

TERRAINS DE FOOTBALL

en gazons naturels, renforcés
ou mixed : naturels et renforcés



Recommandations
pour le choix, planification, construction et l'entretien

présenté par Rolf Hediger

1 INTRODUCTION

Qu'est qu'un terrain de football en gazon naturel ? _____	3
---	---

2 QUALITES DES GAZONS _____ 3

2.2 Types et qualités de gazons naturels _____	4
2.3 Aides artificielles pour renforcer et faire pousser le gazon _____	8
2.4 Gazons naturels pré-cultivés (ou plaquage)	
• Pré-cultivés dans des "fermes à gazon" _____	9
• Cultivés dans des « boxes » _____	12
2.5 Gazons naturels renforcés	
• Renforcé par des fibres organiques ou artificielles mélangés au substrat _____	13
• Renforcé par l'implantation de fibres synthétiques _____	14
• Renforcé par des gazons synthétiques _____	15

3 QUALITES FOOTBALLISTIQUES ET TECHNIQUES

3.1 Tests footballistiques et techniques _____	23
3.2 Qualités footballistiques _____	29

4 CONSTRUCTIONS ET INSTALLATIONS COMPLEMENTAIRES

4.1 Divers types de constructions types de terrains _____	34
4.2 Lignes de marquage _____	38
4.3 Systèmes d'arrosage _____	39
4.4 Chauffage au sol _____	41
4.5 Eclairage artificiel _____	43
4.5 Aérations artificielles sous la zone racinaire _____	44

5 MAINTENANCE

5.1 Comparaison des coûts entre les trois principaux systèmes de gazon _____	46
5.2 Rapport détaillé sur une année _____	47

6 ANNEXES

6.1 Divers règlement de compétition (UEFA / ASF) _____	49
6.2 Extraits d'une étude scientifique _____	51

Autres publications

- *Terrains de Football, volume 2, terrains en gazon synthétique*
- « *Indoor* », *salles de sport*
- « *Outdoor* », *pistes d'athlétisme et jeux de balles*

1 INTRODUCTION

Le but de cet ouvrage est de partager avec le monde du sport les expériences accumulées pour réaliser des sols de qualité pour le bien des usagers / sportifs et avec une grande durée de vie pour le bien des payeurs / communautés.

Ce document peut être utilisé comme guide et fournit des conseils et des recommandations faciles à appliquer lors de nouvelles réalisations.

Ces recommandations représentent non seulement une aide dans le choix, la conception, la construction et l'entretien des installations sportives, mais illustrent également de manière pratique les expériences réalisées au cours de nombreuses constructions, installations et utilisations qui ont eu lieu, pour la majorité, en Europe.

Qu'est qu'un terrain en gazon naturel ?

Le gazon naturel est si commun que nous pensons comme allant de soi son existence même, ainsi que son utilisation. Mais de quoi s'agit-il exactement et pourquoi passons-nous autant de temps à l'étudier ? Le gazon ou herbe est le nom familier donné à la famille de plantes connues sous le nom de graminée. La famille des graminées est composée de plus de 6'000 espèces, ce qui en fait l'une des familles les plus importantes au monde.

Le gazon ou herbe, en tant que famille, ne se limite pas à être juste quelque chose d'utile pour jouer au football. Le bambou, le maïs et l'avoine, par exemple font partie de cette famille ainsi que toutes les plantes permettant de produire du sucre, de la liqueur, du pain ainsi que de nombreux autres produits de base que l'on trouve dans une cuisine. Bien que cela ne soit pas évident au premier abord, le gazon ou herbe contient tous les éléments de la vie végétale : tige, racine, feuille et oui, fleur également. Si les fleurs sont tout à fait évidentes dans les espèces d'herbes telles le maïs ou le blé, concernant le gazon de jardin vous devez mettre genou à terre pour voir comment il se reproduit. Son secret, s'il en existe un, est le fait qu'il dispose de tous les éléments de reproduction dans sa partie nommée « couronne » qui se situe à la base de la tige très proche du sol. Le gazon est adaptable et relativement facile à cultiver. Vous pouvez tondre une pelouse, et pour autant que le gazon ne soit pas coupé en dessous de la couronne, il repoussera toujours. De même, si vous faites pousser de l'herbe et que vous la tondez à ras le sol tel du gazon, et pour autant que la couronne reste intact, il repoussera toujours. Le gazon peut se reproduire de plusieurs façons, notamment par ensemencement, mais également par fractionnement des stolons (tiges latérales en surface) ou des rhizomes (tiges latérales sous terre).

2 QUALITES DES GAZONS

Questions et réponses

Que recommandent les associations footballistiques concernant les différents types et qualités de gazon pour les compétitions ?

Il n'y a ni règlement, ni recommandation, que ce soit sur le type ou la qualité du gazon utilisé pour le football.
Aucune étude n'a été publiée par les Fédérations de Football !

Qu'attend un joueur de football d'un terrain ?

- Une parfaite planéité
- Une surface tendre et peu profonde.
- Une pelouse dense et humide.
- Une belle surface uniformément verte.

Qu'attend un spectateur d'un terrain ?

- Une belle surface uniformément verte.

Combien d'heures de jeu peu supporter un terrain en gazon naturel ?

- Dans des conditions normales (terrain sec), un gazon naturel peut être utilisé quelques heures par semaine, soit entre 400 et 700 heures maximum par année, afin de garder une pelouse en parfait état.

Qu'en est-il des terrains utilisés pour les matchs des championnats européens ?

Dans les stades modernes, les terrains ne peuvent très souvent pas être utilisés, car ils sont recouverts avec :

- Des rampes d'éclairage artificiel pour aider le gazon de pousser (photosynthèse).
- Des couvertures recouvrant partiellement ou complètement le terrain, afin de pouvoir envoyer de l'air chaud permettant la croissance du gazon durant les mois d'hiver.

2.2 Types et qualités de gazons naturels

Terrains utilisés pour les matchs des compétitions de l'UEFA durant la saison 2005 / 2006



Terrains extrêmement usés...



... et attaqués par des maladies



Densité de gazon moyenne....



..... comparée à une densité idéale



Parfaite densité sans trop de feutrage



Certains responsables des principaux terrains des stades européens pensent que la composition idéale d'un gazon 100% naturel doit être la suivante :

- 70 – 90% *Lolium Perenne* (Ray-grass)
- 30 – 10% *Poa pratensis* (Pâturin des prés / Kentucky Blue)

Caractéristiques

<i>Lolium Perenne</i> / Ray-grass anglais	<i>Poa pratensis</i> / Pâturin des prés
Beau feuillage	Moindre résistance au jeu
Bonne résistance au jeu	Demande plus de maintenance et de fertilisation
Bonne résistance contre les maladies	Bonne résistance à une coupe basse (environ 20 mm)
Croissance rapide	Croissance lente

Lolium Perenne



Poa pratensis



Durant la coupe du monde FIFA 2006 en Allemagne, deux types de composition de gazon ont été adoptés pour tous les terrains, car la compétition se déroulait en été (très chaud).

Note : *Festuca arundinacea* est utilisé pour sa résistance à la chaleur

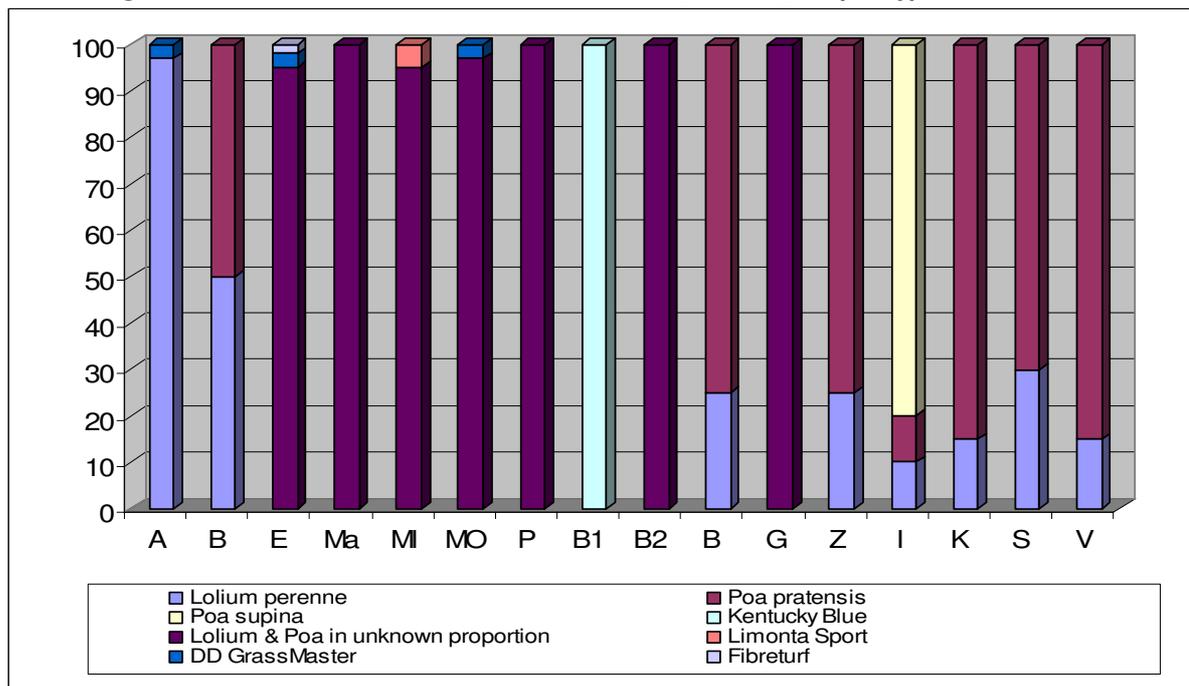
Type A

- 70% *Festuca arundinacea*
- 10% *Lolium perenne*
- 20% *Poa pratensis*

Type B

- 80% *Festuca arundinacea* (Fétuque élevée)
- 20% *Poa pratensis*

Ce graphique montre le type et la composition du gazon utilisé dans les principaux stades européens. Il montre également s'il bénéficie d'un renforcement ou non, et si oui, de quel type.



Note : DD GrassMaster et Fibreturf sont des systèmes de terrains renforcés avec des fibres synthétiques.
Kentucky Blue = Poa pratensis

Un excellent terrain naturel est composé de 25'000 à 40'000 brins de gazon au m2, ce qui signifie une moyenne d'environ 300 millions de brins pour un terrain de football !

En comparaison, un terrain de golf compte environ 100'000 à 200'000 brins par m2.



Quelques questions peut-être stupides ?

La composition des terrains de football ou certaines zones (16 mètres) des principaux stades de 1^{er} division est de deux types :

A) gazon naturel renforcé à l'aide de divers types de fibres artificielles

B) tapis de gazon artificiel dans lequel on a fait pousser du gazon naturel

- Est-ce qu'un terrain composé de fibres artificielles, ou d'un système similaire, est assimilé à un terrain en gazon naturel ?
- A partir de quel moment un terrain n'est plus considéré comme naturel ?
- Est-ce en fonction du pourcentage, ou de la densité, des fibres artificielles d'un terrain par m² (10%, 20% ou supérieur à 50%) qu'un terrain est ou non considéré comme naturel ?

Réponse

A l'heure actuelle, soit en 2012, les associations footballistiques (FIFA et UEFA) ne tiennent pas compte de cette évolution et quel que soit le type ou le pourcentage de gazon naturel d'un terrain, il est considéré comme naturel. Aucune forme d'approbation ni de test n'est requis (à l'instar des terrains en gazon exclusivement artificiel).



Mélange de gazon naturel et de fibres artificielles (National Stadium, San Marino)

2.3 Aides artificielles pour renforcer et faire pousser le gazon naturel

Dans le but de renforcer le gazon naturel, dans certains stades, la couche de végétation est renforcée à l'aide de fibres artificielles ou organiques.

Dans d'autres stades, pour permettre la croissance du gazon, des équipements supplémentaires doivent être installés, tels qu'un chauffage de sol, un système d'aération du sous-sol et de surface, ainsi qu'un éclairage artificiel.

Fibres artificielles implantées (DD GrassMaster)



Eclairage artificiel (Londres, Emirat Stadium)



Aération artificielle de la zone racinaire



Aération en surface (Milan, San Siro)



2.4 Gazons naturels pré-cultivés

Gazons naturels pré-cultivés dans des galonnières



Prélèvement de rouleaux de 0.30 m à 2.20 m de largeur et de 15 à 35 mm d'épaisseur



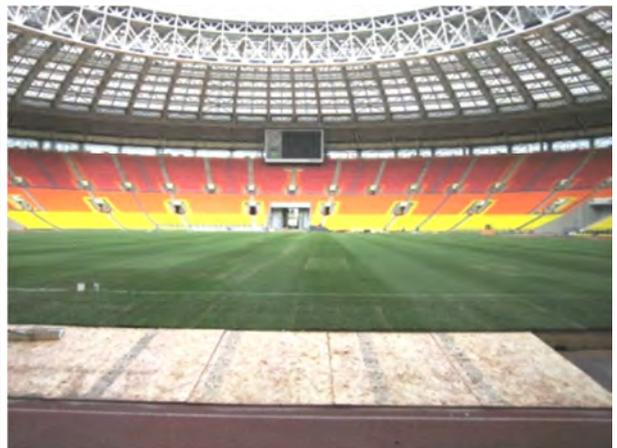
Exemples de diverses installations



Pose manuelle

Pose mécanique (EURO2008, Bâle)

UEFA : finale de la Champions League à Moscou (Luzhniki) 2008



Gazons naturels cultivés dans des « boxes »



Préparation et remplissage des modules avec du sable

Mise à niveau afin d'être prêt à semer le gazon



Les modules sont prêts à être installés



Exemple :

Installation pour
UEFA Champions League
Finale 2008,
Stade de Luzhniki, Moscow

2.5 Gazon naturel renforcé

Gazons renforcés par des fibres organiques ou artificielles mélangées au substrat

L'amélioration de la qualité des terrains de football a réellement débuté à la fin des années 70, début des années 80, avec l'introduction de l'apport de sable dans les zones racinaires dominantes (couche de végétation).

Bien qu'une infrastructure composée à 100% de sable soit instable, les diverses techniques d'armement à base de sable dans les zones racinaires dominantes représentent un pas important dans la lutte contre l'instabilité du sol et améliore la perméabilité du sol.

Deux techniques existent :

- Premièrement le "Fibreturf" qui est un système d'implantation aléatoire de fibres développé aux Etats-Unis et permettant l'utilisation des stades pour des concerts ou événements non sportifs.
- Deuxièmement, le « DESSO GrassMaster » qui est un système de fibres « cousues ».

Ces techniques sont actuellement relativement courantes. On peut les trouver sur de nombreux terrains de football de premier ordre, ainsi que sur bon nombre de terrains d'entraînement de clubs de premier plan.

Cependant et par nature, l'apport de sable dans ces zones produit le durcissement de la rhizosphère ; cet apport adjoit à l'utilisation de fibres renforcées, augment encore le phénomène.

Le développement de certaines techniques d'entretien, en particulier le drainage vertical ainsi que d'autres types d'aération à couteaux ont été très importants en permettant aux responsables des terrains d'exercer un contrôle sur l'exigence quelque peu conflictuelle qu'est l'équilibre entre la stabilité et la dureté du sol.



Le principal problème de tous ces types de terrains est le feutrage et la chaume.

Extrait d'un document publicitaire de Fibrelastic®, un produit de Fibresand UK

Afin de continuer à progresser et plus particulièrement afin de remédier à l'équilibre difficile entre la stabilité et la dureté, en 2007 Fibresand UK, après un programme de deux ans de recherche à l'IRES, a présenté une nouvelle fibre double renforçant la zone racinaire, appelée Fibrelastic.

L'objectif de ce produit est triple :

- Tout d'abord une réduction de la dureté de la surface = réduction de l'impact du stress sur les articulations et donc moins de risques de blessures.
- Deuxièmement, une augmentation de l'élasticité de la surface = une plus grande restitution d'énergie dans les pieds des joueurs, soit moins de fatigue.
- Troisièmement, une augmentation de la cohésion de la zone racinaire = une traction accrue et moins de perturbations de la surface.

Le résultat global de ces trois facteurs est une surface ayant tous les attributs d'un gazon renforcé à base de sables dans les zones racinaires dominantes typique, mais avec une sensation considérablement plus douce et qui s'apparente plus à un terrain naturel en bon état.

Les terrains fabriqués avec le produit Fibrelastic® sont plus agréables au jeu et plus conviviaux que ceux conçus par renforcement à base de sable dans les zones racinaires dominantes et ainsi représentent un nouveau pas en avant dans la technologie utilisée pour les zones racinaires dans des terrains en gazon naturel.

Ce renforcement par les racines réduit la dureté de la surface, réduisant par la même occasion les risques de blessures pour les joueurs et améliorant en même temps la résistance et la traction de la surface.

La composition d'un terrain en Fibrelastic® Root Zone (FERZ) typique comprenant 80% de sable et 20% de matière organique ainsi que des fibres en polypropylène et en élasthanne. Le mélange est intégralement préparé et produit en usines et livré sur site en vrac par camion benne.

Un terrain de football ou de rugby typique de 7'500 m² nécessite 1,200 tonnes de FERZ afin de former la couche racinaire supérieure d'une profondeur de 100 mm. L'importance de ce procédé dans la construction d'un terrain en Fibrelastic® requiert d'être effectué par un entrepreneur spécialisé dans les gazons sportifs.

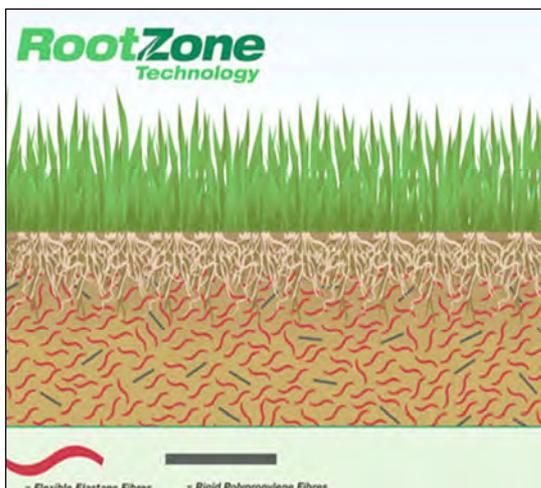
La technique de construction des terrains en Fibrelastic® est différente des autres terrains renforcés à base de sable dans les zones racinaires dominantes, telles que Desso GrassMaster et XtraGrass car elle s'appuie sur les fibres de gazon afin de stabiliser la zone racinaire.

Le mélange de sable silice, composé de matière organique, de fibres rigides en polypropylène et de fibres souples en élasthanne produit un mélange totalement homogène et constitue le produit appelé Fibrelastic® Root Zone (FERZ).

Le produit est ensuite livré sur site afin que l'entrepreneur puisse former la couche racinaire supérieure. S'en suit la préparation de la surface, la fertilisation et l'ensemencement afin de produire en finalité un gazon naturel.

« L'élasticité » de ce type de terrain produit une surface bien plus agréable à jouer avec une meilleure absorption des chocs et un risque de blessures moindre. Il est également moins sujet « aux perturbations de surface » donnant ainsi aux joueurs une meilleure prise.

Il est plus facile de l'entretenir que la plupart des terrains habituels, car il est plus résistant à l'usure et fait moins de déchets de gazon.

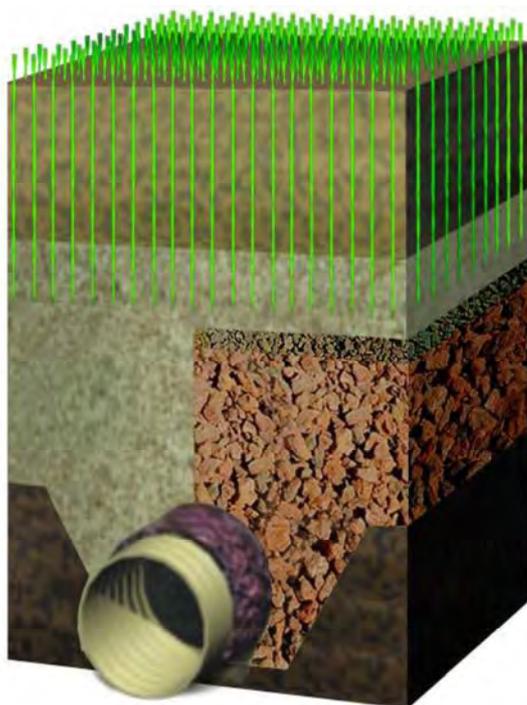


Pour plus de détails :

Se référer à l'annexe « Extraits des études et des publications concernant Turfgrids, Fibersoil et produits similaires ».

Gazon naturel renforcé par l'implantation de fibres synthétiques

Extrait d'un document publicitaire de GrassMaster, un produit de Desso



Desso Sports Systems applique la technique brevetée de renforcement du gazon naturel à l'aide de fibres artificielles depuis 1992. Aujourd'hui, plus de 250 terrains comportant la technique Desso GrassMaster sont utilisés dans le monde. Installer ce type de terrain requiert de faire appel à des professionnels hautement qualifiés. Desso travaille exclusivement avec des partenaires certifiés et expérimentés afin de concevoir la couche de base inférieure.

Phase 1 : Préparation du sol

- Création d'un chenal peu profond (couche non porteuse)
- Installation du système de drainage et du système facultatif de chauffage au sol
- Application du système d'évacuation, d'une couche de fondation stable
- Application de compost amélioré, rugueux, couche supérieure de sable
- Création de la transition entre les fondations et les couches supérieures

Phase 2 : Gazon naturel

- Sélection de la variété de gazon (en accord avec l'expert local)
- Ensemencement du gazon naturel
- Alternative à l'ensemencement, la pose de gazon en rouleaux

Phase 3 : Fibres de gazon artificielles

- Technologie brevetée de Desso Sports Systems
- Injection de fibres artificielles à l'aide de machines contrôlées par ordinateur
- Tout les 2 x 2 cm ; 20 millions de fibres artificielles par terrain
- Ancrage à 20 cm dans le sol
- Dépassement de 1.5 à 2 cm du sol

Cette phase peut également s'effectuer avant la phase 2.

Phase 4 : Symbiose entre le gazon naturel et artificiel

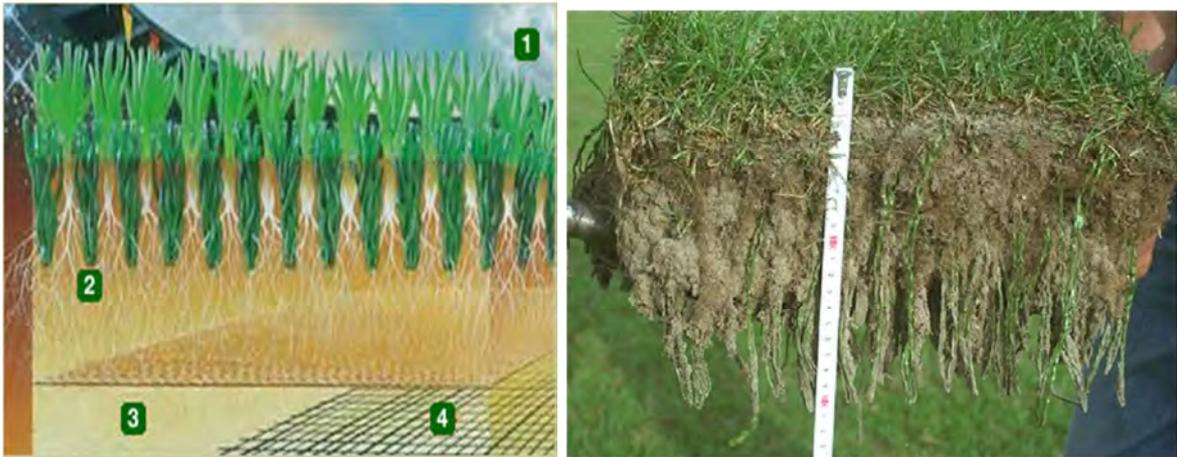
- En poussant, les racines du gazon naturel enlacent les fibres du gazon artificiel
- Ancrage du gazon naturel, créant un horizon ferme et un terrain de jeu stable
- Combinaison entre la sous-couche de sable et les injections verticales de fibres de gazon artificiel

Phase 5 : Maintenance

- Comparable à la maintenance d'un terrain en gazon naturel
- Tâches standards : fertilisation, ensemencement, fauchage, aération
- Programme de maintenance spécifique de Desso GrassMaster

Résultats

Une amélioration structurelle et permanente du terrain ! Prévu pour durer ; l'un des premiers terrains conçu avec Desso GrassMaster fût installé en 1994 au stade de Rosenborg BK en Norvège. Il est toujours en parfait état !



1. Le limbe des feuilles se trouve au-dessus du sommet des fibres synthétiques créant une pleine surface de gazon naturel. Si le couvert de gazon est usé, le sable contenu dans la matrice synthétique continue d'offrir une surface de jeu uniforme et sûre.
2. Les racines du gazon s'entrelacent dans la matrice de fibres synthétique et poussent sans entrave à travers les mailles en plastique, selon l'exemple ci-dessus.
3. Le sable, principale couche de remplissage, est sélectionné afin d'être compatible avec les matériaux de base de chaque site, minimisant ainsi la potentialité de superposition et permettant d'assurer un taux élevé d'infiltration d'eau.
4. Le filet en plastique dur se trouvant immédiatement en-dessous des fibres verticales agit comme point d'ancrage pour les composants se situant au-dessus et fournit une capacité d'appui horizontale supplémentaire sous la surface de charge. Profondeur autour 20cm, tous les 2x2cm, 15-20mm au-dessus du sol.

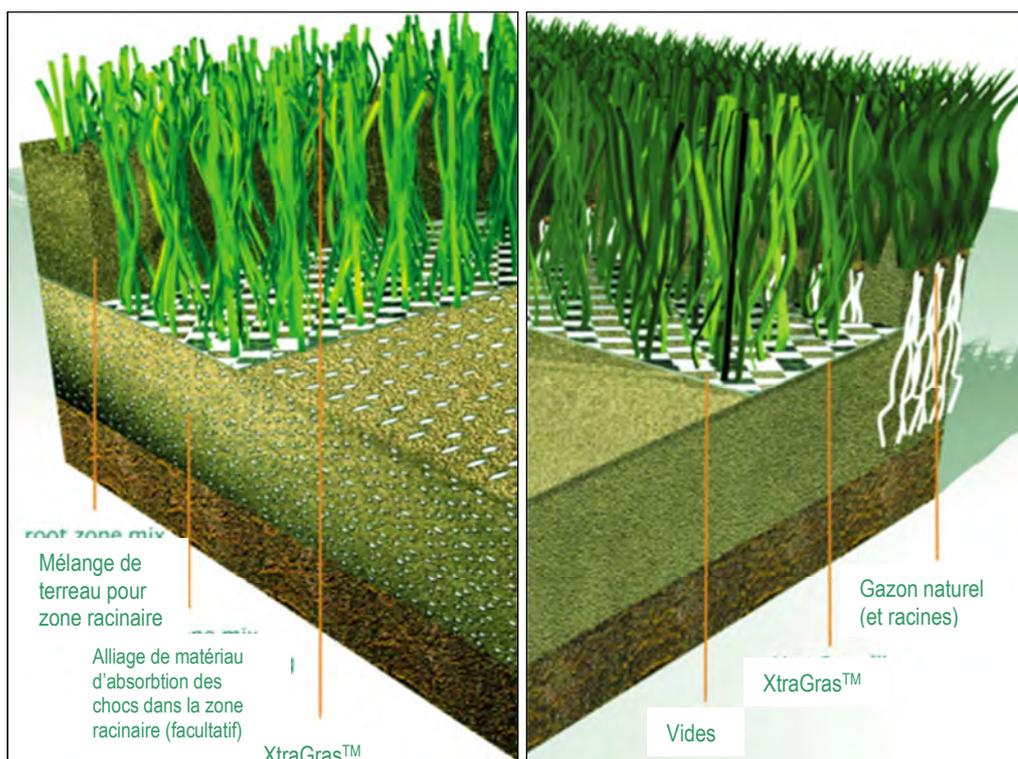


Cela signifie qu'un gazon renforcé « GrassMaster » contient approximativement

- 20 millions de fibres synthétiques avec
- 300 millions de brins de gazon naturel soit
- 15% de fibres synthétiques dans un gazon naturel

Gazon naturel renforcé par un gazon synthétique

Extrait d'un document publicitaire de XtraGrass, un produit de Greenfields



XtraGrass™ est un système de renforcement du gazon naturel. Le gazon pousse au travers d'un support en gazon synthétique tissé de manière spécifique.

1. La présence d'un renforcement au moyen du système XtraGrass, avec ou sans polystyrène expansé dans la zone racinaire, n'affecte pas de manière significative le développement de la plante.
2. L'adjonction de polystyrène expansé dans la zone racinaire au moyen du système XtraGrass réduit de manière significative la dureté de la surface. Le résultat des tests effectués se situe dans la moyenne des valeurs acceptables pour le football.
3. La résilience du rebond de la balle suit une tendance similaire à la dureté. Les résultats des tests effectués sont dans la fourchette acceptable.
4. Tous les essais effectués avec les renforcements d'XtraGrass ont des valeurs de tractions significativement supérieures à celles obtenues lors d'essais avec du gazon naturel non renforcé.
5. L'avantage d'utiliser le renforcement XtraGrass est évident, car même en cas d'utilisation intensive, il obtient de meilleurs résultats que le gazon naturel non renforcé dans des conditions d'utilisation raisonnables.
6. Le taux d'infiltration de tous les traitements d'XtraGrass est très bon selon les tests.
7. En outre, dans la partie inférieure des terrains et afin de ne pas entraver les déplacements, aucun obstacle hydrologique ne perturbe drainage et l'irrigation.
8. Les résultats des tests de dureté, de rebond de la balle et de traction du renforcement d'XtraGrass sont comparables aux mesures réalisées par STRI sur des terrains en gazon naturel professionnels durant leurs études entre 2000 et 2005.

Installation

Le produit XtraGrass™ est livré sur site par rouleaux de 1.4 m ou 4.2 m. de largeur. Chaque rouleau ou section de rouleau est posé sur la couche de végétation préalablement préparée, assurant ainsi que son niveau et sa régularité soient dans les spécifications requises. Les joints sont cousus ensemble avec du fil de coton à l'aide d'une machine à coudre manuel. Une fois les rouleaux cousus, le tapis est étiré en travers de la surface du terrain et un mélange de terreau spécifique (tourbe & sable) pour la zone racinaire est étendu via un « terreautage spécial » monté sur tracteur ou utilisé de manière autonome. A cet effet, ce mélange sera séché. Le taux de remplissage est prévu pour 10-15mm de matériau par application. Le taux de remplissage total est de 45-50mm après 3-4 applications. Les fibres d'XtraGrass doivent alors être relevées à l'aide d'une brosse montée sur tracteur. Une fois la régularité de la surface obtenue, les fibres de XtraGrass vont se lever à 80% de leur hauteur au minimum. Avant l'ensemencement, un fertilisant d'avant-semi sera appliqué.



Le terrain est ensemencé à l'aide d'une semeuse Brillion, afin ne pas endommager le système XtraGrass. Le type de semences, son taux d'application et la profondeur des semis seront fonction des conditions climatiques de l'emplacement du terrain et seront précisés lors des réunions initiales.

Après l'ensemencement, le terrain sera tassé avec un rouleau léger afin de couvrir et fixer les semences en haut de la zone racinaire dans le but de les protéger de la pluie, ainsi que des dégâts occasionnés par des animaux. L'arrosage régulier débutera après l'ensemencement, afin de favoriser la germination. Une fois les semences germées et le gazon ayant atteint une hauteur de 50mm, la première coupe sera effectuée à l'aide d'une tondeuse rotative à mains. Un programme d'entretien détaillé sera établi, afin d'assurer l'enracinement rapide dans le système XtraGrass.

Avantages

- La stabilité du terrain est sensiblement améliorée en combinant les points forts des gazons synthétiques et naturels
- Augmentation des heures d'utilisations par rapport à un terrain en gazon naturel : jusqu'à 1'000 heures peuvent être réalisées avec un programme d'entretien adapté
- Peut-être cultivé en gros rouleaux, 40-50 mm d'épaisseur, et en tant que gazon coupé
- La structure ouverte permet d'éviter le compactage ce qui peut encore être amélioré par adjonction dans la zone racinaire inférieure
- XtraGrass permet une gestion traditionnelle des gazons
- La résistance du gazon, ainsi que la stabilité du terrain, permettent son utilisation pour différents sports tels que le rugby ou le football
- Excellente jouabilité dans de mauvaises conditions météorologiques en raison de sa parfaite stabilité, ainsi que de sa perméabilité à l'eau.
- Le gazon synthétique est d'une couleur verte naturelle et protège la zone racinaire, ainsi que le gazon naturel
- Niveau et surface lisses
- Facilité de remplacement (d'une partie) du terrain part un nouveau tapis XtraGrass

CRITERES DE PERFORMANCE D'UN TERRAIN – TESTS STRI

Test	Test method	Standard	Preferred range	Acceptable range	XtraGrass trials STRI
Assessment of ground cover	Reflectance ratio	SOP 301499	70-100%	60-100 %	49,3-71,5 %
Hardness	Clegg Impact Soil Tester	SOP 200698	55-140 gravities	35-200 gravities	124-179 gravities
Ball rebound resilience	3m drop of Nike Geo Merlin ball	SOP 200198	20-50%	15-55 %	36,8-49,7 %
Traction	Torque per studded sole	SOP 200798	≥ 25 Nm	≥ 20 Nm	43,3-59,9 Nm
Infiltration	Double ring infiltrometer	SOP IB0498	≥ 50 mm/h	≥ 20 mm/h	161-198 mm/h
Soil moisture	Theta probe				9,2-29,2 %
Shock absorbency	Berlin and Stuttgart	FIFA 2star FIFA 1star		60-70 % 55-70 %	41,1-53,6 %
Vertical deformation	Artificial Athlete	FIFA 2star FIFA 1star		4-8 mm 4-9 mm	1,82-4,05

Exemple : Green Live, un produit de Limonta

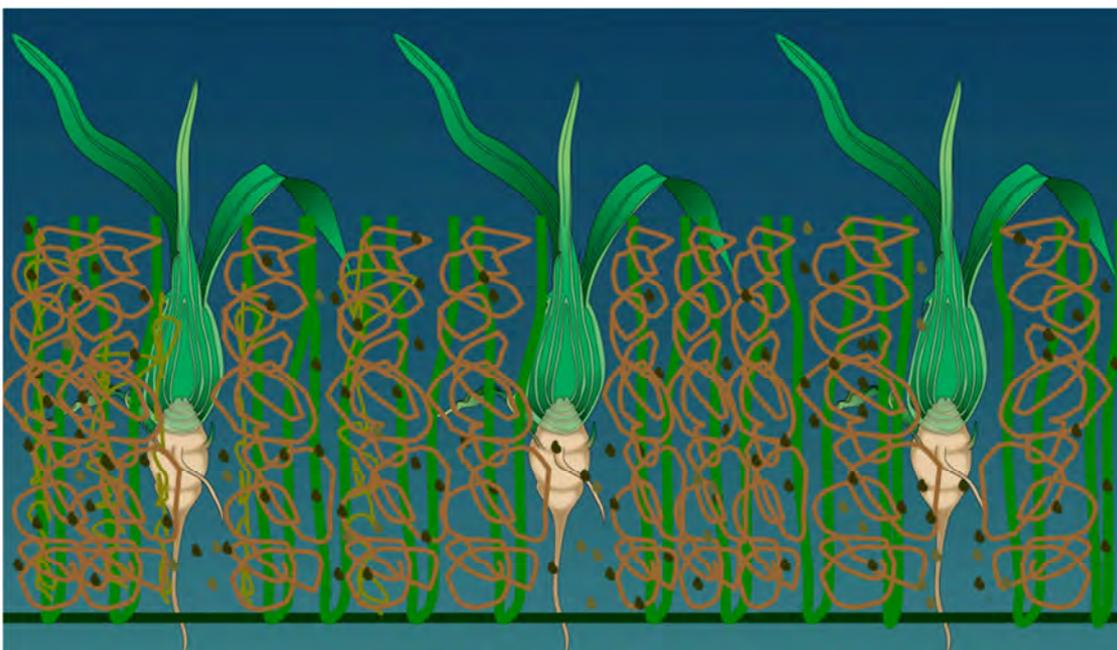
Green Live est un autre système de gazon renforcé. Le gazon naturel pousse naturellement au sein d'un matériau de remplissage organique et de fibres artificielles.

Ce nouveau type de terrain de football a été développé en Italie, avec la collaboration de la Fédération Italienne de Football et de l'Université de Pise. La première installation importante a été réalisée pour le Stade National de Saint Marin et a déjà été utilisée pour des matches éliminatoires du championnat du monde.

Construction : un gazon synthétique est posé sur un support en matière volcanique. Le gazon synthétique est rempli avec de la matière organique et ensemencé. Ce terrain de football est assimilé à un gazon naturel et de ce fait ne doit pas être certifié par la FIFA. Les qualités footballistiques telles que la souplesse et le retour d'énergie ressemblent à un gazon 100% naturel (contrairement au gazon synthétique pur).

L'avantage principal de ce gazon naturel renforcé par rapport au gazon 100% naturel est que les heures de jeu peuvent être augmentées de 50%.

L'entretien du gazon est similaire à un gazon naturel ; il faut tondre le gazon, le fertiliser et ponctuellement compléter l'ensemencement. Exceptions : pas de carottages ni de plaquages ! En ce qui concerne l'arrosage : des sondes sont installées dans le terrain qui mesurent l'humidité dans le sol et, si nécessaire, actionnent automatiquement et ponctuellement les arroseurs aux endroits nécessaires.



Base : gravier volcanique

Gazon artificiel : Limonta Diamond 60mm

Remplissage : substrat organique " Pro-Geo"

Semences : Ray-grass (anglais) et Pâturin des prés

Utilisation : 5-6 heures par jour, été et hiver, dans des bonnes conditions

Maintenance

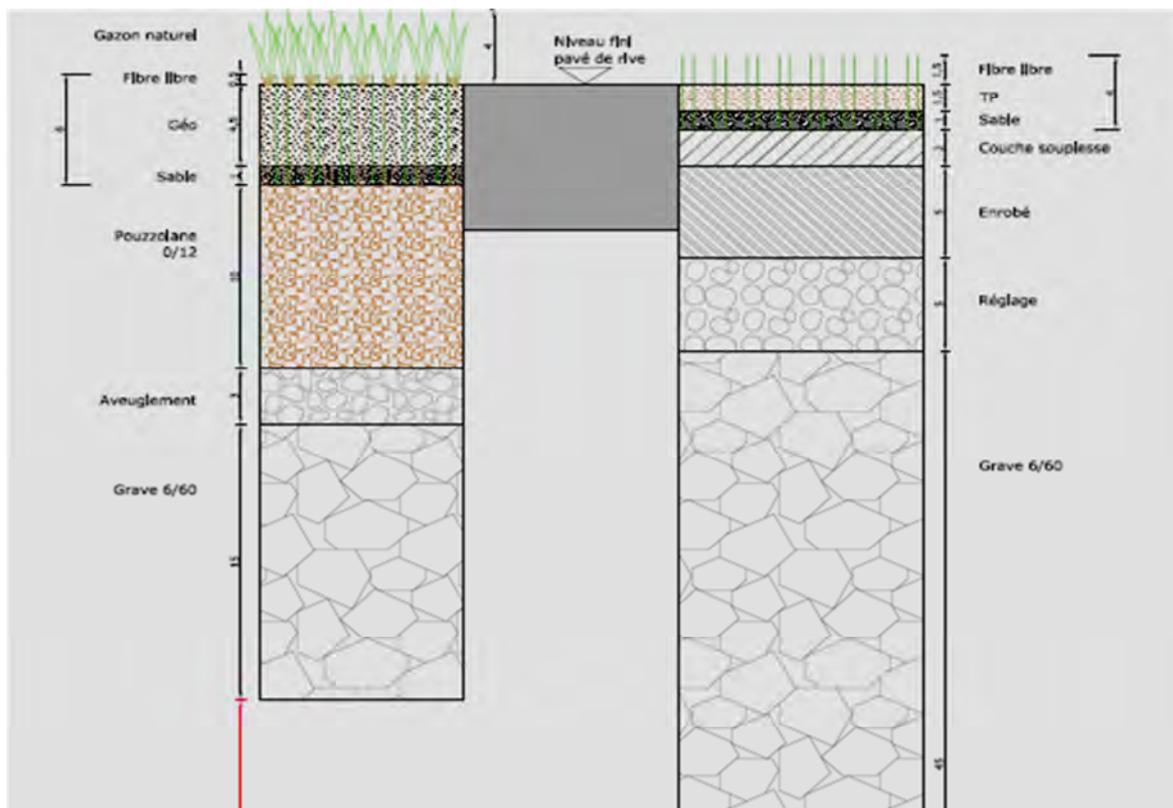
- Tonte (2-3 x par semaine en saison de croissance)
- Fertilisation tous les 2 mois
- Hersage, brossage et feutrage tous les 2 mois
- Semis de regarnissage exécuté de manière traditionnelle

Aucun travail d'entretien pour :

- Le terreautage, carottage, scarification, sablage, décompactage
- Contrôle préventif contre les mauvaises herbes : limité, car elles poussent peu dans ce type de terrain
- Lutte contre les pathogènes : pas de traitement préventif (traitement uniquement lors de symptômes visibles)

Arrosage (très variable)

- 5-6mm d'eau par jour
- Printemps : 2 x par semaine
- Été : 3 x par semaine
- Automne : 1 x par semaine
- Hiver : aucun



TEST	Riferimento internazionale	Riferimento nazionale	Risultati sul campo
Assorbimento dello shock	$\geq 60\% \leq 70\%$	$\geq 55\% \leq 70\%$	62%
Deformazione verticale	$\geq 4\text{mm.} \leq 8\text{mm.}$	$\geq 4\text{mm.} \leq 9\text{mm.}$	6.0mm.
Resistenza alla rotazione	$\geq 30\text{Nm} \leq 45\text{Nm}$	$\geq 30\text{Nm} \leq 45\text{Nm}$	34Nm
Rimbalzo verticale	$\geq 0.6\text{m} \leq 0.85\text{m}$	$\geq 0.6\text{m} \leq 0.8\text{m}$	0.8m
Rotolamento della palla	$\geq 4\text{m} \leq 8\text{m}$	$\geq 4\text{m} \leq 10\text{m}$	5.7m
Rimbalzo angolare condizione bagnato	$\geq 45\% \leq 80\%$	$\geq 45\% \leq 80\%$	76%
Frizione SSV	$\geq 130 \leq 210$	- -	200
Frizione SDV	$\geq 3.0\text{g} \leq 5.5\text{g}$	- -	5.00g

Exemple de GreenLive : Stade National de San Marino



Exemple : Installation au Stade de Copet à Vevey, Suisse

Le stade ainsi rénové sera inauguré en octobre 2011 avec une rencontre internationale des M19 entre la Suisse et la Finlande.



Pose du support en roche volcanique et installation du gazon synthétique par-dessus



Remplissage du gazon synthétique avec des matériaux organiques et ensemencement



Le terrain final après les premières tontes

Tests values					
All test on six spots according to the FIFA 2Star test description, however to be executed according to the specified instruction indicated below ex					
Test spots	1	2	3	4	5
Vertical ball rebound Recommended range: 75 - 95 cm					
lowest	79.1	64.8	63.1		
highest	87.6	74.6	71.4		
MEAN	83cm	70cm	69cm		
Ball roll Recommended range: 5 - 6 m					
lowest	3.9	4.0	3.65		
highest	4.75	4.6	4.5		
MEAN	4.3m	4.4m	4.1m		
Rotational resistance Recommended range: 30 - 50 N max. 10N between lowest and highest measurement					
lowest	34	34	32		
highest	40	37	38		
difference	6	3	6		
MEAN	38N.m	35N.m	36N.m		

Vertical deformation					
Recommended range: 9 - 15 mm					
Studded foot, 1st impact only (no mean measurements of 2/3 impact)					
Berlin Athlete	lowest				
	highest	15.9mm	16.3mm	17.2mm	
Shock absorption Recommended range: 72 - 78 %					
Studded foot, 1st impact only (no mean measurements of 2/3 impact)					
Berlin Athlete	lowest				
	highest	73.9%	74.3%	74.5%	
Flat foot, mean of 2 nd and 3 rd impact					
Berlin Athlete	lowest	63.4%	62.4%	63.5%	
	highest	68.5%	68.2%	68.9%	
Energy restitution Recommended range: 10 - 20 % According to the CEN draft					
Studded foot, 1st impact only (no mean measurements of 2/3 impact)					
Berlin Athlete	lowest				
	highest	15.8%	18.1%	17.7%	

Valeurs footballistiques du terrain de Vevey, exécutés en 2011

3 QUALITES FOOTBALLISTIQUES ET TECHNIQUES

3.1 Tests techniques et footballistiques

Une étude a été entreprise par UEFA dans les Stades Européens utilisées par des équipes professionnelles durant la Champions League 2006-2008 ainsi dans les stades utilisés lors de l'EURO08.

Le but était de comparer les qualités techniques et footballistiques du gazon naturel, gazon naturel renforcé et gazon synthétique, pour pouvoir ensuite comparer les résultats aux nombres et types de blessures (malheureusement le nombre d'information était jugé insuffisant par Prof. Ekstrand pour faire une analyse concluante).

Comme l'étude de base de l'UEFA n'a pas été publiée, l'auteur a continué les recherches sur une base privée avec l'aide de quelques fabricants et des collectivités publiques en Suisse Romande sur des terrains de football jusqu'en 2012.

L'étude comprenait

- gazons naturels
 - sols organiques
 - sols minéraux
- gazons naturels renforcés
 - sols organiques ou minéraux renforcés avec des fibres synthétiques
 - sols minéraux avec l'implantation de fibres synthétiques
 - sols synthétiques avec un remplissage organique
- gazons synthétique (Football Turf) testé selon les critères
 - FIFA 2Star
 - FIFA 1Star
 - ATS
 - CEN-EN

Les terrains ont été testés par différents laboratoires, tous accrédités par la FIFA. Les tests ont été effectués durant toutes les saisons et les diverses conditions météorologiques

- Printemps
- Eté
- Automne
- Hivers
- Temps sec et humide
- Entre -5°C à 35°C

Le total nombre de tests

- Football Turf 106
- Natural grass 29
- Reinforced natural grass 8



Ball roll



Rebond de la Ball



Résistance rotationnel



**Absorption de chocs
Restitution d'énergie
Déformation verticale**



**Test du glissement au stade du
Camp Nou à Barcelona**

Test méthodologie

On 2001, quand l'UEFA se disait prêt d'accepter les gazons synthétiques comme surface de jeux dans ses compétitions sous les conditions que les gazons synthétiques aient des conditions de jeux similaires que les gazons naturels, il fallait d'abord définir les valeurs idéales des terrains en gazons naturels. Toutefois aucune recherche à ce sujet n'a jamais été faite.

A cette date, l'UEFA (sous la conduite de l'auteur) a entrepris une série de tests avec sur divers terrains en gazons naturels dans des stades avec des bonnes renommées avec toutes sortes d'instruments de tests pour définir les critères jugés essentielles pour le football.

- Absorption d'impacte
- Résistance à la traction
- Rebond de la balle
- Déformation vertical
- Roulement de la Ball

Note : en 2004, divers autres critères de tests ont été ajoutés aux exigences.

L'instrument principal de test à été "l'Athlète de Berlin". Il a été développé dans les années 60 pour tester l'absorption de d'impact et la déformation verticale des sols de salles de sport. Pour obtenir un résultat on a utilisé un pied (semelle) plat et on a réglé l'instrument sur la base du premier impact. Ensuite on exécutait un 2^{ème} et 3^{ème} impact et le résultat était la moyenne du 2^{ème} et 3^{ème} impact.

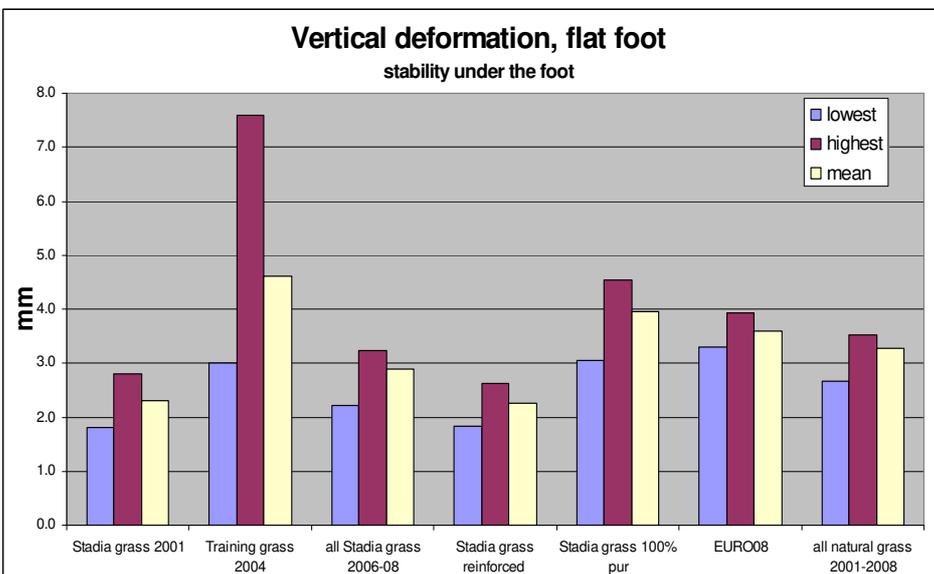
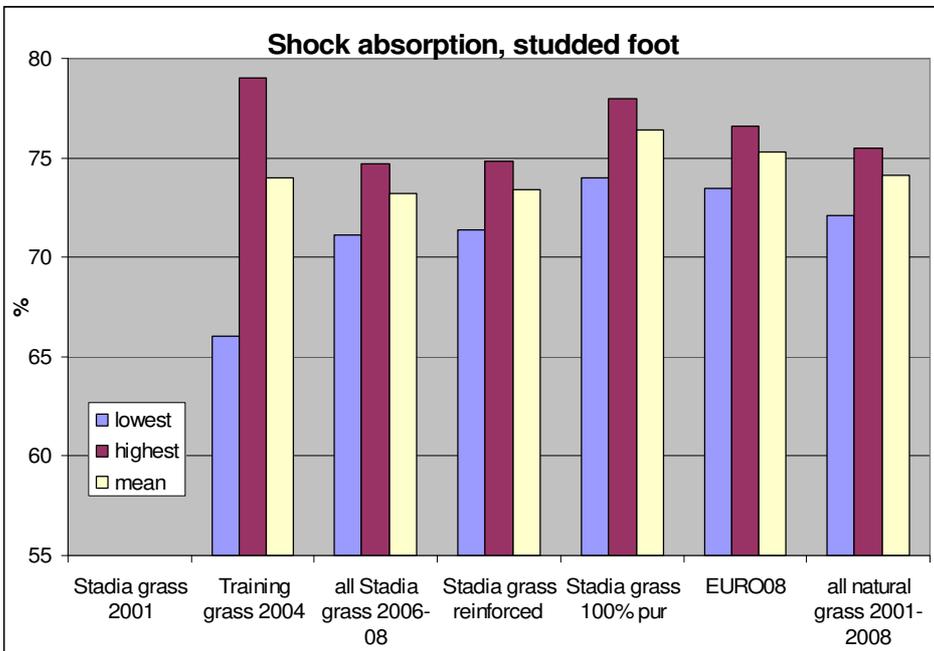
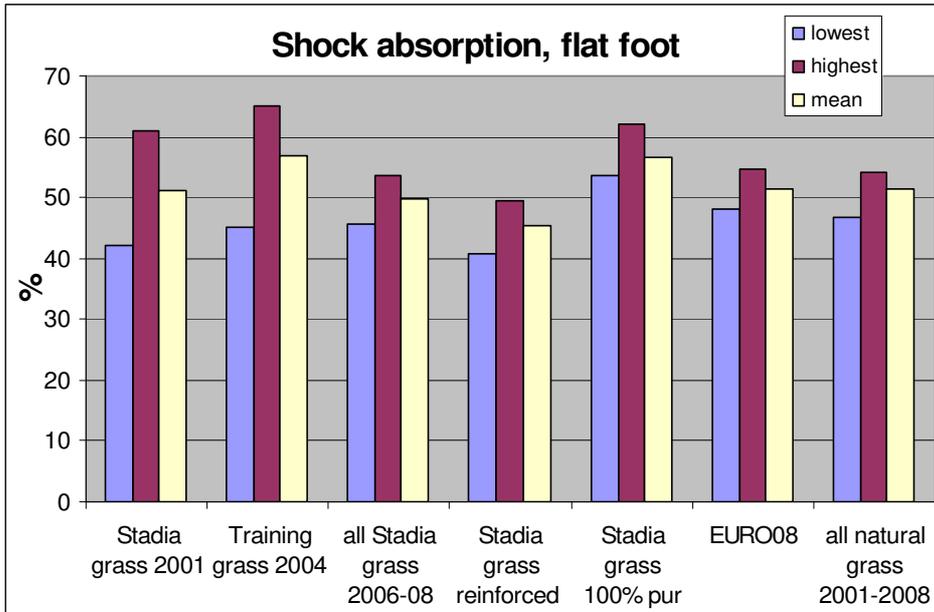
Toutefois les footballeurs jouent avec des chaussures avec de crampons et non une semelle plat et qu'il touche le sol uniquement une fois !

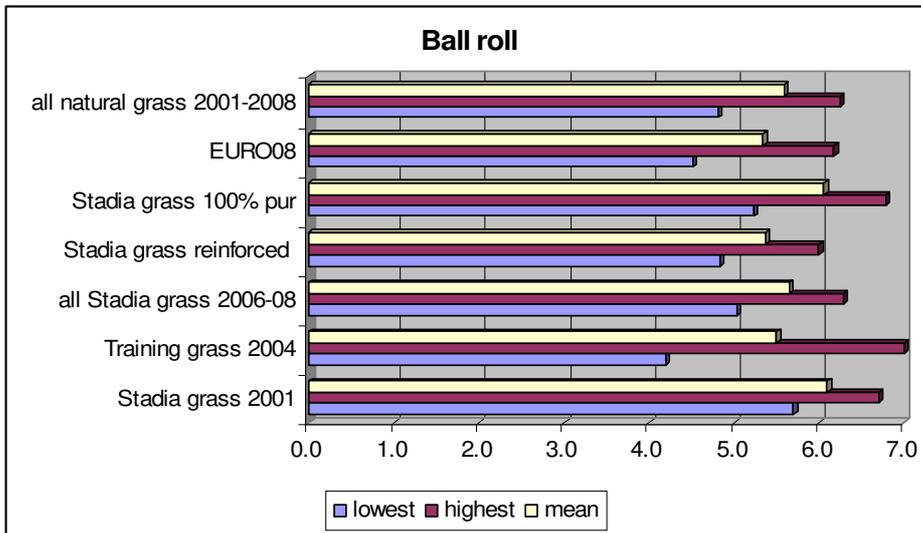
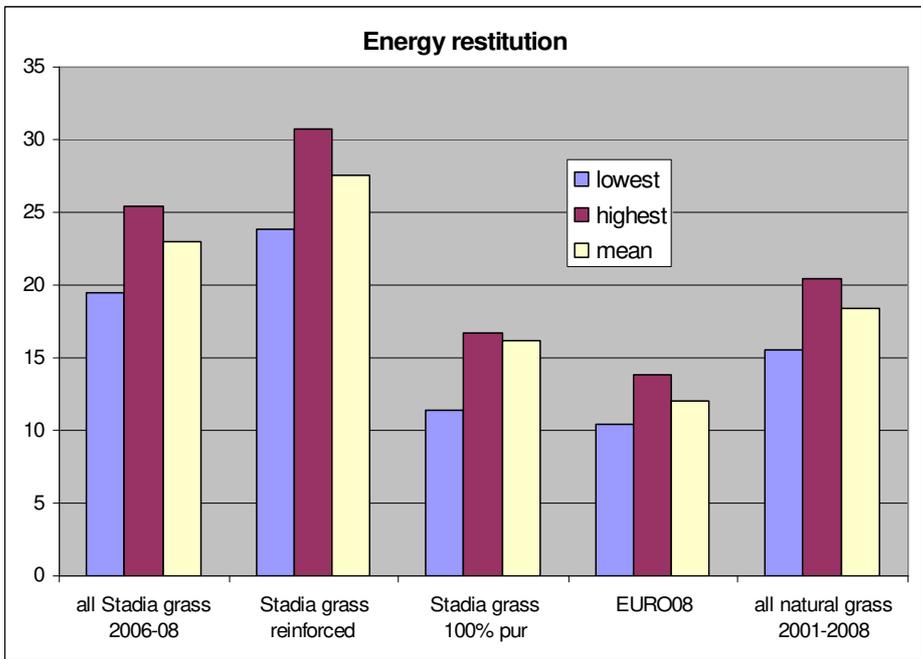
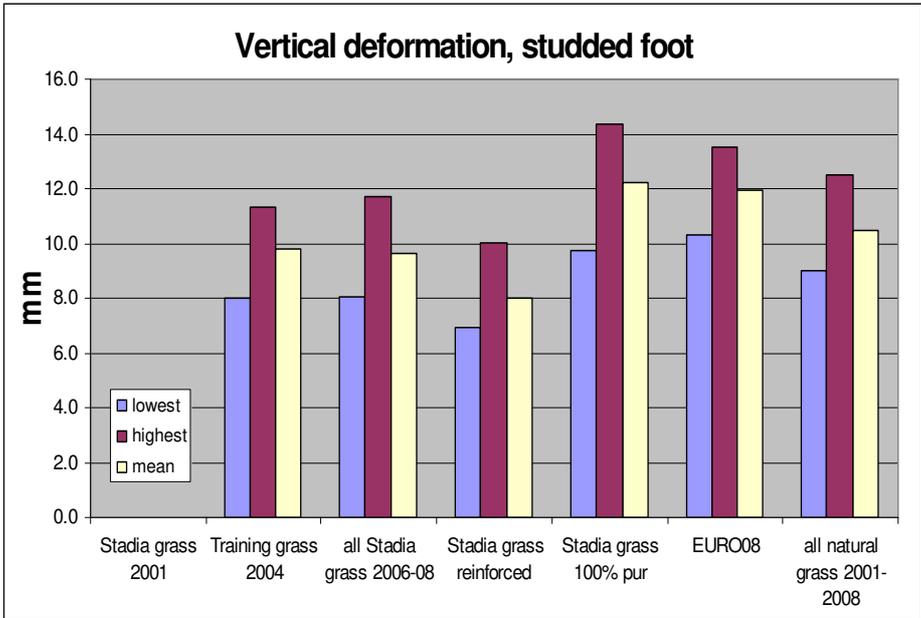
Mais dû au manque d'expériences concernant le premier impact le protocole de test avec une semelle plat et une moyenne des 2-3èmes impacts a été utilisé comme critère.

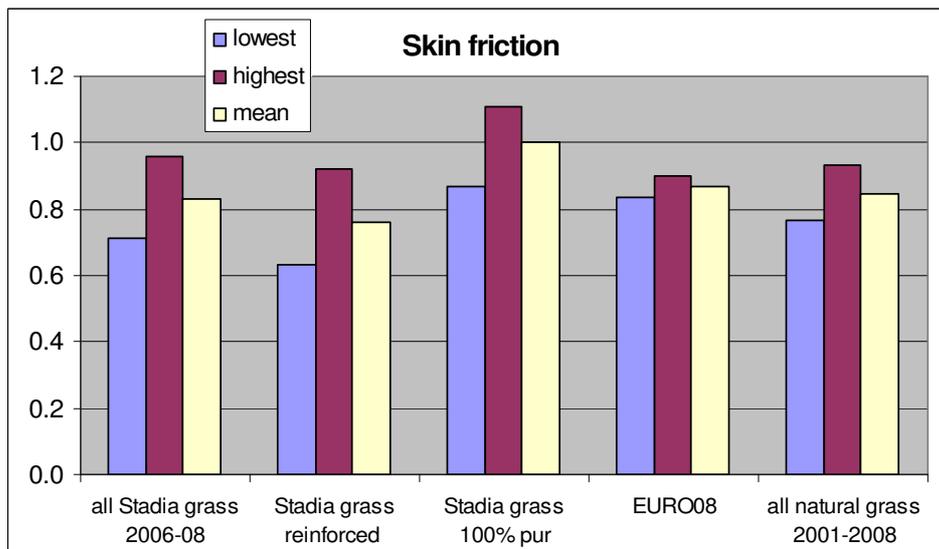
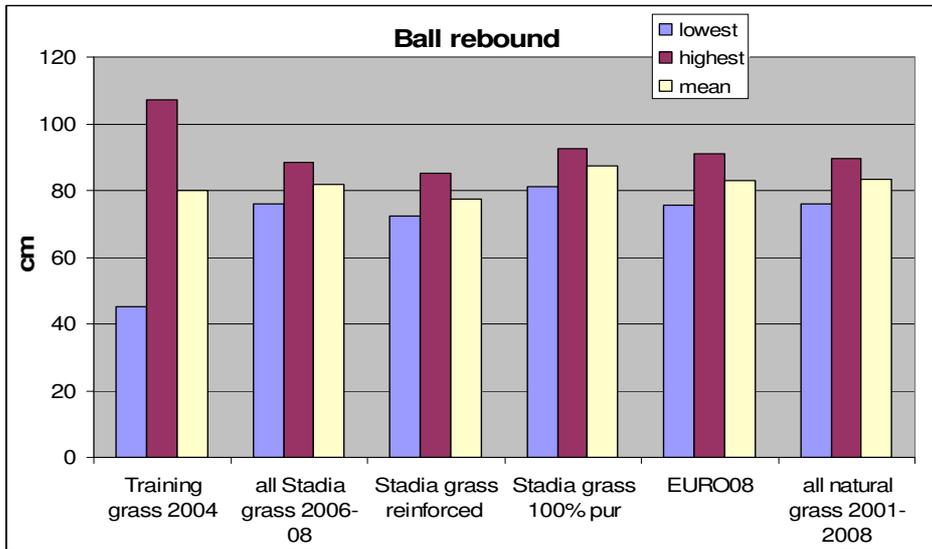
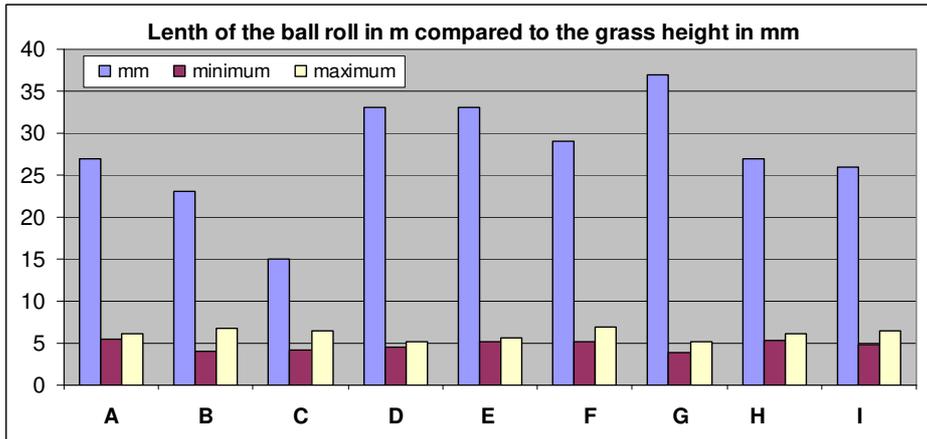
Lors de tests de terrains, les valeurs avec le pied avec crampons au premier choc ont été aussi enregistrées, mais seulement comme data base (pas de critère de test) pour pouvoir modifier ce critère à une date ultérieure.

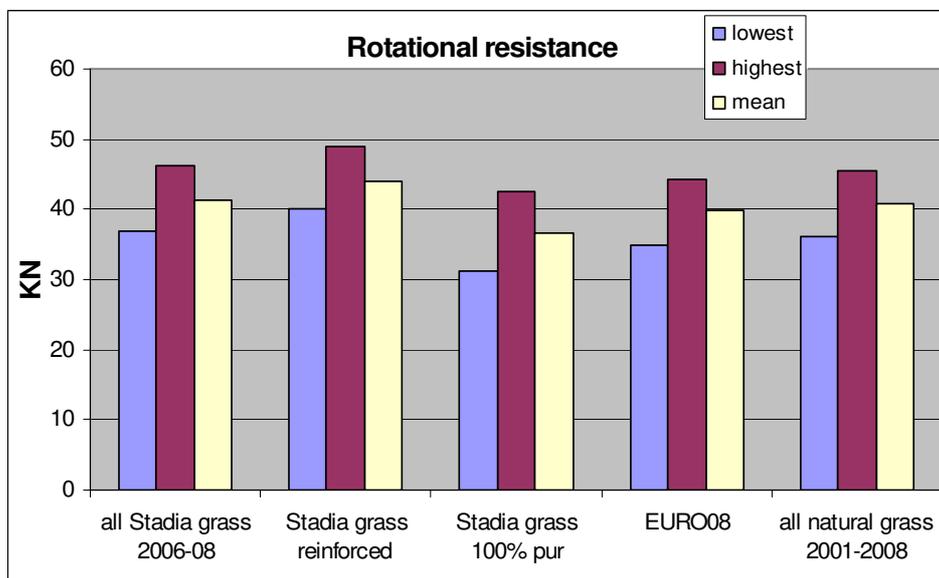
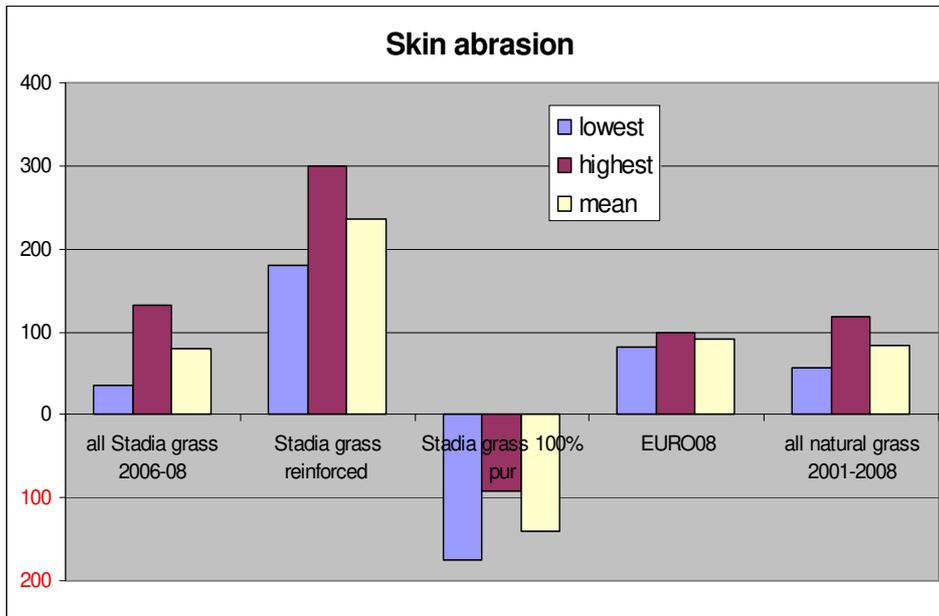
En 2007, la FIFA a malheureusement arrêté toute recherche pour ce test important.

C'est à ce moment que l'auteur de ce document a continué cette recherche.









Résultats des tests

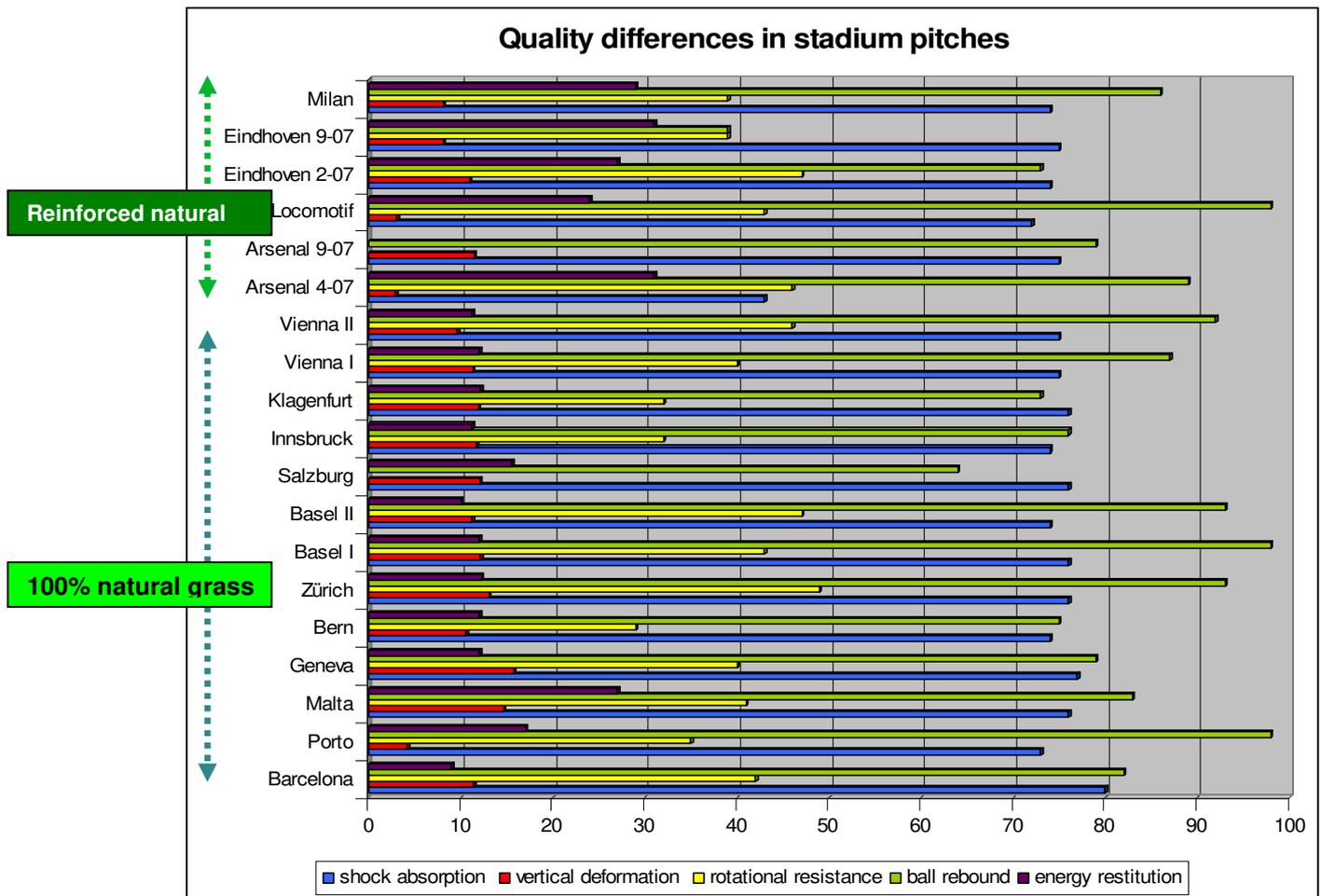
Les résultats montrent des différences techniques et footballistiques.

Il n'est pas possible de les classer en une seule catégorie : ils doivent être divisés en deux catégories distinctes.

- gazon à 100% naturel
- gazon naturel renforcé (renforcé par différents systèmes de fibres artificielles)

Analyse

- Les valeurs d'absorption de choc entre le pied plat (moyenne 2/3 impact) et le pied avec des crampons (1^{er} impact) sont significativement plus basses.
- Les valeurs de la déformation verticale entre le pied plat (moyenne 2/3 impact) et le pied avec des crampons (1^{er} impact) sont significativement plus basses. Elles montrent une distinction significatif entre gazons naturels avec ou sans renforcements racinaires.
- La résistance rotationnelle sur du gazons naturels sans renforcements racinaire est significativement plus basse.
- Le gazon naturel renforcé a le double de restitution d'énergie que le gazon naturel. Contrairement à la croyance générale, le roulement de la balle ne dépend pas de la hauteur des brins, mais de la densité du gazon.



3.2 Qualités footballistiques

Quel type de construction est la meilleure pour les joueurs ?

Il semble que tous les types de surface soient acceptables pour les joueurs, pour autant que la surface de jeu soit parfaitement consistante / identique et plane.

- Par contre, sur quelle surface un joueur préfère jouer, se fatigue moins et subit moins de blessures sérieuses ?
- Qui peut affirmer quelle surface est la meilleure ?
- Est-ce qu'il y a d'autres études similaires à ce qui a été entrepris sur ce sujet par des organisations sportives, laboratoires, universités ou fabricants ?
- Si nécessaire, quels critères de test doivent être changés pour obtenir des qualités footballistiques similaires sur tous les types de surfaces ?

FIFA & UEFA ne font pas de différences entre un gazon naturel ou naturel renforcé. Ils exigent uniquement que les gazons synthétiques (Football Turf) soient testés selon leurs critères et une fois approuvés par la FIFA.

Les gazons naturels ou avec renforcements n'exigent aucun test !

Résultats finals

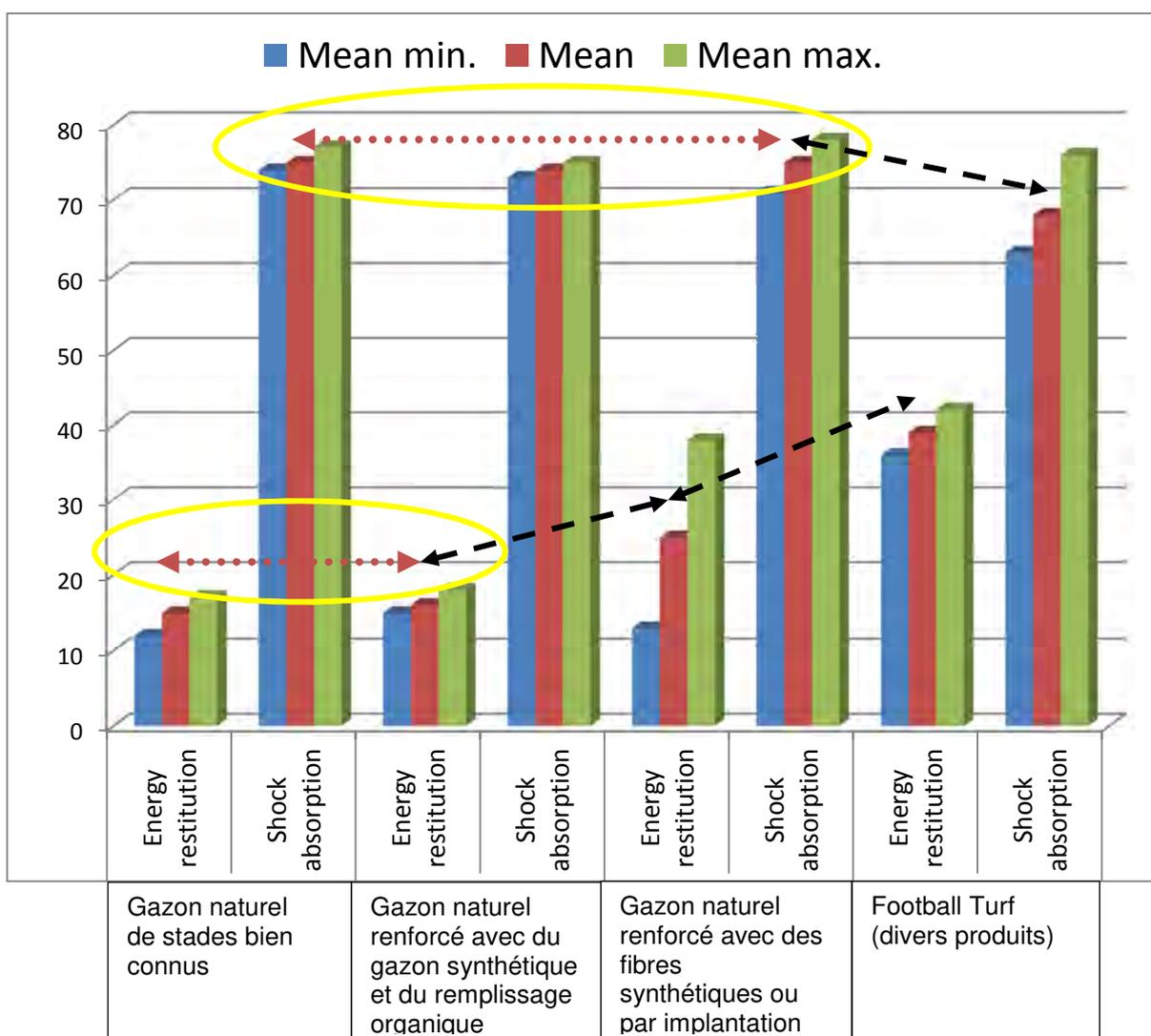
Les résultats de l'étude montrent des différences significatives dans la qualité footballistique. Les différences sont très importantes en comparant la restitution de l'énergie (Energy Restitution) et l'absorption des chocs (Schock Absorption) entre les différents types de surfaces.

Restitution de l'énergie

• Gazon naturel	stades bien connus	moyenne 15%
• Gazon naturel renforcé	gazon synth. avec du remplissage organique	moyenne 17%
• Gazon naturel renforcé	renforcement ou l'implantation de fibres	moyenne 24%
• Football Turf	divers produits	moyenne 38%

Absorption de chocs

• Gazon naturel	stades bien connus	moyenne 74%
• Gazon naturel renforcé	gazon synth. avec du remplissage organique	moyenne 73%
• Gazon naturel renforcé	renforcement ou implantation de fibres	moyenne 75%
• Football Turf	divers produits	moyenne 68%



Note: Les tests ont été réalisés avec le pied additionné de crampons, enregistrant uniquement le premier impact.

Recommandations

Les valeurs sont basées sur les meilleures pelouses de stades européens.

Critères	Recommandations	Comparaison par rapport aux critères de la FIFA
Rebond verticale	75 - 95cm	similaire
Roulement de la balle	5m - 6.5m	similaire
Résistance à la rotation	38KN \pm 5	similaire
Absorption de chocs*	74% \pm 4 avec crampons, 1er impact	Ce test FIFA est exécuté avec un pied plat, enregistrant la moyenne du 2ème et 3ème impact
Restitution de l'énergie*	15% \pm 4 avec crampons, 1er impact	Ce test ne fait pas partie des tests FIFA.

* Un terrain de football ne devrait pas être testé avec un pied plat, mais avec un pied de test avec des crampons comme utilisé par les joueurs !

Si ces recommandations seraient utilisées dans le future, ceci obligerai l'industrie du sport à améliorer la qualité des terrains pour le bien des joueurs.

N'importe quel club (petit ou grand) est en mesure de tester régulièrement la qualité footballistique de son terrain (gazon naturel, naturel renforcé ou synthétique) et selon le résultat par rapport aux recommandations ci-dessus, entreprendre des rectifications dans l'entretien de son terrain.

Pour utiliser toujours les mêmes procédures de tests, veuillez utiliser le formulaire sur la prochaine page.

3.3 Formulaire de test pour tous les types de gazons

Tous les terrains en gazons naturels et gazons renforcés et synthétiques (Football Turf) peuvent être testés. Les résultats peuvent aider les responsables de l'entretien à une meilleure analyse de leur terrain et éventuellement à améliorer les qualités footballistiques du terrain ainsi que, dans le même temps, à réduire le risque de blessures des joueurs.

Ville		
Stade		
Club		
Contact Nom, adresse, téléphone, e-mail	Club	
	Responsable de l'entretien (Green-keeper)	
Nom du laboratoire de test		
Date du rapport de test		

Description de la composition du terrain	
Chauffage au sol	
Système d'irrigation (sprinkler)	
Pente	
Base / support	
Surface 100% naturel / renforcé ou synthétique	
Type de gazon	
Date de la dernière installation du gazon	
Nombre de jours entre le dernier match et la date du test	

Gazon naturel ou renforcé	
Analyse granulométrique du type agronomique selon la norme NF X31-107 en 5 fractions	
Echantillons de la couche arable à extraire pour analyse : prendre 2 échantillons d'une dimension de 10x10x10cm	
Tamis (Observation visuelle et à la loupe)	
Type et forme de la terre végétale rajoutée (Fibres organiques ou artificielles et tout autre renforcement du sol. A noter : la présence de tout autre élément dans la structure et au sol).	
Argile $\leq 2\mu\text{m}$	
Limon $\leq 20\mu\text{m}$	
Limon $\leq 50\mu\text{m}$	
Sable $\leq 200\mu\text{m}$	
Sable $\leq 2\text{ mm}$	
Déchets 2 mm	
Sol minéral (pouzzolane, sable, etc..)	
Analyse granulométrique sèche (selon EN 933-1 en 12 fractions)	
Autres; description	

Football Turf			
Analyse de l'infrastructure, type de turf, type de fibres artificielles et type de remplissage			
Support (asphalte, gravier, etc..)		Poids (kg/m ²) des fibres	
Sous-couche élastique		Hauteur des fibres	
Fabricant du turf		Hauteur du sable	
Nom du turf (code)		Type de remplissage	
Type de fibres		Hauteur du remplissage	

Conditions de test							
Test spots	1	2	3	4	5	6	mean
Hauteur des fibres / brins du gazon, mm (dépassant du sol)							
Densité du gazon (à spécifier : faible / moyenne / élevée)							
Température de l'air (°C)							
Température au sol (°C)							
Température dans le sol (°C)							
Humidité du gazon en surface (à spécifier : sec / humide / mouillé)							
Humidité du sol (%) (à mesurer à 5cm de profondeur)							

Tests values							
All test on according to the FIFA test manual; except where otherwise specified below each test.							
Test spots	1	2	3	4	5	6	mean
Vertical ball rebound Ideal range: 75 to 95 cm							
Lowest value							
Highest value							
Ball roll Ideal range: 5 to 6.5 m							
Lowest value							
Highest value							
Rotational resistance Ideal range: 38 ±4 KN							
Lowest value							
Highest value							
Shock absorption Test according to the UEFA test manual 2003; Studded foot, 1st impact only (Note: not the mean measurements of the 2 & 3 impact) Ideal range: 74 ±4%							
Berlin Athlete (AA)	lowest						
	highest						

4 CONSTRUCTIONS ET INSTALLATIONS COMPLEMENTAIRES

4.1 Divers types de constructions de terrains

Construction selon la norme DIN 18 035/4 (recommandé en Allemagne)

- Ray-grass (anglais)
- Couche de végétation, terre mélangée avec du gravier volcanique, 5cm, ou
- Couche de végétation, terre et sable 50/50 15cm (sable grossier 30%, sable fin 15%, craie 1.5%, argile moins de 5%, matériau organique min.3.5%, azotes min. 0.1%, potassium 0.025 et 0.05%, PH 5 to 8)
- Pierres concassées 10 – 20cm (couche drainante)
- Fentes de suintement tous les 120cm, profondeur 35cm, largeur 5cm, remplissage avec du gravier
- Drainage inférieur tous les 6 à 12m, diam. 60-80mm, profondeur min. 30cm, pente min.03%
- Fond de l'excavation, pente 0.5 - 1%

Exemples de construction de terrains dans des stades européens

Stade de Gerland à Lyon, France

- 50% Ray-grass and 50% Pâturin des prés
- Gazon pré-cultivé
- Couche de végétation : 160mm de sol minéral (pouzzolane - scorie carbonifères, produit :Terrafoot)
- Couche de gravier: 10/20 de 15mm
- Couche de gravier: 20/40 de 40cm (couche drainante)
- Drainages: tous les 6 à 10m, diam. 80 de 100mm
- Fond de l'excavation, pente 0.5 - 1%

Stade Ernst Happel de Vienne en Autriche

- 15% Ray-grass and 70% Pâturin des prés

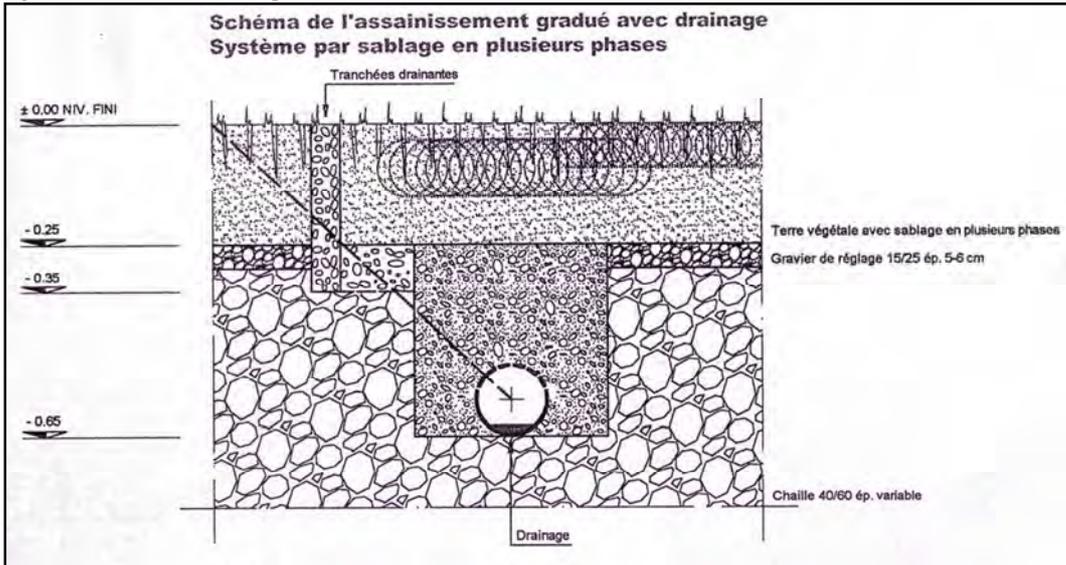
Stade de la Praille à Genève, Suisse (avant sa rénovation en 2016)

- 50% Ray-grass and 50% Pâturin des prés
- Gazon pré-cultivé
- Support: 150mm de sol minéral (pouzzolane 0/6 - scorie carbonifères, produit Terrafoot)
- Couche de pouzzolane de 15cm
- Couche de gravier de 30cm (couche drainante)
- Drainage
- Fond de l'excavation

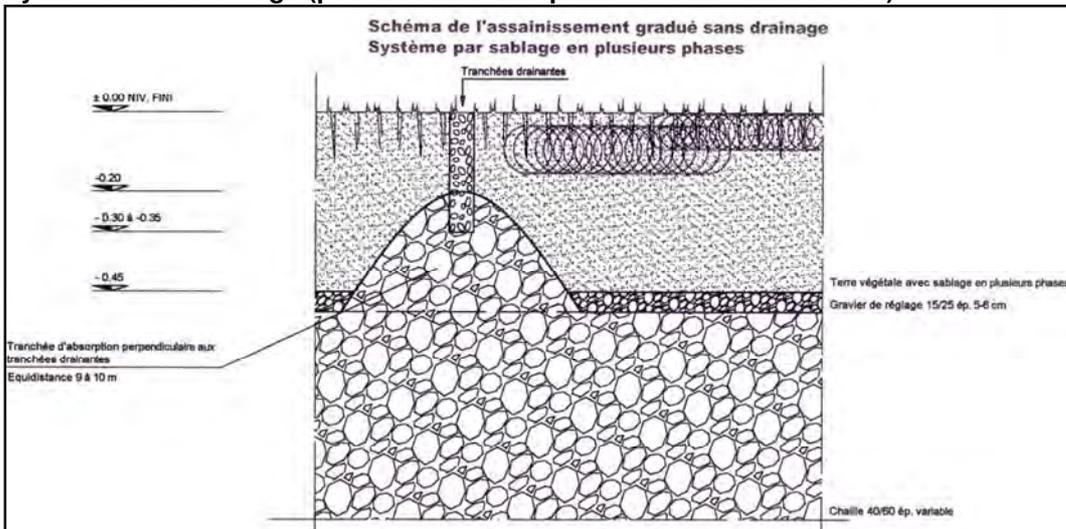


Exemples de sections transversales

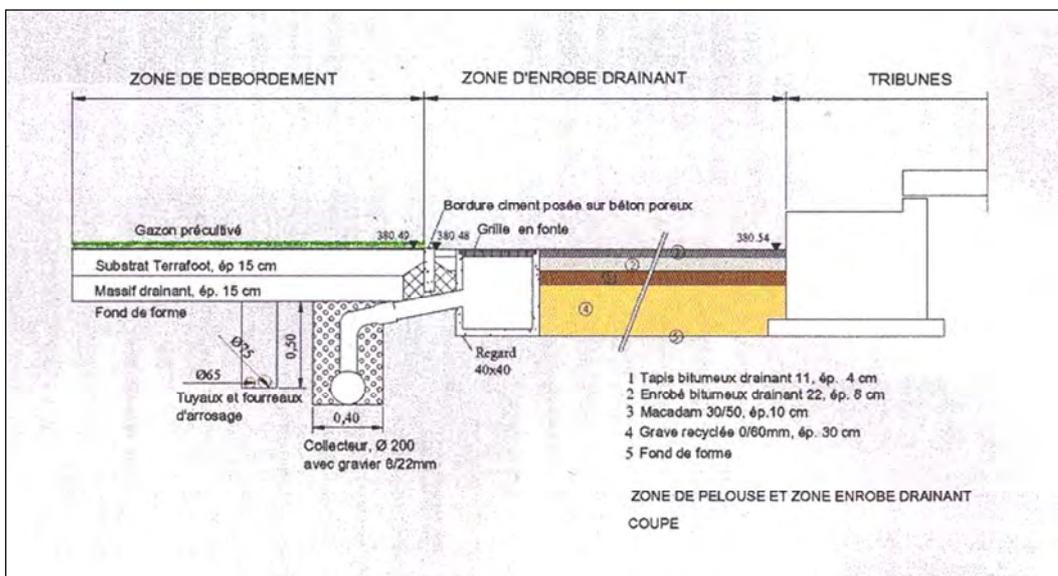
Système avec drainage



Système sans drainage (perméable à l'eau par le fond de l'excavation)



Exemple: Stade de Genève



Expériences de constructions hors d'Europe

Exemples en Asie

Caractéristiques de construction :

- Support avec du gravier provenant de rivières
- Système de drainage standard
- 5cm de sable
- Couverture de gazon avec les graminées locales «Princesse» et «Sydney» , soit 20 et 20 kg/m²



Le terrain et ses environs avec une couverture herbeuse sans aucun traitement



Comparaison de deux infrastructures sur le même terrain. Gazon Sydney et gazon traité contre les nuisibles (couleurs jaune). Les grosses plantes doivent être traitées à la main.



Un terrain avec une excellente profondeur de croissance des racines composé d'un mélange de gazon Sydney et Princesse.



Un terrain avec du gazon en « Sydney bleu »

Comparaison entre une surface irriguée et l'autre non irriguée et traitée



Couche de végétation (terre) naturelle

et renforcée avec du sable

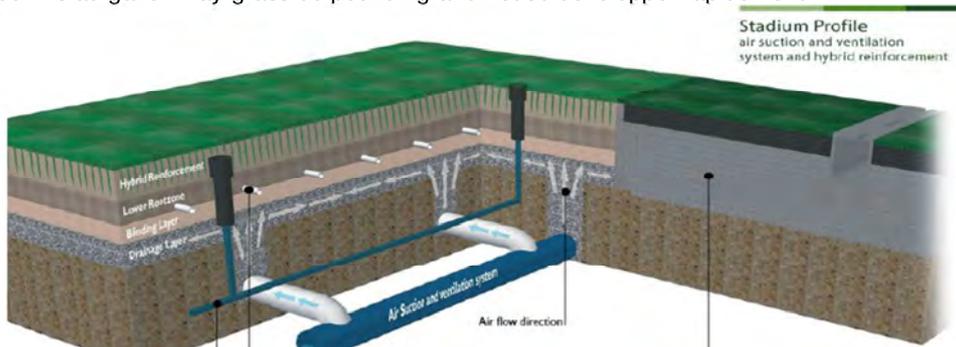
Exemples en Afrique du Sud (Extrait d'une publication d'STRI)

Les terrains de sport d'Afrique du sud sont composés d'un type de gazon appelé le Kikuyu, qui est spécifiquement étudié pour les régions chaudes. Le stade Moses Mabhida de Durban est le seul à être composé d'un gazon appelé Cynodon (herbe des Bermudes ou chiendent), car le gazon Kikuyu n'est pas très performant dans l'environnement salin de Durban, car peu résistant et tolérant à la sécheresse.

La FIFA a toutefois exigé que tous les matchs de la Coupe du Monde soient joués sur des terrains composés de Ray-grass (spécifiquement adapté aux régions fraîches), car sa couleur est esthétiquement plus agréable pour passer à la télévision. Cela a été possible car la Coupe du Monde s'est jouée durant la période hivernale de l'Afrique du Sud, période durant laquelle le gazon Kikuyu est « en sommeil ».

Par conséquent, l'ensemble des 72 terrains de foot (terrains composés de semence Ray-grass répartis à travers le pays dédiés à la Coupe du Monde) désignés pour la Coupe du Monde 2010 ont été récemment rénovés. La part supérieure du gazon Kikuyu a été enlevée, ne laissant que les racines qui sont très importantes car elles servent au renforcement de la pelouse et créent une base pour les racines du Ray-grass à venir.

Les terrains ont ensuite été aérés à l'aide d'un Verti-Drain, le sol fissuré avec de solides dents ce qui permet ainsi de créer les conditions de croissance idéale pour la nouvelle semence qui a été semée avec un accélérateur de croissance. Ce semoir crée près de 1'900 trous par m² avec une dispersion aléatoire des semences et ne laisse pas de ligne de forage. Cette procédure a été achevée avec l'apport d'une fine couche de sable ajoutée à l'aide d'un épandeur à brosse Rink. Cela a permis à la semence d'avoir un contact maximal avec le sol ce qui optimise sa germination. S'en est suivi une intense irrigation, entre 100'000 et 150'000 litres par terrain et par jour ce qui a permis au gazon Ray-grass de pouvoir grandir et se développer rapidement.



4.2 Lignes de marquage

Déplacement des lignes du terrain afin d'éviter la surutilisation du gazon



Note:

La zone de sécurité de la FIFA est de 3 mètres minimum mais cela dépend de la réglementation nationale. De plus, il est recommandé d'y ajouter une zone de stabilisation d'environ 3 mètres entre la zone de sécurité et les spectateurs.

L'emplacement des éléments tels que les goals, etc.. doit être étudié en fonction des règles du jeu et de la réglementation locale de compétition.

4.3 Systemes d'arrosage



Installation du système d'arrosage dans les bords du terrain



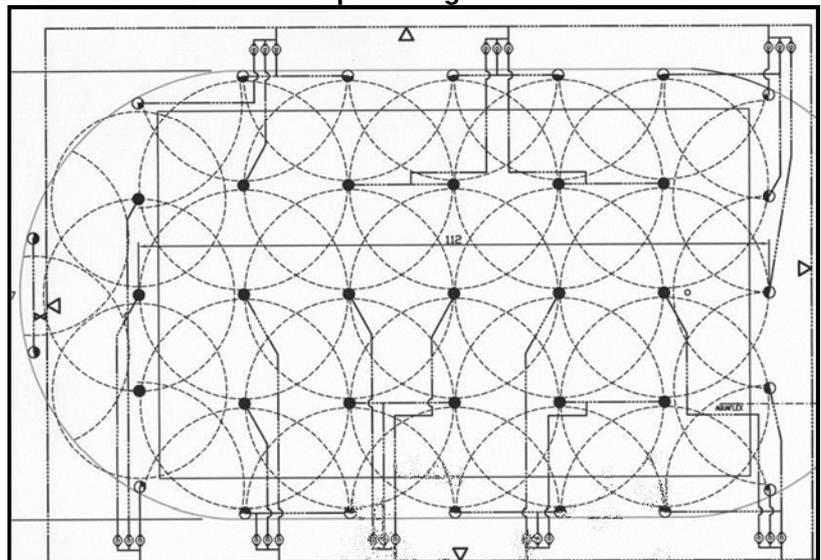
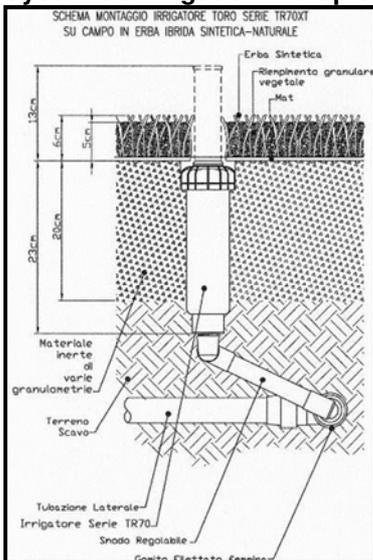
Ce type de système ne doit pas être installé au milieu du terrain car les joueurs peuvent se blesser.



Si les systèmes d'irrigation sont installés au milieu du terrain, ils doivent être suffisamment petits afin de ne pas mettre en danger les joueurs ou poser sur des perches en dehors du terrain.



Systeme d'irrigation multiple utilisé au stade San Marino pour du gazon naturel renforcé



4.4 Chauffage au sol

Exemples d'installation de divers système de chauffages du sol (avec eau et électricité)



Chauffage à eau chaude à distance



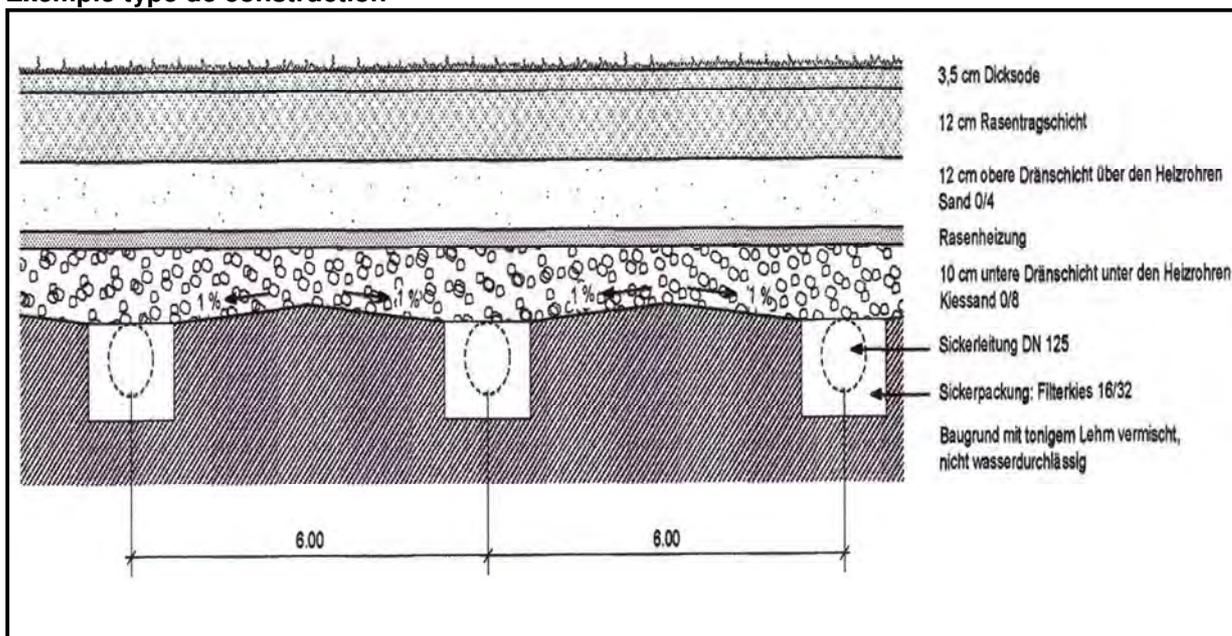
Chauffage à l'électricité



Chauffages à l'eau



Exemple type de construction



Exemples du fonctionnement en Norvège



4.5 Eclairage artificiel

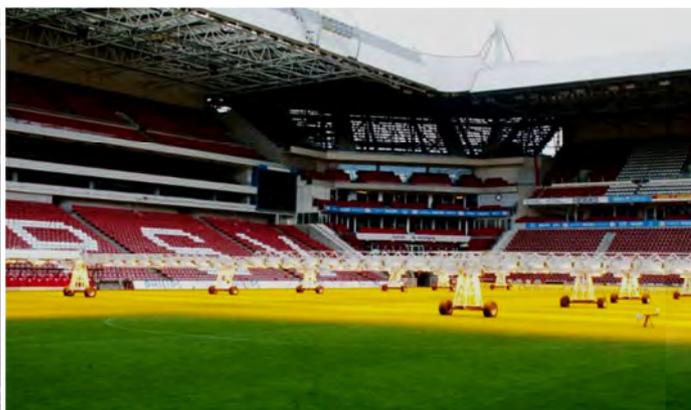
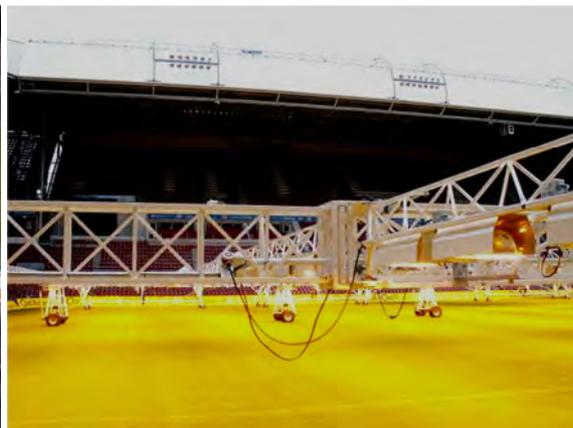


Arsenal, Emirat Stadium

Explications de Paul Burgess, responsable de l'entretien des terrains d'Arsenal

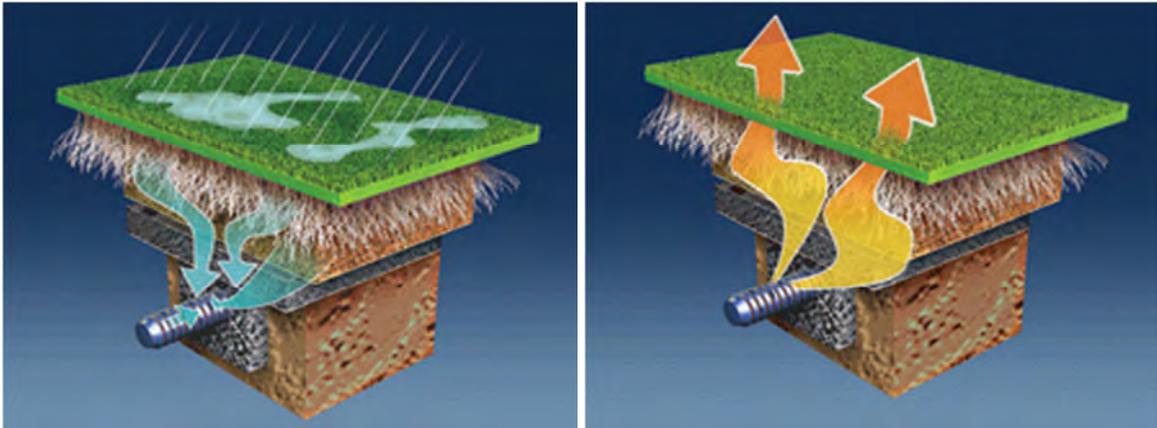
Afin que le système soit fonctionnel, il est nécessaire d'avoir 9 unités par demi-terrain, ce qui coûte approximativement CHF 1 Mio pour un coût d'entretien annuel de CHF 180'000.-. Durant les mois d'hiver, l'éclairage fonctionne 24 heures sur 24, tous les jours durant 6 mois (sauf les jours de match). Résultat : la couverture de gazon ne sera jamais inférieure à 90% (si l'entretien quotidien est effectué).

Autres exemples



4.6 AERATIONS ARTIFICIELLES SOUS LA ZONE RACINAIRE

Extrait d'un document publicitaire : Système SubAir



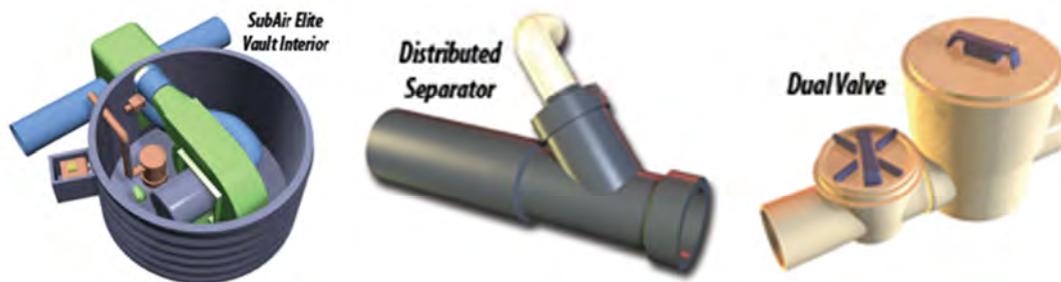
Le système SubAir crée un vide au sein du réseau de canalisation de drainage du sous-sol, afin d'augmenter la vitesse à laquelle l'eau est déplacée de la surface à travers le sol. La gestion de l'humidité du sous-sol aide également à la modération de la température du sol dans son intégralité.

SubAir crée également une pression forçant l'air se trouvant dans les canalisations à travers le sol. Cette technologie brevetée crée ainsi un mouvement d'air qui permet l'aération tout en modérant la température dans la zone racinaire.

Le système d'aération et d'évacuation de l'humidité SubAir favorise des surfaces de jeu saines, plus résistantes grâce à la gestion de l'humidité, l'aération des sous-sols et le contrôle de la température de la zone racinaire. En conséquence, SubAir fournit des conditions de sous-sol optimales pour la croissance.

L'équipe d'agronomes et d'ingénieurs de SubAir ont développé un système complet pour accélérer l'élimination de l'humidité et augmenter l'échange de gaz. Le système SubAir apporte un environnement de croissance optimal pour toutes surfaces de jeu – accroît la jouabilité et permet une expérience plus agréable pour les joueurs comme pour les spectateurs.

Grâce à l'utilisation du système de contrôle AirWave, SubAir peut être totalement automatisé à partir des données reçues directement du terrain.



Une voûte SubAir, logeant le ventilateur qui fournit à la fois le vide et la pression est reliée au réseau de canalisation. Un séparateur est connecté au système de canalisation vert. Ce système breveté sépare l'air de l'eau de manière à ce que le flux d'air aille dans la voûte SubAir et que l'eau s'écoule vers le déversoir. Une double soupape est posée au bout de chaque déversoir afin de créer un sas. Celle-ci dirige l'air à travers le sol de manière à ce qu'il ne s'échappe pas dans une canalisation.

Extrait d'un document publicitaire : OSMO-DRAIN

Les systèmes pour :

- L'aération
- La ventilation
- L'arrosage
- Le drainage

d'un terrain de football peuvent être installés dans un stade existant grâce à une machine spéciale. Dans le bord du terrain, une découpe d'une largeur de 16mm est faite tous les 25 cm. Dans le même temps, des tubes sont posés sans mélanger les différentes couches du sous-sol. La seule partie visible le sera à l'extérieur de la surface de jeu afin de permettre l'accès aux tubes.

Aération et ventilation

L'air comprimé est projeté à travers les tubes en sous-sol. Chaque secteur du terrain peut être traité individuellement. En une heure seulement l'entier du terrain peut être traité. A l'inverse, il est possible d'aspirer l'oxygène ambiant du stade dans le sol.

Arrosage et drainage

En fonction de la quantité de pluie ou de la taille du couvert, la quantité d'eau peut être ajustée pour chaque secteur du terrain, individuellement et graduellement.



Tuyaux d'accès...



et installation des tubes



Terrain existant avec une nouvelle installation

5 MAINTENANCE

5.1 Comparaison des coûts entre les trois principaux systèmes de gazon

- Gazon naturel
- Gazon naturel renforcé (exemple : GreenLive)
- Gazon artificiel ou Football Turf

TYPE DE GAZON		Gazon naturel	Gazon naturel renforcé	Football Turf
Nombre d'heures d'utilisation max. par an		500 - 700	700 - 1000	1800
Taille du terrain : 105 m x 68 m plus 3m de sécurité				
Nettoyage	2 heures par semaine	7'500.00	7'500.00	5'000.00
Décompactage		7'900.00		3'600.00
Lignes de marquage		9'600.00	9'600.00	
Tonte		17'200.00	17'200.00	
Roulage terrain		3'800.00		
Arrosage		12'000.00	12'000.00	5'000.00
Fertilisation		4'700.00	4'700.00	
Traitement		1'600.00	1'600.00	
Découpage		2'500.00		
Fendeuse		6'500.00		
Remplacements		4'300.00		
Engrais		3'000.00		
Vidange du système d'arrosage durant l'hiver		400.00	400.00	400.00
Hersage			4'500.00	
Sur-semis			2'500.00	
Remplacement ou suppression des granules				2'500.00
Brossage				4'500.00
Divers (essence etc..)		2'500.00	2'500.00	2'500.00
COUT TOTAL		83'500.00	62'500.00	26'000.00
COUT PAR HEURE DE JEU		140.00	75.00	15.00
COUT DE LA CONSTRUCTION DU TERRAIN		600'000.00	1'700'000.00	1'500'000.00
COUT PAR HEURE DE JEU DURANT 10 ANS		225.-	265.-	95.-
COUT DE RENOVATION		100'000.-	300'000.-	600'000.-
COUT PAR HEURE DE JEU DURANT 20 ANS		190.-	190.-	70.-

5.2 Rapport détaillé sur une année

Exemple d'une commune de la région de Genève

Heures d'utilisation d'un terrain durant 1 an			Heures	
Janvier			0	
Février			51	
Mars			102	
Avril			102	
Mai			102	
Juin			51	
Juillet			0	
Août			51	
Septembre			102	
Octobre			102	
Novembre			102	
Décembre			51	
Total			816	
Entretien				
Electricité / lumière terrain / an:	32 KW x 52 sem. X 5,6 h	9'318.40	0.2175	2'026.75
MO / Nettoyage du terrain par an :	2 heures par semaine	104.00	48.32	5'025.28
MO / Elimination des déchets :	1 heure par semaine	52.00	48.32	2'512.64
MO / Nettoyage des vestiaires :	2-4 vestiaires	195.00	48.32	9'422.40
1. Décompactage			7'865.55	
2. Marquage			9'610.24	
3. Tonte			17'171.52	
4. Débroussaillage clôture			745.44	
5. Roulage terrain			3'787.20	
6. Arrosage			11'900.80	
7. Engrais			4'727.40	
8. Traitements terrain			1'621.28	
9. Traitements clôtures			877.20	
10. Fendeuse			2'524.80	
11. Carottage sur-semi			6'417.20	
12. Placage			4'212.64	
13. Sous-sablage			3'000.00	
14. Mise en eau / hors gel			386.56	
15. Divers travaux d'entretien			2'512.64	
TOTAL entretien			77'360.47	77'360.47
TOTAL DES COÛTS D'ENTRETIEN ANNUEL				96'347.54
(*) variable : le prix de revient de la MO				
Coût par heures (816)				118.00
Coût par heures (816) de jeux par jouer (22)				5.40
Coût de la construction à neuf, durée de vie 30 ans			600'000.00	
Coût d'un plaquage après 15 ans			250'000.00	
Coût d'entretien pendant 30 ans, 27 x 100'000.-			2'700'000.00	
Coût de l'amortissement, 15 ans 600'000.- & 250'000.-			600'000.00	
Coût total sur une dure de vie de 30 ans			4'150'000.00	
Coût par heures (816)				170.00
Coût par heures (816) de jeux par jouer (22)				7.70
Recyclage	60 m3/30 tonnes x 28 semaines (*) <i>estimation faite à 500 kg au m3</i>	30.00	160.00	4'800.00

Coût de revient détaillé

1. Décompactage confié à une entreprise extérieure				7'865.55
Période et fréquence : de 1 x par an à 1 x tous les 2 ans				
2. Marquage				
Période	8 mois			
Fréquence	1 x par semaine			
Durée	1 heure			
Mo interne	32 heures	32.00	48.32	1'546.24
Heures machine	32 heures	32.00	120.00	3'840.00
Matériels	20 kg = CHF 132.-- par semaine	32.00	132.00	4'224.00
3. Tonte				
Période	Avril à octobre = 28 semaines			
Fréquence	1,5 x par semaine en moyenne			
Durée	1 heure			
Mo interne	1 h x 1,5 x 28 semaines (<i>tonte</i>)	42.00	48.32	2'029.44
Heures machine	1 h x 1,5 x 28 semaines (<i>tonte</i>)	42.00	120.00	5'040.00
Mo interne	0.75 h x 1,5 x 28 semaines (<i>ramassage</i>)	31.50	48.32	1'522.08
Heures machine	0.75 h x 1,5 x 28 semaines (<i>ramassage</i>)	31.50	120.00	3'780.00
4. Débroussaillage clôture				
Fréquence	3 x par année			
Durée	1,5 heure			
Mo interne	1,5 x 3	4.50	48.32	217.44
Heures machine	1,5 x 3	4.40	120.00	528.00
Recyclage	compris sous point 3		160.00	
5. Roulage terrain				
Période	Avril-octobre sans l'été = 10 sem.			
Fréquence	1,5 x par semaine			
Durée	1,5 heure			
Mo interne	1,5 h x 1,5 x 10 semaines	22.50	48.32	1'087.20
Heures machine	1,5 h x 1,5 x 10 semaines	22.50	120.00	2'700.00
6. Arrosage				
Période	Mai à septembre = 20 semaines			
Fréquence	3 arrosages par semaine			
Consommation	3 x 86 m3 x 20 semaines	5'160.00	1.26	6'501.60
Mo interne	1 h x 3 x 20 semaines	60.00	48.32	2'899.20
Matériels	Remplacement pièces d'arrosage			2'500.00
7. Engrais				
Fréquence	5 x par année			
Durée	1,5 heure			
Mo interne	1,5 h x 5	7.50	48.32	362.40
Heures machine	1,5 h x 5	7.50	120.00	900.00
Matériels	5 x 7 sacs de 25 kg/CHF 99.--	35.00	99.00	3'465.00
8. Traitements terrain				
Fréquence	2 x par année pour 6'000 m2			
Durée	2 heures			
Mo interne	2 h x 2	4.00	48.32	193.28
Heures machine	2 h x 2	4.00	120.00	480.00
Matériels	30 litres x 2	60.00	15.80	948.00
9. Traitements clôtures				
Fréquence	2 x par année pour environ 50 m2			
Durée	2,5 heures			
Mo interne	2,5 h x 2	5.00	48.32	241.60
Heures machine	2,5 h x 2	5.00	120.00	600.00
Matériels	1 litre x 2	2.00	17.80	35.60
10. Fendeuse				
Période	Février à octobre			
Fréquence	10 x par année			
Durée	1,5 heure			
Mo interne	1,5 x 10	15.00	48.32	724.80
Heures machine	1,5 x 10	15.00	120.00	1'800.00

11. Carottage sur-semi				
Fréquence	2 à 3 x par année pour 6'000 m2			
CARROTTAGE				
Durée	2 heures			
Mo interne	2 h x 3	6.00	48.32	289.92
Heures machine	2 h x 3	6.00	120.00	720.00
Matériels	0,015 kg x 6'000 m2 x 3	270.00	9.00	2'430.00
PASSAGE DE LA GRILLE				
Durée	0,75 heure			
Mo interne	0,75 h x 3	2.25	48.32	108.72
Heures machine	0,75 h x 3	2.25	120.00	270.00
PASSAGE DU ROULEAU				
Durée	0,75 heure			
Mo interne	0,75 h x 3	2.25	48.32	108.72
Heures machine	0,75 h x 3	2.25	120.00	270.00
EPANDAGE PAILLE				
Durée	1 X par année			
Durée	4 heures			
Mo interne	4 h x 3	12.00	48.32	579.84
Heures machine	4 h x 3	12.00	120.00	1'440.00
Matériels	2 rouleaux à CHF 100.-- pièce	2.00	100.00	200.00
12. Placage				
Pour une surface d'environ 200 m2				
Fréquence	1 x par année			
Durée	2 jours pour 2 personnes			
Mo interne	2 jours x 8 heures x 2 personnes	32.00	48.32	1'546.24
Heures machine	0,5 jour x 8 heures x 5 personnes	20.00	48.32	966.40
Matériels		200.00	8.50	1'700.00
13. Sous-sablage confié à une entreprise extérieure				
Fréquence	1 x tous les 2 ans			3'000.00
14. Mise en eau / hors gel				
Période	Printemps - automne			
Fréquence	2 x par année			
Durée	4 heures			
Mo interne	4 h x 2	8.00	48.32	386.56
15. Divers travaux d'entretien				
Période	Toute l'année			
Fréquence	1 x par semaine			
Durée	1 heure			
Mo interne	1 h x 52	52.00	48.32	2'512.64

Extrait d'un document publicitaire de Redexim



Un terrain est mieux ensemençé avec la "Speed Seed", une machine qui creuse approximativement 2000 trous par m2. Immédiatement après le passage de la machine, le sol est pénétré par des dents creuses, comme pour un carottage, installées sur le Verti-Drain Mustang. Ainsi, la terre extraite et les semences ont été ramenées à la surface du terrain pour ensuite être poussées à l'intérieur des millions de trous à l'aide d'un « un tapis glissant » assurant ainsi un taux maximum de germination de la graine.

Le modèle « Verti-Drain creux » creuse le terrain sur une profondeur de 300mm de manière à établir un parfait drainage du sous-sol avant un nouvel ensemençement.

Après l'installation de la nouvelle couverture de gazon d'environ 3.5cm d'épaisseur, il faut immédiatement passer la Verti-Drain Mustang avec de fines dents solides afin d'établir rapidement le contact entre la nouvelle couverture de gazon et le sol. Une machine répand le sable entre les brins d'herbe 2 semaines avant la première utilisation.

6 ANNEXE

6.1 Divers règlements de compétition

UEFA

Extrait du règlement de compétition de l'UEFA (réédité chaque année), qui se réfère aux :

Recommandations et Exigences Techniques pour la construction ou la modernisation des Stades de Football
Règlement relatif à la Ligue des Champions de l'UEFA

La réglementation exige d'un terrain qu'il soit en un parfait état de jeu, soit :

- Parfaite planimétrie
- Avec un système d'arrosage efficace
- Équipé d'un chauffage au sol dans les régions au climat froid
- Avec une surface de terrain recommandée de 120m x 80m
- Avec une surface de jeu de 105m x 68m
- Avec une couverture en gazon naturel ou en gazon artificielle*

Article 7 – Surface de jeu

¹ Le stade doit être équipé d'une surface de jeu en gazon naturel ou en gazon artificiel (Football Turf).

² Un gazon artificiel doit remplir toutes les conditions suivantes :

- a) Il doit avoir obtenu l'autorisation de la FIFA, autorisation délivrée uniquement après avoir été testé par un laboratoire accrédité par la FIFA qui garantit un standard de qualité pour le gazon artificiel;
- b) il doit satisfaire à toutes les exigences de la législation en vigueur;
- c) Il doit avoir une surface de couleur verte.

Compétitions Europa League et Ligue des Champions

Si la couverture de gazon est artificielle et que le terrain est destiné à être utilisé pour une compétition de l'UEFA, il doit être certifié selon la norme de qualité FIFA 2 Etoiles et doit présenter un certificat de test valide (validité : maximum 12 mois).

Compétitions de l'UEFA pour les moins de 17, 19, 21 et féminines

Type de certificat dépendant du chef de produit de l'UEFA; au minimum selon IATS.

Suisse (ASF)

Gazon naturel

Exigences

- Construction selon la norme DIN 18035, chapitre 4
- Système d'irrigation automatique
- Chauffage du sol

Dans le cas de revêtement en gazon naturel, la preuve du maintien du drainage exigé est établie au moyen d'une attestation de contrôle d'un laboratoire mandaté par la SFL. Pour la valeur devant être atteinte, la norme DIN 18035 chapitre 4 est applicable

- pour les terrains avec structure en humus au moins 1 x l'an
- pour les terrains avec structure minérale tous les 3 ans

Gazon artificiel

- Construction selon la norme DIN 18035, chapitre 7
- Système d'irrigation automatique
- Chauffage du sol

Catégorie de stade	Longueur	Largueur	Exigences supplémentaires
Super ligue	UEFA 120m	80m	<u>Gazon synthétique</u> : FIFA 2** <u>Chauffage au sol</u> : recommandation pour la Super ligue <u>Pentes</u> : Longueur : max. 0.5% ; Largeur : max 1% <u>Distances de sécurité</u> : 3m ; <u>UEFA</u> : 4 / 5m
	Standard 105m	68m	
	Minimal 100m	64m	
Challenge ligue	Standard 105m	68m	<u>Dimensions intermédiaire</u> : proportionnels <u>Gazon synthétique</u> : FIFA 2** <u>Pentes</u> : Longueur : max. 0.5% ; Largeur : max 1% <u>Distances de sécurité</u> : 3m
	Minimal 100m	64m	
1ères ligues Promotion et Classique	Standard 105m	68m	<u>Dimensions intermédiaire</u> : proportionnels <u>Gazon synthétique</u> : FIFA 2** <u>Pentes</u> : Longueur : max. 0.5% ; Largeur : max 1% <u>Distances de sécurité</u> : 3m
	Minimal 100m	64m	
Ligues régionales	Standard 100m	64m	<u>Dimensions intermédiaire</u> : proportionnels <u>Gazon synthétique</u> : min. CEN-EN <u>Pentes</u> : Longueur : max. 0.5% ; Largeur : max 1% <u>Distances de sécurité</u> : 3m
	Minimal 90m	57.60m	

6.2 Extraits d'une étude scientifique fait par Andrew S. McNitt

Associate Professor of Soil Science - Turfgrass Director of Penn State's Sports Surface Research
Center Coordinator for Turfgrass Science Undergraduate Program The Pennsylvania State University
116 Agricultural Science and Industries Building University Park, PA 16802

Cette étude a été menée, afin de déterminer les effets et les taux de différents types de matériaux de renforcement sur la densité apparente du sol, la teneur en eau la dureté de la surface et la densité du gazon d'une zone ravinée à haute teneur en sable exposé à 3 niveaux d'utilisation simulés.

Turfgrids, Fibersoil

Copyright ©2007 Fibersoils. Geofibers®, TurfGrids®, and Sportgrids®

This study was conducted to determine the effect of various types and rates of soil reinforcing materials on soil bulk density, soil water content, surface hardness, and turfgrass density of a high-sand root zone exposed to three levels of simulated traffic (wear). Six soil reinforcing materials were mixed at varying rates with a high-sand root zone. These included DuPont Shredded Carpet, Netlon, Nike Lights, Nike Heavies, Turfgrids, and Sportgrass. Three levels of wear were imposed on each treatment. The types and rates of reinforcing materials had varying effects on surface hardness, bulk density, water content, and turf density of the root zone. Surface hardness and soil bulk density were correlated during the 2-yr test period ($r = 0.63$). The reinforcing treatments that lowered soil bulk density and surface hardness were DuPont Shredded Carpet, Nike Lights, and Nike Heavies. Reinforcing material treatments that increased or did not affect soil bulk density generally resulted in increased surface hardness compared with nonamended controls. These treatments included Netlon and Turfgrids. Surface hardness generally became more pronounced as the level of wear increased for Netlon, Turfgrids, and Sportgrass treatments. The Sportgrass treatment consistently measured lower in soil water content than the control and had a turfgrass density lower than the control on all rating dates in 1996 but did not differ from the control in 1997. Athletic field managers considering using reinforcing materials should be aware that the type of material and rate influence athletic field surface hardness.

SOIL REINFORCING MATERIALS have been mixed with high-sand athletic field root zones in an attempt to improve surface stability. Although some of these materials have demonstrated improved playing surface quality through greater surface stability, there is evidence that certain reinforcing materials increase soil bulk density and surface hardness (Baker, 1997). Surfaces that are hard can be dangerous to athletes (Rogers and Waddington, 1990). Reinforcing materials considered for use in athletic field root zones should provide surface stability benefits without increasing surface hardness to unacceptable levels.

Baker (1997) reviewed much of the research on synthetic reinforcing materials for turfgrass soils and proposed two broad categories: (i) randomly oriented fibers, filaments, or mesh elements and (ii) horizontally placed fabrics. Most randomly oriented fiber reinforcing materials studied in turf consist of relatively short polypropylene fibers. Baker and Richards (1995) incorporated both straight and crimped polypropylene fibers (36 mm in length and 113 μm in diameter) into sandy soils at rates up to 7.5 g kg^{-1} . At the 4.0 g kg^{-1} rate they reported increased surface hardness on two of the 11 rating dates. When the rate was increased to 7.5 g kg^{-1} , significant increases in surface hardness were reported on eight of the 11 rating dates. During dry conditions at the end of the study, the fiber reinforcing materials made the surface harder than the range the researchers considered acceptable for player/surface impact. Mesh elements were first evaluated as a soil reinforcing material by researchers attempting to increase the strength of sand for engineering applications such as support beneath building footings (Mercer et al., 1984; McGown et al., 1985). Mercer et al. (1984) stated that to optimize soil strength, the size and shape of the filaments comprising mesh elements must be related to the size of soil particles in which they are placed. In order not to weaken the soil, the addition of mesh elements must not significantly decrease soil bulk density (Mercer et al., 1984). Mercer et al. (1984) found that at mesh contents up to 5.5 g kg^{-1} , the bulk density of the mixture was the same or greater than the sand alone. Turfgrass scientists have evaluated mesh elements, similar to those described by Mercer et al. (1984), as reinforcing materials for athletic field root zones. Under simulated soccer-type wear, Baker (1997) reported no significant effect of mesh elements on the retention of grass cover, ball rebound, or surface hardness. In a study without simulated wear treatments, Beard and Sifers (1993) found an increase in soil water content and a small decrease in surface hardness values with increasing concentrations of mesh elements. In another mesh element study using a method different from Beard and Sifers (1993) to assess surface hardness, Canaway (1994) reported a general increase in surface hardness as the rate of mesh elements in sand increased.

Richards (1994) conducted a laboratory study in which mesh elements were mixed with sand and compacted in 100-mm diam. cylinders. The results indicated reduced soil bulk density and increased total porosity of the mixture with increasing rates of mesh elements. These results are not consistent with the civil engineering work of Mercer et al. (1984) where the mesh elements either slightly increased or had no effect on soil bulk density. Another type of reinforcing material that has been amended into turfgrass soils is shredded carpet. McNitt and Landschoot (2001b) mixed shredded carpet fibers into a sand-based modular turf system and found a reduction in divot size and surface hardness. Shredded carpet is the shredded remains of predominately nylon carpet fragments that include both pile and backing. The yarn-like fibers range in length from 20 to 610 mm. Although shredded carpet has not been widely studied in turf systems, some engineering research has shown that increasing rates of continuous yarn up to 1 m in length increased soil strength significantly more than an equal weight of shorter yarn (Leflaive, 1982). Whereas the strength imparted by shorter fibers is due to friction between individual soil particles and the fibers, Leflaive (1982) explained that continuous yarn increases soil strength by coiling tightly around groups of soil particles. In addition, the random looping and crossover of yarn fibers results in a tightening of slack sections as further soil loading occurs, thus increasing reinforcement. The conflicting soil bulk density results obtained by civil engineers and turfgrass researchers for mesh element reinforcing materials and the varying results obtained for surface hardness of reinforced sand indicate that additional research is needed on the effects of soil reinforcing materials in high-sand athletic field root zones. Also, shredded carpet should be evaluated as an amendment in high-sand root zones to determine its effect on surface hardness, soil bulk density, and soil water content under different levels of wear. The objective of this study was to evaluate the effects of varying rates and types of soil reinforcing materials on the surface hardness, soil bulk density, and soil water content of a sand root zone after wear is applied.

Descriptions of Reinforcing Materials

Randomly Oriented Fibers, Filaments, or Mesh Elements

DuPont Shredded Carpet. DuPont Shredded Carpet was obtained from DuPont Nylon (Chestnut Run Plaza, Wilmington, DE) and is the shredded remains of carpet fragments that include both pile and backing. The shredded carpet is not commercially available, but is a component of a sand-based modular turfgrass system called GrassTiles (Hummer Sports Turf, Lancaster, PA). DuPont Shredded Carpet is 70% nylon, 12.2% calcium carbonate, 10.7% latex, and 7.1% polypropylene on a weight basis (V.J. Kumar, 1998, personal communication). On the basis of 100 randomly selected carpet fibers, the average length was 135 mm, and the range was 20 to 610 mm. Fifteen carpet fibers were randomly selected and measured for width. The width of a carpet fiber averaged 2.4 mm and ranged from 0.5 mm to 4 mm. The compressed and uncompressed density of a mass of shredded carpet was measured using a 1000-mL cylinder. The uncompressed density was determined by measuring the dry weight of shredded carpet required to loosely fill a 1000-mL cylinder. The compressed density was measured using the same mass of carpet compressed in the 1000-mL cylinder using a 1-kg weight. The compressed and uncompressed densities of the shredded carpet were 0.153 and 0.073 g cc^{-1} , respectively.

Netlon. The Netlon discrete mesh elements were supplied by Netlon Ltd. (New Wellington, St. Blackburn, U.K.). The mesh is manufactured from extruded polypropylene and has a mass per unit area of 52 g m^{-2} . The filament thickness is 0.50 mm (vertical medial diameter) and 0.48 mm (horizontal medial diameter). The filaments are arranged in a grid, creating rectangular openings that are 6.7 by 7.1 mm. Each element is 100 by 50 mm.

Nike Reuse-A-Shoe Materials. The Nike Reuse-A-Shoe materials are the shredded remains of used athletic shoes. In the shredding process, the entire shoe is granulated before the components are separated by screening and floating and sinking in water. The Reuse-A-Shoe materials currently do not have a size specification. Their gradation is a result of passing granulated shoes through a 16-mm screen in the primary granulator and a 19-mm shaker screen. The materials that make up a shoe vary substantially. Most shoes have uppers, midsoles, and outsoles (Malloch, 1996). The most prevalent materials in the upper shoe component are nylon, synthetic leather (polyester with polyurethane coating), leather, cotton, polychloroprene (neoprene sleeves), polyester, polyurethane open cell foam, and cellulose. The midsole contains polyurethane

and ethylene vinyl acetate and the outsole contains styrene butadiene rubber, polybutadiene (synthetic rubber), and natural rubber (Malloch, 1996). Nike supplied two materials from the Reuse-a-Shoe program for this study: Nike Lights and Nike Heavies. Samples of the materials produced at the Wilsonville, WA, processing site were taken on 6 Sep. 1996 by technicians working on the project (Malloch, 1996). The Nike materials were analyzed by the technicians for purity, density, and gradation. The Nike Lights contained 740 g kg⁻¹ uppers, 230 g kg⁻¹ midsole, and 30 g kg⁻¹ outsole. The Nike Heavies contained 150 g kg⁻¹ uppers, 510 g kg⁻¹ midsole, and 340 g kg⁻¹ outsole. The compressed and uncompressed densities of the Reuse-a-Shoe materials were measured to make a comparison with the Shredded Carpet used in this study. The uncompressed density of each material was determined by weighing loosely placed samples in a 1000-mL cylinder. A compressed density was measured by applying a 1-kg weight to each material in the 1000-mL cylinder. The compressed and uncompressed densities of the Nike Lights were 0.107 and 0.053 g cc⁻¹, respectively. The compressed and uncompressed densities of the Nike Heavies were 0.244 and 0.200 g cc⁻¹, respectively.

Turfgrids. Turfgrids is a commercially available, polypropylene fiber reinforcing material manufactured by Synthetic Industries, Inc. (Chattanooga, TN). It is 99.4% polypropylene and individual fibers are 38-mm long and 5-mm wide. Each individual fiber is fibrillated to form a net-like structure of finer fibers (fibrils). When mixed with soil, each fiber expands and the net-like configuration of fine fibers is randomly-oriented throughout the root zone.

Horizontally Placed Fabrics

Sportgrass. Sportgrass is a commercially available product manufactured by Sportgrass, Inc. (McLean, VA). Sportgrass consists of a polypropylene woven backing with 24 yarn strand ends per 25.4 mm in the lineal direction and 11 yarn strand ends per 25.4 mm in width. Yarn strands are 11 000 denier (1.0 denier is equal to the fineness of a yarn weighing 1.0 g for each 9000 m). The woven backing is tufted with fibrillated polypropylene tufts. In the lineal direction there are 16 tufts per 102 mm. In width, the tufts are 9.5 mm apart. The pile height is 32 mm. The individual tufts form a net-like configuration when expanded. A fibrillated tuft is 6700 denier (W. Cook, 1998, personal communication).

Treatment Rates

Treatment rates of reinforcing materials were based on industry recommendations, previous research, and preliminary lab tests. The preliminary laboratory tests included mixing different rates of reinforcing materials (except Sportgrass) with the sand and peat mixture used in the main field study. The root zone was mixed on a volume basis using nine parts sand to one part sphagnum peat. Two hundred-millimeter-diameter polyvinyl chloride pipe was filled \approx 150-mm deep with each mixture and compacted with a Proctor Hammer (American Society for Testing and Materials, 1999). Bulk density, total porosity, aeration porosity, and capillary porosity were determined for each mixture using a tension table and methods similar to those listed in American Society for Testing and Materials (1997). Two rates were chosen for Netlon and Turfgrids; 3 and 5 g kg⁻¹. The 3 g kg⁻¹ rate of reinforcements for the Netlon and Turfgrids were based on standard industry recommendations for sports fields (Netlon Advanced Turf, Blackburn, UK; and Synthetic Industries, Chattanooga, TN). The 5 g kg⁻¹ rate for both of these products is considered high for sports fields and is primarily recommended for turfgrass horse racing track installations. Rates exceeding 5 g kg⁻¹ were not used in this study because of the difficulty in maintaining a homogeneous blend of sand root zone and reinforcing material in preliminary studies. Preliminary studies indicated that the DuPont Shredded Carpet could be mixed effectively at rates up to 30 g kg⁻¹. Nike Lights and Nike Heavies treatments could be mixed at rates higher than 30 g kg⁻¹, but due to a lack of available material and to make a rate comparison with the DuPont Shredded Carpet 30 g kg⁻¹, the 30 g kg⁻¹ rates were chosen. Since little data exists for the DuPont Shredded Carpet, four rates were chosen. The rates were 5, 10, 20, and 30 g kg⁻¹.

Plot Construction

Field plots were established at the Joseph Valentine Turfgrass Research Center in University Park, PA, in September of 1995. The plot area consisted of an underdrained gravel layer, \approx 150-mm deep, overlaid by a 65-mm intermediate layer. A 100-mm layer of the sand and sphagnum root zone mix that was used during the preliminary testing was installed over the intermediate layer. The mix was donated by the Ferti-Soil Company, Kennett Square, PA (Table 1). A grid of 3.05- by 3.05-m treatment plots was laid over the level root zone mix. A 300-mm border surrounded each treatment plot. The experimental design was a split block (blocks split by three levels of wear) with 12 treatments and three blocks. All of the treatments (with the exception of Sportgrass) were weighed and mixed with the root zone mix using a front-end loader on an asphalt mixing pad. The sand was saturated with water during mixing. Wooden frames, 3.05 m by 3.05 m by 150 mm high, were placed on each treatment plot and leveled using a transit. After filling the frames with the mixed root zone treatments and allowing the mixture to drain, the surface was leveled by raking and hand tamping. The Netlon treatments were filled to within 15 mm of the surface and 15 mm of the unarmended root zone mix was placed on the surface of the Netlon/root zone mixture as per industry recommendations. For the Sportgrass treatment, frames were installed and filled with the root zone mix to within 25 mm of the top. The Sportgrass was then cut to fit the frames. Next, small amounts of the root zone mix was applied over the surface and worked into the pile with brooms. The plots were watered and allowed to dry, then more of the mix was broomed into the pile. This process was repeated until \approx 3 mm of pile protruded above the settled mix. After the borders were filled with root zone mix, the frames were removed and plots were seeded with 'SR 4200' perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) at the rate of 200 kg ha⁻¹. Nutrients and water were applied as needed to prevent nutritional deficiency and drought stress. The plot area received five N applications equaling 50 kg N ha⁻¹ during each growing season (April–October). The turf was mowed twice per week with a reel mower at a height of 38 mm and clippings were not collected in baskets. Wear level treatments were applied with a Brinkman Traffic Simulator (Cockerham and Brinkman, 1989). The Brinkman Traffic Simulator weighs 410 kg and consists of a frame housing two 1.2-m-long rollers. Each roller has steel dowels or spriggs (12.7-mm diam. by 12.7-mm length) welded to the outside of the rollers, at an average of 150 dowels m⁻². These dowels are the approximate length and width of the cleats on the shoe of an American football lineman at the collegiate level. The Brinkman Traffic Simulator produces wear, compaction, and turf/soil lateral shear. The drive thrust yielding lateral shear is produced by different sprocket sizes turning the rollers at unequal speeds. The Brinkman Traffic Simulator was pulled with a model 420 tractor (Steiner Turf Equipment Inc., Dalton, OH) equipped with a dual turf tire package. Blocks were split with three levels of wear. The wear levels were no-wear, medium-wear (three passes with the Brinkman Traffic Simulator three times per week), and high-wear (five passes three times per week). According to Cockerham and Brinkman (1989), two passes of the Brinkman Traffic Simulator produces the equivalent number of cleat dents created at the 40-yard line during one National Football League game. Thus, 15 passes per week are equivalent to the cleat dents sustained from 7.5 games per week. In 1996, wear began on 1 June and ended on 17 October. In 1997, wear began on 2 June and ended 17 October. Typically, wear was applied regardless of weather conditions or soil water content. Numerous wear applications occurred when the soil water content was at or near saturation. Occasionally, due to heavy precipitation or schedule conflicts, wear was not applied on the scheduled day. In these cases, wear was applied on the following day.

Data Collection

The criteria used for comparing treatments were surface hardness, soil bulk density, soil water content, and turfgrass density. Surface hardness was measured using a Clegg Impact Tester (Lafayette Instrument Company, Lafayette, IN) equipped with a 2.25-kg missile and a drop height of 440 mm (Rogers and Waddington, 1989). Impact attenuation, as measured by an accelerometer mounted on the missile, was used to indicate surface hardness and is reported as G_{max}, which is the ratio of maximum negative acceleration on impact in units of gravities to the acceleration due to gravity. The average of six hardness measurements taken in different locations on each subplot was used to represent the hardness value of the subplot. Soil bulk density data were derived from measurements of soil total density and volumetric water content taken with a Troxler 3400-B Series surface moisture-density gauge (Troxler Electronic Laboratories, Inc., Research Triangle Park, NC). The Troxler Gauge uses neutron scattering simultaneously with γ ray attenuation to measure the volumetric water content and total density of the soil (Gardner, 1986). A 150-mm deep guide hole was created in the soil using a template and guide rod. A ¹³⁷Cs source was then inserted into the hole to a depth of 150 mm. The amount of photons emitted from the source and reaching the receiver on the surface is a measure of total soil density. Soil bulk density is derived by subtracting the density due to water from the total soil density. Because some reinforcing materials could influence water content measurements, the Troxler Gauge was calibrated using a Tektronix 1502B time-domain reflectometry (TDR) unit (Tektronix, Inc., Beaverton, OR). To calibrate the Troxler Gauge, water contents were determined from each treatment plot, using both the TDR and the Troxler Gauge, on six different occasions to provide a range of soil water contents. Linear relationships between the two methods for each reinforcement treatment were evident, with regression coefficients greater than 0.90. All water content values reported in this experiment were collected using the Troxler gauge and then adjusted using the appropriate regression equation. The values represent the water content in the surface 150 mm of root zone mix. The adjusted soil water contents were used to calculate the density due to water which was subtracted from total density to provide soil bulk density. Turfgrass density was rated visually and served as an estimate of number of tillers per unit area. Density was rated using a scale of 0 to 5 with half units. A plot with no turfgrass present is rated as 0, and 5 indicates maximum possible tiller density. The turfgrass density ratings and the means of

the three soil bulk densities, three soil water contents, and six surface hardness measurements were analyzed using analysis of variance and Fisher's least significant difference test at the 0.05 level. A LSD was not calculated when the *F* ratio was not significant at the 0.05 level.

Surface Hardness

Significant treatment differences for surface hardness were found on each rating date. Surface hardness of plots generally increased with increasing wear levels in both years of the study. Although surface hardness for medium and high-wear treatments was significantly greater than for no-wear treatments on all evaluation dates, actual Gmax values did not differ by >10 units on any date. Surface hardness also increased as each season progressed for wear and no-wear treatments. When surface hardness data were averaged across all wear levels, differences were detected among reinforcing materials. Generally, surface hardness differences among reinforcing material treatments were greater than differences among wear treatments. The range of Gmax values for reinforcing material treatments exceeded 20 Gmax units on all rating dates. Sportgrass had higher surface hardness values than all other treatments on four of six rating dates and ranged between 28 and 37% higher in surface hardness than the control on each rating date. Both rates of Turfgrids and Netlon produced higher surface hardness values than the control on all rating dates. When averaged across all rating dates, the low rates of Netlon and Turfgrids increased surface hardness by 13 and 14%, respectively, when compared with the control, while the high rates increased surface hardness by an average of 22 and 24%, respectively. DuPont Shredded Carpet and both Nike treatments usually produced lower surface hardness values than Sportgrass, Netlon, and Turfgrids. Surface hardness generally decreased as rates of DuPont Shredded Carpet increased from 5 to 30 g kg⁻¹. When averaged across all rating dates, the 30 g kg⁻¹ rates of DuPont Shredded Carpet and Nike Lights produced surface hardness values that were 10.5 and 12.5% lower than the control, respectively. Reinforcing material treatment x wear interactions occurred on 18 Oct. 1996 and on all rating dates in 1997. The interactions indicate that the surface hardness values of some treatments were more strongly influenced by wear than others. In the case of Sportgrass, surface hardness values for the high-wear level ranged between 16.5 and 25.4% higher than the no-wear level on each rating date. Sportgrass consistently measured higher in surface hardness than all other treatments after wear was applied. Whereas under no-wear, Sportgrass had surface hardness values similar to the 5 g kg⁻¹ rates of Netlon and Turfgrids. DuPont Shredded Carpet 30 g kg⁻¹ and both Nike treatments responded differently to increasing wear than Sportgrass. For these treatments, the surface hardness values for the high-wear level were only 5% higher than the no-wear level when averaged across all rating dates.

Soil Bulk Density

No significant wear x reinforcing material interactions were detected for bulk density on any of the rating dates in this study. Bulk density increased with increasing wear levels in 1996 and 1997. Also, soil bulk density generally increased for all wear levels as each growing season progressed. Soil bulk density values ranged from a low of 1.35 g cc-1 for the no-wear treatment on 11 June 1997 to 1.47 g cc-1 for the high-wear treatment on 15 Oct. 1997. Increases in bulk density on no-wear plots were presumably due to routine maintenance and foot traffic during data collection. The drop in bulk densities for all treatments between 18 Oct. 1996 to 11 June 1997 was likely due to freeze-thaw cycles during the winter months. Soil bulk density values averaged across wear levels revealed differences among the reinforcing material treatments. The range of bulk density values among reinforcing material treatments was similar to the range for wear treatments (1.34 g cc-1 for Nike Lights 30 g kg-1 on 11 June 1997 to 1.47 g cc-1 for Netlon 5 g kg-1 on 18 Oct. 1996). The 5 g kg-1 Netlon treatment produced higher bulk density values than the control plots on five of six rating dates. This treatment generally produced higher bulk density values than Sportgrass; the 10, 20, and 30 g kg-1 rates of DuPont Shredded Carpet; Nike Lights and Heavies; and the 3 g kg-1 rate of Turfgrids. The 3 g kg-1 Netlon treatment and 3 g kg-1 Turfgrids treatment typically did not influence bulk density relative to the control. The 10, 20, and 30 g kg-1 rates of DuPont Shredded Carpet lowered soil bulk density relative to the control on five of six rating dates. The 5 g kg-1 rate of shredded carpet had no effect on soil bulk density on four of six rating dates. This treatment resulted in a soil bulk density that was higher than the control on 23 Aug. 1996 and lower than the control on 15 Oct. 1997. As with surface hardness, bulk density generally decreased with increasing rates of DuPont Shredded Carpet. Nike Lights and Nike Heavies treatments also lowered bulk densities relative to the control on five of six rating dates.

Soil Water Content

No reinforcing material treatment x wear interactions occurred in this study with respect to soil water content. Differences in soil water content were found among wear levels on four of six rating dates. When differences occurred, water contents were higher in no-wear and medium-wear treatments than in high-wear treatments. However, the differences were slight, with an overall variation of only 0.05 m³ m-3 across the duration of the study. Soil water contents differed among reinforcing material treatments during both years of the study. Nike Lights 30 g kg-1 and Sportgrass had lower soil water contents than the control on five of six rating dates. No other reinforcing material treatment had a soil water content lower than the control on more than two of the six rating dates. The only treatments which measured higher in soil water content than the control were Turfgrids 3 g kg-1 on three rating dates and all four rates of DuPont Shredded Carpet on one or two rating dates. The range in water contents during both years of the study was <0.06 g kg-1.

Turfgrass Density

Significant treatment differences for turfgrass density were found on each rating date. Means of turfgrass density ratings show that high-wear treatments resulted in the lowest turfgrass density, no-wear treatments had the highest density, and medium-wear treatments produced density intermediate between no-wear and high-wear treatments. The data also show that turfgrass density generally decreased as each season progressed for medium- and high-wear treatments, but that no-wear treatment showed little change in turfgrass density during the seasons. Turf in medium- and high-wear treatments showed nearly complete recovery with respect to density between the end of the 1996 season and the first rating date in 1997. Turfgrass density ratings differed among reinforcing material treatments during both years of this study. Differences were slight on most rating dates and never exceeded one whole unit on any date during the test. The Sportgrass treatment showed lower turfgrass density than the control on all three rating dates in 1996, but did not differ from the control plots in 1997. Turfgrids 3 and 5 g kg⁻¹ were the only other treatments that had turfgrass density ratings lower than the control, and this occurred on two rating dates for each treatment. Nike Lights and Heavies provided higher turfgrass density than the control on six and five rating dates, respectively. Most of the other treatments were not different or were slightly higher in density than controls on one to three rating dates. Reinforcing material treatment x wear interactions were significant for turfgrass density on four rating dates. While these interactions were statistically significant, the differences among treatments and wear levels with respect to turfgrass density were small and of little practical significance.

Correlations

Correlation coefficients were significant (*P* = 0.01) between all variables examined in this study. The strongest correlations were between soil bulk density and surface hardness (*r* = 0.63) and between soil bulk density and turfgrass density (*r* = -0.67). Another strong correlation was between soil bulk density and soil water content (*r* = -0.60). Reinforcing materials used in this study had varying effects on surface hardness, bulk density, and water content of a sand root zone. They also influenced turfgrass density, but to a minor degree. Effects were dependent on the type and rate of reinforcing material, as well as the amount of wear imposed on the treatment. Reinforcing material treatments that lowered soil bulk density generally lowered surface hardness and treatments that increased or did not affect bulk density generally resulted in increased surface hardness compared with nonamended controls. As wear levels increased, the treatments that lowered soil bulk density usually showed smaller increases in surface hardness than the other treatments. Surface hardness was affected to a much greater degree by bulk density than by water content. These findings agree with those of [Baker \(1991\)](#), where soil water content had little effect on surface hardness of sand-dominated root zones. For mixes where soil was the dominant mix component, soil water content was the major factor controlling surface hardness ([Baker, 1991](#)). The DuPont Shredded Carpet treatments either lowered or had no effect on soil bulk density and surface hardness when compared with the control and some other reinforcing material treatments. Increasing the rate of DuPont Shredded Carpet from 5 to 30 g kg-1 played a strong role in lowering bulk density and surface hardness of the sand root zone. The highest rate (30 g kg-1) of this fibrous, low-density product presumably diluted the density of heavier soil particles, thereby decreasing the overall bulk density of the soil/shredded carpet mix. Despite lowering the bulk density of the sand root zone, the 30 g kg-1 rate of DuPont Shredded Carpet did not greatly reduce soil water content. The benefits of shredded carpet may be limited to sandy soils, since [McNitt and Landschoot \(2001a\)](#) found that the 30 g kg-1 rate of DuPont Shredded Carpet had no pronounced effect on soil bulk density or surface hardness in a silt loam soil. The Nike Lights (30 g kg-1) treatment consistently lowered surface hardness and bulk density compared with the control and some other reinforcing material treatments. Nike Lights consist primarily of nylon, polyester, cotton, and polychloroprene remnants from the upper portions of athletic shoes. The fibrous, low-density properties of this amendment apparently reduced the density of the sand root zone in a manner similar to the 30 g kg-1 rate of DuPont Shredded Carpet. Nike Lights lowered soil water content relative to the control on more dates than the DuPont Shredded Carpet, but the actual differences between treatments were of little practical significance.

The Nike Heavies treatment decreased surface hardness and bulk density compared with the control on some occasions, but it was not as consistent in these respects as Nike Lights.

The varying effects on surface hardness and bulk density between the two Nike products may be due to density differences between the products. The compressed densities of Nike Lights and Nike Heavies were 0.107 g cc⁻¹ and 0.244 g cc⁻¹, respectively. The higher density of Nike Heavies was probably due to the predominance of polyurethane and rubber constituents in the product. Both rates of Netlon and Turfgrids consistently increased surface hardness of the sand root zone mix when compared with the unamended control and some other treatments. Surface hardness increased to a greater extent under high-wear treatments with the Turfgrids and Netlon treatments compared with the control, DuPont Shredded Carpet treatments, and Nike Lights and Heavies treatments. The results for the Netlon treatments agree with those of [Canaway \(1994\)](#), who reported increased surface hardness with mesh elements after wear was applied. Other than the 5 g kg⁻¹ rate of Netlon, the Netlon and Turfgrids treatments had little influence on soil bulk density and in most cases, both rates of Netlon and Turfgrids had little effect on soil water content. The increase in surface hardness resulting from the 3 g kg⁻¹ rate of Netlon and both rates of Turfgrids does not appear to be related to an increase in soil bulk density. Instead, the surface hardness increase may be due to an increase in soil strength caused by these reinforcement treatments. [Waddington \(1992\)](#) stated that soil strength reflects the soil's ability to resist or endure an applied force and that low soil strength allows deformation, whereas high soil strength may be too hard and thus affect the safety of the playing surface. Fibrous soil reinforcing materials have been shown to increase soil strength and reduce soil deformation under loads ([Gray and Ohashi, 1983](#); [McGown et al., 1985](#)). [Mercer et al. \(1984\)](#) reported increased soil strength without a corresponding increase in soil bulk density for a mesh reinforcing material treatment very similar to Netlon.

The Sportgrass treatment produced the highest surface hardness of any treatment in this test. Surface hardness for this treatment increased substantially as wear level increased and as each season progressed. Surface hardness did not appear to be related to soil bulk density, as there were no differences in bulk density between the Sportgrass treatment and the control. The increased surface hardness of the Sportgrass treatment may have been the result of an increase in soil strength near the root zone surface. Horizontally-oriented fabrics at or near the soil surface have dramatically increased soil strength and load carrying capacity ([Gray and Al-Refeai, 1986](#)). Increased soil surface strength typically results in a higher surface hardness ([Waddington, 1992](#)). The Sportgrass treatment showed a consistent reduction in soil water content compared with the control throughout the study. Drier soil conditions produced by Sportgrass may have resulted in slightly higher surface hardness. However, the moisture differences between the Sportgrass treatment and the control were only 0.02 to 0.03 m m⁻³, and probably not enough to account for the large differences in surface hardness.

CONCLUSIONS

Overall, the greatest impact of reinforcing materials subjected to different wear levels in a sand root zone was on surface hardness. This is potentially significant because increased surface hardness of an athletic field results in a greater risk of athlete injury in the event of a fall ([Baker and Canaway, 1993](#)). Conclusions and recommendations based on surface hardness data from the present study are difficult to formulate because no recognized standards currently exist for acceptable surface hardness values of athletic fields as measured by the Clegg Impact Tester. In an attempt to relate surface hardness to athlete performance and safety, [Canaway et al. \(1990\)](#) correlated athletic field surface hardness measurements with athlete's perceptions of surface hardness. On the basis of hardness values obtained with the Clegg Impact Tester and a 0.5-kg missile, [Canaway et al. \(1990\)](#) suggested a preferred upper limit of 80 Gmax. A 2.25-kg missile was used in the present study and has been shown to produce lower Gmax values compared with the 0.5-kg missile ([Rogers and Waddington, 1990](#)). [Rogers and Waddington \(1990\)](#) reported that the 0.5-kg missile will typically record Gmax values that are 24 to 50 units higher than values produced by the 2.25-kg missile. Using this comparison, Sportgrass, Netlon 5 g kg⁻¹, and Turfgrids 5 g kg⁻¹ reinforcing material treatments resulted in hardness values that were probably greater than the preferred upper limit suggested by [Canaway et al. \(1990\)](#). Athletic field managers considering the use of soil reinforcing materials should be aware that if a field is exposed to high wear, Netlon and Turfgrids at the 5 g kg⁻¹ rate and Sportgrass have the potential to exceed the preferred upper surface hardness limit suggested by [Canaway et al. \(1990\)](#). The high rates of DuPont Shredded Carpet and Nike Lights consistently resulted in surface hardness values lower than the control, even under high wear, and may be less likely to result in athlete injury during player/surface impacts.

REFERENCES

- American Society for Testing and Materials. 1997. Annual Book of ASTM Standards. Vol. 15.07. End Use Products. Standard test method for saturated hydraulic conductivity, water retention, porosity, particle density, and bulk density of putting green and sports turf rootzone mixes. F1815-97. ASTM, West Conshohocken, PA.
- American Society for Testing and Materials. 1998. Annual Book of ASTM Standards. Vol. 15.07. End Use Products. Standard test method for organic matter content of putting green and sports turf rootzone mixes. F1647-98. ASTM, West Conshohocken, PA.
- American Society for Testing and Materials. 1999. Annual Book of ASTM Standards. Vol. 4.08. Soil and Rock. Test method for laboratory compaction characteristics of soil using standard effort. D698-91. ASTM, West Conshohocken, PA.
- Baker, S.W. 1991. Temporal variation of selected mechanical properties of natural turf football pitches. *J. Sports Turf Res. Inst.* 67:83-92.
- Baker, S.W. 1997. The reinforcement of turfgrass areas using plastic and other synthetic materials: A review. *Int. Turf. Soc. Res. J.* 8:3-13.
- Baker, S.W., and P.M. Canaway. 1993. Concepts of playing quality: Criteria and measurement. *Int. Turf. Soc. Res. J.* 7:172-181.
- Baker, S.W., and C.W. Richards. 1995. The effect of fibre reinforcement on the quality of sand rootzones used for winter games pitches. *J. Sports Turf Res. Inst.* 71:107-117.
- Beard, J.B., and S.I. Sifers. 1993. Stabilization and enhancement of sand-modified rootzones for high traffic sports turfs with mesh elements. A randomly interlocking mesh inclusion system. *Tech. Rep. B-1710*. Texas Agric. Exp. Stn., College Station, TX.
- Canaway, P.M. 1994. A field trial on isotropic stabilisation of sand rootzones for football using Netlon mesh elements. *J. Sports Turf Res. Inst.* 70:100-109.
- Canaway, P.M., M.J. Bell, G. Holmes, and S.W. Baker. 1990. Standards for the playing quality of natural turf for association football. p. 29-47. In R.C. Schmidt et al. (ed.) *Natural and artificial playing fields: Characteristics and safety features*. STP 1073. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.
- Cockerham, S.T., and D.J. Brinkman. 1989. A simulator for cleated-shoe sports traffic on turfgrass research plots. *Calif. Turfgrass Culture* 39(3&4):9-10.
- Gardner, W.H. 1986. Water content. p. 493-544. In A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis*. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Gray, D.H., and T. Al-Refeai. 1986. Behavior of fabric- versus fiber-reinforced sand. *J. Geotec. Eng.* 112:804-820.
- Gray, D.H., and H. Ohashi. 1983. Mechanics of fiber reinforcement in sand. *J. Geotec. Eng.* 109:335-353.
- Leflaive, E. 1982. The reinforcement of granular materials with continuous fibers. p. 721-726. In *Proc. 2nd Int. Conf. on Geotextiles*, Las Vegas, NV. A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.
- Malloch, W. 1996. Reuse-A-Shoe material specifications. Internal res. rep. Nike, Beaverton, OR.
- McGown, A., K.Z. Andrawes, N. Hytiris, and F.B. Mercer. 1985. Soil strengthening using randomly distributed mesh elements. p. 1735-1738. In *Proc. 11th Int. Conf. Soil Mech. and Foundation Eng.*, San Francisco, CA. August 1985. A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.
- McNitt, A.S., and P.J. Landschoot. 2001a. The effects of soil reinforcing inclusions in an athletic field rootzone. *Int. Turf. Soc. Res. J.* 9:565-572.
- McNitt, A.S., and P.J. Landschoot. 2001b. The evaluation of a modular turfgrass system amended with shredded carpet. *Int. Turf. Soc. Res. J.* 9:559-564.
- Mercer, F.B., K.Z. Andrawes, and A. McGown. 1984. A new method of soil stabilisation. Paper 8:1. In *Proc. Symp. Polymer Grid Reinforcement in Civil Eng.*, London. March 1984. Thomas Telford Ltd., London.
- Richards, C.W. 1994. Effect of mesh element inclusion on soil physical properties of turfgrass root-zones. *J. Sports Turf Res. Inst.* 70:110-118.
- Rogers, J.N., III, and D.V. Waddington. 1989. The effect of cutting height and verdure on impact absorption and traction characteristics in tall fescue turf. *J. Sports Turf Res. Inst.* 65:80-90.
- Effects of management practices on impact absorption and shear resistance in natural turf. p. 136-146. In R.C. Schmidt et al. (ed.) *Natural and artificial playing fields: Characteristics and safety features*. STP 1073. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.
- Waddington, D.V. 1992. Soils, soil mixtures, and soil amendments. p. 331-383. In D.V. Waddington et al. (ed.). *Turfgrass*. Agron. Monogr. 32. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.

- Auteur** *Rolf Hediger*
Expert en sols sportifs avec 30 années d'expériences
Directeur d'une compagnie d'installations de sols sportifs; 1980 - 1997
Expert – consultant indépendant, 1997 - 2012
Consultant de l'UEFA, Fifa, Fédération italienne de Football (LND) et EFTG
Initiant du manuel UEFA des critères de test (2003); aujourd'hui FIFA's 2Star critères pour le Football Turf
Etude comparent le gazon synthétique avec le gazon naturel par rapport aux quantités et types de blessures dans les Stades Européens avec des équipes professionnelles utilisées pendant la Champions League 2006-2008 et l'EURO 2008 et diverses études privées jusqu'en 2012
- Documentations** *WEB-Publications de l'industrie du Sport, Associations de Sport, Universités and communautés*
UEFA medical study, Prof. Jan Ekstrand MD, PhD
Extracts of a scientific turf study by ANDREW S. MCNITT, The Pennsylvania State University
Photos et illustrations: Rolf Hediger et l'industrie
- Proof-reading** *Pierre-Yves Bovigny (hepia)*
Chargé d'enseignement HES, CH-1254 Jussy pierre-yves.bovigny@hesge.ch
- Autres publications** *Expériences acquises à partager*
- *Terrains de Football, volume 2, « Football Turf » (gazon synthétique)*
 - *Terrains de sport « Indoor »*
 - *Terrains de sport « Outdoor »*