

3.5 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.5.1 Analyse descriptive des données générales des haras

Avant d'effectuer une analyse des données recueillies lors des séances de prélèvements, nous réalisons une analyse descriptive des données générales chiffrées concernant les deux haras. Ces données sont disponibles en annexes n° 13 et n° 14. En effet, différentes études épidémiologiques ont mis en évidence des facteurs de risque de rhodococcose pulmonaire liés à la structure et aux pratiques d'élevages (Chaffin *et al.*, 2003b; Chaffin *et al.*, 2003a; Tapprest *et al.*, 2012). Ces études révèlent notamment comme facteurs de risque : une grande taille d'élevage (en effectifs et/ou en densité d'animaux), la présence de juments de passage, les mélanges d'animaux (juments résidentes et juments de l'extérieur) et les naissances tardives des poulains. Ayant choisi des haras relativement similaires (en dehors de leur statut sanitaire vis-à-vis de la rhodococcose), nous avons souhaité regarder s'ils différaient quant aux facteurs de risque décrits dans la littérature.

Le nombre de juments suitées ayant participé à notre étude est de 16 dans le haras H1 et 21 dans le haras H2. Le nombre total moyen de chevaux à l'année dans le haras H1 est de 45 contre 70 dans le haras H2. En outre, le haras H2 accueille 15 juments qui mettent bas au haras pendant la saison de reproduction. Ces juments proviennent de l'extérieur et ne sont pas la propriété du haras. De plus, 3 étalons sont stationnés au haras H2 pour réaliser des saillies en monte naturelle sur le haras. Cette présence entraîne le passage de juments extérieures au cours de la saison de monte entre février et juin. Ces deux derniers éléments provoquent des mouvements de chevaux plus importants dans le haras H2 que dans le haras H1. Le haras H1 ne possède que des juments résidentes. Cependant, la moitié d'entre elles effectue un séjour à l'étranger pour la saillie. Ainsi pour cette saison de monte 2011, les séjours ont eu lieu en Irlande et au Royaume-Uni. En effet, pour les chevaux de race « pur-sang », l'insémination artificielle interdite, seule la monte naturelle est autorisée. Ainsi, les juments quittent le haras gestantes 1 mois avant le terme, poulinent à l'étranger et reviennent au haras, une fois saillie, 42 jours après le diagnostic de gestation positif. Même si la différence n'est pas patente entre les 2 haras, il semble que le haras H2 ait des effectifs plus importants et que les mélanges d'animaux y soient plus fréquents (même si ces mélanges existent dans le haras H1 mais à l'extérieur du haras). De plus, la présence de juments de passage notamment lors de la saison de reproduction est identifiée comme un facteur de risque dans plusieurs études (Chaffin *et al.*, 2003a; Tapprest *et al.*, 2012). Ces juments viennent au haras pour l'élevage ou le poulinage. Elles sont nommées « extérieures » dans notre étude. Le haras H1 ne possède pas de juments extérieures alors que le haras H2 voit une quinzaine de couples jument-poulain extérieurs transiter chaque saison. Cet élément est cohérent avec la littérature.

Nous avons également calculé la densité de chevaux dans chaque haras. Cette densité correspond au rapport entre le nombre de chevaux et la surface à laquelle ils ont véritablement accès en extérieur, c'est-à-dire les prairies et paddocks. Bien évidemment, ce calcul possède certaines limites. Tout d'abord, le nombre de chevaux varie au cours du temps. Il est maximal lors de la saison de reproduction au printemps. De plus, les chevaux ne sortent pas en extérieur toute l'année. Enfin, la gestion des prairies est propre à chaque haras. Aussi, nous avons calculé deux valeurs de densité. La première correspond au rapport du nombre total moyen annuel de chevaux sur la surface en herbe consacrée aux chevaux. Il s'agit d'une densité moyenne annuelle de chevaux (densité 1). La seconde est définie comme le nombre de juments suitées et de poulains présents sur la surface en herbe effectivement consacrée à cette classe de chevaux. Pour le calcul de cette deuxième densité, la valeur retenue est donc celle du nombre de juments et de poulains présents lors de la saison de reproduction afin de prendre en compte l'impact du passage des juments extérieures. En effet, cette période est également celle de l'apparition des cas rhodococcose en élevage. Il s'agit d'une densité maximale de couple mère-poulains (densité 2).

Tableau n° 22: Surfaces et densités pour chaque haras

	H1	H2
Superficie du haras (hectares)	75	60
Surface en herbe consacrée aux chevaux (hectares)	55	56
Surface en herbe consacrée aux juments suitées et leurs poulains (hectares)	30	25
Densité 1 (cheval/hectare)	0,82	1,25
Densité 2 (cheval/hectare)	0,93	2,76

D'après le tableau, nous constatons que les densités de chevaux sont plus élevées dans le haras H2 que dans le haras H1. Ceci est particulièrement vérifié pour la densité 2, c'est-à-dire celle concernant davantage les poulains dans la période à risque. En effet, cette densité 2 est 2,97 fois plus élevée dans le haras H2 que dans le haras H1. D'ailleurs la densité de juments suitées et de poulains (ou de poulains seulement) est un paramètre significativement discriminant entre les élevages indemnes et ceux affectés par les pneumonies attribuables à *Rhodococcus equi* (Chaffin *et al.*, 2003a; Tapprest *et al.*, 2012). Le tableau n° 23 présente la répartition des effectifs au sein de chaque haras.

Tableau n° 23: Répartition des effectifs selon chaque haras (RES : Résidentes ; EXT :Extérieures)

		H1	H2
Juments	RES.	20	22
Poulains		18	20
Juments	EXT.	0	15
Poulains		0	12
Étalons		0	3
Yearling		12	15
2 ans		7	10
Autres (Repos...)		4	5
Total maximum		61	102
Total moyen annuel		45	70

Nous avons examiné les dates de naissance des poulains des haras H1 et H2. Pour ce faire, nous avons utilisé le *test t de Student* (figure n° 8) afin de comparer les dates de naissance moyennes des poulains de chaque haras (nous avons auparavant vérifié que la distribution des naissances suivait une loi normale dans chacun des haras grâce au *test de Shapiro-Wilk*). Le détail de l'analyse statistique est disponible en annexe n° 20.

Les résultats de ce test permettent de rejeter l'hypothèse nulle et d'affirmer que les dates de naissance moyennes des poulains des haras H1 et H2 sont significativement différentes avec un seuil de significativité $p < 0,01$. En conclusion, nous pouvons affirmer que les poulains du haras H1 naissent plus tôt que ceux du haras H2 avec un risque d'erreur inférieur à 1%. A titre indicatif, la date de naissance moyenne des poulains du haras H1 est le 27 février 2011 alors que celle des poulains du haras H2 est le 24 mars 2011. Favoriser des naissances précoces correspond à une recommandation habituelle pour la prévention de la rhodococcose (Giguère *et al.*, 1997, Mauger 2009, Tapprest *et al.*, 2012). En effet, la période la plus à risque d'infection par *R. equi* pour le poulain correspond aux mois les plus secs et les plus chauds. Ainsi, lors de naissance tardive, le poulain aura atteint l'âge de sensibilité maximale - entre 1 et 3 mois - (période durant laquelle l'immunité maternelle aura chuté alors que l'immunité propre du poulain est encore insuffisamment développée) durant les mois chauds.

Figure n° 8: Résultats du test t de Student, illustration graphique. Les valeurs en ordonnées représentent le numéro du jour de naissance de l'année 2011. Boîte à moustaches autour de la moyenne

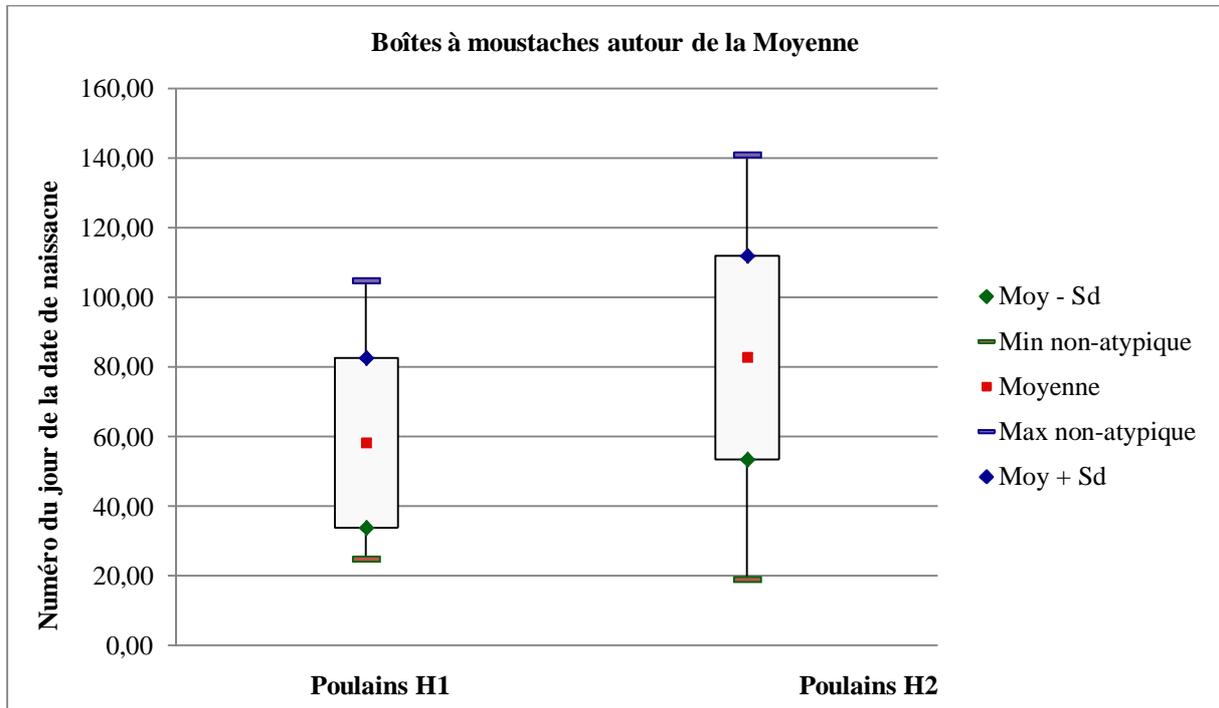


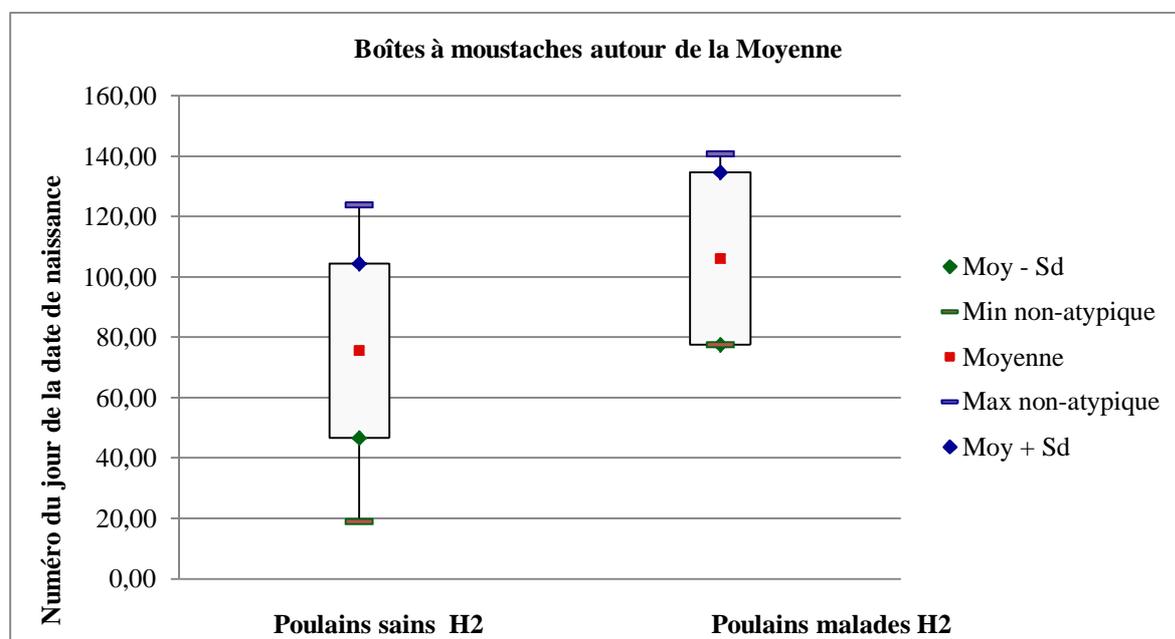
Tableau n° 24: Dates de naissances des poulains du haras H2. Les 5 poulains atteints de rhodococcose sont surlignés en orange

H2	
Code	Date de naissance
H2-P1	31/03/2011
H2-P2	31/03/2011
H2-P3	21/02/2011
H2-P4	07/03/2011
H2-P5	09/03/2011
H2-P6	26/03/2011
H2-P7	01/03/2011
H2-P8	19/01/2011
H2-P9	23/02/2011
H2-P10	26/03/2011
H2-P11	28/04/2011
H2-P12	04/04/2011
H2-P13	21/03/2011
H2-P14	09/03/2011
H2-P15	05/05/2011
H2-P16	23/04/2011
H2-P17	22/03/2011
H2-P18	05/05/2011
H2-P19	21/05/2011
H2-P20	27/03/2011
H2-P21	10/03/2011

Aucun poulain n'a été atteint de rhodococcose dans le haras H1. En revanche, 5 poulains du haras H2 ont été touchés (tableau n° 24). L'incidence annuelle de la rhodococcose au sein de la population de poulains du haras H2 est donc de 23,8%. Au sein du haras H2, nous avons donc comparé les dates de naissance des poulains sains à celles des poulains malades.

Étant donné que le groupe de poulains « malades » comporte un nombre réduit d'individu, nous avons utilisé le test non paramétrique de Mann-Whitney (figure n° 9). Les résultats de ce test ne permettent pas de rejeter l'hypothèse H0 au risque d'erreur de $p < 0,05$. En conclusion, les dates de naissance moyennes ne sont pas significativement différentes entre le groupe des poulains sains et celui des malades. L'analyse statistique complète est présentée en annexe n° 21. Cependant, il serait souhaitable de pouvoir effectuer cette comparaison sur des groupes ayant des effectifs plus importants.

Figure n° 9: Résultats du test de Mann-Withney, illustration graphique. Les valeurs en ordonnées représentent le numéro du jour de naissance de l'année 2011. Boîte à moustaches autour de la moyenne



En effet, la littérature ne relate pas de comparaison entre les poulains sains et malades d'un même haras. D'après les résultats de notre étude, nous constatons qu'il existe une différence de 27 jours entre la date de naissance moyenne du groupe des poulains sains et celui des poulains malades. Pourtant, cette différence n'est pas qualifiée de significative par le test de Mann-Whitney. Ceci est sans doute dû à la taille réduite de notre échantillon.

3.5.2 Analyse des données provenant des prélèvements de fèces

Au cours de la campagne de prélèvements, nous avons pu prélever une fois les crottins frais de chaque jument et chaque poulain. Les résultats complets sont disponibles en annexes dans des tableaux présentant les concentrations en *Rhodococcus equi* virulents et non virulents pour chaque poulain et chaque jument des deux haras à la date de prélèvement indiquée.

Il apparaît que nous n'avons pas mis en évidence *Rhodococcus equi* dans les crottins collectés dans le haras H1. En revanche, dans le haras H2, les prélèvements de crottins ont révélé que 4 juments et 7 poulains étaient porteurs de *Rhodococcus equi* sur 42 chevaux. Cela signifie que 26,2 % de l'effectif du haras H2 est porteur de *Rhodococcus equi*, virulent ou non, dans le haras H2. Les figures présentent la répartition du portage de *Rhodococcus equi* au sein des juments suitées et de leurs poulains dans le haras H2.

Figure n° 10: Répartition du portage de *Rhodococcus equi* chez les 21 juments suitées du haras H2

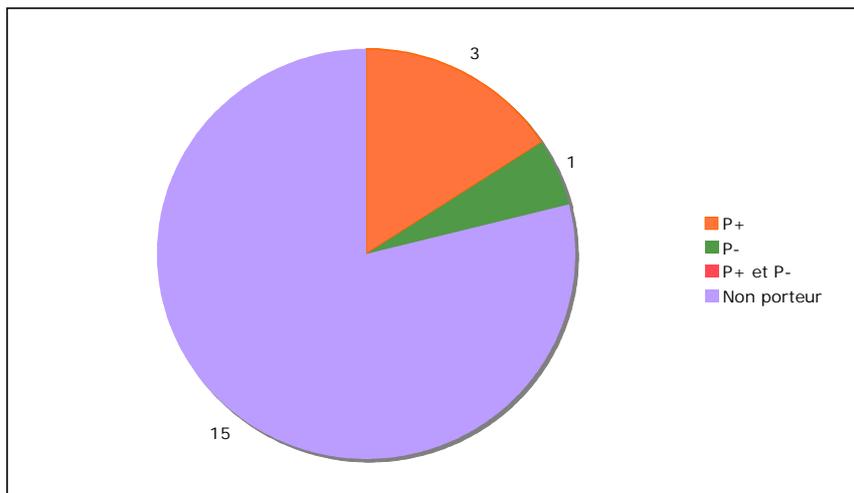
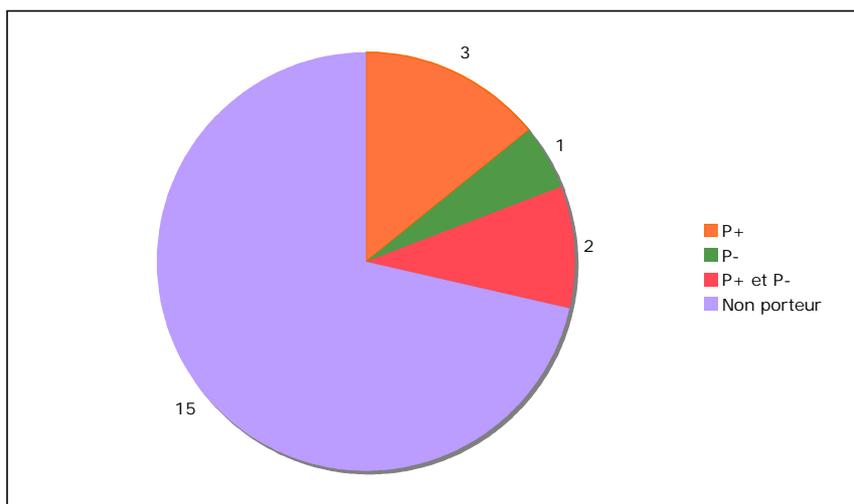


Figure n° 11: Répartition du portage de *Rhodococcus equi* chez les 21 poulains du haras H2



Nous avons comparé le portage de *Rhodococcus equi* entre les deux haras. Ainsi, nous avons tout d'abord étudié le portage de *Rhodococcus equi*, virulent ou non virulent, entre les deux haras. Ainsi, 0 chevaux sur 32 sont porteurs dans le haras H1. Pour le haras H2, 11 chevaux sur 42 (4 juments et 7 poulains) sont dénombrés porteurs de *Rhodococcus equi*. Le *Test exact de Fisher* montre qu'il existe une différence significative en ce qui concerne le portage de *Rhodococcus equi* entre les haras H1 et H2 (p bilatéral < 0.0017).

Ensuite nous avons comparé le portage de *Rhodococcus equi* virulent entre les deux haras en utilisant de nouveau le *test exact de Fisher*. Dans le haras H1, aucun cheval sur 32 n'est porteur de *Rhodococcus equi* virulent alors que 9 chevaux sur 42 sont porteurs (3 juments et 6 poulains). Ce résultat montre qu'il existe une différence significative en ce qui concerne le portage de *Rhodococcus equi* virulent entre les haras H1 et H2 (p bilatéral < 0.0083).

Dans notre étude, le portage de *Rhodococcus equi* dans les crottins apparaît donc comme un paramètre discriminant entre le haras sain (H1) et le haras contaminé (H2). Bien sûr, ces résultats ne concernent que 2 haras et ne sont pas extrapolables. Cependant, dans la littérature, il est plutôt admis que la plupart des chevaux peuvent être porteurs de *Rhodococcus equi* et ce portage n'apparaît pas comme un moyen de différencier les haras malades des haras sains même s'il est admis que l'excrétion fécale (notamment par les poulains de moins de 8 semaines) de *R. equi* joue un rôle important dans la contamination du sol. (Prescott *et al.*, 1984; Takai *et al.*, 1997; Takai *et al.*, 1986). Il serait ainsi sans doute intéressant de comparer le portage de *R. equi* chez les chevaux d'un plus grand nombre de haras.

En outre, il est également intéressant de comparer le portage de *Rhodococcus equi* entre les poulains sains et les poulains atteints de rhodococcose. Ces analyses ont donc été menées sur l'effectif de poulains du haras H2, d'abord pour le portage de *Rhodococcus equi*, virulent ou non (tableau n° 25), puis pour celui de *Rhodococcus equi* virulent uniquement (tableau n° 26).

Tableau n° 25: Nombre d'individus porteurs de *Rhodococcus equi*, virulent ou non virulent, au sein des classes de poulains sains et malades

	Poulains sains	Poulains malades
Effectif	16	5
Porteur <i>R.equi</i> (P+ ou P-)	6	1
Non Porteur <i>R.equi</i>	10	4

Le test exact de Fisher met en évidence qu'il n'y a aucun lien entre le statut du poulain vis-à-vis de la rhodococcose et le portage de *Rhodococcus equi* (p bilatéral < 0,62).

Tableau n° 26: Nombre d'individus porteurs de *Rhodococcus equi* virulent au sein des classes de poulains sains et malades

	Poulains sains	Poulains malades
Effectif	16	5
Porteur <i>R.equi</i> P+	5	1
Non Porteur <i>R.equi</i> P+	11	4

Le test exact de Fisher met en évidence qu'il n'y a aucun lien entre le statut du poulain vis-à-vis de la rhodococcose et le portage de *Rhodococcus equi* virulent (p bilatéral < 1).

Nous nous devons de rester prudents quant à l'interprétation de ces résultats. En effet, ces prélèvements de fèces ne sont réalisés qu'une seule fois pour chaque individu au cours de la campagne de prélèvements et il est possible que la date du prélèvement des fèces soit parfois éloignée de celle du diagnostic. Ainsi, nous constatons que pour deux des poulains atteints de rhodococcose, les crottins ont été analysés avant la date de diagnostic par le vétérinaire (tableau n° 27). Pour autant, ces poulains pouvaient être déjà atteints à la date de prélèvements de fèces. Cet élément constitue une incertitude et donc une limite à la validité de l'interprétation tout comme la taille réduite de l'effectif.

Tableau n° 27: Dates du diagnostic de rhodococcose et dates des prélèvements de fèces chez les poulains atteints. Pour les poulains H2-P13 et H2-P19, le diagnostic de rhodococcose a été établi après la date de prélèvement des fèces

Code	Date du diagnostic	Date du prélèvement de fèces	Concentration en <i>Rhodococcus equi</i> (UFC/g)
H2-P2	02/05/2011	19/05/2011	0
H2-P11	09/06/2011	17/06/2011	0
H2-P13	28/05/2011	06/05/2011	6400 P+ et 1600 P-
H2-P19	04/07/2011	17/06/2011	0
H2-P20	19/04/2011	19/05/2011	0

Nous avons également étudié les relations entre le portage de *Rhodococcus equi*, virulent ou total, des juments pour les couples de jument-poulain « H2-J_{xi} – H2-P_{xi} » et les classes de poulains sains et malades.

Tableau n° 28: Nombre d'individus porteur de *Rhodococcus equi*, virulent ou total, chez juments mères des poulains sains ou malades

	Poulains sains	Poulains malades
Effectif	16	5
Mère porteuse de P+	3	0
Mère porteuse de P+ ou P-	4	0

D'après le tableau n° 28, nous constatons que les 5 poulains atteints de rhodococcose ont tous une mère non porteuse de *Rhodococcus equi* (donc a fortiori de *Rhodococcus equi* virulent). Cependant, étant donnés nos faibles effectifs, cette observation n'est pas

statistiquement significative (test exact de Fisher). Les résultats d'une étude menée sur 171 couples jument-poulain d'un même élevage montrent que les concentrations fécales en *Rhodococcus equi* total ou virulent ne sont pas significativement différentes chez les juments dont le poulain a été affecté par la rhodococcose (Grimm *et al.*, 2007). Cependant, puisque *Rhodococcus equi* a été détecté chez toutes les juments au moins une fois, cette étude conclue que l'excrétion fécale de *Rhodococcus equi* par les juments représente une source de contamination importante pour les poulains. Nous pouvons penser que le ramassage régulier des crottins réduit l'importance de cette source de contamination. Les crottins du haras H1 sont ramassés hebdomadairement alors qu'il n'y a pas de ramassage dans le haras H2.

En conclusion, nous constatons qu'il y a davantage de porteurs de *Rhodococcus equi* dans le haras atteint. De plus, il ne semble pas y avoir de lien entre le portage de *Rhodococcus equi* par les poulains et leurs statuts vis-à-vis de la rhodococcose. Enfin, nous avons constaté que les poulains atteints de rhodococcose n'avaient pas de mères porteuses de *Rhodococcus equi*. Cependant, nous pensons que le nombre d'individus dans notre étude reste insuffisant pour pouvoir conclure.

3.5.3 Analyse des données provenant des prélèvements de terre

3.5.3.1 Comparaison entre les deux haras

Avant tout, force est de constater que nous avons mis en évidence la présence de *Rhodococcus equi* virulent dans le sol du haras H1. Cela signifie que dans un haras réputé non contaminé, des souches virulentes de *Rhodococcus equi* sont présentes et donc que l'exposition des poulains à *Rhodococcus equi* virulent existe. Nous sommes intéressés en premier lieu à la comparaison entre les deux haras.

La figure n° 12 présente le nombre de prélèvements où *Rhodococcus equi*, virulent ou non virulent, a été isolé selon chaque haras, et ce pour toutes les dates, surfaces, endroits et profondeurs cumulées. Le nombre de prélèvements de terre total réalisés au cours de la campagne pour chaque haras est de 144 (tableau n° 29).

Figure n° 12: Nombre de fois où *Rhodococcus equi* virulent et non virulent a été isolé selon chaque haras. Les souches virulentes sont représentées en rouge.

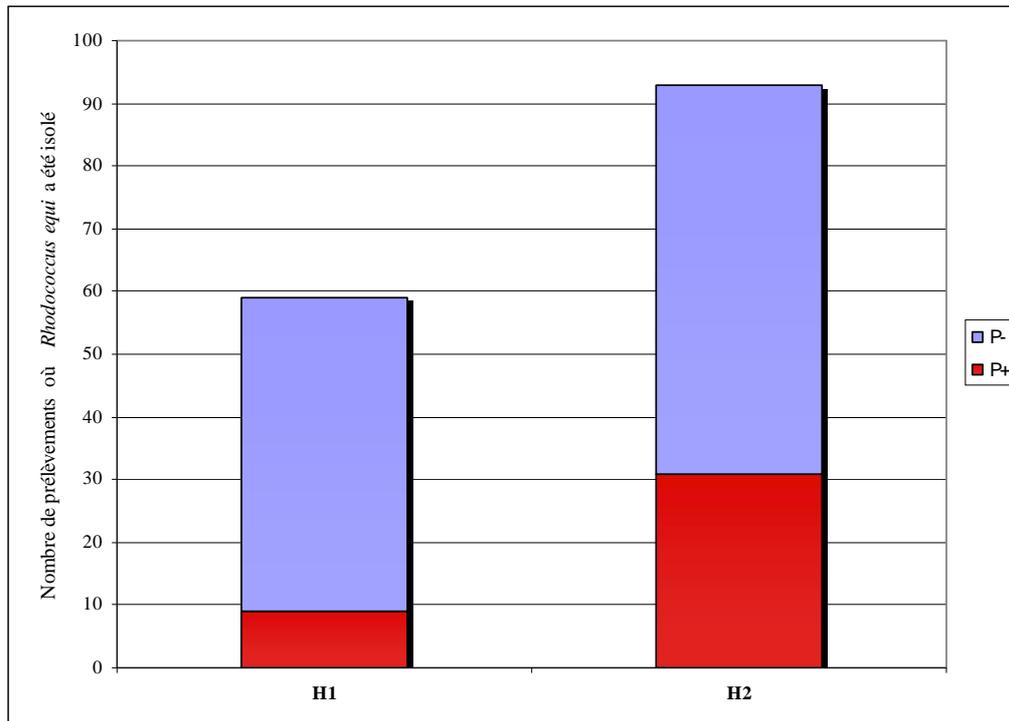


Tableau n° 29: Nombre de fois où *Rhodococcus equi* virulent (P+) et non virulent (P-) a été isolé selon chaque haras.

	H1	H2	Total
P+	9	31	40
P-	50	62	112
Total	59	93	141

Nous avons étudié la validité de l'hypothèse H0 : «Il n'y a pas de lien entre le type de haras et la présence de *Rhodococcus equi* dans la terre ». Le tableau n° 30 présente le tableau de contingence utilisé pour le test du χ^2 . Puisque les critères étudiés sont la présence ou l'absence de *Rhodococcus equi*, il est à noter que nous avons retranché les doublons par rapport aux effectifs du tableau n° 28. C'est à dire que les prélèvements pour lesquels *Rhodococcus equi* virulent (P+) et non virulent (P-) ont été isolés ne comptent désormais que pour un.

Tableau n° 30: Nombre de prélèvements où *Rhodococcus equi* a été isolé ou non selon chaque haras

	<i>H1</i>	<i>H2</i>	<i>Total</i>
<i>Présence R.equi</i>	55	77	132
<i>Absence R.equi</i>	89	67	157
<i>Total</i>	144	144	288

Les résultats du test d'indépendance du χ^2 montre que $\chi^2_{\text{calc}} > \chi^2_{\text{lim}}$ avec $\chi^2_{\text{calc}} = 6,769$ et $\chi^2_{\text{lim}} = 3,841$. Ce résultat nous permet de rejeter l'hypothèse H0 avec $p < 0,0093$. En conclusion, *Rhodococcus equi* est plus fréquemment isolé dans le sol du haras H2 que celui du haras H1 ($p < 0,01$).

Nous avons également étudié la validité de l'hypothèse H0 : «Il n'y a pas de liaison entre le type de haras et la présence de *Rhodococcus equi* virulent dans la terre ». Le tableau n° 31 est le tableau de contingence utilisé pour le test du χ^2 .

Tableau n° 31: Nombre de prélèvements où *Rhodococcus equi* virulent a été isolé ou non selon chaque haras

	<i>H1</i>	<i>H2</i>	<i>Total</i>
<i>Présence de P+</i>	9	31	40
<i>Absence de P+</i>	135	113	248
<i>Total</i>	144	144	288

Les résultats du test d'indépendance du χ^2 montre que $\chi^2_{\text{calc}} > \chi^2_{\text{lim}}$ avec $\chi^2_{\text{calc}} = 14,05$ et $\chi^2_{\text{lim}} = 3,841$. Ce résultat nous permet de rejeter l'hypothèse H0 avec $p < 0,00018$. En conclusion, *Rhodococcus equi* virulent est donc plus fréquemment isolé dans le sol du haras H2 que celui du haras H1 ($p < 0,001$).

En outre, il nous a paru intéressant de présenter la situation en termes de concentrations en *Rhodococcus equi* mesurées dans la terre (UFC/g de terre). Ces valeurs mesurées restent à relativiser compte tenu des concentrations extrêmement élevées qui peuvent être mesurées pour un seul prélèvement de terre. La figure n° 13 et le tableau n° 32 présentent les concentrations en *Rhodococcus equi*, virulent et non virulent, selon chaque haras et ce pour toutes les dates, surfaces, endroits et profondeurs cumulées.

Figure n° 13: Concentrations cumulées en *Rhodococcus equi*, virulent et non virulent, selon chaque haras

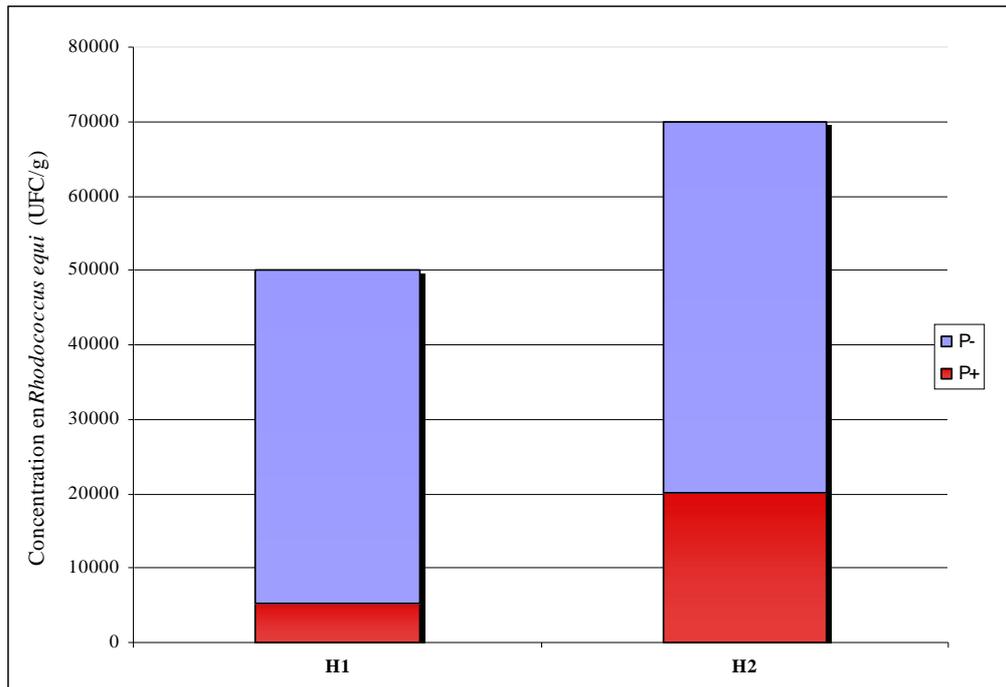


Tableau n° 32: Concentrations cumulées en *Rhodococcus equi*, virulent et non virulent, selon chaque haras

(UFC/g terre)	H1	H2	Total
P+	5 200	20 000	25 200
P-	44 800	50 000	94 800
Total	50 000	70 000	120 000

Nous constatons que, pour un nombre de prélèvements égal dans des surfaces semblables, les concentrations en *Rhodococcus equi* virulent et non virulents sont plus importantes dans le haras H2. Ainsi, si les concentrations en *Rhodococcus equi* non virulents sont proches (44 800 UFC/g de terre pour H1 et 50 000 UFC/g de terre pour H2), les concentrations en *Rhodococcus equi* virulents apparaissent nettement plus importantes pour le haras H2 (5 200 UFC/g de terre pour H1 et 20 000 UFC/g de terre pour H2). Compte tenu du nombre total de prélèvements, nous avons calculé les concentrations moyennes présentées au tableau n° 33.

Tableau n° 33: Concentration moyenne par prélèvement en *Rhodococcus equi*, virulent et non virulent, selon chaque haras

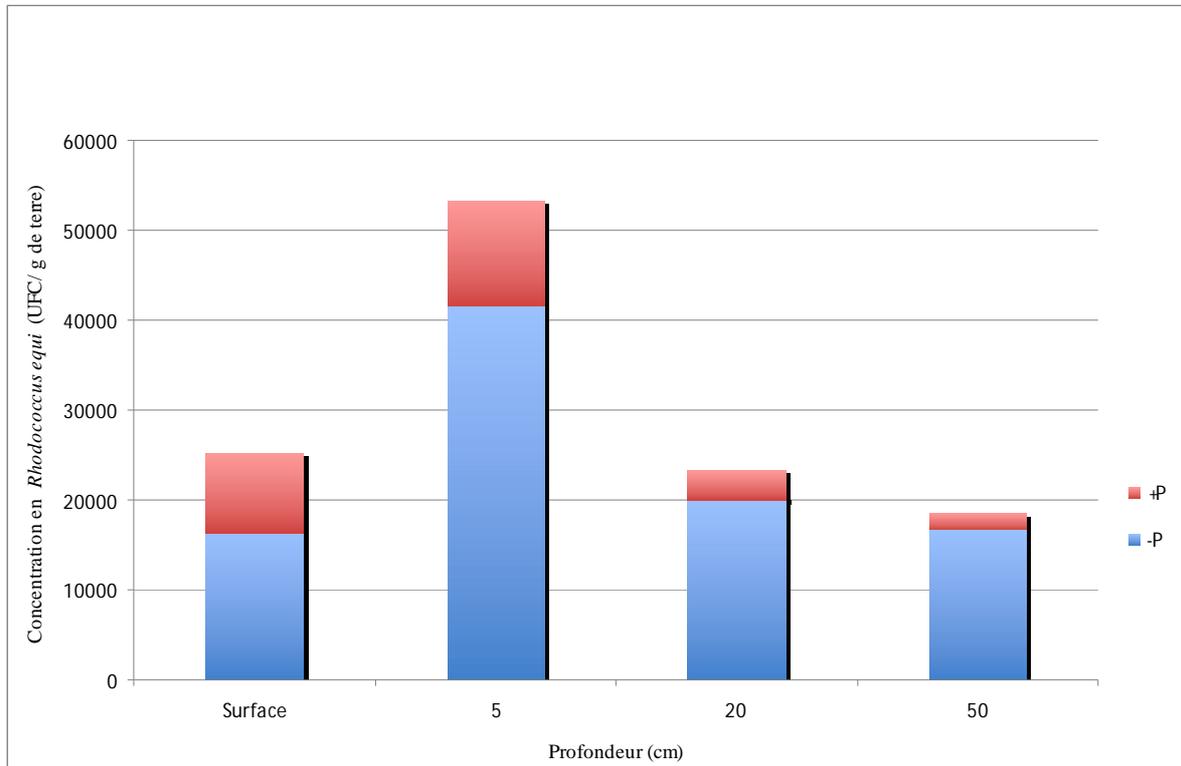
(UFC/g terre)	H1	H2	Total
P+	36,11	138,89	175
P-	311,11	347,22	658,33
Total	347,22	486,11	833,33

L'utilisation du test de Wilcoxon nous a permis de comparer les concentrations médianes. Ainsi, *Rhodococcus equi*, virulent ou non, est présent en concentrations plus importantes dans le haras H2 ($p < 0,0044$). De même, *Rhodococcus equi* virulent est présent en concentrations plus importantes dans le haras H2 ($p < 0,004$). En conclusion, nous pouvons avancer qu'il y a davantage de *Rhodococcus equi*, virulent ou non, tout comme davantage de *Rhodococcus equi* virulent dans le haras H2, c'est-à-dire dans le haras contaminé. Selon la littérature (Martens et al., 2002a; Martens et al., 2000), *Rhodococcus equi* virulent a été isolé dans les élevages qu'ils soient sains ou contaminés. Une de ces études a d'ailleurs conclu que les concentrations en *Rhodococcus equi* virulent ne sont pas significativement différentes entre les élevages indemnes et contaminés (Martens et al., 2000). Nos résultats obtenus dans 2 haras avec un très grand nombre de prélèvements tendent de la même manière à montrer que *Rhodococcus equi* virulent ou non est présent dans le sol quel que soit le statut sanitaire du haras. En revanche, la contamination du sol est significativement plus élevée dans le haras présentant des épisodes récurrents de rhodococcose (H2) par rapport au haras sain (H1). Ce résultat diffère des études antérieures (Cohen, 2008; Martens, 2000) mais il est difficile de comparer nos résultats à ceux de ces études puisque notre protocole de prélèvements est différent des leurs (notamment par la réalisation de prélèvements à 4 profondeurs différentes). Il serait nécessaire de réaliser des prélèvements dans un plus grand nombre d'élevages pour confirmer ou infirmer l'existence d'une différence entre haras indemnes et haras atteints.

3.5.3.2 Comparaison selon la profondeur du prélèvement

Dans un second temps, nous avons analysé les concentrations en *Rhodococcus equi* selon la profondeur du prélèvement. Pour rappel, les prélèvements de terre ont été réalisés en surface, à 5, 20 et 50 centimètres de profondeur. La figure n° 14 présente ces concentrations cumulées pour les 6 séances, les surfaces et pour les deux haras.

Figure n° 14: Concentration en *Rhodococcus equi* virulents et non virulents (UFC/g) selon la profondeur. Données cumulées pour les deux haras.



Au vu de la figure n° 14, il apparaît qu'il existe un pic de concentration en *Rhodococcus equi* à la profondeur de 5 centimètres. En effet, cette profondeur concentre à elle seule 44,79 % des colonies de *Rhodococcus equi* mis en évidence. De plus, il est important de noter que *Rhodococcus equi* virulent est présent à 50 centimètres de profondeur dans le sol, ce qui ne va pas sans soulever certains problèmes concernant une éventuelle éradication des *Rhodococcus equi* virulents. Nous avons étudié la répartition des prélèvements où *Rhodococcus equi* a été isolé selon deux classes de profondeur (tableau n° 34). La première, superficielle, concerne les prélèvements effectués en surface et à 5 cm de profondeur tandis que la seconde, profonde, intéresse les prélèvements réalisés à 20 et 50 cm de profondeur.

Tableau n° 34: Nombre de prélèvements où *Rhodococcus equi*, virulent et non virulent, selon les niveaux de prélèvements superficiels (surface et 5 cm) et les niveaux de prélèvements profonds (20 cm et 50 cm). Un prélèvement contenant des *Rhodococcus equi* virulents et non virulents n'est comptabilisé qu'une seule fois

	<i>Superficiel</i>	<i>Profond</i>	<i>Total</i>
<i>Présence de R.equi</i>	76	55	131
<i>Absence de R.equi</i>	68	89	157
<i>Total</i>	144	144	288

Nous avons étudié la validité de l'hypothèse H0 : « *Rhodococcus equi* n'est pas davantage présent à une classe de profondeur donnée ». Le tableau de contingence utilisé pour le test d'indépendance du χ^2 est celui du tableau n° 33. Les résultats du test d'indépendance du χ^2 montre que $\chi^2_{\text{calc}} > \chi^2_{\text{lim}}$ avec $\chi^2_{\text{calc}} = 6,175$ et $\chi^2_{\text{lim}} = 3,841$. Ce résultat nous permet de rejeter l'hypothèse H0 avec $p < 0,0013$. En conclusion, *Rhodococcus equi* est davantage présent aux faibles profondeurs (surface et 5cm) qu'aux profondeurs plus importantes (20 et 50 cm).

Nous avons également étudié la validité de l'hypothèse H0 : « *Rhodococcus equi* virulent n'est pas davantage présent à une classe de profondeur donnée ». Le tableau de contingence avec lequel le test d'indépendance du χ^2 a été réalisé est présenté ci-dessous (tableau n° 35).

Tableau n° 35: Nombre de prélèvements où *Rhodococcus equi* virulent a été mis en évidence selon les niveaux de prélèvements superficiels (surface et 5 cm) et les niveaux de prélèvements profonds (20 cm et 50 cm)

	<i>Superficiel</i>	<i>Profond</i>	<i>Total</i>
<i>Présence de P+</i>	30	10	40
<i>Absence de P+</i>	114	134	248
<i>Total</i>	144	144	288

Les résultats du test d'indépendance du χ^2 montre que $\chi^2_{\text{calc}} > \chi^2_{\text{lim}}$ avec $\chi^2_{\text{calc}} = 11,61$ et $\chi^2_{\text{lim}} = 3,841$. Ce résultat nous permet de rejeter l'hypothèse H0 avec $p < 0,00065$. En conclusion, *Rhodococcus equi* virulent est plus fréquemment isolé aux faibles profondeurs (surface et 5 cm) qu'aux profondeurs plus importantes ($p < 0,001$). Enfin, l'utilisation de test de Wilcoxon permet d'affirmer que les concentrations en *Rhodococcus equi*, virulent ou non, sont plus importantes aux faibles profondeurs qu'aux profondeurs plus importantes ($p < 0,00018$), tout comme celles de *Rhodococcus equi* virulent ($p < 0,0012$).

En outre, le nombre de fois où prélèvements de *Rhodococcus equi* virulent ou non sont positifs à la fois en surface (surface et 5cm) et en profondeur (20 cm et 50 cm) est de 33. Le nombre de fois où ces prélèvements sont positifs en surface alors qu'ils sont négatifs en profondeur est de 15. En revanche, le nombre de fois où les prélèvements mettent en évidence *Rhodococcus equi*, virulent ou non, en profondeur alors qu'il est absent en surface est de 6. Ainsi, sur 26 localisations où *Rhodococcus equi* virulent a été isolé, seules 2 n'auraient pas été positives si nous avions réalisé que des prélèvements en surface (soit 7,7 % de faux négatifs). Ainsi, sur 54 localisations où *Rhodococcus equi*, virulent ou non, a été isolé, seules 6 n'auraient pas été positives si nous n'avions réalisé que des prélèvements en surface (soit 11,1 % de faux négatifs).

Le nombre de fois où les prélèvements mettent en évidence *Rhodococcus equi* virulent à la fois en surface et en profondeur est de 8. Le nombre de fois où les prélèvements mettent en évidence *Rhodococcus equi* virulent en surface alors qu'il est absent en profondeur est de 16. En revanche, le nombre de fois où *Rhodococcus equi* virulent est isolé en profondeur alors qu'il ne l'est pas en surface est de 2. Ainsi, sur 26 localisations où *Rhodococcus equi* virulent a été isolé, seules 2 n'auraient pas été positives si nous n'avions réalisé que des prélèvements en surface (soit 7,7 % de faux négatifs). En conclusion, dans le cadre d'une étude à plus grande échelle, nous pourrions ainsi envisager une réduction du protocole de prélèvements en se limitant à des prélèvements à des niveaux superficiels (surface et 5 cm) pour évaluer la présence de *Rhodococcus equi* dans le sol.

En conclusion, nous retenons que *Rhodococcus equi* virulent et *Rhodococcus equi* total se concentrent davantage à des niveaux superficiels qu'à des niveaux profonds. La possibilité d'aérosolisation de la terre située en surface ou à faible profondeur et la présence de la plupart des bactéries virulentes dans cette zone superficielle rendent particulièrement intéressant ce résultat.

3.5.3.3 Comparaison selon la surface

En outre nous avons établi une comparaison entre les différents types de surfaces. La figure n° 15 et le tableau n° 36 présentent la répartition des prélèvements où *Rhodococcus equi* a été isolé.

Figure n° 15: Nombre de fois où *Rhodococcus equi* virulents et non virulents ont été isolés selon la surface pour les deux haras

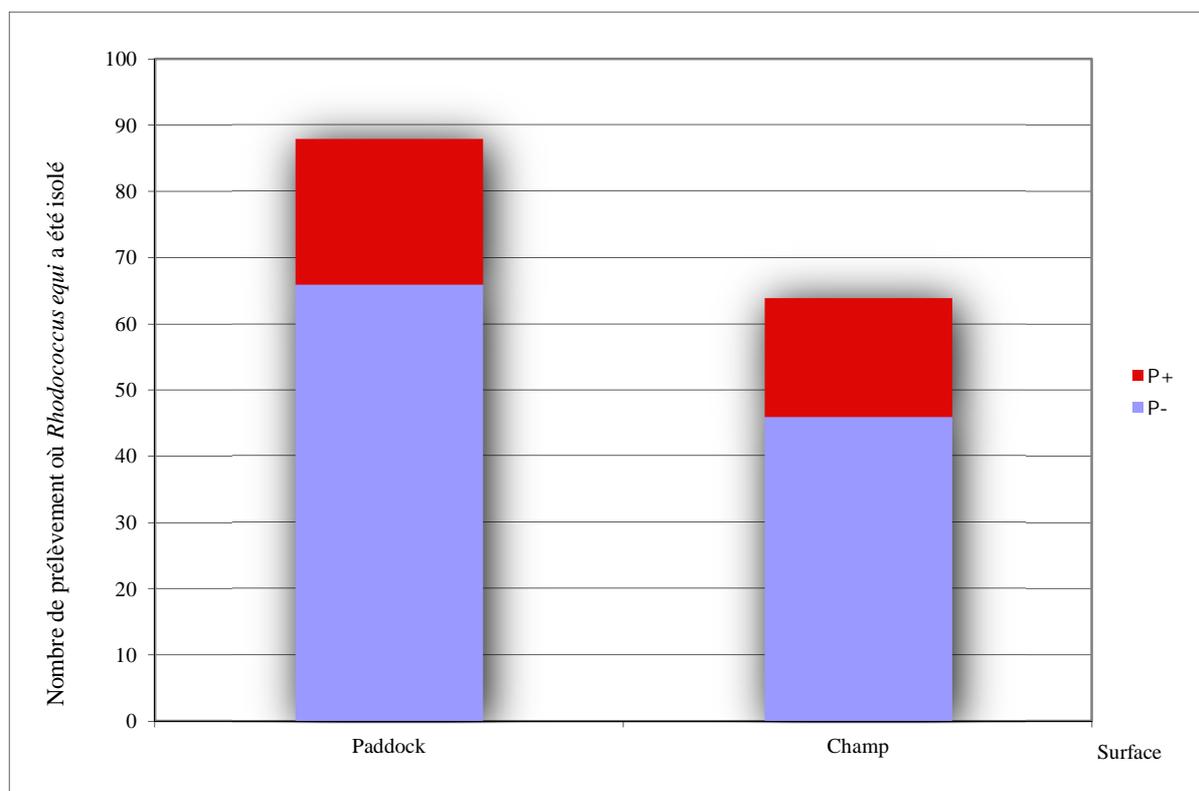


Tableau n° 36: Nombre de fois où *Rhodococcus equi* virulents et non virulents ont été isolés selon la surface pour les deux haras. Données chiffrées.

	Paddock	Champ
P+	22	18
P-	66	46

Nous avons vérifié la validité de l'hypothèse H0 : « *Rhodococcus equi* est retrouvé au paddock et au champ dans des proportions identiques ». Les effectifs sont présentés au tableau n° 37.

Tableau n° 37: Nombre de prélèvements mettant en évidence *Rhodococcus equi*, virulent ou non, selon chaque surface. Les données des deux haras sont cumulées.

	Paddock	Champ	Total
Présence de <i>R.equi</i>	62	59	121
Absence de <i>R.equi</i>	82	85	167
Total	144	144	288

Les résultats du test d'indépendance du χ^2 montre que $\chi^2_{\text{calc}} < \chi^2_{\text{lim}}$ avec $\chi^2_{\text{calc}} = 0,128$ et $\chi^2_{\text{lim}} = 3,841$. Ce résultat ne nous permet pas de rejeter l'hypothèse H0. Nous avons également vérifié la validité de l'hypothèse H0 : « *Rhodococcus equi* virulent est retrouvé au paddock et au champ de manière identique ». Les effectifs sont présentés au tableau n° 38.

Tableau n° 38: Nombre de prélèvements mettant en évidence *Rhodococcus equi* virulent selon chaque surface. Les données des deux haras sont cumulées.

	Paddock	Champ	Total
Présence de P+	22	18	40
Absence de P+	122	126	248
Total	144	144	288

Les résultats du test d'indépendance du χ^2 montre que $\chi^2_{\text{calc}} < \chi^2_{\text{lim}}$ avec $\chi^2_{\text{calc}} = 0,465$ et $\chi^2_{\text{lim}} = 3,841$. Ce résultat ne nous permet pas de rejeter l'hypothèse H0. Ainsi, d'après les résultats cumulés dans les deux haras, *Rhodococcus equi* total ou *Rhodococcus equi* virulent sont isolés avec la même fréquence dans les deux types de surface (paddock et champ).

Nous pouvons désormais étudier ces deux hypothèses pour chaque haras afin de vérifier si cette tendance est identique dans chacun d'entre eux. Le tableau n° 39 décrit les résultats obtenus dans le haras H1.

Tableau n° 39: Nombre de prélèvements mettant en évidence *Rhodococcus equi*, virulent ou non, selon chaque surface pour le haras H1

H1	Paddock	Champ	Total
Présence de <i>R.equi</i>	29	30	59
Absence de <i>R.equi</i>	43	42	85
Total	72	72	144

Les résultats du test d'indépendance du χ^2 montre que $\chi^2_{\text{calc}} < \chi^2_{\text{lim}}$ avec $\chi^2_{\text{calc}} = 0,0287$ et $\chi^2_{\text{lim}} = 3,841$. Ce résultat ne nous permet pas de rejeter l'hypothèse H0. Nous étudions la même hypothèse avec *Rhodococcus equi* virulent (tableau n° 40).

Tableau n° 40: Nombre de prélèvements mettant en évidence *Rhodococcus equi* virulent selon chaque surface.

H1	Paddock	Champ	Total
Présence de P+	6	3	9
Absence de P+	66	69	135
Total	72	72	144

Compte tenu des effectifs réduits, nous avons utilisé le test exact de Fisher; la valeur obtenue est p bilatéral < 0,49. Ce résultat ne nous permet pas de rejeter l'hypothèse. En conclusion, *Rhodococcus equi* virulent ou non, n'est pas plus fréquemment isolé dans le paddock que dans le champ du haras H1. À présent, étudions ces hypothèses pour le haras H2 (tableau n° 41).

Tableau n° 41: Nombre de prélèvements mettant en évidence *Rhodococcus equi*, virulent ou non, selon chaque surface pour le haras H2

H2	Paddock	Champ	Total
Présence de <i>R.equi</i>	59	33	92
Absence de <i>R.equi</i>	13	39	52
Total	72	72	144

Les résultats du test d'indépendance du χ^2 montre que $\chi^2_{\text{calc}} > \chi^2_{\text{lim}}$ avec $\chi^2_{\text{calc}} = 20,35$ et $\chi^2_{\text{lim}} = 3,841$ (avec p < 0,00001). Ce résultat nous permet de rejeter l'hypothèse H0. Cela signifie que *Rhodococcus equi* est plus fréquemment isolé dans le paddock que dans le champ du haras H2. Nous avons également vérifié la validité de l'hypothèse H0 : « *Rhodococcus equi* virulent est retrouvé au paddock et au champ de manière identique. » Les effectifs sont présentés au tableau n° 42.

Tableau n° 42: Nombre de prélèvements mettant en évidence *Rhodococcus equi* virulent selon chaque surface pour le haras H2

H2	Paddock	Champ	Total
Présence de P+	16	14	30
Absence de P+	56	58	114
Total	72	72	144

Les résultats du test d'indépendance du χ^2 montre que $\chi^2_{\text{calc}} < \chi^2_{\text{lim}}$ avec $\chi^2_{\text{calc}} = 0,168$ et $\chi^2_{\text{lim}} = 3,841$. Ce résultat ne nous permet pas de rejeter l'hypothèse H0. En conclusion, *Rhodococcus equi* virulent, n'est pas plus fréquemment isolé dans le paddock que dans le champ du haras H2.

Pour les calculs suivants, nous n'avons pris en compte que les prélèvements isolant *Rhodococcus equi* virulent et réalisés en surface et à 5 cm de profondeur (tableau n° 43). En effet, la présence de *Rhodococcus equi* virulent en surface est celle la plus à même de jouer un rôle déterminant dans l'exposition aux poulains.

Tableau n° 43: Nombre de prélèvements en surface et à 5 cm mettant en évidence *Rhodococcus equi* virulent selon chaque surface pour le haras H1

H1	Paddock	Champ	Total
Présence de P+	4	3	7
Absence de P+	32	33	65
Total	36	36	72

Les résultats du test exact de Fisher ne nous permettent pas de rejeter l'hypothèse H0 au risque de $p < 0,05$. En conclusion, *Rhodococcus equi* virulent, n'est pas plus fréquemment isolé en surface dans le paddock que dans le champ du haras H1. Étudions à présent cette hypothèse dans le haras H2 (tableau n° 44).

Tableau n° 44: Nombre de prélèvements en surface et à 5 cm mettant en évidence *Rhodococcus equi* virulent selon chaque surface pour le haras H2

H2	Paddock	Champ	Total
Présence de P+	13	10	23
Absence de P+	23	26	49
Total	36	36	72

Les résultats du test d'indépendance du χ^2 montre que $\chi^2_{\text{calc}} < \chi^2_{\text{lim}}$ avec $\chi^2_{\text{calc}} = 0,575$ et $\chi^2_{\text{lim}} = 3,841$. Ce résultat ne nous permet pas de rejeter l'hypothèse H0. En conclusion, *Rhodococcus equi* virulent, n'est pas plus fréquemment isolé en surface dans le paddock que dans le champ du haras H2.

L'étude des liens entre la fréquence à laquelle est retrouvée *Rhodococcus equi* et le type de surface ne permet pas de mettre en évidence clairement une tendance, excepté que la bactérie est plus fréquemment retrouvée dans le paddock que dans le champ du haras H2. Cependant, la présence de plusieurs colonies dans un seul prélèvement n'est pas correctement prise en compte par cette distinction selon la présence ou l'absence de *Rhodococcus equi* dans un prélèvement. Par conséquent, le tableau n° 45 présente les concentrations moyennes de *Rhodococcus equi*, virulent ou non, selon chaque surface.

Tableau n° 45: Concentrations moyennes en *Rhodococcus equi* virulent et non virulent dans le sol de chaque surface

	Paddock	Champ
Concentration moyenne P+	105,56	69,44
Concentration moyenne P-	436,11	222,22

Aucune différence statistiquement significative n'a été identifiée en ce qui concerne la fréquence à laquelle *Rhodococcus equi* est isolé sur une surface au sein d'un même haras. En revanche, l'étude des concentrations moyennes suggère que *Rhodococcus equi* est davantage présent dans le paddock que le champ. Le test de Wilcoxon comparant les concentrations médianes n'a pas mis en évidence de différence significative de concentrations en *Rhodococcus equi* virulent entre le paddock et le champ ($p < 0,35$) mais souligne une différence significative pour *Rhodococcus equi* virulent ou non ($p < 0,0045$).

À titre indicatif et descriptif, les figures présentent les concentrations en *Rhodococcus equi* virulent ou non selon la surface pour chaque profondeur et pour chaque haras.

Figure n° 16: Concentration en *Rhodococcus equi* virulents et non virulents selon la profondeur pour chaque surface dans le haras H1

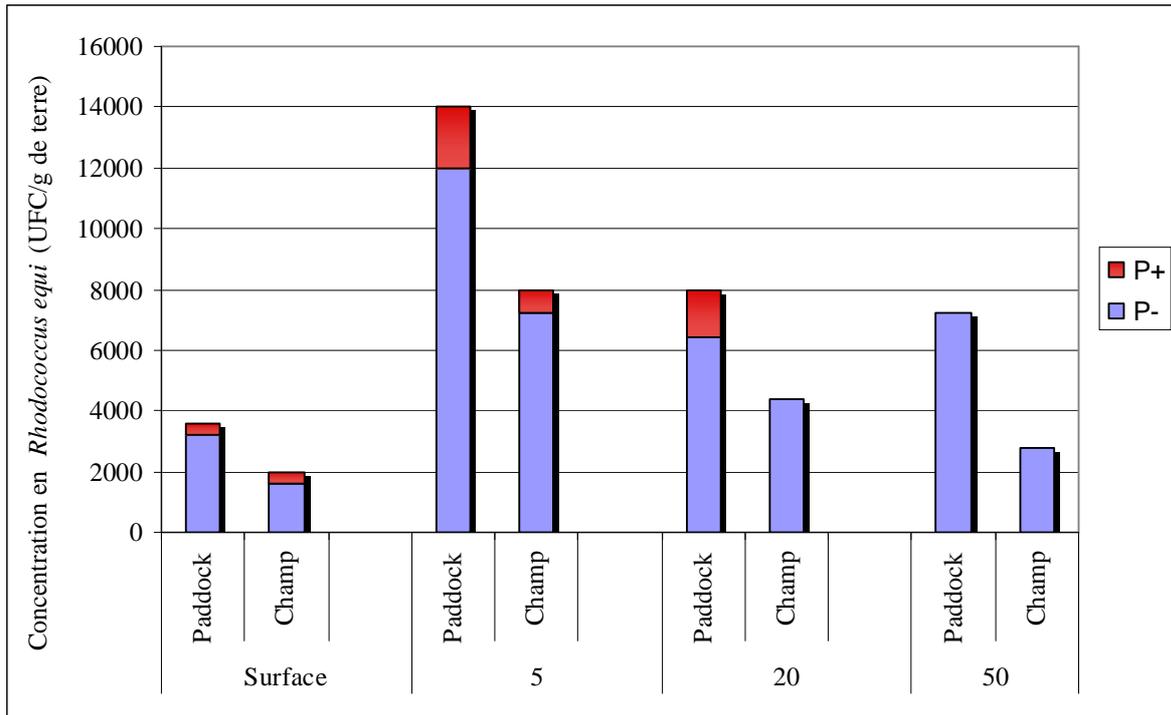
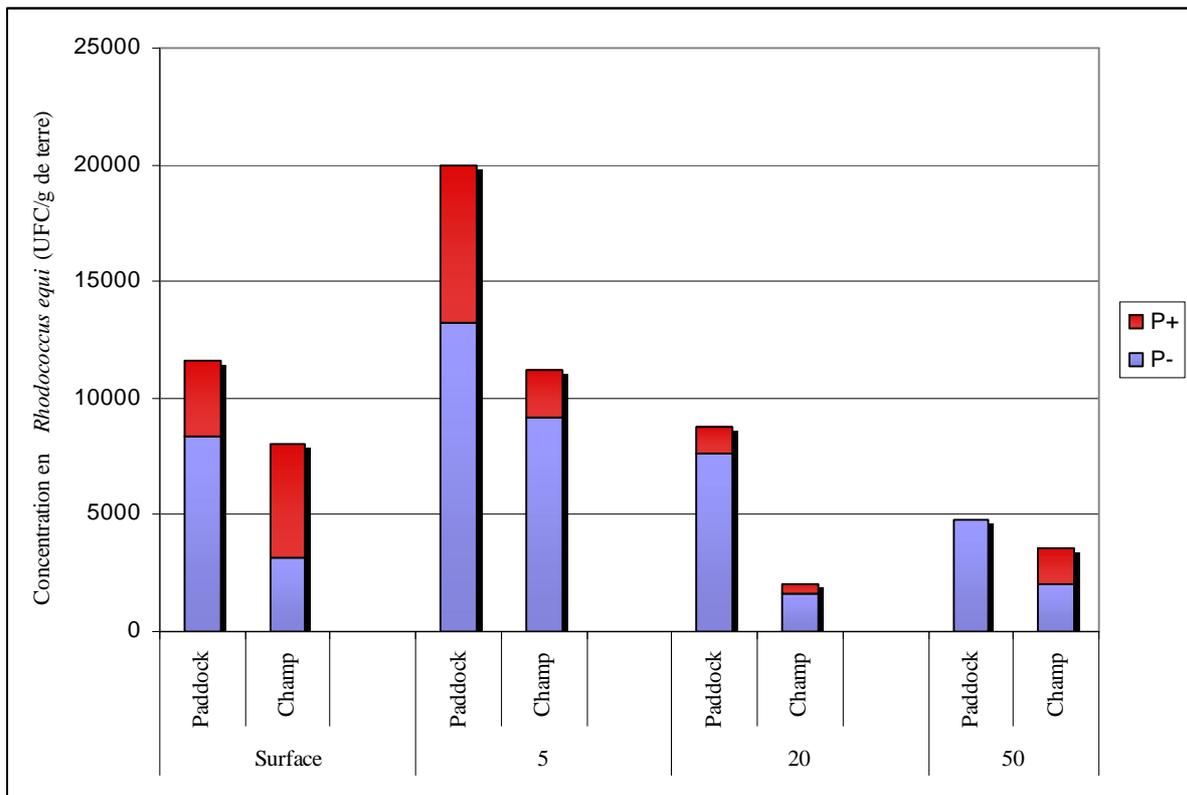


Figure n° 17: Concentration en *Rhodococcus equi* virulents et non virulents selon la profondeur pour chaque surface dans le haras H2



En comparant les figures nous visualisons que les concentrations en *Rhodococcus equi* sont plus élevées dans le haras H2 que le haras H1. Grâce à la distinction par surface, nous constatons également que les concentrations en *Rhodococcus equi* semblent être plus élevées dans les paddocks que dans les champs.

En conclusion, nos résultats montrent que la bactérie est isolée avec la même fréquence dans les 2 surfaces (paddock et champ) mais il semble qu'elle soit en concentration plus importante sur les paddocks.

3.5.3.4 Comparaison selon la localisation

Au sein de chaque surface, paddock ou champ, les prélèvements de terre ont été réalisés dans trois localisations différentes : l'entrée, le centre et l'auge. Pour rappel, la localisation « auge » désigne un espace qui, selon le lieu, présente une auge, une pierre à sels au sol ou bien un abreuvoir. Dans tous les cas, il s'agit d'un endroit très sollicité bien distinct de l'entrée. Les effectifs sont présentés au tableau n° 46.

Tableau n° 46: Nombre de prélèvements isolant *Rhodococcus equi*, virulent ou non, selon les localisations au sein des deux surfaces. Les données sont cumulées pour les deux haras.

	Auge	Centre	Entrée	Total
Présence de <i>R.equi</i>	36	44	74	154
Absence de <i>R.equi</i>	60	52	22	134
Total	96	96	96	288

Nous avons étudié la validité de l'hypothèse H0 : « *Rhodococcus equi* est isolé à la même fréquence quelle que soit la localisation sur une surface ». Les résultats du test d'indépendance du χ^2 montre que $\chi^2_{\text{calc}} > \chi^2_{\text{lim}}$ avec $\chi^2_{\text{calc}} = 33,61$ et $\chi^2_{\text{lim}} = 5,991$ ($p < 0,00001$). Ce résultat nous permet de rejeter l'hypothèse H0. En conclusion, *Rhodococcus equi* virulent ou non, est plus fréquemment isolé à l'entrée des surfaces. De même, nous avons étudié cette hypothèse pour *Rhodococcus equi* virulent (tableau n° 47).

Tableau n° 47: : Nombre de prélèvements isolant *Rhodococcus equi* virulent selon les localisations au sein des deux surfaces. Les données sont cumulées pour les deux haras.

	Auge	Centre	Entrée	Total
Présence de P+	4	12	24	40
Absence de P+	92	84	72	248
Total	96	96	96	288

Les résultats du test d'indépendance du χ^2 montre que $\chi^2_{\text{calc}} > \chi^2_{\text{lim}}$ avec $\chi^2_{\text{calc}} = 17,65$ et $\chi^2_{\text{lim}} = 5,991$ (avec $p < 0,00015$). Ce résultat nous permet de rejeter l'hypothèse H0. En conclusion, *Rhodococcus equi* virulent est plus fréquemment isolé à l'entrée des surfaces. Ainsi, l'entrée, que ce soit celle du champ ou du paddock, semble être une zone plus à risque d'exposition pour les poulains.

En outre, nous avons souhaité savoir s'il existe une localisation davantage à risque dans chaque surface pour chaque haras. Étant donné que nous sommes à la recherche d'une zone pouvant présenter un risque, nous avons choisi de ne prendre en compte que les prélèvements mettant en évidence *Rhodococcus equi* virulent et réalisés à de faibles profondeurs, c'est-à-dire en surface et à 5cm. Devant les faibles effectifs, les conditions d'application du test d'indépendance du χ^2 n'étaient pas remplies. Nous avons donc regroupés les effectifs observés dans les localisations auge et centre afin d'utiliser le test de Fisher (tableau n° 48).

Tableau n° 48: Nombre de prélèvements isolant *Rhodococcus equi* virulent à une faible profondeur dans le paddock du haras H1 selon deux classes de localisation

H1	Auge et Centre	Entrée	Total
Présence de P+	1	3	4
Absence de P+	23	9	32
Total	24	12	36

Le test de Fisher ne permet pas d'affirmer que *Rhodococcus equi* virulent est plus fréquemment isolé à l'entrée du paddock à faible profondeur dans le haras H1 (p bilatéral<0,098). Nous avons procédé de la même manière pour le champ (tableau n° 49).

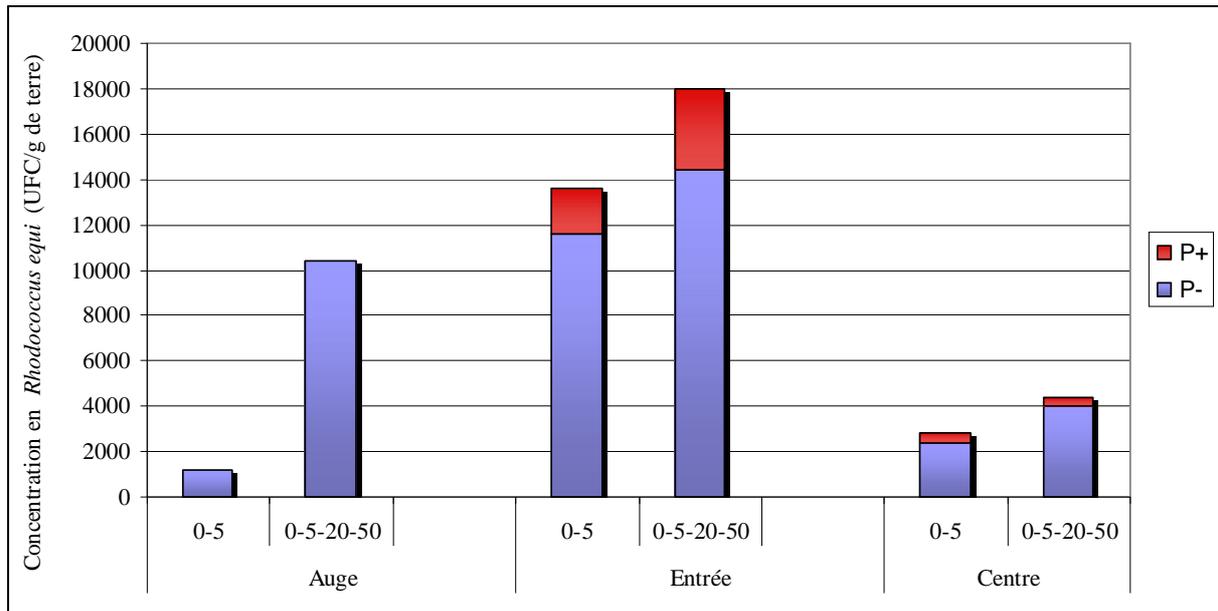
Tableau n° 49: Nombre de prélèvements isolant *Rhodococcus equi* virulent à une faible profondeur dans le champ du haras H1 selon deux classes de localisation

H1	Auge et Centre	Entrée	Total
Présence de P+	0	3	4
Absence de P+	24	9	32
Total	24	12	36

Le test de Fisher permet d'affirmer que *Rhodococcus equi* virulent est plus fréquemment isolé à l'entrée du champ à faible profondeur dans le haras H1 (p bilatéral<0,031).

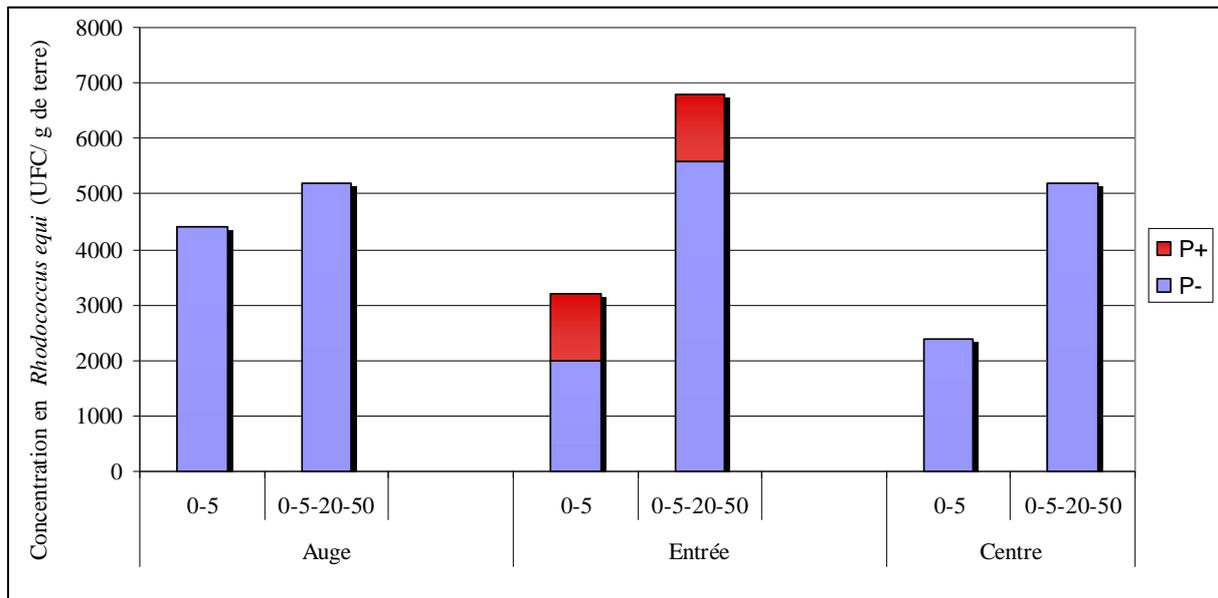
À titre indicatif les figures n° 18 et n° 19 présentent respectivement les concentrations en *Rhodococcus equi* virulents et non virulents dans le paddock et le champ du haras H1.

Figure n° 18: Concentration en *Rhodococcus equi* virulents et non virulents dans le paddock du haras H1 selon la localisation du prélèvement (auge, entrée, centre) et sa profondeur.



D'après la figure n° 18, nous visualisons que *Rhodococcus equi* virulent est majoritairement présent à l'entrée du paddock. Nous n'avons mis en évidence qu'une seule fois *Rhodococcus equi* virulent au centre du paddock sur la totalité des prélèvements.

Figure n° 19: Concentration en *Rhodococcus equi* virulents et non virulents dans le champ du haras H1 selon la localisation du prélèvement (auge, entrée, centre) et sa profondeur.



D'après la figure n° 19, nous visualisons que *Rhodococcus equi* virulent est seulement présent à l'entrée du champ. En conclusion, nous retenons que *Rhodococcus equi* virulent se concentre essentiellement à l'entrée du champ et du paddock dans le haras H1. Nous

remarquons que *Rhodococcus equi* virulent n'a jamais été isolé au sein des prélèvements réalisés autour de l'auge. Pourtant, ce type de surface souffrant d'un manque d'enherbement a très souvent choisi comme site de prélèvement dans certaines études précédentes (Martens *et al.*, 2002a; Muscatello *et al.*, 2006).

De la même manière, nous avons recherché les localisations à risque dans le haras H2. De nouveau, nous avons donc regroupés les effectifs observés dans les localisations auge et centre afin d'utiliser le test de Fisher (tableau n° 50).

Tableau n° 50: Nombre de prélèvements isolant Rhodococcus equi virulent à une faible profondeur dans le paddock du haras H2 selon deux classes de localisation

H2	Auge et Centre	Entrée	Total
Présence de P+	8	5	13
Absence de P+	16	7	23
Total	24	12	36

Le test de Fisher ne permet pas d'affirmer que *Rhodococcus equi* virulent est plus fréquemment présent à une certaine localisation du champ à faible profondeur (p bilatéral<0,72). Nous avons procédé de la même manière pour le champ (tableau n° 51).

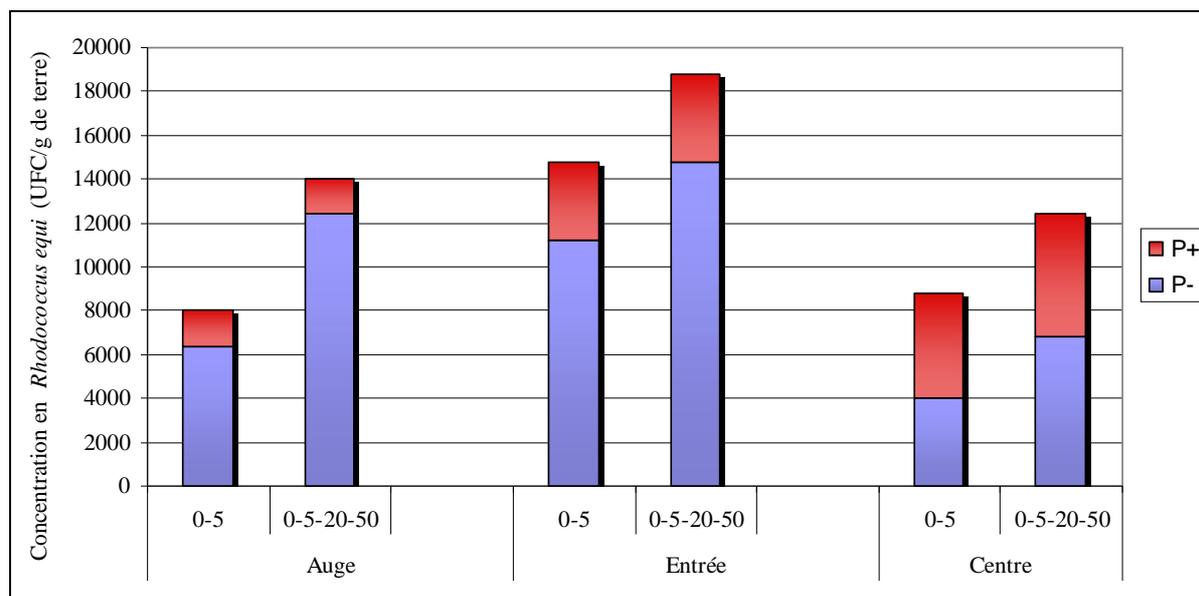
Tableau n° 51: Nombre de prélèvements isolant Rhodococcus equi virulent à une faible profondeur dans le champ du haras H2 selon deux classes de localisation

H2	Auge et Centre	Entrée	Total
Présence de P+	4	6	10
Absence de P-	20	6	27
Total	24	12	36

Le test de Fisher ne permet pas d'affirmer que *Rhodococcus equi* virulent est davantage isolé à une certaine localisation du champ à faible profondeur (p bilatéral<0,053).

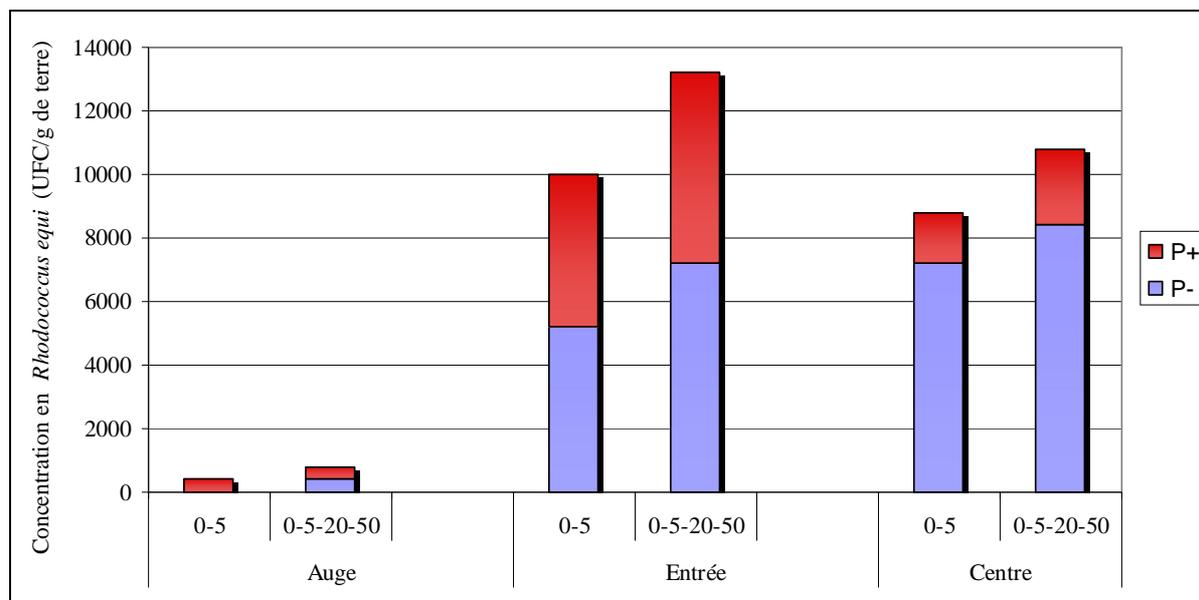
À titre indicatif, les figures présentent respectivement les concentrations en *Rhodococcus equi* virulents et non virulents dans le paddock et le champ du haras H2.

Figure n° 20: Concentration en *Rhodococcus equi* virulents et non virulents dans le paddock du haras H2 selon la localisation du prélèvement (auge, entrée, centre) et sa profondeur



Les résultats du test de Fisher et la visualisation de la figure n° 20 montrent que *Rhodococcus equi* virulent est aussi fréquemment présent dans les 3 localisations étudiées dans le paddock du haras H2 et ce à des concentrations similaires.

Figure n° 21: Concentration en *Rhodococcus equi* virulents et non virulents dans le champ du haras H2 selon la localisation du prélèvement (auge, entrée, centre) et sa profondeur



Les résultats du test de Fisher montrent que *Rhodococcus equi* virulent est présent dans les 3 localisations étudiées dans le champ. Cependant, ce résultat est peut être dû à la réunion des localisations « auge » et « centre » en un seul groupe puisque la visualisation de la figure n° 21 montre que l'« entrée » semble être une localisation où la concentration en *Rhodococcus equi* virulent est la plus importante.

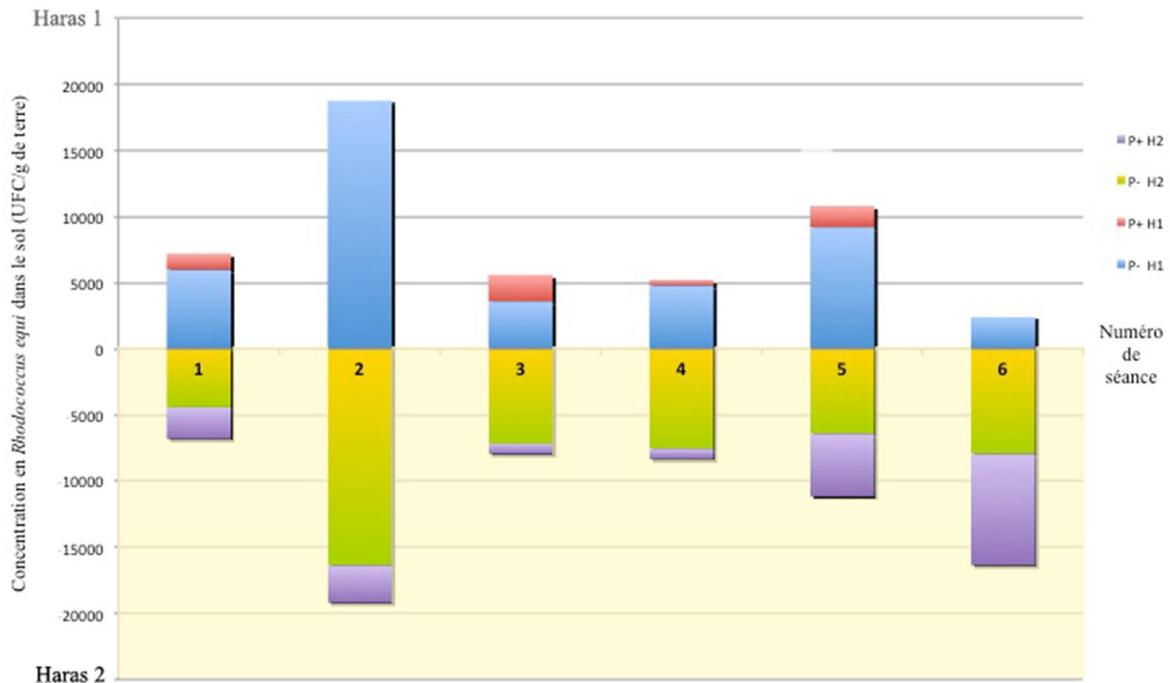
En conclusion, *Rhodococcus equi* virulent est plus fréquemment isolé à l'entrée des surfaces. (pour les 2 haras et les 2 surfaces confondus). L'entrée, que ce soit celle du champ ou du paddock, semble être une zone plus à risque d'exposition pour les poulains. Les résultats du haras H1 semblent confirmer ces résultats globaux : *Rhodococcus equi* virulent se concentre essentiellement à l'entrée du champ et du paddock dans le haras H1. Les résultats dans le haras H2 sont différents : *Rhodococcus equi* virulent n'est pas plus fréquemment isolé dans l'entrée du paddock ou du champ. Cependant, dans le champ du haras H1, l'entrée du champ semble tout de même être une localisation où la concentration en *Rhodococcus equi* virulent est la plus importante.

Par ailleurs, en comparaison avec les résultats obtenus pour le haras H1, le haras H2 présente une contamination plus diffuse dans les deux surfaces. De plus l'étude des figures ainsi que les résultats obtenus quant à la profondeur laissent à penser que *Rhodococcus equi* virulent est non seulement présent sur toute la surface mais aux faibles profondeurs de surcroît. Ainsi, dans l'hypothèse d'aérosolisation de la bactérie, les poulains évoluant sur ces surfaces seraient particulièrement exposés.

3.5.3.5 Comparaison selon le temps

Nous avons également étudié l'évolution des concentrations en *Rhodococcus equi* virulents et non virulents au cours du temps. Sur la figure n° 22, nous avons représenté chaque séance de prélèvements par un numéro sur l'axe des abscisses. Sur l'axe des ordonnées sont représentées les concentrations en *Rhodococcus equi* virulents et non virulents pour chaque haras avec H1 vers le haut, et H2 vers le bas. Cette disposition facilite la comparaison des concentrations au cours du temps.

Figure n° 22: Évolution des concentrations en *Rhodococcus equi* virulents et non virulents en fonction du temps. Il y a 6 séances consécutives. Les valeurs des concentrations en *Rhodococcus equi* sont représentées au-dessus de l'axe horizontal central pour H1 et en-dessous de cet axe pour H2



D'après la figure n° 22, nous constatons qu'il existe une évolution quasiment symétrique des concentrations totales en *Rhodococcus equi* pour chaque séance entre les deux haras. Nous avons donc émis l'hypothèse que certains facteurs pourraient influencer la concentration en *Rhodococcus equi* dans le sol. Très peu de variables semblent influencer les concentrations en *Rhodococcus equi* virulent dans le sol (Muscatello *et al.*, 2006). Dans cette étude menée par Muscatello *et al.*, certains paramètres sont associés aux concentrations en *Rhodococcus equi* virulents tels que l'hygrométrie du sol, celle de l'air, la taille du groupe de poulains ou la date mais pour certaines surfaces seulement. Aucun paramètre étudié n'a permis d'expliquer les variations de concentrations observées. Nous pensons que les facteurs susceptibles d'influencer les concentrations en *Rhodococcus equi* dans le sol pourraient être la contamination par des porteurs, des facteurs climatiques (température, pluie) ou bien des facteurs liés au sol (pH, hygrométrie, concentration en oligo-éléments).

Compte tenu de l'espacement entre les séances de prélèvements qui est d'environ 15 jours, notre choix s'est porté sur un paramètre quantitatif cumulatif plutôt qu'un paramètre quantitatif ponctuel. Aussi nous avons souhaité étudier la corrélation entre la concentration en *Rhodococcus equi* dans le sol et la pluviométrie cumulée depuis la séance précédente. En effet, à l'issue de la seconde séance de prélèvements, nous avons constaté que les concentrations mesurées dans le sol avaient fortement augmenté après une période de faible pluviométrie. Les données utilisées sont celles des stations météo France situées à proximité de chaque haras. Nous avons étudié la corrélation entre la concentration en *Rhodococcus equi*

virulent ou non présent dans le sol et la quantité de précipitations cumulées en calculant le coefficient de corrélation de Spearman sur les 6 séances pour chaque haras. Les valeurs du coefficient de corrélation de Spearman obtenues pour l'étude de la relation entre concentration en *Rhodococcus equi* dans l'air et les précipitations cumulées entre chaque séance de prélèvement ne permettent pas de conclure à une corrélation (-0,754 pour H1 et -0,371 pour H2). Nous avons considéré que la relation est significative lorsque |Valeur calculée| > 0,89, ce qui représente classiquement un seuil de risque d'erreur de 5%.

Il paraît difficile de corréler une concentration en *Rhodococcus equi* dans le sol à un seul paramètre climatique.

De plus, ces concentrations sont amenées à évoluer de manière importante au cours de la saison de par la présence des juments suitées sur ces surfaces. En effet, certains chevaux sont porteurs de *Rhodococcus equi* au sein du haras H2. En outre la gestion du ramassage des crottins est différente entre les deux haras avec notamment un ramassage très fréquent dans le haras H1 d'où en théorie une absence d'influence de la présence de juments du haras H1 d'autant plus qu'aucun porteur de *Rhodococcus equi* n'a été identifié dans ce haras.

3.5.4 Analyse des données provenant des autres prélèvements réalisés au sol

Nous avons également évalué la présence de *Rhodococcus equi* dans le haras, au sol du box ainsi que dans certains endroits stratégiques grâce aux lingettes. Ainsi dans les deux haras, pour chaque séance, nous avons appliqué une lingette au sol du box dans lequel nous réalisons les prélèvements d'air. Nous n'avons jamais isolé *Rhodococcus equi* au sol dans un box. Pourtant, au sein du haras H2, la moitié des prélèvements a été réalisée dans un box abritant une jument et son poulain tous deux porteurs de *Rhodococcus equi* virulents dans leurs crottins. Ce résultat est donc d'autant plus surprenant.

Pour ce qui est des autres prélèvements au sol, nous avons appliqué la lingette dans une allée fréquentée par les juments suitées dans chaque haras ainsi que devant le box de gynécologie du haras H2. Aucun *Rhodococcus equi* n'a été retrouvé dans les allées des haras. Cependant, nous avons isolé *Rhodococcus equi* par 2 fois sur 6 séances devant le box de gynécologie du haras H2. Un *Rhodococcus equi* virulent et un non virulent ont été isolés. Ce résultat est intéressant puisque, dans une étude épidémiologique récente (Tapprest *et al.*, 2012), la présence d'un local d'échographie au sein d'un haras et son utilisation partagée pour les juments résidentes et extérieures représentait un facteur de risque significatif. Enfin ces prélèvements réalisés au sol à l'aide de lingette ne permettent pas d'évaluer quantitativement la charge de *Rhodococcus equi* mais seulement sa présence ou son absence.