



**INSTITUT NATIONAL DE MEDECINE AGRICOLE**

14 rue Auguste Comte - 37000 Tours

[www.inma.fr](http://www.inma.fr)

# **MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MEDECINE AGRICOLE**



**Évaluation du risque d'exposition à la silice cristalline chez les  
moniteurs d'équitation**

**Mémoire présenté par le Docteur VALLET PEIGNOIS Solène**

Janvier 2018

## REMERCIEMENTS

- A Mr LAMBERT Ingénieur conseil, responsable du laboratoire et à Mme LAGARDERE Laëtitia, contrôleur de sécurité du laboratoire interrégional de chimie de la CARSAT de Bordeaux.
- A Mme VANICEK Isabelle : Service appui au pilotage de suivi budgétaire. Direction de la Santé Sécurité au Travail. Caisse Centrale de la Mutualité Sociale Agricole.
- A Mr MOUTON Marc : médecin du travail de la MSA de Mayenne Orne Sarthe.
- A mes collègues (Médecin, infirmier et secrétaire) du service de Santé au Travail de la MSA Gironde qui ont relu ce travail avec attention.
- A Bouchra ECHCHELH conseillère en prévention de la MSA Gironde.
- Aux centres équestres qui ont accepté de réaliser les prélèvements.

## RESUME

L'exposition à la silice cristalline en agriculture est un sujet peu étudié à travers le monde, bien que la communauté scientifique tende à s'y intéresser.

L'objectif de cette étude est d'évaluer, chez les moniteurs d'équitation, le risque d'exposition aux poussières alvéolaires de silice cristalline. En effet, ils exercent dans des structures où la principale composition du sol est le sable.

Nous avons donc effectué des prélèvements de sol ainsi que des prélèvements atmosphériques sur les moniteurs, au cours de leur activité.

Les résultats confirment une haute teneur en quartz dans les sols sableux. Quant aux résultats des prélèvements atmosphériques, ils sont tellement faibles qu'ils ne sont pas quantifiables.

Il est difficile de conclure en une évaluation précise de ce risque professionnel car celui-ci évolue selon l'environnement géographique et le type d'activité équestre, exercée par les moniteurs.

La prévention primaire qui est l'arrosage du sol en sable semble une mesure efficace pour réduire le risque d'exposition à la silice cristalline. Mais cette prévention a ses propres limites en termes de coût et de conditions climatiques.

Mots clés : Risques professionnels, chevaux (filère), poussières, produits chimiques

## ABSTRACT

Exposure to respirable crystalline silica in agriculture is an under-explored domain throughout the world, even though the scientific community is beginning to take interest.

The objective of this study is to assess the exposure risk of horse-riding instructors to respirable crystalline silica dust. They work in facilities that have a main ground surface composition of sand. We therefore gathered samples from the ground as well as airborne samples on the instructors during their activities.

The results confirmed a high level of quartz in the sandy ground surface. As for the results of the airborne samples, they are so low that they are unquantifiable.

It is difficult to conclude with a precise assessment of this occupational risk since it changes according to the geographical environment and the type of activity the instructors participate in.

The primary preventive measure of ground surface watering appears to be effective in reducing the exposure risk to crystalline silica. However, this technique has its own limits in terms of cost and climatic conditions.

Keys words: Occupational risk, equestrian, dust, chemicals

# SOMMAIRE

1. Introduction.....	5
1.1 L'activité des moniteurs et les surfaces de travail en sable : un potentiel risque d'exposition à la silice cristalline.....	7
1.1.1 La composition de la silice cristalline.....	7
1.1.2 Le sable, composé de silice cristalline, peut générer de la poussière .....	8
1.1.3 Les préconisations existantes pour limiter l'émanation de poussières liée au sable.....	8
1.1.4 Les moniteurs d'équitation, de par leurs activités et leur environnement, sont amenés à travailler au contact de poussières issues du sable .....	9
1.2 Les dangers de la silice cristalline.....	12
1.2.1 Les pathologies induites par l'exposition à la silice cristalline .....	12
1.2.2 La durée et l'intensité de l'exposition : deux facteurs prédictifs du danger de la silice cristalline .....	14
1.2.3 La rémanence des poussières alvéolaires peut provoquer un risque d'exposition plus important.....	15
1.2.4 La réglementation et les valeurs limites d'exposition en milieu professionnel.....	15
2. Matériel et méthode .....	17
2.1 Le recrutement des centres équestres .....	17
2.2 Les prélèvements de sol.....	17
2.3 Le protocole de prélèvement atmosphérique sur les moniteurs d'équitation .....	17
2.4 L'analyse de l'activité des moniteurs prélevés .....	18
3. Résultats.....	19
3.1 Les résultats des prélèvements de sols .....	19
3.2 Les résultats des prélèvements atmosphériques et analyse de l'activité .....	19
3.2.1 Centre équestre n° 1, le 07/06/2017.....	19
3.2.2 Centre équestre n° 2, le 14/06/2017.....	22
3.2.3 Centre équestre n° 3, le 17/06/2017.....	25
4. Discussion .....	28
4.1 L'interprétation des résultats .....	28

4.2 Un cas de silicose chez un moniteur d'équitation .....	28
4.3 La comparaison à d'autres activités agricoles.....	29
4.4 La comparaison des résultats aux valeurs environnementales.....	29
4.5 Les modifications de l'environnement : un élément difficile à appréhender .....	30
4.5.1 L'arrosage, le moyen de prévention le plus efficace pour lutter contre l'émanation de poussières mais il est dépendant des conditions climatiques.....	30
4.5.2 L'activité et le nombre de chevaux.....	32
4.6 Les maladies professionnelles liées à la silice probablement sous évaluées .....	33
4.7 L'évaluation du risque selon les connaissances actuelles .....	34
4.8 Les limites de l'étude et les perspectives.....	34
5. Conclusion.....	36
BIBLIOGRAPHIE .....	37

## 1. Introduction

Nous avons pu constater lors des activités équestres, que les chevaux et les cavaliers évoluaient souvent dans un environnement poussiéreux.

Les pathologies respiratoires sont connues et importantes chez les travailleurs de la filière hippique (1). Elles représentent 4.8 % des maladies professionnelles déclarées et sont la deuxième cause de déclaration de maladie professionnelle en milieu équestre après les troubles musculo-squelettiques.

Plusieurs hypothèses sont avancées sur l'origine des pathologies respiratoires en milieu hippique (2) :

- allergiques : allergènes animaux et biocides principalement,
- les irritants : ils sont multiples comme les endotoxines, l'ammoniac et le Bêta 1-3 glucan dont des mesures ont pu être effectuées et sont souvent au-dessus des valeurs de référence.

Parmi les irritants, nous retrouvons la silice cristalline principale composant du sable utilisé comme surface de travail des chevaux.

Selon l'enquête SUMER de 2010 (3), 1.4 % sur 244 200 des salariés agricoles seraient exposés à la silice cristalline dans le secteur culture et élevage.

Mais l'activité en agriculture est très variée et les postes de travail multiples. Il n'y a pas eu de prise en compte plus précise des secteurs d'activités.

L'exposition à la silice cristalline peut induire la silicose première pathologie découverte. Mais plus les recherches avancent et plus nous découvrons que la silice peut provoquer bien d'autres pathologies. Mais comment évaluer un risque si nos connaissances sur ces autres pathologies sont incomplètes ?

Comme le dit le dicton français : « On ne trouve que ce que l'on cherche ».

Au régime agricole, seulement 6 cas de maladies professionnelles en lien avec la silice ont été déclarés depuis 2006 (4).

Les revêtements de sol sont générateurs de poussière (5).

La grande majorité de ces surfaces sont composées de sable. Il reste cependant quelques surfaces composées de copeaux de bois ou de sciure.

Lors de mes quinze années de pratique équestre, j'ai pu constater cette poussière environnante lors des cours d'équitation. J'avais des sécrétions nasales noires en fin de cours ce qui m'a amené à me poser des questions sur l'impact que cela pouvait avoir sur la santé.

Nous allons tenter de répondre à la question suivante : le sable utilisé en centre équestre peut-il induire un risque d'exposition aux poussières alvéolaires de silice cristalline chez les moniteurs d'équitation ?

Pour cela, nous allons réaliser des prélèvements de sol, des prélèvements atmosphériques sur les moniteurs d'équitation ainsi qu'une observation de leurs activités lors de ces prélèvements.

L'objet de ce travail s'attachera à :

- définir l'activité des moniteurs d'équitation et définir les surfaces de travail en sable
- définir la silice cristalline et son impact possible chez l'homme
- préciser la méthode utilisée pour la réalisation des prélèvements
- exposer les résultats de ces prélèvements
- discuter les résultats par rapport à la littérature

## 1.1 L'activité des moniteurs et les surfaces de travail en sable : un potentiel risque d'exposition à la silice cristalline

### 1.1.1 La composition de la silice cristalline

Il existe plusieurs formes de silices ayant un effet pathogène différent selon ces catégories que nous pouvons voir dans la figure n°1.

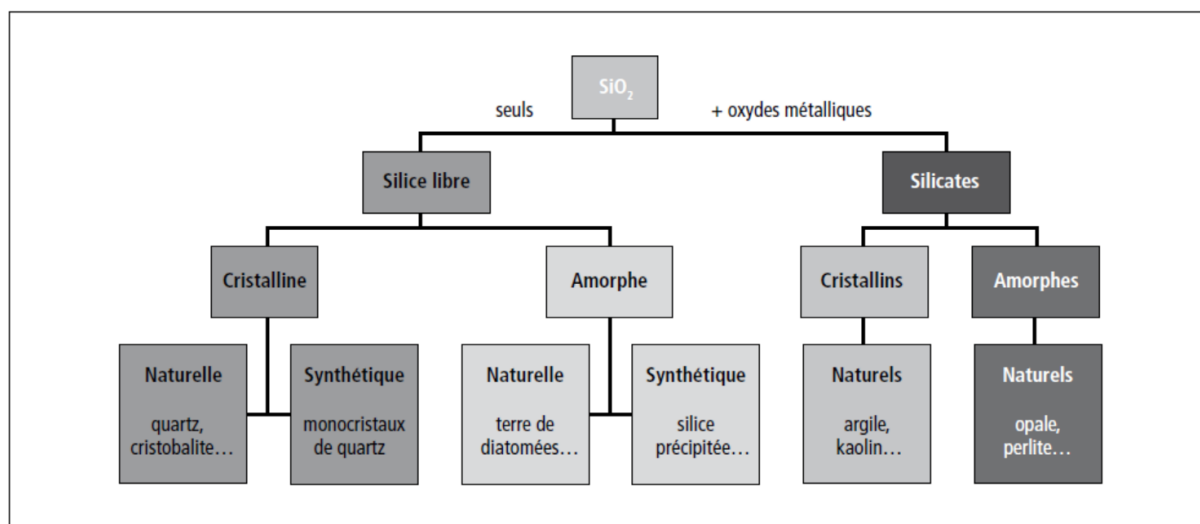


Figure n°1 : Différente catégorie de silice. Matrice emploi exposition aux poussières alvéolaires de la silice cristalline de l'INRS.

Nous nous intéresserons uniquement à la silice cristalline qui est l'élément que l'on retrouve dans les sables utilisés dans les sols équestres (6).

La silice cristalline a des propriétés chimiques qui en font un matériel très recherché dans le domaine industriel mais également dans des domaines comme le sport. C'est un composé qui est très dur, peu réactif chimiquement et qui présente un point de fusion élevé (7).

Elle existe sous 3 formes :

- le quartz : c'est le plus représenté et trouvé à l'état naturel, il représente 12 % du poids de l'écorce terrestre. Il est un composant majeur de très nombreuses roches ignées (granit, pegmatite), métamorphiques (quartzite) ou sédimentaires (sable).

Souvent un raccourci est fait entre quartz et silice cristalline ; on parle de poussières siliceuses si le pourcentage de quartz parmi les composants est au moins d'1 %.

- la tridymite et la cristobalite sont rares à l'état naturel. On les trouve dans certaines roches volcaniques et dans certaines météorites pierreuses (surtout la tridymite). La cristobalite se forme par chauffage du quartz. La formation de tridymite se fait par la présence d'un minéralisateur (sels alcalins ou alcalino-terreux) au contact du quartz.



### **1.1.2 Le sable, composé de silice cristalline, peut générer de la poussière**

Le sable est principalement composé de silice cristalline sous forme de quartz car c'est un élément avec une grande dureté ce qui lui confère une stabilité dans le temps.

Le sable est le principal composant des surfaces d'évolution des chevaux dans les centres équestres. Lorsqu'il est soulevé par les sabots des chevaux, le sable émet de la poussière dont la granulométrie est variable (8).

Il n'y a pas de norme concernant le sable utilisé. Les chefs d'entreprises de centres équestres peuvent donc choisir leur surface de sol. Cela peut aller de l'utilisation du sol existant (surtout dans les régions littorales comme la Gironde), de sable de plage, de sable de rivière, de carrière ou alors de sable travaillé spécialement pour les sols équestres.

Dans les centres équestres, le sable est soumis à de nombreux facteurs extérieurs pouvant faire varier ses caractéristiques.

Parmi ces facteurs extérieurs nous retrouvons l'action du sabot du cheval, le gel, l'eau et l'entretien mécanique des surfaces. Tout cela a tendance à décomposer le sable en de nombreuses particules fines et produire ainsi plus de poussières (5).

Il a été noté expérimentalement que les particules fraîchement clivées de silice cristalline (ex : sablage au jet) sont les plus dangereuses (9).

Une surface de travail composée de sable doit être renouvelée tous les 5 à 10 ans en moyenne selon l'utilisation plus ou moins intensive du sol (5).

D'autres caractéristiques du sable comme l'angulation des grains de sable, la granulométrie, les particules de limon ou d'argile ont un impact sur la formation de poussières (10).

La principale difficulté dans le choix d'un sol est qu'il doit être stable dans le temps pour permettre une utilisation optimale. Il ne doit être ni trop compacté ni trop fuyant pour le confort musculaire du cheval.

Réunir les caractéristiques parfaites pour limiter la formation de poussières tout en procurant un confort maximal au cheval, est une entreprise difficile.

Sans oublier l'inconfort de travailler dans un environnement poussiéreux, tant pour le cheval que pour le cavalier.

### **1.1.3 Les préconisations existantes pour limiter l'émanation de poussières liée au sable**

La principale prévention est l'arrosage régulier (11).

Pour tous les sols équestres, hormis le caoutchouc et des procédés de sol sans arrosage, un arrosage régulier est indispensable pour deux raisons :

- la première : la qualité du sol limite les troubles musculo-squelettiques du cheval. L'arrosage permet de donner de la cohésion à la couche de travail (12).
- la deuxième : la limitation de la poussière en agglomérant les fines particules issues de l'usure du sable.

L'arrosage au moyen d'un programmeur doit être régulier afin d'avoir une couche de travail toujours idéale. Lors des périodes de fortes chaleurs, un arrosage supplémentaire en cours de journée peut être nécessaire.

Un autre moyen de prévention est l'entretien mécanique des surfaces de travail (13). L'entretien mécanique permet d'une part de rétablir la planéité du sol et d'autre part, de gérer sa texture. L'utilisation d'une herse ou d'une lisse dépendra du sable utilisé et de son comportement. On pourra ainsi compacter le sol avec une barre lourde ou un rouleau et on le décompactera avec un outil à dents.

Cet entretien devra se faire sur sol humide afin de ne pas mettre en suspension les particules fines lors du hersage.

#### **1.1.4 Les moniteurs d'équitation, de par leurs activités et leur environnement, sont amenés à travailler au contact de poussières issues du sable**

##### ✓ L'activité des moniteurs d'équitation

Les moniteurs d'équitation se déplacent très fréquemment à pied sur les surfaces en sable lors des cours et lors du travail des chevaux. Cela va représenter 2/3 de leur activité.

A ce moment-là, ils risquent une exposition aux poussières alvéolaires de silice cristalline. Cette exposition serait dépendante de la durée de travail au sol mais aussi du nombre de chevaux et de leurs activités lors des cours.

L'entretien mécanique des sols équestres est réalisé par les moniteurs d'équitation, les exposant à nouveau au risque de poussières.

Le moniteur d'équitation initie les novices aux techniques de base de l'équitation. Ses objectifs sont de permettre au débutant de tenir son équilibre et de conserver sa posture quelle que soit la réaction de l'animal ou l'allure demandée (pas, trot, galop). Maître des techniques, il encadre aussi les cavaliers confirmés pour les préparer aux compétitions.

L'activité d'un moniteur d'équitation peut se diviser en plusieurs parties : (14)

- les cours d'équitation au cours desquels il doit assurer la sécurité de ses cavaliers.

Même si c'est le plus souvent en toute décontraction, au côté d'un jeune public montant des poneys dociles, le moniteur d'activités équestres veille au bon déroulement de la séance, sans égratignure ni chute. Il est donc particulièrement vigilant au bon harnachement du cheval, au port du casque, au bon équipement des cavaliers pour leur éviter la chute. À lui de rendre les séances agréables et ludiques en adaptant ses objectifs à la progression individuelle de ses élèves.

- soins et entretien des chevaux : une grande partie des journées du moniteur d'activités équestres est consacrée aux soins des chevaux. Il veille à doser les efforts de l'animal, le nourrit, le soigne et le brosse.

Il peut aussi s'occuper de l'achat de nouveaux chevaux et assurer ou parfaire le débouillage du cheval.

- entretien de la structure équestre

Les moniteurs doivent s'occuper de l'entretien des boxes avec le paillage, le curage et la désinfection. Ils doivent également entretenir les surfaces de travail des chevaux. Et de manière plus générale, l'entretien du centre et de ses annexes (espaces verts, sanitaires, club house).

✓ Les lieux d'exercices d'un moniteur d'équitation

L'analyse de l'activité permet de constater que le moniteur d'équitation n'a pas qu'un unique lieu de travail. Les centres équestres sont composés de plusieurs structures dans lesquelles exerce le moniteur. Le risque d'exposition aux poussières de silice cristalline varie selon le lieu et la composition du sol.

Les chevaux accompagnés des moniteurs évoluent sur différentes zones de travail que nous allons détailler :

- Les manèges avec sol en sable ou sciure de bois, il en existe plusieurs sortes :
  - les manèges entièrement fermés
  - les manèges  $\frac{3}{4}$  fermés avec un pan de mur ouvert vers l'extérieur.
  - les manèges semi-ouverts où il existe un toit et une palissade latérale.Les manèges sont utilisés pour les cours d'équitation, le travail du cheval à pied, mais rarement pour les concours sauf si le manège est suffisamment grand.
- Les carrières en sable : surface de travail à ciel ouvert, composée d'une barrière délimitant la surface de travail. Les carrières sont utilisées comme le manège pour les cours d'équitation, le travail du cheval à pied, les concours de saut d'obstacles, de dressage, de hunter (discipline qui associe saut et dressage) ou de horse-ball.
- Les carrières en herbe : surtout utilisées pour les concours de saut d'obstacles et de cross.

Puis, nous avons les surfaces de travail individuelles et de repos :

- les ronds de longe : également surface à ciel ouvert, de plus petite taille afin de faire travailler le cheval à pied.
- paddock : lieu de repos, de convalescence des chevaux.

La ventilation est la principale différence entre un manège et une carrière.

Un guide a été élaboré par la Mutualité Sociale Agricole (MSA) (15) pour permettre une bonne ventilation au sein des structures équestres.

La ventilation ne pose pas de problème dans les boxes ouverts ou les surfaces de travail ouvertes. En revanche, elle est primordiale dans les environnements fermés comme les manèges et prend tout son intérêt pour limiter l'accumulation de poussières dans les zones de travail.

L'utilisation de la carrière et du manège dépend principalement des conditions climatiques. Plus le climat est tempéré et sec, plus l'activité sera en extérieur.

Les manèges sont utilisés plus couramment dans les régions du nord de la France où le gel, plus fréquent, rend les surfaces de travail en extérieur inutilisables à cette période (16).

Aucune norme ne définit la conception des infrastructures des centres équestres. Les bâtiments sont soumis au règlement sanitaire départemental qui prévoit des distances réglementaires par rapport aux habitations de tiers, aux cours d'eau et aux lieux de baignade. Les carrières et les manèges n'y sont pas soumis (17).

## 1.2 Les dangers de la silice cristalline

### 1.2.1 Les pathologies induites par l'exposition à la silice cristalline

La voie essentielle de pénétration de la silice cristalline dans l'organisme est la voie pulmonaire. Les particules se déposent dans la trachée, les bronches et les poumons et y persistent, si bien qu'une exposition unique à forte dose peut produire des effets durables (7).

Toute poussière susceptible d'atteindre les alvéoles pulmonaires est considérée comme « poussière alvéolaire » (aux environs de 5  $\mu\text{m}$ ). C'est cette proportion qui est responsable de la pathogénie respiratoire.

En atmosphère empoussiérée, les particules inhalées vont d'autant plus loin que leur diamètre est petit.

La figure n°2 montre la probabilité qu'une particule d'un diamètre aérodynamique donné pénètre dans les différentes parties de l'appareil respiratoire (18).

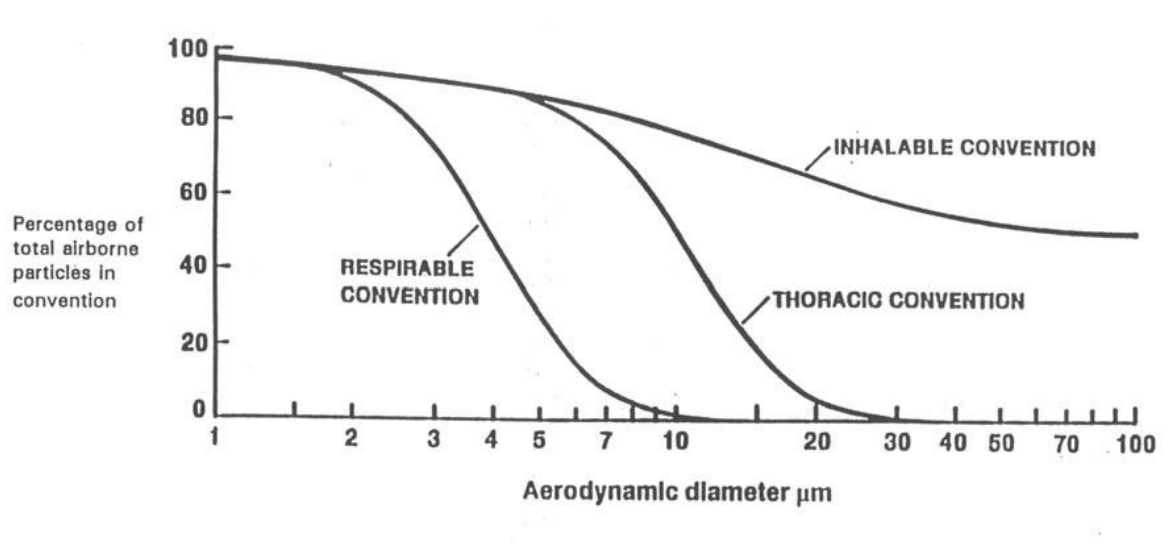


Figure 2 : Pourcentage des fractions inhalables, thoracique et alvéolaire sur le total des particules en suspension dans l'air, Source: EN 481.

La forme nanoparticulaire de la silice cristalline n'a pas encore été étudiée. Il y a eu des études sur les formes nanoparticulaires de silice amorphe et non sur la forme cristalline.

Pour un volume inhalé équivalent, une particule de 5  $\mu\text{m}$  équivaut à 12500 particules de 100 nm représentant une surface 50 fois plus grande augmentant les contacts entre les particules et les molécules biologiques. Ces contacts en créant des radicaux sont responsables de la toxicité de ces poussières avec un potentiel inflammatoire important, et ce également pour des poussières que l'on pensait « inertes » comme la silice amorphe (19).

Un groupe de travail de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaires de l'Alimentation de l'environnement et du travail (ANSES) est en cours d'études et de discussions autour de la forme nanométrique de la silice cristalline. Les premiers résultats sont attendus au 1er trimestre 2018 (20).

La réaction d'un individu aux poussières de silice cristalline dépend de plusieurs éléments :

- la nature (taille des particules et chimie de surface) et la teneur en silice cristalline de la poussière ;
- l'importance et la nature de l'exposition personnelle (durée, fréquence et intensité, pouvant être influencées par les méthodes de travail) ;
- les caractéristiques physiologiques individuelles dont l'hyperventilation lors d'efforts induisant une augmentation de l'entrée de particules dans l'organisme ;
- le tabagisme qui majore la toxicité de la silice cristalline.

La silice cristalline peut avoir un impact direct et immédiat sous forme de toxicité aiguë mais la plus commune est l'intoxication chronique. Elle est représentée par trois types d'atteintes : pulmonaire, cancéreuse et auto-immune.

La principale atteinte chronique est la silicose. C'est une pneumoconiose fibrosante secondaire à l'inhalation de poussières de silice cristalline. Elle est sévère et non réversible.

Elle est caractérisée par une fibrose pulmonaire associée à des nodules. Son développement dépend de la durée et de l'intensité de l'exposition à la silice cristalline.

Il en existe 2 formes :

- la silicose aiguë dont le tableau clinique est principalement une insuffisance respiratoire d'installation rapide (4).
- la silicose chronique va évoluer beaucoup plus lentement.

Classiquement la maladie passe par quatre phases :

- la phase de latence : asymptomatique, pouvant aller jusqu'à 30 ans. Des images radiologiques existent déjà ;
- la phase d'état : apparition progressive d'une bronchopneumopathie chronique non spécifique ;
- la phase d'insuffisance respiratoire : dyspnée d'effort de plus en plus marquée ;
- la phase évoluée : complication de cœur pulmonaire chronique.

Il n'y a pas de traitement spécifique de la silicose.

Les complications de la silicose peuvent être cardiaques avec une insuffisance ventriculaire droite, pleuro-pulmonaires avec la tuberculose, nécrose cavitaire aseptique d'une masse pseudo-tumorale, aspergillose intra-cavitaire ou non spécifique comme un pneumothorax, surinfection broncho-pulmonaire (4).

La physiopathologie permet de comprendre la persistance de l'aggravation de la silicose malgré un arrêt de l'exposition.

En effet, les particules de silices alvéolaires inhalées sont phagocytées par les macrophages alvéolaires et transportées vers le tissu pulmonaire interstitiel et vers les tissus lymphoïdes où elles sont éliminées. Lorsque les macrophages sont saturés en particules, ils meurent et libèrent alors les particules de silice ainsi que des médiateurs de l'inflammation dans l'espace pulmonaire extra-cellulaire. Les

particules ainsi libérées sont de nouveau phagocytées, ce qui pérennise les lésions après arrêt de l'exposition (21).

L'exposition prolongée à la silice cristalline peut induire une bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) indépendamment d'une silicose (22). Les taux de silice dans l'environnement semblent plus faibles que ceux pouvant induire une silicose.

La silice cristalline est associée à un risque accru de cancer broncho-pulmonaire chez les patients silicotiques (23).

Les études rapportées dans la littérature et la monographie du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) 68, 100 C (2012) , sont en faveur d'une relation dose-effet entre l'exposition à la silice cristalline et le risque de cancer broncho-pulmonaire. Par rapport à des populations non exposées, un risque relatif de cancer broncho-pulmonaire entre 1 et 1.5 a été montré à partir d'une exposition cumulée à la silice cristalline supérieure à 2 mg/m<sup>3</sup> x années.

Pour des expositions comprises entre 1 et 2 mg/m<sup>3</sup> x années, les résultats de la littérature sont hétérogènes.

Une revue de la littérature réalisée par : L'Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail (IRSST) en 2005 estime un excès de risque de cancer broncho-pulmonaire chez les patients silicotiques.

Par contre, le risque d'avoir un cancer broncho-pulmonaire sans silicose est faible. Ce risque est présent lors d'exposition d'intensité importante à la silice cristalline (24).

L'exposition à la silice cristalline induit également des pathologies auto-immunes telles que les glomérulonéphrites extra-capillaires prolifératives ou non, le syndrome de Caplan-Colinet (association d'une silicose avec une pseudo-polyarthrite rhumatoïde), le syndrome d'Erasmus, les connectivites, le lupus érythémateux disséminé (4).

Actuellement, toutes ces pathologies sont reconnues dans le tableau n°22 des maladies professionnelles du régime agricole (mis à jour le 22 aout 2008) (4).

### **1.2.2 La durée et l'intensité de l'exposition : deux facteurs prédictifs du danger de la silice cristalline**

La notion d'exposition cumulée est primordiale. Une étude transversale sur les mineurs d'or africains montre que même en cas d'exposition modérée en-dessous du seuil réglementaire de 0.1 mg/m<sup>3</sup> mais prolongée, il existe une augmentation du risque de silicose. Pour chaque mg.an/m<sup>3</sup> d'exposition cumulative au quartz, il y a une augmentation de la probabilité de silicose de 3.2 par rapport à 1.2 pour les poussières alvéolaires cumulées. Les taux d'exposition au quartz étaient entre 0.029 et 0.075 mg/m<sup>3</sup> donc bien inférieurs à la valeur limite de 0.1 mg/m<sup>3</sup>. Or, 18.3 % à 19.9 % des mineurs ont développé une silicose. L'étude démontre qu'une limite d'exposition de 0.1 mg/m<sup>3</sup> n'est pas protectrice pour le salarié (25).

D'autre part, une durée très courte avec une forte exposition peut également induire des pathologies comme la silicose aiguë (25).

Les effets cancérigènes de la silice sont sans seuil et ne permettent donc pas d'établir une valeur toxique de référence.

Pour les effets non cancérigènes, il pourrait y avoir une Valeur Toxique de Référence (VTR). Cependant, les études qui ont été réalisées retrouvent des chiffres très variables.

L'Office of Environmental Health Hazard Assessment (OHHEA) des USA a établi une VTR à 3 µg/m<sup>3</sup> (26).

En France, il n'y a pas de Valeur Toxique de Référence établie pour les effets non cancérigènes.

### **1.2.3 La rémanence des poussières alvéolaires peut provoquer un risque d'exposition plus important**

La fraction alvéolaire des particules de silice cristalline peut rester en suspension dans l'air plusieurs heures voire plusieurs jours après leur mise en suspension. Donc l'accumulation dans le temps peut augmenter les concentrations respirables de silice cristalline si l'espace est clos et mal ventilé (18).

### **1.2.4 La réglementation et les valeurs limites d'exposition en milieu professionnel**

Les poussières alvéolaires de silice cristalline ont été classées comme agent cancérigène par le CIRC en 1997. Pour autant, elles ne sont pas classées dans l'annexe 1 de la directive européenne 67/548 établissant les règles d'étiquetage et de classement des substances dangereuses (CLP) il n'y a donc pas de classification ni d'étiquetage harmonisés au niveau européen.

Cependant, la silice est reconnue comme agent chimique dangereux tel qu'il est défini dans l'article 4412-3 du code du travail. Cela implique une surveillance médicale renforcée avec une visite d'embauche préalable à l'affectation ainsi qu'un examen annuel. Il n'y a pas de recommandation sur la pratique régulière d'une radiographie pulmonaire, celle-ci est laissée à l'appréciation du médecin du travail (27).

Tout chef d'entreprise doit faire une évaluation des risques professionnels dans l'entreprise et exposer les résultats de cette évaluation dans le document unique d'évaluation des risques.

Or, les compositions des sables utilisés pour la construction d'un sol équestre varient d'une Fiche de Donnée de Sécurité à l'autre quand elles existent. L'évaluation de ce risque est donc difficile à quantifier de manière coordonnée pour la mise en place de protection adéquate.

Lorsqu'il existe un risque d'exposition à la silice cristalline, l'employeur doit vérifier les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP).

Ces VLEP ont été introduites en France lors de la circulaire du 21/03/1983. Celles-ci étaient initialement des valeurs limites d'exposition indicatives.

Puis le décret du 10/04/1997 a rendu ces valeurs contraignantes et non plus indicatives.



Ces valeurs sont différentes selon la catégorie de silice cristalline :

- pour le quartz la limite est de 0.1 mg/m<sup>3</sup>,
- pour la cristobalite et la tridymite la limite est de 0.05 mg/m<sup>3</sup>.

De même, ces valeurs sont différentes selon les pays. En effet, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande des valeurs pour le quartz de 0.04 mg/m<sup>3</sup>, le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) aux USA fixe la limite à 0.05 mg/m<sup>3</sup>(28).

Lorsque ces valeurs sont dépassées l'employeur doit mettre en place des mesures correctives tant au niveau collectif qu'individuel. Ces VLEP doivent être contrôlées annuellement ou après toute modification d'un procédé de travail.

Ces mesures sont réalisées par un laboratoire agréé sur une durée minimum de 6 heures.

## **2. Matériel et méthode**

Nous avons réalisé une étude descriptive pendant le mois de juin 2017 en Gironde, avec la réalisation de prélèvements de sols, ainsi que des prélèvements atmosphériques de silice cristalline sur les moniteurs d'équitation présents dans des centres équestres.

### ***2.1 Le recrutement des centres équestres***

Nous avons recruté des centres équestres par le biais du site internet du Comité Régional d'Équitation d'Aquitaine. Ce qui a permis dans un premier temps, de ne sélectionner que ceux où des cours y étaient donnés par des moniteurs d'équitation. Dans un deuxième temps, ceux possédant un manège fermé. La ventilation au sein des manèges étant moins bonne, et donc un risque d'inhalation de poussières plus accrue dans ces zones de travail.

### ***2.2 Les prélèvements de sol***

Nous avons rencontré les responsables des différents centres retenus afin de connaître le type de sol utilisé dans les carrières et manèges. Nous avons ensuite réalisé une analyse de ces sols afin de connaître le pourcentage de quartz et de cristobalite présents.

Ces prélèvements ont été faits manuellement en prenant quelques grammes de sable mis dans des pots. Ces analyses ont été réalisées par le laboratoire de chimie de la Caisse d'Assurance Retraite et de la Santé au Travail (CARSAT).

### ***2.3 Le protocole de prélèvement atmosphérique sur les moniteurs d'équitation***

Des prélèvements sur les moniteurs ont été faits permettant d'évaluer le risque d'inhalation de poussières alvéolaires de silice cristalline.

Ces prélèvements ont été réalisés après avoir suivi une formation d'une journée à la CARSAT.

Nous avons prédéfini avec chaque centre, les jours adéquats pour venir faire les prélèvements. Un minimum de 6 heures de cours réalisés sur la journée était nécessaire afin d'avoir des prélèvements qui puissent être interprétés.

Les prélèvements sur moniteurs se sont fait à l'aide d'une pompe avec cyclone et utilisation d'un filtre PVC 25 mm réglé sur un débit de 1.7 L/min. Les pompes avec cyclone nécessitent un étalonnage dans un endroit non exposé à la poussière.

Le cyclone a été placé dans la zone respiratoire de l'opérateur représenté par un demi-cercle de 30 cm autour de la tête de l'opérateur.

Les pauses déjeuners ont été exclues du temps de prélèvement. L'écart entre la mesure du débit mètre en début et fin de prélèvement doit être inférieur à 5 % pour être validé et interprété.

La limite de quantification du laboratoire doit être inférieure à 1/10 de la VLEP, elle est de 6 µg/L pour le laboratoire de la CARSAT (référence métropole de l'Institut National de Recherche et Sécurité (INRS) : analyse des prélèvements atmosphériques octobre 2015).

Une pompe d'ambiance a été placée dans les endroits les plus fréquentés et utilisés.

L'analyse des prélèvements a été réalisée par diffractométrie selon la norme NF 43-259 05/1990.

#### **2.4 L'analyse de l'activité des moniteurs prélevés**

Lors des prélèvements atmosphériques nous avons fait l'observation de l'activité des moniteurs au moment des prélèvements. Cette analyse a pris en compte plusieurs critères :

L'arrosage du sol : temps d'arrosage, mécanisme d'arrosage le jour du prélèvement

L'entretien du sol : mécanique ou manuel

Le temps de travail du moniteur sur la journée à pied, à cheval

Le nombre de chevaux présents par cours ainsi que le choix de l'activité

L'émanation de poussière visible

Les conditions météorologiques

### 3. Résultats

Nous avons sélectionné trois centres équestres en Gironde possédant un manège entièrement fermé.

#### 3.1 Les résultats des prélèvements de sols

Les résultats détaillés dans le tableau I montrent des taux de quartz variant entre 75 % et 98.6 % et des taux de cristobalite tous inférieurs à 0.1 %.

		QUARTZ en %	CRISTOBALITE en %	Type de sable
Centre 1	manège	98	< 0.1	Sable extra siliceux Lastik
	carrière	98.6	< 0.1	Sable industriel
Centre 2	manège	75	< 0.1	Sable des Charentes avec adjonction de fibre
	Carrière obstacle	90.5	< 0.1	Sable carrière
Centre 3	manège	87	< 0.1	Sable naturel
	carrière	85.8	< 0.1	Sable naturel

*Tableau I : Comparaison des compositions des sols équestres concernant les prélèvements réalisés dans les carrières et les manèges de chacun des centres*

#### 3.2 Les résultats des prélèvements atmosphériques et analyse de l'activité

##### 3.2.1 Centre équestre n° 1, le 07/06/2017

Nous avons donc réalisé des prélèvements sur les trois moniteurs présents dans le centre équestre.

Le centre équestre est composé d'un manège couvert, d'une carrière, d'une carrière poney ainsi qu'une carrière d'obstacle dont les sols sont en sable.

	Début	Débit L/mn	Fin	Débit L/min	Début	Débit L/min	Fin	Débit L/min	Durée totale
Anne	9h00	1712	11h20	1710	13h36	1737	18h45	1717	7h35
Sophie	13h45	1748	20h05	1693					6h20
Candice	13h45	1734	20h00	1691					6h15
Ambiance	9h10	1717	14h45	1637					5h35

*Tableau II : Durée des prélèvements et débit des pompes au centre équestre n°1 le 07/06/2017*

Le tableau n°II permet de valider les prélèvements sur opérateur avec une durée d'enregistrement supérieur à 6 heures et une variation du débit de prélèvement  $\leq 5\%$  entre le début et la fin du prélèvement.

Seule la pompe d'ambiance à une durée de prélèvement  $\leq 6$  heures donnant un résultat surévalué.

Chaque cours dure environ une heure avec 15 minutes de battement entre deux cours où les moniteurs sont dans les écuries pour vérifier la préparation des chevaux et poneys.

### **Anne :**

La pompe a été posée dès l'arrivée de la monitrice. La première heure d'enregistrement s'est faite lors de la préparation des poneys dans une écurie fermée. Elle a ensuite commencé ses cours d'équitation.

- Le 1<sup>er</sup> cours à 10 heures. C'est un cours de débutants avec 12 poneys en carrière. L'activité était du horse-ball. Le temps était couvert avec peu de vent. Fin du cours à 11 heures 02 minutes.
- le 2<sup>nd</sup> cours à 13 heures 36 minutes. C'est un cours avec 5 chevaux en carrière. Ils ont fait du pony game avec du galop. Le temps était couvert avec du vent.
- le 3<sup>ème</sup> cours à 15 heures : 7 poneys étaient présents dans la carrière où ils ont également fait du pony game. Le temps était nuageux.
- le 4<sup>ème</sup> cours à 16 heures 15 minutes : 8 poneys dans la carrière où ils ont également fait du pony game.
- le 5<sup>ème</sup> cours à 17 heures 30 minutes : 11 chevaux dans la carrière, où ils ont également fait du pony game. Temps découvert et peu venteux. Fin des cours à 18 heures 45 minutes.

### **Sophie :**

- le 1<sup>er</sup> cours à 13 heures 45 minutes : 10 poneys dans la carrière poney où ils ont surtout fait du pas. La monitrice avait arrosé juste avant le cours. Le temps était nuageux avec du vent.
- le 2<sup>nd</sup> cours 14 heures 45 minutes : 10 poneys dans la carrière poney qui ont fait du plat. Le temps était nuageux.
- le 3<sup>ème</sup> cours arrêt de 16 heures à 17 heures avec soins aux chevaux dans l'écurie, pas de travaux de sols dans les carrières ou manège.
- le 4<sup>ème</sup> cours : 17 heures 30 minutes, 7 poneys dans carrière poney. Ils ont fait du plat. Le temps était découvert avec peu de vent.
- le 5<sup>ème</sup> cours : 18 heures 45 minutes : 8 chevaux dans la carrière d'obstacle, présence de poussières visibles lors du cours. Le temps est ensoleillé avec peu de vent. Fin 20 heures 5 minutes.

### **Candice :**

- 1er cours à 13 heures 45 minutes: 5 chevaux dans la carrière : saut d'obstacle. Le temps était nuageux avec du vent.
- 2<sup>nd</sup> cours 14 heures 45 minutes : 5 chevaux dans la même carrière, ils ont fait du plat avec peu de trot et galop. Le temps était couvert.
- 3<sup>ème</sup> cours : 16 heures 15 minutes : 8 poneys dans la carrière, ils ont fait du plat. Quelques éclaircies.

- 4<sup>ème</sup> cours : 17 heures 30 minutes : 7 chevaux dans la carrière, ils ont fait du plat avec passage alterné pour la réalisation des exercices au galop. Temps découvert avec peu de vent.
- 5<sup>ème</sup> cours : 18 heures 45 minutes : 9 poneys dans la carrière où ils ont réalisé un carrousel (enchaînement de figures en groupe), fin du cours à 20 heures.

Prélèvement	Durée en minute	Volume prélevé en Litre	Poussière alvéolaire		Quartz		Cristobalite	
			Concentration mg/m <sup>3</sup>	C/VLEP 8h	Concentration mg/m <sup>3</sup>	C/VLEP 8h	Concentration mg/m <sup>3</sup>	C/VLEP 8h
Anne	449	772.719	≤ 0.01	0.1 %	≤ 0.009	4.5 %	≤ 0.008	8 %
Sophie	380	653.79	0.01	0.2 %	≤ 0.011	5.5 %	≤ 0.009	9 %
Candice	375	642.187	AI	AI	≤ 0.011	5.5 %	≤ 0.009	9 %
Ambiance	335	561.795	≤ 0.01	0.1 %	≤ 0.012	6 %	≤ 0.011	11 %

AI : Analyse Impossible

*Tableau III : Résultats des concentrations en poussières alvéolaires totales, en quartz et en cristobalite sur prélèvements atmosphériques au centre équestre n°1*

La pompe d'ambiance positionnée dans la carrière poney a été arrêtée avant la fin des cours en raison d'un arrosage sur la pompe de prélèvement lors de la pause déjeuner.

L'entretien général des structures en sable dans le centre équestre est fait à l'aide d'un arroseur automatique sans programmateur. Il est réalisé au moins une fois par jour. Lors des fortes chaleurs, des arrosages supplémentaires peuvent être faits selon le ressenti de chaque moniteur ce qui a été le cas le jour du prélèvement. Un arrosage supplémentaire a été fait sur la carrière poney entre midi et deux heures. Il n'y a pas eu d'entretien du sol.

La température ce jour-là était de 20 degrés Celsius le matin et de 25 degrés Celsius l'après-midi.



*Photo n°1 : Carrière poney  
centre équestre n° 1*



*Photo n°2 : Carrière centre  
équestre n°1*

### **3.2.2 Centre équestre n° 2, le 14/06/2017**

Les résultats des prélèvements atmosphériques sur les 2 opérateurs présents ce jour.

Le centre équestre est composé d'un manège couvert, d'une carrière d'obstacle et d'une carrière de dressage dont les sols sont en sable.

	Début	Débit L/min	Fin	Débit L/min	Début	Débit L/min	Fin	Débit L/min	Total heures
Jean Y.	9h03	1728	11h31	1670	14h	1755	18h30	1700	6h58
Linda	13h30	1703	19h35	1699					6h05
Ambiance	14h30	1721	18h45	1650					4h15

*Tableau IV : Durée de prélèvement et débit des pompes au centre équestre n°2 le 14/06/2017*

Les enregistrements sur opérateur ont été validés par la durée de prélèvement et l'absence de variation de plus de 5 % des débits entre le début et la fin du prélèvement. La pompe d'ambiance a eu une durée de prélèvement insuffisante pour pouvoir interpréter correctement les résultats.

### **Jean Yves :**

- 1<sup>er</sup> cours à 9 heures 15 minutes. 1 cheval dans le manège fermé, il a fait du plat.
- 2<sup>nd</sup> cours : 10 heures 30 minutes. 6 chevaux dans la carrière d'obstacle, ils ont fait du saut d'obstacle. Temps : grand soleil, pas de vent. Fin 11h31.
- 3<sup>ème</sup> cours : 14 heures. 2 chevaux dans la carrière d'obstacle où ils ont sauté. Temps : soleil ++, léger vent.
- 4<sup>ème</sup> cours : 15 heures 30 minutes. 6 Chevaux dans la carrière du fond, ils ont fait du plat. Temps idem pour le reste de la journée. Début d'émanation de poussières visible à l'œil nu.
- 5<sup>ème</sup> cours : 16 heures 30 minutes. 4 chevaux carrière du fond avec saut d'obstacles. Poussière visible.
- 6<sup>ème</sup> cours : 17 heures 30 minutes : 7 chevaux carrière de dressage, plat. Poussière visible.

### **Linda :**

- 1<sup>er</sup> cours : 13 heures 30 minutes. Ballade avec 3 poneys. La monitrice était à pied.
- 2<sup>ème</sup> cours : 14 heures 30 minutes. 12 poneys dans la carrière d'obstacles, ils ont fait du plat. Poussières visibles à l'œil nu. Activité importante : tous les chevaux ont galopé ensemble.
- 3<sup>ème</sup> cours 15 heures 30 minutes. 11 poneys dans la carrière de dressage où ils ont fait du plat. Peu de poussière.
- 4<sup>ème</sup> cours : 16 heures 30 minutes. 10 poneys dans le manège poneys qui a été arrosé l'après-midi de 13 heures 30 minutes à 16 heures 30 minutes. Ils ont fait du plat.
- 5<sup>ème</sup> cours : 17 heures 30 minutes. 10 poneys dans le manège poney. Ils ont fait du plat.
- 18 heures 30 minutes: entretien des chevaux. Pas d'activité en manège ou carrière.

**Ambiance** : Pompe positionnée tardivement dans la carrière chevaux où il y a eu 4 cours.

L'entretien des sols se fait par arrosage automatique avec programmateur. Il y a 2 cycles d'arrosage pendant la nuit : un à 21 heures 15 minutes et l'autre à 5 heures du matin.

Le jour du prélèvement, il y a eu un orage avec de la pluie de 5 heures à 10 heures 30 minutes du matin.

L'entretien mécanique des sols se fait avec un tracteur et une herse, il n'y a pas de cabine. Il n'y a pas eu d'entretien le jour du prélèvement.

La température ce jour-là était de 20 degrés Celsius le matin et de 30 degrés Celsius l'après-midi.



Prélèvement	Durée en minute	Volume prélevé en Litre	Poussière alvéolaire		Quartz		Cristobalite	
			Concentration mg/m <sup>3</sup>	C/VLEP 8h	Concentration mg/m <sup>3</sup>	C/VLEP 8h	Concentration mg/m <sup>3</sup>	C/VLEP 8h
Jean-Yves	418	717.876	0.02	0.4 %	≤ 0.010	5 %	≤ 0.008	8 %
Linda	365	620.865	0.02	0.4 %	≤ 0.011	5.5 %	≤ 0.010	10 %
Ambiance	255	429.802	≤ 0.01	0.1 %	≤ 0.016	8 %	≤ 0.014	14 %

*Tableau V : Résultats des concentrations en poussières alvéolaires totales, en quartz et en cristobalite sur prélèvements atmosphériques au centre équestre n°2*



*Photo n°3 : Manège centre équestre n°2*



*Photo n°4 : Carrière obstacle centre équestre n°2*



*Photo n°5 : Carrière dressage centre équestre n°2*

### **3.2.3 Centre équestre n° 3, le 17/06/2017**

Les résultats des prélèvements atmosphériques sur l'opérateur présent ce jour là.

Le centre équestre est composé d'un manège fermé, d'un manège semi fermé et d'une carrière dont les sols sont en sable.

	Début	Débit	Fin	Débit	Début	Débit	Fin	Débit	total
Christine	9h24	1726	12h36	1725	13h47	1728	17h15	1712	6h40
Ambiance	9h37	1716	17h22	1655					7h45

*Tableau VI : Durée de prélèvement et débit des pompes au centre équestre n°3 le 17/06/2017*

L'enregistrement sur opérateur ainsi que la pompe d'ambiance ont été validés par la durée de prélèvement supérieure à 6 heures et l'absence de variation de plus de 5 % des débits entre le début et la fin de prélèvement.

#### **Christine :**

- 1<sup>er</sup> cours : 9 heures 30 minutes. 6 poneys sont partis en ballade dont la monitrice à cheval.
- 2<sup>nd</sup> cours : 10 heures 30 minutes. 7 poneys dans manège semi-ouvert pendant 10 minutes puis passage dans la carrière de dressage, ils ont fait du pony game.

- 3<sup>ème</sup> cours : 11 heures 30 minutes. 5 poneys. Dans le manège couvert, ils ont fait du pony game.
- 4<sup>ème</sup> cours : 14 heures. 6 chevaux. Carrière d'obstacles, ils ont sauté. Un peu de poussière visible sur les parties non arrosées.
- 5<sup>ème</sup> cours : 15 heures. 2 chevaux dans le grand manège couvert où ils ont fait du plat.
- 6<sup>ème</sup> cours : 16 heures 7 minutes. baby poney avec 3 poneys dans le manège semi-ouvert. Plat. Fin 16 heures 45 minutes.
- Puis pompe sur opérateur pendant le montage dans la carrière des obstacles pour concours hippique le lendemain avec 2 chevaux qui étaient autour au pas. Fin 17 heures 15 minutes.

**Ambiance :**

Début 9 heures 37 minutes jusqu'à 17 heures 22 minutes avec dans la journée : 3 heures de cours

A proximité de la carrière : 2<sup>ème</sup> carrière de dressage où il y a eu 2 heures de cours

Arrosage selon les besoins. Le jour de prélèvement, il faisait très beau et chaud, l'arrosage a tourné quasiment en continu sur la grande carrière pendant toute la journée. Pas d'entretien mécanique du sol ce jour-là.

La température était de 20 degrés Celsius le matin et de 30 degrés Celsius l'après-midi.

Prélèvement	Durée en min	Volume prélevé en L	Poussière alvéolaire		Quartz		Cristobalite	
			Concentration mg/m <sup>3</sup>	C/VLEP 8h	Concentration mg/m <sup>3</sup>	C/VLEP 8h	Concentration mg/m <sup>3</sup>	C/VLEP 8h
Christine	400	689.056	AI	AI	≤ 0.010	5 %	≤ 0.009	9 %
Ambiance	465	783.757	0.03	0.6 %	≤ 0.009	4.5 %	≤ 0.008	8 %

AI : Analyse impossible

*Tableau VII : Résultats des concentrations en poussières alvéolaires totales, en quartz et en cristobalite sur prélèvements atmosphériques au centre équestre n°3*



*Photo n°6 : Carrière centre équestre n°3*

## **4. Discussion**

### **4.1 L'interprétation des résultats**

Les analyses des sols de centre équestre, en sable, retrouvent une quantité importante de quartz. Ces chiffres vont de 75% à 98.6% de quartz dans le produit de base.

La différence qui est retrouvée entre les différents sols est liée au sable utilisé. Dans le cas du centre équestre n°1, où le taux est à 98.6% de quartz, nous avons un sol spécialement conçu pour les centres équestres. Les sols recherchés doivent être résistants à l'usure et stables dans le temps. Ces caractéristiques peuvent être retrouvées si le sable est riche en quartz.

En revanche, pour les résultats atmosphériques relevés sur les opérateurs, aucun résultat de quartz ou de cristobalite ne pourra être interprété. En effet, les valeurs sont toutes inférieures ou égales à une donnée. Elles sont en dessous de la limite de quantification qui représente la limite à partir de laquelle le résultat sera donné avec une probabilité considérée comme acceptable. C'est-à-dire que le niveau est tellement faible que l'estimation du risque n'est pas quantifiable.

A la différence, nous avons des valeurs de poussières alvéolaires totales quantifiables. Mais ces valeurs prélevées sont très basses. Le pourcentage qui représente la concentration sur la valeur limite d'exposition professionnelle des poussières alvéolaires totales permet une meilleure évaluation du risque. Dans notre étude, sur les 3 centres équestres, nous retrouvons des valeurs très basses, 0.2%, 0.4% et 0.6% de la VLEP respectivement sur le centre équestre n°1 ,2 ,3.

### **4.2 Un cas de silicose chez un moniteur d'équitation**

Aux USA, nous retrouvons un cas décrit de silicose chez un moniteur d'équitation de 48 ans qui a été exposé aux poussières de silice cristalline pendant 23 ans, durée de son activité dans l'entreprise.

Afin d'évaluer son exposition, des prélèvements ont été réalisés au niveau de l'opérateur à l'aide d'un Cyclone avec filtre PVC comparable à celui utilisé pour notre étude. Les résultats retrouvent des taux entre 0.020 et 0.086 mg/m<sup>3</sup> de quartz. Ces taux sont supérieurs à la limite fixée par l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) qui est de 0.025 mg/m<sup>3</sup>. Mais il y a des limites à cette étude, pas de comparaison avec la variation saisonnière, le calcul de la silice cristalline a été fait sur les heures de travail en rond de longe supposant que les autres activités ne sont pas exposantes à la silice cristalline. (29)

Avec les résultats de notre étude, nous sommes loin de ces valeurs retrouvées. Mais l'environnement de travail n'était pas le même. En effet, dans l'étude des USA le rond de longe était semi-fermé avec la présence d'un toit et d'un pare botte plein. La ventilation n'était donc pas la même que dans les carrières testées pour notre étude avec un risque de rémanence des poussières plus importantes et donc une accumulation au cours du prélèvement des poussières alvéolaires de silice cristalline.

### **4.3 La comparaison à d'autres activités agricoles**

Il y a très peu d'études dans le monde sur l'évaluation du risque d'exposition aux poussières alvéolaires de silice cristalline en agriculture.

Nos résultats sont probablement sous-évalués en comparaison des résultats retrouvés dans d'autres domaines d'activités agricoles. Notamment dans le cas du travail du sol par des engins agricoles.

Une revue de la littérature et enquête Sud Africaine a évalué l'exposition au quartz en agriculture (30). Cette étude a montré qu'il y avait un risque d'inhalation de poussières alvéolaires de quartz lors du travail du sol mais peu de preuves sur les maladies induites par cette exposition. En sachant que la teneur en quartz du sol variait de 0.3 à 94.4 % avec une moyenne de 13.4 %. Nous sommes bien en-dessous des taux de quartz dans les sables équestres où les valeurs les plus basses de notre étude sont à 75 % de quartz.

Cela a été également observé dans le rapport d'évaluation et gestion des risques liés aux poussières agricoles (31) où les activités de travail du sol et les récoltes mécaniques étaient les activités les plus génératrices de poussières alvéolaires de silice cristalline.

Une autre étude réalisée en Afrique du Sud sur des agriculteurs (32) montre que le risque d'exposition au quartz est une réalité mais qu'il est difficilement évaluable.

Les expositions peuvent varier selon les pratiques agricoles locales et les tâches spécifiques à la ferme, les produits cultivés ou élevés, la géographie, les facteurs environnementaux (températures, changements de saison, humidité relative, précipitations, vitesse du vent, direction du vent) et d'autres facteurs tels que température du sol, minéralogie du sol, humidité du sol) et caractéristiques du tracteur (vitesse du tracteur et cabines fermées). Des variations dans les composants du sol (par exemple des silicates, des oxydes de fer) peuvent affecter la pathogénicité de la silice.

### **4.4 La comparaison des résultats aux valeurs environnementales**

Il est intéressant également de connaître les valeurs environnementales de poussières alvéolaires de quartz qui nous montrent la variabilité des mesures dans le temps.

Une revue de la littérature a été faite au Canada. Elle portait sur l'exposition de la population générale aux poussières alvéolaires de silice cristalline.

Cette étude montre qu'il n'y a pas de risque d'exposition de la population générale à la silice cristalline. (33)

Toujours selon cette revue de la littérature, des prélèvements ont été effectués à proximité de zones à risque d'exposition à la silice cristalline comme les routes non goudronnées. L'intérêt de ces prélèvements dans le cadre de notre étude est surtout de montrer la variabilité des résultats dans le temps. 3 prélèvements ont été effectués sur 3 jours consécutifs et retrouvaient des valeurs de silice à 1.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 6.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et 11.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivement. Cette variation provenait de facteurs extérieurs comme les caractéristiques de la route, les caractéristiques du véhicule ou encore de la saisonnalité.

Nous pouvons voir que la variation des résultats entre les prélèvements était importante et qu'elle était dépendante de facteurs extérieurs.

- ✓ *Exemple de cas de silicose chez des chevaux et des populations en contact avec du sable*

Grâce à différentes études, nous allons voir que la silice, même sans procédé industriel, peut induire des pathologies de type silicose chez l'homme comme chez l'animal.

La silice est un élément abondant de la croûte terrestre et donc largement répandu dans la nature.

Une étude en 1981 retrouvait des cas de silicoses chez les chevaux. Elle a été menée dans la péninsule de Monterey-Carmel où les sols étaient riches en cristobalite (34).

Une étude en 1991 menée aux USA a retrouvé des cas de silicoses chez 19 chevaux en post mortem. Les chevaux évoluaient dans différentes régions des USA. 14 des chevaux venaient de la péninsule de Monterey-Carmel où le sol contient de la cristobalite. Les 5 autres chevaux venaient de régions côtières ou de Californie. (35)

Le diagnostic de silicose chronique était fait à l'aide d'examens complémentaires similaires à ceux réalisés pour les pathologies humaines (radiographie thoracique, lavage intra-trachéal, lavage broncho-alvéolaire ou biopsie).

Cette étude à l'avantage de montrer qu'un sol riche en éléments siliceux peut induire des pathologies silicotiques. Ce pourrait être le cas de notre étude au vu des sols qui sont riches en quartz pourtant les résultats des prélèvements atmosphériques sont très faibles probablement lié à un environnement différent.

Des études ont montré qu'il pouvait y avoir une érosion éolienne des sols. Cette érosion provoque un frottement des grains de sable entre eux provoquant des particules fines et donc une mise en suspension de poussières alvéolaires de silice cristalline (33).

C'est le cas dans l'Himalaya où des cas de silicoses ont été rapportés dans la population alors qu'il n'y avait aucune exposition professionnelle à la silice (36).

Les bédouins du Sahara semblent également touchés lors des tempêtes de sable dans le désert qui mettent en suspension des poussières alvéolaires de silice cristalline avec la même activité d'érosion des grains de sable.

#### ***4.5 Les modifications de l'environnement : un élément difficile à appréhender***

Il y a lieu de considérer que les modifications de l'environnement de travail ne sont pas stables dans le temps et peuvent varier d'un jour à l'autre.

##### **4.5.1 L'arrosage, le moyen de prévention le plus efficace pour lutter contre l'émanation de poussières mais il est dépendant des conditions climatiques**

Selon les conditions climatiques, le moniteur d'équitation évoluera dans des structures de travail différentes, ouvertes ou fermées.

Dans les manèges, la ventilation est souvent insuffisante pour bien renouveler l'air et donc le risque d'accumulation des particules alvéolaires est majoré mais aucune étude à ce jour ne permet de le confirmer.

Les conditions de réalisation d'une bonne ventilation générale est difficile à appliquer dans ce domaine précis. En effet, selon le guide de ventilation de l'INRS (37), s'il y a un ajout d'air, il doit être réchauffé en période froide.

Comme nous l'avons vu plus haut, la réduction de cette concentration en poussières alvéolaires est liée à l'arrosage des surfaces de travail qui doit être régulier et adapté aux conditions climatiques.

Mais nous pouvons voir en France que les différences climatiques entre le Nord et le Sud sont importantes. L'hiver dans le sud de la France est clément avec peu de gel ou sur de très courtes périodes. Alors que dans les régions plus au nord ces périodes de gel plus fréquentes peuvent impacter l'arrivée d'eau des centres équestres avec le gel des canalisations. Donc le gel empêche les cavaliers de monter à cheval dans les carrières car les sols sont gelés mais rend difficile les cours en intérieur par la poussière pouvant être occasionnée.

Nous pouvons voir sur la figure 3 le nombre moyen annuel de jours sans dégel. Ces chiffres peuvent être très différents selon les régions principalement Est/Ouest. Voici deux exemples d'après *Alerte Météo* : à NANCY, il y a 14 jours sans dégel alors qu'à BORDEAUX on ne compte que 2 jours pas an.

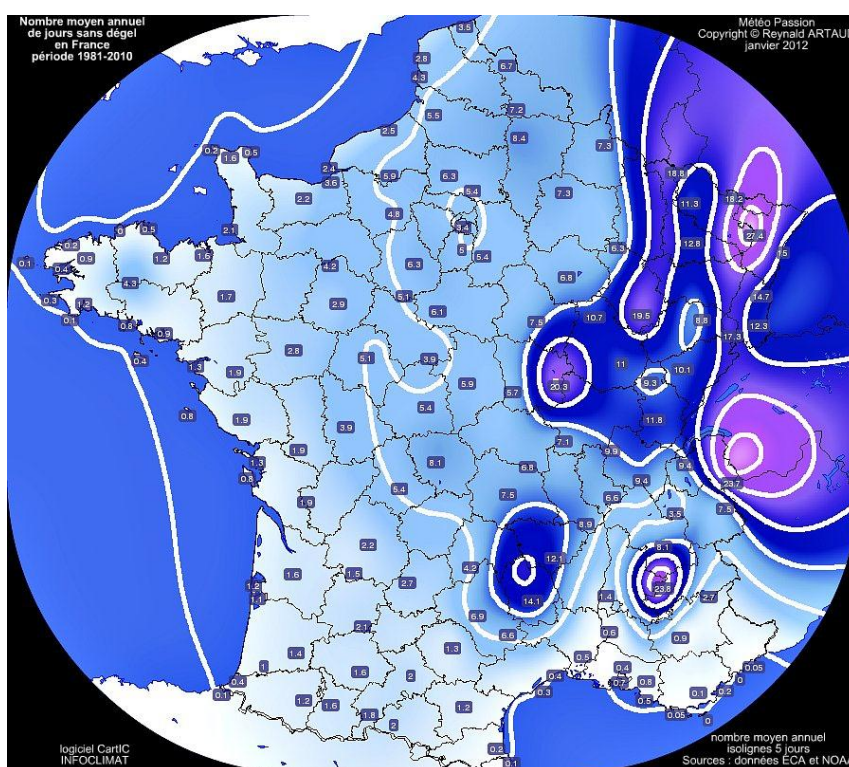


Figure 3 : Carte du nombre moyen annuel sans dégel. Source : alerte météo

De la même manière, en été, les périodes de sécheresse de plus en plus fréquentes induisent des restrictions d'utilisation de l'eau et ne permettent pas un arrosage suffisant pour les sols équestres.

La figure 4 ci-après reprend les restrictions d'eau par région. Dans les régions plus au sud, là où les chaleurs sont les plus fortes, il y a des restrictions d'eau avec arrêt des prélèvements non prioritaires y compris des prélèvements à des fins agricoles.



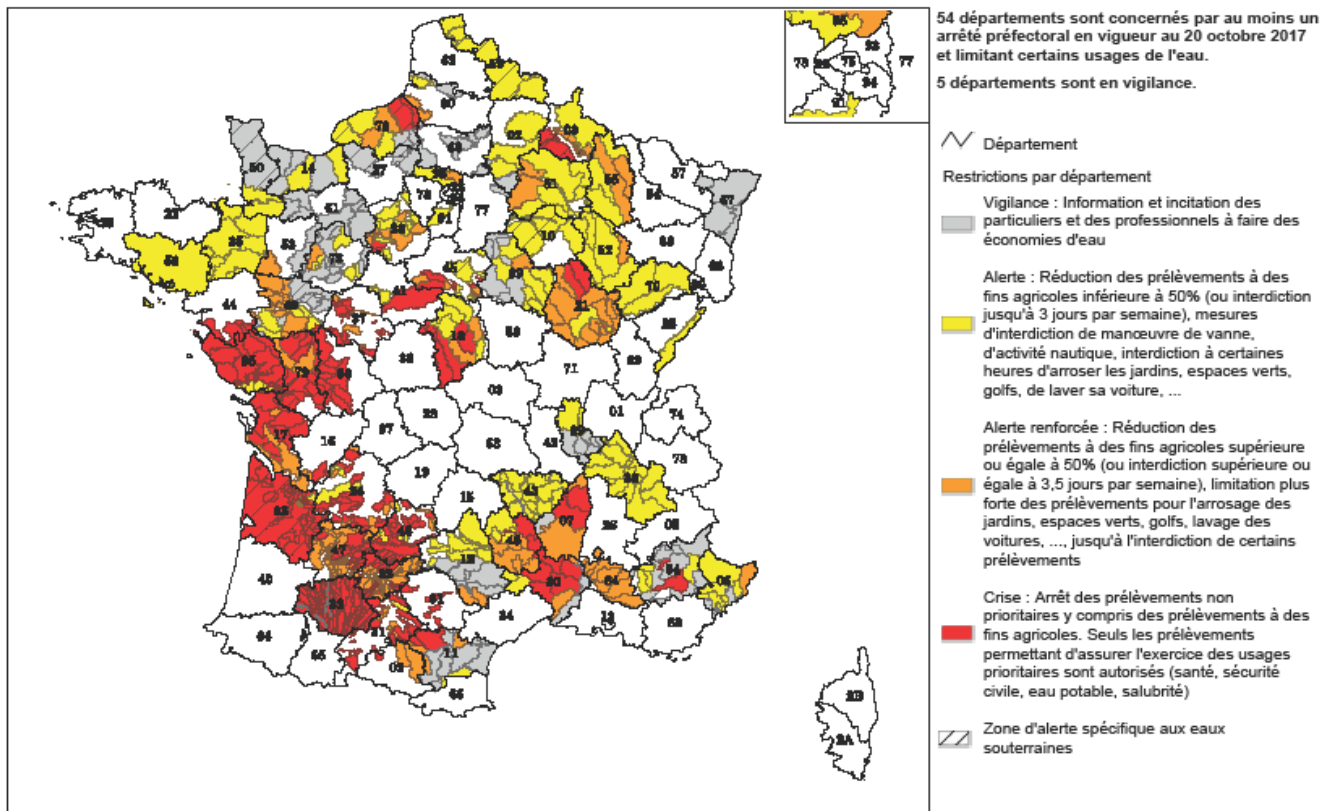


Figure 4 : Etat des arrêtés de limitation des usages de l'eau au 20 octobre 2017.  
Source : Ministère du développement durable.

Contrairement aux idées reçues, ELFMAN (L.), RIIHIMÄKI (M.), PRINGLE (J.), WÄLINDER (R.) (38) ont démontré que les taux de poussières dans les écuries sont quantitativement plus importants pendant les périodes hivernales qu'estivales. Cette différence est liée à la ventilation moins importante en hiver. Cela montre bien toute l'importance des flux d'air dans les écuries.

Aucune étude statistique ne permet de recenser les centres équestres ayant des manèges. Seule l'Île-de-France avec l'IRDS a établi que 58 % des établissements fonctionnent avec un manège et une ou deux carrières (respectivement 48 % et 35 %). Mais 11 % des établissements ayant répondu à l'enquête n'ont pas de manège, ce qui est un frein à l'activité pour la saison hivernale (39).

#### 4.5.2 L'activité et le nombre de chevaux

L'activité des chevaux lors des cours est variable. Une séance de saut d'obstacles où les chevaux galopent et sautent, sera plus à même de générer de la poussière qu'un cours de débutant où les chevaux évolueront au pas. Le nombre de chevaux est également un facteur augmentant ce risque.

Plus les chevaux seront nombreux, plus l'activité sera à haute énergie (galop, saut, pony game) et plus le risque de générer de la poussière est important. En sachant

que lors d'un cours d'équitation le nombre maximum de chevaux est variable d'un centre à l'autre selon les infrastructures. En moyenne, un cours ne dépasse pas 12 poneys ou chevaux.

Lors de notre étude, l'analyse de l'activité des moniteurs d'équitation a permis d'identifier cela. Cependant, si visuellement nous avons constaté de la poussière, les résultats des prélèvements sont comparables d'un moniteur à l'autre. Ce qui suppose que le diamètre des poussières visibles soit supérieur à la fraction alvéolaire de 10 µm. La silice cristalline dans sa fraction thoracique n'a pas autant d'impact sur la santé puisqu'elle peut être éliminée par les mécanismes de défense naturelle pulmonaire.

La granulométrie des sables industriels est contrôlée mais qu'en est-il des sables non industrialisés pris à même la plage ou sur un sol naturel.

Nous voyons bien, la multitude des facteurs pouvant influencer l'émanation de poussières alvéolaires de silice.

#### **4.6 Les maladies professionnelles liées à la silice probablement sous évaluées**

Il est difficile de faire un état des lieux des maladies professionnelles liées à une exposition à la silice dans le milieu agricole. Le nombre de cas déclarés est faible par rapport aux nombres de personnes potentiellement exposées selon l'étude SUMER 2010 dans le régime agricole (3).

Il n'y a aucun cas déclaré de maladie professionnelle en lien avec la silice cristalline dans la filière hippique depuis 10 ans.

Cette constatation ne suffit pas pour évoquer une absence de risque d'exposition à la silice.

Nous pouvons évoquer une sous-déclaration des maladies professionnelles en lien avec la silice dans cette filière. Plusieurs éléments cités ci-après peuvent l'expliquer :

- L'inadéquation entre le nombre de salariés agricoles exposés à la silice selon l'enquête SUMER et le peu de maladies professionnelles déclarées.

- La méconnaissance des activités à risque d'exposition à la silice cristalline dans la filière agricole.

- L'origine multiple de pathologies respiratoires non spécifiques telle que la BPCO qui peut être induite par des expositions à d'autres polluants atmosphériques.

- Du turn over important dans ce milieu professionnel (40). Selon une étude menée par *Equiresource* en 2014, l'espérance de vie professionnelle est brève, en moyenne 5 ans dans la filière hippique. Cette courte vie professionnelle est liée à des conditions de travail peu satisfaisantes telles que le travail à temps partiel, la faible rémunération, l'incompatibilité avec la vie familiale et sociale (41).

Nous avons vu que la silice est bio-accumulable. La latence entre l'exposition et la survenue de la pathologie peut être longue, plusieurs dizaines d'années. Ce qui induit des difficultés dans la surveillance post-professionnelle des salariés de la filière hippique (38).

- Tous les centres équestres ne sont pas affiliés à la MSA c'est le cas des structures ayant un statut associatif, les éleveurs amateurs, les cavaliers professionnels et entraîneurs.

#### **4.7 L'évaluation du risque selon les connaissances actuelles**

L'évaluation du risque professionnel chimique selon la circulaire du 24 mai 2006 DRT n°12 indique que le respect de la VLEP ou d'une fraction de la VLEP pour un travailleur ne signifie pas une absence d'exposition de ce travailleur. (42)

La silice cristalline est reconnue comme un agent chimique dangereux et l'exposition à cet agent doit être évaluée par l'employeur.

L'évaluation du risque chimique permet de conclure soit à une notion de risque faible soit à une notion de risque non faible.

Lorsque l'évaluation conclut à un risque faible, cela n'empêche pas la mise en place de mesures de prévention à titre collectif et/ou individuel pour limiter l'exposition à l'agent chimique dangereux.

Lorsqu'il s'agit d'agent CMR, selon l'article R4412-59 du code du travail, les résultats de l'évaluation des risques chimiques ne peuvent conclure à un risque faible.

Cette notion prend tout son intérêt pour la silice cristalline dont la réglementation est en cours de changement avec un risque de passage de la silice en agent CMR. Des groupes de travaux au niveau européen sont en cours avec une directive à venir.

Les Valeurs Limites d'Exposition Professionnelles (VLEP) sont très inégales entre les pays du monde et même au sein de l'union européenne. Prenons quelques exemples Européen ou les VLEP sont plus basses, en Italie la VLEP pour le quartz est de 0.05 mg/m<sup>3</sup> tout comme au Portugal et en Irlande. Elle est de 0.075 mg/m<sup>3</sup> au Pays bas. Au contraire d'autres pays ont des VLEP légèrement plus haute comme la Hongrie, la Slovénie et la Suisse où elle est à 0.15mg/m<sup>3</sup>. (43)

Ces chiffres sont intéressants pour rappeler que l'évaluation du risque selon la VLEP n'a pas le même impact.

Les VLEP pour la silice cristalline en France, avec une limite à 0.1 mg/m<sup>3</sup> pour le quartz et 0.05 mg/m<sup>3</sup> pour la cristobalite et la tridymite, les résultats de notre étude sont inférieurs à 10 % de la VLEP. Nous pouvons donc supposer un risque faible pour ces résultats. Mais cette évaluation du risque nécessite de faire plusieurs prélèvements (au moins 3).

#### **4.8 Les limites de l'étude et les perspectives**

Nous voyons donc les limites de notre étude par tous ces facteurs extérieurs mais pas seulement :

- le nombre faible de recrutement de centres équestres lié à un manque de temps dans le service SST ainsi que de la durée d'analyse par le laboratoire ;
- les conditions climatiques lors des prélèvements qui peuvent induire des variations importantes sur la qualité du sol et donc sur l'émanation de poussières ;
- l'activité et le nombre de chevaux présents lors des cours le jour des prélèvements ;
- activité exclusivement extérieure ce qui induit un risque probable plus faible.

Pour refléter au mieux l'activité réelle des moniteurs d'équitation, les jours de prélèvements ont été décidés en fonction des contraintes du service de santé au travail et des contraintes des cours pour les centres équestres. De ce fait, nous n'avons pas pu faire de prélèvements uniquement en manège ou uniquement en carrière.

Les alternatives au sol en sable sont peu nombreuses, la sciure de bois en est une mais pose d'autres problèmes que le sable avec les risques de cancer liés aux poussières de bois.

Les surfaces en caoutchouc pourraient être une alternative à l'utilisation du sable mais dans un cadre précis d'utilisation. C'est un sol trop fouillant pour une utilisation intensive avec des risques de lésions tendineuses et musculaires chez le cheval. Et se pose la question des émissions de composés organiques volatiles lors de leurs utilisations.

Nous avons vu que l'arrosage était la prévention primaire adéquate pour limiter l'émanation de poussières. Mais comment gérer l'arrosage lors des épisodes de canicules avec restriction d'utilisation de l'eau dans des régions où les chaleurs augmentent d'année en année ? Les industriels développent des sables moins consommateurs d'eau avec l'adjonction d'huile ou de sel qui permettra de garder l'humidité et limitera donc les besoins en eau.

Un nouveau procédé appelé la subirrigation permet d'avoir un arrosage par le sol (11). Cela permet d'avoir un arrosage en continu, qui peut être utilisé même lorsque les chevaux évoluent dans la carrière. Le principal problème reste le prix. Il est facilement installé dans une nouvelle carrière mais difficile à appliquer dans une carrière déjà installée.



*Photo n°7 : Subirrigation d'un manège*

## 5. Conclusion

Nous avons voulu, au cours de cette étude, évaluer si les moniteurs d'équitation étaient exposés aux poussières alvéolaires de silice cristalline. Les résultats des prélèvements atmosphériques ne permettent pas de démontrer, ni de confirmer qu'il existe un risque, même faible, au quartz ou à la cristobalite au sein de ce secteur professionnel.

Cette évaluation du risque dépend de nombreux facteurs qui ne sont pas tous contrôlables et qui peuvent modifier les résultats des prélèvements.

Parmi les facteurs non contrôlables, nous retrouvons les conditions climatiques qui ont une influence sur le choix de l'utilisation de structures ouvertes ou fermées (carrière, manège). Il en est de même pour le sable utilisé qui de par sa nature même, est composé de quartz.

Parmi les facteurs contrôlables, le principal facteur de réduction de l'émission de poussière est l'arrosage des surfaces équestres. Cependant, l'arrosage est lui-même dépendant des conditions climatiques (gel ou sécheresse). Il peut aussi être limité par les coûts induits. La subirrigation semble être la mesure la plus adaptée.

La ventilation des manèges est primordiale pour avoir un renouvellement de l'air et pour limiter la rémanence des poussières alvéolaires. Sa mise en place reste compliquée à ajuster dans les structures déjà existantes.

Les autres facteurs contrôlables tels que la réduction du nombre de chevaux par cours ainsi que leur activité sont en théorie plus facilement adaptables. Seulement ils impacteraient sur la rentabilité des centres.

Le sable peut aussi par ses propriétés intrinsèques comme l'angulation, la granulométrie, le limon avoir un impact sur la formation de poussières. Ses propriétés sont contrôlables en fonction de la qualité du sable utilisé.

L'usure du sable des surfaces de travail peut être également contrôlée par un renouvellement partiel et régulier du sable. Cela entraînant là aussi un coût non négligeable pour les centres équestres.

Bien que de la poussière soit visible lors des cours d'équitation, nos prélèvements ont montré que le diamètre de ces poussières n'était pas alvéolaire. Le diamètre semble plus gros et donc présente moins de risque pour la santé. En effet, le dépôt de silice cristalline au niveau des voies aériennes supérieures est éliminé par les mécanismes de défense naturelle au niveau des muqueuses (7). Il faudrait pouvoir l'objectiver en analysant la fraction dite thoracique dont le diamètre serait entre 10 et 30 $\mu$ m. Chaque fraction de poussière nécessite un matériel adapté ce qui n'a pas pu être réalisé dans le cadre de cette étude.

Ce travail semble intéressant à poursuivre en réalisant, d'une part des mesures sur une année complète et d'autre part, sur la France entière. Cela permettrait d'intégrer les variations climatiques ainsi que les variations propres à chaque centre équestre. Une étude multicentrique limiterait l'interférence des variations environnementales et ainsi pouvoir plus facilement généraliser le risque d'exposition aux poussières alvéolaires de silice cristalline chez les moniteurs d'équitation.

## BIBLIOGRAPHIE

- (1) POUZET (P.), MOREL (A.), CLEREN (P.), LEPORTIER (D.).- 2014,  
Prévalence des symptômes respiratoires rhinopharyngés et ophtalmiques chez les employés de haras et de centres équestres : comparaison exposés non exposés.  
*Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 75, 135-142.
- (2) MOUTON (M.).- 2014,  
Les pathologies des salariés du secteur hippique : quelle relation avec leur environnement professionnel ?  
*In : Comptes-rendus de l'équi-meeting infrastructures*, 6 et 7 octobre 2014, 9-14.
- (3) VINCK (L.).-2014,  
Les risques professionnels par secteurs d'activité, enquête SUMER 2010.  
*DARES, Synthèse.stat*, n°6, 147p.
- (4) INRS, Tableau maladie professionnelle régime agricole n°22, mis à jour 22/08/2008.  
Affections consécutives à l'inhalation de poussières minérales renfermant de la silice cristalline ou des silicates cristallins. 26p.
- (5) PENN STATE COLLEGE OF AGRICULTURAL SCIENCES AGRICULTURAL RESEARCH AND COOPERATIVE EXTENSION.- 2006,  
Riding Arena Footing Material Selection and Management, 12p.
- (6) DELABRE (L.), PILORGET (C.), GARRAS (L.), FEVOTTE (J.) et le groupe Matgéné. Éléments techniques sur l'exposition professionnelle aux poussières alvéolaires de silice cristalline libre – Présentation d'une matrice emplois-expositions aux poussières alvéolaires de silice cristalline libre. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, février 2010, 15 p. Disponible sur : [www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr)
- (7) INRS, fiche toxicologique, cahier de notes documentaires- hygiène et sécurité du travail, 1997 mis à jour 2016,  
Silice cristalline, fiche toxicologique n°232, 9p.
- (8) FICHE SIGNALETIQUE, Sable, grains entiers, révision 11-12-2012  
Premier Silica, 15p.
- (9) NIOSH, Health Effects of Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica, 2002, 127p.
- (10) MARTEAU (P.) avec la collaboration de CHASSAGNAC (D.), HOM (L.), JALLON (S.), LEFEBVRE (G.) (2016) – Mémento Silice industrielle. Rapport final.  
*Rapport BRGM/RP-66167-FR*, 66 p. 29 fig., 5 tabl.
- (11) HORSENEW, mise à jour 23 mai 2016,  
Arrosage carrière et manège : aérien ou sub irrigation  
<http://horsnews.fr/arrosage-carriere-aerien-sub-irrigation/>

- (12) IFCE, LALLEMAND (A).- juin 2011,  
L'arrosage des aires d'évolution équestre  
<http://www.haras-nationaux.fr/information/accueil-equipaedia/infrastructures-equestres/aires-devolution-et-espaces-exterieurs/arrosage-des-aires-d-evolution-equestre.html>
- (13) HORSENEWS, mis à jour en 2016. Comment entretenir son sol équestre et optimiser sa carrière? <http://horsnews.fr/comment-entretenir-sol-equestre-optimiser-sa-carriere/>
- (14) CRE Lorraine, visité le 15/11/2017. Référentiel professionnel du BPJEPS « activités équestres ».  
[http://crelorraine.fr/formation/documents/referentiel\\_pro\\_bpjeps\\_oct\\_12.pdf](http://crelorraine.fr/formation/documents/referentiel_pro_bpjeps_oct_12.pdf)
- (15) MSA, fiche technique 2016,  
Ventilation des structures équestres, 18p.
- (16) RESEAU ECONOMIQUE DE LA FILIERE EQUINE, fiche centre équestre n°2.  
Actualisation 2014,  
Création et conduite d'un centre équestre. 12p
- (17) MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE,  
Question N°4536, publiée au JO le 18/09/2007, p 5591  
Réponse publiée au JO le 13/11/2007, p 7039
- (18) NEPSI, Guide de bonnes pratiques sur la protection de la santé des travailleurs dans le cadre de la manipulation et de l'utilisation de la silice cristalline et des produits qui en contiennent, 26-07-2016, 171p.
- (19) MERGET (R.), BAUER (T.), KÜPPER (HU.), PHILIPPOU (S.), BAUER (HD.), BREITSTADT (R.), BRUENING (T.).- janv 2002,  
Health hazards due to the inhalation of amorphous silica  
*Archive toxicology*, 75(11-12):625-34.
- (20) ANSES, mis à jour 2016. Appel à candidatures d'experts scientifiques pour la constitution du groupe de travail "Silice cristalline",  
<https://www.anses.fr/fr/content/appel-%C3%A0-candidatures-d%E2%80%99experts-scientifiques-pour-la-constitution-du-groupe-de-travail-0>
- (21) CNESST, mis à jour 2010. Fiche toxicologique silice cristalline, quartz,  
[http://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/Pages/fiche-complete.aspx?no\\_produit=12245](http://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=12245)
- (22) HNIZDO (E.), VALLYATHAN (V.).- 2003,  
Chronic obstructive pulmonary disease due to occupational exposure to silica dust: a review of epidemiological and pathological evidence.  
*Occup Environ Med*, 60, 237–243.
- (23) RECOMMANDATION DE BONNE PRATIQUE. Surveillance médico-professionnelle des travailleurs exposés ou ayant été exposés à des agents cancérogènes pulmonaires. *Société de médecine du travail*, 2005, 380p.

- (24) LACASSE (Y.), MARTIN (S.), DESMEULES (M.).- 2005,  
Silicose, silice et cancer du poumon : méta-analyse de la littérature médicale.  
*Rapport de recherche R-403. Quebec : IRSST, 92p.*
- (25) CHURCHYARD (G.J.), EHRLICH (R.), TEWATERNAUDE (J.M.), PEMBA (L.),  
DEKKER (K.), VERMEIJS (M.), WHITE (N.), MYERS (J.)-2004,  
Silicosis prevalence and exposure-response relations in South African goldminers.  
*Occup Environ Med* , 61, 811–816.
- (26) OEHHA.- 2005,  
Chronic toxicity summary silica, 48p.
- (27) FREVILLE (L.), KAUFFER (E.)-2006,  
Analyse de la silice cristalline dans l'air des lieux de travail. Résultats des essais  
d'aptitude.  
*INRS, Hygiène et sécurité du travail - Cahiers de notes documentaires, n°202, 31-39.*
- (28) PALLARDY épouse JACOB (C.).-2009,  
Exposition à la silice chez les chauffeurs de poids lourds : un nouveau risque  
professionnel ? A propos de 2 cas  
Thèse de Médecine, Université de Nantes, 157p.
- (29) YOON (J.H.), KIM (B.), CHOI (B.S.), PARK (S.Y.), KWAG (H.S.), KIM (I.A.),  
JEONG (J.Y.).-2013,  
A Case Report of Lung Cancer in a Horse Trainer Caused by Exposure to Respirable  
Crystalline Silica: An Exposure Assessment.  
*Safety and Health at Work, Vol. 4, No. 1, 71-74.*
- (30) SWANEPOEL (A.J.), REES (D.), RENTON ( K.), SWANEPOEL (C.),  
KROMHOUT (H.), GARDINER (K.).- 2010,  
Quartz Exposure in Agriculture: Literature Review and South African Survey.  
*Ann. Occup. Hyg., Vol. 54, No. 3, 281–292.*
- (31) GELLON (S.), PIQUÉ (M.L.), RABIER (P.).- 2004,  
Evaluation et gestion des risques liés aux poussières agricoles  
Mémoire de formation d'ingénieur du génie sanitaire, Ecole Nationale de Santé  
Publique Rennes, 59p.
- (32) SWANEPOEL (A.J.), REES (D.), RENTON (K.), KROMHOUT (H.).-2009,  
Exposure to respirable crystalline silica in south african farm workers.  
*Journal of Physics, Conference Series 151, 012005, 4p.*
- (33) ENVIRONNEMENT ET SANTE CANADA.-2013,  
Evaluation préalable pour le défi concernant le quartz et la cristobalite, 107p.



- (34) SCHWARTZ (L. W.), D.V.M., PH.D.; KNIGHT (H. D.), D.V.M.; PH.D.; WHITTIG (L. D.), PH.D.; MALLOY (R. L.), D.V.M.; ABRAHAM (J. L.), M.D.; TYLER (N. K.), M.A.- 1981,  
Silicate pneumoconiosis and pulmonary fibrosis in horses from the Monterey-Carmel Peninsula.  
*Chest*, 80 (1suppl), 82-85.
- (35) BERRY (C.R.), DVM, O'BRIEN (T.R.), DVM, PHD, MADIGAN (J.E.), DVM, MS, AND HAGER (D.A.), DVM.-1991,  
Thoracic Radiographic Features of Silicosis in 19 Horses.  
*Journal of Veterinary Internal Medicine*, 5, 248-256.
- (36) NORBOO (T.), ANGCHUK (P.T.), YAHYA (M.), KAMAT (S.R.), POOLEY (F.D.), CORRIN (B.), KERR (I.H.), BRUCE (N.), BALL (K.P.).- 1991,  
Silicosis in a Himalayan village population: role of environmental dust.  
*Thorax*, 46, 341-343.
- (37) INRS, guide pratique de ventilation, édition INRS ED 767, 2003,  
Emploi des matériaux pulvérulents, 32p.
- (38) ELFMAN (L.), RIIHIMÄKI (M.), PRINGLE (J.), WÅLINDER (R.).- 2009,  
Influence of horse stable environment on human airways.  
*Journal of occupational medicine and toxicology*, 4:10.
- (39) IRDS, Etablissements équestres franciliens : une activité porteuse d'emplois, les dossiers de l'IRDS, n°32, 2015, 24p.
- (40) EQUIPEDA. TOURRE-MALIN (C.), visité le 24/07/2017. Le mal être des enseignants d'équitation, <http://equipeda.info/maletre>
- (41) ABELLAN Chloé, CORDILHAC Claire.- 2014,  
Emploi, métiers et formations dans la filière équine. Equi-ressource, IFCE, National, 66p.
- (42) MINISTERE DE L'EMPLOI, DE LA COHESION SOCIALE ET DU LOGEMENT,  
CIRCULAIRE DRT n°12 du 24 mai 2006 relative aux règles générales de prévention du risque chimique et aux règles particulières à prendre contre les risques d'exposition aux agents cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction. 58p.
- (43) CHERRIE (J.W.), GORMAN Ng (M.), SEARL (A.), SHAFRIR (A.), VAN TONGEREN (M.), MISTRY (R.), NODEN (R.), SOBEY (M.), CORDEN (C.), RUSHTON (L.), HUTCHINGS (S.).-2011,  
Health, socio-economic and environmental aspects of possible amendments to the EU Directive on the protection of workers from the risks related to exposure to carcinogens and mutagens at work.  
*IOM Research project : P937/8*, 171p.