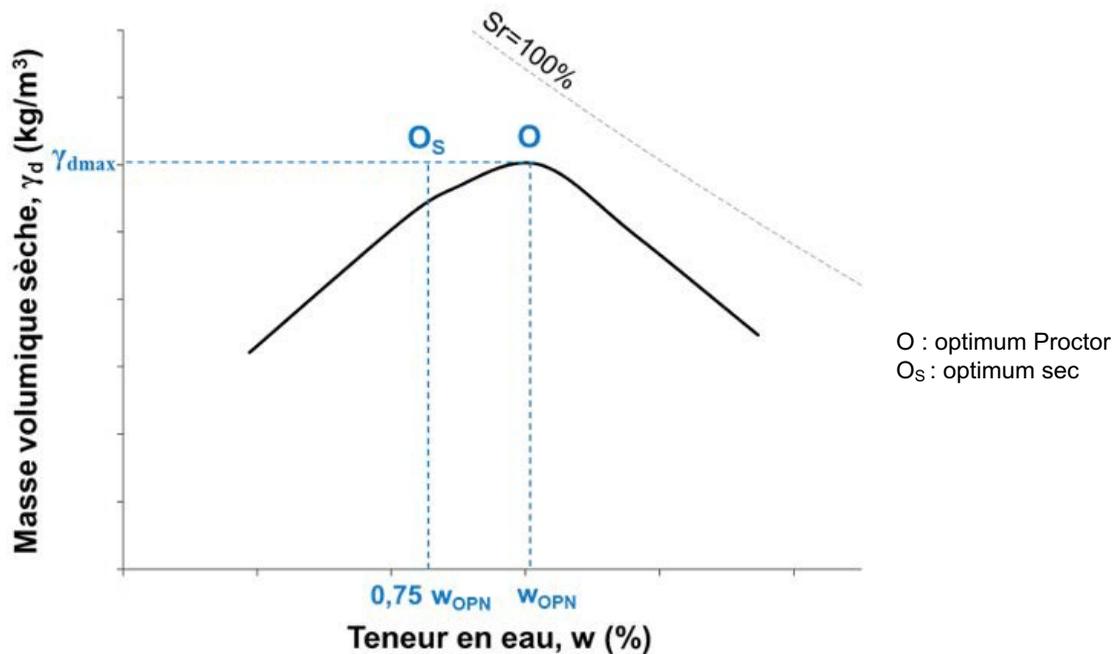
IV. Recommandations

IV.2. Optimisation du compactage

- Les études de laboratoire ont permis de définir un état de compactage optimal, appelé « optimum sec » (*), permettant de limiter la dégradation de la surface non revêtue sous les cycles de trafic. Cette solution est recommandée dès le début des travaux.

Optimisation du compactage \equiv compactage à teneur en eau de $0,75w_{OPN}$ et densité de γ_{dmax}

Positionnement de l'optimum sec sur la courbe de compactage Proctor



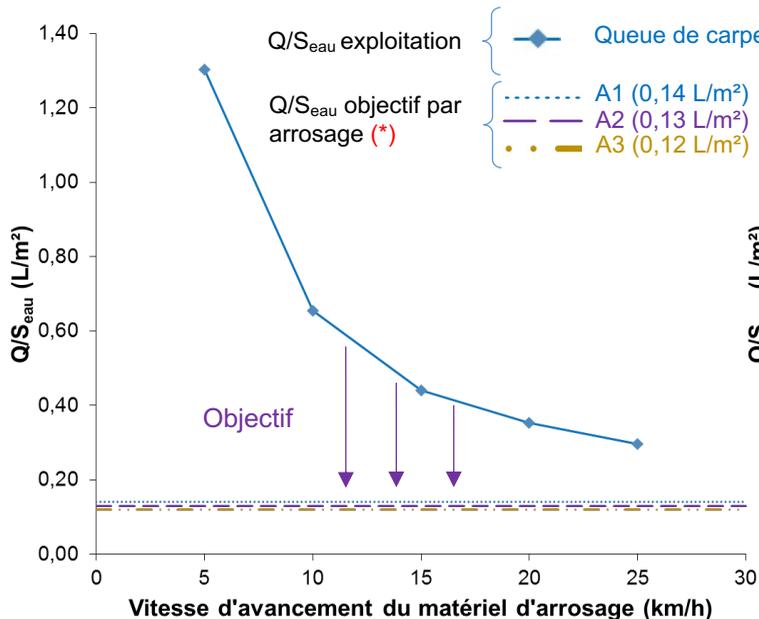
(*) Cet état de compacité est valable pour des sols fins non évolutifs.

IV. Recommandations

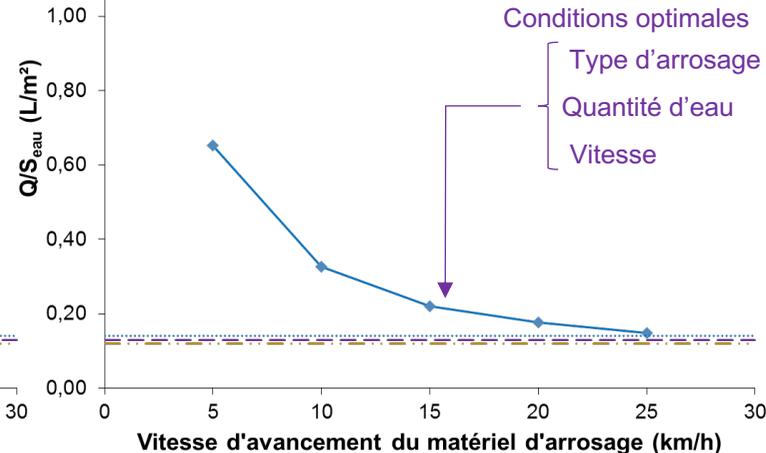
IV.3. Optimisation de l'arrosage

- L'optimisation de l'arrosage consiste à identifier la solution adéquate pour maîtriser les consommations d'eau. Cela pourra être obtenu en agissant sur le dispositif d'arrosage :
- La configuration des buses d'arrosage : brumisation, pulvérisation, etc.
 - Le débit d'arrosage : configuration de la rampe et quantités arrosées
 - Les vitesses d'avancement du matériel d'arrosage

Arrosage d'une queue de carpe courbe expérimentale



Exemple d'un arrosage optimisé modification du débit



(*) A1, A2 et A3 sont des classes de sol au sens du GTR.

Cette plaquette est extraite du guide technique GTI7 publié en 2021 dans les collections de l'IFSTTAR.

Université Gustave Eiffel, FNTP, UMTM et SPTF, Recommandations pour la gestion des émissions de poussières et de l'usage de l'eau lors de la circulation sur pistes non revêtues. Marne-la-Vallée, Université Gustave Eiffel, 2021. Techniques et méthodes, GTI7, 55 pages, ISBN 978-2-85782-756-6.

Les informations contenues dans ce guide sont issues de la thèse CIFRE « Étude des mécanismes d'instabilité et d'envol des particules en lien avec l'hydratation des sols fins » réalisée à l'IFSTTAR / Université Gustave Eiffel entre 2015 et 2018 par Ouardia SEDIKI et financée par Vinci Construction Terrassement, avec l'appui de la fédération nationale des travaux publics (FNTP) et le syndicat professionnel des terrassements français (SPTF)

Résumé du guide :

Le présent guide a pour objectif de donner des méthodes de qualification des travaux et de l'environnement du site, de contrôle et de prévention des émissions de poussières, ainsi que de leur inhibition par arrosage. La méthodologie proposée consiste à évaluer les sols et le matériel d'arrosage du site de travaux. Les propriétés des sols considérées sont la dégradabilité de surface sous cycles, le potentiel d'envol et l'affinité à l'eau. Le matériel d'arrosage considéré est caractérisé par les quantités d'eau qu'il peut déverser. L'environnement proche du site est également évalué vis-à-vis de son exposition à la poussière, afin d'en tenir compte dans la procédure de gestion des poussières et de l'usage de l'eau sur le site. Ce guide propose aux maîtres d'ouvrage, aux maîtres d'œuvre et aux professionnels du terrassement des outils à la prise de décision pour la gestion des émissions de poussières et de l'usage de l'eau lors des circulations des engins et véhicules sur les pistes non revêtues.

Le guide a été rédigé sous la direction de :

Andry RAZAKAMANANTSOA, Université Gustave Eiffel, Département GERS-GIE

Ont participé à la rédaction du guide :

Ouardia SEDIKI, Université Gustave Eiffel

Erwann RAYSSAC, Université Gustave Eiffel

Andry RAZAKAMANANTSOA, Université Gustave Eiffel

Pascal INSENGA, Vinci Construction Terrassement (UMTM / SPTF)

Le guide a bénéficié des commentaires et remarques des personnes suivantes :

Benjamin DAUBILLY, UMTM (SPTF)

Laurent DESMURS, NGE (UMTM / SPTF)

Philippe GOTTELAND, FNTP

Vincent HAMONET, expert auprès de l'UMTM / SPTF

Tangi LE BORGNE, BOUYGUES TP Régions France (UMTM / SPTF)