



UN SECTEUR EXEMPLAIRE À PLUSIEURS TITRES

L'hydroseeding reste une niche atypique et exemplaire de notre métier. Déjà techniquement, la solution de revégétalisation des endroits difficiles d'accès reste une prouesse particulièrement intéressante. Ensuite, la recherche et développement qui entoure cette activité est

très active, tant au niveau des machines que des substrats ou des semis que l'on va mettre en place. Ensuite, l'hydroseeding est un procédé que peu d'entreprises maîtrisent parfaitement, ce qui en fait un secteur relativement protégé économiquement, et qui le restera sans doute... C'est à souhaiter en tout cas. Enfin, sur un plan social, en termes de développement durable, l'hydroseeding confère des conditions de travail impossibles à obtenir jusqu'ici. C'est un grand confort pour nos salariés qui devaient réaliser les mêmes chantiers dans des conditions pénibles.

Si le marché n'est pas voué à grandir de façon exponentielle, c'est en revanche une niche qui mérite d'être citée à tous ces titres, et qui doit rester un exemple à suivre.

Notre secteur se porterait sans aucun doute beaucoup mieux si nous avions plusieurs activités spécifiques de ce type.

Emmanuel Mony

Président de l'UNEP
Président de l'ELCA



UN CONDENSÉ DE 20 ANS D'EXPÉRIENCES

Voilà 20 ans que je travaille dans le monde de la végétalisation. Avec évidemment plusieurs casquettes, en qualité d'applicateur ou de fournisseur, en France comme à l'étranger, j'ai pu appréhender les différents éléments qui façonnent ce métier qui

m'a toujours plu. La vision globale de ces années passées à rencontrer tous types d'intervenants en France et dans le monde entier m'a naturellement amené à vouloir partager ces informations. J'ai toujours déploré le manque d'ouvrage spécialisé sur la question, et le manque de renseignements sur l'hydroseeding. J'espère que ce Guide Européen saura palier, au moins partiellement, à cette lacune, qu'il vous permettra de mieux connaître notre métier, et qu'il vous donnera toutes les clés utiles pour comprendre les tenants et aboutissants de la végétalisation par projection. Nous avons tenté de synthétiser, de la manière la plus simple qui soit, un monde aussi complexe, sans pour autant vulgariser cette pratique. Vous pourrez apprendre au fil des chapitres, les spécificités techniques des matériels et fournitures, les notions biologiques et végétales indispensables pour pouvoir appréhender sereinement n'importe quel chantier. Comme vous pourrez le découvrir dans les pages qui suivent, l'hydroseeding est un micro segment du monde du paysage : une niche de marché qui offre toujours des perspectives intéressantes de développement.

C'est un secteur qui concerne des chantiers sur lesquels un petit nombre d'entreprises ont choisi de se spécialiser. Elles ont fait le choix d'investir du temps et de l'argent dans des machines dédiées, mais elles sont aujourd'hui en mesure de répondre sur des chantiers auxquels elles sont seules à pouvoir apporter des solutions techniques et performantes.

Christophe Lignier

Euro-Tec, fournisseur de solutions de végétalisation par projection



UN ÉLÉMENT CLEF DE LA RÉHABILITATION

Comment suis-je venu à l'hydroseeding ou comment l'hydroseeding est-il venu à moi ? Par la rencontre de pionniers et de passionnés dans les années 80, lorsque j'arpentais les pistes de ski françaises et espagnoles en été, pour les projets d'engazonnement qui devenaient une réalité et une

obligation pour les exploitants de remontées mécaniques. Ensuite, ma carrière s'est naturellement orientée vers la végétalisation de tout type de terrains pour les maîtres d'ouvrage souhaitant réparer les cicatrices que laissent leurs travaux ou leur exploitation de site.

Mes expériences suivantes m'ont conforté dans la volonté d'aller jusqu'au bout des réhabilitations de sites, quelles qu'elles soient. J'ai pu ainsi convaincre des maîtres d'ouvrage d'éviter de laisser des friches après des travaux de dépollution ou de réaménagement de centres de stockages de déchets, et il ne m'a jamais été reproché "d'alourdir" la facture au vu des résultats et de la satisfaction de l'administration ou des riverains.

Les techniques ont évolué, les professionnels de la végétalisation ont acquis un savoir-faire important et je suis fier d'avoir pu contribuer à la rédaction de ce guide. Destiné aux professionnels et aux prescripteurs, je souhaite qu'il apporte les informations nécessaires pour les travaux futurs d'aménagement et de réhabilitation.

Olivier Rosset

Consultant environnement



NOTRE MÉTIER : DU « SUR MESURE ADAPTÉ À CHAQUE SITUATION DE STABILISATION DES SOLS »

J'ai débuté dans le secteur de l'Hydroseeding, que l'on devrait d'ailleurs plus justement appeler « semis hydraulique » qui permet la projection en seul passage des supports de semis et des semences où l'eau est utilisée comme support, en 1983. Il y avait, à cette

époque, un grand besoin émergent pour stabiliser les sols et les parois inaccessibles. Les solutions projetées alors étaient principalement des mélanges agricoles classiques. Avec l'appui d'un bureau spécialisé en biologie appliquée, nous avons entrepris des recherches pour obtenir des solutions plus adaptées à nos besoins. Le fruit de nos études nous a permis d'obtenir des solutions avec un mix de variétés dont les racines se développent en profondeur et d'autres de façon traçante. Grâce à cette avancée, nous sommes parvenus à végétaliser des espaces impossibles jusqu'ici, comme des carrières, accotements de routes, voies ferrées, par exemple. J'ai poursuivi mes recherches, notamment lors de mes nombreux déplacements en Afrique, au Gabon, au Cameroun et au Congo Brazzaville, où j'ai récolté et ensemencé des écotypes du bassin du Congo afin d'éviter la prolifération de plantes invasives importées, problème récurrent en Europe. J'ai travaillé en collaboration avec Euro-Tec pour développer des supports de semis beaucoup plus aboutis, et aptes à obtenir des résultats dans des conditions variées et qui ne se ressemblaient pas, notamment capables de tenir sous des grandes pluies tropicales.

Selon toute vraisemblance, la demande actuelle pour ces chantiers ne faiblit pas et les fournisseurs comme les prestataires restent actifs pour continuer à développer les technologies de stabilisations végétales adaptées au milieu naturel dans le respect du concept de développement durable. La rédaction d'un ouvrage comme ce Guide Européen de l'Hydroseeding est particulièrement intéressante, car elle met en avant la technicité de telles pratiques et les moyens nécessaires à l'obtention de résultat de qualité. Mais attention, il faut bien se rendre compte que la seule technique ne suffit pas. Il faut en plus maîtriser l'ensemble des différents paramètres qui figurent dans ce guide pour parvenir à des solutions optimales. Notre métier n'est qu'un « sur mesure », et rarement un copier / coller de chantier précédent.

Pierre Rota

Expert international en végétalisation



UN MARCHÉ DE PLUS EN PLUS SPÉCIALISÉ

L'ensemencement par hydroseeding n'est pas récent. Jusque dans les dernières années, seule une dizaine d'entreprises pouvait prétendre à ces marchés, souvent impressionnants dans leur taille : autoroutes, voies de chemin de fer...

Aujourd'hui, avec l'arrivée des nouveaux matériels, près

de 200 entreprises sont capables de répondre à ces chantiers bien spécifiques, même s'ils ont beaucoup évolué ces derniers temps.

En effet, on a assisté à une explosion des petits et moyens chantiers plus techniques et spécifiques que les gros projets d'antan. Face à un tel développement, on aurait pu craindre une baisse des prix, souvent synonyme de chute de qualité. Et bien, de façon surprenante, c'est plutôt le contraire qui s'est produit. Les nouveaux entrants cherchent à réaliser des chantiers qualitatifs, porteurs d'image positive de leur entreprise. Et le secteur tout entier profite de cette valorisation générale.

Si, dans l'ensemble, l'hydroseeding est aujourd'hui un sujet techniquement maîtrisé par la plupart des entrepreneurs, il faut cependant faire bien attention à la dimension agronomique sur chaque projet. On trouve encore des dossiers qui sont passés de bureaux en bureaux, et restent inadaptés aux circonstances locales. Pour l'anecdote, j'ai notamment vu un dossier dans lequel on avait prévu de mettre 5 % d'une espèce de graminée rare dans un mélange pour un chantier. En calculant bien, cela correspondait à la production européenne de cette graminée... sur 2 ans... c'est évidemment impossible à mettre en œuvre ! L'hydroseeding est donc une véritable technique à part entière, qui requiert de nombreuses connaissances. L'ouvrage que vous avez entre les mains vous le prouve : maîtriser l'ensemble de ces chapitres est un minimum pour pouvoir réaliser des chantiers de qualité, puis vient l'approfondissement grâce à la pratique !

Franck Girard

Alpes Azur Environnement (Entrepreneur et membre du SNEEP)



UN INCONTOURNABLE DANS UNE BIBLIOTHÈQUE

En qualité d'éditeur, c'est toujours un plaisir de réaliser un ouvrage inédit de dimension européenne. Certes, c'est un travail long, avec de multiples lectures et modifications pour traquer les fautes et aboutir à un ouvrage technique irréprochable. Mais c'est le prix à payer pour proposer un guide représentatif, complet, intéressant et suffisamment compréhensible pour que le néophyte puisse détenir

les clés d'un tel secteur sans pour autant tomber dans la vulgarisation. L'ouvrage que vous avez entre les mains est le fruit d'années d'expériences, d'acquis techniques obtenus au gré des chantiers, et de théories élaborées par des laboratoires et des chercheurs. C'est une compilation à la fois théorique et pratique qui vous apportera les connaissances nécessaires pour appréhender un chantier ou un projet de A à Z. Un ouvrage indispensable dans une bibliothèque de professionnel du paysage.

Louis Roizard

Directeur de rédaction des éditions Kreaten

1	HISTORIQUE ET ÉVOLUTION DE L'HYDROSEEDING	14
1.1	Un bref historique de la végétalisation en France.....	14
1.2	La mécanisation des ensemencements.....	14
1.3	Les débuts de l'hydroseeding.....	14
1.4	Evolution à partir des années 80.....	14
1.5	Tendance des années 1990 à aujourd'hui.....	16
2	AVANT – PROPOS SUR LES SOLS.....	18
2.1	Notions de pédologie.....	18
2.2	Aspect physique du sol.....	18
—	2.2.1 La structure du sol.....	20
—	2.2.2 La texture du sol.....	20
2.3	Aspect chimique du sol.....	21
—	2.3.1 Le pH.....	21
—	2.3.2 Les ions.....	23
—	2.3.3 Pouvoir absorbant du sol.....	27
2.4	Aspect biologique d'un sol.....	27
—	2.4.1 La faune du sol.....	27
—	2.4.2 La flore du sol.....	27
—	2.4.3 La transformation des matières organiques du sol.....	29
—	2.4.4 Les facteurs d'évolution des matières organiques dans le sol.....	30
—	— 2.4.4.1 Le pH et la richesse suffisante en Ca.....	30
—	— 2.4.4.2 Une température et une humidité suffisantes.....	30
2.5	L'érosion des sols.....	30
—	2.5.1 Le climat.....	30
—	2.5.2 La morphologie du terrain.....	31
—	2.5.3 La nature d'un sol.....	32
—	2.5.4 L'absence de végétation.....	32
—	2.5.5 L'action humaine.....	32
—	2.5.6 La latérisation des sols.....	32
3	LES DOMAINES D'INTERVENTION DE L'HYDROSEEDING	34
3.1	L'HYDROSEEDING : Caractérisation et domaines d'intervention.....	34
—	3.1.1 Intérêts de l'hydroseeding.....	34
—	3.1.2 Limites et contraintes spécifiques à l'hydroseeding.....	35
—	3.1.3 Spécificité des intrants.....	35
3.2	L'HYDROMULCHING : Caractérisation et domaines d'intervention.....	35
—	3.2.1 Intérêts de l'hydromulching.....	35
—	3.2.2 Limites et contraintes spécifiques à l'hydromulching.....	36
—	3.2.3 Spécificité des intrants.....	36
3.3	L'HYDROSPRIGGING / L'HYDROBOUTURAGE.....	36
—	3.3.1 Intérêts de l'hydrosprigging.....	37
—	3.3.2 Limites et contraintes spécifiques à l'hydrosprigging / hydrobouturage.....	37
—	3.3.3 Typologie des sites d'application.....	39
3.4	L'HYDROCOVERING : Confinement temporaire.....	40
—	3.4.1 Alternative à la couverture journalière de Centre de Stockages de Déchets (C.S.D) par remblais terreux ou bâchage.....	40
—	3.4.2 Alternative au confinement temporaire des terres polluées par bâches.....	41
—	3.4.3 Alternative à l'humidification des pistes ou bâchage des stocks pour lutter contre les poussières.....	43
3.5	Autres utilisations : Intégration de zones rocheuses.....	44
4	LES CONTRAINTES À PRENDRE EN COMPTE	46
4.1	L'hydroseeding est une affaire de spécialistes.....	46
4.2	Les contraintes physiques.....	46
—	4.2.1 Contraintes de surface.....	46
—	4.2.2 Contraintes de sol et de stabilité.....	47
4.3	Les contraintes climatiques.....	48
4.4	Les contraintes spécifiques au site.....	50
4.5	Le type de végétation.....	51
4.6	Synthèse.....	51

5	MATÉRIELS & INTRANTS.....	53
5.1	La préparation des sols.....	53
— 5.1.1	Exemples de niveau de préparation de sol : réglage final en adéquation avec la destination du site.....	53
— 5.1.2	Gestion des eaux périphériques.....	54
— 5.1.2.1	Comment détecter les besoins et dimensionner les moyens à mettre en œuvre..	55
— 5.1.2.2	Exemples d'aménagements ou dispositifs destinés à gérer les eaux périphériques..	55
— 5.1.3	Ameublissement superficiel.....	57
— 5.1.3.1	Exemples de finition inappropriée à la mise en végétation.....	57
— 5.1.3.2	Exemples de finition appropriée à la mise en végétation.....	58
— 5.1.4	Modification de la structure du sol.....	58
— 5.1.4.1	Le concassage.....	59
— 5.1.4.2	L'épandage de matière organique.....	59
— 5.1.5	Correction du pH/Chaulage des sols.....	61
5.2	Le Matériel d'ensemencement.....	61
— 5.2.1	La cuve.....	62
— 5.2.2	Le système de malaxage.....	62
— 5.2.3	La pompe.....	63
— 5.2.4	Les systèmes d'applications.....	65
— 5.2.5	Les buses d'application.....	68
— 5.2.6	Autres caractéristiques.....	69
— 5.2.7	Quel choix d'hydroseeder ?.....	70
5.3	Les intrants.....	71
— 5.3.1	L'eau.....	71
— 5.3.1.1	Intérêt et facteur limitant.....	71
— 5.3.1.2	Mise en application de l'utilisation de l'eau dans le cadre de Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE).....	72
— 5.3.2	Les mulch ou couvertures de semis.....	72
— 5.3.2.1	Définition et principes.....	72
— 5.3.2.2	Comment sélectionner un mulch ?.....	72
— 5.3.2.3	Comment déterminer le type de mulch et le dosage à employer sur un projet ?	78
— 5.3.2.4	Mise en application des différents types de mulch dans le cadre de Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE).....	80
— 5.3.3	Les gélifiants et fixateurs de particules.....	81
— 5.3.3.1	Description.....	81
— 5.3.3.2	Mise en application des différents types de gélifiants et fixateurs de particules dans le cadre de Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE)	83
— 5.3.4	Les fertilisants et biostimulants.....	83
— 5.3.4.1	Les fertilisants complets et organiques.....	84
— 5.3.4.1.1	Description et utilisation.....	84
— 5.3.4.1.2	Mise en application des différents types d'engrais dans le cadre de Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE).....	88
— 5.3.4.2	Les biostimulants.....	88
— 5.3.4.2.1	Les extraits humiques.....	88
— 5.3.4.2.1.1	Définition et caractéristiques.....	88
— 5.3.4.2.1.2	Mise en application de l'utilisation des extraits humiques dans le cadre de Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE).....	90
— 5.3.4.2.2	Les biostimulants mycorhizés.....	90
— 5.3.4.2.2.1	Caractéristiques.....	90
— 5.3.4.2.2.2	Mise en application de l'utilisation des biostimulants mycorhizés dans le cadre de Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE).....	91
— 5.3.4.3	Les correcteurs de pH.....	91
— 5.3.4.3.1	Caractéristiques.....	91
— 5.3.4.3.2	Mise en application de l'utilisation des correcteurs de pH dans le cadres de Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE).....	91

5.4	Les semences.....	92
—	5.4.1 Les composants principaux des mélanges.....	92
—	5.4.2 Descriptif des différentes catégories.....	96
—	5.4.2.1 Principales graminées.....	96
—	5.4.2.2 Principales légumineuses.....	97
—	5.4.2.3 Quelques espèces d'autres familles.....	97
—	5.4.2.4 Quelques espèces tropicales	98
6	CONTRÔLES POUR UNE MISE EN OEUVRE DE QUALITÉ.....	99
6.1	Contrôles lors de la phase préparatoire.....	99
—	6.1.1 Définition du document référentiel.....	99
—	6.1.2 Réunion préparatoire <i>in situ</i>	100
6.2	Contrôles lors de la phase opérationnelle.....	101
—	6.2.1 Contrôle de la qualité et des quantités de fournitures.....	101
—	6.2.2 Contrôle de la qualité de la mise en œuvre.....	102
—	6.2.2.1 Conformité du mélange préparé.....	103
—	6.2.2.2 Uniformité et densité du mélange appliqué.....	
—	6.2.2.2.1 Conformité de l'uniformité de l'application.....	
—	6.2.2.2.2 Conformité de la densité d'application.....	
6.3	Contrôles postérieurs au semis et garantie.....	109
—	6.3.1 Principes élémentaires permettant de définir les termes d'une garantie opposable....	109
—	6.3.1.1 Caractérisation de la garantie : de moyens ou de résultats ?.....	109
—	6.3.1.2 Caractère "réaliste" de la garantie.....	109
—	6.3.1.2.1 Notion de taux de recouvrement.....	110
—	6.3.1.2.2 Notion de nature du couvert végétal.....	112
—	6.3.1.2.3 Les mesures de la performance.....	113
—	6.3.2 Rédaction de la clause de garantie.....	116
7	SCHEMA GLOBAL DES ÉTAPES DE L'ENSEMENCEMENT HYDRAULIQUE.....	117
8	ETUDES DE CAS.....	119
	ANNEXES.....	135
	ANNEXE 1 : DESCRIPTIF DE CERTAINES ESPÈCES.....	137
	ANNEXE 2 : GLOSSAIRE	161
	ANNEXE 3 : BIBLIOGRAPHIE.....	169

- **Définition de l'hydroseeding** : L'hydroseeding, qui se traduit en français par ensemencement hydraulique, consiste à mettre en œuvre sur le sol une émulsion comportant eau, semences, fertilisants et fixateurs dans le but de recréer rapidement un couvert végétal durable. Cette émulsion est projetée par une machine appelée Hydroseeder. Cette technique est utilisée pour protéger le sol de l'érosion et pour recréer rapidement, après une opération de terrassement, une couverture végétale sur tout type de substrat. L'hydroseeding est une des composantes de la végétalisation au sens large mais regroupe de nombreux domaines d'intervention qui seront décrits dans ce guide.

- **Objectifs du guide** : Cet ouvrage a pour objectif de décrire les multiples utilisations mais aussi les limites de l'hydroseeding. Il doit permettre d'appréhender tous les domaines d'intervention de cette technique au travers du savoir-faire de professionnels ayant plus de 20 ans d'expérience en la matière. Par analogie avec l'hydroseeding, ce guide n'est pas statique et sera appelé à évoluer au fil du temps par l'apport de solutions novatrices et de nouveaux retours d'expérience.

Autres objectifs du guide :

- **Améliorer les échanges inter-professionnels** pour intégrer réellement l'hydroseeding dans les projets d'aménagements.
- **Coordonner les informations** et faire inter-agir les multiples disciplines pédologie-botanique-écologie et ingénierie pour faire émerger une véritable synergie dans l'approche de l'ensemencement hydraulique.
- **Prendre en compte les multiples contraintes** d'un projet pour établir un couvert végétal durable et répondant aux demandes des Maîtres d'Ouvrage.
- **Positionnement du guide** : Ce guide est destiné à toutes les zones géographiques difficilement végétalisables sans entretien, ni irrigation. Il concernera notamment les zones tempérées, méditerranéennes et tropicales.

NOTIONS THÉORIQUES ET PRATIQUES

1. HISTORIQUE ET EVOLUTION DE L'HYDROSEEDING

1.1 Un bref historique de la végétalisation en France

Le rôle favorable de la végétation pour la fixation des sols, pour la lutte contre l'érosion, l'assainissement et la régulation des eaux de surface est connu depuis l'antiquité. Au cours de son histoire, la France a tenté d'organiser les défrichements et de limiter leurs impacts à l'aide de diverses lois et réglementations. Des archives du XIX^{ème} siècle révèlent des catastrophes (coulées de boues, glissements de terrains, désertification) en montagne dues à l'absence de remise en végétation de zones déboisées et dégradées. La recommandation de semis d'espèces herbacées semble dater de cette période. Ces opérations apparaissaient ainsi comme les compléments nécessaires aux mesures de reboisement. Le terme de végétalisation, qui consiste en la mise en place de végétation sur un sol, est alors employé.

1.2 La mécanisation des ensemencements

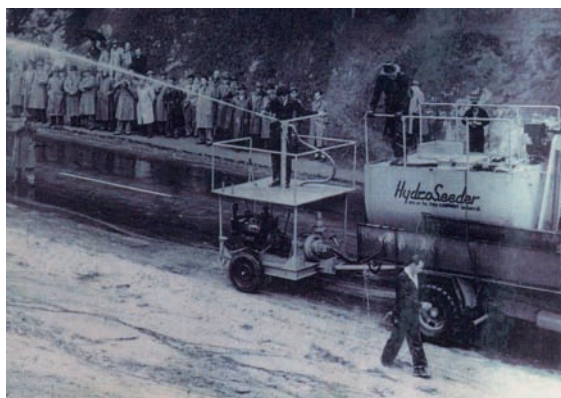
La mécanisation des semis a suivi naturellement l'évolution du machinisme agricole. Ainsi, les semis manuels ont été progressivement remplacés par des ensemencements à l'aide d'engins mécaniques dès que les surfaces à traiter devenaient importantes et accessibles mécaniquement.

1.3 Les débuts de l'hydroseeding

L'hydroseeding est apparu aux Etats-Unis dans les années 1950.

Le développement des infrastructures routières, ferroviaires et l'exploitation de ressources minérales et énergétiques ont généré de vastes étendues dénudées, sans végétation, dans un cadre topographique très perturbé ne permettant pas aux moyens mécaniques traditionnels d'intervenir.

C'est dans ce contexte, que Charles FINN inventa en 1953 le premier matériel de semis à propulsion hydraulique qu'il nomma tout naturellement « HYDRO SEEDER » (marque toujours déposée par FINN CORPORATION). Dès lors, ce matériel et la marque FINN devinrent la référence pour l'implantation de strates herbacées permettant de lutter contre l'érosion et d'intégrer les projets nécessitant d'importants terrassements quelle que soit l'accessibilité ou la portance des sols.



1^{er} hydroseeder FINN - 1953, USA

Dans les années 1970, les hydroseeders, initialement prévus pour propulser uniquement semences et engrais sur des sols préalablement nappés de « terre végétale », évoluèrent vers des versions adaptées pour le malaxage et l'application de solutions aqueuses et fibreuses rendant possible la mise en végétation de substrats « stériles » et la protection temporaire du substrat contre l'érosion. Les « HYDRO-MULCHER » étaient ainsi créés.

En Europe et notamment en France, l'hydroseeding apparut au cours des années 60. Il se développa rapidement en montagne et sur les infrastructures routières.

1.4 Evolution à partir des années 80

Les années 1980, se caractérisent par l'émergence d'entreprises se spécialisant dans la production, la distribution et la mise en œuvre de mélanges de semences ou autres fournitures associées aux travaux d'hydroseeding.

Au fil de cette évolution, des entrepreneurs se regroupent et créent le S.N.E.E.P (Syndicat National des Entreprises d'Engazonnement par Projection).

Ce syndicat, aujourd'hui intégré à l'U.N.E.P, (Union Nationale des Entreprises du Paysage) a largement contribué, en son temps, à la structuration du marché, en éditant un modèle de CCTP, en créant un titre de qualification (V620) ainsi qu'une charte de qualité et en publiant un guide technique généraliste en 2008 sous le titre "Erosion, végétalisation, environnement, agissons ensemble pour les générations futures".

Néanmoins, aujourd'hui, seules six sociétés adhérentes à ce « Groupe technique de métiers spécialisés », possèdent ce titre de qualification alors que plus de 150 entreprises membres de l'U.N.E.P sont équipées et ont la compétence pour intervenir sur les projets d'hydroseeding.

Par ailleurs, la volonté des maîtres d'ouvrage de prendre en compte dans leurs projets les aménagements paysagers, a contribué au financement de nombreux programmes de recherche de divers organismes : C.E.T.E (Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement), L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées), S.E.T.R.A (Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes). Ils ont permis une meilleure caractérisation et un emploi étendu de l'hydroseeding sur tous les projets générant des terrassements. Le cadre réglementaire de cette spécialité a été également largement défini.


Des travaux de recherches, avec l'édition de diverses notes et documents, furent également engagés, notamment au sein d'organismes officiels tels que le L.C.P.C, le S.E.T.R.A et le C.E.M.A.G.R.E.F, pour améliorer et généraliser cette technique.

En Suisse des normes relatives aux méthodes d'exécution et aux mélanges de graines furent publiées entre 1969 et 1973 et actualisées ensuite (norme SN 640672c : Edition : 1993-06 : plantation ; exécution ; engazonnement ; méthodes d'exécution et norme SN 640671b : Edition : 1993-09 : plantation ; exécution ; engazonnement ; mélange de graines).

A RETENIR :

En Mai 1998 la norme NF P98-798, concernant les hydrosemoirs, est publiée. Cette norme basique et désuète est aujourd'hui supplantée par deux directives européennes plus contraignantes concernant, entre autres, le matériel d'ensemencement, qui ont été également publiées en 1989 et 1998. Elles concernent la compatibilité des matériels de chantier avec les ondes électromagnétiques (Directive 89/336/EC) et le respect des exigences en termes de sécurité et de santé (Directive 98/37/EC). Elles engagent, dans le cadre des chantiers, la responsabilité du Maître d'ouvrage, du Maître d'œuvre et des entreprises.

Dans ce cadre, une plaque UE est obligatoirement fixée sur chaque hydroseeder et engage l'entreprise qui possède le matériel homologué (cf paragraphe 5.2).



FINN CORPORATION
www.finncorp.com

Certificate of CE Conformity

Finn Corporation certifies that the machine stipulated below is declared to conform to EU Directives 89/336/EC Electromagnetic Compatibility Directive and 98/37/EC Machinery Directive.

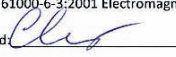
Description: FINN HYDROSEEDER, Model T90S CE 36
Serial Number: MS 3563

Manufacturer: Finn Corporation
9281 LeSaint Dr.
Fairfield, OH 45014
513-874-2818 PH
513-874-2914 FX

CE file held at : FINN Corporation
C/Marques de Urquijo 26, 3^o Izq
E-28008 Madrid
Spain
Registration number (NIF) : ES N4004965B

The following harmonized standards have been applied:

- EN 60204-1: Safety of Machinery – Electrical Equipment of machines, Part 1 general Requirements (IEC 60204-1)
- EN 292-2/A1: Safety of Machinery-Basic Concepts, Principles for Design-Part 2: Technical principles and specifications-Amendment 1.
- EN 61000-6-1:2001 Electromagnetic compatibility (EMC) Part 6-1
- EN 61000-6-3:2001 Electromagnetic compatibility (EMC) Part 6-3


Duly Signed:  **Date:** 6-1-2011

In accordance with the manufacturer: Finn Corporation
9281 LeSaint Dr.
Fairfield, Oh 45014
USA

(Use Corporate Seal)

SMARTER WAYS TO WORK

9281 LeSaint Drive • Fairfield, OH 45014-5457 • Phone (513) 874-2818 • Fax (513) 874-2914
Toll Free (800) 543-7166 • PartsService (800) 229-8707 • E-mail: sales@finncorp.com
©2008 Finn Corporation



FINN CORPORATION
www.finncorp.com

Modèle de certificat de conformité CE

1.5 Tendances des années 1990 à aujourd'hui

La multiplication des surfaces à traiter annuellement au niveau international et la nécessité de mettre en végétation des sites avec des contraintes (climatique, de pente, de substrat, de temps) de plus en plus critiques ont favorisé l'apparition d'industriels (Weyerhaeuser, Mat Inc., Profile...) dédiés à l'hydroseeding.

Cette ère industrielle a permis une évolution technologique remarquable, par la mise au point de gammes de produits avec des performances techniquement vérifiées, qui a largement repoussé les limites du « végétalisable ».

Elle a également permis de mettre au point un langage commun permettant à tous les acteurs du secteur d'identifier les composants en fonction des performances attendues ou exigées par l'utilisation de tel ou tel intrant.

Ainsi, alors que dans les années 80 on parlait de mulch cellulosique, on parle aujourd'hui de mulch type BFM, FGM, FGM ET (termes caractérisant des niveaux de performances ; cf § 5-3-2).

Par ailleurs, ces mêmes industriels mettent aujourd'hui la même énergie pour la mise au point, le test et la caractérisation des composants nécessaires aux utilisations périphériques à l'hydroseeding décrites plus en avant de ce guide (cf § 3).

PERIODE	EVENEMENT
1950	Invention de l'hydroseeder par Charles FINN aux USA
1960-1970	Apparition de l'hydromulching aux USA et début de l'hydroseeding en Europe
1980-1990	Structuration du marché en France avec apparition d'intervenants spécialisés
1990 à aujourd'hui	L'hydroseeding devient un secteur à part entière avec l'industrialisation des moyens et la caractérisation des composants

Evolution de l'hydroseeding

2. AVANT – PROPOS SUR LES SOLS

2.1 Notions de pédologie

En termes de pédologie, le sol est une formation naturelle qui sert de support à la vie végétale.

Définition : « *Le sol est la formation naturelle de surface à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche-mère sous-jacente sous l'influence de divers processus physiques, chimiques et biologiques* »
A. Demolon (Ingénieur Agronome)

La roche-mère peut évidemment être autant une roche dure (granite, schistes, grès.....) qu'une roche tendre (craie, marne, calcaire.....) ou une roche meuble (sables, éboulis, loess.....). L'intensité de la dégradation physique et chimique dépend du climat, véritable moteur de la formation des sols.

Le sol remplit trois rôles :

- > **Physique** : en tant que support des racines des végétaux.
- > **Chimique** : en tant que pourvoyeur de nutriments des végétaux par les ions libres mis en solution aqueuse.
- > **Biologique** : en tant que système assurant le développement des micro-organismes nécessaires aux réactions physico-chimiques.

2.2 Aspect physique du sol

Le sol est constitué de trois fractions :

- > **Solide** : constituée d'éléments minéraux (également appelés constituants mécaniques) : sables grossiers, sables fins, limons, argiles, calcaires..... et d'éléments organiques (également appelés matières organiques) : débris végétaux, humus.....issus de végétaux produits par le sol, la faune du sol ou par l'homme.

La combinaison entre les particules d'argile et l'humus permettra d'augmenter la stabilité de la structure du sol, cette liaison est nommée « complexe argilo-humique ».

- > **Liquide** : composée d'eau dans laquelle sont dissoutes des substances solubles provenant à la fois de l'altération des roches, de la décomposition des matières organiques et de divers apports (notamment par l'homme).

- > **Gazeuse** : composée des mêmes gaz que l'air avec en complément des gaz issus de la décomposition des matières organiques.

Il est important de préciser que les éléments précités ne sont pas présents systématiquement dans un sol (ex : quasi-absence parfois de matières organiques, sols dépourvus de calcaires...). La répartition relative de ces trois fractions est variable d'un sol à l'autre.

Globalement, il est possible de résumer dans le tableau suivant la répartition des trois phases dans un sol donné.

CONSTITUANTS SOLIDES (ou insolubles dans l'eau)		CONSTITUANTS LIQUIDES (ou solubles dans l'eau)	CONSTITUANTS GAZEUX (contenus dans le sol)
Constituants minéraux	Constituants organiques		
Proviennent de la dégradation de la roche-mère ou des apports de l'homme	Proviennent des organismes végétaux ou animaux ou des apports de l'homme	Proviennent de la pluie, de la décomposition de roche, des matières organiques et des apports humains	Proviennent de l'air extérieur, de la vie des organismes et de la décomposition des matières organiques
GRANULOMETRIE (règle généralement adoptée par les laboratoires d'analyse)	Répartition en 4 groupes	2 types de constituants	2 types de constituants
Cailloux + de 200 mm Graviers de 200 à 2 mm Sables grossiers de 2 à 0,2 mm Sables fins de 0,2 à 0,05 mm Sables très fins à limons grossiers de 0,05 à 0,02 mm Limons fins de 0,02 à 0,002 mm Argiles - de 0,002 mm	Flore et faune vivante : champignons, algues, végétaux supérieurs, bactéries, protozoaires, vers, insectes... Déjections animales et animaux morts mais non décomposés Matières organiques en cours de décomposition = produits transitoires Humus (fraction colloïdale et stable des matières organiques)	Eau du sol Eléments solubles dissous dans l'eau du sol : - corps organiques : sucres, alcools, acides organiques - corps minéraux : acides, bases et sels en partie dissociés en ions (ex : Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , Na ⁺ , PO ₄ ⁻⁻⁻ , NO ³⁻ , SO ₄ ⁻⁻)	Constituants de l'air Azote (N ₂) Oxygène (O ₂) Gaz Carbonique (CO ₂) Gaz issus des décompositions organiques et de la respiration des êtres vivants dans le sol : - Gaz Carbonique (CO ₂) - Hydrogène (H ₂) - Méthane (CH ₄)
Répartition en poids : 81% Répartition en volume : 49%	Répartition en poids : 2% Répartition en volume : 3%	Répartition en poids : 17% Répartition en volume : 26%	Répartition en poids : 0% Répartition en volume : 22%

Répartition des trois groupes de constituants en poids et volume pour un sol de limon normal (D. Mériaux)

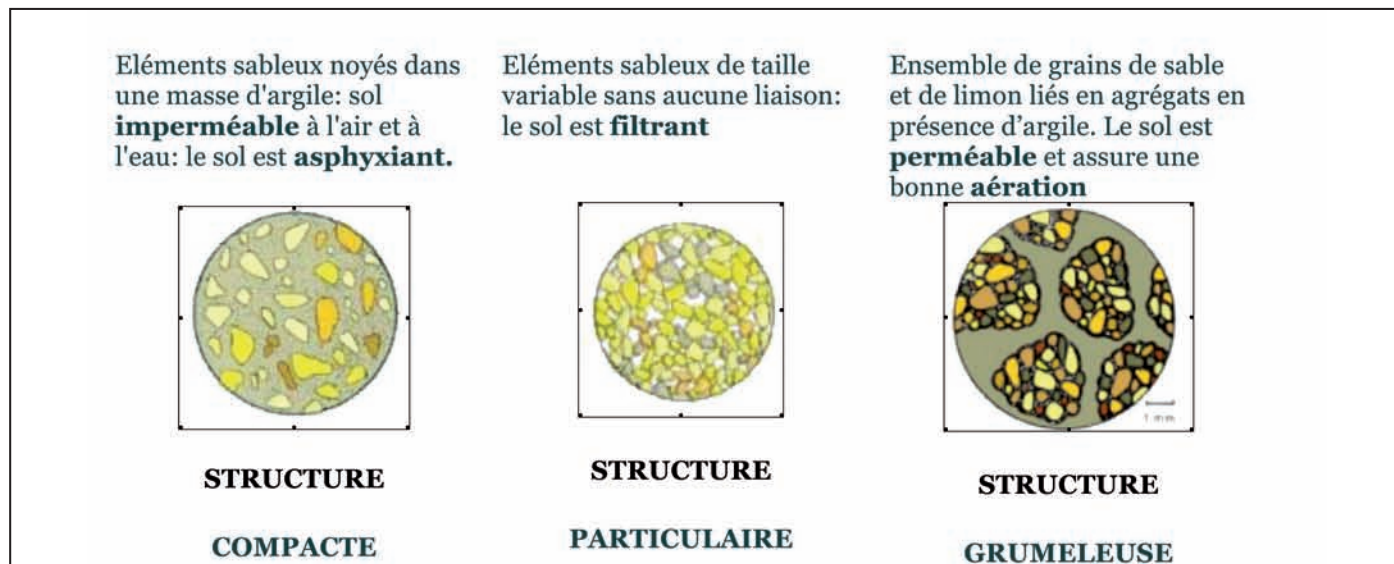
A RETENIR :

Les propriétés physiques principales d'un sol sont les suivantes : Humidité-aération-chaleur. Elles permettront ainsi de déterminer l'aptitude du sol à être un bon support pour la plante et d'assurer l'interface entre celle-ci et les facteurs climatiques (humidité, aération et température). Ainsi les propriétés physiques d'un sol dépendront de sa structure et de sa texture.

2.2.1 La structure du sol

Définition : La structure d'un sol traduit la façon dont les particules terreuses sont disposées les unes par rapport aux autres à un moment donné. C'est donc un état qui peut évoluer dans le temps.

Ainsi trois structures de base peuvent être distinguées : la structure compacte, la structure particulaire (meuble) et la structure grumeleuse appelée aussi structure fragmentaire.



Descriptif des trois structures de base d'un sol

La structure grumeleuse, peut être considérée comme la structure « idéale » et comporte de nombreux avantages :

- Une bonne rétention de l'eau et des éléments nutritifs par l'action du complexe argilo-humique,
- Un bon drainage,
- Une bonne aération,
- Un bon développement du système racinaire des végétaux,
- Un travail facile du sol,
- Un réchauffement rapide du sol au printemps,
- Une bonne activité biologique du sol,
- Une bonne résistance à l'érosion et à la compaction.

2.2.2 La texture du sol

Définition : La texture d'un sol est sa proportion en sables grossiers et fins, en limons, en argile, en humus et en calcaire.

Selon le pourcentage de chaque fraction minérale, il est possible de regrouper les sols en quatre groupes principaux : sols sableux, sols limoneux, sols argileux et sols équilibrés. Chacun de ces groupes possède des caractéristiques qui lui sont propres :

> Sols sableux (sols légers, terres jaunes)

Les sols sableux sont principalement constitués de sables grossiers. Ces sols se travaillent bien et se réchauffent rapidement au printemps. Ils offrent une bonne aération et un bon drainage, mais ils sont sujets au lessivage (eau et minéraux) et présentent une faible capacité de rétention en eau. Ils sont généralement pauvres en éléments nutritifs et ont tendance à être acides.

> Sols limoneux

Les sols limoneux sont surtout formés de sables fins et de limons. Ces sols sont dits « battants », c'est-à-dire

qu'ils ont tendance à former une croûte en surface sous l'effet des pluies et des arrosages, ce qui les rend imperméables à l'eau et à l'air. Ils se colmatent aussi très facilement, ce qui a pour effet d'asphyxier les racines des végétaux et les organismes vivants du sol.

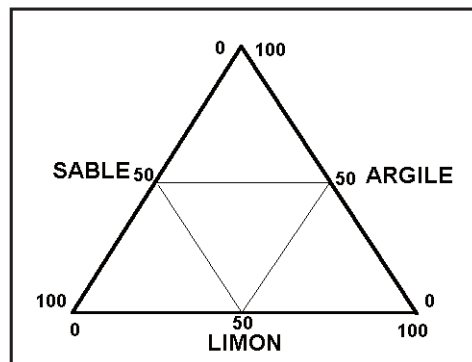
> Sols argileux (sols lourds, sols glaiseux)

Les sols argileux contiennent plus de 25% d'argile. Ce sont généralement des sols riches qui retiennent bien l'eau et les éléments nutritifs. Ils sont toutefois mal aérés, mal drainés et ils ont tendance à être alcalins. De plus, ils sont difficiles à travailler, ils se réchauffent lentement au printemps et ils se compactent facilement.

> Sols équilibrés ou loameux (loams, terres franches, sols moyens)

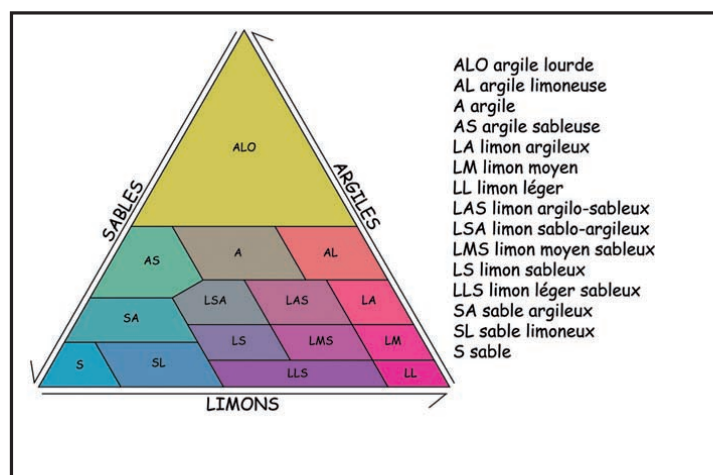
Les sols loameux sont constitués d'environ 40 à 60% de sable, 30 à 50% de limon et 15 à 25% d'argile. Ils correspondent à l'optimum, dans la mesure où ils présentent la plupart des qualités des trois types précédents, sans en avoir les défauts. Ces sols conviennent à la plupart des travaux d'ensemencement car ils présentent un bon équilibre du point de vue de l'aération, du drainage et de la rétention de l'eau et des éléments nutritifs.

Très souvent, la texture des sols ne correspondra pas précisément à l'une de ces classes, il est alors fait recours au triangle des textures. Cet outil permet de classer les sols en plusieurs groupes d'après leur composition granulométrique. Il est basé sur la combinaison des trois constituants principaux : sables, limons et argiles.



Triangle simplifié des textures d'un sol

Lors d'une cartographie de sols d'une région, le triangle est décomposé en autant de groupes que de sols différents.



Exemple d'un triangle des textures issu d'une cartographie des sols

La texture d'un sol se mesure par l'analyse granulométrique mais peut déjà être appréciée directement sur le terrain au toucher, c'est le test tactile.

TEXTURE DU SOL	SOL SEC	SOL HUMIDE
Sol sableux	<ul style="list-style-type: none"> - Les grains de sable sont visibles à l'oeil nu - Le sol coule entre les doigts comme du sucre - Le sol est très granuleux et abrasif 	<ul style="list-style-type: none"> - Le sol se modèle très difficilement, il se brise au toucher - Le sol ne colle pas entre les doigts, il est rude et abrasif au toucher
Sol limoneux	<ul style="list-style-type: none"> - Le sol a une apparence poudreuse ou farineuse - Le sol est doux au toucher 	<ul style="list-style-type: none"> - Le sol est très doux et glissant comme du savon - Il est possible de former un ruban avec la terre en la roulant entre les mains ; le ruban se fissure et se casse si on essaie de le plier - Le sol est peu collant et laisse une coloration ocre à marron sur les mains
Sol argileux	<ul style="list-style-type: none"> - Le sol est formé de mottes très dures, difficiles à briser 	<ul style="list-style-type: none"> - Le sol est très collant, il est lisse et brillant - Le sol se modèle très facilement : il est possible de former de longs rubans flexibles en roulant la terre entre les mains (une teneur >10% en argile est détectable à partir du moment où l'on peut former un ruban)
Sol terreux	<ul style="list-style-type: none"> - Le sol est un peu granuleux - Le sol peut être manipulé avec précaution, sans en briser les mottes 	<ul style="list-style-type: none"> - Le sol colle un peu et il est un peu granuleux - Si on roule la terre entre les mains, on peut former un ruban : ce dernier se fendille légèrement

Test tactile

2.3 Aspect chimique du sol

2.3.1 Le pH

Définition : Le pH (potentiel hydrogène) représente la quantité d'ions hydrogène (H⁺) présents dans le sol. Plus un sol contient d'ions hydrogène, plus il est acide. Le pH est toujours mesuré à l'aide d'une échelle graduée exponentielle de 0 à <7 sol acide ; 7 = sol neutre et > 7 sol alcalin.



A RETENIR :

L'exponentialité de cette échelle se traduit par l'exemple suivant :

Un sol ayant un pH de 6 est 10 fois plus acide qu'un sol ayant un pH de 7.

Un sol ayant un pH de 5 est 100 fois plus acide qu'un sol ayant un pH de 7.

> L'importance du pH

Le pH affecte la disponibilité des éléments nutritifs. Quand le sol est trop acide ou trop alcalin, les plantes ne peuvent absorber tous les minéraux dont elles ont besoin, même si ceux-ci sont présents dans le sol. Certains éléments, comme l'aluminium, le fer, le zinc et le manganèse peuvent même devenir toxiques. Un pH inadéquat nuit également à la stabilité structurale du sol, favorise les maladies fongiques et représente une menace pour l'activité biologique du sol.

> Quel pH faut-il rechercher ?

En agriculture, le pH optimal varie selon le type de sol et les espèces cultivées. De manière générale, les végétaux s'accoutument d'un pH variant entre 6 et 7, mais il y a des exceptions avec des espèces acidophiles et alcalinophiles.

Le tableau ci-dessous résume une gamme générale des pH des sols

pH	DÉSIGNATION DES SOLS	DESTINATION POSSIBLE DES SOLS
3 à 4,5	Sols extrêmement acides (parfois appelés podzols)	Marécages, landes, forêts d'espèces acidophiles, certains sols miniers (pyrite)
4,5 à 5	Sols très fortement acides	Landes ou prairies
5 à 5,5	Sols très acides	Prairies et cultures d'espèces acidophiles
5,5 à 6	Sols acides	Prairies et cultures d'espèces acidophiles
6 à 6,75	Sols légèrement acides	Toutes prairies à l'exception des légumineuses calcicoles
6,75 à 7,25	Sols neutres	Toutes prairies
7,25 à 8,5	Sols alcalins (parfois appelés rendzine)	Marais alcalins, toutes prairies à l'exception des espèces calcifuges
> 8,5	Sols très alcalins	Végétation très rare

Tableau de la gamme pH des sols (G.Gaucher, traité de pédologie)

2.3.2 Les ions

La plupart des sols renferment des ions N-P-K à la base du développement végétal, associés au Calcium, au Magnésium, au Soufre et aux oligo-éléments.

GROUPES D'IONS-NUTRIMENTS MINÉRAUX	ELEMENTS ET SYMBOLES	RÔLE ET PRÉSENCE DANS LES SOLS
Eléments essentiels N - P - K	N - Azote P - Phosphore K - Potassium	Eléments essentiels à la nutrition des végétaux, présents dans tous les sols
Eléments secondaires Ca - Mg - S	Ca - Calcium Mg - Magnésium S - Soufre	Eléments importants pour la chimie du sol et notamment le pH
Micro-éléments B - Mn - Fe - Zn - Mo Cu - Co	B - Bore Mn - Manganèse Fe - Fer Zn - Zinc Mo - Molybdène Cu - Cuivre Co - Cobalt	Eléments très importants pour le métabolisme des végétaux et souvent absents dans les sols perturbés et appauvris

Présentation des ions et de leur rôle

N – Azote

L'azote présent dans les sols ne provient pas de la dégradation de roches mais des sources suivantes :

- > source atmosphérique : l'azote gazeux est en effet la première source d'azote pour le sol. Les précipitations synthétisent, à partir de ce gaz, le nitrate d'ammoniaque entraîné par les pluies vers le sol,
- > source bactérienne : des bactéries fixatrices d'azote libres ou associées à des plantes l'utilisent et nourrissent ensuite les plantes,
- > source organique : incorporé aux matières organiques végétales et animales du sol, l'azote est libéré et mis à disposition des plantes par l'intermédiaire de bactéries.

Il est présent sous trois formes dans le sol :

- > organique : non directement utilisable par la plante,
- > ammoniacale : utilisable par la plante mais cette forme peu stable est souvent transformée par les bactéries nitrificatrices,
- > nitrique : très soluble et la plus utilisable par la plante; toutefois les nitrates lorsqu'ils ne sont pas assimilés par la plante ou par les bactéries du sol sont très rapidement lessivés et entraînés dans les eaux souterraines.

L'azote est indispensable pour la bonne croissance des végétaux. Il contribue au développement de tous les éléments de la plante (particulièrement la masse foliaire).

Toutefois un excès d'azote peut entraîner une sensibilité accrue des végétaux aux maladies et aux conditions climatiques difficiles.



Exemple de carence en azote

P – Phosphore

La quantité de phosphore présente dans un sol est une conséquence directe de la richesse de la roche mère. Mais la connaissance de cette quantité ne donne qu'une indication très imparfaite sur l'aptitude du sol à fournir du phosphore aux végétaux et à satisfaire leurs exigences. Le phosphore organique est l'objet d'une lente minéralisation qui le rend progressivement disponible pour les végétaux. A la notion de réserve globale de phosphore, il faut donc substituer celle de quantité nécessaire au maintien de la concentration de la solution du sol en phosphore pour permettre l'alimentation des végétaux.

Les prélèvements de phosphore par les plantes entraînent un épuisement des formes solubles. Au fur et à mesure des nouveaux prélèvements, les formes de phosphore qui sont sollicitées pour reconstituer les stocks de cet élément dissous sont de moins en moins mobiles, car elles sont de plus en plus énergiquement retenues

par le pouvoir fixateur du sol.

Cet élément contribue à la robustesse des végétaux en favorisant l'émission de fibres aux niveaux des racines et des tiges ; sa présence abondante dans les organes jeunes le prouve.

Il participe avec l'azote à la croissance générale des plantes et contribue également à la mise à fleur et à graine. Le phosphore permet une meilleure résistance aux intempéries, aux maladies et aux parasites.



Exemple de carence en phosphore

K – Potassium

Cet élément est présent en très grande quantité et sous plusieurs formes dans les sols. En revanche, sa disponibilité est très faible.

Le potassium est aussi un constituant de l'argile (peu disponible pour les plantes) et de la roche mère (très peu disponible pour les plantes). Le potassium utilisable par les plantes est retenu à la surface des particules d'argiles et d'humus.

Durant la croissance de la plante, il est libéré dans la solution du sol en fonction des besoins. Comme pour le phosphore, il y a une intense compétition entre le sol et la plante pour le potassium. Le pouvoir fixateur du sol dépend généralement de sa teneur en argile.

Il permet à la plante d'assimiler les autres constituants et favorise les réserves de la plante au niveau des organes de stockage. L'effet de l'azote est notablement renforcé par le potassium et réciproquement ; c'est le phénomène d'interaction positive.

Avec le phosphore, il accroît le développement des racines et la rigidité des tissus végétaux.

En réduisant la transpiration, le potassium diminue les besoins des plantes en eau, augmente leur résistance à la sécheresse et assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau.

Il permet une meilleure résistance au froid, aux maladies et aux parasites.



Exemple de carence en potassium

Ca – Calcium

Aliment de la flore et de la faune, le calcium joue un rôle majeur dans les sols qu'il soit physique, chimique ou biologique.

Il existe sous quatre formes :

- > Carbonate de calcium à l'état grossier (blocs, graviers ou sables calcaires) ou calcaire inactif : il ne représente ainsi qu'une réserve lentement utilisable.
- > Carbonate de calcium à l'état pulvérulent ou calcaire actif : ses particules fines (équivalentes à celles des limons ou argiles) sont attaquées par le gaz carbonique ou les acides organiques du sol qui sont alors solubilisées.
- > Calcium soluble (sensible au lessivage) qui libère des ions Ca^{++}

> Calcium échangeable fixé sous forme de Ca^{++} sur le complexe argilo-humique. Les ions Ca^{++} sont des aliments pour les plantes. La teneur en calcium des feuilles augmente avec leur âge. Le calcium renforce la résistance des tissus et favorise la maturation des graines. Il est exceptionnel que le sol n'assure pas une alimentation calcique convenable à la plante, car même les terrains très pauvres contiennent des quantités suffisantes pour assurer les besoins alimentaires des plantes. Mais le calcium intervient surtout sur le pH et l'efficacité du complexe argilo-humique du sol : c'est son rôle, essentiel, d'amendement. Il agit favorablement sur :

- la stabilité structurale, permettant une granulation stable des particules, propre à faciliter le passage de l'air et de l'eau et la pénétration des racines,
- le pH, dont l'optimum se situe généralement entre 6 et 7,
- l'activité des micro-organismes des terres acides,
- la disponibilité du sol en certains éléments minéraux, car il favorise la mobilité du K^+ (Potassium) et maintient les ions PO_4^{---} (Phosphates) sous des formes assimilables.

Mg – Magnésium

Le magnésium, très souvent associé au calcium, existe sous les mêmes formes.

Il est un élément important qui se retrouve surtout dans les feuilles comme constituant de la chlorophylle. Il contribue au transfert du phosphore vers les graines, participe à la formation et à la mise en œuvre des sucres, protéines et vitamines. Cet élément, très sensible au lessivage, disparaît d'autant plus vite que le sol est plus drainant.

S – Soufre

Le soufre est d'origine minérale (altération de la roche mère) et organique. Il est libéré sous forme de sulfates (SO_4^{--}). La richesse globale d'un sol en soufre ne renseigne que très peu sur sa disponibilité.

Il est un élément complémentaire de l'azote et du phosphore dans la nutrition des plantes. Certaines espèces ont d'importants besoins en cet élément (par exemple les légumineuses et les crucifères).

Oligo-éléments ou micro-éléments

Les teneurs des sols en oligo-éléments dépendent essentiellement des teneurs des roches mères ; cependant, ces teneurs globales ne sont pas représentatives des quantités réellement disponibles pour la plante. La matière organique ainsi que le pH jouent un rôle important dans la disponibilité de ces éléments. L'absorption des oligo-éléments est influencée autant par les interrelations avec les autres éléments nutritifs que par leurs propres liaisons. La diversité des teneurs des sols en oligo-éléments, même au sein d'une parcelle, explique l'importance de l'analyse de la plante et surtout la connaissance des symptômes de déficience. Ces derniers étant relativement difficiles à diagnostiquer de façon précoce.

Les oligo-éléments sont absorbés en très faibles quantités, de l'ordre de quelques grammes à quelques centaines de grammes par hectare. Les principaux oligo-éléments sont les suivants : le fer, le manganèse, le zinc, le bore, le cuivre, le cobalt et le molybdène.

Le rôle des oligo-éléments est primordial dans le métabolisme des végétaux (photosynthèse, fixation de l'azote, réduction des nitrates.....).

Les quantités nécessaires à la croissance des plantes étant très faibles, les seuils de toxicité sont très proches des seuils de carence et il est nécessaire de raisonner les apports en oligo-éléments.

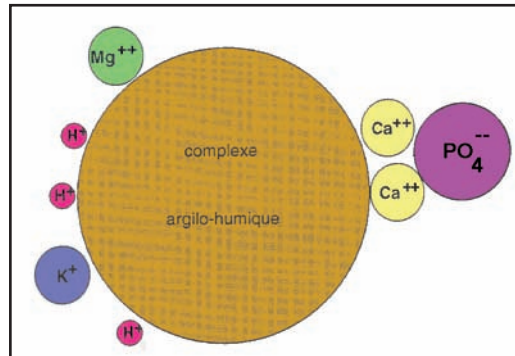


Exemple de carence en oligo-éléments

2.3.3 Pouvoir absorbant du sol

Définition : « Le pouvoir absorbant du sol est sa capacité à retenir énergiquement certains éléments solubles et de les empêcher d'être lessivés par les eaux d'infiltration » (J.Gauthier)

Le pouvoir absorbant du sol est dû essentiellement aux colloïdes argileux et humiques. Les particules argilo-humiques du sol vont ainsi se comporter comme des aimants sur lesquels viendront se fixer, de manière temporaire, un certain nombre d'éléments.



Complexe argilo-humique

A RETENIR :

La fertilisation des sols devra ainsi être raisonnée selon leur composition (ex : en sols sableux le pouvoir absorbant étant faible, les apports d'engrais devront être réguliers et en faible quantité).

2.4 Aspect biologique d'un sol

Le sol n'existe véritablement que lorsque des organismes vivants et des matières organiques (issues de la décomposition de ces organismes) s'ajoutent aux minéraux.

La fertilité d'un sol sera alors totalement liée à son activité biologique.

2.4.1 La faune du sol

Elle est globalement constituée de la macrofaune (ex : vers de terre) et de la microfaune (nématodes, acariens).

La faune du sol exerce trois actions :

- > **Mécanique** : formation d'agrégats stables par fragmentation de la matière organique, malaxage avec les éléments minéraux et répartition dans le sol. Ces agrégats augmentent ainsi la porosité du sol. De plus la présence de cette faune (principalement les vers de terre) favorise la circulation de l'air et de l'eau par les galeries creusées.
- > **Chimique** : remontée vers la surface d'éléments lessivables et enrichissement en éléments minéraux assimilables (notamment potassium, phosphore, magnésium) par les déjections.
- > **Biologique** : stimulation de la flore microbienne.

2.4.2 La flore du sol

En complément des racines des végétaux, la flore est constituée de micro-organismes type algues, bactéries, champignons dont le rôle est complémentaire à la faune décrite précédemment. Les micro-organismes végétaux seront plus particulièrement les agents directs de la minéralisation et de l'humification.

Il existe deux types de microflore :

- > **La microflore de décomposition** qui se nourrit des matières organiques mortes (nécromasse) pour les minéraliser. Les régions du sol où cette décomposition est active se révèlent toujours peu propices à la levée des semences ou à l'implantation des racinelles.
- > **La microflore d'assimilation** qui apparaît lorsque dans le sol, l'activité de décomposition diminue et que les substances libérées participent à la fabrication des humus ou sont adsorbées sur les complexes argilo-humiques. Cette microflore favorise la multiplication des racinelles qui, à leur tour, stimulent fortement la dynamique des populations de ces micro-organismes. Il apparaît que ces relations bénéfiques sont d'abord d'ordre trophique (lien mutuel bénéfique). Les micro-organismes servent d'intermédiaires entre la solution nutritive du sol et les racines et favorisent les échanges. Les racines, par diverses sécrétions, stimulent l'activité des micro-organismes qui vivent à leur contact.

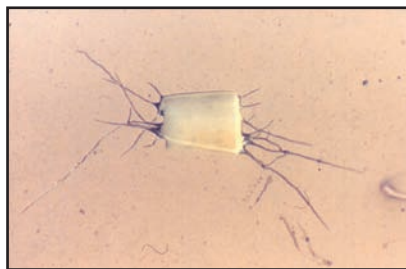
Des associations microflore - racines génèrent des symbioses permettant le développement mutuel de chaque partie. Ainsi des légumineuses (trèfle, luzerne, genêt, ajonc, cytise, etc...) portent des nodosités dans lesquelles se sont installées des *Bacillus radicola* ou *Rhizobium*.

Ces bactéries utilisent, comme source de carbone, les substances hydrocarbonées que leur fournit la plante et comme source d'azote, l'azote présent dans l'atmosphère des porosités du sol. En outre, ces bactéries sécrètent diverses phytohormones qui profitent d'abord et surtout à la légumineuse qui l'abrite, mais aussi, très probablement, aux plantes voisines qui mêlent leur chevelu racinaire à celui de la légumineuse.

Les mycorhizes sont des associations symbiotiques qui s'établissent entre les racines des végétaux et certains champignons du sol.

L'assimilation de l'eau, de l'azote, du phosphore est manifestement améliorée chez les plantes mycorhizées. Cette amélioration pourrait n'être due qu'à l'augmentation de surface absorbante, supérieure de 20 à 40 % pour les racines mycorhizées par rapport aux racines nues. Les champignons des mycorhizes se comportent comme d'excellents pièges pour les éléments minéraux et les métaux présents sous forme ionisée dans le sol. C'est le cas dans tous les sols pour le potassium, le cuivre, le fer, le zinc et dans les sols acides, pour les métaux lourds qui s'y trouvent souvent en excès (alumine, cadmium, zinc).

L'association mycorhizienne joue un rôle dans la synthèse de composés complexes, comme les vitamines et les phytohormones. Ces substances servent aux deux partenaires. Il a été également découvert que les champignons libéraient des hormones de croissance entraînant une densification du chevelu racinaire. De plus sous l'effet de ces hormones, bon nombre de ces racinelles se montraient plus réceptives à la mycorhization. L'association mycorhizienne joue enfin un rôle déterminant dans les mécanismes de protection de la plante contre les attaques microbiennes.



Ectomycorhize : Manchon de mycélium du champignon mycorhizien entourant les racines.



Endomycorhize : Filaments mycéliens accompagnant les racines

2.4.3 La transformation des matières organiques du sol

Dans un premier temps les matières organiques subissent au contact du sol une série de transformations rapides en deux étapes simultanées. Toutefois ces deux étapes sont conditionnées par le type de matières organiques enfouies et les conditions du milieu (aération, acidité, température, humidité.....) :

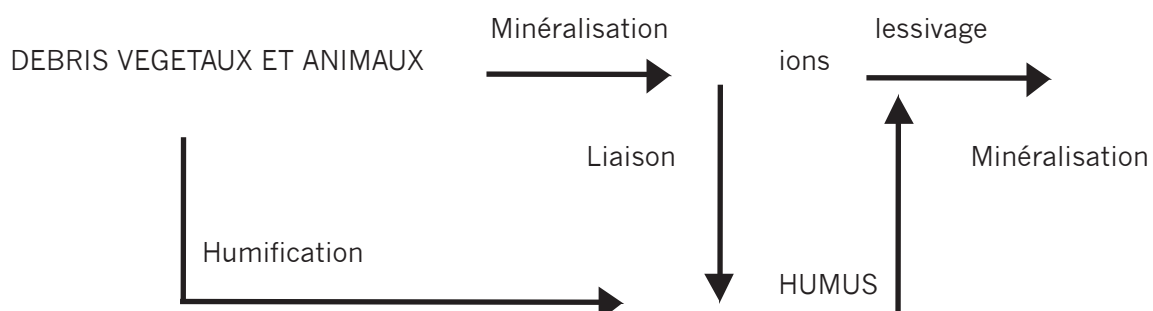
- > **La décomposition** qui consiste en la dégradation des constituants de la matière organique fraîche. Il est important de noter que la dégradation de la cellulose (cellulolyse) est tributaire de la richesse en oxygène, en calcium et en azote du milieu. Ainsi l'enfouissement de fibres riches en cellulose (type paille) consommera des quantités importantes d'azote.
- > **L'humification** qui consiste en une recombinaison des molécules en humus stable. Selon les matières organiques humifiables et les milieux, l'humification aboutira à différents types d'humus. La différenciation de ces humus pourra être effectuée à l'aide de la mesure du pH et du rapport C/N (rapport carbone sur azote). L'acidité du milieu déterminera le type d'activité biologique permettant de décomposer les matières organiques ; cette décomposition se ralentissant généralement avec un pH dégressif. Le rapport C/N indique le degré d'évolution de la matière organique, c'est-à-dire son aptitude à se décomposer plus ou moins rapidement dans le sol. Il est très élevé pour la matière végétale fraîche (aux environs de 100 pour une paille) et diminue tout au long de sa décomposition en se stabilisant autour de 10 pour l'humus. C'est la valeur de ce rapport qui permet de juger du degré d'évolution de la matière organique et de son aptitude à se minéraliser :

VALEUR DU RAPPORT C/N	ÉVOLUTION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE
C/N < 15	Production d'azote, la vitesse de décomposition s'accroît, elle est à son maximum pour un rapport C/N = 10
15 < C/N < 30	Besoin en azote couvert pour permettre une bonne décomposition de la matière carbonée
C/N > 30	Pas assez d'azote pour permettre la décomposition du carbone (il y a compétition entre l'absorption par les plantes et la réorganisation de la matière organique par les micro-organismes du sol, c'est le phénomène de "faim d'azote"). L'azote est alors prélevé dans les réserves du sol. La minéralisation est lente et ne restitue au sol qu'une faible quantité d'azote minéral.

Relation rapport C/N et état de la Matière Organique

- > **Ensuite une phase** beaucoup plus lente intervient avec la minéralisation de l'humus stable à raison de 1 à 2 % par an. Cette phase libère des éléments nutritifs à la disposition des végétaux. Cette destruction d'humus stable doit alors être compensée par l'apport naturel ou artificiel de matières organiques pour équilibrer le sol.

En résumé, le schéma suivant synthétise le devenir de la matière organique dans le sol :



2.4.4 Les facteurs d'évolution des matières organiques dans le sol

2.4.4.1 Le pH et la richesse suffisante en Ca

Ces deux facteurs interviennent de plusieurs façons :

- > En sélectionnant les types d'activité microbienne : en effet à pH neutre, les bactéries sont plus efficaces et le calcium les active permettant la décomposition de la matière organique fraîche. En milieu acide, les bactéries sont remplacées par les champignons dont l'activité est plus lente et incomplète.
- > En déterminant la nature des composés humiques formés : en effet le calcium est indispensable à l'humification. En sa présence les acides humiques gris servent de ciments et stabilisent la structure des agrégats.
- > En améliorant la structure du sol : en effet lorsque le taux d'argile devient important, sa floculation devient indispensable afin de maintenir une structure grumeleuse (cf §2.2.1).

2.4.4.2 Une température et une humidité suffisantes

L'activité microbienne du sol est pratiquement nulle à 0°C, commence à être significative à partir de 10°C et est optimale aux environs de 30°C. L'humidité optimale d'un sol se situe aux 2/3 de sa capacité de rétention en eau. Ces deux caractéristiques évoluent évidemment selon la saison.

En zone tempérée, la minéralisation évolue ainsi :

Hiver : de manière ralentie

Printemps : de manière progressive avec parfois des carences d'azote en début de saison

Mai-Juin : de manière optimale

Été : de manière intense si l'humidité est suffisante ; dans le cas contraire, il y a humification

Automne : de manière inégale avec un lessivage fréquent des nitrates en cas de pluies importantes

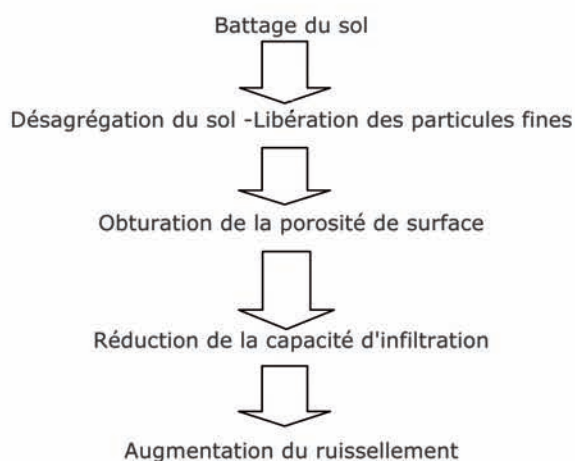
2.5 L'érosion des sols

Définition : L'érosion est le processus de dégradation et de transformation du sol causé par tout agent externe. Les facteurs d'érosion sont le climat, la morphologie du terrain, la nature du sol, l'absence de couverture végétale et l'action humaine.

2.5.1 Le climat

Il représente l'élément moteur de l'érosion par les pluies et le vent.

Sans précipitation atmosphérique il n'y a pas d'érosion hydrique. La hauteur des précipitations a peu d'influence sur l'érosion ; c'est leur intensité qui va provoquer l'effet de battage du sol (ou battance).



L'érosivité d'une pluie sera fonction de ses caractéristiques physiques : le diamètre des gouttes et la vitesse d'impact des gouttes. Ainsi selon les régions et les saisons, l'érosivité des pluies sera plus ou moins prononcée.



Exemple d'érosion pluviale.

L'érosion éolienne est le phénomène de dégradation du sol sous l'action du vent qui arrache, transporte et dépose des quantités importantes de terre.

Elle s'installe :

- lors de vents violents et réguliers durant de longues périodes dans la même direction (vents dominants),
- dans le cas d'un sol à texture grossière, sableux notamment,
- en présence de reliefs atténués sur des grandes étendues plates,
- en l'absence de végétation,
- dans les zones géographiques où les saisons sèches entraînent une importante dessiccation des horizons superficiels du sol et la disparition du couvert végétal.



Exemple d'érosion éolienne

2.5.2 La morphologie du terrain

La pente est un facteur important d'érosion hydrique. Le ruissellement et l'érosion débutent sur des pentes mêmes faibles (1 à 2%) et s'accroissent avec l'inclinaison des terrains. L'augmentation de la pente accentuera les phénomènes de ruissellement et donc d'érosion.

Généralement, l'érosion augmentera avec la longueur de pente, mais la présence d'irrégularités de terrain peut provoquer l'effet inverse. Enfin l'érosion sera plus importante sur les pentes convexes que concaves.



Exemple d'une érosion hydrique sur un talus à forte pente qui n'a pas pu être stoppée malgré la plantation de vetiver

2.5.3 La nature d'un sol

L'érodibilité d'un sol représente la sensibilité d'un sol à l'arrachement et au transport des particules qui le composent. L'érodibilité d'un sol est définie par sa résistance au splash (ou battance) et sa résistance au cisaillement (lié au ruissellement).

Elle est fonction de plusieurs paramètres :

- > la capacité d'infiltration,
- > la stabilité structurale,
- > la texture (sensibilité plus forte des sols sableux),
- > la teneur en matière organique (la matière organique joue un rôle de ciment pour les agrégats du sol, il y aura de même un effet de synergie entre argile et matière organique).

2.5.4 L'absence de végétation

La végétation est le facteur primordial de protection du sol contre l'érosion. L'action de la végétation est multiple :

- > l'interception des gouttes des pluies permet la dissipation de l'énergie cinétique, ce qui diminue dans une large mesure l'effet « splash »,
- > son système racinaire maintient le sol en place et y favorise l'infiltration,
- > accessoirement, l'évapotranspiration de la plante en asséchant le sol augmente sa capacité d'infiltration,
- > son développement en surface freine le ruissellement et l'érosion éolienne. L'apport en matière organique améliore la structure du sol et sa cohésion.

Classement par ordre décroissant de protection des principaux types de végétation.
Forêts > herbacées (savane) > cultures > jachères nues

2.5.5 L'action humaine

Le manque de mesures de prévention dans des interventions telles que :

- > les travaux agricoles (désherbages, labours sur reliefs accidentés...)
 - > les terrassements (construction d'infrastructures diverses, stockage de terres réutilisables, aménagements divers, exploitation de mines et carrières.....)
 - > les travaux d'entretien non adaptés (brulis, fauchage et/ou désherbage trop intensif.....)
- est également générateur d'une érosion conséquente des sols.

2.5.6 La latérisation des sols

Dans les zones tropicales, la latérisation des sols est un phénomène fréquent dû aux divers facteurs cités précédemment. Ce terme désigne une évolution pédologique au cours de laquelle des sols tropicaux ferralitiques sont transformés en latérite. Les sols latéritiques se forment par altération des couches superficielles des roches sous l'action des agents

atmosphériques, en climat chaud et humide. Ces sols deviennent ainsi très difficilement végétalisables et présentent un pouvoir absorbant très faible.

La latérisation se produit dès l'instant où la couverture végétale forestière détruite ne protège plus les sols à la fois du fort lessivage des pluies tropicales pendant la saison humide et des fortes évaporations et évapotranspirations pendant la saison sèche.



Exemple de latérisation des sols

LES DOMAINES D'INTERVENTION DE L'HYDROSEEDING

A RETENIR :

Les domaines d'intervention regroupés sous le terme générique « hydroseeding » sont nombreux et divers. Chaque domaine se caractérise par une méthodologie de mise en œuvre et/ou des objectifs spécifiques, ce qui a abouti à l'emploi d'une terminologie technique adaptée définissant précisément le type de traitement évoqué.

Ces termes techniques, qui seront détaillés ci-dessous sont au nombre de quatre :

- L'HYDROSEEDING OU HYDROSEMIS OU SEMIS HYDRAULIQUE (en français) cf § 3.1
- L'HYDROMULCHING cf § 3.2
- L'HYDROSPRIGGING OU HYDROBOUTURAGE (en français) cf § 3.3
- L'HYDROCOVERING cf § 3.4

Dorénavant, tout au long du guide, cette terminologie sera utilisée en fonction du domaine exploré.

3.1 L'HYDROSEEDING : Caractérisation et domaines d'intervention

Définition : *L'hydroseeding ou semis hydraulique en français, utilise un hydroseeder pour mettre en œuvre, semences, fixateurs et conditionneurs de sol dans le but d'établir une strate herbacée. Contrairement à l'hydromulching, l'hydroseeding ne met pas en œuvre de système de protection temporaire (mulch, membrane anti-érosion projetée) en préalable à l'installation de la végétation.*

3.1.1 Intérêts de l'hydroseeding

- 1- Permet de semer rapidement et dans des conditions économiques satisfaisantes, de grandes surfaces non sensibles à l'érosion, avec ou sans préparation de sol et sans contrainte d'accès.
- 2- Productivité très intéressante (supérieure à tout type d'ensemencement mécanique).



Ensemencement par hydroseeding

3.1.2 Limites et contraintes spécifiques à l'hydroseeding

- 1- Protection faible contre le lessivage des semences et adjuvants en cas de pluie intense.
- 2- Ne permet pas de semer sur des substrats non terreux ou à faible valeur agronomique.
- 3- Très fort risque de lessivage sur des pentes supérieures à 30°.
- 4- Adaptation difficile aux zones climatiques qui présentent un régime pluviométrique extrême : méditerranéen, tropical.
- 5- Difficulté de réalisation d'un semis précis, régulier et couvrant sur des zones telles que les cheminements, les abords de bâtiment ou d'aménagement.

3.1.3 Spécificité des intrants

En complément des semences et conditionneurs de sols, l'hydroseeding se caractérise par l'emploi de fixateurs (organique ou synthétique ou cellulose) à des dosages variant de 15kg/ha à 200 kg/ha. La cellulose, dans ce cas, est généralement employée en remplacement du fixateur et n'a pas la fonction d'un mulch tel que décrit dans la section intrants (cf § 5.3.2).



Aspect au sol d'un ensemencement par hydroseeding

3.2 L'HYDROMULCHING : Caractérisation et domaine d'intervention

Définition : *L'hydromulching, utilise un hydroseeder pour mettre en œuvre un système anti-érosif (mulch, membrane fibrillaire projetée), avec éventuellement, en simultanément, les semences et conditionneurs de sol.*

3.2.1 Intérêts de l'hydromulching

- 1- Garantit la conservation de l'ouvrage, dès l'application, contre l'érosion éolienne et hydrique.
- 2- Permet d'augmenter la plage temporelle d'application du semis (en respectant une procédure de mise en œuvre spécifique).
- 3- Est parfaitement adapté à tous types de sols et climats sous réserve de l'utilisation des intrants adaptés (cf § 5.3).
- 4- Permet une application très précise sur toute zone et notamment les secteurs très sensibles à l'érosion.



Application de l'hydromulching au canon



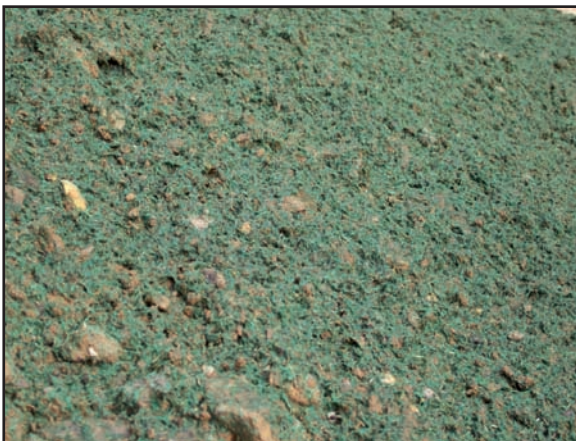
Application de l'hydromulching à la rallonge

3.2.2 Limites et contraintes spécifiques à l'hydromulching

- 1- 3 à 5 fois moins rapide que l'hydroseeding.
- 2- Nécessite un hydroseeder d'une capacité adaptée, équipé d'une pompe centrifuge ou d'une pompe à rotor excentré, et d'un malaxage mécanique à pales (cf § 5.2.2).

3.2.3 Spécificité des intrants

En complément éventuel des semences et conditionneurs de sols, l'hydromulching emploie des « couvertures de semis » ou mulch de très haute technicité à des dosages souvent supérieurs à 1 000 kg/ha. Ces mulch (décrits dans le détail dans la section 5.3.2) possèdent un pouvoir d'absorption d'eau permettant (lorsque le dosage est correctement ajusté) de capter les eaux atmosphériques et d'éviter ainsi le ruissellement et l'érosion qui en est la conséquence.



Aspect superficiel d'un sol traité par hydromulching à 1000 kg/ha (à gauche)
Zoom sur une couverture par hydromulching à 3500 kg/ha (à droite)

3.3 L'HYDROSPRIGGING / HYDROBOUTURAGE

Définition : L'hydrosprigging ou hydrobouturage en français est une variante à l'hydromulching. Sa particularité est l'établissement de la strate herbacée à partir de boutures, rhizomes ou stolons et non pas de semences. Cette technique répond à des contraintes spécifiques strictes.

3.3.1 Intérêts de l'hydrosprigging

1- Permet d'implanter, par bouturage, certaines variétés de gazon très performantes qui ne sont pas disponibles en semences.

Exemple : *Bermuda grass / Tifway 419* (variété de chiendent très utilisée sur les golfs) non disponible en semences ou *Sedums* dont les semences sont « relativement » stériles mais aisément bouturables.

2- Permet d'obtenir un couvert végétal uniforme et régulier 2 à 3 fois plus rapidement que par un bouturage mécanique/manuel ou par le semis d'une espèce disponible sous forme de semences.

3- Evite le phénomène de sillons ou autres traces laissés par les engazonneuses mécaniques.

4- Implantation rapide, économique et ne nécessitant pas une main d'œuvre importante.

3.3.2 Limites et contraintes spécifiques à l'hydrosprigging / hydrobouturage

> Matières végétales

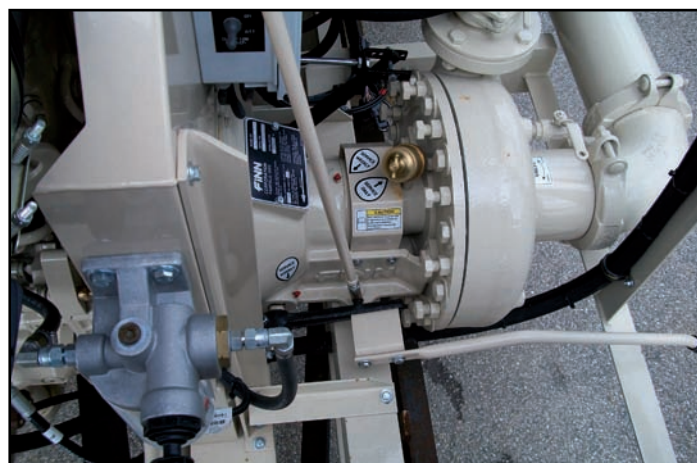
Les boutures employées doivent être récoltées, nettoyées (afin d'éliminer les éléments abrasifs), coupées (longueur maximum de 5 mm) et mises en œuvre dans un délai maximum de 48 heures. Au-delà, il existe un risque de perte important qui varie également d'une espèce à une autre.



Incorporation de boutures de Bermuda Grass dans une cuve d'hydroseeder (à gauche)
Boutures mélangées au mulch type EURO-MAT BFM et à un activateur de germination (à droite)

> Type d'hydroseeder (pompe/malaxeur/tuyau)

L'utilisation d'un hydroseeder disposant d'un malaxage mécanique à pales est indispensable (cf § 5.2.2) pour employer cette technique qui nécessite l'emploi d'une quantité importante de mulch. Par ailleurs, pour ne pas « écraser » les boutures, l'hydroseeder employé doit être équipé d'une pompe à rotor excentré ou d'une pompe VORTEX sur laquelle sera montée une option spécifique (disponible chez certains fabricants).



Pompe VORTEX montée sur un hydroseeder TITAN 330



Pompe à rotor excentré montée sur un hydroseeder FINN T120 PC

Enfin, une application au tuyau (perpendiculairement par rapport à la surface du sol) est indispensable afin d'être précis et de garantir un contact étroit entre la bouture et le sol.



Application au tuyau pour optimiser la précision et la mise en contact étroite de la bouture avec le substrat

> Préparation de sol / Irrigation

Alors que la préparation de sol consistant à un profond décompactage est largement recommandée (voir paragraphe préparation sol 5.1) l'irrigation est indispensable.

Les boutures doivent être dans un environnement humide en permanence pendant au minimum 10 jours après l'intervention. Ainsi, il convient d'avoir un système d'irrigation temporaire avec programmateur ou permanent en place dès le semis mais également de sélectionner précisément le mulch employé.

Une irrigation avec une cuve, un hydroseeder ou au tuyau n'est pas réaliste compte tenu des quantités d'eau à mettre en œuvre et de la fréquence.

> Spécificité des Intrants

- Boutures

La quantité de matière végétale à employer est très variable d'une variété à une autre. Elle est généralement comprise entre 150 gr/m² et 400 gr/m² ce qui représente un volume hectare pouvant atteindre plusieurs dizaines de m³ de boutures.

Exemple de dosage : Semis de boutures de *Sedum* acre 200 gr/m²
Semis de rhizomes de *Zoysia tenuifolia* 175 gr/m²

- Engrais/stimulateur biologique (cf§ 5.3.4)

- **Mulch/gélifiant** (cf§ 5.3.2 et 5.3.3)

Du fait de la nécessité de maintenir les boutures dans un environnement humide en permanence, le choix du mulch employé se fera en rapport avec la capacité de rétention en eau.

3.3.3 Typologie des sites d'application

L'hydrosprigging/hydrobouturage est généralement employé sur les 3 types de projets listés ci-dessous. A noter que, hormis son utilisation pour la réalisation de toitures végétalisées, l'hydrosprigging est employé à 90 % en zone méditerranéenne ou tropicale du fait de la spécificité de la végétation utilisée.

- **Réalisation de surfaces végétalisées fleuries et vivaces en zone résidentielle ou commerciale**



Semis par hydrosprigging d'espèces fleuries et vivaces avec mélange VERTOIT / Résultat 9 mois après

- **Réalisation de terrains sportifs** (golfs, plaines de jeux...)



Semis d'un golf de 1^{er} rang (avant puis 3 semaines après)

- **Réalisation de toitures végétalisées :**

Le concept HQE (Haute Qualité Environnementale) se généralise dans le cadre de la construction de nouveaux bâtiments. Ce concept se décline au travers de 14 cibles regroupées en 4 thèmes : l'éco-construction, l'éco-gestion, le confort et la santé.

L'ensemencement de toitures est une technique adaptée et applicable pour trois de ces thèmes.

- > **Eco-construction** : la toiture végétale participe à l'intégration des bâtiments dans l'environnement immédiat.
- > **Eco-gestion** : la toiture végétale permet une optimisation de la gestion des eaux de toiture.
- > **Confort** : la toiture végétale améliore le confort visuel et thermique de l'habitat.

L'intérêt de l'hydrosprigging, dans ce cas est triple :

- > **financier** : du fait d'une excellente productivité ;
- > **sécuritaire** : du fait de la mécanisation du semis qui a pour effet de limiter à 1 ou 2 personnes le nombre d'intervenants sur site à risque ;
- > **technique** : du fait du non piétinement répété de l'étanchéité lors de la mise en œuvre.

L'intérêt de l'hydrosprigging réside notamment dans la possibilité de semer des toitures présentant une certaine déclivité, d'appliquer simultanément des boutures de sedum, des rhizomes (avec éventuellement des semences), des fertilisants, des fixateurs et des conditionneurs de sol. Un procédé tel que le Vertoit est appliqué selon ce principe.



Semis par hydrosprigging du procédé VERTOIT et levée des boutures 2 semaines après

3.4 L'HYDROCOVERING : Confinement temporaire

Définition : L'hydrocovering est une technique employant un hydroseeder afin de mettre en œuvre une membrane fibrillaire ou une solution aqueuse fortement chargée dans le but de réaliser un confinement temporaire sans végétation et d'éviter les envols, les poussières, les émanations de gaz, la percolation des eaux ainsi que l'érosion.

Mise en garde : Les fournitures employées dans le cadre de l'hydrocovering sont spécifiques à leur destination. En aucun cas les intrants destinés à l'hydroseeding /hydromulching ne sont utilisables dans le cadre d'opérations de confinement telles que décrites ci- après.

L'hydrocovering est notamment employé pour diverses applications.

3.4.1 Alternative à la couverture journalière de Centre de Stockages de Déchets (C.S.D.) par remblais terreux ou bâchage

La législation environnementale des Centres de Stockage de Déchets impose généralement aux exploitants de ces sites une couverture périodique (journalière ou hebdomadaire) des déchets enfouis afin de limiter les envols, de diminuer l'impact paysager, les odeurs, et de contrôler la faune aviaire.

Cette couverture est :

- > soit réalisée par bâchage, opération difficile et très consommatrice de temps et main d'œuvre (surtout en terrains escarpés et zone ventée),
- > soit réalisée par apport de matériaux terreux, méthode généralement très consommatrice de vide de fouille. Ainsi, il est généralement retenu que 20 à 30 % du vide de fouille d'une alvéole est consommé par la couverture journalière réalisée par apport de matériaux terreux.



Exemples de couverture de Centres de Stockage de Déchets par bache ou matériaux terreux

Le procédé EUROCOVER « LF » (Conforme à la norme US ASTM D 6523 qui définit les standards d'évaluation et de sélection des couvertures alternatives des Centres de Stockage de Déchets) mis en œuvre par hydrocovering est une technique récente qui remplit les mêmes objectifs que la couverture terreuse mais elle procure en complément les avantages suivants :

- > **techniques** : facilité et rapidité de mise en œuvre
- > **économiques** : gains très importants de vide de fouille. Valorisé, le gain de fouille permet une économie supérieure à 70 % sans compter le gain marginal lié à l'accroissement de la durée d'exploitation mais aussi à l'économie de l'approvisionnement, de la gestion et de la mise en œuvre du système substitué.



Avant application du procédé de couverture EUROCOVER LF (à gauche)

Application de l'EUROCOVER LF (au centre)

Après application du procédé de couverture EUROCOVER LF (à droite)

3.4.2 Alternative au confinement temporaire des terres polluées par bâches

Les chantiers de traitement de sites et sols pollués exigent une mise en sécurité environnementale et sanitaire ; des confinements temporaires à l'aide de bâches sont régulièrement utilisés. Ils permettent d'empêcher les envols de poussières, les dégagements gazeux de composés volatils (notamment en milieux contraints tels que les abords d'habitats collectifs) et également le lessivage et l'infiltration des éléments polluants en cas de pluies. Toutefois la mise en place et l'entretien de ces bâches (notamment après intempéries) présentent des contraintes de main d'œuvre importantes et un traitement de ces bâches après usage en filières appropriées.



État des bâches de couvertures après intempéries et rafales de vent

Le procédé EUROCOVER « SP » mis en œuvre par hydrocovering présente une alternative fiable au bâchage, avec les mêmes résultats.

En revanche, sa facilité de mise en œuvre (quel que soit le micro-relief du site) et son entretien sont beaucoup plus simples et économiquement intéressants. De plus, sa dégradabilité lui permet d'être évacué ou traité avec les terres qu'il recouvre. Enfin, l'impact visuel et la gestion des eaux de surface du chantier en sont améliorés.

L'application d'EUROCOVER SP est réalisée en deux étapes :

> *Etape 1 : Application de la couche d'imperméabilisation*



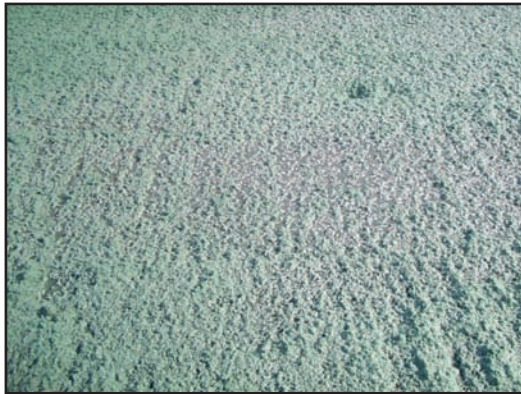
Application de la première couche d'EUCOVER SP

> Etape 2 : Application de la matrice de protection mécanique de l'étanchéité qui permet de limiter les effets liés aux UV mais également d'absorber les eaux de pluie et l'effet « splash » des gouttes.



Application de la deuxième couche d'EUROCOVER SP

> Résultat : Après séchage, les deux couches sont liées entre elles et forment un ensemble stable et indissociable.



Zoom sur procédé EUROCOVER SP appliqué au sol

3.4.3 Alternative à l'humidification des pistes ou bâchage des stocks pour lutter contre les poussières

Le procédé consiste à mettre en œuvre une émulsion polymérique ou à base de latex qui va avoir un effet « anti poussières » en liant les particules entre elles. La capacité des hydroseeders permet des applications étendues, économiques, sur des grandes hauteurs et des linéaires importants.



Dispositif pour abattage poussière monté sur hydroseeder



Application du procédé EUROCOVER DC sur pistes et sur stockage de matériaux

3.5 Autres utilisations : Intégration de zones rocheuses

Les travaux de terrassement dans des zones rocheuses ou l'exploitation de carrières dans un environnement très minéral altèrent durablement l'environnement.

L'impact n'est alors pas lié à des phénomènes d'érosion mais à un problème d'intégration visuelle de la zone d'exploitation. Les procédés de « vieillissement » artificiel permettent de donner une « patine » naturelle à la zone minérale en question. Ils diminuent notablement la perception visuelle éloignée de parois rocheuses qui laissent de profondes cicatrices dans le paysage.

L'emploi d'un hydroseeder pour appliquer ces patines artificielles permet d'intervenir dans des configurations de chantier complexe et rend possible le semis d'espèces saxicoles.



Traitement d'un talus bétonné avec le procédé de vieillissement NATUROC



Zone rocheuse traitée par le procédé de vieillissement NATUROC avec semis d'espèces saxicoles



Zone rocheuse partiellement traitée avec le procédé de vieillissement NATUROC

LES CONTRAINTES A PRENDRE EN COMPTE

4.1 L'hydroseeding est une affaire de spécialistes

Comme présenté dans le chapitre précédent, les domaines d'intervention de l'hydroseeding sont nombreux et divers. Les progrès dus aux performances des espèces végétales, des engrais, mulch, fixateurs et adjuvants divers ont permis de traiter des sites de plus en plus difficiles.

Toutefois, ce domaine reste une affaire de spécialistes ou chaque intervenant a un rôle bien défini :

INTERVENANT	DEFINITION	ROLE
Maître d'ouvrage	Propriétaire de l'ouvrage demandeur des travaux et payeur	Définit ses objectifs et ses contraintes Choisit l'entreprise de travaux
Maître d'oeuvre	Concepteur de l'ouvrage et gestionnaire du chantier	Intègre les demandes du maître d'ouvrage et conseille Assure la conception des travaux Rédige le cahier des charges et aide à la consultation et au choix de l'entreprise Suit les travaux jusqu'à leur réception finale
Entreprise	Responsable des travaux	En charge de l'application des produits demandés avec un objectif de résultat et la mise en oeuvre d'une garantie

A RETENIR :

Pour chaque domaine (hydroseeding, hydromulching, hydrosprigging, hydrocovering), il est indispensable de faire appel à un Maître d'œuvre qualifié qui en ait une bonne connaissance et fasse preuve d'une certaine expérience en la matière. Sur des projets d'envergure, l'équipe Maîtrise d'œuvre possède souvent de nombreuses compétences mais doit s'adjoindre des services d'un spécialiste afin de ne pas manquer l'étape ultime du projet (ce qui est encore trop souvent le cas).

L'entreprise de travaux doit faire appel à des fournisseurs spécialisés qui connaissent les contraintes de chantier, d'approvisionnement et qui ont une capacité de conseil et de réactivité importante.

4.2 Les contraintes physiques

4.2.1 Contraintes de surface

Les surfaces à ensemercer doivent être raisonnées par unité de semis qui seront des entités propres avec pour chacune :

> les objectifs de semis et de couverture

> une fiche technique d'intervention pour chaque typologie de terrain (produits à utiliser et dosages)

Ainsi chaque unité sera métrée précisément pour définir le type de matériel à utiliser et les approvisionnements nécessaires.

La logistique de transport des produits en sera la conséquence directe afin de respecter les échéances prévues (disponibilité des produits, planning d'approvisionnement, délai et temps d'intervention.....).

Le tableau ci-après permet d'introduire une approche des volumes de produits à amener sur site, des durées d'intervention et des surfaces traitées.

La comparaison des deux types de matériel met en exergue le choix de l'hydroseeder en fonction de la surface à traiter, le traitement mais surtout l'accessibilité au point d'eau afin d'obtenir la productivité recherchée. Le chapitre 5.2 abordera plus précisément les caractéristiques et types d'hydroseeders appropriés présents actuellement sur le marché.

Type matériel - Euro-Seeder T120 / 4 460 LitresSurface considérée : 15 000 m² (1,5 hectare)

Temps rotation = A/R au point d'eau / branchement (30 minutes) + chargement cuve en produits & eau (15 minutes) + malaxage (5 minutes) + application au canon (10 minutes) soit total 60 minutes

Type traitement	Dosage moyen pour surface considérée 15 000 m ²				Cubage fournitures	eau pour préparation mélange	nbre remplissage	Tps d'application (nbre cuve X tps rotation)	Surface traitée par cuve
	Mélange semences ou Boutures	Conditionneurs sols	Fixateur	mulch ou membrane					
Hydroseeding	200 kg	1 140 kg	45 kg	39 bottes 900 kg	5,9 m3	14 820 litres	3,9 cuves	4 heures (1/2 journée)	3 750 m ²
Hydromulching avec application membrane anti érosion	375 kg	1 140 kg	Contenu ds membrane	225 bottes 5 100 kg	21,8 m3	85 500 litres	22,5 cuves	22,5 heures (3 jours 1/4)	670 m ²
Hydrostrigging avec boutures sedums	3 000 kg	600 kg	Contenu ds membrane	397 bottes 9 000 kg	47,5 m3	150 860 litres	39,7 cuves	40 heures (5 jours 3/4)	380 m ²
Hydrocovering avec membrane ADC	0	0	Contenu ds membrane	210 bottes 4 800 kg	17,4 m3	79 800 litres	21 cuves	21 heures (3 jours)	710 m ²

Type matériel - Euro-Seeder T330 / 12 681 LitresSurface considérée : 15 000 m² (1,5 hectare)

Temps rotation = A/R au point d'eau / branchement (30 minutes) + chargement cuve en produits & eau (15 minutes) + malaxage (5 minutes) + application au canon (10 minutes) soit total 60 minutes

Type traitement	Dosage moyen pour surface considérée 15 000 m ²				Cubage fournitures	eau pour préparation mélange	nbre remplissage	Tps d'application (nbre cuve X tps rotation)	Surface traitée par cuve
	Mélange semences ou Boutures	Conditionneurs sols	Fixateur	mulch ou membrane					
Hydroseeding	200 kg	1 140 kg	45 kg	39 bottes 900 kg	5,9 m3	14 820 litres	1,3 cuve	1,3 heures	11 500 m ²
Hydromulching avec application membrane anti érosion	375 kg	1 140 kg	Contenu ds membrane	225 bottes 5 100 kg	21,8 m3	85 500 litres	7,5 cuves	7,5 heures (1 jour)	2 000 m ²
Hydrostrigging avec boutures sedums	3 000 kg	600 kg	Contenu ds membrane	397 bottes 9 000 kg	47,5 m3	150 860 litres	13,3 cuves	13,3 heures (2 jours)	1 130 m ²
Hydrocovering avec membrane ADC	0	0	Contenu ds membrane	210 bottes 4 800 kg	17,4 m3	79 800 litres	7 cuves	7 heures (1 jours)	2 150 m ²

Comparaison des caractéristiques de deux hydroseeders

4.2.2 Contraintes de sol et de stabilité

Selon le même principe que précédemment les unités de semis devront a minima être décrites en termes de :

> Granulométrie

Afin de déterminer la composition granulométrique du secteur à ensemercer, le test tactile (cf § 2.2.2) et le critère visuel sont les opérations de base à réaliser.

Pour le taux de couverture de pierres et roches, d'autres méthodes telle que le comptage photographique peuvent être employées, nécessitant peu de moyens et un temps réduit pour obtenir des résultats probants.

Si il devient nécessaire de quantifier précisément le pourcentage de roches, pierres et graviers, une granulométrie en laboratoire devient indispensable mais elle engendre des coûts supplémentaires et des délais de résultats.

> Présence de matière organique

La quantification de la matière organique est difficile à réaliser visuellement et ne peut être effective que par une analyse de sol en laboratoire. Toutefois, cette analyse n'est que rarement mise en œuvre. En effet dans le cas de sols considérés comme inorganiques (sols sans terre végétale battants, très sableux et/ou rocailleux...), une fertilisation renforcée avec un programme d'entretien complémentaire sera préconisée de manière empirique (qui s'appuie sur l'expérience et l'observation).

Dans le cas opposé où l'ensemencement devra être effectué sur de la terre végétale, la fertilisation devra à l'inverse être raisonnée a minima afin de ne pas favoriser les semences de plantes adventices concurrentes présentes dans le substrat. Le mélange de semences devra comporter un certain nombre d'espèces à installation rapide.



Exemple de sol très pauvre en matière organique et avec une granulométrie grossière

> pH

La neutralité d'un sol est un facteur important pour l'implantation d'une végétation pérenne. En cas d'observation de terrains mettant en évidence :

- > une végétation rare et malingre,
- > une végétation de type : fougères, bruyères, genêts, conifères, bouleaux (caractéristique de sols acides),
- > une structure de sol instable,

Une analyse du pH sera nécessaire (utilisation du papier pH sur le terrain ou analyse pH plus précise en laboratoire).

> Pente

Comme présenté dans le paragraphe 2-5-2, les précipitations ruissellent dès qu'une légère pente est créée. L'érosion sera donc prise en compte lors de l'évaluation du pendage des terrains mais d'autres facteurs seront importants :

- > Du fait du ruissellement, les pluies deviennent moins efficaces pour l'arrosage de la végétation et ce facteur devient limitant en période estivale ou en saison sèche.
- > L'augmentation de la déclivité d'un talus limite l'homogénéité de la répartition des graines semées.

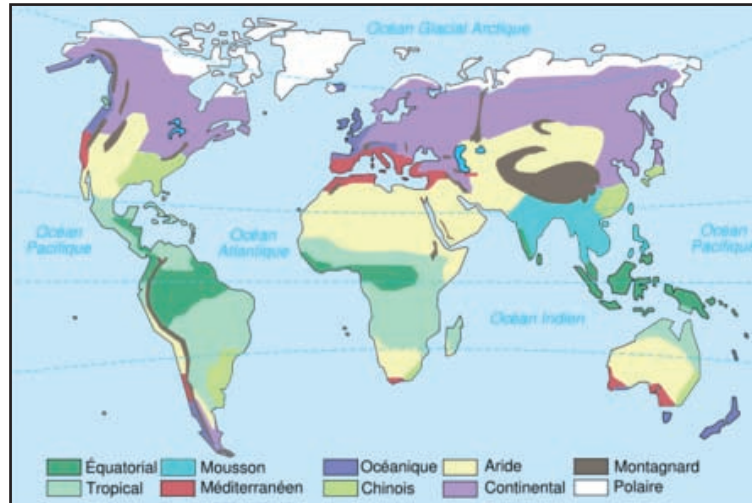
> Exposition

L'inclinaison des talus augmente l'impact de l'ensoleillement et des différences notables apparaissent entre des talus exposés Sud (rayonnement solaire important, sensibilité à la sécheresse importante) et des talus exposés Nord (rayonnement faible, sensibilité au froid, à l'humidité).

4.3 Les contraintes climatiques

Les contraintes climatiques de chaque région imposent des calendriers d'intervention rigoureux, facteurs importants du démarrage de la végétation.

Ci-après une carte schématique des climats des différents hémisphères est présentée.



Carte des climats sur les différents hémisphères

Si cette carte reflète la diversité observée sur le globe terrestre, chaque climat peut être sommairement caractérisé de la manière suivante :

Le climat équatorial

Ce climat est caractéristique des basses latitudes aux abords de l'Équateur. Il se définit par des températures élevées et des précipitations importantes pendant la plus grande partie de l'année. La contrainte majeure à considérer est le lessivage des sols.

Le rayonnement solaire varie peu ou pas pendant l'année. Ces éléments permettent un développement rapide et important de la végétation associé à une biodiversité conséquente.

Le climat tropical

Ce climat, globalement limité par les Tropiques du Cancer (au Nord) et du Capricorne (au Sud), se caractérise par une saison sèche et une saison des pluies avec des températures relativement élevées toute l'année.

Comme le climat équatorial, la contrainte majeure est le risque de lessivage des sols mais également le risque de régression du couvert végétal lors de la période « sèche » en cas de semis « tardif ». Il est important de noter que certaines régions présentent parfois deux saisons humides : une « Grande » et une « Petite ».

Ces conditions climatiques favorisent généralement la croissance des végétaux.

Le climat aride

Ce climat est marqué par une pluviométrie annuelle plus faible que l'évaporation et des amplitudes de température importantes sur la journée. Situé aux abords des zones tropicales et tempérées, il donne naissance à des déserts.

Ces conditions climatiques ne favorisent pas la croissance des végétaux et seule une végétation spécifique locale s'y développe. Sous ce climat, la contrainte majeure est le déficit hydrique chronique.

Le climat méditerranéen

Ce climat spécifique des zones tempérées sud (dans l'hémisphère Nord) et tempérées nord (dans l'hémisphère Sud) se caractérise par quatre saisons distinctes. Toutefois, il est marqué par des étés chauds et secs et des hivers doux et pluvieux. Des épisodes de pluies très intenses peuvent avoir lieu et créer des contraintes importantes de stabilité.

A noter toutefois que le critère température négative peut être pris en compte en zone de montagne.

Le climat méditerranéen donne lieu à une végétation spécifique plutôt rase (pelouse sèche, buissons....) qui est lente à s'installer. Sous climat méditerranéen, les contraintes à prendre en compte sont : des régimes de pluies aléatoires, des sols déstructurés et une végétation dont le cycle végétatif est ralenti.

Le climat tempéré

Le climat tempéré se caractérise par des précipitations assez bien réparties tout au long de l'année et par quatre

saisons bien distinctes. Le critère température négative est à prendre en compte en zone de montagne. Il existe des variabilités dans ce climat suivant la position par rapport à l'océan qui permettent de distinguer les zones continentales des zones océaniques.

En zone continentale, l'amplitude thermique hiver-été est élevée avec parfois des précipitations violentes en période estivale.

En zone océanique, l'amplitude thermique hiver-été est plus faible avec des précipitations bien réparties sur l'année.

Ce climat permet une croissance modérée et régulière de la végétation.

La contrainte à prendre en compte est la multitude de micro et mésoclimats parfois « extrêmes » sous ce climat faussement réputé « favorable ».

Le climat polaire

Ce climat spécifique des hautes latitudes (à proximité des deux pôles) est caractérisé par des températures froides toute l'année, sans chaleur estivale et avec des hivers glaciaux.

Il permet rarement le développement de végétaux.

A RETENIR :

Dans le cadre d'une opération d'hydroseeding ou d'hydromulching, il convient de ne pas s'arrêter à la seule notion de climat mais explorer le microclimat et mésoclimat du site étudié. Ceci est aisément réalisable par le questionnement des stations météo locales ou en interrogrant des acteurs locaux dont l'activité est en relation directe avec les saisons (agriculteur, pépiniériste...)

La prise en compte de ce paramètre permet de :

- > Déterminer la période la plus favorable pour réaliser les travaux de semis
- > Déterminer la technique de semis (cf paragraphe 4.6)
- > Déterminer les fournitures les plus adaptées (cf paragraphe 5.3)

On retiendra en principe, que la période dite « favorable » est l'intervalle de temps optimisant une fréquence de pluies régulières combinées à des températures « moyennes » pour la zone considérée. A noter que cette combinaison pluie / température doit s'étendre sur une période suffisante pour permettre à la végétation d'atteindre le stade de développement nécessaire pour résister au stress hydrique lié une sécheresse.

4.4 Les contraintes spécifiques au site

> Les approvisionnements en eau :

L'eau est le facteur limitant de l'hydroseeding. Il est primordial d'analyser les points d'approvisionnement dès l'initialisation du projet afin de définir :

- > les distances aux points d'eau,
- > le matériel adapté : type de pompes, capacité de l'hydroseeder (cf : tableau de comparaison de deux hydroseeders, cf § 4.2.1),
- > les temps d'approvisionnements,
- > les procédures éventuelles d'autorisation de prélèvement.

> Les accès

Majoritairement, les accès à pied d'œuvre sur chantiers sont adaptés à l'hydroseeding dans la mesure où des engins de chantiers ont déjà opéré. Toutefois, il est indispensable d'évaluer les accès afin de disposer de la bonne capacité d'hydroseeder et du porteur adapté dans le but d'être en phase avec la productivité escomptée.

> Les prédateurs

Certaines espèces (mammifères type ovin, porc, bovin, fourmis, chenilles) peuvent créer des désordres importants sur des chantiers d'ensemencement et il est important d'analyser en amont les risques éventuels car les dégâts peuvent conduire à réensemencer en totalité un secteur.

> Les spécificités du chantier

Tout chantier d'aménagement est soumis à des règles et obligations en termes de sécurité, d'hygiène et d'environnement.

Les conditions générales de sécurité d'un chantier sont encadrées par les textes du Code du Travail.

Selon l'article R238-21 du Code du Travail, les documents suivants sont nécessaires au démarrage d'un chantier.

TYPE DE DOCUMENT	RÉDACTEUR	CONTENU
PGC (Plan Général de Coordination)	Coordinateur Sécurité	Mesures propres à prévenir les risques découlant des l'interférence des activités des différents intervenants sur le chantier (exemple : terrassement et végétalisation)
PPSPS (Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé)	Entreprise	Mesures prévues par l'entreprise pour prévenir les risques décrits dans le PGC et notamment description des équipements de sécurité utilisés sur le site

Rappel des documents sécurité d'un chantier

Il est également important de prendre connaissance dans la préparation du projet de règles et contraintes particulières afférentes à un chantier.

En voici quelques exemples :

- > zones d'accès sécurisées nécessitant des informations sur le personnel intervenant sur site (identité, fonction, contrat de travail...) : enceinte militaire, centrale de production d'électricité d'origine nucléaire...
- > sites industriels soumis à un plan de circulation (carrières, mines, Centre de Stockages de Déchets...),
- > sites soumis à des contraintes horaires : site SNCF, portion routière fermée temporairement à la circulation, site industriel sous surveillance en dehors des heures de production...
- > installations classées pour l'environnement (I.C.P.E),
- > sites classés en zone protégée.

4.5 Le type de végétation

Le contrôle des adventices est l'une des conditions primordiales de la réussite de la végétalisation. En effet leur mise en concurrence avec les espèces prévues d'être semées peut impacter fortement la couverture végétale qu'il est envisagé de mettre en place. Il sera donc toujours préférable de semer sur un sol nu et stérile.

Ensuite l'hydroseeding étant dépendant des objectifs du Maître d'ouvrage, quelques questions devront être posées en amont du projet :

- > Le site est-il en zone à risque (instable, inondable) ?
- > Quel type de végétation mettre en place (cf tableau présenté au § 5.4.1) ?
- > Une étude floristique nécessitant l'intervention d'un ingénieur écologue est-elle à envisager ?
- > L'utilisation d'espèces natives nécessitant des récoltes de graines locales, la mise en production d'espèces particulières, est-elle à envisager ?
- > Le semis de boutures et de rhizomes est-il intéressant ?
- > L'intégration de graines arbustives est-elle prévue ?
- > Des travaux complémentaires post-semis sont-ils programmés (plantation, travaux de finitions, réparation d'ouvrages...)?
- > Quel entretien prévoir ?

Dans tous les cas, le savoir-faire lié à l'équilibre d'un mélange est indispensable (cf § 5.4). De même, la vérification de la disponibilité des semences et de la valeur des approvisionnements éviteront les retards de livraison, les corrections de mélanges imprévues et les déprogrammations intempestives d'intervention.

4.6 Synthèse

D'une manière générale, l'utilisation de l'hydroseeding et de ses applications annexes peut se résumer dans le tableau ci-après.

Légende :

- HS "Hydroseeding"
- HM "Hydromulching"
- HB "Hydrosprigging" / "Hydrobouturage"
- HC "Hydrocovering"

Typologie du traitement	Pente		Développé pente		Matériel végétal		Zone climatique			Période semis	
	< 30 °	> 30 °	< 5 ml	> 5 ml	Semences	Boutures	Tempérée	Méditerranéenne	Tropicale	Favorable	Non favorable
Typo 1 : Semis d'un mélange de semences	HS	HM	HS	HM	HS	HB	HS	HM	HM	HS	HM
Typo 2 : Idem typo 1 mais avec pose préalable d'un geotextile anti-érosif	HS	HS	HS	HS	HS	HB	HS	HS	HM	HS	HM
Typo 3 : Semis d'un mélange de boutures	HB (Système irrigation recommandé)										
Typo 4 : Protection anti-érosive temporaire ou transitoire (le temps que la végétation herbacée s'établisse)	HM										
Typo 5 : Traitement poussières, odeurs, émanations, couverture décharges, encapsulage etc.	HC										

Synthèse des typologies de traitement

5.

MATERIELS & INTRANTS

5.1 La préparation des sols

L'état de surface du substrat au moment du semis est un facteur déterminant qui conditionne directement la vitesse d'implantation, la qualité (densité) et la pérennité de la strate herbacée semée.

Ainsi, il convient de s'assurer, juste avant le semis, que l'état superficiel de la zone à engazonner est conforme aux critères ci-dessous listés et que la gestion des eaux en provenance périphérique du site a été gérée.

Tout d'abord, un hydroseeder est capable de semer quelque soit le niveau de préparation (ou de non préparation) et de portance d'un sol. Cette notion n'est donc pas une contrainte au semis par hydroseeding d'un point de vue purement « mécanique » et opérationnel.

En revanche, le niveau de préparation d'un sol est lié à la qualité du couvert végétal que l'on souhaite obtenir (lié à la destination du projet) mais également au niveau et au type d'entretien (par exemple tontes) ou usage auxquels seront soumises les surfaces lors de l'exploitation de l'ouvrage.

5.1.1 Exemples de niveau de préparation de sol : réglage final en adéquation avec la destination du site

Exemple 1 : Zones non circulables et à entretien réduit

Sur les deux photos ci-dessous la « finesse » du réglage final est suffisante compte tenu d'une non circulation sur zone et d'un entretien réduit à un simple gyrobroyage, 2 à 3 fois par an. Dans ce cas, le réglage final consiste à s'assurer de la "stabilité" de la couche de terre végétale rapportée, de la bonne gestion des eaux de ruissellement périphérique et du non compactage et lissage de substrat.



Talus de déblai



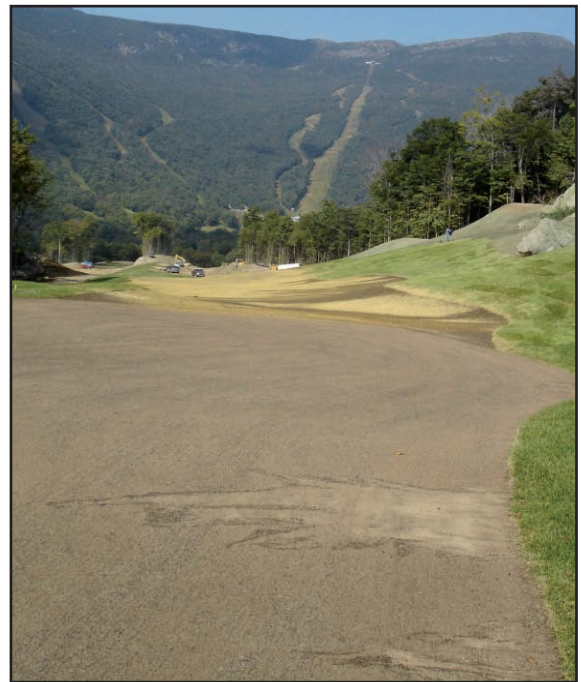
Talus de remblai nappé de terre végétale

Exemple 2 : Zones circulables et à entretien intensif

Sur les photos ci-après, une attention particulière est portée au réglage et à la texture du sol compte tenu de la destination de l'ouvrage.

> « Piste de ski » la nécessité d'une surface parfaitement plane pour rendre la zone « skiable » avec une épaisseur de neige réduite a nécessité le passage d'un broyeur de pierres.

> « Fairway de golf », le semis par hydrosprigging (hydrobouturage) d'une pelouse traditionnelle ou d'une surface sportive (terrain football / golf) ne dispense pas des travaux spécifiques de sols afin d'aérer et enfouir les éléments grossiers dans le but d'obtenir un couvert végétal dense pouvant être coupé ras.



Terrassement de piste de ski (à gauche)
Terrassement de fairway de golf (à droite)

Exemple 3 : Zones non circulables et sans aucun entretien

Ces zones sont destinées à être rétablies dans un cadre naturel et les travaux de préparation seront alors limités à un simple réglage final avant semis. Il est nécessaire de coordonner étroitement ces opérations préparatoires avec le semis afin de bénéficier de sols ouverts et non compactés. Aucune action ne sera effectuée sur la structure du sol. Ici encore une attention particulière sera portée à la gestion des eaux périphériques principalement dans les zones pentues avec de grands développés.



Zone de délaissés

5.1.2 Gestion des eaux périphériques

Il est très important de ne pas négliger cet aspect afin de favoriser l'implantation rapide du couvert herbacé mais également pour garantir la stabilité à long terme des talus.

A RETENIR :

Les mulch et fixateurs utilisés en hydromulching et hydroseeding sont dimensionnés pour « résister » uniquement aux venues d'eaux d'origine atmosphérique.

Par ailleurs, c'est la quantité et la qualité du mulch (cf § 5.3.2) qui caractérisent directement la capacité d'absorption :

- > de l'énergie dégagée par la goutte d'eau percutant le sol connue sous l'appellation « effet splash »,
- > d'une quantité significative d'eau afin de limiter le ruissellement.

C'est la concentration, la vitesse et la charge en particules fines qui donnent le caractère érosif à l'eau. Si les adjuvants employés en hydromulching et hydroseeding permettent de « gérer » les eaux de provenance atmosphérique de la surface semée, il convient de s'occuper indépendamment des autres « sources »...

Ces venues d'eau ont plusieurs origines :

- > Provenance des zones ou ouvrages en amont de la zone traitée (ruisseau, talweg, descente d'eaux, plateforme, route...).
- > Provenance des zones traitées du fait de l'importance du développé de la pente.
- > Provenance propre au talus (source)

5.1.2.1 Comment détecter les besoins et dimensionner les moyens à mettre en œuvre

Il convient d'explorer la zone périphérique afin de vérifier comment est gérée l'évacuation des eaux en provenance de celle-ci.

Les dispositifs existants doivent être prolongés ou complétés afin d'éviter que les eaux ne viennent se déverser sans contrôle dans la zone semée.

Il est également intéressant de s'informer auprès de l'entreprise ayant réalisé les travaux de terrassement. En effet, celle-ci a la plupart du temps subi des épisodes pluvieux lors de son intervention qui a pu révéler des zones humides ou des venues d'eau improbables.

Enfin, la méthode « infallible » consiste à venir pendant un épisode pluvieux orageux afin de constater in situ le comportement et l'efficacité des évacuations.

5.1.2.2 Exemples d'aménagements ou dispositifs destinés à gérer les eaux périphériques

> Collecte et acheminement des eaux amont en dehors de la zone semée



Caniveau latéral destiné à collecter et canaliser les eaux. L'empierrement permet de réduire la vitesse d'écoulement et de favoriser l'infiltration.



Caniveau transversal en terre réalisé sur les grands développés de pente afin de collecter et évacuer les eaux de ruissellement et de limiter leur vitesse.

Sur les talus plus pentus, il est également possible de réaliser des risbermes contrepentées avec évacuation latérale par des caniveaux extérieurs.

> Absorption du flux provenant d'une chaussée non équipée de système d'évacuation des eaux



Renforcement du maintien des fines par la mise en œuvre d'un géotextile coco type EURO-TEXTILE 400 gr/ m² sur talus de remblai (à gauche)

Réalisation d'un filtre « végétal » par repiquage de plaques de gazon sur abords routiers (à droite)

> Mise en œuvre de barrières filtres à sédiments type EUROLOGS

Ces dispositifs permettent de diminuer le ruissellement sur les grands développés sans recourir à des travaux de terrassement ou à la pose systématique de géotextile de renforcement.

Cette technique « douce » permet par ailleurs de réduire la vitesse de l'eau et de favoriser la pénétration de l'eau sur site.



Filtres à sédiments sur grands talus type EUROLOGS

5.1.3 Ameublement superficiel

L'objectif à poursuivre est de semer sur un substrat « meuble » et « ouvert » afin de favoriser l'implantation de la strate herbacée.

Il est important d'indiquer que les critères de réception de la zone à semer par le Maître d'œuvre et/ou l'entreprise d'hydroseeding sont généralement différents de ceux de l'entreprise de terrassement.

En effet, culturellement, l'entreprise de terrassement cherchera à obtenir des sols où la pénétration des eaux sera limitée dans un but de conservation des profils. Pour cela elle utilise généralement des engins à lame (bulldozer, niveleuse) qui vont véritablement constituer un effet glacis imperméable sur le sol. Cet effet glacis est particulièrement remarquable sur les terrains argileux ou latéritiques.

Ce glacis est véritablement un « obstacle » à la mise en végétation d'autant plus lorsque celui-ci a été suivi d'une période de sécheresse.

5.1.3.1 Exemples de finition inappropriée à la mise en végétation

L'usage d'engins à lame aboutit à des substrats fermés et moins perméables rendant difficile l'installation rapide d'une strate herbacée. Il est nécessaire dans ce cas d'utiliser des membranes BFM (Bounded Fiber Matrice), FGM (Flexible Growth Medium) ou ET FGM (Extended Term Flexible Growth Medium) ou encore de prévoir la mise en œuvre préalable de géotextiles antiérosifs.



Exemples de nivellement rendant des substrats difficilement végétalisables

5.1.3.2 Exemples de finition appropriée à la mise en végétation

L'usage d'engins à chenilles ou de godets de pelle dentée (type rétro) a pour résultat la création de substrats plus ouverts et perméables.



Finitions avec engins à chenilles ou avec pelles à godet

A RETENIR :

Le chenillage permettant la création d'un « micro fascinage » doit toujours être réalisé perpendiculairement à la pente. Dans le sens opposé il aurait pour conséquence de créer un cheminement favorisant le passage de l'eau.

De même, la création de micro-dépressions (obtenues par les chenilles des engins ou compacteur pieds de mouton) permettent aux semences de s'y « nicher » pour trouver des conditions favorables à leur germination et à leur croissance. Il est nécessaire toutefois d'utiliser ces engins sur des substrats appropriés et selon des conditions climatiques favorables (par exemple éviter un compactage sur substrat argileux gorgé d'eau).



Finition avec compacteurs

5.1.4 Modification de la structure du sol

En fonction de la destination de la zone semée, il est nécessaire de considérer la structure de sol requise.

En agissant sur la structure du sol, l'intervention porte sur :

- > la souplesse du sol : Cette donnée est très importante lorsque la destination est un aménagement sportif (golf, terrain de jeux, hippodrome). Elle est un des éléments déterminants qui qualifiera le niveau d'excellence de l'aménagement,
- > le développement et la santé de la végétation. Un substrat aéré avec un taux de matière organique équilibré permet d'avoir le développement d'une végétation saine,
- > le taux de couverture végétal et la facilité d'entretien ; un taux de pierres et de blocs très faible favorise la densité de la végétation et la facilité de tonte,
- > la réduction des arrosages du fait de la rétention d'eau liée à la matière organique (effet tampon du complexe argilo-humique).

Les actions pouvant être menées sur la structure du sol sont de deux ordres : la réduction des éléments pierreux (concassage) ou l'apport de matière (épandage).

5.1.4.1 Le concassage

Le concassage est souvent la première étape permettant une modification drastique de la structure du sol. Il existe aujourd'hui une large gamme de matériels pour tous les projets quelque soient leur taille et le substrat en place. Cette préparation de sol est largement utilisée sur les pistes de ski, les fairways ou les sites dont l'entretien devra être intensif.



Préparation de sol par concassage

5.1.4.2 L'épandage de matière organique

La résultante d'un concassage est généralement la production d'un substrat drainant avec une faible cohésion. L'épandage de matière organique, sous forme d'amendements divers, apparaît comme la suite logique du concassage afin d'améliorer la rétention de l'eau et en liant les fines particules entre elles.

Les bénéfices retirés de l'apport de matière organique sous la forme de compost sont largement exposés dans l'ouvrage publié par l'A.D.E.M.E. et le C.E.M.A.G.R.E.F. « Utilisation des déchets organiques en végétalisation ». Ce guide des bonnes pratiques traite de l'utilisation de matières organiques pour la restauration de sols dégradés en prenant de nombreux exemples (restauration pistes de ski, aménagements routiers, golfs, aménagement urbains) tant en France qu'à l'étranger.

Aujourd'hui, outre les matériels d'épandage agricole, il existe sur le marché des équipements spécifiques (BARK BLOWER ; EUROBLOWER HD ; EXPRESS BLOWER) permettant d'appliquer ces produits au tuyau avec des

longueurs de plus de 100 ml et une production de 10 à 20 m³/h. Ils offrent ainsi la possibilité d'épandre la matière organique sur de vastes projets.

Ces équipements très répandus en Amérique du nord ont donné naissance au TERRASEEDING qui consiste à épandre simultanément de la matière organique avec des semences et conditionneurs de sol.



Application de substrat organique avec matériel Bark Blower modèle 605



Traitement type Terraseeding avec Bark Blower modèle 1216 équipé d'un système d'injection de semences



Mise en oeuvre d'un substrat toiture avec EURO BLOWER 302 HD

A RETENIR :

Tous ces matériels doivent obligatoirement être conformes à la directive 98/37/CE modifiée et aux dispositions harmonisées NF EN 690.

5.1.5 Correction du pH/Chaulage des sols :

Définition : Le chaulage est une opération qui consiste à incorporer au sol un amendement calcique, c'est-à-dire un produit contenant du calcium sous une forme neutralisante.

Le chaulage aura des effets différents selon les types de sol :

- > **Sols très acides (pH<5.5)** le chaulage aura pour objectif le redressement du pH nécessitant des doses importantes mais uniques de chaux vive (CaO).
- > **Sols acides (5.5<pH<7)**, un chaulage modéré (500 kg à 1000 kg ha) permettra une remontée provisoire de 0.1 à 0.2 unité pH pour permettre une activation de la nitrification. L'effet ne sera efficace que la première année.

Les apports d'amendements différeront selon la granulométrie ; en effet, le pouvoir tampon d'un sol argileux est plus important que celui d'un sol sableux.

En théorie, les quantités nécessaires pour élever d'une unité le pH d'un sol sont estimées dans le tableau suivant :

TYPE DE SOL	QUANTITÉ /HA DE CHAUX VIVE (CaO)	QUANTITÉ/HA DE CALCAIRE BROYÉ (Ca CO3)
Sableux	1 500 à 2 000 kg	3 000 à 4 000 kg
Limoneux	2 000 à 3 000 kg	4 000 à 6 000 kg
Argileux	3 000 à 4 000 kg	6 000 à 8 000 kg

Quantité de chaux à apporter à un sol, en fonction de ses caractéristiques (source D.Soltner)

Toutefois le chaulage est une opération complexe dépendante de nombreux facteurs :

- > analyses de sol spécifiques et nombreuses en raison de l'hétérogénéité fréquente d'un sol en matière de pH,
- > calcul de besoins en chaux différents selon les formules employées par les laboratoires,
- > un relèvement trop rapide du pH peut être nuisible au sol par modification brutale de la microflore.

Si, en agriculture, le chaulage peut être précédé de certains travaux préalables (drainage, travail des sols....), les délais d'un chantier d'aménagement, les possibilités d'intervention (accès, planning...) et les coûts additionnels limitent fortement ces solutions.

Le chaulage sera donc généralement une opération intégrée au chantier d'hydroseeding à l'aide d'amendements calciques pulvérulents compatibles avec la projection hydraulique. De plus l'amendement calcique aura également une action bénéfique sur la structure du sol (rôle des amendements) et apportera de la matière organique.

A RETENIR :

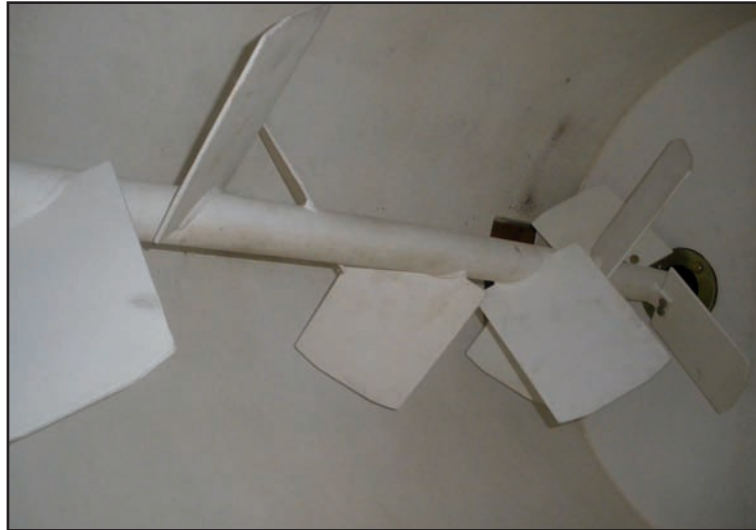
Le chaulage n'apportant qu'une remontée provisoire du pH, un programme d'entretien régulier devra être défini.

5.2 Le Matériel d'ensemencement

Un hydroseeder (ou hydrosemoir en français) est constitué :

- > d'une cuve qui contiendra une bouillie composée : d'eau, de conditionneurs de sol, d'agents fertilisants, gélifiants et fixants, de semences et de mulch ;
- > d'un système de malaxage mécanique à pales ou hydraulique afin de garantir l'homogénéité de la bouillie (à noter que seul le système de malaxage à pales est validé par la norme NF P98798) ;
- > d'une pompe centrifuge ou à cavité progressive permettant la projection de la mixture sans détériorer les semences ;

> **Agitation mécanique ou à pales** : un arbre comportant des pales est positionné transversalement à la cuve. La motorisation de cet arbre à pales est hydraulique ce qui permet, sur les modèles les plus performants, d'inverser le sens de rotation de celui-ci afin d'optimiser la qualité et la vitesse de production du mélange de la bouillie. La motorisation hydraulique permet également de rendre variable la rotation (0 à 130 tr/mn) afin d'ajuster la vitesse en fonction de la phase d'application.



Malaxeur à pales

	Hydroseeder avec malaxage à pales	Hydroseeder avec malaxage hydraulique ou jets
Hydroseeding (sans mulch) avec engrais liquide ou concentré (non organique)	OUI	OUI
Hydroseeding (sans mulch) avec engrais ou amendement organique	OUI	OUI
Hydromulching avec mulch fibres longues type HYDROMULCH	OUI	NON (uniquement une sélection très restrictive de mulch fibres courtes de cellulose)
Hydromulching avec membrane anti-érosion type EURO-MAT "BFM", "FGM" ou "FGM ET"	OUI	NON
Hydrosprigging avec boutures	OUI	NON
Hydrocovering - Application de matériaux celluloseux et fibreux type EURO-COVER	OUI	NON
Possibilité d'inverser le sens de rotation du malaxeur	OUI (sur certains modèles)	NON
Impact sur la capacité de projection de la pompe	NON	OUI
Temps de malaxage par cuve	1 à 5 mn	2 à 20 mn
Conformité à la norme NF P78798	OUI	NON

Comparatif des capacités d'un hydroseeder équipé d'un malaxeur à pales et d'un hydroseeder avec malaxage hydraulique

5.2.3 La pompe

Une pompe d'hydroseeder est spécifique à cette utilisation et ne ressemble aucunement à une « moto pompe ».

Elle doit répondre aux critères suivants :

- Robustesse afin de tolérer une utilisation prolongée avec des bouillies fortement chargées.
- Puissance afin de propulser soit par le canon, soit via les tuyaux, la bouillie à des distances importantes (supérieures à 200 m avec du tuyau et 60 m directement avec canon sur modèle T170).
- Faible agressivité afin de ne pas endommager les semences ou boutures (spriggs) lors de leur passage dans le corps de pompe.

Deux groupes de pompes sont utilisables en hydroseeding : les pompes centrifuges ou vortex et les pompes à rotor excentré. Il est néanmoins important de préciser que ces pompes doivent être conditionnées et réglées spécialement pour une utilisation dans un contexte d'hydroseeding.

	Pompe centrifuge ou Vortex	Pompe à Rotor excentré
Robustesse / entretien	Très robuste / Faible entretien	Moyenne (nécessite une attention particulière)
Capacité de projection canon	Très bonne	Moyenne
Capacité de projection tuyau avec grandes longueurs (+ de 100 ml)	Bonne	Très bonne
Capacité à travailler en dénivelé positif	Moyenne	Très bonne
Capacité à auto approvisionner l'hydroseeder en eau	Non	Oui
Application de boutures ou stolons	Centrifuge : non Vortex : oui avec option	Oui

Comparatif entre la pompe centrifuge et la pompe à rotor excentré (ou à cavité progressive)



Pompe à rotor excentré / Pompe Vortex / Pompe centrifuge

Par ailleurs, le choix de la capacité de la pompe doit être en corrélation avec la capacité de la cuve de l'hydroseeder.

En considérant l'augmentation de la capacité de l'hydroseeder, le principe est établi que la pompe doit proportionnellement permettre de projeter le mélange à une distance éloignée tout en maintenant un temps d'application de l'ensemble de la cuve de l'ordre de 10 minutes.

	Capacité cuve (lt)	Distance application canon	Temps vidange cuve
EUROSEEDER T30	1 230	23 m	6 mn
EUROSEEDER T60	2 270	27 m	10 mn
EUROSEEDER T75	3 100	40 m	6 mn
EUROSEEDER T90	3 560	55 m	6 mn
EUROSEEDER T120	4 460	61 m	6 mn
EUROSEEDER T170	6 625	61 m	6 mn
EUROSEEDER T330	12 681	70 m	9 mn
EUROSEEDER TITAN T400	15 047	97 m	8 mn

Exemple relation capacité cuve / capacité hydroseeder

> Entraînement de la pompe

La pompe doit être débrayable. En effet, une pompe en action continue lors de la préparation du mélange et du déplacement point d'eau-zone à semer, risque de détériorer les semences projetées diminuant singulièrement leur capacité germinative.

Bien que la pompe soit conditionnée de telle manière à minimiser ses contraintes vis-à-vis des semences, un passage répétitif dans le système d'aspiration et dans le corps de pompe entraîne indubitablement une perte de capacité de germination. Pour cette raison, la pompe doit être actionnée uniquement au moment de l'application.

5.2.4 Les systèmes d'applications

Il est possible d'appliquer la bouillie composant le semis soit à partir d'un « canon », soit via des « tuyaux ». Le choix de telle ou telle méthode d'application est déterminé par l'accessibilité de la zone à semer, la précision du semis qui est souhaité ou enfin le type de semis à effectuer.



Application au canon



Application au tuyau

	Application au canon	Application au tuyau
Semis de grandes étendues dans un environnement routier (ex : talus autoroutiers, carrières, pistes de ski, centres de stockage, tracés de pipeline, etc)	Oui	Possible mais perte de production. Il est préférable de réfléchir à l'adaptation du porteur.
Semis de petites surfaces, semis de précision ou dans un environnement nécessitant un niveau élevé d'hygiène - sécurité et finitions (ex : proximité d'un bâtiment, végétalisation toitures, parcs et jardins, etc)	Non	Oui
Semis de boutures (hydrosprigging)	Non	Oui
Application de membrane de confinement temporaire (hydrocovering) :		
- couverture de déchets (cf : § 3.4.2)	Oui	Possible mais perte de production. Il est préférable de réfléchir à l'adaptation du porteur
- couverture de terres polluées (cf : § 3.4.2)	Non	Oui
- antipoussières (cf : § 3.4.3)	Oui (avec rampe et/ou buse spécifique)	Possible mais perte de production. Il est préférable de réfléchir à l'adaptation du porteur
Application de procédé de vieillissement (Natuoc) (cf : § 3.5)	Non	Oui

Comparatif entre les méthodes d'application

> Le « canon »

Le canon est positionné sur la plateforme de la cuve de l'hydroseeder généralement décentré à l'arrière gauche de l'équipement. Certains hydroseeders sont aujourd'hui proposés avec un second canon positionné à l'arrière droit afin de travailler en simultané.

Le poste de travail est sécurisé par des gardes-corps prévenant tout risque de chute conformément à la Directive 98/37/EC (pour information hauteur minimale 110 cm).

A proximité du canon sont disposés :

- > un rangement des buses d'application
- > la commande pour embrayer / débrayer la pompe
- > dispositif arrêt / marche retour cuve
- > un bouton d'arrêt d'urgence
- > un tableau de bord (démarrage, contrôle pression huile / température eau...)
- > un avertisseur sonore



Tableau de bord

Le canon est équipé d'un coude orientable horizontalement et verticalement permettant un balayage aisé des zones à semer. En bout de lance un système rapide permet le changement de buse.

Le canon est généralement employé pour les ouvrages disposés linéairement par rapport à la zone de roulement. En fonction de la capacité de l'hydroseeder et de la bouillie utilisée, il permettra d'atteindre des zones à semer à plus de 50 mètres



Application au canon avec buse "intermédiaire"

Ce mode d'application, adapté aux grandes surfaces, permet d'optimiser la production puisqu'il permettra de semer le chargement complet de l'hydroseeder en 10 minutes quelque soit la capacité de ce dernier (cf tableau § 4.2.1).

> Les tuyaux

L'utilisation de tuyaux est parfois nécessaire dans les cas suivants :

- > zone à semer hors de portée du canon,
- > semis précis,
- > semis de boutures (hydrospigging).

Deux types de tuyaux sont couramment utilisés pour ce type d'application :

Les tuyaux de pompiers « traditionnels » (manches souples) ou des tuyaux semi rigides de diamètre 1 pouce $\frac{1}{4}$ (3.17 cm) et 1 pouce $\frac{1}{2}$ (3.81 cm) généralement connectés à un enrouleur électrique ou hydraulique pouvant contenir jusqu'à 60 ml de tuyau.

A noter que le tuyau 1 pouce $\frac{1}{4}$ permet un travail plus précis par rapport à un tuyau 1 pouce $\frac{1}{2}$ ce qui a pour conséquence de doubler la durée d'application de la cuve.



Enrouleur hydraulique orientable de tuyau semi-rigide (60 ml)

	Tuyaux pompiers	Tuyaus semi rigides
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - Relativement légers (à vide) - Peu coûteux 	<ul style="list-style-type: none"> - Aucun risque de bouchage si utilisés conformément aux instructions constructeur - Possibilité de les enrouler en quelques minutes même pleins et surtout sans les déconnecter - Très faciles à vidanger et à nettoyer - Moins de fatigue pour les applicateurs et plus de productivité - Aucune clef de serrage à utiliser - Compatibles avec tous les types d'applications - Plus résistants en termes de pression et de longévité
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - Non utilisable avec enrouleur - Déconnection et vidange à chaque remplissage de cuve - Risque de bouchage significativement accru lors d'application d'hydromulching - Difficulté à nettoyer - Utilisation d'une clef de serrage pour chaque connexion - Pas compatible avec applications de boutures ou pour des applications "précises" 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût plus élevé
Baisse de productivité moyenne avec application au tuyau 60 ml par rapport à l'application au canon	<ul style="list-style-type: none"> - Baisse de production de l'ordre de 3 à 5 fois 	<ul style="list-style-type: none"> - Baisse de production de l'ordre de 2 à 3 fois

Comparatif tuyaux pompiers (manches souples) et tuyaus semi rigides

L'application du semis au tuyau est une contrainte importante par rapport à l'application habituelle au canon. Cette technique d'application entraîne une baisse de productivité et donc une augmentation du coût d'application. Il convient donc d'apporter une attention particulière dans le choix de l'équipement permettant cette méthode d'application.

5.2.5 Les buses d'application

Les hydroseeders sont livrés avec un jeu de buses pour les applications au canon et un jeu de buses pour les applications au tuyau.

Chaque jeu est composé de 3 buses dénommées « longue distance », « intermédiaire » et « courte distance ». Comme indiqué dans l'exemple ci-dessous, chaque buse correspond à une distance d'application (communiquée dans le livret technique du producteur) qu'il convient de respecter.

> Buse jet « longue distance »

Ce type de buse « sortie ronde » est majoritairement utilisée lors des applications au canon. Ainsi, elle permet de semer, depuis le canon, des zones situées à plus de 25 m jusqu'à parfois plus de 80 m avec certains matériels (97.5 m avec l'Euro-Seeder TITAN 400).

Cette buse doit être utilisée exclusivement pour des zones éloignées et dans un environnement dégagé.

L'utilisation de cette buse fait appel à une « gestuelle particulière » réservée à un personnel qualifié et utilisateur régulier.

> Buse jet « intermédiaire »

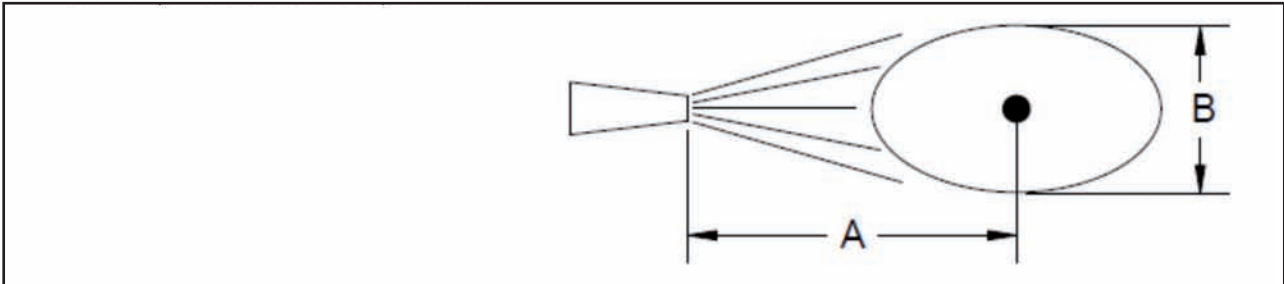
Ce type de buse « sortie légèrement ovalisée » permet d'obtenir un jet en éventail pour l'application du semis dans les zones intermédiaires en fonction des caractéristiques de l'hydroseeder.

A contrario de la buse jet « longue distance », l'utilisation de ce type de buse, indifféremment connectée au canon ou à l'extrémité du tuyau ne nécessite aucune « gestuelle particulière » mais juste un ample balayage de haut en bas et/ou de gauche à droite.

> Buse jet « courte distance »

Ce type de buse « sortie ovalisée », permet d'obtenir un jet en éventail pour une application très précise du semis. Ce type de buse est également utilisé pour l'hydrosprigging et les semis perpendiculaires au substrat lors de l'utilisation de support type géogrille, structure 3D.

Comme la buse « intermédiaire », la buse « courte distance » ne nécessite aucune « gestuelle spécifique », sinon une attention particulière, celle-ci étant généralement utilisée pour des mises en œuvre particulières ou de précision.



Type buse	Distance utilisation (A)	Largeur traitement (B)	Temps application cuve
Canon "longue distance"	28 m - 61 m	-	8 mn
Canon "intermédiaire"	15 m - 28 m	7,0 m	11 mn
Canon "courte distance"	0 m - 15 m	10,5 m	11 mn
Tuyau "longue distance"	23 m - 46 m	-	30 mn
Tuyau "intermédiaire"	14 m - 23 m	4,6 m	30 mn
Tuyau "courte distance"	0 m - 14 m	7,6 m	30 mn

Exemple des performances de buses livrées avec hydroseeder type Euro-Seeder T170 équipé d'un enrouleur de tuyau 1 pouce ¼ de 60 ml



Jeu de buses et vanne d'arrêt tuyau

5.2.6 Autres caractéristiques

L'hydroseeding est une activité saisonnière qui est souvent complémentaire à une activité du paysage ou de terrassement. Il est effectué sur des sites présentant des contraintes d'accès ou de roulage et de mise en œuvre des plus hétéroclites.

Pour cette raison, il est important que l'hydroseeder :

- soit autonome en énergie,
- soit monté sur un faux châssis,
- dispose de points de levage adaptés.

Ainsi, ces 3 caractéristiques permettront un montage aisé, rapide et opportuniste sur le porteur le plus adapté permettant d'avoir la production la plus élevée.



Euroseeder TITAN T400 / 15 000 litres



Euroseeder T90 / 3 500 litres



Euroseeder T120 / 4 460 litres



Euroseeder T60 / 2 270 litres

5.2.7 Quel choix d'hydroseeder ?

Il existe dans le monde plusieurs fabricants d'hydroseeders. L'opérateur historique, FINN détient environ 76 % du marché (statistique FINN / 2007, 31 th December). L'industrialisation de sa production associée à son expérience (producteur depuis 1956) et à un puissant réseau de distribution et de Service Après Vente composé d'experts dans le domaine est la pierre angulaire de ces équipements dont la robustesse n'est plus à démontrer. FINN dispose d'une image et d'une notoriété dans l'hydroseeding équivalentes à celles de CATERPILLAR pour les engins de terrassement.

Les 24 % du marché restant sont répartis entre une multitude de fabricants produisant de manière artisanale des hydroseeders aux performances variables mais avec un service après vente rendu aléatoire du fait de l'absence de documentation technique détaillée et d'une couverture territoriale suffisante.

Question à se poser	Réponse
1- Surface à traiter et surface du projet moyen 2- Périmètre d'intervention 3- Dimensions et PTAC (Poids Total Avec Charge) du porteur privilégié	- Capacité d'hydroseeder la plus adaptée pour productivité optimisée - Type de porteur à privilégier
4- Type d'application réalisée (hydroseeding, hydromulching, hydrosprigging, hydrocovering)	- Choix de la pompe et du système de malaxage
5- Accessibilité et type de projet	- Choix d'un hydroseeder avec un ou deux poste(s) "canon" optimisé(s) et/ou enrouleur tuyau de "X" m - Choix du type de porteur
6- Service après vente / Documentation technique détaillée / Homologation EC	- Choix du fabricant/distributeur

Questions à se poser pour sélectionner l'hydroseeder adapté

5.3 Les intrants

Comme cela a été précédemment exposé, la cuve d'un hydroseeder permet de mixer plusieurs intrants hétéroclites, par leur forme, densité et texture, afin d'obtenir un mélange homogène.

Il est habituel de classer ces intrants en 5 catégories :

- > L'eau
- > Les mulchs et/ou couvertures de semis
- > Les gélifiants et fixateurs de particules
- > Les fertilisants, correcteurs et conditionneurs de sol
- > Les semences ou boutures (qui seront traitées dans un chapitre spécifique)

Toute préparation pour une opération d'hydroseeding, d'hydromulching ou d'hydrosprigging emploie une partie des fournitures entrant dans chaque catégorie ci-dessus listée.

Le mélange, ainsi obtenu, est appelé « bouillie de semis » (slurry en anglais).

Dans le cas de l'hydrocovering, comme précisé au chapitre 3.4, les intrants employés sont spécifiques à leur destination et seule l'eau est utilisée en complément.

A RETENIR :

L'incorporation des intrants dans la cuve est uniquement limitée par la capacité de malaxage (cf chapitre 5.2.2) et de pompage de l'hydroseeder (cf chapitre 5.2.3). Cette capacité est très variable d'un modèle et d'une marque à l'autre et affecte considérablement la productivité.

5.3.1 L'eau

5.3.1.1 Intérêt et facteur limitant

Définition : L'eau est un composant indispensable lors de l'utilisation d'un hydroseeder.

Le rôle de l'eau, dans le cas présent, n'est pas d'arroser ou d'irriguer. Elle apporte une cohésion à la « bouillie de semis » et permet son transport pour réaliser un épandage régulier et homogène.

Pour tous les travaux d'hydroseeding, d'hydromulching, d'hydrosprigging et d'hydrocovering, il est indispensable de prendre en compte certains facteurs limitants tels que :

> La qualité de l'eau

L'eau employée doit être claire, avoir un pH neutre et être dépourvue d'éléments toxiques (métaux lourds, pesticides...). En cas de doute une analyse de la qualité de l'eau avec des mesures de conductivité, température et de pH neutre peut être réalisée sur site dans un premier temps. Ensuite, une analyse complémentaire peut être demandée à un laboratoire indépendant.

> La disponibilité de l'eau

La distance à parcourir pour recharger l'hydroseeder en eau, tout comme les besoins en eau dans le cas d'emploi de mulch sont des facteurs affectant directement la productivité.

- > Selon les sites, il est parfois nécessaire de parcourir de longs trajets en temps ou en distance pour trouver un point d'eau. Il est indispensable d'intégrer cette donnée afin d'estimer la production journalière et le coût d'application et d'étudier les mesures compensatrices possibles telles que :
 - l'utilisation d'un hydroseeder de plus grosse capacité,
 - l'utilisation de citernes d'approvisionnement en eau.
- > Il est également important de vérifier si des règlements spécifiques ou autorisations locales régissent les prélèvements d'eau.
- > Dans le cas de l'hydromulching, la quantité de mulch utilisé a un impact direct sur la quantité d'eau nécessaire par chargement d'hydroseeder.

	Quantité mulch/hectare	Quantité d'eau correspondante/hectare
Hydroseeding	300 / 400 kg	9 750 / 13 200 l
Hydromulching et Hydrospigging	3 400 / 4 000 kg	56 250 / 66 000 l

Estimation du volume d'eau nécessaire à la mise en œuvre de cellulose et d'« Euro Mat » à l'aide d'un hydroseeder type T170 de capacité 6 625 litres.

5.3.1.2 Mise en application de l'utilisation de l'eau dans le cadre de Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE)

Extrait CCTP eau :

L'eau employée doit être claire, avoir un pH neutre et être dépourvue d'éléments chimiquement actifs pouvant avoir un impact négatif sur l'environnement ou la santé humaine (métaux lourds, pesticides...).

Les points d'eau feront l'objet d'une demande proposée à l'agrément du Maître d'œuvre en même temps que les autres intrants. En cas de doute, une analyse de la qualité de l'eau pourra être demandée à un laboratoire indépendant. Cette analyse sera à la charge de l'entrepreneur.

Les éventuelles autorisations de prélèvement devront être obtenues par l'entreprise et accompagneront la demande d'agrément. L'ensemble des coûts liés à l'approvisionnement en eau sera supporté par l'entrepreneur, toutes sujétions comprises.

5.3.2 Les mulch ou couvertures de semis

5.3.2.1 Définition et principes

Définition : Un mulch ou paillis de semis est un complexe fibreux (généralement d'origine végétale) qui est appliqué préalablement, simultanément ou postérieurement à une opération de semis par hydroseeder.

Dans ce cas, on parle d'hydromulching.

Le mulch doit remplir un triple objectif :

- Maintenir fermement les semences en contact avec le substrat.
- Capturer et redistribuer l'humidité afin de permettre la germination.
- Limiter l'érosion hydraulique et éolienne du sol, le temps que la végétation herbacée se mette en place et prenne le relais.

A RETENIR :

Pour optimiser la germination, une semence doit être en contact étroit avec le substrat et être confinée dans un milieu humidifié. Cette humidité disponible est la triple résultante de la régulation hydrométrique, de la limitation de l'évapotranspiration et de la captation des eaux de pluies.

L'objectif sera ainsi de chercher à créer cette situation privilégiée autour de la semence, soit par l'application d'un mulch, soit par l'enfouissement des semences. La règle générale veut que l'épaisseur de la couverture de semis corresponde à 2 ou 3 fois le diamètre de la semence. Au delà ou en deçà, les conditions de couverture pour une germination optimale ne seront pas réunies.

Ainsi, lors d'un semis de surface, réalisé sur un terrain plat (non lissé) sans utilisation de mulch, il est indispensable d'augmenter de 50 à 75 % la quantité de semences afin d'espérer compenser la perte de « germination » (source Roadside revegetation / Report number FHWA-WFL/TD-07-005).

Cette quantité dite « complément marginal » augmentera de manière exponentielle en fonction du niveau de lissage du substrat, du degré de pente de la surface traitée mais également de l'importance des pluies (durée, intensité, fréquence) liée à la zone climatique.

5.3.2.2 Comment sélectionner un mulch ?

L'offre commerciale en terme de couverture de semis est très variée tant en termes de mise en œuvre (produits

appliqués à l'hydroseeder, produits à appliquer à sec, produits à dérouler « type blankets ») qu'en termes de matériaux constitutifs (bois, papier, fibre synthétique, paille) parfois issus d'un programme de recyclage (papiers, déchets végétaux, etc).

Le schéma suivant présente les caractéristiques que doit présenter un mulch pour favoriser un échange gazeux optimal, une bonne perméabilité aux pluies et une évaporation limitée.

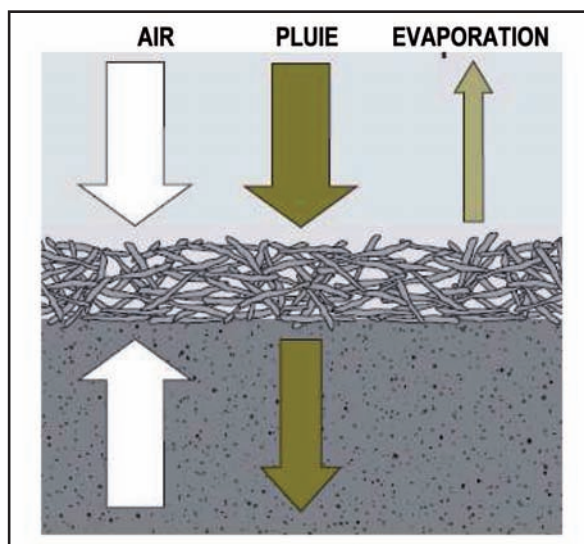


Schéma présentant les caractéristiques essentielles d'un mulch de qualité

L'évaluation technique d'un mulch par rapport à un autre doit se faire selon différents critères objectifs :

1^{ER} CRITÈRE : LA CAPACITÉ DE RÉTENTION D'EAU

La capacité de rétention en eau est mesurable très facilement suivant un protocole décrit dans la norme ASTM D7367-07 « Standard Test Method for determining Water Holding Capacity of Fiber Mulches for Hydraulic Planting ».

Elle est très importante car, en se référant aux principes précédents, elle conditionne directement la vitesse et le pourcentage de germination des semences ainsi que la limitation de leurs pertes par lessivage.

Ainsi, un mulch de fibres de bois apporté au même dosage/hectare qu'un mulch fibres de cellulose permet une rétention d'eau supplémentaire de 45 %. Par ailleurs, la compensation ne peut être faite par une simple augmentation des dosages d'utilisation (cf critère 2).

Type de mulch	Capacité de rétention en eau % par rapport au poids sec du mulch
Paille	225 - 400 %
Cellulose	400 - 700 %
Mulch fibres de bois sans traitement thermique préalablement au défilage	700 - 800 %
Mulch fibres de bois HYDRO-MULCH avec traitement thermique préalablement au défilage	800 - 1 100 %
Mulch fibres de bois catégorie Bonded Fiber Matrix type EURO-MAT "BFM"	1 200 - 1 350 %
Mulch fibres de bois EURO-MAT Flexible Growth medium "FGM"	1 500 - 1 700 %
Mulch fibres de bois catégorie Extended Term - Flexibles Growth Medium Type EURO-MAT "ET FGM"	900 - 1 200 %

Comparatif des capacités de rétention en eau propres à chaque matériau utilisé en mulch (à noter que la capacité est variable pour un même matériau du fait de son processus de fabrication)

2ÈME CRITÈRE : LA LONGUEUR DES FIBRES

La longueur des fibres est importante car elle est un élément limitatif pour une bonne application. L'emploi de fibres courtes (par exemple cas de la cellulose) n'est possible que si le dosage/hectare est limité (< à 400 kg/ha). En effet, l'application d'un dosage supérieur, suivi d'une période de sécheresse est susceptible d'aboutir à la création d'une véritable « croûte cartonnée », imperméable, avec les effets suivants :

- > limitation de la germination du fait de cette « croûte » difficile à percer par les jeunes plantules,
- > limitation importante des échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère,
- > ruissellement des eaux en surface,
- > mortalité de plantules du fait des effets de traction-rétractation de cette croûte avec section des racines.

Afin de remédier à cet effet « croûte » et afin de permettre une utilisation plus large, certains producteurs de mulch de cellulose ajoutent, dans une certaine proportion, des fibres longues (fibres de bois, paille hachée, fibres coco). A contrario, un mulch à fibres longues (paille longue appliquée manuellement ou via un STRAW BLOWER : pailleuse mécanique) utilisé sur un terrain accidenté (avec une préparation de sol ne permettant pas d'avoir une planimétrie affinée) ne sera absolument pas adapté comme cela sera démontré dans le paragraphe suivant.



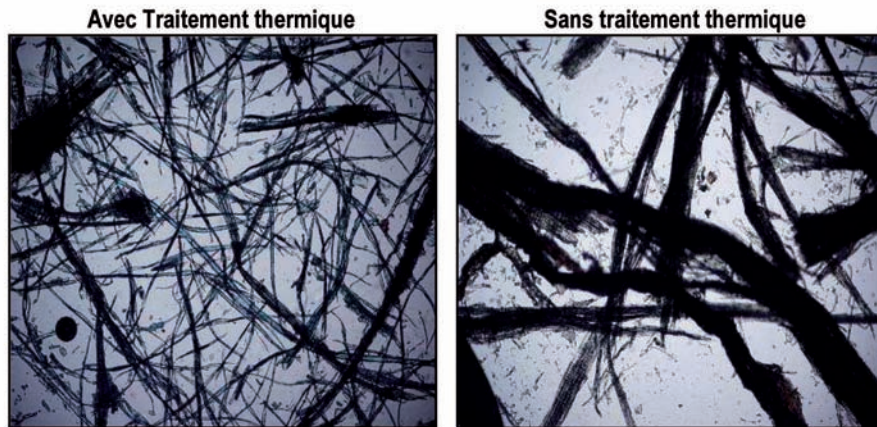
Straw Blower en action

Type de mulch	Longueur des fibres (mm)
Paille broyée	10 à 25
Cellulose	0 à 4
Mulch fibres de bois sans traitement thermique préalablement au défibrage	2 à 6
Mulch fibres de bois HYDRO-MULCH avec traitement thermique préalablement au défibrage	2 à 10
Mulch fibres de bois catégorie Bonded Fiber Matrix type EURO-MAT "BFM"	2 à 10
Mulch fibres de bois EURO-MAT Flexible Growth medium "FGM"	2 à 10
Mulch fibres de bois catégorie Extended Term - Flexibles Growth Medium Type EURO-MAT "ET FGM"	2 à 13

Taille indicative des fibres par type de mulch

Il est important de noter que la cellulose, généralement utilisée comme substitut des gélifiants et fixateurs de graines, est le plus souvent classée comme mulch.

La figure suivante présente la différence entre deux mulch 100% fibres de bois mais traités différemment avant le défibrage. L'échelle (1 cm = 1mm), permet d'appréhender l'impact du mode de production sur le taux de couverture et la capacité de rétention d'eau.



Zoom x 45 d'un mulch fibres de bois avec ou sans traitement thermique

3^{ÈME} CRITÈRE : LA CAPACITÉ À ÉPOUSER LE MICRO RELIEF DU SOL ET À MAINTENIR LES SEMENCES EN CONTACT ÉTROIT (COHÉSION) AVEC LE SUBSTRAT

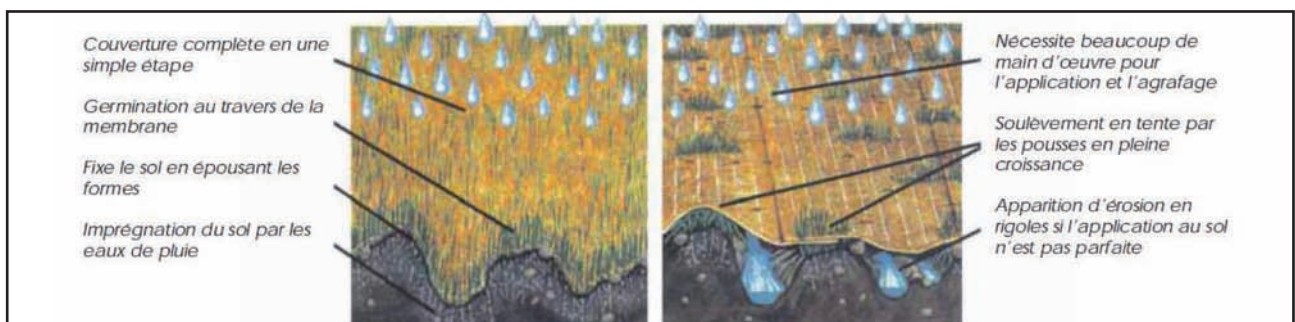
Pour qu'un mulch soit efficace, outre l'aspect rétention d'humidité, il est nécessaire qu'il recouvre de manière uniforme et régulière le sol mais également qu'il soit en contact étroit avec le sol et les semences.

En effet, sur un substrat ayant un micro relief tourmenté, l'utilisation de fibres longues (type paille) ou de mulch en rouleaux (blankets) provoquera des effets « ponts » ou « tentes » ne permettant pas un contact optimal entre le substrat et le mulch. La triple conséquence est la chute du taux de germination absolue (par dessèchement ou lessivage), une érosion des fines du fait d'un ruissellement sous la couverture de mulch et enfin une prise au vent importante favorisant l'envol. Dans cette situation, il est judicieux de privilégier l'utilisation d'une fibre intermédiaire (type HYDRO-MULCH ou EURO-MAT) appliquée par hydromulching.

Dans le cas de sols plans, grumeleux (sans relief type mottes, cailloux), l'utilisation de nattes en rouleau ou de mulch à fibres longues pourra être envisagée dans la mesure où les semences seront préalablement appliquées.

Les figures suivantes présentent plusieurs cas d'utilisation appropriée ou non de mulch dont les tailles de fibres sont variables.

1/ Intérêt d'un mulch à fibres intermédiaires par rapport à une natte déroulée sur un sol non lissé avec un micro relief tourmenté.



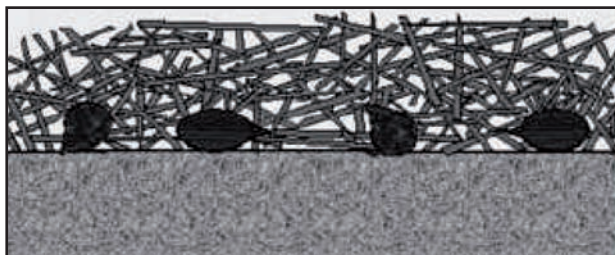
Comparaison entre un mulch fibres intermédiaires type EUROMAT et une natte déroulée

2/ Utilisation non appropriée d'un mulch fibres longues mélangé à des semences. Dans ce cas les semences ne sont pas directement en contact avec le sol ce qui entrainera un taux de couverture faible en cas de sécheresse.



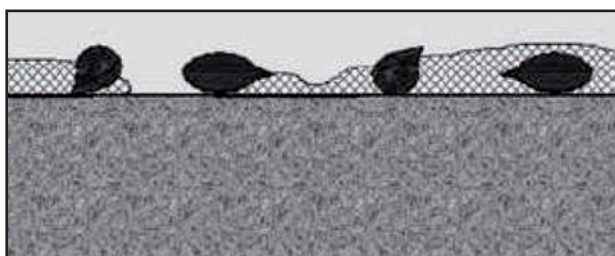
Application non appropriée d'un mulch fibres longues

3/ Utilisation appropriée d'un mulch fibres longues projeté postérieurement à l'application des semences. Dans ce cas les semences sont directement en contact avec le sol facilitant leur nutrition et leur enracinement



Application appropriée d'un mulch fibres longues

4/ Utilisation appropriée d'un mulch fibres courtes sur sol plan, projeté simultanément avec les semences et les conditionneurs de sol. Dans ce cas les semences sont directement en contact avec le soil facilitant leur nutrition et leur enracinement.



Application appropriée d'un mulch fibres courtes

5/ Utilisation appropriée du mulch EURO-MAT « FGM » qui couvre régulièrement un talus avec un relief érodé et rocheux. La protection apportée est totale et permet un taux de germination élevé et un couvert végétal durable.



Application réussie du mulch EURO MAT "FGM"

4^{ÈME} CRITÈRE : LA DURÉE DE L'EFFET « PAILLANT » ET LE TEMPS NÉCESSAIRE DE RÉSSUYAGE POUR STABILISER LE MULCH PROJETÉ AVANT LES PREMIÈRES INTEMPÉRIES

La durée de l'effet paillant est une notion très importante. Le principe retenu est que le type de mulch employé (et le fixateur qui y est associé) doit permettre de protéger semences et substrat (contre l'érosion superficielle), le temps que la strate herbacée soit suffisamment développée pour être autosuffisante.

A l'inverse, le temps de réssuyage pour stabiliser le mulch avant les premières précipitations doit être le plus faible possible.

Dans le cas d'un semis en dehors des périodes favorables, la durée de l'effet paillant souhaité correspondra au nombre de jours approchant de la période statistique propice à la germination, additionnée du nombre de jours nécessaires à la végétation pour s'implanter compte tenu des contraintes édaphiques du site.

Type de mulch	Durée de l'effet "paillant"	Temps de réssuyage avant les premières intempéries
Paille	6 / 12 mois	48 h
Cellulose	1 mois	24 h
Mulch fibres de bois sans traitement thermique préalablement au défibrage	6 / 12 mois	24 h
Mulch fibres de bois HYDRO-MULCH avec traitement thermique préalablement au défibrage	6 / 12 mois	24 h
Mulch fibres de bois catégorie Bonded Fiber Matrix type EURO-MAT "BFM"	12 mois	24 / 48 h
Mulch fibres de bois EURO-MAT Flexible Growth medium "FGM"	12 / 18 mois	24 / 48 h
Mulch fibres de bois catégorie Extended Term - Flexibles Growth Medium Type EURO-MAT "ET FGM"	24 mois	< 2 h

Comparaison de différents mulch sur les critères de durée de l'effet paillant et du temps de réssuyage



Mulch de fibres de bois 9 mois après sa mise en oeuvre.

5^{ÈME} CRITÈRE : TOXICITÉ ET EFFETS COLLATÉRAUX

Nul ne peut contester que la lutte contre l'érosion du sol s'inscrit pleinement dans une démarche de développement durable.

C'est pour abonder dans cette démarche qu'une partie des mulch, produits initialement à partir de matières « primaires », est aujourd'hui issue de l'industrie du recyclage (papier, cartons, bois).

Conscient que ce type de travaux est un débouché permettant de valoriser la « seconde vie » de ces matériaux, il convient néanmoins de se poser la question sur la toxicité de ces matériaux pour l'environnement.

Qu'est-ce qu'un polluant ?

Définition : *Un polluant est une substance naturelle ou issue des activités humaines qui, lorsqu'elle est présente en quantité trop importante dans l'environnement peut avoir des effets toxiques sur l'environnement et la santé humaine.*

Les activités humaines sont à l'origine de polluants de nature :

- > Physique : Matières en suspension, eau chaude, éléments radioactifs...
- > Organique : Organismes et déchets en décomposition...
- > Biologique : Bactéries, virus, champignons...
- > Chimique : Engrais et fertilisants, hydrocarbures, pesticides, métaux lourds, détergents, solvants, fluides conducteurs (PCB)...

Comment vérifier la toxicité directe d'un mulch ?

Pour des tests de toxicité aigüe, la Daphnie est utilisée « en routine » du fait de sa grande sensibilité aux substances toxiques. La présentation du résultat au test de la Daphnie permet de vérifier l'éventuelle écotoxicité du mulch employé par l'Entreprise.

Enfin, à noter qu'une pollution peut être directe (par dispersion du polluant) ou être une résultante (effet « collatéral ») de l'utilisation d'une matière non polluante. Cette seconde catégorie est beaucoup plus insidieuse que la première.

Exemple de pollution « collatérale » :

L'emploi d'un mulch de paille peut sembler des plus neutres en matière environnementale, néanmoins son utilisation nécessite d'augmenter la fertilisation azotée de 40 à 60 Unités (Source Encyclopédie des gazons, Chapitre Amendement) pour compenser l'assimilation du fait d'un rapport C/N élevé.

5.3.2.3 Comment déterminer le type de mulch et le dosage à employer sur un projet ?

Le choix du mulch approprié doit être déterminé en fonction de l'étude des contraintes suivante.

> Epoque de semis = Durée de protection anti-érosive

Le mulch employé (et le fixateur qui y est associé) doit garantir la protection du substrat et le maintien des semences et adjuvants en place pendant la période entre le semis et la germination additionnée du temps nécessaire à la bonne implantation de la strate herbacée. A noter que pour le temps d'implantation, celui-ci est très variable en fonction de la climatologie locale (cf § 4.3) qu'il est nécessaire de considérer avec précision.

Exemple :

- Semis herbacé en région méditerranéenne réalisé au mois de mars

Durée effet paillant = 7 mois (protection avant germination) + 7 mois (protection durant implantation) = 14 mois

- Semis herbacé en région méditerranéenne réalisé au mois de septembre

Durée effet paillant = 0 mois (protection avant germination) + 7 mois (protection durant implantation) = 7 mois

> Pluviométrie locale

Principe : Le mulch doit permettre de capter la quantité d'eau liée à une précipitation type afin d'éviter le lessivage.

Exemple :

En région méditerranéenne sub-tropicale, les précipitations sont généralement irrégulières et violentes. L'étude du relevé météorologique (région de Madrid) ci-dessous indique que le cumul moyen par jour de pluie est de l'ordre de 4.6mm (soit 4.6 lt/m²).

Il faudra donc pour capter cette eau, en moyenne :

- 0.657 gr de mulch de cellulose ($4.6 \text{ lt} = 4.6 \text{ Kg} / 7 = 0.657 \text{ gr/m}^2$)
- 0.418 gr de mulch de fibre de bois ($4.6 \text{ lt} = 4.6 \text{ Kg} / 11 = 0.418 \text{ gr/m}^2$)
- 0.270 gr de mulch type FGM ($4.6 \text{ lt} = 4.6 \text{ Kg/lt} / 17 = 0.270 \text{ gr/m}^2$)

Mois		jan.	fév.	mar.	avr.	mai	juin	juil.	août.	sep.	oct.	nov.	déc.	année
Température moyenne (°C)	minimale	2,6	3,7	5,6	7,2	10,7	15,1	18,4	18,2	15	10,2	6	3,8	9,7
	maximale	9,7	12	15,7	17,5	21,4	26,9	31,2	30,7	26	19	13,4	10,1	19,5
Précipitations (mm)		37	35	26	47	52	25	15	10	28	49	56	56	436
Nombre de jours avec pluie		9	9	7	11	12	7	3	3	5	9	9	11	

Relevé météorologique de Madrid sur la période 1971-2000
(Source : Le climat à Madrid- en °C et mm, moyennes mensuelles)

> Perméabilité et microrelief du substrat

L'augmentation de la perméabilité du substrat nécessite une capacité de rétention du mulch croissante afin de « compenser » cette déficience. Bien entendu cette contrainte de perméabilité est à croiser avec la fréquence des pluies.

A RETENIR :

La quantité à utiliser devra intégrer également le microrelief du sol. Il convient d'estimer la surface en tenant compte des mottes ou éléments grumeleux afin de pondérer la quantité/hectare à employer.

Dans le cas suivant, la photo ci-après expose deux talus traités par hydromulching selon deux dosages différents. Le talus présentant des ravines a été traité avec un dosage pondéré avec un coefficient de 1.2 pour compenser la « surface marginale » dégagée par l'érosion.



Dosage de mulch 150 bottest/ha X 1.2 = 180 bt/ha (à gauche) Dosage de mulch 150 bt/ha (à droite)

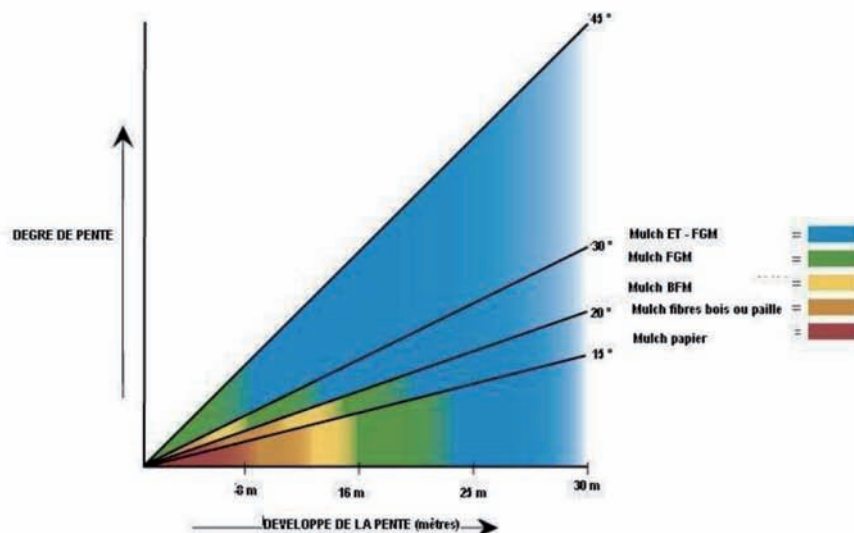
Pondération de la quantité de mulch en fonction du microrelief du substrat

> Déclivité et développé de pente

Ces deux contraintes font appel à la notion de résistance « mécanique » intrinsèque du complexe fibreux et des éléments fixateurs et de cohésion.

La notion de « degré de pente » doit être associée systématiquement à la notion de « développé » afin de déterminer la catégorie de mulch à employer.

Le schéma ci-dessous permet de visualiser les plages d'utilisation de chaque catégorie. Au-delà de 45° ou dans le cas d'utilisation d'un mulch de catégorie inférieure, il conviendra d'appareiller la zone avec un dispositif d'accroche préalable type filet antiérosif biodégradable coco ou jute ou synthétique 3D.



Corrélation entre développé et degré de pente et l'application du mulch adéquat

5.3.2.4 Mise en application des différents types de mulch dans le cadre de Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE)

Extrait CCTP Mulch fibre de cellulose

Complexe de fibres cellulose granulés ou pelletes (NFU 44551) type HYDRO-MULCH « CELL » obtenu par recyclage total garantissant son innocuité vis-à-vis de l'environnement. Garantie d'un effet paillant de 1 mois.

0 % de colorant, 80 % de cellulose, 20 % de matière minérale (craie), 400 % de capacité d'absorption (poids sec).

Un certificat phytosanitaire délivré par l'organisme compétent sera fourni dès la remise de l'offre et accompagnera chaque livraison.

Extrait CCTP Mulch fibre de bois sans coloration (traçeur)

Complexe de fibres végétales « longues » (NFU 44551) type HYDRO-MULCH « UE » obtenu par défibrage de plaquettes de bois de Pinus garantissant un effet paillant de 6 à 12 mois.

0 % de colorant ; 98 % de matière organique ; 2 % de matière inorganique (cendres) . 700 % de capacité d'absorption (poids sec).

La fibre devra subir un traitement thermique dans un but de suppression des germes pathogènes / champignons. Un certificat phytosanitaire délivré par l'organisme compétent sera fourni dès la remise de l'offre et accompagnera chaque livraison.

Extrait CCTP Mulch fibre de bois avec coloration (traçeur)

Complexe de fibres végétales « longues » (NFU 44551) type HYDRO-MULCH « US » obtenu par défibrage de plaquettes de bois de Betula papyrifera / Populus tremuloides garantissant un effet paillant de 6 à 12 mois.

1 % de colorant vert ; 99.3 % de matière organique ; 0.7 % de matière inorganique (cendres) . 900 % de capacité d'absorption (poids sec).

La fibre devra subir un traitement thermique dans un but de suppression des germes pathogènes / champignons Un certificat phytosanitaire délivré par l'organisme compétent sera fourni dès la remise de l'offre et accompagnera chaque livraison.

Extrait CCTP Complexe B.F.M composé de Mulch fibre de bois et polymères naturels

Complexe de fibres végétales « longues » (NFU 44551) type EURO-MAT B.F.M. obtenu par défibrage de plaquettes de bois de *Betula papyrifera* / *Populus tremuloides* garantissant un effet paillant de 12 mois.

1 % de colorant jaune ; 94 % de matière organique ; 6 % de matière inorganique (cendres) ; 9 % de fixateur organique ; 1 000 % de capacité d'absorption (poids sec).

La fibre devra subir un traitement thermique dans un but de suppression des germes pathogènes / champignons.

Un certificat phytosanitaire délivré par l'organisme compétent sera fourni dès la remise de l'offre et accompagnera chaque livraison.

Extrait CCTP Complexe F.G.M. composé de Mulch fibre de bois et polymères naturels

Complexe de fibres végétales « longues » (NFU 44551) type EURO-MAT F.G.M obtenu par défibrage de plaquettes de bois de *Betula papyrifera* / *Populus tremuloides* garantissant un effet paillant de 12 à 18 mois.

1 % de colorant VERT ; 94 % de matière organique ; 6 % de matière inorganique (cendres) ; 10 % de fixateur organique ; 5 % de fibre de synthèse biodégradable ; 1 500 % de capacité d'absorption (poids sec).

La fibre devra subir un traitement thermique dans un but de suppression des germes pathogènes / champignons.

Un certificat phytosanitaire délivré par l'organisme compétent sera fourni dès la remise de l'offre et accompagnera chaque livraison.

Extrait CCTP Complexe F.G.M.ET composé de Mulch fibre de bois et polymères naturels

Complexe de fibres végétales « longues » (NFU 44551) type EURO-MAT F.G.M ET obtenu par défibrage de plaquettes de bois de *Betula papyrifera* / *Populus tremuloides* et incorporation de fibres de coco garantissant un effet paillant de 24 mois.

1 % de colorant vert ; 94 % de matière organique ; 6 % de matière inorganique (cendres) ; 10 % de fixateur organique ; 5 % de fibres de synthèse biodégradables ; 1 500 % de capacité d'absorption (poids sec).

La fibre devra subir un traitement thermique dans un but de suppression des germes pathogènes / champignons.

Un certificat phytosanitaire délivré par l'organisme compétent sera fourni dès la remise de l'offre et accompagnera chaque livraison.

5.3.3 Les gélifiants et fixateurs de particules

5.3.3.1 Description

Définition : Les gélifiants et stabilisateurs de particules sont employés afin :

- de fixer les semences projetées ;
- de limiter le ruissellement lors du semis sur des zones pentues (en épaississant la bouillie de semis) ;
- d'empêcher l'érosion hydraulique et éolienne en agglomérant les particules du sol entre elles ou en combinaison avec le mulch.

Ils se présentent sous la forme de poudre ou d'émulsion.

Terme anglais : Tackifier, binder

Il existe 2 catégories de gélifiants et fixateurs employés en hydroseeding :

> **Les fixateurs organiques** qui sont généralement issus de farines végétales [ex : gomme de guar (extrait de semences de *Cyamopsis tetragonolobus*)] qui est un gélifiant agro-alimentaire, farine de plantain des Indes (*Plantago ovata*) et/ou extraits d'algues.

Ils sont biodégradables avec une efficacité de l'ordre de 3 mois en fonction des contraintes du site où ils sont employés.

> **Les fixateurs synthétiques qui sont de la famille des polymères, copolymères incluant les polyacrylamides (PAM), acrylates, méthacrylates.**

Ils sont photo et chimiquement dégradables (assimilation par le sol du fait des attaques microbiologiques). Leur efficacité est de l'ordre de 12 mois en fonction des contraintes du site où ils sont employés.

Ces fixateurs sont également très intéressants car ils agissent favorablement sur la perméabilité du substrat lors d'une utilisation sur substrat argileux ou latéritique.

Éléments à prendre en compte pour faire le bon choix :

> Conditionnement et stockage

Les gélifiants et fixateurs de particules sont disponibles en poudre ou en émulsion. L'utilisation de poudre est généralement plus aisée car elle limite le poids transporté et offre une meilleure visibilité au Maître d'ouvrage par rapport à la charge en matière active d'une émulsion.

D'autre part, une émulsion doit être stockée dans un lieu hors gel et employée dans l'année afin d'éviter tout phénomène de sédimentation ou de solidification.

Enfin il est important de confronter le conditionnement unitaire, au dosage à employer par rapport au volume de l'hydroseeder, afin de faciliter le chargement de l'équipement.

> Facilité d'application et viscosité

La caractéristique déterminante de cet intrant est la viscosité. La viscosité est la mesure du «pouvoir collant» ou la capacité de maintenir la cohésion de la « bouillie de semis » lors de la projection et une fois épandue. Elle se mesure à l'aide du viscosimètre Brookfield et s'exprime en centipoises (cP).

La viscosité du fixateur permet par ailleurs de :

- > semer à des distances importantes (évite la dispersion du jet),
- > limiter l'effet de lessivage lors de la protection,
- > enrober les semences limitant ainsi leur perte potentielle de germination,
- > lubrifier le circuit d'aspiration et le passage dans la pompe (ce qui limite les bouchages et accroît la performance de l'équipement).

Enfin il est important dans le cas d'un hydromulching, que la teneur en fixateur ne dépasse pas 5 à 10% du poids du mulch employé.

> Toxicité

Une meilleure biodégradabilité des gélifiants et fixateurs organiques favorise une utilisation plus grande de ces produits. Toutefois à ce jour aucune étude scientifique n'a conclu à une toxicité des fixateurs synthétiques.

Selon l'US Food and Drug Administration, il est important de connaître la composition des PAM et notamment de la présence d'Acrylamide (teneur conseillée < 0.05%) afin de limiter leur accumulation dans les sols.

A noter par ailleurs que dans nombre de pays, des fixateurs contenant des PAM ont obtenu l'agrément permettant leur utilisation en agriculture et/ou en traitement de l'eau.

> Zone climatique d'application

Il est important d'adapter le gélifiant ou fixateur en fonction des contraintes rencontrées. Les paramètres à prendre en compte sont :

- > la durée de « protection » souhaitée,
- > l'intensité et la fréquence des pluies,
- > le climat,
- > la pente,
- > le type d'application : hydroseeding / hydromulching / hydrosprigging.

Marque	VEGESTAB	SOIL-FIX
Description	Organique à base de guar (extrait de <i>Cyamopsis tetragonolobus</i>)	Polymères anioniques hydrosolubles à haut poids moléculaire
Viscosité Brookfield	1 500 CP	1 800 CP
Forme Conditionnement	Poudre Sacs de 25 kg ou de 5 kg	Poudre Sacs de 25 kg ou de 1 kg
Efficacité dans le temps	2 à 3 mois	6 à 12 mois
Toxicité	.	Aucune toxicité reconnue dans l'eau et le sol. Le produit est approuvé aux USA (FDA) et par le Ministère de la Santé (France) en tant qu'additif pour le traitement de l'eau
Utilisation privilégiée	Hydroseeding / Hydrosprigging	Hydroseeding / Hydromulching / Hydrosprigging
Dosage d'utilisation (Ha)	25 à 75 kg/ha	5 à 15 kg/ha
Autres propriétés	Fluidifiant permettant un passage plus aisé dans les tuyaux	Améliore la perméabilité des sols. Utilisable en protection superficielle des substrats par hydromulching en dehors des périodes de semis

Comparaison caractéristiques et performances d'un gélifiant organique et d'un gélifiant synthétique

5.3.3.2 Mise en application des différents types de gélifiants et fixateurs de particules dans le cadre de Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE)

Extrait CCTP gélifiant et fixateur organique de particules

Gélifiant et fixateur organique de particules type VEGESTAB. Il est 100 % naturel extrait d'espèces de plantes sélectionnées de la famille des légumineuses (*Cyamopsis tetragonolobus*). Soluble dans l'eau, il contient des agents dispersants qui lui permettent d'atteindre dès les 10 premières minutes de contact avec l'eau, 70 % de son pouvoir collant.

Caractéristiques minimums sur produit brut :

Hydrate de carbone \pm 75%

Matière minérale \pm 5%

Teneur en eau \pm 20%

Rétention en eau > 700%

Viscosité 1 500 cP (centi Poise)

Extrait CCTP gélifiant et fixateur synthétique de particules

Gélifiant et fixateur synthétique de particules type SOILFIX. Il est à base de Polymères anioniques hydrosolubles à haut poids moléculaire. Viscosité Brookfield (cPs) à 5.0 g/l : 1 800 cPs. Il devra disposer d'une autorisation de mise sur le marché délivrée par le Ministère de la Santé en tant qu'additif pour le traitement de l'eau.

Il doit se dégrader sous l'action des UV et des attaques microbiologiques. Ce produit type SOIL-FIX doit se dégrader naturellement dans le sol en CO₂, H₂O, nitrates d'ammonium. Le groupe azote de la molécule étant rapidement consommé par les bactéries du sol ; le groupe-carbone se dégradant de 10 à 15 % par an selon l'intensité des UV. Une fiche technique descriptive du produit devra en attester la preuve.

5.3.4 Les fertilisants et biostimulants

Cette catégorie regroupe les intrants qui conditionnent directement la qualité et la pérennité de la végétation qui sera implantée. Ainsi, elle influe sur :

- > la rapidité d'installation et la densité de la végétation implantée,
- > la résistance au stress hydrique et aux maladies,
- > la pérennité de la strate herbacée et la recolonisation par les espèces natives environnantes.

Cette catégorie sera divisée en 3 sous-groupes traités indépendamment :

- > les fertilisants complets et organiques
- > les biostimulants
- > les correcteurs de pH

5.3.4.1 Les fertilisants complets et organiques

5.3.4.1.1 Description et utilisation

Définition : Les fertilisants sont utilisés afin d'apporter au sol les éléments nutritifs essentiels (N-P-K) pour l'établissement et le maintien d'un couvert végétal. D'origine synthétique minérale ou organique, disponibles en granulé, poudre ou en émulsion, les fertilisants, en complément des amendements éventuels apportés en amont, permettent de compenser les déficits du substrat et d'agir sur la structure et la capacité d'absorption et de rétention d'humidité.

Dans le cadre d'une opération d'implantation d'une strate herbacée sur un substrat « stérile », la qualité du plan de fertilisation est particulièrement déterminante pour le résultat. Le choix de la quantité et de la qualité des fertilisants sera déterminé en fonction :

> De l'étude de terrain préalable

> De l'éventuelle analyse des substrats de plantation : dans ce cas, il est essentiel d'identifier et regrouper les substrats employés sur le projet en fonction de leur provenance, aspect et texture afin de se procurer un échantillonnage représentatif (à noter que le prélèvement de l'échantillon doit être réalisé dans les 5 premiers cm en évitant les périodes de stress hydrique ou thermique important). Le tableau ci-après synthétise l'ensemble des paramètres à analyser. Il est toutefois rare que de telles analyses soient réalisées dans leur totalité en raison des plannings de travaux et dans une moindre mesure des coûts engendrés.

Eléments analysés	Objectif de l'analyse
Contrôle de fertilité	
pH eau et KCl, calcaire total, matière organique, azote total et C/N, phosphore assimilable, bases échangeables (K ₂ O, MgO, CaO, Na ₂ O), capacité d'échange cationique (CEC) et taux de saturation, oligo-éléments (Cu, Zn, Mn, Fe)	Avoir l'ensemble des informations sur le sol pour une gestion optimale
Granulométrie	Connaître la structure du sol afin de l'améliorer éventuellement
N, P, K, Mg, Ca, Na, Cu, Zn, Mn, Fe	Connaître la teneur en éléments essentiels pour les besoins nutritifs : évaluer les risques de carences Cu, Zn, Mn et Fe
Paramètres biologiques	
Fractionnement de la matière organique Granulométrie 3 fractions, caractérisation des MO du sol, 2 compartiments (MO libre/MO liée), C/N global + C/N des fractions libres et liées.	Apprécier la qualité des MO (Matières Organiques) du sol / Choisir le type d'amendements et/ou de fertilisants qui correspond le mieux / Adapter le travail du sol
Biomasse microbienne, rapport C microbien/C organique, éléments fertilisants (N, P, K, Ca, Mg) stockés dans la biomasse microbienne.	Déterminer la dynamique du sol et sa santé globale / Déterminer la réponse du sol aux apports d'amendements et/ou de fertilisants et aux techniques culturales.
Minéralisation Carbone et Azote Reliquat d'azote minéral, activités de minéralisation du carbone et de l'azote	Déterminer les reliquats d'azote / Prévenir les faims d'azote / Déterminer le type d'engrais organique à utiliser / Estimer les pertes d'humus du sol

Principaux paramètres à analyser sur chaque échantillon (Source LCA – www.lca-web.net)

> Des autres contraintes propres au projet

- Destination du projet (réhabilitation de carrière, aménagement d'infrastructures routières/ferroviaires/fluviales, de pistes de ski, abords d'installations aéroportuaires, confinement, espace vert, golf, hippodrome etc.).
- Niveau d'entretien et utilisation (ex : désherbage, gestion des tontes, piétinement prévu).
- Attentes / problématique (aspect esthétique, lutte antiérosive/densité, etc).
- Contraintes environnementales (proximité zone captage, zone préservée).
- Contraintes liées aux besoins spécifiques de certaines espèces.
- Zone climatique et époque du semis.

> Composition des engrais :

Qu'ils soient synthétiques ou naturels, organiques ou minéraux, les engrais sont principalement caractérisés par leurs teneurs en Azote-Phosphore-Potasse (N - P - K) qui sont les 3 éléments essentiels (cf chapitre 2.3.2).

Ainsi la formulation d'un engrais est exprimée en Unités fertilisantes qui traduisent la teneur de l'élément considéré.

Formulation	Unités fertilisantes	Poids
Engrais minéral binaire P - K	0-15-15 soit 30 unités totales correspondants à : 15 % de Phosphore 15 % de Potasse	Pour un sac de 25 kg : 3,75 kg de Phosphore 3,75 kg de Potasse
Engrais minéral ternaire N - P - K	17-17-17 soit 51 unités totales correspondants à : 17 % d'Azote 17 % de Phosphore 17 % de Potasse	Pour un sac de 25 kg : 4,25 kg d'Azote 4,25 kg de Phosphore 4,25 kg de Potasse
Engrais organico- minéral Vert-Expert complet	12-5-7 soit 24 unités totales correspondants à : 12 % d'Azote dont 2 % d'azote organique 5% de Phosphore 7 % de Potasse	Pour un sac de 30 kg : 3,6 kg d'Azote dont 0,6 kg d'azote organique 1,50 kg de Phosphore 2,10 kg de Potasse

Correspondance unités fertilisantes et quantités pondérales

La teneur en autres éléments est éventuellement indiquée (ex : Calcium (Ca), Magnésium (Mg), Soufre (S) et certains oligo-éléments). Ces informations sont visibles sur chaque sac ou sur la fiche technique du fabricant.



C'est à partir de ces éléments que l'apport du ou des engrais sera établi prenant en compte les besoins de la plante, les carences du substrat et la plage temporelle de libération souhaitée de l'azote (N). Ainsi, dans certains cas, il pourra être nécessaire de combiner plusieurs catégories d'engrais.

Les engrais azotés se classent généralement selon leur origine et la manière de libérer les unités fertilisantes.

Les engrais phosphatés se classent selon leur solubilité. Les plus solubles élèvent instantanément le niveau en phosphore de la solution du sol, ce phosphore se trouvant ensuite sous une forme labile capable de réapprovisionner aisément la solution du sol en cas de consommation par les plantes. A l'inverse, les formes les moins solubles, provenant des phosphates naturels, ne participent que faiblement à l'entretien de la solution du sol. Cependant, lorsque le niveau en phosphore de cette solution diminue, les réserves échangeables voient leur importance décroître, et il se crée un très lent déplacement de P2O5 des formes insolubles vers des formes plus labiles.

En zones tempérées, l'Azote, contribuant au développement de tous les éléments de la plante (particulièrement la masse foliaire), est employé généralement en début de printemps pour favoriser une croissance rapide sur les végétaux. Il sera rarement utilisé en fin de saison car mal capté par la végétation (risque de lessivage important). De plus, il fragilise les plantes (croissance trop rapide) les rendant moins résistantes pour passer l'hiver. Dans ce cas les engrais à libération lente seront privilégiés.

En zones tropicales, subtropicales et méditerranéennes les mêmes types d'engrais seront privilégiés.

Quel engrais choisir ?

La fertilisation d'une strate herbacée implantée sur des substrats terrassés et remaniés a fait l'objet de nombreuses conférences et thèses de recherche afin de comprendre les mécanismes spécifiques favorisant la pérennité du couvert végétal tout en minorant l'impact sur l'environnement.

- exposé aux journées techniques du SAM : intervention F.Dinger du CEMAGREF - 1990,
- ESA Etude de minéralisation de quelques amendements organiques à base d'algues : Y Crozat - août 1991,
- Thèse VERTPISTES F.Marion - 1991 (Engrais organo-minéral, aujourd'hui commercialisé sous la marque VERT-EXPERT Tradition).
- ...

Ces recherches ont abouti à la caractérisation des actions complémentaires que les apports doivent procurer à la végétation au delà du simple apport des éléments nutritifs essentiels.

La synthèse de ces actions est :

> L'amélioration des caractéristiques physiques du sol

Les substances colloïdales et pré-humiques de certains végétaux (algues, tourteaux...) déclenchent très rapidement la formation d'un complexe argilo-humique stable qui permet l'amélioration de la structure du sol (cf § 2.3.3)

> Une nutrition complète, équilibrée et prolongée du végétal

La dégradation progressive des matières organiques, l'équilibre des éléments minéraux apportés, la présence des phytohormones, des vitamines et de l'ensemble des oligo-éléments, permettent la régulation et la stimulation de la nutrition par excellence du végétal.

L'azote doit être libéré progressivement et avoir une action prolongée. Il ne doit pas être lessivable du fait de son apport sous forme organique.

> Une action biologique dans le sol

Les protéines, les sucres solubles et l'évolution humique des constituants agissent sur la rhizosphère (activation de la microflore autour des racines) et sur les mycorhizes (cf § 2.4.2).

Autres considérations :

> Volet environnemental

L'utilisation de matière organique permet de limiter :

- > l'impact des nitrates sur les nappes d'eaux souterraines (à contrario des fertilisants minéraux à libération rapide type amonitrate)

	VERT-EXPERT « TRADITION »	VERT-EXPERT « BIO »	VERT-EXPERT « COMPLET »
% de matière organique d'origine végétale (algues, tourteaux de soja...)	100 %	100 %	100 %
% de matière organique totale		55 %	43 %
% de matière minérale		30 %	42 %
% d'humidité		15 %	15 %
N.P.K.	6*,5,5 <small>*dont 4 % organique végétal et 2 % ammoniacal</small>	6*,4,4 + 0,5 Fer <small>dont 6 % organique végétal</small>	12*,5,7 <small>*dont 2 % organique, 2,5 nitrique, 2,5 % ammoniacal et 5 % uréique</small>

Exemple de la gamme VERT-EXPERT engrais organo-minéral (NFU 42001) spécifique hydroseeding (% exprimé en composition moyenne du produit brut)

Composition moyenne sur produit brut :
70% matières organiques (100 % origine végétale) dont 3% d'azote protéique
N** total : 3% - P205 : 0.5% - K20 : 0.5% (** sous forme acides aminées)
18% de matières minérales
12% d'humidité – rapport C/N : 10.5
<i>Matières organiques sur produit sec :</i>
40% de matières cellulosiques
20% de protéines
12% de polysaccharides
3% de lipides (substance de croissance)

Exemple du VEGEPLAINE engrais organique (NFU 42001) spécifique hydroseeding

	ENGRAIS COMPLET TYPE 4-20-20 / 15-15-15 / 17-17-17	ENGRAIS ORGANIQUE ET ORGANO-MINÉRAL TYPE VERT-EXPERT OU VEGEPLAINE
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - Concentré - Eléments nutritifs immédiatement assimilables 	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration des caractéristiques physiques du sol - Activation biologique du sol (développement des champignons et des mycorhizes) - Minéralisation plus lente et étalée dans le temps de l'azote organique et ammoniacal (pas de perte par lessivage). Libération encore plus lente qu'un engrais "retard" synthétique - S'intègre parfaitement dans une démarche de développement durable
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - Azote aisément lessivable - Aucune action sur la structure du sol - Action orientée sur le développement aérien du végétal - Sur terre végétale, favorise le développement des adventices - Rejet de nitrates dans les nappes souterraines - N'améliore pas la fertilité du sol à plus long terme 	<ul style="list-style-type: none"> - Apport plus conséquent nécessaire pour modifier la structure du sol - Coût plus élevé

Comparatif entre engrais minéral et engrais organique et engrais organominéral

5.3.4.1.2 Mise en application des différents types d'engrais dans le cadre de Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE)

A RETENIR :

La réglementation régissant les formulations des engrais et amendements est en évolution permanente. Il convient donc de s'assurer que l'équilibre et les matières employées sont conformes au moment de la rédaction des pièces du marché et au moment de sa réalisation. Ainsi, les extraits ci-dessous sont conformes à la réglementation en vigueur (valide) au 01 octobre 2011.

Extrait CCTP VERT-EXPERT « TRADITION »

Engrais organo-minéral utilisable en hydroseeding (NFU 42-001) type VERT-EXPERT « TRADITION » obtenu à partir de matière organique exclusivement végétale et comportant des algues, tourteaux de ricin, tourteaux végétaux.

Equilibre NPK : 6*- 5- 5 (* dont 3 % organique végétal et 3 % ammoniacal)

63 % de matière organique sur poids brut

25 % de matière minérale

Extrait CCTP VERT-EXPERT « BIO »

Engrais organo-minéral utilisable en hydroseeding (NFU 42-001) type VERT-EXPERT « BIO » obtenu à partir de matière organique végétale et animale comportant des algues, tourteaux de ricin, tourteaux végétaux et des poudres de viandes stérilisées C3.

Equilibre NPK : 6*- 4 -4 + 0,5 Fe (* dont 0,6 % organique végétal et 5,4 % animal)

65 % de matière organique sur poids brut

9 % de matière minérale

Produit utilisable en Agriculture Biologique conformément au règlement (CE) n°834/2007

Extrait CCTP VERT-EXPERT « COMPLET »

Engrais organo-minéral utilisable en hydroseeding (NFU 42-001) type VERT-EXPERT « COMPLET » obtenu à partir de matière organique exclusivement végétale et comportant des algues, tourteaux de ricin, tourteaux végétaux.

Equilibre NPK : 12*- 5 -7 (* dont 2 % organique végétal, 2,5 % nitrique, 2,5 % ammoniacal et 5 % uréique)

43 % de matière organique sur poids brut

50 % de matière minérale

Extrait CCTP VEGEPLAINE

Engrais organique NPK utilisable en hydroseeding (NFU 42-001) type « VEGEPLAINE » obtenu à partir de matière organique exclusivement végétale et comportant des algues, tourteaux de ricin, tourteaux végétaux.

Equilibre NPK : 3*- 0,5 -1 (* dont 3 % organique végétal)

64 % de matière organique sur poids brut

Produit utilisable en Agriculture Biologique conformément au règlement (CE) n°834/2007

5.3.4.2 Les biostimulants

5.3.4.2.1 Les extraits humiques

5.3.4.2.1.1 Définition et caractéristiques

Définition : Concentrés organique à base d'acides humiques et fulviques naturels extraits de matière végétale évoluée ou fossile (Léonardite). Ils permettent de transformer les conditions physiques, chimiques et biologiques des sols.

Les extraits humiques sont utilisés en complément des engrais organiques lorsque les terrains sont très séchants et que la microflore est absente (ex : sols latéritiques, sableux).



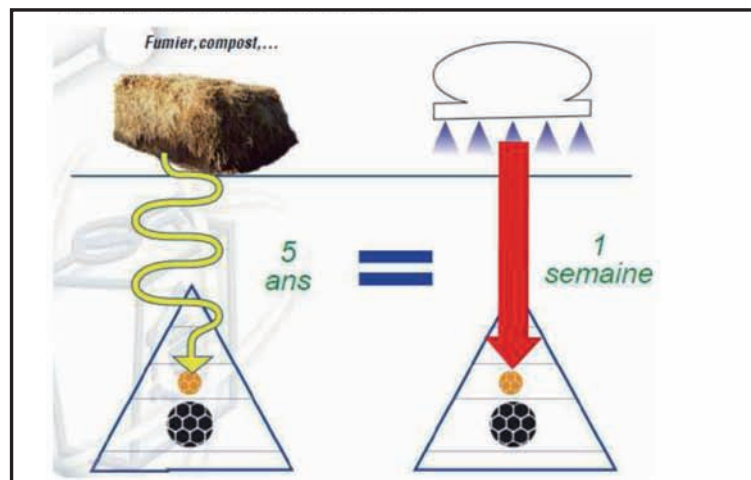
Processus d'extraction d'acides humiques et fulviques

Les qualités des extraits humiques sont démontrées depuis de nombreuses années par des universités et centres de recherche de réputation internationale (CHPTE – Belgique, C.R.A . Gembloux – Belgique, CDDM – France...) dans le domaine agricole et notamment pour les cultures prairiales.

Ces apports peuvent se résumer de la façon suivante :

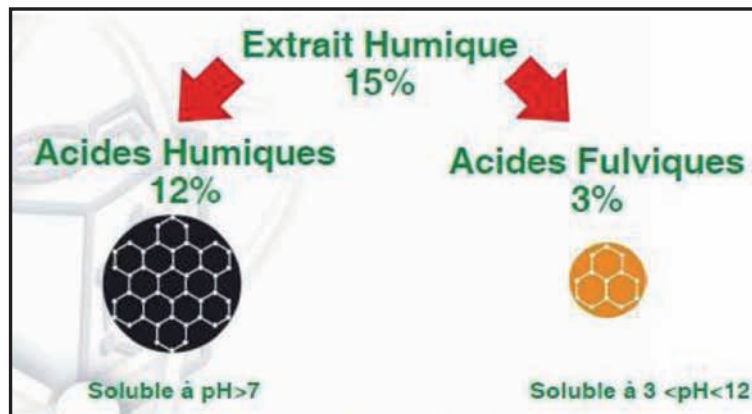
- > Formation et développement d'un chevelu racinaire dense capable de coloniser et mieux utiliser les ressources du sol (engrais, eau, etc.).
- > Formation du complexe argilo-humique du sol permettant d'améliorer sa structure et d'augmenter la capacité des échanges cationiques, (effet mis en évidence par l'Université de Cordoue (Espagne) en 2004).
- > Amélioration générale de la fertilité du sol et action positive sur ses caractéristiques :
 - physiques : formation d'une structure grumeleuse, meilleure aération, meilleure rétention d'eau, et donc meilleur équilibre air/eau favorisant le drainage,
 - chimiques : diminution des effets nocifs des agents toxiques, remobilisation du phosphore insoluble, des oligo-éléments,
 - biologiques : accroissement de la vie microbienne.
- > Meilleure gestion des intrants disponibles. La biodisponibilité du phosphore et de certains oligo-éléments apportés est accrue grâce à la formation de complexes stables. Ils augmentent les sites de rétention des engrais solubles dans le sol évitant ainsi les pertes par lessivage et réduisent les facteurs de blocage et des antagonismes entre les différents éléments nutritifs.
- > Respect de l'environnement par diminution du lessivage des nitrates et fixation des métaux lourds.

Le comparatif présenté ci-après démontre les capacités d'apport de substances actives des extraits humiques. L'apport de 50 litres/hectare d'extrait humique type VEGEMAX correspond à un apport de 5 tonnes/hectare de fumier ou de compost.



Comparatif de l'apport de substances actives humiques entre l'extrait humique et la MO brute

Les extraits humiques mis en œuvre doivent présenter un rapport équilibré entre les acides humiques et les acides fulviques afin d'être solubles quel que soit le PH.



Exemple type d'un extrait humique équilibré

5.3.4.2.1.2 Mise en application de l'utilisation des extraits humiques dans le cadre de Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE)

Extrait CCTP VEGEMAX

Extrait humique VEGEMAX exempt de métaux lourds, de sodium, de chlore, de semences de mauvaises herbes, de germes, d'agents pathogènes et de phytotoxicité.

Caractéristiques techniques garanties :

Extrait humique total : 16.65 %

Acides humiques : 13.32 %

Acides fulviques : 3.33 %

Carbone organique : 7.1 %

Il sera certifié ECOCERT ou devra être accompagné d'une attestation du producteur de conformité avec le règlement CEE n°2092/91

5.3.4.2.2 Les biostimulants mycorhizés

Définition : Produit constitué de spores d'endomycorhizes (champignons qui ne donnent pas de fructifications visibles à l'œil nu) permettant l'association symbiotique entre les racines des végétaux et ces champignons.

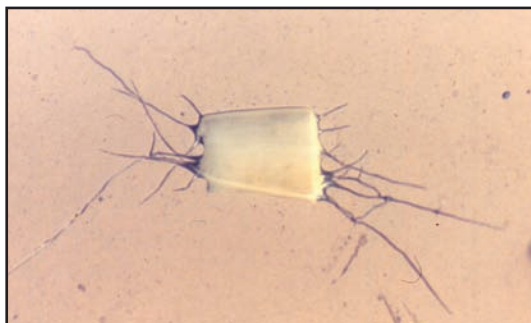
5.3.4.2.2.1 Caractéristiques

Un biostimulant contenant des mycorhizes apportera les effets bénéfiques suivants :

- Meilleure absorption et gestion de l'eau ce qui limite le stress hydrique, du fait de l'augmentation de la surface prospectée par les racines grâce aux mycorhizes.
- Augmentation de l'absorption des micro-éléments utilisés par la plante (phosphore, oligo-éléments...) par des réactions biochimiques dans le sol. Ce qui permet la limitation des apports d'engrais.
- Protection contre certains micro-organismes pathogènes des racines par des actions antibiotiques.
- Augmentation de la vitesse d'installation et de la croissance des plantes hôtes.
- Stabilisation de la structure du sol par le réseau mycélien.

A RETENIR :

Attention : L'emploi de biostimulants mycorhizés est obligatoirement associé à de l'hydromulching afin que ceux-ci soient recouverts et en contact direct avec les semences.



5.3.4.2.2 Mise en application de l'utilisation des biostimulants mycorhizés dans le cadre de Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE)

Extrait CCTP EURO-MYC+

Biostimulant de type EURO-MYC+ composé de spores ou propagules de champignon endomycorhiziens spécialement conçu pour optimiser le développement et la croissance des plantes.

Substance active : Inoculum de champignon mycorhizien – glomus sp.

Il disposera du label « Nature et Progrès » ou devra être accompagné d'une attestation du producteur de conformité avec le règlement CEE n°2092/91

5.3.4.3 Les correcteurs de pH

Définition : Les correcteurs de pH sont des adjuvants concentrés qui vont permettre d'ajuster, dans la durée, le pH d'un sol afin d'optimiser le développement de la végétation implantée.

5.4.4.3.1 Caractéristiques

Les correcteurs de pH, spécifiques à l'hydroseeding se caractérisent par :

- leur concentration qui facilite leur mise en œuvre contrairement aux correcteurs traditionnellement utilisés en agriculture,
- une granulométrie adaptée, en relation avec la vitesse et la durée de l'action souhaitée,
- une capacité à être appliqué à l'hydroseeder en simultanée avec les autres intrants lors du semis sans altérer la capacité germinative des semences et sans altérer les équipements.

A noter que dans tous les cas, une correction de pH s'inscrit dans la durée. Leur emploi est donc spécifique à certains types de projets tels que : espaces verts, golfs, terrains de sports... Dans ce cas il est donc indispensable de prévoir un programme de correction sur plusieurs saisons. Enfin, les espèces végétales employées doivent être particulièrement adaptées.

> Correcteurs pour augmenter le pH d'un sol

	Composition	Granulométrie	Durée d'effet	Rapidité d'action	Dosage pour pH < 6,3
SOIL pH + "GR"	97,8 % de CaCO ₃ minimum	10 à 175 microns	18 semaines	1 point sous une semaine	5,9 - 6,2 45 kg/ha 5,5 - 5,8 90 kg/ha 5,1 - 5,4 180 kg/ha 4,7 - 5,0 270 kg/ha 4,2 - 4,6 450 kg/ha
SOIL pH + "LQ"	97,8 % de CaCO ₃ minimum	35 à 50 microns	12 semaines	1 point sous une semaine	5,9 - 6,2 24 Lt/ha 5,5 - 5,8 47 Lt/ha 5,1 - 5,4 94 Lt/ha 4,7 - 5,0 141 Lt/ha 4,2 - 4,6 235 Lt/ha

Caractéristiques des correcteurs basiques

> Correcteur pour diminuer le pH d'un sol

	Composition	Granulométrie	Durée d'effet	Rapidité d'action
SOIL pH – "GR"	Solution acide tamponnée	30 à 50 microns	12 à 24 semaines	immédiate

Caractéristiques des correcteurs acides

5.3.4.3.2 Mise en application de l'utilisation des correcteurs de pH dans le cadre de Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE)

Extrait CCTP SOIL-pH + « GR »

Correcteur de pH de type SOIL-pH + longue durée.

Composition : 97.8 % de CaCO₃, minimum sous forme granulée de 10 à 175 microns.

La dilution minimale pour une application en simultanée avec semences est de 1 pour 300 d'eau. En dessous il est nécessaire d'appliquer les semences séparément.

Extrait CCTP SOIL-pH + « LQ »

Correcteur de pH de type SOIL-pH + action rapide.

Composition : 97.8 % de CaCO₃ minimum sous forme liquide de 35 à 50 microns.

La dilution minimale pour une application en simultanée avec semences est de 1 pour 300 d'eau. En dessous il est nécessaire d'appliquer les semences séparément.

Extrait CCTP SOIL-pH - « LQ »

Correcteur de pH de type SOIL-pH - action rapide.

Composition : solution acide tamponnée sous forme granulée de 30 à 50 microns.

La dilution minimale pour une application en simultanée avec semences est de 1 pour 300 d'eau. En dessous il est nécessaire d'appliquer les semences séparément.

5.4 LES SEMENCES

5.4.1 Les composants principaux des mélanges

Un mélange de semences est généralement élaboré à partir de deux familles d'espèces végétales :

> **les graminées** : famille botanique très importante, appartenant aux monocotylédones, présente sur tous les continents comprenant notamment les céréales, les gazons et une partie des plantes fourragères. Les graminées sont des plantes de tige cylindrique creuse avec des feuilles dont les nervures sont parallèles. Elles présentent un système racinaire dense, traçant et superficiel. Le tallage (développement de ramifications secondaires autour de la tige principale) est très important et conduit à la formation de touffes caractéristiques. Certaines espèces produisent des rhizomes et des stolons qui permettent l'occupation du terrain en surface. Les graines des graminées sont généralement allongées et leur taille varie selon les espèces. Le nombre de graines de graminées par gramme varie de manière très importante (de quelques centaines à plusieurs milliers).

Espèces	Nombre de graines par gramme
Agrostide stolonifère (Agrostis stolonifera)	15 000 à 20 000
Brome érigé (Bromus erectus)	200 à 250
Dactyle (Dactylis glomerata)	1 350 à 1 500
Fétuque élevée (Festuca arundinacea)	400 à 500
Fétuque rouge (Festuca rubra)	1 000 à 1 300
Fétuque ovine (Festuca ovina)	1 100 à 1 300
Fléole des prés (Phleum pratense)	Environ 1 800
Paturin des prés (Poa pratense)	4 000 à 5 500
Ray Grass anglais (Lolium perenne)	500 à 800

Exemples de nombre de graines/gramme selon les espèces de graminées

> **les légumineuses** : famille botanique constituant l'un des groupes les plus importants parmi les dicotylédones. Elle comprend notamment des espèces cultivées pour leurs graines (soja, pois, haricots, fèves....), des oléagineux et des plantes fourragères (trèfle, luzerne, sainfoin...). Leur système racinaire est de type profond, permettant un bon ancrage dans le sol et une résistance au stress hydrique. Les légumineuses présentent un grand intérêt sur le plan agronomique car elles contribuent à l'enrichissement du sol grâce à la bactérie rhizobium fixée sur leurs racines. Les graines des légumineuses sont généralement rondes et leur taille varie de manière moins importante.

Espèces	Nombre de graines par gramme
Lotier corniculé (<i>Lotus corniculatus</i>)	700 à 800
Luzerne (<i>Medicago sativa</i>)	500 à 600
Sainfoin (<i>Onobrychis sativa</i>)	50 à 60
Trèfle blanc nain (<i>Trifolium repens</i>)	1 600 à 1 700
Trèfle hybride (<i>Trifolium hybridum</i>)	1 500 à 1 600
Vesce commune (<i>Vicia sativa</i>)	20 à 30

Exemples de nombre de graines/gramme selon les espèces de légumineuses

> **autres espèces** : des semences appartenant à d'autres familles sont intégrées en complément. Elles permettent de diversifier les mélanges en termes de résistance/longévité, d'apport agronomique et d'augmenter la diversité du couvert végétal.

Comme indiqué dans les chapitres 3 et 4, le mélange de semences devra correspondre à divers objectifs qui permettront de définir une typologie de composition adaptée au projet d'hydroseeding :

DÉSIGNATION	SIGNIFICATION	ENGAGEMENT
Remise en végétation simple	Rétablissement d'une couverture végétale sur un site dégradé. 100 % des espèces semées sont issus du marché des semences pour gazon et prairiales.	L'objectif est de recréer rapidement un couvert végétal fixant les sols avec un mélange d'espèces traditionnelles (graminées + légumineuses). Ce couvert régressera rapidement, laissant la place aux espèces pionnières pour un objectif d'intégration à plus de 20 ans. L'intégration dans le paysage est substantielle et il n'y a pas de visée naturaliste immédiate. Il peut, également s'agir de contrôler les adventices et l'érosion sur les dépôts temporaires. Généralement, l'incidence économique devient primordiale et ce système permet de traiter des grandes surfaces à faibles coûts sans anticipation préalable.
Restauration	Recréer un milieu permettant à la communauté végétale de se réinstaller. La quasi-majorité des espèces semées sont des espèces locales issues de collectes ou de mises en culture préalables.	L'objectif est clairement naturaliste avec le retour en quelques années (3-5 ans) à un écosystème identique faisant appel à des espèces essentiellement natives impliquant une étude écologique pointue, la récolte ou la production de semences spécifiques. Cela nécessite une programmation très élaborée en amont (minimum 2 ans), un engagement financier important et des délais de réalisation souvent allongés. Ce système est adapté à des projets spécifiques sur des surfaces réduites. Ex : Renaturation d'écosystèmes sur projets d'infrastructures (végétalisation de la digue de stériles du projet Eurotunnel)
Récupération Rétablissement	Rétablissement du couvert végétal avec les mêmes espèces ou similaires que celles mises en place précédemment. Le mélange semé comprend alors des espèces prairiales et gazonnantes et des espèces sauvages.	Les objectifs sont sensiblement similaires à la restauration en termes de remise en état (5 à 10 ans), de respect du milieu et de garanties mais avec une adaptation aux contraintes budgétaires et de délais. La diversité des espèces est moindre et ce n'est pas une remise en état à l'identique. Ce système est adapté aux sites aux enjeux importants en termes d'impact. Ex : Carrière Ciments Vicat de Sassenage (38)
Réhabilitation	Recréer un écosystème alternatif remplaçant le milieu originel. Le mélange semé peut ne comporter qu'un type d'espèces adaptées au projet envisagé (sauvages le plus souvent)	Le but, dans ce cas, est de recréer un nouveau milieu dû à des aménagements spécifiques du projet (fonctionnels, paysagers...). Les objectifs sont alors définis au cas par cas avec les contraintes budgétaires qui en découlent. Ex : constitution d'une prairie sèche ou humide dans un parc paysager (Musée du quai Branly à Paris)

Typologie de mélanges selon les objectifs d'ensemencement

Contrôle de la qualité des semences

Dès les années 50, les organisations professionnelles ont instauré en France, le principe de contrôler la qualité des semences commercialisées. Une décennie plus tard, la réglementation nationale puis européenne instaure la certification officielle obligatoire. Elle est ainsi déléguée au GNIS (Groupement National Interprofessionnel des Semences), au sein duquel cette tâche est assurée par le Service Officiel de Contrôle et de Certification (S.O.C).

Initiée par les semenciers, institutionnalisée par les pouvoirs publics français, élargie à l'Europe et intégrée aux règles de commerce internationales, la certification a une double finalité : garantir la qualité des semences et favoriser la diffusion des variétés améliorées. Concrètement, il s'agit d'une certification du produit.

La première phase de la certification porte sur la variété des semences. En France, ne peuvent être produites et certifiées que des variétés inscrites au Catalogue national ou européen. Le contrôle de l'identité variétale des semences est donc un passage obligé, de même que le respect d'une norme de pureté.

La deuxième phase de la certification, dite technologique, concerne la pureté spécifique et la capacité germinative des semences, ainsi que la vérification de leur état sanitaire. Elle consiste à estimer le taux de mauvaises herbes ou d'autres graines dans les semences et à s'assurer d'un pourcentage minimum de grains qui germeront (en pratique très souvent supérieur à 90 %).

Le SOC est en charge de l'ensemble des contrôles effectués tant lors des cultures de semences que dans les usines. Au terme de ce parcours, réglementé et contrôlé, la procédure de certification s'achève par la fermeture inviolable de l'emballage des semences et par son étiquetage sous contrôle officiel.

Ainsi tout mélange semé en hydroseeding doit être vérifié lors de son ouverture par la récupération de l'étiquette qui a été cousue avec la fermeture de l'emballage.

L'étiquette doit indiquer le nom du fournisseur, le n° de lot et la composition du mélange.

Les espèces faisant l'objet d'une certification par le SOC (espèces du commerce) doivent évidemment respecter les seuils de pureté et de germination (90 %). Pour les espèces natives (non contrôlées par le SOC), les taux de pureté et de capacité germinative doivent être supérieurs à 70%.



Etiquette S.O.C. disponible sur chaque sac

Pour définir un mélange il sera nécessaire d'évaluer les qualités des diverses espèces entrant dans sa composition. Le tableau ci-après synthétise ce qui est recherché dans une espèce et définit les critères qui seront appliqués à chacune d'entre elles.

	OBJECTIFS OU CONTRAINTES	QUALITÉS RECHERCHÉES CHEZ LES ESPÈCES D'UN MÉLANGE D'HYDROSEEDING
Objectifs	- Stabilisation des sols et lutte contre l'érosion superficielle - Remise en végétation simple et couverture rapide	- Rapidité d'installation - Perennité - Système racinaire puissant et profond
	- Restauration, rétablissement ou réhabilitation - Insertion dans la dynamique végétale	- Appartenance au collège floristique local - Faible concurrence vis-à-vis des espèces spontanées - Perennité - Enrichissement du sol
Contraintes	Conditions de sols difficiles	- Facilité d'adaptation à la pauvreté des sols et au pH - Besoins nutritifs faibles - Besoins en eau faibles
	Conditions climatiques difficiles	- Résistance au froid - Résistance à des températures élevées

Critères recherchés en fonction des objectifs et contraintes

A RETENIR :

Contrairement à un mélange de terrains de sport ou d'espaces verts qui comporte 3-4 espèces de la même famille (graminées), un mélange d'hydroseeding comporte a minima une dizaine d'espèces issues de diverses familles (graminées, légumineuses et autres). Selon les objectifs du projet (cf tableau typologique de mélanges selon les objectifs de l'ensemencement page précédente), il sera nécessaire de composer un mélange de semences "équilibré" ou en fonction :

- > des spécificités de chaque espèce,
- > de leur comportement selon les conditions de milieu et de climat,
- > de leur capacité à se développer face à d'autres espèces parfois concurrentes...

C'est dans cette notion "d'équilibre" que réside l'art de la composition d'un mélange hydroseeding. Il convient donc pour cela de faire appel à des compétences expérimentées et spécialisées.

5.4.2 Descriptif des différentes catégories

- > graminées
- > légumineuses
- > autres espèces
- > espèces tropicales

Les tableaux présentés ci-après, sont non exhaustifs mais représentent les espèces les plus utilisées en hydroseeding. Les espèces fleuries (ex : coquelicot, marguerite, lin...) ne sont pas décrites car les critères recherchés dans leur utilisation sont essentiellement esthétiques et non techniques.

5.4.2.1 Principales graminées

Espèces	Germination Installation (semaines)	Pérennité (années)	Système racinaire	Concurrence autres espèces	Taille (cm)	Adaptabilité					Tolérance		
						PH < 7	PH ≥ 7	Structure compacte	Structure filtrante	Sol pauvre	Froid	Humidité	T° > 25°C Sécheresse
Agrostide commune (Agrostis tenuis)	2-3	7-9	S	2	50-70	3	2	1	3	3	4	2	1
Agrostide stolonifère (Agrostis stolonifera)	2-4	7-8	S traçant	3	60-80	3	3	2	2	1	3	3	0
Brachypode penné (Brachypodium pinnatum)		5-7	S	3	80-100	1	3	3	3	2	3	2	3
Brome érigé (Bromus erectus)	2-3	6-8	F	3	50-100	1	3	2	3	3	2	1	4
Brome inerme (Bromus inermis)	2-3	3-4	F	3	100-150	1	3	3	3	3	2	2	4
Canche élevée (Deschampsia coepitosa)	5-7	5-7	F	3	80-120	3	1	2	2	1	1	3	0
Chiendent (Cynodon dactylon)	4-5		S traçant	3	20-40	3	3	3	4	4	1	1	4
Crételle des prés (Cynosurus cristatus)	2-4	3-5	S traçant	2	30-50	2	3	3	1	1	2	3	1
Dactyle aggloméré (Dactylis glomerata)	6-8	6-8	F	3	80-120	3	3	2	3	1	4	2	3
Fétuque des prés (Festuca pratensis)	5-7	5-7	F	2	80-100	3	3	3	1	1	3	4	2
Fétuque élevée (Festuca arundinacea)	5-7	10-12	F	3	90-110	2	3	3	3	2	3	4	4
Fétuque ovine (Festuca ovina)	6-8	> 8	F	2	15-50	3	3	2	3	3	4	2	3
Fétuque rouge gazonnante (Festuca rubra commutata)	8-10	8-10	F	2	30-40	3	3	2	3	3	3	2	2
Fétuque rouge traçante (Festuca rubra rubra)	7-9	8-10	S traçant	2	30-40	3	3	3	3	3	3	2	3
Fléole des prés (phleum pratense)	8-10	5-8	F	3	60-100	4	2	3	1	2	4	4	0
Houlque laineuse (Holcus lanatus)			F	3	50-90	3	2	3	3	2	3	3	0
Paturin commun (Poa trivialis)	1-2	2-3	F	1	40-90	2	2	4	1	1	3	3	1
Paturin des prés (Poa pratensis)	4-6	5-8	S traçant	1	30-90	2	2	3	3	1	4	2	2
Ray grass Anglais (Lolium pérenne)	1-2	4-6	F	3	60-80	2	3	4	2	2	3	3	1
Ray grass Italien (Lolium italicum)	1-2	1-2	F	4	70-120	2	3	2	1	1	4	2	2

Légende :

0 mauvaise

1 faible

2 assez faible à moyen

3 bon ou fort

4 très bon ou très fort

S : superficiel

P : pivotant

F : fasciculaire

5.4.2.2 Principales légumineuses

Espèces	Germination Installation (semaines)	Pérennité (Années)	Système racinaire	Concurrence autres espèces	Taille (cm)	Adaptabilité					Tolérance		
						PH <7	PH ≥7	Structure compacte	Structure filtrante	Sol pauvre	Froid	Humidité	T°>25°C sécheresse
Anthyllide vulnérable (Anthyllis vulneraria)	7-10	>5	P	2	15-40	2	3	3	3	3	3	2	3
Lotier corniculé (Lotus corniculatus)	8-10	3-5	P	2	60-70	2	3	1	3	3	4	2	4
Luzerne (Medicago sativa)	5-7	4-5	P	3	80-100	0	3	3	3	3	2 à 3 selon type	2	3 à 4 selon type
Luzerne lupuline ou minette (Medicago lupulina)	3-5	1-2	P	3	15-40	0	3	2	3	3	4	2	3
Psoralée bitumineuse (Psoralea bituminosa)	5-7	3-4	P	2	50-60	0	3	3	3	3	2	1	3
Sainfoin (Onobrychis sativa)	5-7	3-5	P	3	70-90	1	3	1	3	3	4	1	4
Trèfle blanc nain (Trifolium repens)	3-4	2-3	P	3	10-40	1	3	3	3	3	4	3	2
Trèfle violet (Trifolium pratense)	3-4	2-3	P	3	20-60	2	3	3	0	0	3	3	1
Trèfle hybride (Trifolium hybridum)	5-7	2-3	P	2	60-90	1	3	4	0	0	4	4	1
Vesce commune (Vicia sativa)	7-9	1	P	2	60-90	2	3	3	1	3	3	3	1

Légende :

0 mauvaise

1 faible

2 assez faible à moyen

3 bon ou fort

4 très bon ou très fort

S : superficiel

P : pivotant

F : fasciculaire

5.4.2.3 Quelques espèces d'autres familles

Espèces	Germination Installation (semaines)	Pérennité (Années)	Système racinaire	Concurrence autres espèces	Taille (cm)	Adaptabilité					Tolérance		
						PH <7	PH ≥7	Structure compacte	Structure filtrante	Sol pauvre	Froid	Humidité	T°>25°C sécheresse
Achillée Millefeuille (Achillea millefolia)	5-7	7-9	P	3	25-80	2	3	2	3	3	3	1	3
Pimprenelle (Sanguisorba minor)	7-9	3-5	P	1	40-60	2	3	3	3	3	3	3	3
Plantain lancéolé (Plantago lanceolata)	3-5	3-5	P	3	10-60	2	3	3	3	3	3	3	3
Plantain corne de cerf (Plantago coronopus)	3-5	2-3	P	2	20-30	3	3	3	4	3	2	2	4
Saponaire de Montpellier (Saponaria ocymoides)	7-9	3-5	F	2	10-15	3	3	1	3	3	3	1	3

Légende :

0 mauvaise

1 faible

2 assez faible à moyen

3 bon ou fort

4 très bon ou très fort

S : superficiel

P : pivotant

F : fasciculaire

5.4.2.4 Quelques espèces tropicales

Espèces	Germination Installation (semaines)	Pérennité (années)	Système racinaire	Concurren- ce autres espèces	Taille (cm)	Adaptabilité					Tolérance		
						PH < 7	PH ≥ 7	Structure compacte	Structure filtrante	Sol pauvre	Froid	Humidité	T° > 25°C Sécheresse
Carpet Grass (Axonopus Affinis)	7-9		S traçant	3	25-50	3	2	3	3	3	0	2	3
Chiendent (Cynodon dactylon)	4-5		S traçant	3	20-40	3	3	3	4	4	1	1	4
Herbe de Bahia (Paspalum Notatum)	8-10		S traçant	3	80-100	3	2	3	4	3	1	3	4
Herbe de Surinam (Brachiaria Decumbens)	7-9		S traçant	4	50-60	4	3	1	3	3	3	2	3
Kikuyu (Pennisetum Clandestinum)	4-5		S traçant	4	20-30	3	3	3	3	2	1	3	3
Herbe de St Augustine (Stenotaphrum Secundatum)	8-10		S traçant	3	10	2	3	3	3	3	1	3	3
Zoyzia	10-13		S traçant	3	10-20	3	3	3	3	2	2	3	3

Légende :

0 mauvaise

1 faible

2 assez faible à moyen

3 bon ou fort

4 très bon ou très fort

S : superficiel

P : pivotant

F : fasciculaire

6.

CONTRÔLES POUR UNE MISE EN OEUVRE DE QUALITÉ

6.1 CONTROLES LORS DE LA PHASE PREPARATOIRE

6.1.1 Définition du document référentiel

Le P.A.Q (Plan Assurance Qualité) ou S.O.P.A.Q (Schéma Organisationnel du Plan Assurance Qualité) ou S.O.P.M.Q (Schéma Organisationnel du Plan Management Qualité) est le document référentiel du contrôle qualité établi en quelque sorte contradictoirement.

A noter qu'il est généralement complété par un S.O.P.R.E (Schéma Organisationnel du Plan Respect de l'Environnement) qui est lui, le document référentiel, destiné à gérer toutes les questions liées aux impacts éventuels sur l'environnement lors de la phase travaux.

Ils sont établis par l'entrepreneur et transmis au Maître d'œuvre suffisamment tôt pour permettre à celui-ci de l'étudier et de le valider avec les amendements nécessaires.

Ces documents, spécifiques à chaque projet, sont élaborés dans le but de décrire les moyens (humains, matériels et fournitures) ainsi que la méthodologie de travail employée pour la réalisation de l'ouvrage.

Outre les chapitres communs à tous ces documents référentiels, les P.A.Q, S.O.P.A.Q ou S.O.P.M.Q, spécifiques aux travaux d'hydroseeding comporteront les informations suivantes qui seront indispensables au Maître d'œuvre pour les contrôles opérés lors de la mise en œuvre du semis :

> Matériel d'hydroseeding :

- Marque et caractéristiques du matériel (volume, type malaxage etc...).
- Caractéristiques du porteur de l'hydroseeder.
- Copie de l'homologation CE du matériel et localisation du marquage CE sur matériel (cf § 5.2).

> Fournitures :

- Fiche technique de chaque fourniture et identification du fournisseur/conditionnement. Une fiche est jointe à la demande d'agrément.
- Localisation des points d'eau qui seront employés et copie des autorisations de pompage.
- Localisation du site de stockage des fournitures pour les contrôles inopinés de la qualité et des quantités.

> Production / planning :

- Par type d'hydroseeder et type de traitement à réaliser, détermination de la composition type d'une cuve, de la surface couverte par cuve et du nombre de cuves total à appliquer sur la surface globale du projet.
- Estimation du nombre de cuves et du nombre de jours nécessaires à la réalisation du projet par rapport aux quantités projetées.

CAMPAGNE DE SEMIS / DATE	TOUTES		
REF TRAITEMENT (EN RÉFÉRENCE AU BPU)	Poste 2.11		
TYPE D'HYDROSEEDER	Euro-Seeder T170 - 6 670 litres		
SURFACE À TRAITER	1, 235 hectare (12 350 m ²)		
NOMBRE DE CUVES	12,5 cuves		
NOMBRE DE JOURS ESTIMÉ	2 jours		
SURFACE TRAITÉE PAR CUVE	1 000 m ²		
Désignation fournitures	Dosage / Ha	Qté par cuve	Qté arrondie à approvisionner
Semences réf Euro-Seeding 69CL021 Conditionnement : sac de 25 kg	250 kg	25 kg	325 kg
Engrais organo minéral Vert-Expert Conditionnement : sac de 30 kg	1 000 kg	100 kg	1 260 kg
Activateur germination Vegemax Conditionnement : bidon de 20 L	50 L	5 L	80 L
Membrane anti érosion Euro-Mat FGM Conditionnement : botte de 22,7 kg	150 Bt	15 Bt	186 Bt

Exemple de document référent des dosages et densité d'application par type de traitement

6.1.2 Réunion préparatoire *in situ*

Il est fréquent, que les conditions projetées lors de l'étude divergent avec la réalité au moment des travaux : envahissement des terrains par adventices, nature du substrat différent de celui attendu, conditions climatiques atypiques pour la saison, conformation de terrain et/ou accès modifiés par endroits... .

Il est ainsi indispensable d'organiser une réunion préparatoire sur site avant chaque campagne de semis. Elle permet de confronter la projection initiale avec la situation sur site et d'y apporter les ajustements si nécessaires.

Lors de cette réunion, il est nécessaire que l'entreprise puisse prendre connaissance de documents tels que plans à jour, relevés de surface, contraintes spécifiques de sécurité.....

A noter, que pour une plus grande flexibilité, le Maître d'œuvre doit prévoir au B.P.U. (Bordereau des Prix Unitaires) différents item, qui sont cités « Pour Mémoire » (P.M), correspondant à différents scénarios possibles.

Par exemple :

- Prix pour mise en œuvre d'un géotextile biodégradable type Euro-Textile.
- Prix pour un fauchage avec ou sans évacuation.
- Prix pour un apport supplémentaire d'amendement organique.
- Etc.

Les objectifs de cette réunion préparatoire sont donc de :

- > **Réceptionner les surfaces prêtes à l'ensemencement** en veillant plus particulièrement à la conformité de :
 - La qualité de la gestion des eaux périphériques.
 - La qualité du substrat et de l'état superficiel des sols.

A RETENIR :

La réception des surfaces par l'entrepreneur constitue un point d'arrêt de la plus haute importance pour celui-ci. En effet, dès lors qu'il aura accepté (par la réception sans réserve) les surfaces qu'il va semer, il ne pourra évoquer ultérieurement une non-conformité de celles-ci limitant ainsi sa responsabilité vis-à-vis de la garantie de résultat.

- **Ajuster les traitements** à réaliser en fonction de la réalité du terrain et de la météorologie.

- **Mesurer, quantifier et reporter** dans un tableau et sur un plan les quantités à approvisionner et les zones à semer par type de traitement pour la campagne considérée.

A RETENIR :

L'approche "mesure par type de traitement" est une des clefs qui permet à l'entrepreneur et au Maître d'œuvre de s'assurer du contrôle de la qualité de l'application par l'approvisionnement de la quantité de fournitures nécessaire et l'estimation de la durée en fonction de l'équipement employé.

Le tableau employé est celui contenu dans le document référentiel (Paragraphe 6.1.1. Tableau référent « dosages et densité d'application par type de traitement ») **hormis le fait que les éléments indiqués concerneront uniquement les surfaces traitées durant la campagne considérée.**

CAMPAGNE DE SEMIS / DATE	Campagne n°1 : semaine 36 / 2011		
REF TRAITEMENT	Poste 2.11		
TYPE D'HYDROSEEDER	Euro-Seeder T170 - 6 670 litres		
SURFACE À TRAITER DURANT LA CAMPAGNE	0,550 hectare (5 500 m ²)		
NOMBRE DE CUVES	5,5 cuves		
NOMBRE DE JOURS ESTIMÉ	1 jour		
SURFACE TRAITÉE PAR CUVE	1 000 m ²		
Désignation fournitures	Dosage / Ha	Qté par cuve	Qté arrondie à approvisionner
Semences réf Euro-Seeding 69CL021 Conditionnement : sac de 25 kg	250 kg	25 kg	150 kg
Engrais organo minéral Vert-Expert Conditionnement : sac de 30 kg	1 000 kg	100 kg	570 kg
Activateur germination Vegemax Conditionnement : bidon de 20 L	50 L	5 L	40 L
Membrane anti érosion Euro-Mat FGM Conditionnement : botte de 22,7 kg	150 Bt	15 Bt	83 Bt

Exemple de tableau d'approvisionnement et de mise en œuvre par campagne de semis et par type de traitement (en rouge les éléments modificatifs du tableau contenu dans le document référent)

6.2 CONTROLES LORS DE LA PHASE OPERATIONNELLE

6.2.1. Contrôle de la qualité et des quantités de fournitures

Objectifs de ce niveau de contrôle : Vérifier que les fournitures livrées sont conformes en qualité et quantités.

Pour réaliser aisément ce contrôle il est nécessaire de se munir :

- Du document référentiel défini au paragraphe 6.1.1. et plus précisément des fiches techniques de chaque fourniture + fiches agrément **sur lesquelles sont indiqués la référence des fournitures, leur composition et leur conditionnement.**

Forme du contrôle : Vérifier la conformité en rapprochant ces données avec celles imprimées sur les emballages ou étiquettes S.O.C (Service Officiel de Contrôle cf § 5.4.1) pour les mélanges de semences.



Exemple de marquages disponibles sur un sac de semences et une botte de mulch

- Du ou des tableaux spécifiques des traitements à effectuer durant la campagne considérée sur lesquels est précisée la quantité de chaque fourniture devant être livrée pour réaliser la campagne de travaux (cf tableau paragraphe 6.1.2.).

Forme du contrôle : Stock physique et/ou collecte des bons de livraison détaillés du/des fournisseurs.

DATE: 09/10/11

EXPÉDITEUR: **SPECIMEN**

LIVRAISON N° 50

DESTINATAIRE: Projet: PISIES STATION LES ARES

Réf. commande: CDE REF ACTN 52 11

Emballage: Port:

Conditions de paiement:

5000	kg	Mélange 3 valeurs (25 kg/hae) Palette de 500 kg
13500	kg	Engrais NPK (1350 kg / 30 kg/hae) Palette de 1350 kg / 30 kg/hae.
400	bt	Neuhane Euro-NAT & FE 11 Palette de 40 bt / 22,1 kg/bt

Reçu les marchandises ci-dessus en bon état

A. LEBLANC le 09/10/11

Signature: _____

Exemple de bon de livraison

6.2.2. Contrôle de la qualité de la mise en œuvre

Objectifs de ce niveau de contrôle : Vérifier l'uniformité et la densité d'application

Le contrôle de la qualité et des quantités de fournitures ne permet aucunement de garantir la qualité du travail réalisé... Un deuxième stade de contrôle est nécessaire consistant à vérifier la qualité de mise en œuvre. Celle-ci est déterminante et doit être menée sur deux fronts.

6.2.2.1 Conformité du mélange préparé

Principe : Une application de qualité commence toujours par une préparation maîtrisée

Tout d'abord il convient de rappeler que l'eau est utilisée en hydroseeding/hydromulching/hydrosprigging comme agent propulseur du mélange appliqué mais n'est en rien moteur de germination ou de développement du végétal.

Ainsi, l'eau, en hydroseeding, est un facteur limitatif de la production (cf §5.3.1) et perturbateur de l'homogénéité d'application lorsque celle-ci est employée de manière trop importante par rapport aux adjuvants secs. A contrario, une proportion trop faible d'eau entraînera le blocage de la pompe.

Pour réaliser aisément ce contrôle, il est important de se munir :

- Du ou des tableaux spécifiques des traitements à effectuer durant la campagne considérée sur lesquels est indiquée la quantité de chaque fourniture devant être incorporée dans chaque préparation de cuve.

Forme du contrôle :

- **Vérifier** in situ la conformité du **volume de la cuve et la présence d'une plaque homologation CE** (cf §5.2) par rapport au document référent.
- **Contrôler la quantité** des fournitures incorporées.

- D'un récipient type verre plastique ou petit sceau et d'une planchette

Forme du contrôle (uniquement pratiqué pour les opérations de semis) :

Une fois le mélange prêt à l'emploi, prélever avec le récipient la mixture préparée. Sur une surface plane (planchette bois ou de mélaminé) retourner le récipient puis le retirer en le tirant vers le haut (comme pour faire un château de sable).

Si le mélange se disperse immédiatement sans cohésion et/ou avec ségrégation, la préparation comporte trop d'eau. Il convient alors d'ajouter du mulch et/ou du fixateur.

Si le mélange forme un « bloc » la préparation ne comporte pas assez d'eau.

Si le mélange progresse lentement en gardant une bonne homogénéité et cohésion, le mélange est conforme.



Test 1 : Mélange trop fluide – Ajouter de la fibre ou du fixateur



Test 2 : Mélange trop compact – Ajouter de l'eau ou du fixateur fluidifiant type VEGESTAB



Test 3 : Mélange conforme – L'eau ruisselle peu et bonne cohésion du mulch et des fixateurs

A RETENIR :

IMPORTANT : Pour optimiser la production, limiter les pertes de temps dues aux blocages et aux bouchages, optimiser l'homogénéité d'application, il convient de se reporter au livret technique de l'hydroseeder sur lequel est indiqué la capacité de charge maximale de produits secs.

6.2.2.2 Uniformité et densité du mélange appliqué

Objectifs : Un travail de qualité se caractérise par une uniformité de l'application sur l'ensemble du microrelief avec une densité d'épandage calibrée et maîtrisée. Ces deux critères sont les fondamentaux qui permettent de garantir le rôle du mulch, en temps qu'agent temporaire anti-érosif, et la levée régulière de la végétation semée.

6.2.2.2.1 Conformité de l'uniformité de l'application

En préalable, il convient d'indiquer que l'uniformité du mélange appliqué au sol dépend de 4 facteurs :

- a/ La qualité du mélange préparé (cf § 6.2.2.1).
- b/ L'utilisation de la buse appropriée (cf § 5.2.5).
- c/ L'emploi du tuyau ou du canon en fonction du type d'application souhaitée (cf §5.2.4).
- d/ Le positionnement du semeur par rapport à la zone à traiter.

De manière générale,

- > **Le semeur « traitera » toujours un talus en étant positionné en aval de celui-ci** ce qui permet de « stabiliser » les fines et les éléments instables. A contrario, un traitement en amont favorisera l'érosion, le ruissellement et « poussera » fines et éléments instables. Ensuite, si nécessaire, il se positionnera en amont pour finaliser l'application.
- > **Le semeur**, pour les zones avec un micro **relief tourmenté**, se positionnera face au talus et **appliquera son mélange en passages croisés (dans un sens et dans l'autre) en respectant un angle de 45°**. De cette manière, toutes les facettes d'une ravine ou d'une terre motteuse ou caillouteuse seront traitées uniformément.
- > **Pour les zones bien nivelées et sans micro-relief** (golf, toiture, espace vert), le semeur, pourra appliquer en un passage unique en se tenant face à la zone à traiter.
- > **Pour un semis précis et soigné** le semeur privilégiera l'application au tuyau (zones spécifiques d'espace vert, de golf, de toiture, d'abord de bâtiment).

Exemples de modes d'application adaptée au canon ou au tuyau





Forme du contrôle :

- **Vérifier** *in situ* quel que soit l'angle d'observation du substrat que celui-ci a été traité. Vérifier également qu'il n'y a aucune zone de « glissement ».

Exemples d'applications correctes (ci-dessous)



Exemples d'applications non correctes (ci-dessous)



La proportion d'eau trop importante dans le mélange provoque des glissements du mulch



L'utilisation d'une buse non adaptée ou une avancée trop rapide a pour conséquence une irrégularité dans le semis très visible par le traceur contenu dans le mulch



L'application en une passe sur terrain à fort micro relief laisse des zones non recouvertes (vues aval et amont d'une même zone)

6.2.2.2.2 Conformité de la densité d'application

Selon le même principe, la densité d'application est en corrélation directe avec le niveau de performance calculé et attendu d'une couverture de mulch.

Pour réaliser aisément ce contrôle, il est conseillé de se munir :

- Du ou des tableaux d'approvisionnement et mise en œuvre par campagne de semis et par type de traitement sur lesquels sont précisés : le type d'hydroseeder, la surface traitée par cuve, les quantités de fournitures par cuve.
- De quatre piquets et d'un décamètre.

Mise en place du contrôle :

- Mesurer une surface correspondant à la zone devant être traitée avec une cuve (cf Tableau d'approvisionnement et mise en œuvre par campagne de semis et par type de traitement).
- Application de la cuve sur cette surface étalonnée.

Forme du contrôle :

- Le taux de couverture de mulch (seul élément très visible) de la zone mesurée sera utilisé comme référent de la densité pour un contrôle visuel de l'ensemble des zones.

Guide sommaire de l'aspect visuel d'un mulch



500 kg/ha (Tx couverture sol 25 %)



1 000 kg/ha (Tx couverture sol 50 %)



2 000 kg/ha (Tx couverture sol 80 %)



4 000 kg/ha (Tx couverture sol 100 %)

6.3 CONTROLES POSTERIEURS AU SEMIS ET GARANTIE

Objectifs :

Les contrôles postérieurs permettent :

- 1- d'apporter une réponse adaptée et immédiate en cas d'apparition d'événement mettant en danger la bonne levée et l'implantation de la végétation (ex : attaque d'insectes, événement climatique imprévisible, pâturage, intervention humaine etc.) ;
- 2- d'appeler si nécessaire la garantie ;
- 3- de capitaliser de l'expérience.

Le contrôle postérieur consiste à « accompagner » la germination et l'implantation du semis dès la fin de la phase travaux et ce jusqu'au constat de levée de garantie. Pendant cette **période critique**, il convient d'apporter, immédiatement et énergiquement, la réponse appropriée si un événement, mettant en péril la levée ou l'implantation du couvert, survient : activité humaine, sécheresse prolongée, apparition de ravines, défaut du système éventuel d'irrigation, accumulation, en un point, d'eau de ruissellement provoquant une érosion localisée etc...

A RETENIR :

Enfin, subsidiairement à l'intérêt particulier de chaque projet, il convient d'insister sur l'intérêt de capitaliser de l'expérience. En effet, bien que les performances des matières employées soient de plus en plus connues et maîtrisées, il convient de prendre en compte le côté empirique de ces techniques qui se nourrit des contrôles et de l'expérience collectée lors du suivi des projets.

6.3.1 Principes élémentaires permettant de définir les termes d'une garantie opposable

Pour qu'une garantie soit « opposable » il est indispensable qu'elle réponde aux 3 critères suivants :

6.3.1.1 Caractérisation de la garantie : de moyens ou de résultat ?

La **garantie de moyens** permet de s'assurer que l'entreprise mettra en oeuvre scrupuleusement l'ensemble des préconisations établies dans le cahier des charges et/ou consignes formulées par le Maître d'oeuvre. Cette garantie est généralement employée sur des projets expérimentaux, des zones tests, des sites où des aléas ou contraintes spécifiques ne permettent pas de projeter avec précision le niveau de résultat escompté, ou enfin sur des applications dont le résultat attendu est subjectif.

La **garantie de résultat** permet de s'assurer que le niveau de résultat attendu sera atteint au terme d'une période définie. Par exemple : « 1 an après le constat de bonne levée ».

Il convient ici de définir la nature du résultat recherché qui varie en fonction de la nature de l'ouvrage :

Exemples :

- Engazonnement d'espace vert ou de golf, la garantie portera sur une « densité de levée » ou un **« taux de recouvrement »**, mesurés **« X » mois après le constat de bonne levée et d'uniformité**.
- Traitement anti-érosion, la garantie portera sur **« l'absence de fines dans les caniveaux ou pieds de talus et l'absence de ravines de plus de x cm de profondeur et de large »**.

Cette garantie est généralement employée pour les mises en oeuvre parfaitement maîtrisées. Elle implique totalement l'entrepreneur qui intervient en tant que professionnel et qui doit, dès la remise de l'offre, signifier au Maître d'oeuvre ses remarques, suggestions ou exclusions par rapport à la garantie demandée.

6.3.1.2 Caractère « réaliste » de la garantie

Les termes définissant la garantie recouvrent généralement les notions de « taux de recouvrement » ou de « nature du couvert végétal ».

6.3.1.2.1 Notion de taux de recouvrement

Le niveau de résultat demandé doit être **« atteignable »**. Ainsi, pour estimer par exemple « un taux de couverture », il est aisé de prendre en référentiel absolu une zone, dans un environnement proche, ayant les mêmes contraintes que celles du projet. Ainsi il sera important que l'exposition, la pente, la nature du substrat, la végétation... de la zone servant d'étalon soient les plus proches possibles de ce qui est décrit dans le CCTP afin que le pourcentage de couverture extrapolé soit exploitable.

Par ailleurs il faudra avoir à l'esprit que le taux de couverture est évolutif en fonction de la période (saison) d'observation et surtout considérer que celui-ci est le résultat d'un long processus (souvent de plusieurs dizaines d'années en milieu naturel). Il convient donc de pondérer les attentes et surtout de les lier à une époque d'observation.

Enfin, il est important d'avoir conscience que les taux de couverture rencontrés en milieu naturel sont généralement largement inférieurs à 100 %.

Exemples de taux de recouvrement de zones naturelles :

Zone méditerranéenne - Zone plane



Végétation herbacée, taux de recouvrement : environ 65 %



Végétation herbacée et ligneuse, taux de recouvrement : environ 50 %

Zone tempérée - Zone plane



Végétation herbacée, taux de recouvrement : environ 75 %

Zone tempérée – Zone de talus 45° / influence de l'exposition



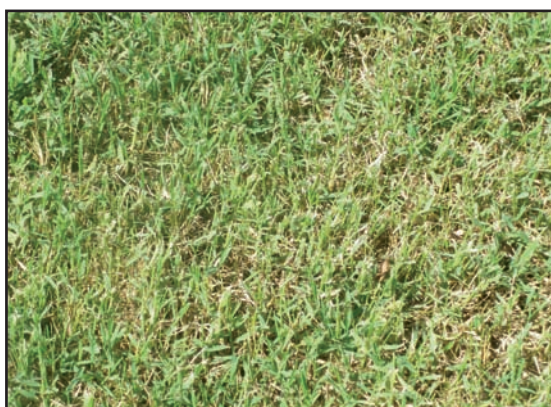
Exposition Nord, taux de recouvrement : environ 80 % Exposition Sud, taux de recouvrement : environ 60 %

Pour espérer obtenir un taux de recouvrement de 100 % il est indispensable sur sol plat, de passer par une « fine » préparation du substrat (cf § 5.1 : La préparation des sols) consistant en :

- L'élimination de tous les éléments pierreux (concassage, enfouissement, ratissage).
- Un décompactage accompagné de l'élimination des mottes et d'un ratissage.
- Une éventuelle irrigation (en fonction de la zone climatique).

Bien entendu, ce niveau de préparation est réservé à des ouvrages spécifiques sur lesquels le niveau d'exigence en termes de densité de végétation est essentiel. C'est ainsi le cas des terrains sportifs et des pelouses de prestige. En conclusion, un recouvrement de 100 % ne peut être envisagé que dans la mesure où d'importants moyens de préparation de sols ont été engagés ; il reflète rarement la réalité « naturelle ».

Zone tempérée – Zone plane avec préparation de sol



Zone espace vert, taux de recouvrement : 100 %

Zone prairie, taux de recouvrement : 100 %

6.3.1.2.2 Notion de nature du couvert végétal

Cette notion permet de s'assurer que les espèces composant le mélange grainier se retrouveront implantées sur la zone semée.

Ce type de garantie doit être envisagé avec prudence. En effet, pour espérer une levée significative des espèces dans des proportions proches de celles du mélange défini, il est indispensable que le « substrat » soit contrôlé, homogène et que les espèces soient adaptées.

En effet, la plupart des substrats terreux rapportés, comprennent un stock de semences endogènes de la zone de terrassement dont ils sont issus. Si cette « pollution » peut être un atout lorsque le substrat provient d'une zone qui aurait pu servir « d'étalon », elle se révèle souvent comme une contrainte dans le cas d'un changement de destination et en raison de la présence d'espèces annuelles (parfois nocives telles l'Ambroisie). Dans ce cas, il est indispensable de prévoir des opérations de faux semis (pour épuiser le stock de semences), travailler le sol pour qu'il soit homogène et réaliser des opérations de fauchage adéquat pour éradiquer les espèces annuelles.



Exemple d'un talus semé et infesté par des annuelles

Cette garantie pourra être néanmoins employée sur des ouvrages type pelouses, prairies fleuries, ou terrains sportifs, sur lesquels la nature de la végétation s'y développant est primordiale. Dans ce cas il sera nécessaire de s'assurer que les traitements préalables et postérieurs au semis sont prévus en fonction de la nature de substrat ainsi que de sa provenance.

A noter que le semis sur terrain stérile permet de mieux « maîtriser » la nature de la levée.

6.3.1.2.3 Les mesures de la performance

Pour être appréciable et non subjective, il est indispensable que la performance soit « mesurable » et que le protocole d'évaluation soit clairement défini. Voici quelques exemples d'outils disponibles pour mesurer un résultat.

Outil n°1 : Mesurer la densité et l'uniformité de la dispersion des plantules

Époque de ce constat : 1 mois après la première levée (15 jours en zone tropicale) si les conditions météorologiques sont favorables à la germination.

Pour un semis à 200 kg/ha soit 20 gr/m² avec une moyenne de +/- 750 graines/gr et un taux de germination de 50 % (du fait des pertes liées à la méthode de semis, insectes, oiseaux, lessivage etc.). A noter que sur un terrain caillouteux il conviendra de pondérer le résultat obtenu en le minorant du pourcentage de surface couverte par les cailloux.

Lors de la germination, il est attendu d'obtenir 7 500 plantules / m² soit 75 plantules / dm² avec une dispersion de plantules d'environ tous les 8 mm (75 /100 cm²).

Ainsi, pour quantifier la densité, il conviendra de mesurer le nombre de plantules installées dans un carré de 1dm de côté ce qui reviendra à compter 75 plantules si l'exemple précédent est repris.

A noter que pour faciliter le comptage, il est recommandé de prendre une photo de la zone délimitée (par un cadre en bois par exemple) et de faire le comptage avec un marqueur via un logiciel ou avec un feutre après tirage papier.

Pour qualifier l'uniformité, l'étalon utilisé sera une zone dont la densité est conforme afin de vérifier la continuité de ce taux de couverture sur toute la zone traitée.



Vue zoomée où chaque plante se distingue aisément



Vue illustrant la densité de la levée

Outil n°2 : Qualifier la limite acceptable d'une ravine apparue postérieurement aux travaux de semis.

Époque de ce constat : Préférentiellement au printemps ou après un épisode pluvieux d'une intensité rare (orage, tempête, cyclone).



Mesure de la largeur de la ravine



Mesure de la profondeur

Outil n°3 : Qualité de la végétation et de l'implantation

Époque de ce constat : une saison de végétation après le semis correspondant également à la réception définitive des surfaces.

L'observation portera dans ce cas sur l'installation pérenne du semis, sur l'état sanitaire de la végétation afin qu'elle résiste au stress spécifique du milieu dans lequel elle a été implantée.

Les symptômes de carences, stress ou maladies pouvant entraîner une régression du couvert végétal seront particulièrement suivis (cf Paragraphe 2-3 Aspect Chimique du sol).

6.3.2 Rédaction de la clause de garantie

La clause de garantie permet de s'assurer que les objectifs fixés seront atteints. Avant la rédaction de cette clause il conviendra d'ordonner par ordre d'importance les objectifs à atteindre, ce qui permettra de décrire la méthodologie d'évaluation employée pour contrôler la conformité des travaux.

Exemple :

Cas d'un talus de déblais en zone péri-urbaine sous climat méditerranéen avec une exposition sud, non revêtu de terre végétale devant être semé fin août.

Surface : 6 500 m²

Taux de couverture pierreuse : 35 %

Mélange comportant en moyenne : 950 graines / gramme (compilation pour chaque espèce et moyenne du nombre de graines/gramme – cf paragraphe 5-4 Semences)

Dosage semences : 175 kg/ha

Clause de garantie possible :

Les travaux sont garantis par l'entrepreneur qui s'engage après chaque constat à apporter les mesures compensatrices afin d'atteindre les objectifs fixés, sous 15 jours maximum. La garantie demandée est « une garantie de résultat ».

La garantie porte sur les points suivants :

- *Densité et uniformité des plantules : 1 mois après les premières germinations, dans la mesure où les conditions ont été favorables, un comptage des plantules sera effectué sur des zones choisies aléatoirement (à raison de 4 zones par hectare). Le résultat attendu doit être au minimum de 50 plantules / dm² (carré de 10 cm de côté). Détail du calcul : $((17.5 \text{ gr/m}^2 \times 950 \text{ graines/gr}) \times 65 \% \text{ (surface hors éléments pierreux)} \times 50 \% \text{ (pertes semences)}) = 5403 \text{ plantules /m}^2 \text{ ou } 54 \text{ plantules / dm}^2$. Les zones comptées serviront « d'étalon » pour évaluer l'uniformité. Toute pelade ou zone mal venue sera reprise. Est considérée comme pelade, une zone où la densité de plantules est inférieure à 25 plantules.*
- *Stabilité superficielle : Aucune ravine postérieure au semis d'une largeur de plus de 20 cm et d'une profondeur de plus de 15 cm ne sera tolérée. Ces ravines devront être comblées et réensemencées.*
- *Qualité du couvert : Au terme d'une saison de végétation après le semis, le couvert végétal ne devra présenter aucun signe de carence ou maladie mettant en danger la pérennité de la strate herbacée établie. Si c'est le cas, une fertilisation ou un traitement devra être effectué, dans les meilleurs délais, après validation par le Maître d'oeuvre.*

A l'issue de cette saison de végétation et éventuellement des reprises ou traitements complémentaires, la garantie sera levée.

A RETENIR :

La règle d'Or

Un résultat médiocre, en termes de densité de levée ou d'uniformité, constaté après une période favorable ne sera jamais rattrapé sans qu'une intervention corrective ne soit réalisée.

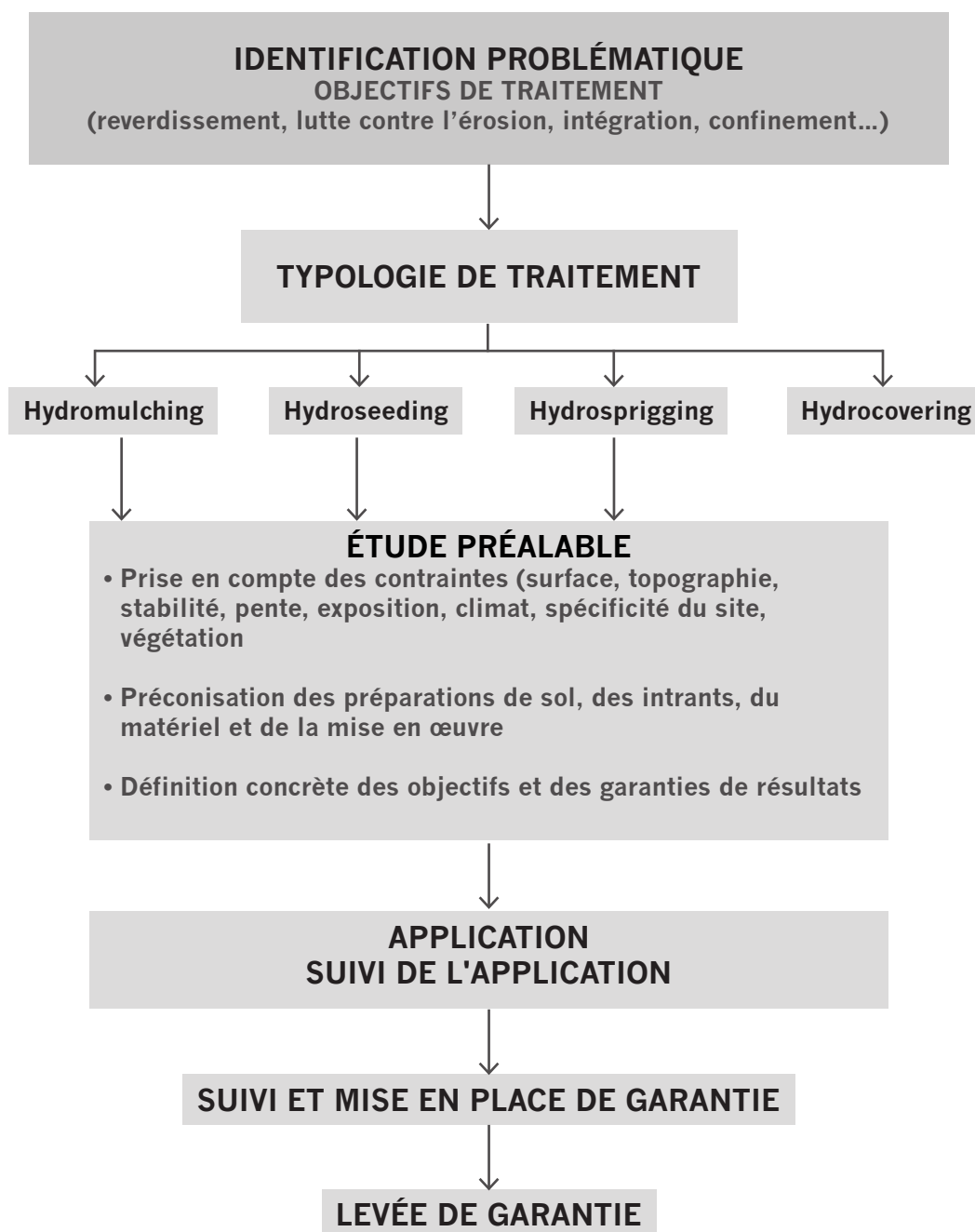
Le temps sera facteur de désordres supplémentaires et non d'amélioration (érosion, régression du couvert végétal, diminution du taux de matière organique dans le sol...).

Il est primordial que le constat soit suivi d'une action corrective dans les meilleurs délais.

CE N'EST PAS À « MÈRE NATURE » DE SUPPORTER LA GARANTIE !

7.

SCHÉMA GLOBAL DES ÉTAPES DE L'ENSEMENCEMENT HYDRAULIQUE



ÉTUDES DE CAS

8.

ÉTUDES DE CAS

La liste de chantiers présentés ci-après n'est qu'une représentation d'une multitude de cas particuliers. Cet échantillon de projets permet de prendre conscience que chaque cas est unique et qu'il est important de l'appréhender selon les prescriptions décrites dans les chapitres précédents. La nécessité d'une analyse préalable du chantier, des conditions locales et des contraintes inhérentes au projet permettra de définir au mieux le matériel adapté et les intrants nécessaires pour atteindre les objectifs du maître d'ouvrage.

CHANTIER 1**Localisation / Climat :**

Allemagne / Zone tempérée continentale

Type de traitement

Hydromulching avec fertilisation 6 à 12 mois suivant le semis

Objectif(s) :

- > Intégration d'un dispositif 3D de stabilisation de talus routier
- > Gestion des eaux internes du talus et des eaux de pluie

Contraintes spécifiques

- > Structure 3D ancrée sur roche massive fracturée et remplie sur 8 cm par un mélange terre-pierres amendé
- > Faiblesse de l'épaisseur de substrat sur laquelle le semis est réalisé

Dispositif associé à l'hydromulching

- > Structure de stabilisation et consolidation de front rocheux type KRISMER

Observation

- > La structure KRISMER végétalisée est une alternative à la paroi clouée avec béton projeté
- > L'application du substrat terreux amendé a été réalisée par un Bark Blower avec l'incorporation de semences (terraseding)



CHANTIER 2

Localisation / Climat

Belgique – Ardennes / Zone tempérée continentale

Type de traitement

Hydromulching en 1 passage

Objectif(s)

- > Végétalisation de talus d'infrastructure ferroviaire pour éviter l'érosion et l'entraînement des fines

Contraintes spécifiques

- > S'agissant d'une « requalification » d'une ligne existante, difficulté d'accès nécessitant l'emploi de grandes longueurs de tuyaux
- > Nécessité de bloquer les fines dès la fin du terrassement en raison de l'exploitation permanente de la ligne quelque soit l'époque de l'année

Dispositif associé à l'hydromulching

- > Géotextile Euro-Textile Jute :

Les terrassements ayant été finalisés hors période propice au semis, le choix de stabiliser les terrains schisteux avec un Euro-Textile a été arrêté. Ce système a permis de stabiliser mécaniquement les fines puis de venir semer à la période favorable



CHANTIER 3

Localisation / Climat :

Brésil / Zone tropicale

Type de traitement

Hydromulching en 1 passage

Objectif(s)

- > Végétalisation pour stabiliser les talus sableux et éviter ainsi le comblement d'un canal

Contraintes spécifiques

- > Climat tropical avec longue période sèche – très venté
- > Substrat très drainant
- > Technique employée devant être respectueuse de l'environnement préservé du site avec mise en œuvre dans un planning restreint compte tenu des surfaces importantes à traiter sur une période courte

Dispositif associé à l'hydromulching

- > Géotextile synthétique pour donner une cohésion à l'ensemble du talus et assurer la stabilité mécanique lors de la période sèche

Observation

- > La pérennité du résultat a été assurée par l'emploi d'espèces adaptées (légumineuses et graminées) présentes dans l'environnement proche



CHANTIER 4

Localisation / Climat

Cameroun / Zone tropicale

Type de traitement

Hydromulching en 1 passage

Objectif(s)

> Végétalisation pour limiter l'érosion et stabiliser les terrains sur un tracé de pipe-line

Contraintes spécifiques

> Climat tropical avec longue période sèche
> Absence totale de préparation de sol et mauvaise gestion des eaux
> Accessibilité critique des points d'eau

Dispositif associé à l'hydromulching

> Sur certaines zones un renforcement de la stabilité des talus est effectué par un compactage en couches associé à du génie végétal utilisant les ressources locales en bois

Observation

> La logistique d'approvisionnement du projet en fournitures a été un véritable défi tout au long du projet du fait du volume à importer et de la non-accessibilité du site



CHANTIER 5

Localisation / Climat :

France / Zone tempérée

Type de traitement

Hydroseeding – Hydrobouturage

Objectif(s) :

> Mise en place d'une végétation fleurie rase et sans entretien

Contraintes spécifiques

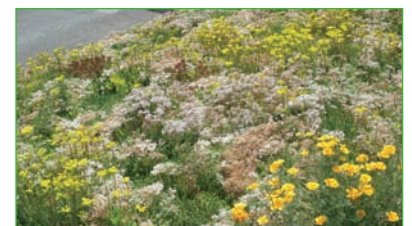
> Végétation pérenne et esthétique tout au long de l'année
> Aucun arrosage, aucune tonte

Dispositif associé à l'hydroseeding

> Mise en place d'un géotextile anti-contaminant et de 8 cm de substrat

Observation

> Mélange fleuri 5 mois de l'année



CHANTIER 6**Localisation / Climat**

Estonie / Zone tempérée continentale

Type de traitement

Hydromulching en 2 passages

Objectif(s)

> Mise en place d'une végétation limitant l'érosion éolienne

Contraintes spécifiques

- > pH du sol : 11
- > Climat extrême avec période végétative très réduite comparable à une zone montagneuse

Dispositif associé à l'hydromulching

> Mise en œuvre de produits acidifiant les sols et contrôle du pH sur plusieurs années

**CHANTIER 7****Localisation / Climat :**

Estonie / Zone tempérée continentale

Type de traitement

Hydromulching en 2 passages

Objectif(s)

> Réaménagement d'un site minier après exploitation

Contraintes spécifiques

- > Substrat stérile hétérogène
- > Climat extrême avec période végétative très réduite comparable à une zone de montagne

Dispositif associé à l'hydromulching

> Sur certaines zones un Euro-Textile jute a été positionné avant le semis afin de limiter la dégradation des talus par des eaux de ruissellement



CHANTIER 8**Localisation / Climat**

France (Sud) / Zone tempérée méditerranéenne

Type de traitement

Hydromulching avec membrane anti-érosion type EURO-MAT BFM et 2 fertilisations

Objectif(s)

> Stabilisation et intégration du site

Contraintes spécifiques

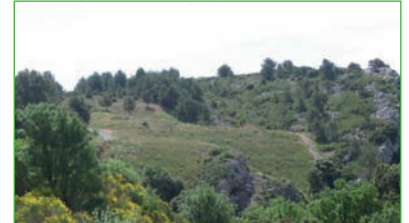
> Zone déjà érodée avant le semis
> Zone très ventée accentuant le stress hydrique de la végétation

Dispositif associé à l'hydromulching

> aucun

Observation

> Sur 2 années, renforcement de la végétation en termes de diversité et de densité

**CHANTIER 9****Localisation / Climat :**

France (Nord) / Zone tempérée

Type de traitement

Hydromulching avec membrane anti-érosion type EURO-MAT FGM

Objectif(s) :

> Stabilisation des berges d'un bassin par un dispositif perméable et résistant à la montée rapide des eaux

Contraintes spécifiques

> Nature du substrat stérile
> Aspect « glacé » du substrat rendant difficile l'accroche du semis

Dispositif associé à l'hydromulching

> Géogrille 3D synthétique



CHANTIER 10**Localisation / Climat**

France (Est) / Zone tempérée continentale

Type de traitement

Hydromulching avec mélange spécifique

Objectif(s)

> Recréer une prairie fleurie dans un cadre urbain

Contraintes spécifiques

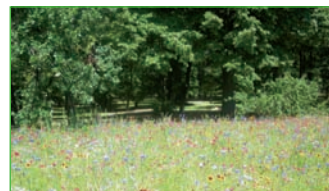
- > Projet en site urbain avec nécessité de protection des aménagements (enrobés, panneaux etc.)
- > Contrôle du substrat afin de « maîtriser » les espèces indésirables

Dispositif associé à l'hydromulching

> Réalisation d'une campagne de faux semis et d'une fine préparation de sol

Observation

> Un suivi des zones semées a permis de mettre en place une campagne de fauche permettant d'éradiquer la levée d'espèces adventices (type chénopode) inévitables

**CHANTIER 11****Localisation / Climat :**

France (Nord-Est) / Zone tempérée semi-continentale

Type de traitement

Hydromulching avec membrane anti-érosion type EURO-MAT BFM

Objectif(s)

> Eviter l'altération (en cas de gel-dégel) de la roche calcaire et l'érosion du talus routier qui en découle

Contraintes spécifiques

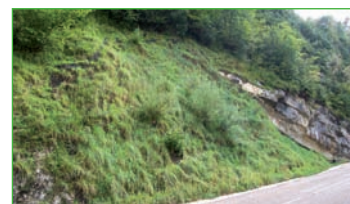
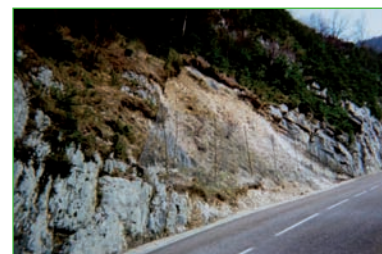
- > Dispositif devant s'intégrer dans l'environnement
- > Surface très réduite du projet (100 m² environ)

Dispositif associé à l'hydromulching

> Géogrille 3D synthétique associé à un cloutage et grillage triple torsion

Observation

> Une taille sélective de la végétation arbustive avant la mise en place du géotextile a permis de préserver certaines essences en place



CHANTIER 12

Localisation / Climat

France / Zone tempérée

Type de traitement

Hydro-covering «SP» – confinement temporaire de sols pollués

Objectif(s)

- > Mettre en place un dispositif temporaire permettant d'éviter la migration des polluants dans les sols vers la nappe phréatique ainsi que le dégagement gazeux de C.O.V.

Contraintes spécifiques

- > Préparation du mélange devant être réalisé suivant une procédure précise d'incorporation des composants avec notamment un contrôle fin du pH de l'eau
- > Mise en œuvre dans un cadre organisationnel spécifique aux projets de dépollution industrielle

Dispositif associé à l'hydrocovering

- > Aucun

Observation

- > La membrane a été utilisée en alternative aux bâches lestées de sacs de sable
- > Aucun dégagement de C.O.V observé
- > Pouvoir tampon du confinement EUROCOVER SP en période de pluies intenses
- > Efficacité du confinement sur 6 mois



CHANTIER 13

Localisation / Climat

France (Sud) / Zone méditerranéenne

Type de traitement

Projection avec hydroseeder du procédé NATUROC de vieillissement d'un mur béton

Objectif(s) :

- > Intégrer visuellement dans l'environnement le mur en béton projeté d'un talus routier

Contraintes spécifiques

- > Recherche de la patine la plus adaptée pour que l'intégration soit optimale en toute saison
- > Procédé ne devant pas altérer la qualité du béton et sans impact pour l'environnement

Dispositif associé à l'hydroseeding

- > Aucun



CHANTIER 14**Localisation / Climat**

France (Alpes) / Zone tempérée de montagne (1 600 m)

Type de traitement

Hydromulching avec membrane anti-érosion type EURO-MAT BFM

Objectif(s)

> Mettre en place un dispositif garantissant la non érosion superficielle du talus le temps que la végétation semée simultanément s'implante

Contraintes spécifiques

> Climatique : Période végétative réduite du fait de l'altitude et intensité des épisodes orageux
> Substat stérile de type arène granitique

Dispositif associé à l'hydromulching

> aucun

Observation

> La membrane a été utilisée en alternative à un Euro-Textile jute du fait de la dureté du sol rendant difficile la mise en place des piquets de fixation

**CHANTIER 15****Localisation / Climat :**

Italie / Zone méditerranéenne

Type de traitement

Hydromulching en 1 passage

Objectif(s)

> Mettre en place une végétation herbacée permettant de limiter l'envahissement par des espèces indésirables

Contraintes spécifiques

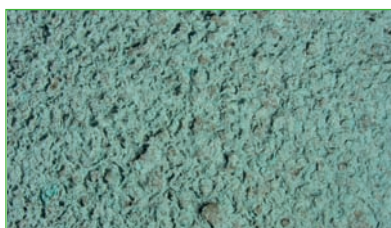
> Végétation herbacée devant avoir un développement ras afin de ne pas entrer en concurrence avec les plantations réalisées postérieurement

Dispositif associé à l'hydromulching

> Aucun

Observation

> Sur certaines zones les plantations ont été réalisées antérieurement au semis



CHANTIER 16**Localisation / Climat**

Suisse / Zone tempérée semi-continentale

Type de traitement

Hydromulching avec membrane anti-érosion type EURO-MAT FGM

Objectif(s)

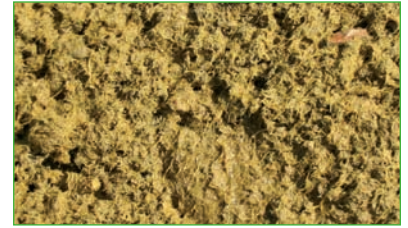
> Mettre en place un dispositif garantissant la non érosion superficielle du talus le temps que la végétation semée simultanément s'implante

Contraintes spécifiques

> Nécessité d'avoir une protection immédiate contre les effets érosifs des eaux atmosphériques

Observation

> La membrane a été utilisée en alternative à un Euro-Textile jute

**CHANTIER 17****Localisation / Climat :**

T.O.M. / Zone tropicale Pacifique

Type de traitement

Hydromulching avec membrane anti-érosion type EURO-MAT FGM et 1 fertilisation complémentaire

Objectif(s) :

> Stabilisation et intégration d'un talus routier
> Limitation des eaux de ruissellement

Contraintes spécifiques

> Substrat très altéré, oxydé et induré
> Zone très ventée et face à l'océan

Dispositif associé à l'hydromulching

> EURO-TEXTILE COCO 400 gr/m² associé à un grillage clouté

Observation

> Après 3 ans, la stabilité du talus est assurée à 100 %. La recolonisation du talus a été complétée par des espèces présentes dans l'environnement proche



CHANTIER 18**Localisation / Climat**

T.O.M. / Zone tropicale pacifique

Type de traitement

Hydromulching avec membrane anti-érosion type EURO-MAT FGM

Objectif(s)

> Stabilisation et intégration d'un talus routier

Contraintes spécifiques

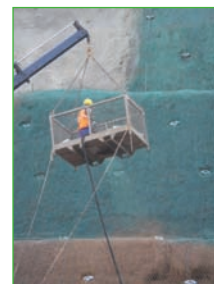
> Hauteur des talus (25 m) et pente (> à 70 °)

Dispositif associé à l'hydromulching

> EURO-TEXTILE COCO 400 gr/m² associé à un grillage stabilisé par un câblage croisé et un profond ancrage

Observation

> Cette solution a été proposée en alternative à une paroi gunitée (béton) qui aurait généré des contraintes très importantes en termes de gestion des eaux de ruissellement et d'impact visuel.

**CHANTIER 19****Localisation / Climat :**

T.O.M. / Zone tropicale pacifique

Type de traitement

Hydromulching avec membrane anti-érosion type EURO-MAT FGM et 1 fertilisation complémentaire

Objectif(s)

> Stabilisation et intégration de talus routiers

Contraintes spécifiques

> Hauteur des talus (20 m) et pente (> à 70 °)
> Zone très ventée et face à l'océan

Dispositif associé à l'hydromulching

> EURO-TEXTILE COCO 400 gr/m²

Observation

> Excellente couverture végétale après une fertilisation de confortement et une saison de végétation



CHANTIER 20**Localisation / Climat**

T.O.M. / Zone tropicale pacifique

Type de traitement

Hydromulching avec membrane anti-érosion type EURO-MAT BFM et 2 fertilisations

Objectif(s)

> Stabilisation et intégration de talus routiers

Contraintes spécifiques

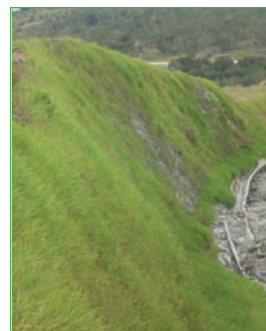
- > Zone très érodable du fait d'un matériau rocheux devenant très friable au contact de l'air
- > Résurgence d'eau dans les talus et en crête lors d'épisodes orageux très violents

Dispositif associé à l'hydromulching

> aucun

Observation

> Excellente couverture végétale après 3 mois

**CHANTIER 21****Localisation / Climat :**

T.O.M. / Zone tropicale pacifique

Type de traitement

Hydromulching avec membrane anti-érosion type EURO-MAT FGM

Objectif(s) :

> Stabilisation et intégration d'un talus routier

Contraintes spécifiques

- > Nécessite de préserver les habitations en aval du talus contre les coulées de fines lors des épisodes orageux

Dispositif associé à l'hydromulching

> EURO-TEXTILE COCO 400 gr/m²

Observation

> 1 mois après semis, il est remarquable d'observer que les zones non semées sont restées vierges de toute végétation.



CHANTIER 22**Localisation / Climat**

France / Zone tempérée

Type de traitement

Hydrosprigging - Hydrobouturage

Objectif(s)

> Mettre en place une végétation à base d'un mélange de boutures de différentes variétés de Sedums sur une toiture

Contraintes spécifiques

> Semis devant être réalisé dans un cadre sécuritaire lié au travail en hauteur
> Précision du semis afin de préserver les ouvrages et équipements (façade, bande de propreté, velux etc)

Dispositif associé à l'hydrosprigging

> Membrane VERTOIT permettant l'enrobage, la conservation et le développement rapide des boutures...

Observation

> Le procédé VERTOIT est couramment employé en alternative aux rouleaux précultivés pour les toitures végétales.

**CHANTIER 23****Localisation / Climat :**

D.O.M. Guyane / Zone tropicale

Type de traitement

Hydromulching renforcé avec des fibres type MULCH-PLUS et fertilisation de renforcement

Objectif(s)

> Végétalisation pour limiter l'érosion des talus routiers

Contraintes spécifiques

> Projet en forêt primaire avec pluies journalières très intenses
> Substrat très érodable (sable latéritique)

Dispositif associé à l'hydromulching

> Aucun

Observation

> Sur ce projet, il y a eu une attaque de chenilles qui a dévasté à 95 % la végétation sur 20 hectares en 48 heures



CHANTIER 24**Localisation / Climat**

D.O.M. Caraïbes / Zone tropicale océanique

Type de traitement

Hydromulching avec membrane anti-érosion type EURO-MAT FGM

Objectif(s)

> Végétalisation pour limiter l'érosion et l'impact paysager depuis la baie

Contraintes spécifiques

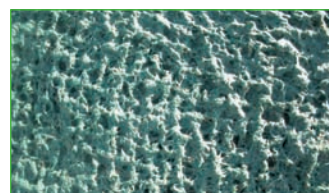
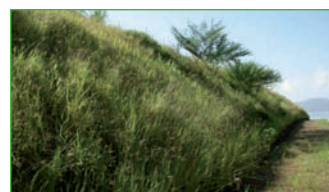
> Zone très ventée avec embruns marins
> Talus très érodés avec une gestion des eaux de crêtes pas toujours contrôlée

Dispositif associé à l'hydromulching

> Mise en place d'un géotextile type EURO-TEXTILE COCO 400 gr/m² afin de limiter l'érosion du talus lorsque la libération des zones par les terrassiers ne correspondait pas à une période favorable au semis

Observation

> Projet réalisé en plusieurs phases

**CHANTIER 25****Localisation / Climat :**

Ecosse / Zone tempérée océanique

Type de traitement

Hydromulching avec membrane anti-érosion type EURO-MAT FGM

Objectif(s)

> Stabilisation du substrat sableux le temps que la végétation herbacée puisse s'implanter
> Végétalisation rapide et dense d'un terrain de golf

Contraintes spécifiques

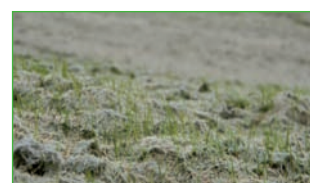
> Zone très ventée et sableuse ayant pour conséquence des mouvements de sable et une dessiccation des sols

Dispositif associé à l'hydromulching

> Adjonction de mycorhizes EURO-MYC pour favoriser le développement d'un puissant système racinaire répondant aux contraintes spécifiques d'un terrain de golf

Observation

> Golf de 1^{er} rang



CHANTIER 26**Localisation / Climat :**

France / Zone tempérée

Type de traitement

Hydrocovering LF sur massif de déchets en centre de stockage

Objectif(s)

- > Couverture totale et régulière d'une zone de déchets
- > Alternative à la couverture quotidienne des déchets avec de la terre
- > Gain de vide de fouille

Contraintes spécifiques

- > Nécessité d'une capacité d'hydroseeder adaptée pour un temps d'application inférieur à 90 min
- > Porteur avec équipement spécifique pour pouvoir se déplacer sur une zone de déchets

Dispositif associé à l'hydrocovering

- > Aucun

Observation

- > Gain financier par rapport à une couverture traditionnelle
- > Intégration visuelle
- > Diminution des odeurs

**CHANTIER 27****Localisation / Climat :**

France (Sud-Est) / Zone tempérée

Type de traitement

Hydroseeding d'un mélange herbacé type Espaces Verts

Objectif(s)

- > Remise en végétation simple

Contraintes spécifiques

- > Projet en site urbain déjà planté
- > Nombreux sites dispersés à traiter, des surfaces faibles sur des bandes parfois étroites et en légère déclivité

Dispositif associé à l'hydroseeding

- > Aucun

Observation

- > Terrain détrempé et peu porteur suite à une pluie orageuse



ANNEXES

ANNEXE 1

DESCRIPTIF DE CERTAINES ESPÈCES

ESPÈCES : GRAMINÉES

AGROSTIDE COMMUNE (*AGROSTIS TENUIS*)

Description

Espèce traçante à feuilles fines, formant un gazon dense et moelleux. L'agrostide commune préfère les sols aérés, filtrants, même pauvres et s'adapte peu aux terrains lourds.

Elle résiste bien au froid mais moyennement à la chaleur. Sa résistance à l'humidité est plus faible que celle de l'agrostide stolonifère.

Elle présente une certaine sensibilité à la sécheresse et supporte difficilement le piétinement.

Elle tolère peu les terrains salins.

Espèce agressive, présentant un fort pouvoir de recolonisation et qui est acidiphile tolérante.

L'agrostide est utilisée fréquemment dans les mélanges d'hydroseeding sur des sols acides.

Système racinaire : Traçant avec stolons et rhizomes souterrains.

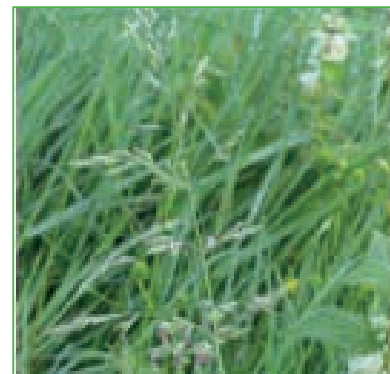
Nbre de graines/g : 12 000 à 16 000.

Germination : 6-10 jours.

Taille Maximum : 60-70 cm.

Floraison ou épiaison : Juin à Juillet.

Pérennité : 7 à 9 ans.



AGROSTIDE STOLONIFERE (*AGROSTIS STOLONIFERA*)

Description

Espèce traçante à feuilles fines, formant un gazon dense et moelleux. Cette espèce d'agrostide s'adapte à de nombreux types de sol hormis les terrains filtrants et pauvres.

Elle résiste bien au froid et à l'humidité (même à la submersion) mais moyennement à la chaleur et peu à la sécheresse.

Elle présente une tolérance moyenne aux terrains salins.

Elle supporte difficilement le piétinement.

Espèce agressive après une installation assez lente, présentant un fort pouvoir de recolonisation.

Peu utilisée dans les mélanges d'hydroseeding en raison de son coût.

Système racinaire : Traçant avec stolons et rhizomes souterrains.

Nbre de graines/g : 15 000 à 20 000.

Germination : 3-12 jours.

Taille Maximum : 70-80 cm.

Floraison ou épiaison : Juin à Septembre.

Pérennité : 7 à 8 années.



BRACHYPODE PENNE (BRACHYPODIUM PINATUM)**Description**

Cette graminée faisant des touffes érigées, s'adapte très bien aux sols secs et graveleux et se développe surtout sur des terrains calcaires. De ce fait, elle est basiphile tolérante.

Les fleurs se présentent en épis d'épillets de juin à septembre, de couleur vert brun. Les épillets sont très écartés les uns des autres et disposés sur un pédicelle très court. Elle peut devenir fortement concurrentielle pour les autres espèces dans des terrains calcaires et secs.

Cette graminée (pas toujours disponible chez les semenciers) est utilisée fréquemment pour les mélanges d'hydroseeding de terrains secs et calcaires en zone méditerranéenne.

Système racinaire : Superficiel avec stolons.

Nbre de graines/g : 300 à 400.

Taille Maximum : 90 à 100 cm.

Floraison ou épiaison : Juin à Septembre.

Pérennité : > 5 ans.

**BROME ERIGE (BROMUS ERECTUS)****Description**

Appelée également brome dressé (tige plus raide et panicules moins fournies que pour le brome inerme), cette graminée apprécie les sols filtrants mais pourvus en éléments fertilisants. Elle est basiphile tolérante.

Le brome érigé résiste à la sécheresse et présente une bonne croissance à des températures élevées.

Il supporte assez difficilement le froid et l'humidité.

Espèce agressive, présentant un fort pouvoir de recolonisation.

Le brome érigé est parfois utilisé dans les mélanges d'hydroseeding en zones méditerranéennes.

Système racinaire : Fasciculaire.

Nbre de graines/g : 200 à 250.

Germination : 6 à 10 jours.

Taille Maximum : 100 cm.

Floraison ou épiaison : Mai à Juillet.

Pérennité : 6 à 8 ans.



BROME INERME (BROMUS INERMIS)

Description

Appelée également brome de Hongrie, cette graminée, à feuilles et panicules larges, apprécie les sols compacts, pauvres ou filtrants et est basiphile tolérante.

Elle résiste très bien à la sécheresse et présente même une bonne croissance à des températures élevées.

Elle supporte moyennement le froid et l'humidité.

Espèce agressive, présentant un fort pouvoir de recolonisation.

Le brome inerme est parfois utilisé dans les mélanges d'hydroseeding en terrains secs mais il lui est préféré le brome érigé plus pérenn.

Système racinaire : Fasciculaire et profond.

Nbre de graines/g : 250 à 300.

Germination : 6-10 jours.

Taille Maximum : 150 cm.

Floraison ou épiaison : Juin à Juillet.

Pérennité : 3 à 4 ans.



CANCHE ELEVEE (DESCHAMPSIA COEPITOSA)

Description

Graminée à panicules larges et à feuilles larges, raides et rugueuses.

Elle pousse en larges touffes, est plutôt acidiphile tolérante, et s'adapte bien aux sols humides et frais (apprécie les terrains tourbeux).

Elle est généralement ajoutée dans les mélanges d'hydroseeding pour des sols acides.

Système racinaire : Fasciculaire dense et peu profond.

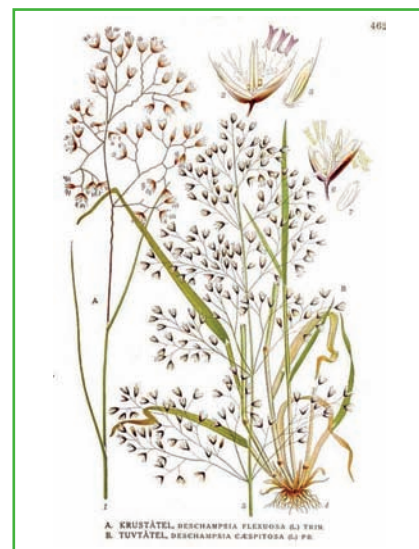
Nbre de graines/g : 4 000 à 5 000.

Germination : 10-20 jours.

Taille Maximum : 100-120 cm.

Floraison ou épiaison : Juin à Août.

Pérennité : 5 à 7 ans.



CHIENDENT PIED DE POULE (*CYNODON DACTYLON*)

Description

Cette espèce de chiendent est aussi appelée herbe des bermudes (bermuda grass en anglais).

Il possède un feuillage persistant vert bleuté dont la principale qualité est une excellente résistance à la chaleur et à la sécheresse, même dans les terrains sablonneux.

En revanche il craint les zones ombragées, le froid et l'humidité persistante (il supporte toutefois les submersions temporaires et entre en dormance pour des températures inférieures à 10°C).

L'installation est délicate au départ et nécessite une certaine humidité. Une fois implanté, il devient très envahissant.

Il peut être semé sous forme de boutures (hydrosprigging) et s'implante alors facilement.

Il s'adapte à tous les types de sols et présente une résistance considérée comme excellente aux sols salés.

Il est très utilisé dans les mélanges d'hydroseeding en zone méditerranéenne et tropicale.

Système racinaire : Traçant avec rhizomes et stolons

Nbre de graines/g : 4 000 à 4 600.

Germination : 10-20 jours.

Taille Maximum : 40 cm.

Floraison ou épiaison : Toute l'année selon les conditions.



CRETELLE DES PRES (*CYNOSURUS CRISTATUS*)

Description

Cette petite graminée à feuilles fines apprécie tous les types de sols à condition qu'ils soient consistants avec des éléments fins.

Elle résiste bien à l'humidité et est basiphile tolérante.

Elle s'implante difficilement dans les terrains filtrants et pauvres et résiste dans ce cas difficilement à la sécheresse.

La crénelle est parfois utilisée dans les mélanges d'hydroseeding en zone humide.

Système racinaire : Traçant avec rhizomes et stolons.

Nbre de graines/g : 1 500 à 2 000.

Germination : 8 à 10 jours.

Taille Maximum : 50 cm.

Floraison ou épiaison : Juin à Juillet.

Pérennité : 3 à 5ans.



DACTYLE AGGLOMERE (*DACTYLIS GLOMERATA*)

Description

Graminée à feuilles larges (couleur vert glauque) reconnaissable à ses panicules agglomérées en boules ovoïdes.

Le dactyle a une grande faculté d'adaptation, lui permettant de se développer sous diverses conditions de climat (Europe, Afrique) et de sol. Il craint toutefois les sols compacts et pauvres.

Il est apprécié pour sa résistance à la sécheresse et aux conditions hivernales.

Le dactyle a un développement assez lent après le semis.

Dans les mélanges, il est d'abord concurrencé par les autres espèces.

Dès la deuxième année, bien installé, il devient alors dominant si le sol est bien fertilisé.

Il forme, en vieillissant, des touffes de plus en plus volumineuses.

Le dactyle est très souvent présent dans les mélanges d'hydroseeding grâce à ses capacités d'adaptation et sa rusticité.

Système racinaire : Fasciculaire et profond et dense.

Nbre de graines/g : 1 350 à 1 500.

Germination : 4-8 jours.

Taille Maximum : 90-120 cm.

Floraison ou épiaison : Mai à Juin.

Pérennité : 6 à 8 ans.



FETUQUE DES PRES (*FESTUCA PRATENSIS*)

Description

La fétuque des prés est une graminée vivace qui pousse parfois d'elle-même dans des terrains humides surtout aux abords des ruisseaux.

D'un vert franc, les feuilles de la fétuque des prés ont une face inférieure carénée et luisante.

La fétuque des prés ne se multiplie pas de façon végétative et ne forme pas un gazon dense, mais elle peut produire un grand nombre de grosses racines résistantes.

Résistante au froid et à l'humidité (même prolongée), elle est sensible à la sécheresse (mais tolère la chaleur).

La fétuque des prés est parfois utilisée dans les mélanges d'hydroseeding en zones de montagnes ou humides.

Système racinaire : Fasciculaire.

Nbre de graines/g : 400 à 500.

Germination : 12-20 jours.

Taille Maximum : 80-100 cm.

Floraison ou épiaison : Mai à Juillet.

Pérennité : 5 à 7 ans.



FETUQUE ELEVEE (FESTUCA ARUNDINACEA)

Description

La fétuque élevée est une espèce à feuilles larges (critère de reconnaissance : bords coupants). Elle se caractérise par sa résistance à toutes les conditions climatiques, aussi bien aux excès de froid et d'humidité (bonne résistance à la submersion également) qu'aux excès de chaleur et de sécheresse. C'est une plante rustique, basiphile tolérante, qui résiste très bien au piétinement et à l'arrachement. Elle s'adapte également assez bien aux sols salés.

D'installation assez lente, elle est ensuite assez fortement concurrentielle.

Du fait de ses caractéristiques, elle est présente dans la plupart des mélanges. Toutefois, lorsqu'elle est présente à moins de 50 % dans un mélange, elle a tendance à se développer en touffes.

Système racinaire : Fasciculaire très dense.
Nbre de graines/g : 400 à 500.
Germination : 7-10 jours.
Taille Maximum : 100-110 cm.
Floraison ou épiaison : Juin à Aout.
Pérennité : 10 à 12 ans.



FETUQUE OVINE (FESTUCA OVINA)

Description

La fétuque des moutons ou fétuque ovine, est caractérisée par sa résistance à toutes les conditions climatiques ou de terrain. Toutefois, elle résiste un peu plus difficilement à des terrains lourds, humides et aux sols salins. Ressemblant à la fétuque rouge, c'est une petite graminée de couleur verte grisâtre qui forme des touffes très compactes. Les feuilles sont très fines (enroulées sur elle-même). Il lui faut du temps pour s'installer, sa pousse est lente et par conséquent, elle craint la concurrence des autres espèces.

Elle est sensible au piétinement, et s'adapte très bien à l'ombre. A tendance à blanchir un peu en été.

Du fait de ses capacités d'adaptation, cette espèce est utilisée très régulièrement dans tous les mélanges d'hydroseeding.

Système racinaire : Fasciculaire, la fétuque ovine produit beaucoup de racines, mais ne possède pas de rhizome.
Nbre de graines/g : 1 100 à 1 300.
Germination : 18 à 20 jours.
Taille Maximum : 50 cm.
Floraison ou épiaison : Mai à Septembre.
Pérennité : 8 à 10 ans.



FETUQUE ROUGE GAZONNANTE (*FESTUCA RUBRA COMMUTATA*)**Description**

Cette fétuque rouge est une graminée à feuilles fines, s'installant assez lentement et peu résistante au piétinement.

Rustique, elle s'adapte à tous les types de sols (craint toutefois les sols humides, trop compacts et lourds) et climats (mais craint les sécheresses prolongées).

Elle tolère peu les terrains salins.

Elle est présente dans de très nombreux mélanges d'hydroseeding du fait de cette rusticité.

Système racinaire : Fasciculé non traçant.

Nbre de graines/g : 1 000 à 1300.

Germination : 7-10 jours.

Taille Maximum : 35-40 cm.

Floraison ou épiaison : Mai à Juin.

Pérennité : 8 à 10 ans.

**FETUQUE ROUGE TRACANTE (*FESTUCA RUBRA RUBRA*)****Description**

Très proche de la fétuque rouge gazonnante, son feuillage est un peu plus grossier et son système racinaire est traçant, ce qui lui permet de s'installer plus rapidement, de résister légèrement mieux à la sécheresse et de recoloniser fréquemment des secteurs dégradés.

Cette fétuque est donc très complémentaire de la gazonnante et s'adapte même plus facilement aux terrains lourds et même salés.

Elle se retrouve également dans de très nombreux mélanges d'hydroseeding.

Système racinaire : Traçant avec rhizomes.

Nbre de graines/g : 1 000 à 1 300.

Germination : 6-10 jours.

Taille Maximum : 35-40 cm.

Floraison ou épiaison : Mai à Juin.

Pérennité : 8 à 10 ans.



FLEOLE DES PRES (PHLEUM PRATENSE)

Description

La fléole est l'une des principales graminées fourragères des pays nordiques. A l'épiaison, elle se reconnaît facilement grâce à son épi cylindrique et compact.

Ses exigences climatiques sont modestes: elle résiste bien au froid et aux longues périodes d'enneigement. Elle préfère donc les terrains lourds et humides et résiste mal à la sécheresse et aux températures élevées.

Elle est acidiphile tolérante (peut se développer sur des terrains à pH 4).

Son développement après le semis, de même qu'en sortie d'hiver, étant lent, cette graminée est souvent dominée par les autres partenaires du mélange.

Lorsque les conditions lui sont favorables, la fléole est alors fortement concurrente des autres espèces.

Du fait de ses caractéristiques nordiques, elle est présente dans de nombreux mélanges d'hydroseeding de terrains d'altitude et/ou froids.

Système racinaire : Fasciculaire et peu profond.

Nbre de graines/g : environ 1 800.

Germination : 10-20 jours.

Taille Maximum : 100 cm.

Floraison ou épiaison : Juillet à Aout.

Pérennité : 5 à 6 ans.



HOULQUE LAINEUSE (HOLCUS LANATUS)

Description

Espèce poussant en touffes compactes, sa tige et ses feuilles sont recouvertes d'un duvet.

Graminée présentant une grande amplitude écologique, car rencontrée aussi bien sur les terrains sablonneux que sur les sols tourbeux. Elle prolifère sous l'influence des engrais organiques et azotés et devient alors très concurrentielle.

Elle préfère les terrains frais et humides, et se développe bien dans les sols acides à neutres.

Elle craint la sécheresse.

La houlque laineuse est utilisée préférentiellement dans les mélanges d'hydroseeding en milieu acide.

Système racinaire : Fasciculaire.

Nbre de graines/g : 3 300 à 3 500.

Taille Maximum : 70-90 cm.

Floraison ou épiaison : Juin à Septembre.



PATURIN COMMUN (*POA TRIVIALIS*)

Description

Le paturin commun présente un feuillage assez fin. Il apprécie l'ombre et les terrain frais, lourds, et supporte le froid.

La plus grande qualité du paturin commun est son installation rapide.

En revanche, il est très sensible à la sécheresse et au piétinement.

Il est plutôt neutrophile tolérant et craint les terrains très calcaires.

Il craint également les terrains salins.

Du fait de sa faible pérennité, il est moins utilisé que le paturin des prés dans les mélanges d'hydroseeding.

Système racinaire : Fasciculaire et traçant par les rejets de sa souche qui s'enracinent dans le sol.

Nbre de graines/g : 4 000 à 5 000.

Germination : 5-9 jours.

Taille Maximum : 90 cm.

Floraison ou épiaison : Juin à Juillet.

Pérennité : 1 à 2 ans.



PATURIN DES PRES (*POA PRATENSIS*)

Description

Le paturin des prés est une graminée à stolons traçants, facilement reconnaissable grâce à ses feuilles larges et grossières avec une nervure centrale (face interne ressemblant à une semelle de ski).

Il est donc une graminée importante dans les mélanges sur des sols bien fertilisés.

Son développement après le semis étant lent et sa force de concurrence médiocre, il n'atteint son plein développement qu'en troisième ou quatrième année et il se régénère très bien grâce à ses stolons.

Il résiste moyennement à la sécheresse et à la chaleur (entre en dormance à des températures supérieures à 25°C). Il apprécie peu les terrains humides et supporte moyennement la submersion.

Il dispose d'une bonne pérennité et d'une bonne résistance au froid ainsi qu'au piétinement.

Sa tolérance aux terrains salins est faible à très faible.

On le retrouve dans de nombreux mélanges d'hydroseeding notamment pour les terrains d'altitude et pour les terrains de sports, leurs abords et sur les cheminements.

Système racinaire : Traçant avec stolons.

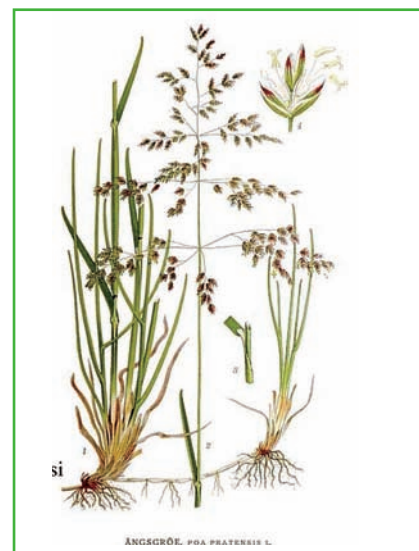
Nbre de graines/g : 4 000 à 4 500.

Germination : 15-20 jours.

Taille Maximum : 90 cm.

Floraison ou épiaison : Juin à Juillet.

Pérennité : 5 à 8 ans.



RAY GRASS ANGLAIS (*LOLIUM PERENNE*)

Description

Le ray grass anglais est une espèce à feuilles assez larges et légèrement luisantes. La base des tiges est rougeâtre (contrairement au ray grass italien).

Les épillets ont une apparence aplatie.

Il s'installe très rapidement et a tendance à prendre la place des autres espèces, en particulier, la première année.

Résistant au froid et à l'humidité (mais peu à la submersion), il est sensible à la chaleur et se met en dormance pour des températures supérieures à 25°C.

Il est plutôt basiphile tolérant et s'adapte bien aux sols compacts.

Il tolère moyennement les terrains salins.

Il est présent dans la plupart des mélanges d'hydroseeding et cette espèce a profité d'améliorations conséquentes en termes de pérennité et de résistance au piétinement.

Système racinaire : Fasciculaire.

Nbre de graines/g : 500 à 800.

Germination : 4-8 jours.

Taille Maximum : 70-80 cm.

Floraison ou épiaison : Mai à Septembre.

Pérennité : 4 à 6 ans.



RAY GRASS ITALIEN (*LOLIUM ITALICUM*)

Description

Espèce très proche du ray grass anglais mais non utilisée en tant qu'espèce gazonnante.

Il s'installe encore plus rapidement que le ray grass anglais et est également plus agressif.

Il est plus résistant au froid et à la chaleur que le ray grass anglais

Il est plutôt basiphile tolérant.

Il est rarement présent dans les mélanges d'hydroseeding à cause de son agressivité vis-à-vis des autres espèces et de sa très faible pérennité.

Toutefois il peut être employé dans des mélanges destinés à un ensemencement rapide et sur une faible durée.

Système racinaire : Fasciculaire.

Nbre de graines/g : 450 à 550.

Germination : 3 à 6 jours.

Taille Maximum : 90-120 cm.

Floraison ou épiaison : Juin.

Pérennité : 1 à 2 ans.



ESPÈCES : LÉGUMINEUSES

ANTHYLLIDE VULNERAIRE (ANTHYLLIS VULNERARIA)

Description

L'anhyllide vulnérable est une légumineuse de taille moyenne dont la couleur des fleurs change avec le biotope (généralement jaune et parfois rose) et ses feuilles varient de la base jusque à son sommet (1 à 6-9 folioles).

On la retrouve en Europe et Afrique du Nord, en plaine et en montagne, mais elle apprécie surtout les coteaux secs et calcaires (craint l'humidité).

Elle s'adapte sur de nombreux types de sols et est basiphile tolérante.

Elle s'implante assez lentement mais peut devenir agressive dans des milieux secs et rocailleux.

Elle peut être utilisée dans les mélanges d'hydroseeding en zone méditerranéenne et sur des zones sèches en altitude.

Système racinaire : Pivotant.

Nbre de graines/g : 300 à 350.

Germination : 30-60 j (pour accélérer la germination, un prétraitement des semences type scarification est nécessaire).

Taille Maximum : 15-40 cm.

Floraison ou épiaison : Mai à Août.

Pérennité : > 5 ans.



LOTIER CORNICULE (LOTUS CORNICULATUS)

Description

Le lotier corniculé est une légumineuse à fleurs jaunes (feuilles à 5 folioles) très bien adaptée aux terrains séchant et superficiels, résistante au froid. En revanche, le lotier craint les terrains lourds et compacts et est surtout sensible aux excès d'eau. Il est basiphile tolérant.

Il s'implante sur une longue période et ne devient concurrentiel avec les autres espèces qu'après une année. Il se resème facilement. De par sa rusticité, le lotier est la légumineuse la plus présente (avec le trèfle) dans les mélanges d'hydroseeding.

Système racinaire : Pivotant profond avec racines latérales superficielles.

Nbre de graines/g : 700 à 800.

Germination : 30 à 40 jours.

Taille Maximum : 60-70 cm.

Floraison ou épiaison : Juin à Septembre.

Pérennité : 3 à 5 ans.



LUZERNE (*MEDICAGO SATIVA*)

Description

La luzerne est une légumineuse de grande taille à fleurs bleu-violet (feuilles à 3 folioles assez longues). Elle est très bien adaptée à tous les types de terrains même sableux. Les luzernes flamandes sont plus résistantes au froid que les luzernes méditerranéennes ; à l'inverse ces dernières résistent exceptionnellement bien à la sécheresse. Tout comme le lotier, elle craint les excès d'eau. Elle est basiphile tolérante et supporte très difficilement les terrains acides. La luzerne puise l'azote directement dans l'atmosphère des porosités du sol et le fixe dans les nodosités de ses racines, elle est un « améliorateur de sol », toutefois dans le cas de terrains vierges de luzerne depuis un certain temps, il est nécessaire d'inoculer les semences de luzerne avec des bactéries spécifiques (rhizobium).

Elle s'installe assez lentement mais peut ensuite devenir concurrentielle. La luzerne est présente dans de nombreux mélanges d'hydroseeding surtout en terrains calcaires.

Système racinaire : Pivotant très profond.

Nbre de graines/g : 500 à 600.

Germination : 15 à 20 jours.

Taille Maximum : 80-100 cm.

Floraison ou épiaison : Juin à Juillet.

Pérennité : 4 à 5 ans.



LUZERNE LUPULINE OU MINETTE (*MEDICAGO LUPULINA*)

Description

La luzerne lupuline est une petite légumineuse mellifère à fleurs jaunes (feuilles à folioles arrondies à losangées). Ses tiges fines souvent couchées se redressent avec le vieillissement.

Elle est bien adaptée à tous les types de terrains, peu compacts.

Elle se développe bien dans les terrains calcaires, résiste à la

sécheresse et s'implante jusqu'à de hautes altitudes (2200-2300 m) supportant très bien le froid.

Elle craint peu la concurrence des autres espèces, mais est peu pérenne.

Toutefois elle se ressème facilement.

Elle est basiphile tolérante et supporte très difficilement les terrains acides.

La minette est peu présente dans les mélanges d'hydroseeding en raison de sa faible pérennité.

Système racinaire : Pivotant, dense et profond.

Nbre de graines/g : 500 à 550.

Germination : 8-10 jours.

Taille Maximum : 15-40 cm.

Floraison ou épiaison : Avril à Octobre.

Pérennité : 1 à 2 ans .



PSORALEE BITUMINEUSE (*PSORALEA BITUMINOSA*)

Description

Cette légumineuse appelée également trèfle bitumineux possède des feuilles trifoliées portées par un pédoncule assez long. Ses fleurs sont bleues pâles.

Elle s'adapte à tous les types de sol et est essentiellement basiphile tolérante. La psoralée se trouve généralement sur les bords des chemins et des champs, dans des secteurs pierreux, en zone méditerranéenne principalement elle est même considérée comme plante pionnière sur des terrains et talus pauvres remaniés. En revanche elle craint les zones humides et le froid intense et prolongé. L'installation est assez lente au départ mais elle peut ensuite devenir envahissante en terrains plus fertiles du fait de l'abondance de son feuillage.

La psoralée bitumineuse est utilisée dans les mélanges d'hydroseeding en zone méditerranéenne sur terrains calcaires.

Système racinaire : Pivotant avec de nombreuses radicules en surface.

Germination : 15-20 jours.

Taille Maximum : 60 cm.

Floraison ou épiaison : Juin à Novembre.

Pérennité : 3 à 4 ans.



SAINFOIN (*ONOBRYCHIS SATIVA*)

Description

Le sainfoin est une légumineuse rustique, mellifère dont les fleurs sont striées de rouge et de blanc (feuilles composées de plusieurs paires de folioles). Il se comporte remarquablement face à la sécheresse et face au froid.

Il craint les terrains humides et argileux et supporte très difficilement la submersion. Il est basiphile tolérant, affectionne les terrains calcaires mais peut supporter des terrains légèrement acides.

Il s'implante lentement mais peut être agressif ensuite si sa présence dans le mélange excède les 20%.

Le sainfoin est présent aux côtés ou en remplacement de la luzerne dans certains mélanges. On le retrouve également très souvent dans les mélanges d'hydroseeding d'altitude grâce à sa bonne résistance au froid.

Système racinaire : Pivotant profond.

Nbre de graines/g : 50 à 60.

Germination : 15-20 jours.

Taille Maximum : 80-90 cm.

Floraison ou épiaison : Juin à Septembre.

Pérennité : 3 à 5 ans.



TREFLE BLANC NAIN (*TRIFOLIUM REPENS*)

Description

Le trèfle blanc (ou rampant) est une légumineuse de petite taille avec un système racinaire pivotant peu profond. Ses fleurs sont blanches mais parfois teintées de rose. Les feuilles comptent trois folioles portant habituellement en leur centre une marque blanche en forme de V.

Les tiges du trèfle sont stolonifères, elles courent sur le sol, sont très ramifiées et portent des nœuds d'où repartent des racines et des tiges. Comme les autres légumineuses, le trèfle blanc est plutôt basiphile tolérant.

S'il craint les sols acides, il résiste tout de même mieux à des pH faibles que la luzerne.

Le trèfle s'adapte à tous les types de sols et résiste très bien au froid. En revanche, il supporte difficilement les sécheresses fortes et prolongées et les excès d'humidité.

Il s'implante rapidement et peut devenir concurrentiel pour les autres espèces s'il est présent en de trop grandes proportions dans les mélanges.

Le trèfle blanc est très souvent employé dans les mélanges d'hydroseeding et est utilisé quasiment dans tous les mélanges d'altitude.

Système racinaire : Pivotant peu profond.

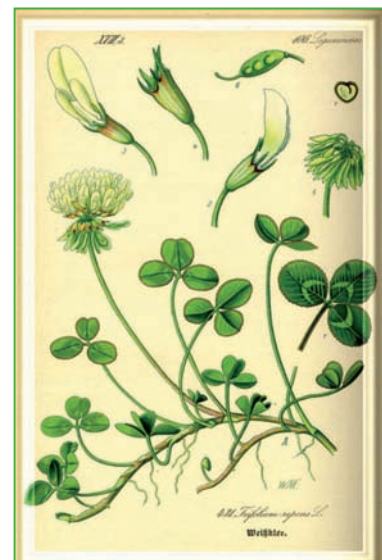
Nbre de graines/g : 1600 à 1700.

Germination : 10-12 jours.

Taille Maximum : 30-40 cm.

Floraison ou épiaison : Avril à Septembre.

Pérennité : 2 à 3 ans.



TREFLE HYBRIDE (*TRIFOLIUM HYBRIDUM*)

Description

Le trèfle hybride est une légumineuse de plus grande taille que le trèfle blanc présentant des tiges dressées et parfois rampantes.

Ses fleurs sont d'abord blanches, virant au rose et devenant brunes ensuite et ses feuilles sont constituées de trois folioles ovoïdes plus pointues que celles du trèfle blanc.

Il s'adapte parfaitement aux terrains compactés, humides (très bonne résistance à la submersion), et asphyxiants, et est doté d'une grande résistance au froid.

En revanche, il est très sensible aux terrains filtrants, pauvres et supporte très difficilement la sécheresse et les températures élevées.

Le trèfle hybride est plutôt basiphile tolérant et craint les sols acides au même titre que le trèfle blanc.

Les variétés du trèfle hybride sont soit diploïdes, soit tétraploïdes (feuilles plus larges, taille plus grande, résistance plus importante au froid).

Le trèfle hybride s'implante assez lentement et de ce fait craint au démarrage, la concurrence des autres espèces.

Il est parfois utilisé dans les mélanges d'hydroseeding en complément du trèfle blanc notamment lorsque la résistance au froid et à l'humidité sont des critères prépondérants.

Système racinaire : Pivot peu profond avec de nombreuses radicelles.

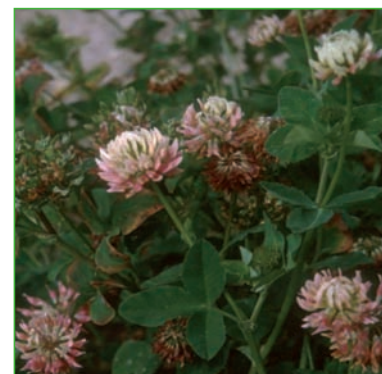
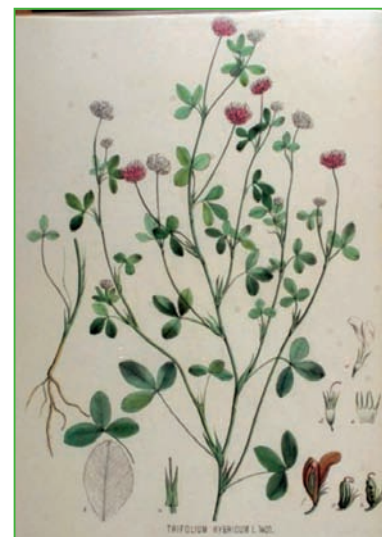
Nbre de graines/g : 1500 à 1600.

Germination : 15 à 20 jours.

Taille Maximum : 80-90 cm (pour le tétraploïde).

Floraison ou épiaison : Mai à Septembre.

Pérennité : 2 à 3 ans.



TREFLE VIOLET (*TRIFOLIUM PRATENSE*)

Description

Le trèfle violet (ou rouge) est une légumineuse dont les feuilles sont formées de trois folioles elliptiques à ovales vertes avec en général un croissant blanchâtre. Ses fleurs ont une couleur variant du rouge pâle à écarlate, voire violette.

Il s'adapte bien aux terrains compactés, humides et asphyxiants, et est doté d'une bonne résistance au froid (toutefois moindre que les trèfles blanc et hybride).

Comme le trèfle hybride, il est très sensible aux terrains filtrants, pauvres et supporte difficilement la sécheresse et les températures élevées.

Le trèfle violet est plutôt basiphile tolérant mais s'adapte également aux terrains acides, ce qui en fait une légumineuse intéressante dans les mélanges pour ces types de sol.

Les variétés du trèfle violet sont soit diploïdes, soit tétraploïdes (taille plus grande).

Le trèfle violet s'implante assez rapidement comme le trèfle blanc.

Il est beaucoup moins utilisé dans les mélanges d'hydroseeding que le trèfle blanc, mais peut être intégré dans certains mélanges notamment pour les terrains plutôt acides.

Système racinaire : Pivotant avec de nombreuses racelles en surface.

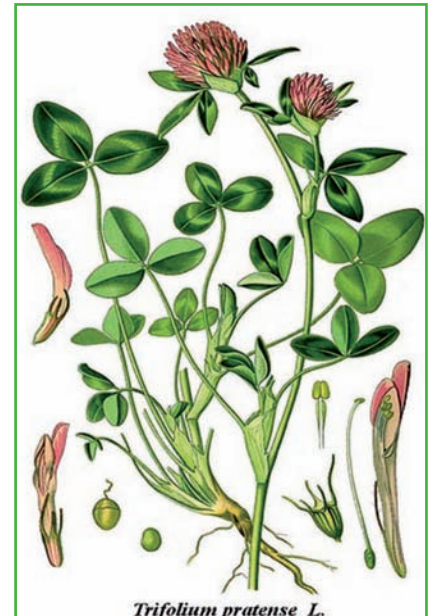
Nbre de graines/g : 300 à 600 (selon espèce diploïde ou tétraploïde).

Germination : 10 à 12 jours.

Taille Maximum : 40-60 cm (pour le tétraploïde).

Floraison : Juin à Octobre.

Pérennité : 2 à 3 ans.



VESCE COMMUNE (*VICIA SATIVA*)

Description

La vesce est une légumineuse rustique, Ses feuilles sont ternes, constituées de 3 à 8 paires de folioles, de forme ovale, tronquées sur le haut. Ses fleurs sont de couleur violette ou pourpre.

Elle est généralement utilisée en agriculture comme culture intermédiaire ou engrais vert. La vesce préfère les sols frais et humifères et tolère les sols acides. Elle peut être également semée en altitude (jusqu'à 1600m) car elle supporte assez bien le froid.

La vesce s'implante assez lentement et craint peu la concurrence avec les autres espèces. Toutefois en raison de sa faible pérennité, cette agressivité diminue rapidement. A l'instar du ray grass italien chez les graminées, la vesce peut être utilisée dans les mélanges d'hydroseeding pour une couverture végétale rapide et temporaire.

Système racinaire : Pivotant avec racines latérales ramifiées.

Nbre de graines/g : 20 à 25.

Germination : 25 à 30 jours.

Taille Maximum : 80-90 cm.

Floraison ou épiaison : Avril à Juillet.

Pérennité : 1 an.



AUTRES ESPÈCES

ACHILLEE MILLEFEUILLE (ACHILLEA MILLEFOLIUM)

Description

L'achillée millefeuille est une dicotylédone de la famille des Asteracées.

Sa tige est velue et ses feuilles allongées et très divisées en segments étroits; ses fleurs sont de couleur blanche à pourpre. Cette espèce, s'installe lentement mais, ayant la particularité d'être stolonifère, elle a tendance à tapisser ensuite le sol en concurrençant les autres espèces.

L'achillée s'adapte bien à tous les sols mais craint tout de même les sols lourds humides et compacts.

Elle tolère les sols acides mais préfère les terrains calcaires.

Sa rusticité lui permet d'être présente sous la plupart des climats, mais en zone méditerranéenne elle peut craindre des sécheresses prolongées.



L'achillée millefeuille est très souvent utilisée sur tous les sites dans les mélanges d'hydroseeding.

Système racinaire : Pivotant avec racines latérales.

Nbre de graines/g : 6 500 à 7 500.

Germination : 8 à 15 jours.

Taille Maximum : 60-80 cm.

Floraison ou épiaison : Mai à Novembre.

Pérennité : 7 à 9 ans.



PIMPRENELLE (SANGUISORBA MINOR)

Description

La pimprenelle est une dicotylédone de la famille des Rosacées.

Ses feuilles sont composées de folioles arrondies et dentées disposées par paires et ses fleurs disposées en épis ovoïdes.

Comme le plantain, cette espèce s'adapte très bien à tous les terrains ; des plus riches aux moins fertiles et drainants.

Toutefois elle se présente plus isolée qu'en colonies denses.

Elle se retrouve le plus souvent dans les talus, pierriers et également dans les parois rocheuses.

Si elle résiste aux terrains acides, elle préfère toutefois les sols calcaires.

Elle s'implante lentement par touffes et colonise plus facilement les secteurs où sa rusticité peut s'exprimer.

De par ses qualités d'adaptation, la pimprenelle est régulièrement utilisée dans les mélanges d'hydroseeding.

Système racinaire : Pivotant très profond.

Nbre de graines/g : 100 à 200.

Germination : 30 à 60 jours.

Taille Maximum : 50-60 cm.

Floraison ou épiaison : Avril à Aout.

Pérennité : 3 à 5 ans.



PLANTAIN LANCEOLE (*PLANTAGO LANCEOLATA*)

Description

Le plantain lancéolé est une dicotylédone de la famille des Plantaginaceae dont les feuilles vertes (à nervures parallèles) sont en forme de fer de lance. Comme tous les plantains, ses graines sont enrobées dans un mucilage qui, en présence d'eau, se transforme en colle (très intéressant pour rester accroché à la surface du sol).

Cette espèce s'adapte très bien à tous les terrains; des plus riches aux moins fertiles et drainants.

S'il préfère les terrains frais, il est possible de le retrouver en zone sèche méditerranéenne, sa couleur devient alors plus terne et les feuilles sont souvent enroulées sur elles-mêmes.

S'il résiste aux terrains acides, il préfère toutefois les sols basiques.

Il s'implante rapidement par touffes et peut devenir concurrentiel avec les autres espèces si il est semé en trop forte quantité.

De par sa rusticité, le plantain est régulièrement utilisé dans les mélanges d'hydroseeding.

Système racinaire : Pivotant profond avec racines latérales.

Nbre de graines/g : 800 à 900.

Germination : 15 à 20 jours.

Taille Maximum : 50-60 cm.

Floraison ou épiaison : Avril à Octobre.

Pérennité : 3 à 5 ans.



PLANTAIN CORNE DE CERF (*PLANTAGO CORONOPUS*)

Description

Le plantain corne de cerf est une dicotylédone de la famille des Plantaginaceae dont les feuilles vertes sont finement denticulées (semblables à une ramure de cervidé). Comme tous les plantains, ses graines sont enrobées dans un mucilage qui, en présence d'eau, se transforme en colle (très intéressant pour rester accroché à la surface du sol).

Cette espèce s'adapte bien à tous les sols mais il est surtout présent dans les terrains sableux des zones méditerranéennes et littorales. Il tolère très bien les terrains salins.

Le plantain corne de cerf présente une résistance particulière au piétinement. On le retrouve le plus souvent présent sur des chemins ou aires fortement piétinées comme dernière espèce subsistante.

Il résiste aussi bien aux terrains acides que basiques.

Ce plantain est plus souvent utilisé dans les secteurs méditerranéens, sableux et en zones saxicoles dans les mélanges d'hydroseeding.

Système racinaire : Pivotant profond avec racines latérales.

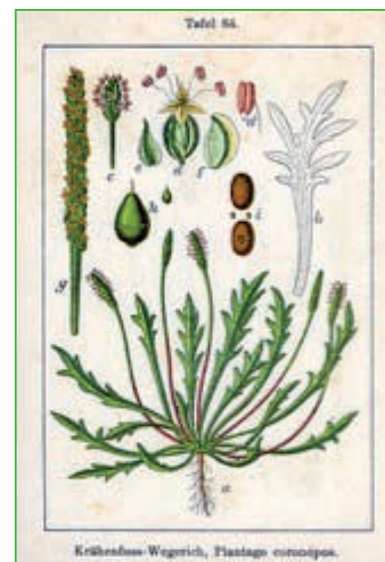
Nbre de graines/g : 5 000 à 6 000.

Germination : 8 à 15 jours.

Taille Maximum : 20-30 cm.

Floraison ou épiaison : Mai à Novembre.

Pérennité : 2 à 3 ans.



SAPONAIRE DE MONTPELLIER (*SAPONARIA OCYMOIDES*)

Description

La saponaire de Montpellier ou faux-basilic est une herbacée de la famille des Caryophyllacées dont l'aire de répartition est beaucoup plus vaste que la seule région du Languedoc.

Ses tiges sont rougeâtres et ses feuilles lancéolées à ovales. Ses fleurs sont roses.

Cette espèce est très intéressante pour tous les milieux saxicoles mais pas seulement méditerranéens, puisqu'elle colonise également les milieux d'altitude grâce à sa bonne résistance au froid.

Elle craint les terrains lourds, compacts et a tendance à disparaître dès que les terrains s'enrichissent de terres trop riches et humides.

Si elle affectionne les sols calcaires, elle s'adapte également aux talus schisteux acides.

Elle s'implante lentement par touffes puis en corbeilles de fleurs caractéristiques.

Elle colonise facilement les secteurs rocailleux et peut alors devenir très abondante. En revanche elle peut quasiment disparaître dès que le milieu s'enrichit.

La saponaire de Montpellier est le plus souvent utilisée dans les mélanges d'hydroseeding destinés aux secteurs saxicoles.

Système racinaire : Fasciculaire profond.

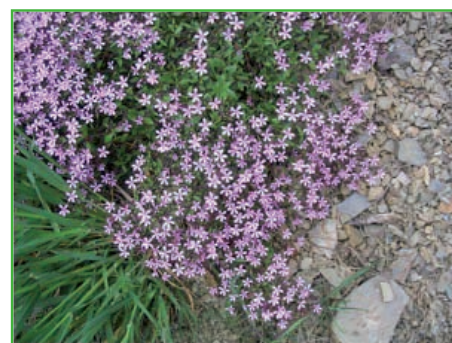
Nbre de graines/g : 400 à 500.

Germination : 25 à 35 jours.

Taille Maximum : 15 cm.

Floraison ou épiaison : Juin à Octobre.

Pérennité : 3 à 5 ans.



ESPÈCES : TROPICALES

CARPET GRASS (AXONOPUS AFFINIS)

Description

Graminée d'origine tropicale (Ouest des Indes) formant un gazon ras (d'où son nom) dense et grossier. Elle possède un feuillage vert, vif et brillant très prononcé en milieu régulièrement fertilisé. Si elle préfère les sols lourds et acides (où peu d'espèces du même type survivent), cette espèce s'adapte à tous les types de sol même pauvres mais en présence d'une certaine humidité.

Elle craint toutefois les excès d'humidité et supporte assez bien l'ombrage (par rapport au cynodon notamment).

Elle tolère la chaleur et la sécheresse, mais ne présente tout de même pas le même niveau de résistance à ces contraintes que le cynodon ou le paspalum.

Bien que parfois présente en zone méditerranéenne, cette graminée est très peu résistante au froid et aux gelées fréquentes. Elle ne supporte pas les terrains salins.

L'installation est lente au départ et nécessite une certaine humidité.

Une fois implantée, elle peut devenir envahissante.

Les touffes sont petites mais très nombreuses, aplaties et couvrent bien le sol, également en zones érodées. Le carpet grass supporte assez bien le piétinement.

L'*Axonopus* est utilisé éventuellement dans les mélanges d'hydroseeding en zone tropicale et parfois méditerranéenne lorsque les terrains sont lourds et acides.

Système racinaire : Superficiel, traçant avec rhizomes et stolons.

Nbre de graines/g : 2 000 à 2 800.

Germination : 10 à 20 jours.

Taille Maximum : 50 cm.

Floraison ou épiaison : Toute l'année selon les conditions.



CHIENDENT PIED DE POULE (CYNODON DACTYLON)

Description

Cette espèce de chiendent est aussi appelée herbe des bermudes (bermuda grass en anglais).

Il possède un feuillage persistant vert bleuté dont la principale qualité est une excellente résistance à la chaleur et à la sécheresse, même dans les terrains sablonneux.

En revanche il craint les zones ombragées, les terrains lourds, le froid et l'humidité persistante (il supporte toutefois les submersions temporaires et entre en dormance pour des températures inférieures à 10°C).

L'installation est délicate au départ et nécessite une certaine humidité.

Une fois implanté, il devient très envahissant. Il peut être semé sous forme de boutures (hydrosprigging) et s'implante alors facilement. Il présente une excellente résistance au piétinement. Il s'adapte à tous les types de sols (pH 5 à 8) et tolère très bien les sols salés.

Il est très utilisé dans les mélanges d'hydroseeding en zone méditerranéenne et tropicale.

Système racinaire : Traçant avec rhizomes et stolons.

Nbre de graines/g : 3 000 à 4 500.

Germination : 10-20 jours (graines décortiquées).

Taille Maximum : 40 cm.

Floraison ou épiaison : Toute l'année selon les conditions.



HERBE DE BAHIA (*PASPALUM NOTATUM*)

Description

Graminée d'origine tropicale (Sud Brésil) très commune dans les sols sableux.

Elle produit des touffes grossières, du fait de ses feuilles larges, et très couvrantes.

L'herbe de Bahia s'adapte à tous les types de sols même les terrains lourds et argileux.

C'est une plante plutôt acidiphile tolérante (pH de 4.5 à 6.5). Elle apprécie les climats humides mais tolère assez bien des sécheresses prolongées (toutefois moins que le cynodon). Elle supporte très bien l'ombrage ainsi que les terrains salins. L'installation est délicate au départ et nécessite une certaine humidité. Une fois implantée, elle devient très envahissante et concurrentielle notamment vis-à-vis des légumineuses.

Cette espèce peut être semée sous forme de boutures (hydrostrigging) et s'implante alors facilement. Elle présente une excellente résistance au piétinement. Recommandé pour la protection des sols en pente contre l'érosion, le paspalum est très utilisé dans les mélanges d'hydroseeding en zone tropicale et parfois méditerranéenne, mais il est nécessaire de veiller à un bon équilibre dans le mélange.-

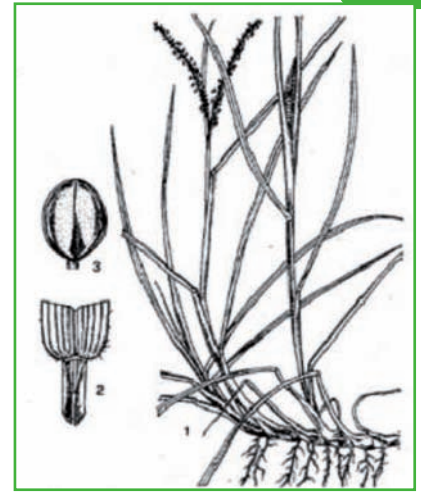
Système racinaire : Traçant avec rhizomes et stolons.

Nbre de graines/g : 300 à 400.

Germination : 20-25 jours.

Taille Maximum : 80-100 cm.

Floraison ou épiaison : Toute l'année selon les conditions.



HERBE DE SURINAM (*BRACHIARIA DECUMBENS*)

Description

Graminée d'origine tropicale native d'Afrique de l'Est.

Elle possède un feuillage large, persistant vert et des tiges fines bleutées. Elle s'adapte à tous les types de sol et tolère les terrains acides (jusqu'à des pH de 3.5).

L'herbe de Surinam se développe principalement dans les zones tropicales humides mais elle peut supporter des sécheresses prolongées. Il est possible de la retrouver à des altitudes élevées grâce à une résistance certaine au froid pour ce type d'espèce.

Elle peut tolérer un certain ombrage.

En revanche elle craint les sols lourds, argileux et très humides.

L'installation est plutôt rapide mais sa concurrence forte vis-à-vis des légumineuses peut poser des problèmes dans l'homogénéité d'un mélange semé. Sa couverture rapide des sols en fait une espèce intéressante pour lutter contre l'érosion.

L'herbe de Surinam est utilisée dans les mélanges d'hydroseeding en zone tropicale humide sur les talus, mais il est nécessaire de veiller à une proportion équilibrée dans le mélange en raison de sa concurrence forte vis-à-vis des légumineuses.

Système racinaire : Traçant avec rhizomes et stolons.

Nbre de graines/g : 2 500 à 3 500.

Germination : 10-20 jours (graines traitées pour lever la dormance).

Taille Maximum : 60 cm.

Floraison ou épiaison : Toute l'année selon les conditions.



KIKUYU (*PENNISETUM CLANDESTINUM*)

Description

Graminée d'origine tropicale native d'Afrique de l'Est (Kenya). Elle possède un feuillage aplati, large, poilu d'une couleur vert clair caractéristique.

Elle s'adapte à tous les types de sols fertiles quel que soit le pH. Le kikuyu est très répandu dans toutes les régions tropicales et sub-tropicales.

Il tolère bien la sécheresse et la chaleur mais ne peut supporter des sécheresses prolongées.

Il apprécie les sols compactés et humides, forme un tapis végétal très dense et résistant au piétinement.

L'implantation s'effectue par bouturage ou semis (à noter que les semences disponibles sont généralement des variétés fourragères).

L'installation est plutôt rapide et cette espèce très concurrentielle peut poser des problèmes dans l'homogénéité d'un mélange semé.

Le kikuyu est souvent utilisé dans les mélanges d'hydroseeding en zone tropicale humide sur les talus, mais il est nécessaire de veiller à une proportion équilibrée dans le mélange en raison de sa concurrence forte vis-à-vis des autres composants du mélange.

Système racinaire : Traçant avec rhizomes et stolons mais certaines racines peuvent être profondes.

Nbre de graines/g : 400 à 600.

Germination : 10-20 jours.

Taille Maximum : 30 cm.

Floraison ou épiaison : Toute l'année selon les conditions.



HERBE DE ST AUGUSTINE (*STENOTAPHRUM SECUNDATUM*)

Description

Graminée d'origine Asiatique mais également de régions côtières du Mexique et d'Afrique.

Elle possède des feuilles petites, rondes à la base et épaisses et forme un gazon vert-bleu, sombre et dense.

Sténotaphrum s'est adaptée aux régions tropicales et méditerranéennes en bord de mer principalement.

Elle s'adapte à tous les types de sols avec un pH plutôt neutre à alcalin.

Cette espèce a des besoins modérés en eau et fertilisants ; certaines variétés tolèrent bien la sécheresse et également l'ombrage. Son manque de résistance au froid l'empêche de s'étendre au-delà des zones côtières en climat méditerranéen.

Sténotaphrum tolère bien les sols salins mais, du fait de ses stolons épais et rigides, résiste peu au piétinement intensif.

L'implantation s'effectue essentiellement par bouturage et son installation est peu rapide.

L'herbe de St Augustine est essentiellement utilisée en hydrosprigging.

Système racinaire : Traçant avec stolons épais desquels partent les feuilles.

Taille Maximum : 10 cm.

Floraison ou épiaison : Toute l'année selon les conditions.



ZOYZIA

Description

Graminée originaire d'Extrême Orient (Corée).

Elle possède un feuillage fin et dense.

Elle s'adapte à tous les types de sol (pH de 5 à 8) mais assez fertiles.

De par ses facultés d'adaptation à la chaleur et à la sécheresse, Zoysia se développe principalement dans les zones tropicales humides mais aussi méditerranéennes car il peut supporter le froid.

Il se comporte bien à l'ombre mais résiste moyennement au piétinement car a des difficultés de régénération.

L'installation est très lente et il est préférable de l'implanter par bouturage. Zoysia est ainsi souvent utilisé en hydrosprigging.

Toutefois il est possible de semer la variété Zoysia japonica.

Système racinaire : Traçant avec rhizomes et stolons.

Nbre de graines/g : 2 000 à 2 200

Germination : 15 À 35 jours.

Taille Maximum : 20 cm.

Floraison ou épiaison : Toute l'année selon les conditions.



ANNEXE 2

GLOSSAIRE

Signes et Abréviations

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
BPU : Bordereau des Prix Unitaires
CCTP : Cahier des Clauses Techniques Particulières
CDDM : Comité Départemental de Développement Maraîcher
CEMAGREF : Centre d'Etudes du Machinisme Agricole, du Génie Rural et des Eaux et Forêts
CETE : Centre d'Etudes Techniques de l'Equipeement
CHPTE : Centre Herbager de Promotion Technique et Economique
COV : Composés Organiques Volatils (ex : solvants chlorés)
CRA : Centre wallon de Recherche Agronomique
CSD : Centre de Stockage de Déchets
ELCA : European Landscape Contractors Association (Union Européenne des Entrepreneurs du Paysage)
GNIS : Groupement National Interprofessionnel des Semences et plants
ICPE : Installation Classée Pour l'Environnement
LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
PAQ : Plan Assurance Qualité
PM : Pour Mémoire
PGC : Plan Général de Coordination
PPSPS : Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé
SETRA : Services d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes
SNEEP : Syndicat National des Entreprises d'Engazonnement par Projection
SOC : Service Officiel de Contrôle
SOPAQ : Schéma Organisationnel du Plan Assurance Qualité
SOPMQ : Schéma Organisationnel du Plan Management Qualité
SOPRE : Schéma Organisationnel du Plan Respect de l'Environnement
UNEP : Union Nationale des Entreprises Paysagistes

Termes techniques et divers

Acarien : les acariens sont de minuscules animaux (taille inférieure à 0.2 mm), visibles au microscope, cousins des insectes et des crustacés. Ils vivent librement dans le sol ou dans l'eau.

Acides aminés : molécules à la base de la constitution des protéines, même s'ils n'en sont pas les uniques constituants.

Adventice : mauvaise herbe.

Agrégat : élément structural d'un sol.

Alcalin : qui a les propriétés d'une base (synonyme : basique).

Alvéole : subdivision d'un casier où les déchets sont stockés.

Amendement (du sol) : matériau apporté aux sols dont la fonction principale est d'améliorer leurs propriétés physiques et/ou chimiques et/ou leur activité biologique.

Assistant au Maître d'Ouvrage : ingénieur conseil qui assiste le Maître d'ouvrage dans la définition de ses objectifs, des contraintes d'un projet et dans le choix des intervenants sur le projet ; il ne conçoit pas le projet mais valide les orientations et décisions prises par les intervenants.

Battance : tendance d'un sol à se tasser sous l'effet de pluies avec formation d'une croûte en surface.

Biomasse : quantité de matière végétale et animale présente dans un écosystème donné (exprimée généralement en kg de matière sèche/ha).

Blankets : couverture de sol (généralement constituée de fibres végétales et/ou synthétiques) mise en œuvre

sur des terrains sensibles à l'érosion.

Capacité d'échange cationique : quantité de cations qu'un sol peut retenir sur son complexe absorbant à un pH donné. Ces cations sont les suivants : Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , Al^{+++} , H^+ .

Capacité de rétention en eau : quantité d'eau retenue dans un sol après écoulement de l'eau de gravitation.

Chlorophylle : pigment vert des végétaux qui joue un rôle essentiel dans la synthèse des glucides à partir du gaz carbonique (photosynthèse).

Cisaillement : rupture affectant une surface en réponse à des contraintes tangentielles.

Colloïdes : particules solides de très petites tailles qui lorsqu'elles se mélangent avec l'eau prennent la consistance d'une pâte ou d'un gel (l'humus ou l'argile sont deux colloïdes du sol).

Cotylédon : feuille primordiale constitutive de l'embryon de certaines plantes contenant les réserves nutritives de la plantule.

Dicotylédone : classe des plantes à fleurs caractérisée par la présence de deux cotylédons sur la plantule et dont les feuilles ont généralement un limbe plus ou moins large à nervation ramifiée, à la différence des monocotylédones. Cette classe comprend notamment les légumineuses.

Ecosystème : système écologique fonctionnel formé par le milieu physique (biotope) et les organismes vivants (biocénose) qui lui sont liés.

Ectomycorhizes : mycorhizes se connectant naturellement avec des végétaux dits nobles (hêtres, bouleaux, pins, chênes...) et qui présentent des fructifications visibles à l'œil nu appelés carpophores (bolets, truffes...).

Edaphique : se dit de l'ensemble des facteurs environnementaux liés à la nature du sol et du sous-sol.

Endogène : qui est produit par la structure elle-même en dehors de tout apport externe.

Endomycorhizes : mycorhizes se connectant naturellement avec des plantes arbustives et herbacées. Cette deuxième famille ne présente pas de fructifications visibles à l'œil nu.

Erodibilité : sensibilité d'un sol à l'érosion.

Erosivité : capacité d'un facteur tel que la pluie à éroder un sol.

Enzyme : molécule permettant d'accélérer jusqu'à des millions de fois les réactions chimiques du métabolisme se déroulant dans les organismes vivants. Les enzymes agissent à faible concentration et elles se retrouvent intactes en fin de réaction : ce sont des catalyseurs biologiques (ou biocatalyseurs).

Evapotranspiration : quantité d'eau évaporée par les sols, les nappes liquides, et transpirée par les plantes.

Floculation : la floculation est la formation d'agrégats cimentés de colloïdes et de particules solides du sol par l'intermédiaire de ponts calciques.

Graminées : famille botanique importante appartenant aux monocotylédones appelée aussi Poacées et dont font partie les espèces utilisées dans les gazons, les prairies... Les graminées représentent environ 20% de la couverture végétale terrestre. Les racines forment un chevelu important, notamment grâce à la formation de nombreuses racines adventives naissant à la base des tiges.

Granulométrie : mesure physique des constituants d'un sol ; elle s'exprime sous la forme d'une fourchette mini/maxi de taille des agrégats (ex : sable : 0-3 mm).

Guar : la gomme de guar extraite de la semence de *Cyamopsis tetragonolobus* est un polysaccharide hydrosoluble à froid. Cette capacité de s'hydrater sans chauffage le rend très utile dans beaucoup d'applications industrielles. Dans l'industrie alimentaire, la gomme de guar est surtout utilisée comme agglutinant, épaississant et stabilisant dans les aliments. En hydroseeding la gomme de guar est un des constituants de base des fixateurs organiques.

Humus : produit de la décomposition des matières organiques du sol.

Hydromulching : technique de mise en place d'un mulch de protection du sol ; elle consiste à mettre en œuvre sur le sol une émulsion comportant un mulch avec éventuellement une membrane fibrillaire et/ou un fixateur dans le but de protéger le sol de l'érosion éolienne et/ou pluviale. Cette émulsion est projetée par une machine appelée hydroseeder.

Hydroseeding ou ensemencement hydraulique : technique de semis consistant à mettre en œuvre sur le sol une émulsion comportant eau, semences, fertilisants et fixateur dans le but de recréer un couvert végétal durable. Cette émulsion est projetée par une machine appelée hydroseeder.

Hydrosprigging : technique de semis de boutures consistant à mettre en œuvre sur le sol une émulsion comportant eau, boutures, fertilisants et fixateur dans le but de recréer rapidement un couvert végétal durable. Cette émulsion est projetée par une machine appelée hydroseeder.

Labile : Instable, facilement disponible.

Légumineuses : famille botanique constituant l'un des groupes les plus importants parmi les dicotylédones. Elle comprend notamment des espèces cultivées pour leurs graines (soja, pois, haricots, fèves....), des oléagineux et des plantes fourragères (trèfle, luzerne, sainfoin...). Les légumineuses présentent un grand intérêt sur le plan agronomique car elles contribuent à l'enrichissement du sol grâce à la bactérie rhizobium fixée sur leurs racines. Leurs feuilles sont presque toujours composées, pennées et leur fruit est une gousse renfermant une ou plusieurs graines.

Lessivage : entrainement des éléments fertilisants du sol par les eaux de pluie et d'arrosage.

Lien trophique : lien mutuel bénéfique entre organismes.

Loam : terre arable contenant les principaux éléments des sols fertiles (sable ; limon, argile) dans des proportions équilibrées.

Macrofaune : organismes de taille supérieure à 2mm.

Maître d'œuvre : concepteur d'un projet. Il définit le dossier de Consultation pour le Maître d'ouvrage, l'aide au choix des entreprises et l'assiste tout au long du chantier jusqu'à sa réception.

Maître d'Ouvrage : propriétaire de l'ouvrage.

Membrane BFM : membrane fibrillaire projetée par un hydroseeder.

Membrane FGM : membrane fibrillaire projetée par un hydroseeder..

Métabolisme : ensemble des transformations physico-chimiques qui s'accomplissent dans l'organisme.

Microfaune : organismes de taille inférieure à 2mm.

Micro-organisme : organisme de taille inférieure à 2mm comprenant la faune animale (dite microfaune) et végétale (dite microflore).

Minéralisation : dégradation de la matière organique et de l'humus entraînant la libération des éléments minéraux qui y sont contenus.

Monocotylédones : classe de plantes à fleurs caractérisées par la présence d'un seul cotylédon sur la plantule et dont les feuilles, aux nervures parallèles, sont généralement étroites et allongées, à la différence des dicotylédones. Cette classe comprend notamment les graminées, les liliacées, les orchidées, ...

Mulch : produit de recouvrement de sol à base de fibres diverses (à l'origine essentiellement de la paille).

Mycorhize : champignon à longs filaments qui s'associe, par symbiose, aux racines de certaines plantes.

Natte : nom générique désignant les géomatelas et géofilets selon la norme NF CEN ISO 10318. Les nattes sont des structures planes ou tridimensionnelles perméables constituées de filaments, fibres, et/ou d'autres éléments synthétiques ou naturels pérennes ou biodégradables utilisées plus particulièrement pour limiter l'érosion des sols.

Nématode : vers parasites des plantes présents dans les sols possédant, à la partie antérieure du tube digestif, un stylet perforant.

NF Environnement : écolabel français officiel qui s'applique à tous les produits de l'agriculture et des espaces verts selon un cahier des charges précis prenant en considération leur cycle de vie complet.

Nodosité : radicelle de légumineuse hypertrophiée par la présence d'un miro-organisme fixateur d'azote atmosphérique : le rhizobium.

Oligo-éléments : les oligo-éléments sont une classe de nutriments, éléments minéraux purs, nécessaires à la vie d'un organisme, mais en quantités très faibles (chez l'être humain, on appelle oligo-éléments les éléments chimiques qui représentent une masse inférieure à 1 mg/kg de poids de corps).

Pédologie : science de l'étude des sols.

Photosynthèse : processus biochimique qui permet aux plantes, aux algues et à certains micro-organismes grâce à l'énergie apportée par les rayonnements du soleil de transformer l'eau et le gaz carbonique (CO₂) en molécules organiques (glucides).

Phytohormone, ou hormone végétale : hormone produite par une plante ; substance chimique organique qui régule la croissance végétale ou qui intervient dans la communication entre individus végétaux différents (un végétal stressé peut émettre une hormone informant d'autres arbres qu'une cause de stress est présente).

Plantes saxicoles : plantes se développant sur des substrats rocheux.

Plantes pionnières : plantes aptes à coloniser des terrains nus.

Polymères : substances composées de molécules caractérisées par la répétition un grand nombre de fois, d'un ou plusieurs atomes ou groupes d'atomes.

Pouvoir tampon du sol : résistance d'un sol aux variations de pH.

Protéines : matières azotées naturelles de poids moléculaire élevé, entrant dans la constitution des organismes vivants.

Racinaire, radicaire : qui a trait aux racines des végétaux.

Radicelle : ramification de la racine principale.

Rapport C/N : Le rapport C/N (Carbone/Azote) indique le degré d'évolution de la matière organique, c'est-à-dire son aptitude à se décomposer plus ou moins rapidement dans le sol.

Ravine : rigole d'érosion de quelques centimètres à plusieurs décimètres.

Ressuyage : perte de l'excès d'eau.

Rhizobium : bactérie fixatrice d'azote atmosphérique, vivant en symbiose sur les racines des légumineuses où elle forme des nodosités.

Rhizome : tige souterraine vivace, généralement horizontale, émettant des racines et des tiges aériennes.

Scarification : lésions superficielles de l'enveloppe entourant la graine pour faciliter la germination et les échanges gazeux et hydriques.

Sols ferralitiques : sols ferrugineux de couleur rougeâtre typiques des zones tropicales.

Strate herbacée : étage le plus proche du sol occupé par la végétation herbacée. L'occupation verticale du sol se compose de trois strates : herbacée, arbustive et arborée.

Stolon : longue tige rampante sans feuilles qui peut s'enraciner à son extrémité et émettre de nouvelles racines.

Strawblower : matériel de projection de paille.

Symbiose : relation permanente entre deux organismes d'espèces différentes et qui se traduit par des effets bénéfiques aussi bien pour l'un que pour l'autre.

Tallage : développement de ramifications secondaires autour de la tige principale.

Terra-seeding : technique d'épandage simultané de substrat organique, de conditionneurs de sols et de semences.

Végétalisation : mise en place d'une végétation.

Vide de fouille : espace encore disponible pour les déchets dans une alvéole de centre de stockage.

Viscosité : quantification de la résistance d'un fluide à s'écouler. Elle est mesurée par le viscosimètre Brookfield et s'exprime en centipoises (cP). La viscosité dynamique se mesure en pascal-seconde (Pa.s), cette unité ayant remplacé le poiseuille (PI) qui a la même valeur. On trouve encore parfois l'ancienne unité du système CGS, la poise (Po) : $1 \text{ Pa.s} = 10 \text{ Po}$. La viscosité de l'eau à 20°C est de 1 cPo (centipoise) soit 10^{-3} Pa.s .

ANNEXE 3

BIBLIOGRAPHIE

ADEME - CEMAGREF

Utilisation des déchets organiques en végétalisation
Guide des bonnes pratiques, 1999, 112 p

Agence Universitaire de la Francophonie

Conservation des eaux et des sols
CES pour les ingénieurs de l'équipement rural et de l'agronomie, 2004

Beauchamp (J)

Propriété des sols
Université de Picardie Jules Verne, 2008

Blamey (M), Grey-Wilson (C)

La flore d'Europe Occidentale
Ed Arthaud, 1991, 544 p

Bourne (H.J)

La chimie générale, minérale, organique, biologique et la chimie horticole
Mémento, 1988, 378 p

Coumoul (H), Mineau (H)

Jardins de l'autoroute – Histoire de graines, d'herbes et de rocailles
Ed. Actes Sud, 2002, 188 p

Comité Français des Géosynthétiques,

Recommandation pour l'utilisation des géosynthétiques contre l'érosion
2003, 128p

Gauthier (J)

Notions d'agriculture
Ed. J. Gauthier, 1980, 687 p

Faloya (V)

Gestion des sols acides en vue de leur végétalisation
Institut National Agronomique Paris Grignon
Rapport de D.A.A, Sciences et Techniques des productions végétales, 1996, 19 p

Ministère de l'équipement, des transports et du logement – Avril 99

Marchés publics de travaux, Cahier des Clauses Techniques Générales. Fascicule n° 35 - Aménagements paysagers : Aires de sports et de loisirs de plein air
Circulaire N° 99-25, 1999

S.E.A.T.M – Avril 1990

Aménagement des pistes de ski alpin
Publication, 1990, 41 p

S.E.T.R.A – Juin 1993

Coûts constatés pour l'enherbement routier : présentation et utilisation d'une grille des coûts indicatifs d'ensemencements par projection
Note d'information N° 38, 1993, 4 p

S.E.T.R.A – Juillet 1999

Le nouveau fascicule 35 du CCTG aménagements paysagers - aires de sports et de loisirs de plein air - Apports et conseils d'utilisation
Note d'information N° 62, 1999, 8 p

S.I.R.A.S – Juillet 1996

Revégétalisation des sites de stockages de déchets
Rapport d'étude, 1996, 217 p

S.N.E.E.P – Octobre 2008

Erosion-Végétalisation-Environnement
Agissons ensemble pour les générations futures
Guide Technique, 2008, 88 p

Société Française des Gazons

Encyclopédie des gazons
Ed. SEPS, 1990, 360 p

Soltner (D)

Phytotechnie générale : Les bases de la production végétale –
Tome 1 : le sol, 9ème édition, 1980, 455 p

Steinfeld (D), Riley (S), Wilkinson (K), Landis (T), Riley (L)

Roadside Revegetation: An integrated approach to establishing native plants
Umatilla National Forest, U.S. Forest Service, 2517 S.W. Hailey Ave, Pendleton, OR 97801
Final Report, 2007, 423 p

Le Guide européen de l'hydroseeding

première édition

ISBN : 979-10-91029-00-1

Prix : 58 euros TTC, frais de port inclus

Édition et fabrication de l'ouvrage

Éditions Kreaten (PAO)

3, chemin du Jubin

69570 Dardilly

Tél. : 04 37 46 05 89

Fax : 04 72 53 07 12

Email : pp@kreaten.com

Conception et rédaction

Christophe Lignier : c.lignier@wanadoo.fr

Olivier Rosset : o.rosset@free.fr

Ce guide est un document de communication et d'échanges, n'hésitez pas à nous contacter pour nous faire part de vos commentaires, pour l'enrichir et le faire évoluer.

Impression

Imprimerie Chirat

744, route de Sainte Colombe

42540 St Just la Pendue

AVERTISSEMENT AU LECTEUR

Ce guide est l'édition 2012. En aucun cas, la société Kreaten ne pourrait être retenue pour responsable de toute omission d'une donnée ou d'une information, si intéressante qu'elle puisse être pour l'utilisateur. Toute reproduction ou représentation partielle ou intégrale, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans l'autorisation de l'auteur, est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans lequel elles sont incorporées (loi du 11 mars 1957 - articles 40 et 41 et Code pénal en son article 425).

Valeur environnement



Valeur Environnement assure la valorisation d'espaces délaissés et difficiles d'accès, par des concepts innovants de végétalisation de sites, aménagement de toitures végétalisées, jardins sur dalle, terrasses jardin.

L'entreprise se caractérise par une forte capacité d'innovations et d'ingénierie technique, développées autour des problèmes de mécanisation d'activités et de techniques environnementales.

Première entreprise française à détenir la technologie EuroBlower HD, pour le transport pneumatique des matériaux du paysage et de la végétalisation de toiture ; mais aussi le confinement de sols pollués avec le procédé EuroCover.

Valeur Environnement est un partenaire de choix pour :

- L'hydoseeding, procédé EuroMat
- L'hydrospriging, procédé VerToit
- L'hydrocovering, procédé EuroCover
- Le transport pneumatique, procédé EuroBlower HD

Nos clients : Paysagistes, Étancheurs, Bâtiment, Travaux Publics.

Valeur Environnement - L'environnement, c'est ma vraie nature !

4, boulevard Michael Faraday
Parc International d'Entreprises Val d'Europe - Serris
77716 MARNE LA VALLÉE Cedex 4
contact@valeur-environnement.com / www.valeur-environnement.com
Tel. : 01 60 42 87 86 / Fax : 01 60 42 87 80

Inédit en Europe

Le Guide européen de l'hydroseeding est un ouvrage représentatif, complet, intéressant et suffisamment compréhensible pour que le néophyte puisse détenir les clés d'un tel secteur sans pour autant tomber dans la vulgarisation.

Le guide que vous avez entre les mains est le fruit d'années d'expériences, d'acquis techniques obtenus au gré des chantiers, et de théories élaborées par des laboratoires et des chercheurs.

C'est une compilation à la fois théorique et pratique qui vous apportera les connaissances nécessaires pour appréhender un chantier ou un projet de A à Z. Tout au long des chapitres, vous découvrirez les fondamentaux pour progressivement rentrer dans des considérations plus poussées, indispensables pour pouvoir retenir des options techniques ad-hoc sur un projet.