



Enjeux de la construction des terrains d'équitation

Choix des matériaux et conseils d'entretien

Auteur-e-s

Bureau de conseils cheval du Haras national suisse HNS, Avenches
Laura Kreis, Anja Zollinger, Ruedi von Niederhäusern



Impressum

Editeur : Agroscope
Haras national suisse HNS
Les Longs-Prés, 1580 Avenches, Suisse
www.agroscope.ch

Renseignements : De plus amples informations sur les activités de recherche du HNS sont disponibles sur www.harasnational.ch. Si vous avez des questions sur l'élevage et la détention des chevaux, vous pouvez contacter le Bureau de conseils cheval par courriel à harasnational@agroscope.admin.ch ou par téléphone au 058 482 61 00.

Rédaction : Bureau de conseils cheval du Haras national suisse,
Laura Kreis, Anja Zollinger, Ruedi von Niederhäusern

Photos couverture : Etalons franches-montagnes dans la cour du Haras national suisse à Avenches (Agroscope HNS)

Mise en page
et impression : media f sa, filiale Glassonprint, 1630 Bulle

Copyright : © Agroscope 2019
Reproduction, même partielle, autorisée moyennant mention de la source et envoi d'un exemplaire spécimen à l'éditeur.

ISSN : 2296-7222 (print), 2296-7230 (online)

Table des matières

Impressum	2
Tables des matières	3
Pourquoi les sols des terrains d'équitation sont-ils importants?	4
Bases légales	4
Exigences relatives à un terrain d'équitation	4
Ce dont il faut tenir compte lors de la construction d'un terrain d'équitation	6
Systèmes de construction.....	6
Structure en couches.....	6
Structure avec sub-irrigation.....	8
Irrigation.....	8
Drainage.....	8
Bordures de terrains d'équitation.....	8
Avantages et inconvénients des différents matériaux utilisés pour les couches de travail et de séparation	9
Différentes disciplines, différentes exigences	13
L'entretien du sol équestre est primordial!	14
Elimination des matériaux dans le respect de l'environnement	15
Terrain d'équitation ou aire de sortie?	15
Comment évaluer la qualité de mon sol équestre?	16
Que faire, si...	16
... la couche de travail est trop meuble?.....	16
... la couche de travail n'est pas plane?.....	16
... l'eau s'écoule mal?.....	16
... le sol est trop dur?.....	16
... la couche de séparation apparaît?.....	16
... le sable et les agrégats se séparent?.....	16
Coûts	17
Estimation des coûts d'investissements, exemple pour un terrain de 20x40 m.....	17
Estimation des coûts d'entretien par année pour un terrain de 20 x 40 m.....	17
Planification et conseil	18
Sources	19

Pourquoi les sols des terrains d'équitation sont-ils importants?

En Suisse, environ 105 000 équidés (chevaux, poneys, ânes, mulets, bardots) vivent dans 19 564 exploitations agricoles ou non agricoles (Ackermann et al. 2017). L'existence d'un terrain d'équitation ou d'un manège couvert est de plus en plus souvent un critère pour les propriétaires de chevaux à la recherche d'une écurie de pension pour leur animal.

De nombreux chevaux sont travaillés quotidiennement ou plusieurs fois par semaine sur un terrain d'équitation. La qualité du sol est importante pour la prévention des blessures de l'appareil locomoteur. De plus, un terrain d'équitation est aujourd'hui une condition sine qua non pour la formation des chevaux et des cavaliers (figure 1).



Figure 1: Les équidés sont utilisés pour une multitude d'activités. Un terrain d'équitation représente bien souvent une infrastructure importante pour la formation des chevaux et des cavaliers. (Source: Agroscope HNS)

Bases légales

Tous les détenteurs de chevaux ne sont pas autorisés à construire un terrain d'équitation. Des éléments spécifiques telles que la taille de l'exploitation détentrice de chevaux ou la zone dans laquelle elle est située jouent un rôle décisif dans l'obtention d'un permis de construire. Pour la zone à bâtir, c'est la commune qui est responsable. Elle détermine ce qui peut être construit ainsi que les grandes lignes du plan de construction. Sur les terres agricoles en revanche, c'est le canton qui examine la demande de permis de construire. En général, seules les exploitations qui répondent à des exigences précises sont autorisées à construire un terrain d'équitation sur des terres agricoles.

La taille d'un terrain d'équitation dans la zone agricole est limitée à 800 m² et les manèges couverts ne sont pas autorisés. D'autres informations très utiles sont disponibles sur le site de l'Office fédéral du développement territorial www.are.admin.ch et dans la brochure «Comment l'aménagement du territoire appréhende les activités liées au cheval» (ARE 2015). Cette brochure peut être téléchargée sur ce même site internet. Les directives en matière de protection des eaux et de l'environnement doivent également être prises en compte. Des informations sur la situation locale peuvent être obtenues auprès des communes.

Exigences relatives à un terrain d'équitation

L'appareil locomoteur du cheval est particulièrement performant. L'anatomie de ses membres lui permet d'amortir les chocs pendant qu'il se déplace (figure 2). Le sabot joue un rôle important à ce niveau, car entre le sabot et l'os du boulet, 30 à 60% de la force d'impact est absorbée (Ziermann 2006). Le sol en herbe est le type de terrain dont les caractéristiques répondent le mieux aux besoins anatomiques d'un cheval. Afin d'être optimal, le sol artificiel devrait se rapprocher de la qualité d'un sol naturel. Dans les différentes allures, les jambes du cheval subissent des forces de puissance variable. Au pas, elles peuvent aller jusqu'à 730 kg et jusqu'à 1 500 kg au galop. Les tendons présentent une grande résistance et une faible élasticité. La résistance aux déchirures est une propriété qu'il est possible d'entraîner, c'est pourquoi il est bon que le cheval se déplace et travaille sur des terrains différents.

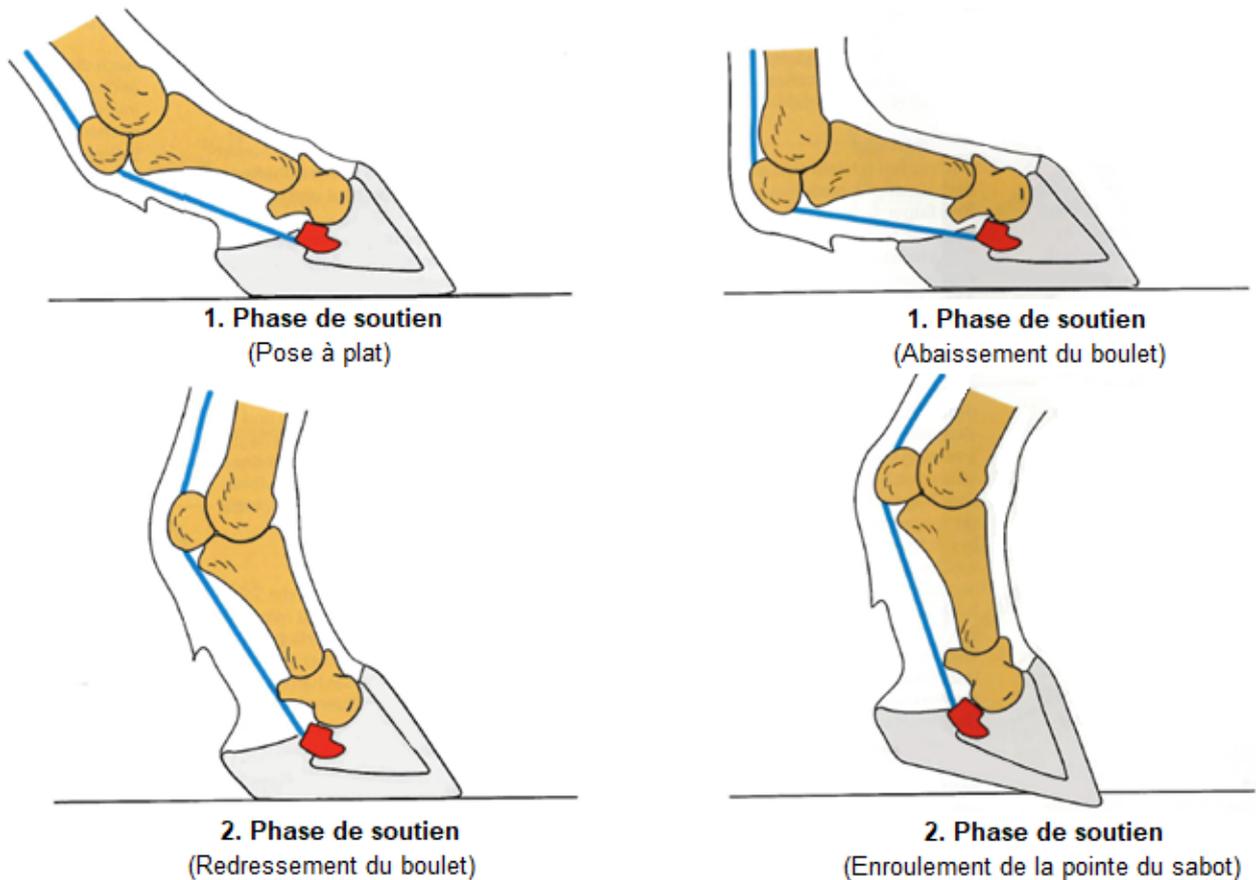


Figure 2: Les phases de pose et de relèvement du pied du cheval. On distingue la phase de suspension, où le membre est guidé vers l'avant en l'air et la phase de soutien, où le sabot touche le sol. La phase de soutien est divisée en deux phases. (Source: Hertsch 2012)

Afin de soutenir au mieux les déplacements de l'animal et de garantir en permanence la sécurité du cheval et du cavalier, les exigences suivantes doivent être prises en compte:

- Caractéristiques fonctionnelles sportives: sécurité des déplacements, des sauts, caractère antidérapant
- Caractéristiques fonctionnelles de protection: protection de la santé du cheval et du cavalier
- Caractéristiques techniques: résistance à une intensité d'utilisation élevée par tous les temps, longue durée de vie et élimination des matériaux respectueuse de l'environnement

La résistance, l'amortissement, l'élasticité, l'adhérence et la régularité sont les caractéristiques importantes lors de la construction et de l'utilisation d'un sol équestre. La Fédération Equestre Internationale FEI a élaboré des premières directives sur la base de ces critères dans le but de construire des terrains de concours internationaux aussi homogènes que possible et ainsi offrir des conditions similaires à tous les cavaliers du monde entier.

Un bon sol équestre doit avoir une certaine résistance, afin que la couche de travail (c'est à dire la couche superficielle, sur laquelle le cheval se déplace) ne devienne pas trop profonde et influence ainsi négativement tous les autres paramètres. En raison des sollicitations importantes des os et des tendons, la couche de travail doit avoir un effet d'amortissement. Elle doit aussi offrir une bonne adhérence et une bonne résistance aux forces de cisaillement pour que les chevaux ne glissent pas lorsqu'ils effectuent des virages serrés et/ou à grande vitesse. L'élasticité est importante puisqu'elle permet au sol de céder sous le poids du cheval mais aussi de redonner de l'énergie au sabot. Un sol en asphalté est un exemple de sol inélastique qui n'amortit pas les chocs et sur lequel les contrecoups que le cheval perçoit sont très forts: toute l'énergie doit alors être absorbée par le corps le cheval. La régularité d'un sol a surtout une influence sur l'équilibre du cheval. Les chevaux risquent de trébucher si les sols sont irréguliers. Selon les conditions météorologiques et la fréquence d'entretien des sols, ces paramètres peuvent changer considérablement au fil du temps, indépendamment de l'utilisation qui en est faite pour le sport équestre.

Glossaire

Résistance	décrit la dureté du sol
Élasticité	décrit à quel point le sol amortit et renvoie de l'énergie au sabot
Amortissement	décrit combien le sol absorbe d'énergie
Résistance au cisaillement	décrit l'adhérence et la stabilité du sol
Régularité	décrit l'uniformité de la couche de travail sur l'ensemble du terrain

Les chevaux peuvent s'adapter jusqu'à un certain point à une modification de la surface sur laquelle ils évoluent. Si cette capacité d'adaptation est dépassée, le risque de blessures augmente. Les boiteries et les blessures aux tendons sur les antérieurs sont les phénomènes les plus fréquents. Dans la plupart des cas, c'est le tendon fléchisseur superficiel qui est atteint, suivi du suspenseur (figure 3). Le risque de lésions des tendons augmente aussi avec l'âge du cheval. Les blessures aux tendons surviennent généralement vers la fin de l'entraînement, lorsque le cheval est déjà fatigué. Ainsi, pour la prévention des blessures, l'organisation des séances d'entraînement par l'entraîneur et le cavalier est tout aussi importante que la qualité du sol lui-même. Les chevaux de saut d'obstacles présentent généralement un risque plus élevé de blessures des tendons fléchisseurs superficiels et profonds des membres antérieurs. Les chevaux de dressage, eux, risquent plus une blessure du suspenseur des membres postérieurs (Thorpe et al. 2010).

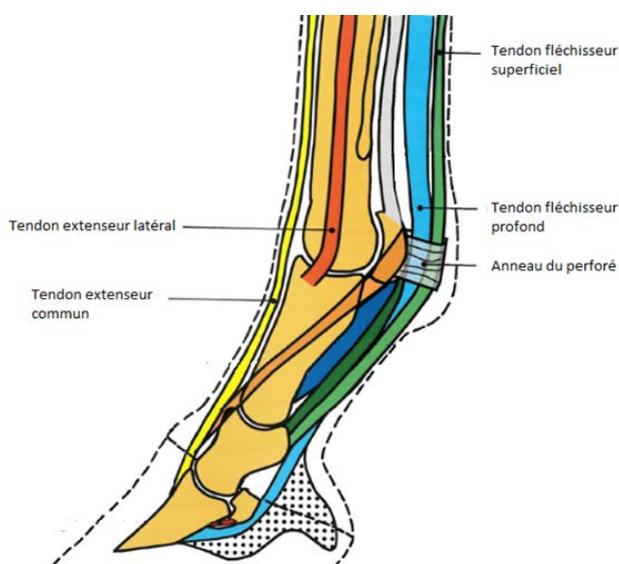


Figure 3: Représentation schématique des tendons et des ligaments de la jambe du cheval. (Source: Hertsch 2012)

Indépendamment des critères déjà mentionnés, il faut limiter le dégagement de poussière sur la couche de travail. En effet, en raison de la forte charge mécanique exercée par le sabot sur les grains de sable, ceux-ci sont progressivement broyés. Les fines particules qui en résultent sont alors soulevées et transportées par le vent. Cette formation de poussière affecte le système respiratoire du cheval et du cavalier et peut se traduire par des écoulements nasaux ou de la toux. A l'heure actuelle, les résultats de recherche ne sont pas encore suffisants pour conclure sur la nocivité potentielle de la poussière d'agrégats synthétiques (tels que les copeaux de géotextile ou la mousse de polyuréthane).

Ce dont il faut tenir compte lors de la construction d'un terrain d'équitation

Systèmes de construction

Il n'existe pas de sol idéal pour tous les types d'utilisation. Chaque discipline a des exigences différentes, qui doivent être prises en compte lors de la construction. En général, on distingue les sols d'entraînement et les sols de concours. Les sols de concours amortissent moins, mais sont plus élastiques et plus résistants, ce qui fait que le cheval reçoit plus d'énergie en retour. Le risque de blessure augmente alors en raison des rebonds plus puissants (Montavon et Wälti 2014). C'est pourquoi un sol d'entraînement, utilisé plus fréquemment, doit être moyennement dur. Mais si le sol devient trop mou, la sollicitation des tendons et des ligaments augmente et les chevaux se fatiguent plus rapidement. En général, on distingue la structure en couches standard et la structure avec sub-irrigation.

Structure en couches

En fonction de l'utilisation prévue et de la nature du sol sur lequel le terrain d'équitation est construit, on peut opter pour une construction en une seule couche (couche de travail uniquement), en deux couches (couche de séparation et couche de travail) ou en trois couches (couche porteuse, couche de séparation et couche de travail) (figure 4). Les systèmes à deux couches devraient être construits exclusivement sur un sous-sol suffisamment perméable à l'eau.

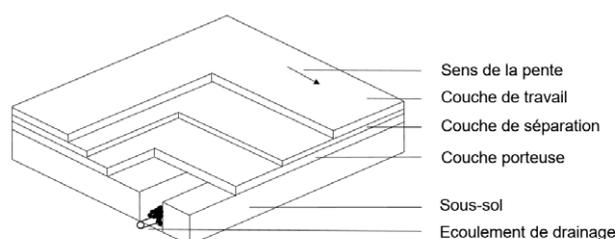


Figure 4: Représentation de la construction en trois couches avec la couche de travail, la couche de séparation et la couche porteuse. Le drainage s'effectue par des drains tubulaires insérés sous la couche porteuse dans le sous-sol. (Source: Agroscope HNS)

La couche porteuse sert de fondation. En dessous se trouve l'infrastructure ou le sol naturel suffisamment compacté et sans végétation. La fonction principale de la couche porteuse est d'évacuer l'excès d'eau et de supporter les couches supérieures.

La **couche de séparation** est destinée à empêcher le mélange de la couche porteuse et de la couche de travail. Elle peut être constituée de treillis, de dalles alvéolaires ou de tapis en plastique remplis de différents matériaux (figure 5). La couche de séparation doit être perméable à l'eau et avoir un certain effet amortissant pour pouvoir supporter jusqu'à deux tonnes de charge ponctuelle sous le sabot du cheval, surtout en saut d'obstacles.

Les chevaux évoluent sur la couche superficielle, appelée **couche de travail**, qui forme le revêtement proprement dit du terrain d'équitation. Le sable est le matériau le plus couramment utilisé mais il existe d'autres matériaux comme par exemple les copeaux de bois ou les morceaux de textiles (figure 6).



Figure 5: Dalles alvéolaires composites en plastique remplies de gravier rond (4-8 mm) comme couche de séparation pour une aire de sortie toutes saisons. La couche de travail est ici constituée de copeaux de bois. (Source: Agroscope HNS)

Couche de travail		<p>Matériaux:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sable pur ou sable avec agrégats (copeaux de géotextile, mousses, fibres); Granulométrie: 0.25-1 mm • Matériaux organiques comme des copeaux de bois • Matériaux synthétiques comme les morceaux de textiles <p>Épaisseur:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 10-13 cm pour le sable • Jusqu'à 20 cm d'épaisseur pour les copeaux de bois ou morceaux de textiles
Couche de séparation		<ul style="list-style-type: none"> • Doit séparer correctement la couche porteuse de la couche de travail <p>Matériaux:</p> <ul style="list-style-type: none"> • généralement composée de tapis ou de dalles alvéolaires en plastique ou en caoutchouc, remplies de sable, de gravier (granulométrie: 8-16 mm) ou de lave <p>Épaisseur:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3-5 cm d'épaisseur
Couche porteuse		<p>Important:</p> <ul style="list-style-type: none"> • prévoir une pente de 0.5-2% pour l'écoulement de l'eau <p>Matériaux:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sol naturel, gravier, pierres ou minéraux concassés (granulométrie: jusqu'à 45 mm); du ciment ou de la chaux peuvent être ajoutés lorsque le sous-sol est trop instable <p>Épaisseur:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 15-25 cm, à adapter en fonction des propriétés naturelles du sol

Figure 6: Caractéristiques importantes de la couche de travail, de la couche de séparation et de la couche porteuse et exemple de matériaux adaptés. (Source des images de la couche de travail: Agroscope HNS; sources des images de la couche de séparation et de la couche porteuse: Bruggmann Reitplatzbau)

Structure avec sub-irrigation

Le système de sub-irrigation (ou irrigation par le sous-sol) peut être construit sans couche de séparation (figure 7). Contrairement à la construction en couches, ce système ne présente pas de pente. Un film imperméable à l'eau est posé sur le sous-sol ou sur la couche porteuse, dans lequel les tuyaux du système intégré d'arrosage et de drainage sont installés. Une couche d'arrosage et de drainage (sable grossier, sable de drainage) est ensuite appliquée. La couche de travail qui recouvre le tout doit avoir une épaisseur de 10 à 15 cm. Les tuyaux sont reliés à des capteurs de niveau d'eau dans un puits situé à l'extérieur du terrain. Ils sont réglés de telle sorte que le terrain présente toujours le degré d'humidité souhaité. Ce système garantit une humidité homogène de la couche de travail sur tout le terrain d'équitation.

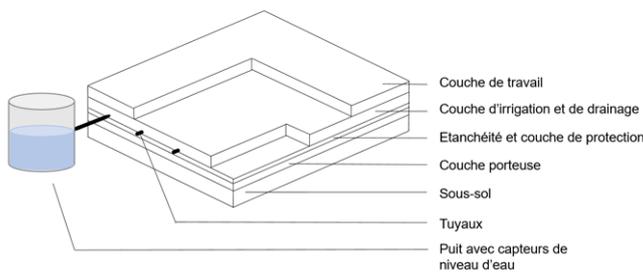


Figure 7: Représentation d'une structure en sub-irrigation. Les conduites d'irrigation sont disposées sous la couche d'irrigation sur un film imperméable et sont reliées à un puits situé à l'extérieur du terrain. (Source: Agroscope HNS)

Irrigation

Pour arroser les sols équestres, il existe différentes méthodes plus ou moins manuelles ou automatisées. Dans le cas d'un sol équestre construit en couches, l'irrigation est généralement assurée par des systèmes d'arrosage par aspersion, qui sont installés sur les bords du terrain, en partie enfoncés dans le sol. De nombreux systèmes peuvent être programmés pour arroser automatiquement le soir, par exemple. L'arrosage peut également être assuré par des réservoirs d'eau ou des citernes d'eau montés sur un véhicule ou remorqués. Cette méthode manuelle est plus économique mais il faut veiller à ce que l'eau soit répartie de manière uniforme sur le terrain pour éviter la formation de flaques d'eau et des zones plus sèches. Dans le système de sub-irrigation, l'apport d'eau est assuré par le sous-sol (voir paragraphe précédent).

Drainage

Le drainage peut s'effectuer horizontalement (en surface) ou verticalement par des drains intégrés sous la couche de séparation et la couche porteuse. Selon la perméabilité du sol à l'eau, ces tuyaux sont installés à intervalles de 3 à 12 m. Les tuyaux ne devraient pas se trouver sous la piste et le drain le plus externe doit se trouver à l'extérieur de la bordure du terrain. Il est important que les drains puissent être rincés régulièrement de l'extérieur par le biais de regards d'inspection. Si les flaques d'eau ont tendance à se multiplier sur le terrain d'équitation, ce n'est pas, comme on le suppose souvent, à cause de la rupture des drains, mais à cause du com-

partage de la couche de séparation suite au lessivage des fines particules de sable provenant de la couche de travail. Un drainage ne peut bien fonctionner que si le terrain est bien entretenu. Le crottin des chevaux doit être régulièrement enlevé, de même que l'herbe et les feuilles.

En règle générale, on opte pour le drainage horizontal (aussi appelé drainage superficiel) lorsque le sous-sol n'est pas suffisamment perméable ou lorsque la couche de travail est elle-même imperméable. Cela est notamment avec le sable très fin qui, lorsqu'il est fortement irrigué, forme une surface solide et imperméable. Le drainage horizontal s'effectue grâce à une légère pente de 0.5 à 2%. Différentes options existent, comme par exemple les drainages type toit en appentis, toit à deux pans ou encore toit à quatre pans (figure 8). L'eau peut être évacuée par une rigole longitudinale ou périphérique. Une pente type toit en appentis est recommandée pour les terrains qui ne dépassent pas 30 m de largeur. Les pentes types toits à deux pans et quatre pans ne conviennent guère et ne sont pratiquement plus utilisées aujourd'hui. Ces terrains sont peu pratiques à nettoyer, l'entretien s'avérant difficile en raison des différentes directions de la pente.

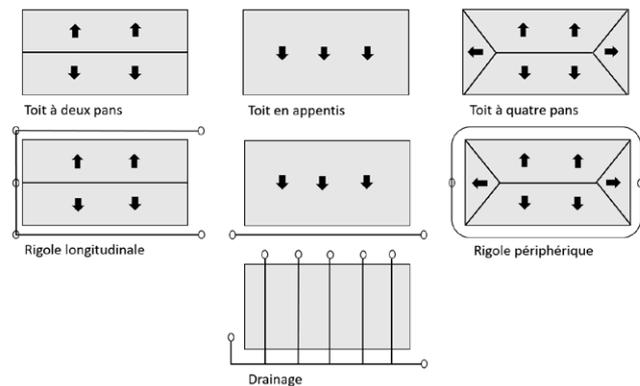


Figure 8: Diverses options pour le drainage des sols équestres. Le drainage superficiel est utilisé lorsque le sol n'est pas suffisamment perméable. Dans les systèmes souterrains, les tuyaux de drainage sont posés sous la couche porteuse. (Source: Agroscope HNS)

Bordures de terrains d'équitation

Chaque terrain d'équitation doit être délimité par une bordure de manière à ce que la couche de travail ne soit pas lessivée ou emportée hors du terrain. Les bordures en bois sont les plus couramment utilisées. Le bois dur ou le bois tendre imprégné en autoclave sont ceux qui conviennent le mieux car ils ont la plus longue durée de vie. Les blocs de béton peuvent également être utilisés pour les bordures, alors que les tubes en béton conviennent moins bien. En effet, si les tubes se brisent, des arêtes vives et des cavités se forment. De plus, la surface arrondie rend difficile l'installation d'une clôture. Afin de garantir la sécurité du cheval et du cavalier, chaque terrain doit être clôturé. Cela peut se faire par le biais d'une haie, d'une clôture en bois ou de bordures en plastique (figure 9). Pour l'équitation et l'entraînement des jeunes chevaux, mais aussi des cavaliers, les bordures doivent avoir une certaine hauteur et être bien visibles (+/- 120 cm), de manière à délimiter clairement l'espace. Pour les poneys, la hauteur de la clôture doit être ajustée en conséquence ou une deuxième latte doit être insérée.



Figure 9: Délimitations possibles pour terrains d'équitation. (Source: Agroscope HNS)

Avantages et inconvénients des différents matériaux utilisés pour les couches de travail et de séparation

Couche de travail

Plusieurs types de matériaux peuvent être envisagés pour la couche de travail. Le sable, pur ou additionné d'agrégats (p.ex. fibres synthétiques, copeaux de géotextile, copeaux de bois), est la couche de travail la plus souvent utilisée (figures 10 et 11). Il est recommandé de choisir du sable spécialement prévu pour l'équitation, composé d'un mélange de grains concassés et de grains ronds, d'une granulométrie comprise entre 0.25 et 1mm. Cela permet d'assurer un bon compromis entre pouvoir abrasif (problématique pour les sabots), capacité d'écoulement de l'eau et stabilité. La couche de travail ne doit pas être constituée de grains de sable à arêtes vives (on parle de «sable concassé»), car le compactage plus rapide (volume des pores inférieur) rend plus difficile l'écoulement de l'eau. Il n'est pas non plus souhaitable d'opter pour un grain exclusivement rond, car les grains de sable peuvent moins s'imbriquer les uns dans les autres et le sol «roule». La couche de travail perd ainsi

de sa résistance. Le sable devrait être lavé, notamment pour éviter un trop fort dégagement de poussière. Dans la pratique, le sable de quartz (ou sable de silice) est le plus souvent utilisé parce qu'il a des grains très stables, c'est-à-dire résistant à l'usure. Il est composé à 99% de silicium pur et ne contient aucune substance étrangère telle que l'argile ou d'autres fines particules (<0.063 mm) susceptibles d'être lessivées. Ces caractéristiques assurent une qualité du sol qui reste relativement homogène au fil des années d'utilisation.

Concernant les aspects de protection de l'environnement et de la santé humaine, aucun test officiel des sols équestres n'est prescrit par les autorités. Si les travaux sont réalisés en collaboration avec un constructeur de terrains d'équitation, il est néanmoins recommandé de demander un certificat d'innocuité des différents matériaux utilisés.

Matériau pour la couche de travail	Avantages	Inconvénients
Sable de silice avec particules fines 	<ul style="list-style-type: none"> • Résistance élevée des grains de sable à l'usure • Haute résistance au cisaillement • Aucun agrégat nécessaire pour assurer la stabilité • Longue durée de vie • Bon drainage superficiel 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation limitée en cas de fortes pluies en fonction du mélange • Revêtement dur lorsqu'il est très mouillé
Sable de silice sans particules fines 	<ul style="list-style-type: none"> • Résistance élevée des grains de sable à l'usure • Longue durée de vie 	<ul style="list-style-type: none"> • Moins compact que le sable de silice avec particules fines • Ajout d'agrégats recommandé

Matériau pour la couche de travail	Avantages	Inconvénients
<p>Sable de carrière lavé</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Meilleur marché que le sable de silice • Contient des substances étrangères (p. ex. argile, calcaire, silt, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sable fin, agrégats nécessaires • Durée de vie plus courte que le sable de quartz • Peut devenir boueux sous de fortes pluies
<p>Sable enduit de cire</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite peu d'arrosage • Très peu poussiéreux 	<ul style="list-style-type: none"> • Par temps chaud, la cire peut fondre et la couche de travail devient profonde, ce qui réduit la résistance au cisaillement • Cher • Impact environnemental inconnu mais probable
<p>Herbe</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Le sol le plus naturel pour le cheval 	<ul style="list-style-type: none"> • Charges d'entretien élevées • Inutilisable pendant / après de fortes pluies
<p>Bois</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Bon marché • Matière organique • Élimination facile • Entretien facile • Utilisable tout au long de l'année • Grande capacité d'emmagasiner l'eau • Élasticité élevée en principe, mais très variable sur l'ensemble de la durée de vie du sol 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible résistance au cisaillement • Rapidement altéré par les intempéries • La stabilité et la résistance au cisaillement changent considérablement sur l'ensemble de la durée de vie du sol, ce qui augmente les risques que le cheval trébuche. • Doit être renouvelé régulièrement
<p>Morceaux de textiles</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Peut être utilisé par tous les temps • Ne gèle pas • Très peu d'entretien • Longue durée de vie 	<ul style="list-style-type: none"> • Matière synthétique: frais supplémentaires pour l'élimination en fin de vie du sol Ramassage des crottins laborieux • Faible résistance au cisaillement • Pas adapté pour la pratique de toutes les disciplines équestres

Figure 10: Exemples de matériaux qui peuvent être utilisés pour la couche de travail avec indication des avantages et des inconvénients. (Source des images: Agroscope HNS)

Agrégats

Outre les copeaux de géotextile non-tissé qui sont fréquemment employés, des matériaux plus spécifiques tels que la mousse de polyuréthane ou les fibres de noix de coco peuvent être ajoutés à la couche de travail. Ces diffé-

rents agrégats peuvent avoir un effet positif sur les propriétés telles que la résistance au cisaillement ou la capacité de stockage de l'eau de la couche de travail, mais ils ne peuvent les modifier totalement.

Agrégat	Avantages	Inconvénients
Mousse de polyuréthane 	<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration de l'élasticité et de l'amortissement • Augmentation de la capacité de stockage d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de stabilité de la couche de travail si pourcentage de mousse trop élevé • Matière synthétique: frais supplémentaires pour l'élimination en fin de vie du sol
Copeaux de géotextile non tissé 	<ul style="list-style-type: none"> • Stabilisation de la couche de travail • Augmentation de la capacité de stockage d'eau • Amélioration de la résistance au cisaillement 	<ul style="list-style-type: none"> • Formation de poussière lors de la décomposition des copeaux • Matière synthétique: frais supplémentaires pour l'élimination en fin de vie du sol
Fibres, fils synthétiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Stabilisation de la couche de travail • Amélioration de la résistance au cisaillement 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de l'élasticité • Matière synthétique: frais supplémentaires pour l'élimination en fin de vie du sol
Copeaux de bois 	<ul style="list-style-type: none"> • Biodégradables • Augmentation de la capacité de stockage d'eau de la couche de travail • Augmentation de l'élasticité de la couche de travail 	<ul style="list-style-type: none"> • Pourrissement rapide • Diminution de la durée de vie de l'ensemble de la couche de travail • Ajout régulier obligatoire

Figure 11: Exemples de matériaux qui peuvent être utilisés comme agrégats dans la couche de travail avec indication des avantages et des inconvénients. (Source des images: Agroscope HNS)

Agrégats

La plupart des sols équestres sont construits avec une couche de séparation (figure 12). Elle est généralement constituée de tapis en caoutchouc ou de dalles alvéolaires ou perforées. Il en existe de différentes formes et de différentes épaisseurs. L'avantage de ces systèmes est qu'ils ont une longue durée de vie et peuvent être démontés et réutilisés si nécessaire. Cependant, ces matériaux sont relativement chers à l'achat. Contrairement aux dalles alvéolaires ou perforées, les tapis en caoutchouc n'ont pas besoin d'être remplis de gravier ou de gravillons. Si le sol est appelé à recevoir des machines lourdes, il est recommandé d'utiliser des dalles plus épaisses. Le géotextile non-tissé (aussi appelé «bidim») n'est généralement pas conseillé comme couche de séparation. Si le sol est travaillé trop profondément (ou si un cheval gratte le sol avec son sabot, p. ex. avant de se rouler), le géotextile non-tissé risque d'être remonté à la surface, la couche de séparation est alors endommagée et ne peut plus être réparée. Des plis dans le géotextile augmentent en outre considérablement le risque d'accidents (les chevaux pourraient trébucher).



Figure 12: Les dalles alvéolaires perforées ou les briques composites en plastique sont des matériaux qui conviennent bien pour la couche de séparation. Elles sont faciles à installer et à remplir. (Source: Agroscope HNS; sauf la dernière image: Bruggmann Reitplatzbau)

Différentes disciplines, différentes exigences

Les cavaliers de saut d'obstacles préféreront un sol adhérent et ferme avec une grande résistance au cisaillement qui leur permet d'effectuer des virages rapides et serrés sans que le cheval ne glisse. Si le sol est compact et relativement humide, il peut également convenir à l'attelage.

Les cavaliers de dressage au contraire, préféreront une couche de travail légèrement plus souple. Le sol doit être meuble et élastique. Les différentes reprises de dressage entraînent des exigences élevées en matière de sol équestre, car les forces latérales (appuyer, épaule en dedans) ou les mouvements de rotation (pirouettes) agissent sur le sol.

Cependant, il est possible, jusqu'à un certain niveau, de pratiquer le saut et le dressage sur le même terrain. La résistance du sol peut, dans une certaine mesure, être régulée par l'arrosage.

Pour le reining, la couche de travail a besoin de propriétés très différentes. Ici, les chevaux doivent pouvoir glisser pour le sliding stop, ce qui nécessite une couche de travail lâche et molle sur un sous-sol ferme (par exemple de l'argile). La résistance à l'impact doit se situer dans une plage moyenne et la résistance au cisaillement être faible. L'élasticité ne joue aucun rôle dans cette discipline.

Pour la majorité des autres disciplines, il est possible d'utiliser un sol de dressage normal.

Enfin, avec les chevaux d'allures, il est préférable de travailler sur une couche de travail dure et antidérapante. Les différentes allures peuvent ainsi être pleinement exprimées (Kirsam Wiencirz 2017).

L'entretien du sol équestre est primordial !

L'entretien est essentiel pour qu'un sol équestre puisse être utilisé sur le long terme. En général, on peut dire que la couche de travail devrait être renouvelée ou bien être recouverte de sable neuf tous les trois à dix ans selon l'intensité de l'utilisation. Selon le type de sable, des dépôts (calcifications) peuvent se produire dans la partie inférieure de la couche de travail, empêchant le bon écoulement de l'eau. Une fois que la couche de travail est détruite et que les pierres de la couche séparatrice apparaissent, il est très difficile de réparer ces défauts. Le nombre de chevaux qui utilisent le terrain quotidiennement, la composition de la couche de travail et la discipline pratiquée jouent un rôle dans la fréquence d'entretien du sol. En cas d'utilisation intensive, le sol doit être travaillé tous les jours ou tous les deux jours avec un outil approprié, ce qui permet d'éviter les compactages et les inégalités et prévient les accidents. Le type de la couche de travail et son utilisation jouent un rôle décisif dans l'entretien. Pour les sols sans agrégats, il suffit généralement de passer une lame niveleuse pour les reconsolider. Les sols avec agrégats peuvent être travaillés un peu plus en profondeur avec un rouleau herseur ou seulement avec une lame niveleuse et un rouleau. Une fois par an, il peut être approprié de faire niveler le terrain par une entreprise professionnelle avec un laser et une lame niveleuse lourde. Si le terrain est peu utilisé, il suffit de procéder à cette opération tous les trois ou quatre ans. En général, il est conseillé de discuter de l'entretien du sol et de l'utilisation des différents outils avec un constructeur de terrain d'équitation ou le fournisseur de la couche de travail.

La façon dont les machines d'entretien sont utilisées jouent également un rôle important. Si la machine passe parallèlement au bord, une dépression finira par se former parce que le matériau sur la piste n'est pas ramené vers le centre. Il est donc conseillé d'effectuer des grands cercles, décalés les uns par rapport aux autres. Pour terminer, un passage est effectué sur le pourtour pour aplanir les chevauchements des cercles (figure 13). Il est important de ne pas toujours commencer du même côté, car chaque niveleur enlève toujours une partie du matériau de la piste. Pour un terrain d'équitation construit sans couche de séparation, il est recommandé d'effectuer les passages avec une certaine prudence afin de ne pas détruire la structure en couches. Il est également important de nettoyer le terrain d'équitation tous les jours pour retirer les matières organiques telles que le crottin de cheval et les feuilles. Les mauvaises herbes ou l'herbe doivent être enlevées régulièrement des coins ou des bordures.

L'irrigation fait également partie de l'entretien. L'eau donne au sol une certaine résistance et stabilité, ce qui est important pour les cavaliers. De plus, l'eau protège les grains de sable d'une usure excessive et permet de maintenir leur élasticité. L'arrosage est donc une façon

d'influencer directement la qualité de la couche de travail. Le terrain n'a pas besoin d'être irrigué avec de l'eau potable: les réservoirs d'eau de pluie sont parfaits pour l'arrosage des sols équestres. Les agrégats tels que les copeaux de géotextile non-tissé ou la mousse de polyuréthane améliorent la capacité de stockage de l'eau de la couche de travail, ce qui peut être avantageux les années où l'eau se fait rare.

Un autre point très important est le fait que l'eau lie la poussière. Selon leur taille, les particules de poussière peuvent atteindre les voies respiratoires inférieures des chevaux et des humains, ce qui peut entraîner une toux ou un écoulement nasal. En été surtout, un sol

équestre devrait être arrosé tous les jours, de préférence le soir ou la nuit, lorsque l'évaporation y est plus faible. Il faut veiller à ce que l'arrosage soit uniforme afin d'éviter les irrégularités. L'irrigation est généralement assurée par des systèmes d'arrosage par aspersion, mais elle peut aussi être assurée par des réservoirs d'eau ou des citernes d'eau montés sur un véhicule ou remorqués.

Les drains installés devraient être rincés régulièrement depuis l'extérieur. S'ils sont bouchés, l'eau en excès sur le terrain ne peut pas s'écouler et peut entraîner la formation de flaques. L'entretien du système de drainage contribue à une gestion optimale de l'eau sur le terrain.

Conseil:

L'arrosage du sol est un point très important! L'eau lie la poussière et protège les grains de sable de l'usure excessive.

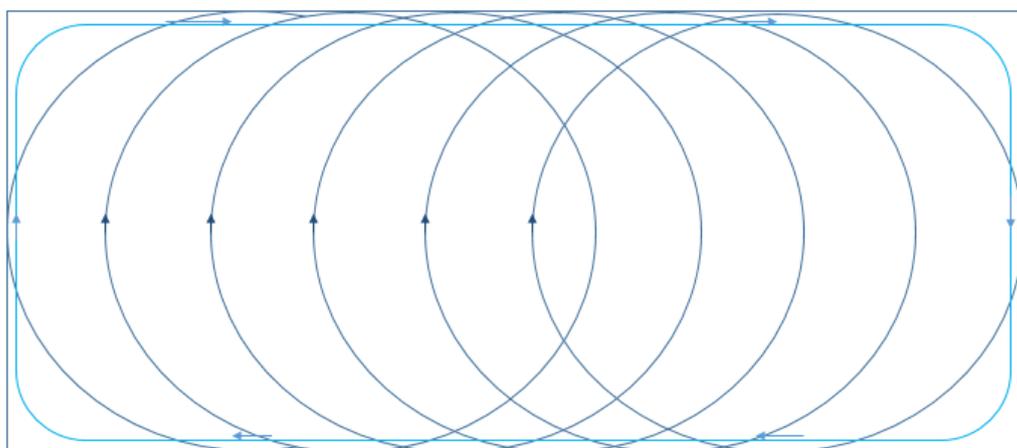


Figure 13: Tout d'abord, les machines effectuent de grands cercles qui se chevauchent les uns les autres. Ensuite, un passage devrait être effectué sur le pourtour pour aplanir les chevauchements des cercles.
(Source: Agroscope HNS)

Élimination des matériaux dans le respect de l'environnement

Avant même la construction d'un terrain d'équitation, il faut penser à l'élimination ultérieure des différents matériaux. Il est conseillé de choisir une couche de travail qui ne doit pas être complètement éliminée, mais qui peut être mélangée avec du sable frais et des agrégats. Pour ce faire, il faut enlever l'ancienne couche de travail, la mélanger avec le nouveau matériau et la réinstaller.

Si la couche de travail doit être complètement éliminée, les agrégats éventuels doivent être criblés avant que le sable ne puisse être utilisé à d'autres fins. Si cette opération s'avère trop complexe techniquement, le mélange sable-synthétique devra alors être éliminé dans l'une des 30 usines d'incinération existant en Suisse. Les couches de travail les plus simples et les plus économiques à éliminer sont celles composées de matériaux organiques tels que les copeaux de bois. Ils se décomposent, ce qui permet de les épandre dans les champs. On manque de recul et de connaissances pour ce qui concerne les risques pour l'environnement des couches de travail spécifiques comme par exemple le sable enduit de cire. La cire pouvant fondre lorsque les températures sont élevées et donc s'échapper dans l'environnement, il est également recommandé d'éliminer ce matériau dans une usine d'incinération à titre de précaution. Les fibres synthétiques telles que les copeaux de géotextile non-tissé ou les particules de mousse ne se décomposent pas

et ne peuvent donc pas être épandus dans l'environnement, conformément à l'art. 28 de la Loi fédérale sur la protection de l'environnement.

Loi fédérale sur la protection de l'environnement

Art. 28 Utilisation respectueuse de l'environnement

Quiconque utilise des substances, leurs dérivés ou leurs déchets doit procéder de manière à ce que cette utilisation ne puisse constituer une menace pour l'environnement ou, indirectement, pour l'homme

C'est pourquoi lorsqu'on nettoie le terrain et qu'on élimine les crottins de chevaux, il faut veiller à ce qu'aucune substance synthétique ne soit mélangée au fumier qui sera ensuite utilisé pour fertiliser les champs.

La protection des eaux s'applique lorsque les eaux de drainage sont déversées dans les cours d'eau ou dans le réseau d'égouts local. Selon l'art. 39 de la Loi fédérale sur la protection des eaux, par exemple, il est interdit d'introduire des substances solides (en l'occurrence du sable) dans les lacs, même si elles ne sont pas de nature à polluer l'eau. Les règlements respectifs doivent être obtenus auprès des différentes municipalités.

Attention!

Les matériaux provenant d'anciennes couches de travail et contenant des agrégats synthétiques ne doivent pas être jetés dans l'environnement! Les matières synthétiques ne se décomposent pas, elles doivent donc être éliminées dans une usine d'incinération.

Terrain d'équitation ou aire de sortie?

L'utilisation simultanée d'un terrain d'équitation comme aire de sortie pour les chevaux n'est en principe que moyennement recommandée. Lorsque les chevaux évoluent sur un terrain d'équitation, ils effectuent des mouvements plus ou moins contrôlés par le cavalier. Dans une aire de sortie, par contre, le cheval peut gratter et se rouler à sa guise. Un sol équestre n'est pas conçu pour ce type de sollicitations. Si en plus, on propose du foin aux chevaux pour les occuper pendant les heures de sortie, il est inévitable qu'une partie tombe sur la couche de travail. La matière organique se décompose facilement et avec le temps obstrue de plus en plus la couche de travail, ce qui

fait que le drainage naturel ne peut plus fonctionner comme il le devrait. La principale raison de ne pas procéder à une double utilisation du terrain vient du besoin naturel des chevaux de gratter le sol. Lorsque le sol équestre n'a pas de couche de séparation, ce comportement risque de ramener du gravier grossier provenant de la couche porteuse ou du sous-sol à la surface. De tels trous sont très difficiles à réparer et peuvent même endommager l'intégralité de la couche de travail. Pour cette raison, une couche de séparation solide est l'un des critères les plus importants de la construction d'une aire de sortie, et donc du terrain d'équitation utilisé comme aire de sortie.

Comment évaluer la qualité de mon sol équestre ?

En tant que propriétaire d'une pension pour chevaux, il est utile de pouvoir évaluer la qualité de son sol équestre afin de répondre aux éventuels problèmes. L'évaluation visuelle du sol est la plus facile à réaliser. On peut voir à l'œil nu si le terrain est trop sec ou trop humide ou si les différents matériaux de la couche de travail se dissocient. Parcourir le terrain permet d'en évaluer la régularité. L'avis des cavaliers constitue bien entendu également une aide précieuse. L'épaisseur de la couche de travail peut être facilement mesurée en différents points à l'aide d'un mètre pliant. Ceci donne une bonne vue d'ensemble de la répartition régulière du sable. Les distributions inégales de sable peuvent parfois également être détectées en observant les bordures lorsqu'on distingue moins de sable d'un côté que de l'autre.

Pour les paramètres de résistance, d'élasticité et d'amortissement, il est beaucoup plus difficile de définir des normes de qualité ainsi que des valeurs de référence. Les appareils de mesure disponibles sur le marché aujourd'hui sont coûteux à l'achat et relativement complexes à utiliser. L'interprétation des données nécessite beaucoup de savoir-faire et d'expérience. En outre, il n'existe actuellement encore aucune valeur indicative concrète qu'une couche de travail devrait respecter, ce qui rend l'évaluation encore plus difficile. De nombreuses recherches sont actuellement en cours dans ce domaine: d'ici quelques années, des valeurs indicatives devraient normalement être disponibles pour différents sols d'entraînement et de concours.

Que faire, si...

... la couche de travail est trop meuble?

Une couche de travail meuble indique un manque de cohésion des grains de sable. Le rapport entre petits et gros grains n'est plus correct car le sable se décompose avec le temps ou bien le sol est trop sec. L'eau est la manière la plus directe d'agir sur la qualité d'un terrain (beaucoup d'eau = terrain ferme; peu d'eau = terrain meuble). Selon la composition de la couche de travail, les agrégats peuvent également améliorer la cohésion des grains de sable et ainsi stabiliser la couche de travail. Il est possible de déterminer la granulométrie en faisant analyser un échantillon de sable en laboratoire, ce qui permettra éventuellement d'ajouter du sable d'une granulométrie adaptée.

... la couche de travail n'est pas plane?

Les petites inégalités sont relativement faciles à réparer avec les mesures d'entretien habituelles. Lorsque les inégalités sont trop importantes, il est recommandé de faire aplanir le terrain au laser. Le passage correct des outils lors de l'entretien quotidien du terrain est également crucial afin d'éviter les inégalités. Il est recommandé d'effectuer de grands cercles successifs et de terminer par un passage sur le pourtour pour lisser les chevauchements des cercles.

... l'eau s'écoule mal?

S'il y a de plus en plus de flaques d'eau sur le terrain et que l'eau s'écoule moins bien, cela est généralement dû à la couche de séparation. Les pores de la couche de séparation peuvent s'obstruer avec le temps, ce qui la rend moins perméable à l'eau. Une autre raison peut être la formation d'une couche de calcaire due à une eau calcaire ou au sable. S'il s'agit d'un drainage obstrué, il faut le rincer d'urgence.

... le sol est trop dur?

Ce phénomène peut avoir les causes les plus diverses. Il est possible que de la chaux et de l'argile aient formé un dépôt dans le sable. Ce mélange forme une couche dure imperméable à la limite entre la couche de travail et la couche de séparation. Le sol peut être ameubli par un travail du sol légèrement plus profond. Il est conseillé ici d'employer un outil de travail du sol équipé de dents et de passer ensuite le rouleau. Toutefois, il faut absolument veiller à ce que la couche de séparation, si elle existe, ne soit pas endommagée. Les sables à particules très fines utilisés pour la couche de travail deviennent très durs lorsqu'on les arrose beaucoup. Une réduction de l'eau assèche facilement le sable et le rend plus mou. L'incorporation de copeaux de géotextile non-tissé pourrait également avoir un effet positif sur la fermeté du sol.

... la couche de séparation apparaît?

Si la couche de séparation devient visible à certains endroits, c'est le signe évident d'une erreur de gestion et que le terrain n'est pas suffisamment entretenu. Le travail des chevaux à la longe toujours sur la même volte aura pour conséquence une répartition inégale de la couche de travail. En général, il est difficile de réparer une couche de travail dans cet état par soi-même. On peut essayer de travailler le terrain dans le bon sens, de lui fournir assez d'eau pour que les particules du sol aient à nouveau une bonne cohésion et de ne pas l'utiliser pendant quelques jours. Pendant ce temps, le sol doit être suffisamment arrosé et reconsolidé pour qu'il puisse à nouveau résister aux sabots des chevaux. Sinon, la seule solution consiste à recourir à un professionnel qui aplanira le terrain à l'aide d'un équipement lourd et d'un laser.

... le sable et les agrégats se séparent?

Le problème vient ici généralement d'une irrigation et d'un entretien insuffisants. Le sable et les agrégats ne peuvent pas adhérer de manière optimale à l'état sec car il manque «l'adhésif», en l'occurrence l'eau. Un entretien adapté et suffisamment d'eau devraient suffire à résoudre le problème.

Coûts

Le tableau suivant présente une estimation des coûts moyens pour différentes variantes. On a supposé que le sous-sol était déjà plat et qu'il n'avait pas besoin d'être

nivelé davantage. Il s'agit de prix moyens (installation comprise), qui peuvent varier en fonction du fabricant et de la part de travaux effectués par le propriétaire lui-même.

Estimation des coûts d'investissements, exemple pour un terrain de 20 x 40 m

Quoi?		Economique	Moyen	Cher	Système de sub-irrigation
Couche porteuse	Gravillons, 25 cm d'épaisseur	10 – 15 CHF/m ²	12-17 CHF/m ²	12 – 17 CHF/m ²	80-90. – par m ²
	Drainage	---	---	2 – 4 CHF/m ²	
Couche de séparation	Dalles perforées + graviers	---	---	22 – 30 CHF/m ²	
Couche de travail	Sable lavé CH, 10 cm d'épaisseur	7 – 10 CHF/m ²	---	---	
	Sable de silice	---	12 – 15 CHF/m ²	---	
	Sable de silice + copeaux de géotextile	---	---	18 – 25 CHF/m ²	
	Morceaux de textiles, 12 cm d'épaisseur	---	16.00 CHF/m ²	---	
Bordures	Bois	1 – 2 CHF/m ²	3 – 5 CHF /m ²	3 – 5 CHF/m ²	
Irrigation	Arroseurs par aspersion	0.50 CHF/m ²	1.00 CHF/m ²	2.00 CHF/m ²	
Total		19 – 28 CHF /m ²	28 – 39 CHF/m ²	59 – 83 CHF/m ²	
		15 200 – 22 400 CHF	22 400 – 31 200 CHF	47 200 – 66 400 CHF	64 000 – 72 000 CHF

Estimation des coûts d'entretien par année, exemple pour un terrain de 20 x 40 m

Le calcul des coûts d'entretien du terrain d'équitation est basé sur une durée d'utilisation de 15 ans. Des tarifs de location moyens ont été appliqués pour les équipements

d'entretien (machines), frais de personnel non compris. En ce qui concerne l'intensité d'utilisation, nous avons supposé 8 à 10 chevaux par jour.

Quoi?		Economique	Moyen	Cher	Système de sub-irrigation
Entretien	Nivellement	4-5x par semaine 4 – 5 CHF/m ²	Sable: 2-3x par semaine, 2-3 CHF/m ² Morceaux de textiles: peu d'entretien, 0.5-1 CHF/m ²	2-3x par semaine 2 – 3 CHF/m ²	2-3x par semaine 2 – 3 CHF/m ²
	Passage du rouleau				
Irrigation	Eau	Consommation d'eau très élevée 150 – 200 m ³	Sable avec consommation d'eau élevée (120-170 m ³): 0.15-0.21 CHF/m ² Morceaux de textiles (50-80m ³): 0.06-0.10 CHF/m ²	Consommation d'eau basse (80-130 m ³): 0.10-0.16 CHF/m ²	Consommation d'eau très basse (50-80 m ³): 0.06-0.10 CHF/m ²
	CHF 1.00 / m ³				
Remplissage Matériaux	Sable lavé CH	>75% sur 15 ans 0.4 – 0.5 CHF/m ²	---	---	---
	Sable de silice	---	50% sur 15 ans 0.4 – 0.5 CHF/m ²	---	---
	Sable + copeaux de géotextile	---	---	33% sur 15 ans 0.4 – 0.6 CHF/m ²	25% sur 15 ans 0.3 – 0.4 CHF/m ²
	Morceaux de textiles	---	33% sur 15 ans 0.35 CHF/m ²	---	---
Egalisation	Laser, 1 000 CHF	Chaque année 1.25 CHF/ m ²	Tous les 2 ans (sable) 0.63 CHF/m ² Pas nécessaire pour les morceaux de textiles	Tous les 3 ans 0.42 CHF/m ²	Tous les 3 ans 0.42 CHF/m ²
Total variantes Sable et Sable + copeaux de géotextile		5.83 – 7.00 CHF/m²	3.18 – 4.34 CHF/m²	2.92 – 4.18 CHF/m²	2.78 – 3.92 CHF/m²
		4 664 – 5 600 CHF	2 544 – 3 472 CHF	2 336 – 3 344 CHF	2 224 – 3 136 CHF
Total variante morceaux de textiles		---	0.91 – 1.45 CHF/m²	---	---
		---	728 – 1 160 CHF	---	---

Les estimations des coûts d'investissement et d'entretien montrent clairement qu'au fil des ans un investissement réduit ne permet pas nécessairement d'économiser plus d'argent. Souvent, les sols construits à bon marché nécessitent plus d'eau et d'entretien pour pouvoir assurer une bonne qualité du terrain, ce qui peut augmenter considérablement les coûts. Le système de sub-irrigation est certes le plus cher à l'achat, mais avec sa très faible consommation d'eau, il permet toutefois de réduire considérablement les coûts ultérieurs. Il en va de même avec les morceaux de textiles.

Planification et conseil

Le choix de la structure et de la bonne couche de travail n'est pas toujours facile et ne doit pas être fait à la hâte. Il est important de consulter différents avis et surtout d'examiner différents sols et de les tester à cheval. De nombreux constructeurs de terrains d'équitation offrent également des consultations gratuites. Il est recommandé de profiter de ces offres pour avoir par la suite un sol équestre sans défauts gênants.

Sources

Ackermann C, Rieder S, von Niederhäusern R, 2017. La filière équine suisse: les chiffres clés. Bilan 2016. Agroscope Transfer 198. <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/fr/home/themes/animaux-rente/cheval/la-suisse-pays-du-cheval/zahlen-und-fakten-sng.html>

ARE – Office fédéral du développement territorial 2015. Comment l'aménagement du territoire appréhende les activités liées au cheval. A consulter sous: www.are.admin.ch → Médias & Publications → Droit de l'aménagement du territoire. https://www.are.admin.ch/are/fr/home/media-et-publications/publications/droit-de-l_amenagement-du-territoire/wegleitung--pferd-und-raumplanung-.html

FEI – Fédération équestre internationale, 2015. FEI standard for arena surfaces.

FLL – Forschungsgesellschaft, Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau e. V., 2014. Reitplatzempfehlungen – Empfehlungen für Planung, Bau und Instandhaltung von Reitplätzen. <https://shop.fll.de/de/fll-reitplatzempfehlungen-empfehlungen-fur-planung-bau-und-instandhaltung-von-reitplatzen.html>

Hertsch B, 2012. Anatomie des Pferdes. FN-Verlag Warendorf, 120p.

Kirsam-Wiencirz S, 2017. Reitplatzböden für verschiedene Disziplinen. Pferdebetrieb-Profi-Magazin 08-09/2017.

Leborgne T, Lallemand A, Allard M, 2012. Aménagement et équipement des centres équestres. Institut français du cheval et de l'équitation.

Montavon S, Wälti A, 2014. Die 7 Kriterien zur Beurteilung eines Reitbodens. Bulletin, 4, 32-34.

Swedish Equestrian Federation, Swedish University of Agricultural Sciences, 2014. Equestrian surfaces – a guide. https://inside.fei.org/system/files/Equestrian_Surfaces-A_Guide.pdf

Thorpe C T, Clegg P D, Birch H L, 2010. A review of tendon injury: Why is the equine superficial digital flexor tendon most at risk? *Equine veterinary journal*, 42 (2), 174-180. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2746/042516409X480395>

Ziermann S, 2006. Energiesparmechanismen und Stossdämpferfunktion am Bewegungsapparat des Pferdes – Eine Literaturrecherche. Dissertation présentée à la faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Munich, Allemagne. https://edoc.ub.uni-muenchen.de/5990/1/Ziermann_Sandra.pdf

