Impact de la production porcine sur la qualité de l'air et la santé publique en milieu rural

Rapport final

Rapport présenté à :

Pierre Chevalier, Ph.D.
Institut national de santé publique du Québec

Projet IRDA # : 200003

Par :

Stéphane Godbout, ing., P. Eng., Ph.D. et agr.
Stéphane P. Lemay, ing., P. Eng., Ph.D.
Caroline Duchaine, Ph.D.
Marie-Johanne Nadeau
Nolwenn Noisel

10 janvier 2012

irda Institut de recherche et de développement en agroenvironnement

Agence de la santé et des services sociaux de la Montérégie Québec

Hôpital Laval
Institut universitaire de cardiologie et de pneumologie

L'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) est une corporation de recherche à but non lucratif, constituée en mars 1998 par quatre membres fondateurs soit le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), l'Union des producteurs agricoles (UPA), le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et le ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE).

Notre mission

L'IRDA a pour mission de réaliser des activités d'acquisition de connaissances, de recherche, de développement et de transfert visant à favoriser le développement durable de l'agriculture.

Pour en savoir plus

www.irda.qc.ca

Le rapport peut être cité comme suit :

Godbout, S., S.P. Lemay, C. Duchaine, M.J. Nadeau et N. Noisel. 2012. Impact de la production porcine sur la qualité de l'air et la santé publique en milieu rural. Rapport final. IRDA, DSPM et Hôpital Laval. 147 pages.

© Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA)

Impact de la production porcine sur la qualité de l'air et la santé publique en milieu rural

Rapport final

Présenté à :

Pierre Chevalier, Ph.D.
Institut national de santé publique du Québec
945, avenue Wolfe, 4e étage
Québec, Québec
G1V 5B3

Préparé par :

Copie originale signée

Stéphane Godbout, ing., P. Eng., Ph.D. et agr.
IRDA

Copie originale signée

Stéphane P. Lemay, ing., P. Eng., Ph.D.
IRDA

Copie originale signée

Caroline Duchaine, Ph.D.
Hôpital Laval

Copie originale signée

Marie-Johanne Nadeau/ Nolwenn Noisel
DSPM

10 janvier 2012

Équipe de réalisation du projet :

Répondants et responsables scientifiques :	Stéphane Godbout (IRDA) Stéphane P. Lemay (IRDA)
Responsables scientifiques :	Caroline Duchaine (Hôpital Laval) Marie-Johanne Nadeau (DSPM) Nolwenn Noisel (DSPM)
Chargé(e)s de projet :	Frédéric Pelletier (IRDA) Isabelle Tardif (DSPM) Stéphanie Jodoin (DSPM) Elisabeth Masson (DSPM) Marlène Mercier (DSPM) Anne Mériaux (Hôpital Laval)

Les lecteurs qui souhaitent commenter ce rapport peuvent s'adresser à :

Stéphane Godbout
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec) G1P 3W8

Téléphone : (418) 646-1073
Télécopieur : (418) 644-6855
e-mail : stéphane.godbout@irda.qc.ca

Avant-propos

En juillet 2002, le ministre de l'Environnement du Québec a confié au Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) le mandat de réaliser une consultation publique sur le développement durable de la production porcine au Québec. Dans son rapport final, la commission d'enquête du BAPE a notamment souligné l'importance de poursuivre et d'accentuer les efforts de recherche sur les impacts sanitaires de la production porcine.

Pour faire suite à ces recommandations, le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) a proposé à l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) de créer un comité scientifique en collaboration avec les milieux de la recherche scientifique en santé publique, les universités et d'autres organismes afin de déterminer des priorités de recherche sur les impacts de l'industrie porcine sur la santé publique et de veiller à la réalisation de projets pertinents.

À l'issu des travaux du comité scientifique, six projets de recherche ont été financés par le MSSS. L'étude intitulée « Impact de la production porcine sur la qualité de l'air et la santé publique en milieu rural » est l'un d'eux.

Résumé

Contexte et origine du projet

En 2003, la consultation publique sur le développement durable de la production porcine au Québec (Bureau d'audiences publiques sur l'environnement) rappelait la nécessité d'intervenir dès maintenant, sur la diminution des sources d'émission atmosphérique dans le bâtiment et à l'épandage des déjections en production porcine afin de réduire les risques potentiels pour la santé publique. Le rapport de la consultation recommandait la réalisation d'une étude épidémiologique sur l'impact de la pollution de l'air provenant d'activités de la production porcine sur la santé des populations exposées. Le mémoire national de santé publique présenté à la Commission du BAPE par le Directeur national de santé publique émettait également des recommandations en ce sens. La Direction de santé publique (DSP) de la Montérégie et l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) se sont donc associés afin de documenter l'impact de la production porcine sur la qualité de l'air et la santé publique.

L'étude, réalisée conjointement par l'IRDA et la DSP de la Montérégie, comporte deux volets, l'un portant sur l'environnement et le second sur la santé. Elle a pour objectif d'évaluer la présence de contaminants atmosphériques et d'odeur et les altérations de la santé physique et psychologique des habitants dans les agglomérations à forte production porcine.

Volet qualité de l'air

Les objectifs spécifiques de cette partie du projet visaient à mesurer les concentrations dans l'air ambiant d'ammoniac (NH_3), de sulfure d'hydrogène (H_2S), de bioaérosols et, les concentrations et les intensités d'odeur dans l'environnement de six villages agricoles du Québec. Trois de ces villages étaient considérés ne pas être exposés à la production porcine et trois autres étaient considérés exposés à la production de porcs. Les données ont été récoltées pendant trois saisons différentes (printemps, été et automne) en déplaçant l'instrumentation d'un village à l'autre sur une base hebdomadaire. Les concentrations de NH_3 et de H_2S étaient mesurées en continu, les bioaérosols étaient évalués quotidiennement, tandis que la concentration et l'intensité en odeur étaient établies deux fois par semaine.

Les données rassemblées indiquent que lorsqu'un village agricole était considéré exposé à la production porcine (en moyenne 151 UA porc/km^2) combinée avec d'autres productions animales, et comparé à une communauté non exposée, des concentrations ambiantes de NH_3 et de H_2S ont été légèrement augmentées mais elles restaient dans des standards de qualité l'air généralement admis.

Les concentrations moyennes de NH_3, calculées sur des périodes de 10 minutes variaient, entre 6,9 et 15,0 ppb pour les villages non exposés et entre 8,9 et 18,3 ppb pour les villages exposés. Comparativement aux limites chroniques et aiguës d'exposition, la concentration ambiante de NH_3 des villages exposés ne représente pas un risque sanitaire pour des résidants.

Les concentrations d'odeur établies par l'olfactométrie dynamique n'ont montré aucune différence claire entre les villages non exposés et exposés, à la fois lors de prélèvements effectués le soir et le matin. Les évaluations d'intensité d'odeur effectuées in situ par des panélistes qualifiés ont indiqué des intensités plus élevées d'odeur dans les villages exposés comparés aux villages non exposés, et les observations du soir tendent à être plus hautes que celles du matin.

Bien que certaines espèces et genres bactériens ont pu être détectés dans l'air des villages exposés à la production porcine, il est très peu probable que les concentrations atteignent des niveaux significatifs. Les microorganismes présents dans l'air des villages exposés à la production porcine représentent des évènements rares. Puisqu'aucun pathogène important ne fut détecté en grande concentration, l'air ne semble pas un vecteur de transport et d'exposition de la population ciblée.

Volet santé publique

En ce qui a trait au volet de la santé publique, l'étude vise à comparer l'état de santé physique et psychologique ainsi que la qualité de vie et le climat social d'une population vivant à proximité d'installations de production porcine (appelée aux fins de l'étude population exposée) à ceux d'une population non concernée par ce type d'installations (considérée comme population non exposée). Pour ce faire, un groupe de personnes exposées aux installations porcines et un groupe de personnes non exposées, de taille équivalente (n~180), ont été recrutées. Les données des effets sur la santé physique et psychologique ont été collectées à cinq reprises (une fois par mois pendant cinq mois), entre avril et septembre 2006, à l'aide de questionnaires auto-administrés. Les données sur la qualité de vie et le climat social ont été recueillies à une seule reprise, en septembre 2006, également par un questionnaire auto-administré. Pour chacun des deux groupes, les prévalences des effets sur la santé physique et psychologique sont calculées et comparées à l'aide des rapports de cote accompagnés de leurs intervalles de confiance à 95 %.

Les résultats ont montré que le groupe exposé rapportait des effets sur la santé physique de façon plus marquée uniquement pour cinq des 14 symptômes étudiés (maux de tête, nez qui coule, maux de gorge, essoufflement et diarrhée) et que ceux-ci ne sont pas continus dans le temps. En ce qui concerne la santé psychologique, le groupe exposé n'est pas plus touché que le groupe non exposé. Bien que le groupe exposé rapporte plus fréquemment la perception et le dérangement dûs aux odeurs, il ne semble pas plus affecté par des tensions ou des conflits dans la communauté. Le groupe exposé semble plus préoccupé par les effets négatifs sur l'environnement, mais reconnaît les avantages économiques associés à la production porcine.

Compte tenu de l'ensemble de ces résultats, l'étude ne permet pas de conclure que les communautés vivant à proximité des installations porcines rapportent davantage d'effets négatifs sur la santé physique et psychologique. Cependant, étant donné que les odeurs sont perçues fréquemment et qu'elles semblent occasionner des dérangements, il est pertinent de réitérer les recommandations de santé publique visant l'implantation de mesures reconnues de réduction des odeurs émises par les bâtiments de ferme et les activités d'épandage.

La Direction de santé publique de la Montérégie rappelle également que des mesures d'aménagement du territoire peuvent être intégrées aux schémas et ainsi favoriser la cohabitation harmonieuse entre les usages agricoles et les usages non agricoles.

Table des matières

Avant-propos v
Résumé vi
Table des matières viii
Liste des tableaux xi
Liste des figures xiii
1 Introduction générale 15
2 Hypothèses, but et objectifs du projet 16
2.1 Hypothèses du projet 16
2.2 But et objectifs du projet 16
3 Revue de littérature 17
3.1 Introduction 17
3.2 Qualité de l'air en milieu rural 17
3.3 Impact des contaminants sur la santé publique 20
3.3.1 Impact sur la santé physique 20
3.3.2 Impact sur la santé psychologique 22
3.3.3 Limites des études réalisées 22
4 Volet qualité de l'air 23
4.1 Équipe de réalisation et objectif spécifique 23
4.2 Matériel et méthodes 23
4.2.1 Procédure de sélection des villages 23
4.2.2 Campagnes de mesure 25
4.2.3 Mesures de la qualité de l'air 27
4.2.3.1 Laboratoire mobile 27
4.2.3.2 Localisation du laboratoire mobile 27
4.2.3.3 Mesures des conditions météorologiques 28
4.2.3.4 Mesures des concentrations de NH_3 et de H_2S 28
4.2.3.5 Mesures des concentrations des bioaérosols 29
4.2.3.6 Mesures des odeurs 30
4.2.4 Modèles statistiques 32
4.2.4.1 Modèle pour les concentrations de gaz (H_2S et NH_3) 32
4.2.4.2 Modèle pour la concentration d'odeur 32
4.2.4.3 Modèle pour l'intensité d'odeur 33
4.3 Résultats 34
4.3.1 Conditions météorologiques 34
4.3.2 Concentrations de gaz 36
4.3.2.1 Patrons particuliers de concentration de gaz 40
4.3.2.2 Concentrations moyennes d'ammoniac et de sulfure d'hydrogène 44
4.3.3 Concentrations des bioaérosols 46

4.3.3.1 Analyse qualitative des échantillons 46
4.3.3.2 Quantification des échantillons positifs 48
4.3.3.3 Analyses des bandes DGGE par séquençage 49
4.3.4 Concentrations et intensités moyennes d'odeur 53
4.4 Discussion reliée au volet sur la qualité de l'air 55
5 Volet santé publique 56
5.1 Équipe de réalisation et objectifs 56
5.2 Matériel et méthodes 56
5.2.1 Devis d'étude 56
5.2.2 Population à l'étude et échantillonnage 57
5.2.3 Variables étudiées et mesures 57
5.2.3.1 Les symptômes physiques habituellement associés à la production porcine 58
5.2.3.2 Les symptômes physiques non associés à la production porcine 58
5.2.3.3 La santé psychologique 58
5.2.3.4 La qualité de vie 59
5.2.3.5 Le climat social 59
5.2.4 Collecte d'informations 59
5.2.5 Aspects analytiques et statistiques 61
5.3 Portée et limites de l'étude 61
5.4 Résultats 62
5.4.1 Description de la population à l'étude 62
5.4.2 Problèmes de santé et perceptions auto-rapportés en fonction de l'appartenance aux groupes exposés et non exposés 65
5.4.2.1 Santé physique 65
5.4.2.2 Santé psychologique 71
5.4.2.3 Qualité de vie 72
5.4.2.4 Climat social 77
5.5 Discussion 79
5.5.1 Effets sur la santé physique 79
5.5.2 Effets sur les dimensions psychosociales 80
6 Discussion générale 81
6.1 Lien avec les mesures de qualité de l'air 81
6.2 L'influence de la perception des odeurs et autres facteurs 82
6.3 Forces et faiblesses de l'étude 83
7 Conclusion générale 86
8 Remerciements 88
9 Références 89
Annexe A – Carte des villages sélectionnés 93
Annexe B – Concentrations de gaz et conditions météorologiques dans les villages 100
Annexe C – Questionnaire de collecte de données 125

Annexe D – Formulaire d'identification.....137
Annexe E – Probabilité de rapporter des symptômes physiques 140
Annexe F – Graphiques des risques de déclarer des symptômes physiques.....142
Annexe G – Inconvénients subis par les répondants reliés à la perception des odeurs 146

Liste des tableaux

Tableau 1. Résumé des normes de qualité de l'air ambiant pour l'ammoniac et le sulfure d'hydrogène 19

Tableau 2. Liste des villages suite à la sélection initiale 24

Tableau 3. Caractéristiques générales des villages sélectionnés pour le projet 25

Tableau 4. Horaire de visite des villages en 2006 26

Tableau 5. Conditions météorologiques moyennes dans chacun des villages pour la durée de l'expérimentation en 2006 35

Tableau 6. Concentrations moyennes de NH_3 sur 10 minutes dans chacun des villages pour la durée de l'expérimentation en 2006 36

Tableau 7. Concentrations moyennes de NH_3 sur une période d'une heure dans chacun des villages pour la durée de l'expérimentation en 2006 37

Tableau 8. Concentrations moyennes de H_2S sur une période de 10 minutes dans chacun des villages pour la durée de l'expérimentation en 2006 38

Tableau 9. Concentrations moyennes de H_2S sur une période d'une heure dans chacun des villages pour la durée de l'expérimentation en 2006 39

Tableau 10. Concentrations moyennes de NH_3 sur une période de 10 minutes et d'une heure dans chacun des villages en 2006 45

Tableau 11. Concentrations moyennes de H_2S sur une période de 10 minutes et d'une heure dans chacun des villages en 2006 45

Tableau 12. Sites et journées présentant un profil bactérien (P) après DGGE[a] 47

Tableau 13. Proportion d'échantillons positifs sur les échantillons analysés 47

Tableau 14. Résultats des identifications par séquençage de certaines bandes découpées sur les gels DGGE 52

Tableau 15. Concentrations moyennes d'odeur obtenues par olfactométrie dynamique dans les six villages 53

Tableau 16. Intensités moyennes d'odeur par point d'échantillonnage en équivalent de n-butanol dans les six villages 54

Tableau 17. Périodes de collecte de l'information du volet santé auprès des répondants, 2006 60

Tableau 18. Recrutement des sujets à l'étude et taux de participation 63

Tableau 19. Caractéristiques des répondants et des ménages à l'étude 64

Tableau 20. Risque de déclarer des symptômes physiques chez les répondants exposés à la production porcine par rapport aux répondants non exposés à la production porcine, durant les 5 périodes de collecte, 2006 70

Tableau 21. Prévalence et risque de détresse psychologique chez les répondants exposés à la production porcine par rapport aux répondants non exposés, durant les cinq périodes de collecte, 2006 72

Tableau 22. Risque d'impacts sur la qualité de vie chez les répondants exposés à la production porcine par rapport aux répondants non exposés à la production porcine, durant les cinq périodes de collecte, 2006 76

Tableau 23. Perception du risque chez les répondants exposés par rapport aux répondants non exposés en regard des productions animales de leur municipalité, période de collecte de l'automne, 2006 78

Liste des figures

Figure 1. Laboratoire mobile Mesanges^{MD} utilisé dans le projet 27

Figure 2. Concentrations de gaz, température et précipitation en fonction du temps dans le village #1, entre le 4 et le 11 août 2006 40

Figure 3. Concentrations de gaz, température et précipitation en fonction du temps dans le village #5, durant 24 heures le 1er août 2006 41

Figure 4. Concentrations de gaz, température et précipitation en fonction du temps dans le village #6, entre le 9 et le 16 juin 2006 42

Figure 5. Concentrations de gaz, température et précipitation en fonction du temps dans le village #6, entre le 15 et 22 septembre 2006 43

Figure 6. Concentration de bactéries par qPCR 48

Figure 7. Profil bactérien des échantillons positifs à la PCR 50

Figure 8. Profil bactérien des échantillons positifs à la PCR (suite) 50

Figure 9. Image composite des gels DGGE réalisée à l'aide du logiciel GelCompar II (Applied Maths). Les regroupements sont réalisés en utilisant une corrélation de Pearson et un dendrogramme de type Ward. 51

Figure 10. Matrice de présence/absence des différentes bandes retrouvées sur les gels DGGE 51

Figure 11. Prévalence des symptômes affectant les sinus, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte de données, 2006 65

Figure 12. Prévalence des symptômes affectant le système respiratoire supérieur, selon l'exposition, pour les cinq périodes de collecte, 2006 66

Figure 13. Prévalence des symptômes affectant le système respiratoire inférieur, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006 66

Figure 14. Prévalence des symptômes gastro-intestinaux et des effets sur le système nerveux central, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006 67

Figure 15. Prévalence des symptômes d'irritation, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006 68

Figure 16. Prévalence des symptômes non spécifiques à l'exposition, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006 68

Figure 17. Proportion des répondants qui ont perçu des odeurs « assez » ou « très souvent », selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006 72

Figure 18. Proportion des répondants pour qui les odeurs ont empêché d'ouvrir les fenêtres, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006 73

Figure 19. Proportion des répondants pour qui les odeurs ont empêché de profiter du terrain, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006 73

Figure 20. Proportion des répondants pour qui les odeurs ont été jugées dérangeantes, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006.....74
Figure 21. Proportion des répondants pour qui les odeurs ont empêché les enfants de jouer dehors, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006.....74
Figure 22. Proportion des répondants pour qui les odeurs ont été jugées dérangeantes pour les enfants, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006 75

1 Introduction générale

Au cours des dernières décennies, différents facteurs économiques et certaines percées technologiques ont conduit à l'intensification de la production porcine au Québec, augmentant ainsi la taille des entreprises. Parallèlement, des inquiétudes quant aux risques à la santé et des conflits sociaux sont survenus dans les communautés rurales québécoises, principalement en lien avec les contaminants atmosphériques émis par les porcheries.

Cette situation a mené à la tenue d'une consultation publique sur le développement durable de la production porcine au Québec. Les travaux de la commission du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement ont donné lieu à plusieurs recommandations dont la réalisation d'une « étude épidémiologique sur l'impact de la pollution de l'air provenant d'activités de la production porcine sur la santé des populations exposées ».

C'est dans ce contexte que l'Institut national de santé publique du Québec a octroyé une subvention à l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) et à la Direction de santé publique de la Montérégie (DSPM), pour la réalisation de ce projet de recherche conjoint.

Bien qu'il apparaisse évident que les unités de production porcine émettent des contaminants atmosphériques, il existe peu d'informations disponibles sur l'impact réel de la production porcine sur la qualité de l'air ambiant dans une région donnée et sur la santé de la population rurale.

Puisque certaines limites de concentration gazeuse devraient être respectées pour assurer la santé publique et considérant qu'il existait peu de données concernant le lien entre l'exposition à l'air provenant des bâtiments porcins et les symptômes spécifiques, il devenait essentiel de mesurer les impacts réels de la production porcine sur la qualité de l'air ambiant.

2 Hypothèses, but et objectifs du projet

2.1 Hypothèses du projet

Ce projet de recherche s'appuyait sur les deux hypothèses de travail suivantes :

- En périphérie de villages ruraux situés à proximité d'un secteur ayant une densité de production porcine élevée, les concentrations ambiantes d'ammoniac (NH_3), de sulfure d'hydrogène (H_2S) et de bioaérosols resteraient dans les limites des standards de qualité de l'air généralement admis pour maintenir la santé publique;
- Les concentrations d'odeur auxquelles sont exposés les résidants vivant dans les mêmes villages affecteraient leur santé et leur comportement social.

2.2 But et objectifs du projet

Le but global de ce projet de recherche était d'évaluer l'impact de la production porcine sur la qualité de l'air ambiant et sur la santé publique dans les communautés rurales où il y avait des activités agricoles. Les objectifs spécifiques étaient de :

- Mesurer et comparer les concentrations de contaminants dans l'air (NH_3, H_2S, bioaérosols) et les concentrations d'odeur en périphérie des six villages ruraux où trois villages étaient définis comme étant exposés à la production porcine et trois autres villages étaient considérés non exposés à la production porcine;
- Évaluer la santé publique et le comportement social d'une proportion de résidants des villages précédemment décrits et les mettre en relation avec la qualité de l'air présent.

3 Revue de littérature

3.1 Introduction

Au cours des dernières décennies, différents facteurs économiques et certaines percées technologiques ont conduit à l'intensification de la production porcine au Québec, qui s'est traduit par une augmentation de la taille moyenne des entreprises. Alors qu'en 1976 il y avait environ 9 000 fermes porcines ayant en moyenne moins de 200 animaux chacune, en 2001 c'était plus de 2 400 fermes porcines ayant en moyenne 1 567 porcs (CCP, 2005). Ces unités de production gèrent des déjections animales sous forme liquide engendrant l'émission de contaminants et d'odeur dans l'atmosphère. Bien qu'il apparaît évident que ces unités de production animale émettent des contaminants, il y a peu d'informations disponibles sur la qualité de l'air à l'extérieur des bâtiments d'élevage (Earth Tech Inc., 2001) et sur l'impact réel qu'a la production porcine sur la santé des populations rurales.

3.2 Qualité de l'air en milieu rural

Les principaux composés émis par les unités de production animale et identifiés comme pouvant avoir un impact non négligeable sur la santé et le bien être des populations environnantes sont le NH_3, le H_2S, les odeurs, les poussières respirables (PM_{10} : particules en suspension dans l'air, d'un diamètre aérodynamique inférieur à 10 micromètres; « PM » en anglais pour « Particulate Matter ») et les poussières contenant des composés d'origine microbiologique (Earth Tech Inc., 2001). Parmi ces derniers composés, les plus importants sont les bactéries, les endotoxines, les moisissures, les mycotoxines et les allergènes. Par exemple, le lisier de porcs peut émettre dans l'air jusqu'à 1 000 unités formant une colonie (UFC)/m3 (ISU et U of I, 2002).

L'ammoniac est un gaz malodorant (odeur âcre) et irritant. Il peut causer une irritation des yeux et des problèmes respiratoires aigus de gravité variable selon les concentrations d'exposition. Ces derniers peuvent aller de la toux jusqu'à des problèmes respiratoires plus sévères et surviennent essentiellement chez des travailleurs exposés dans des espaces confinés, lorsque la ventilation est déficiente (Jacques et al., 2003). Des maux de tête et des épisodes de somnolence sont également associés à l'exposition chronique à l'ammoniac (National Library of Medicine, 2010).

Le sulfure d'hydrogène est un gaz malodorant (odeur d'œufs pourris), irritant pour les voies respiratoires supérieures et inférieures et asphyxiant, c'est-à-dire interférant avec l'utilisation de l'oxygène par l'organisme. La gravité de ses effets sur la santé dépend des concentrations ambiantes : mal de tête, irritation des yeux et voies respiratoires jusqu'au décès subit. Ceux-ci surviennent lorsqu'une personne pénètre dans un espace clos sans ventilation, telle une fosse à lisier (Jacques et al., 2003). Des cas de rhinite peuvent être observés lors d'une exposition chronique (National Library of Medicine, 2010).

Les composés organiques volatils (COV) regroupent plusieurs familles de substances carbonées. Ils ont des effets variés et sont suspectés d'être en partie responsables des mauvaises odeurs, des effets d'irritation respiratoire et possiblement d'effets systémiques. De nombreuses substances de cette famille sont régulièrement retrouvées dans les émissions provenant de porcheries (Schiffman et al., 2001).

Les bioaérosols consistent en des fragments de bactéries, en particulier des fragments de leurs parois cellulaires, qui sont susceptibles de libérer des endotoxines. Ces substances sont connues pour leurs effets irritants et allergènes et sont probablement, avec les bactéries elles-mêmes, les principaux contaminants responsables des effets irritatifs et inflammatoires affectant les bronches (hyperréactivité bronchique et asthme) observés chez les travailleurs de l'industrie porcine. Les endotoxines peuvent également occasionner des problèmes irritatifs gastro-intestinaux provoquant la diarrhée.

Les particules respirables regroupent toutes les poussières dont le diamètre est inférieur à 10 microns (PM_{10}). De ces particules, celles mesurant entre quatre et dix microns se déposent au niveau des bronches, tandis que celles de plus petite taille (2,5 microns et moins) vont atteindre les bronchioles et alvéoles. Les effets sur la santé associés aux particules sont principalement l'asthme et la bronchite chronique. Cependant, des substances chimiques (ammoniac, sulfure d'hydrogène, endotoxines) peuvent s'adsorber à la surface de ces particules, être transportées dans les voies respiratoires inférieures et générer des effets systémiques (Kliebenstein, 2002).

Plusieurs agences ou organismes américains ont établi des valeurs seuils pour le NH_3 et le H_2S dans l'air ambiant. Les cinq principaux sont United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), Agency for Toxic Substances and Disease Registry (U.S. Department of Health and Human Services; ATSDR), Minnesota Department of Health (MDH), Minnesota Pollution Control Agency (MPCA) et Office of Environmental Health Hazard Assessment (California Environmental Protection Agency; OEHHA). La plupart de ces agences ont établi les valeurs d'exposition qu'elles publient à partir d'articles scientifiques faisant état du lien entre des concentrations gazeuses inhalées par des humains ou des animaux et les problèmes de santé pouvant y être associés. Entre autres, les normes d'exposition au NH_3 pour le U.S. EPA (2003a) et le OEHHA (2005) ont été basées sur les travaux de Holness et al. (1989) qui rapportaient une concentration gazeuse au-dessous de laquelle aucun impact sur la santé des humains n'a pu être observé. Après avoir appliqué des facteurs de pondération, cette valeur a permis aux agences, de déterminer les limites d'exposition pour la population.

En moyenne, la limite chronique de l'exposition au NH_3 se situe entre 100 à 300 ppb tandis que la limite aiguë d'exposition s'étend entre 1 700 et 4 500 ppb (tableau 1). L'ATSDR (2004a) recommande que le niveau d'exposition au NH_3 soit maintenu sous 1 700 ppb pour de courtes périodes (moins de 14 jours) et sous 100 ppb pour des périodes d'exposition plus longues (plus de 365 jours). L'EPA recommande une exposition maximale au NH_3 à long terme (moyenne d'exposition pour toute une vie) de 140 ppb. Pour le H_2S, les intervalles pour les limites chroniques, intermédiaires et aiguës, sont respectivement de l'ordre de 1,4 à 8,0 ppb, de 20 à 50 ppb et de 30 à 200 ppb (tableau 1). L'ATSDR établit respectivement les limites d'exposition à 200 ppb pour de courtes périodes et à 20 ppb pour des périodes intermédiaires (entre 15 et 364 jours). Les recommandations de l'EPA pour l'exposition au H_2S pendant une longue période sont établies à 1,4 ppb et elles visent à apporter une protection contre d'éventuels effets sur la muqueuse olfactive.

Au Québec, le ministère de l'Environnement (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs; MDDEP, 2002) a publié des critères de qualité d'air pour le NH_3 seulement. L'exposition chronique au NH_3 doit être maintenue au-dessous de 140

ppb tandis que la concentration ambiante devrait rester au-dessous de 4 500 ppb pour l'exposition aiguë.

Tableau 1. Résumé des normes de qualité de l'air ambiant pour l'ammoniac et le sulfure d'hydrogène

Gaz	Exposition	Organisme	Concentration (ppb)	Références	Commentaires
NH_3	Chronique	U.S. EPA	140	U.S. EPA (2003a)	Reference concentration for chronic inhalation exposure (RfC).
	Chronique	ATSDR	100[a]	ATSDR (2004a)	For chronic duration inhalation exposure (365 days or more) to ammonia.
	Chronique	MDH	115[b]	MDH (2002)	Chronic HRVs are compared to an annual average concentration of a chemical or defined mixture of chemicals in ambient air.
	Chronique	OEHHA	300[c]	OEHHA (2005)	
	Aiguë	ATSDR	1 700[a]	ATSDR (2004a)	For acute-duration inhalation exposure (14 days or less) to ammonia.
	Aiguë	MDH	4 500[b]	MDH (2002)	Acute HRVs are compared to one-hour averaged concentrations of chemicals or defined mixtures of chemicals in ambient air.
	Aiguë	OEHHA	4 500[c]	CEPA (1999)	Inhalation reference exposure level for a one-hour exposure.
H_2S	Chronique	U.S. EPA	1,4	U.S. EPA (2003b)	Reference concentration for chronic inhalation exposure (RfC).
	Chronique	OEHHA	8,0[c]	OEHHA (2005)	
	Intermédiaire	ATSDR	20[a]	ATSDR (2004b)	For intermediate duration (exposure to a chemical for a duration of 15 to 364 days) inhalation exposure to hydrogen sulfide.
	Intermédiaire	MPCA	50	MPCA (2000)	One half hour average not to be exceeded over two times per year.
	Intermédiaire	MPCA	30	MPCA (2000)	One half hour average not to be exceeded over two in any five consecutive days.
	Aiguë	ATSDR	200[a]	ATSDR (2004b)	Acute-duration inhalation exposure to hydrogen sulfide.
	Aiguë	OEHHA	30[c]	CEPA (1999)	Inhalation reference exposure level for a one-hour exposure.

a. Minimal Risk Level (MRL) :estimation de l'exposition journalière à partir de laquelle une substance dangereuse ne serait pas susceptible de causer un risque appréciable d'effets négatifs sur la santé pour une durée d'exposition déterminée.
b. Health Risk Value (HRV) : concentration dans l'air ambiant au-dessous de laquelle le produit chimique ou le mélange défini de produits chimiques est susceptible de causer un effet négatif sur la santé du grand public.
c. Reference Exposure Level (REL) : niveau de concentration au-dessous duquel aucun effet négatif sur la santé n'est prévu pour une durée d'exposition déterminée.

3.3 Impact des contaminants sur la santé publique

Depuis quelques années, il se dégage un consensus à l'effet que les émissions dans l'air provenant d'activités agricoles peuvent représenter beaucoup plus qu'un simple inconvénient et avoir un impact mesurable sur la santé et le bien-être des populations exposées (Shusterman, 1992; Thu et al., 1997; ISU et U of I, 2002), tel que rapporté dans un mémoire du réseau de la santé publique (Gingras et al., 2003). Les études récentes (CSEQ, 2000; Thu, 2002; Wing et Wolf, 2000) identifient divers types d'effets potentiels sur la santé : symptômes associés aux mauvaises odeurs; impacts sur la qualité de vie avec ses conséquences directes et indirectes sur la santé (Jacques et al., 2003). De fait, il a été démontré que les odeurs environnementales désagréables pouvaient entraîner des réactions physiologiques et psychologiques (CSEQ, 2000).

L'air provenant d'unités de production porcine peut affecter les humains de différentes façons (Shiffmann, 1998). Les composés organiques volatils peuvent produire des effets liés à la toxicité de leurs composants, tels que l'irritation de certains organes comme les yeux, le nez et la gorge. Également, les composés organiques volatils peuvent produire des changements de type neurochimique qui peuvent avoir des conséquences sur la santé. Finalement, les odeurs peuvent produire des effets dus à des facteurs cognitifs et émotionnels. Alors que les trois premiers types d'effets sont d'ordre physiologique, le dernier est d'ordre psychologique. Cependant, il n'est pas exclu que certains effets physiologiques puissent également entraîner des effets psychologiques (Shiffmann et al., 1995).

3.3.1 Impact sur la santé physique

Bien qu'un bon nombre d'informations soit disponible pour caractériser les problèmes de santé des travailleurs du secteur porcin, les études des risques potentiels pour la santé des résidants de villages situés à proximité d'installations porcines sont plus rares (Schiffman et al., 2005). Environ 25 % des travailleurs porcins souffriraient de troubles respiratoires tels que bronchite, irritation, asthme ou encore détresse respiratoire (Donham, 2007).

Des études ont relevé que des populations résidant dans le voisinage de porcheries de grande dimension présentaient des taux anormalement élevés de problèmes respiratoires, des symptômes d'irritation des muqueuses et divers symptômes généraux (Jacques et al., 2003; CSEQ, 2000). Certaines études ont démontré que les populations voisines de ces porcheries avaient des symptômes et certains problèmes de santé plus fréquents en comparaison avec des groupes témoins (Wing et Wolf, 2000). Les principaux symptômes étaient de la toux excessive, maux de tête, écoulement nasal, yeux larmoyants et sifflement. De plus, les populations seraient victimes de symptômes à des concentrations bien inférieures à celles pouvant causer des réactions de type toxique en agissant par une variété de mécanismes physiologiques (Gingras, 1996). Les substances malodorantes provenant d'activités porcines (ammoniac, amines, composés sulfurés, etc.) peuvent également déclencher des réactions neurohormonales qui à leur tour engendrent divers effets dans l'organisme (Jacques et al., 2003).

Au Québec, un rapport produit par le Comité de santé environnementale pour le ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec (MSSSQ, 2000) rapportait que les odeurs

environnementales provenant des activités de production agricole représentaient dans plusieurs cas beaucoup plus qu'un simple inconvénient et pouvaient avoir un impact non négligeable sur la santé des populations exposées. Les effets cumulatifs et synergiques des contaminants (gaz, poussières et microorganismes) et des odeurs d'origine agricole pouvaient comporter des risques, encore mal définis, pour l'ensemble des populations rurales (MSSSQ, 2000). Il a entre autres été démontré que les odeurs désagréables pouvaient déclencher des réactions réflexes nocives pour l'organisme, modifier les fonctions olfactives et entraîner diverses réactions physiologiques et psychologiques (Miner, 1980).

Une étude américaine (Thu et al., 1997) a comparé la santé physique d'une population résidant dans le voisinage de porcheries de grande dimension à celle d'une population d'une région rurale à faible densité de porcs. Les 18 participants de chacun des deux groupes ont répondu à un questionnaire dans lequel ils ont auto-rapporté la fréquence de 18 symptômes de santé physique. Les résultats obtenus indiquaient que la présence de porcheries à proximité des résidences pouvait avoir un impact négatif sur la santé physique des résidants. En effet, 14 des symptômes évalués étaient significativement différents entre les deux groupes. De ce nombre, les problèmes respiratoires, les épisodes de nausée, de faiblesse, les maux de tête, les oreilles bouchées et les irritations des yeux, du nez et de la gorge étaient tous plus fréquents chez la population exposée à l'air provenant des porcheries que chez la population témoin. Les autres symptômes, tels que les éruptions cutanées, les douleurs musculaires et la fièvre étaient cependant moins fréquents chez la population exposée. Une fois tous les symptômes combinés, plus aucune différence significative ne pouvait être observée entre les deux groupes. Aucune mesure de la qualité de l'air n'a été effectuée dans le cadre de cette étude afin de connaître les niveaux d'exposition des participants.

Dans une étude de Schiffman et al. (2005), 48 individus en bonne santé ont participé à deux sessions d'une heure où ils étaient exposés à de l'air provenant de deux sources; l'une où l'air était propre et filtré et l'autre où l'air provenait d'une dilution d'air de porcheries. La concentration de NH_3 de l'air provenant d'une porcherie était en moyenne de 817 ppb alors qu'elle était de 24 ppb pour la concentration de H_2S. Ces deux valeurs se situent au-dessus des normes d'exposition chronique. L'équipe de recherche a mesuré plusieurs paramètres physiques, tels que les signes vitaux, le fonctionnement des poumons et l'inflammation nasale. Le tout était accompagné d'un questionnaire de symptômes auto-rapportés par les participants. Les résultats obtenus indiquaient qu'il n'y avait pas de différence significative pour la plupart des paramètres physiques mesurés. Parmi les 27 éléments mesurés, seulement deux d'entre eux, soit le pourcentage de cellules épithéliales et de cellules lymphocytaires, montraient des résultats différents pour les deux sessions d'exposition. Parmi les onze symptômes auto-rapportés, seuls les maux de tête, la nausée et l'irritation aux yeux seraient significativement plus élevés lors de l'exposition à l'air provenant d'une porcherie.

Selon certains auteurs (Thu, 2002; Jacques et al., 2003), les symptômes éprouvés par des voisins de sites porcins sont généralement conformes aux symptômes documentés dans le cas des travailleurs porcins.

3.3.2 Impact sur la santé psychologique

Une enquête comparative réalisée en Caroline du Nord dans trois communautés rurales avec ou sans élevage porcin concluait à une diminution importante de la qualité de vie pour les résidants de la municipalité avec des installations porcines (Wing et Wolf, 2000).

Il y a plus de 10 ans, Schiffman et al. (1995) ont évalué deux groupes de 44 participants (total de 88 participants). Le premier groupe, qui comprenait des personnes habitant à proximité d'installations porcines, a été comparé à un groupe témoin. Lors d'évènements d'odeur, les sujets du premier groupe devaient remplir un questionnaire concernant certains paramètres de l'humeur, tels que la tension, la dépression, l'angoisse, la vigueur, la fatigue et la confusion. Selon cette étude, tous les paramètres évalués par le questionnaire étaient significativement plus élevés pour le groupe habitant à proximité des installations porcines. Cependant, aucune évaluation de l'exposition des participants n'a été effectuée.

Toutefois, dans leur étude, Thu et al. (1997) ne sont pas arrivés aux mêmes résultats. À partir de 20 symptômes de dépression et de 21 symptômes d'anxiété, deux index ont été calculés. Les valeurs obtenues à partir des réponses des participants démontraient qu'il n'y avait pas de différence significative entre les deux populations évaluées. Tout comme dans l'étude de Schiffman, aucune analyse de la qualité de l'air n'a été effectuée. Cependant, la principale différence entre les deux études est que les questionnaires de Thu et al. (1997) n'ont pas été administrés lors d'événements d'odeur.

Selon certaines études, il serait aussi possible que de tels effets sur l'humeur puissent jouer un rôle défavorable sur le système immunitaire. En effet, cela pourrait prédisposer les personnes atteintes à d'autres problèmes de santé (Weisse 1992; O'Leary 1990).

3.3.3 Limites des études réalisées

La définition et la compréhension de l'impact que la production peut avoir sur la santé publique nécessitent la considération de plusieurs aspects : les quantités de contaminants émises par les installations porcines et les quantités auxquelles sont exposées les populations, le temps d'exposition de ces populations et l'aspect social relié à la qualité de vie globale. Des projets de recherche incluant l'ensemble des ces aspects exigent des ressources importantes et multidisciplinaires. Vu ce niveau de complexité, certaines des études précédemment décrites ont des limitations majeures. Par exemple, dans quelques études, la santé des résidents a été évaluée alors qu'ils étaient exposés à un seul bâtiment (Thu et al. 1997; Wing et Wolf 2000). Dans la plupart des cas, l'exposition réelle aux contaminants n'a pas été caractérisée (Schiffman et al. 1995; Thu et al. 1997; Wing et Wolf 2000) ne permettant pas de faire un lien entre les symptômes de santé et une exposition spécifique.

Compte tenu du peu d'études réalisées et du nombre relativement élevé d'effets potentiels rapportés dans la littérature, des études supplémentaires sont requises afin d'apporter les clarifications nécessaires à une appréciation plus juste des risques pour la population en milieu rural.

4 Volet qualité de l'air

4.1 Équipe de réalisation et objectif spécifique

Le volet qualité de l'air était sous la responsabilité de l'IRDA et de l'Hôpital Laval.

L'objectif de cette partie de l'étude était de mesurer et de comparer les concentrations de contaminants dans l'air (NH_3, H_2S, bioaérosols) et les concentrations d'odeur en périphérie de six villages ruraux où trois villages étaient définis comme étant exposés à la production porcine et trois autres étaient considérés non exposés à la production porcine.

4.2 Matériel et méthodes

4.2.1 Procédure de sélection des villages

La procédure de sélection des villages consistait à en cibler six dans trois régions différentes, soit deux villages par région, un exposé à la production porcine et un non exposé à la production porcine. Les villages ont été choisis dans trois régions administratives différentes du Québec, soit la Montérégie (région I), le Centre-du-Québec (région II) et Chaudière-Appalaches (région III).

Les principaux critères établis pour la sélection des villages incluaient le nombre d'habitants, le nombre d'unités animales (UA) de porcs et des autres animaux d'élevage et la superficie de terres agricoles et forestières sur les territoires de ces villages. Ces villages ont été sélectionnés par un comité formé de l'équipe de recherche (chercheurs de l'IRDA et agents de recherche de la DSPM), de collaborateurs du MDDEP, du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), de l'Union des producteurs agricoles (UPA) et d'un spécialiste de la cohabitation en milieu rural.

La firme d'ingénierie BPR inc. a été sous contractée pour aider à la sélection des villages. Afin d'effectuer un premier tri dans les villages potentiellement intéressants pour le projet, une base de données du MAPAQ a été utilisée. Les critères suivants ont été employés pour la recherche :

- Rapport terres cultivées/terres totales : > 50 %;
- Rapport terres boisées/terre totales : < 30 %;
- Nombre de résidants : entre 500 et 10 000 personnes.

Parmi les 421 villages étudiés, 110 rencontraient les critères précités. Une analyse plus détaillée des cartes et de la production animale avoisinant chaque village a permis d'identifier six villages (tableau 2). Une liste supplémentaire des villages répondant aux critères mentionnés a aussi été fournie par BPR inc.

Tableau 2. Liste des villages suite à la sélection initiale

Région administrative	Villages	
	Non exposée à la production porcine	Exposée à la production porcine
Montérégie	Saint-Rémi	Saint-Liboire
Centre-du-Québec	Sainte-Monique	Saint-Zéphirin
Chaudière-Appalaches	Parisville	Saint-Isidore

Dans le but de confirmer le choix des villages (tableau 2), des visites ont eu lieu dans ces localités les 14, 15 et 17 mars 2006. Lors de ces visites, la présence évidente de porcheries en amont du village (côté ouest) était un des critères majeurs de sélection des localités exposées à la production porcine. Dans tous les cas, la topographie était aussi un critère de sélection.

Ces visites ont modifié de façon importante la sélection des villages (tableau 3). Dans les villages exposés à la production porcine, Saint-Zéphirin et Saint-Isidore n'ont pas été retenus principalement parce qu'il n'y avait pas de porcheries en amont du village. Ils ont été respectivement remplacés par les villages de Saint-Nazaire et Saint-Bernard contenus dans la liste supplémentaire fournie par BPR inc. Le village de Sainte-Monique n'a pas été retenu à cause de la présence de la rivière Nicolet et de la topographie accidentée à l'ouest du village. Ce dernier a été remplacé par Saint-Célestin.

Il est à noter que Parisville est situé dans la région du Centre-du-Québec, mais est limitrophe avec la région de Chaudière-Appalaches. La difficulté de trouver des villages non exposés dans Chaudière-Appalaches vient du fait que la très grande majorité de ces villages ont un cheptel porcin important ou qu'ils sont situés sur la rive sud-est du fleuve Saint-Laurent.

En général, tous ces villages présentaient des caractéristiques semblables en termes de superficie totale et de topographie. Bien que le nombre d'unités animales de volailles dans les villages exposés représentaient moins de 25 % du nombre d'unités animales de porcs, les plans initiaux étaient de choisir les villages exposés avec seulement des porcs et des vaches laitières (afin d'établir une meilleure comparaison avec les villages non exposés). En moyenne, les villages exposés présentent 19 fois plus de porcs par km^2 que les villages non exposés (150,7 contre 7,7 UA/km^2). Les cartes des villages sélectionnés sont présentées à l'annexe A.

Tableau 3. Caractéristiques générales des villages sélectionnés pour le projet

Catégorie	Village (# et région)	Population	Surface totale (km^2)	Unités animales (UA)			Densité de porcs (UA/km^2)
				Porc	Volaille	Autres	
Non exposés	Saint-Rémi (#1 - région I)	6 061	80	575	1	859	7
	Saint-Célestin (#3 - région II)	654	79	0	0	1 582	0
	Parisville (#5 - région III)	527	37	584	0	1 280	16
Exposés	Saint-Liboire (#2 - région I)	2 860	73	8 261	284	3 338	113
	Saint-Nazaire (#4 - région II)	875	57	5 717	808	1 837	99
	Saint-Bernard (#6 - région III)	2 015	88	20 977	5 181	7 103	240

4.2.2 Campagnes de mesure

Des mesures de qualité de l'air ont été effectuées lors de trois saisons différentes : au printemps, à l'été et à l'automne 2006. La campagne de mesure du printemps s'est étendue entre le 26 avril et le 12 mai. Les données recueillies entre le 12 mai et le 15 septembre ont été considérées faisant partie de la saison d'été tandis que la saison d'automne a été comprise entre le 15 septembre et le 6 octobre. Pendant les périodes du printemps et de l'automne, la qualité de l'air a été mesurée durant une semaine dans chacun des villages exposés pour évaluer l'impact des activités d'épandage sur les contaminants de l'air. Puisque la période des cultures débute plus tôt dans la région I, les villages #2, #4 et #6 (tableau 3) ont été séquentiellement visités pour la campagne du printemps. L'ordre inverse a été suivi pour les mesures de l'automne (#6, #4 et # 2).

La campagne d'échantillonnage d'été s'est échelonnée durant une période de 18 semaines, soit du 12 mai du 15 septembre. Les mesures ont d'abord été faites dans le secteur I, puis dans les secteurs II et III. Dans chacun des secteurs, le premier village à être visité (exposé ou non exposé) a été choisi aléatoirement. Le laboratoire mobile a été déplacé vers le village à évaluer le vendredi et la qualité de l'air a été mesurée de façon continue pendant une semaine à l'endroit d'échantillonnage choisi. Le laboratoire a ensuite été remorqué à un autre village pour une autre campagne d'une semaine et ainsi de suite pour l'ensemble des villages. En considérant les six villages à l'étude, la saison d'été a donné trois semaines de mesures pour chaque village. Le tableau 4 présente l'horaire de visite des villages.

En raison de divers problèmes techniques et de logistique, certains déplacements du laboratoire mobile n'ont pas eu lieu à tous les vendredis tel que prévu. Durant les trois premières semaines, les déplacements entre les villages #2, #4 et #6 n'ont pas eu lieu à la date prévue en raison de problèmes reliés au fonctionnement des appareils de mesure et de la disponibilité des installations électriques. Le déplacement entre les villages #2 et #3 prévu le 2 juin a été reporté au 5 juin en raison de la non disponibilité de l'installation électrique dans le village #3. Les déplacements, entre les villages #5 et #2 et, entre les

villages #2 et #1, prévus pour les 23 et 30 juin ont été devancés aux 22 et 29 juin en raison des congés fériés prévus lors de ces deux vendredis.

Tableau 4. Horaire de visite des villages en 2006

Saisons et périodes		Village et région	Date des visites (jour et mois)	
			Arrivée	Départ
Printemps		Village #2 – Région I	26 avril	2 mai
		Village #4 – Région II	2 mai	8 mai
		Village #6 – Région III	8 mai	12 mai
Été	Période 1	Village #2 – Région I	12 mai	19 mai
		Village #1 – Région I	19 mai	26 mai
		Village #4 – Région II	26 mai	5 juin
		Village #3 – Région II	5 juin	9 juin
		Village #6 – Région III	9 juin	16 juin
		Village #5 – Région III	16 juin	22 juin
	Période 2	Village #2 – Région I	22 juin	29 juin
		Village #1 – Région I	29 juin	7 juillet
		Village #4 – Région II	7 juillet	14 juillet
		Village #3 – Région II	14 juillet	21 juillet
		Village #6 – Région III	21 juillet	28 juillet
		Village #5 – Région III	28 juillet	4 août
	Période 3	Village #1 – Région I	4 août	11 août
		Village #2 – Région I	11 août	18 août
		Village #3 – Région II	18 août	25 août
		Village #4 – Région II	25 août	1 septembre
		Village #6 – Région III	1 septembre	8 septembre
		Village #5 – Région III	8 septembre	15 septembre
Automne		Village #6 – Région III	15 septembre	22 septembre
		Village #4 – Région II	22 septembre	29 septembre
		Village #2 – Région I	29 septembre	6 octobre

4.2.3 Mesures de la qualité de l'air

4.2.3.1 Laboratoire mobile

Les équipements de mesure nécessaires au projet ont été installés dans un laboratoire mobile de 5,5 m de longueur (figure 1). Des analyseurs de NH_3 et de H_2S ainsi que des systèmes d'acquisition de données ont été installés à l'intérieur du laboratoire. La température, l'humidité relative, la vitesse et la direction des vents ont été mesurées à partir d'équipements installés sur un mât de 3,7 m situé à l'avant du laboratoire mobile.

Figure 1. Laboratoire mobile Mesanges^{MD} utilisé dans le projet

4.2.3.2 Localisation du laboratoire mobile

Afin de permettre la mesure de l'exposition la plus juste possible, l'équipe de recherche a soigneusement choisi le meilleur endroit dans chaque village pour installer le laboratoire mobile. Puisque les vents dominants soufflent normalement de l'ouest ou du sud-ouest, le laboratoire a normalement été stationné du côté ouest du village à un endroit où une alimentation électrique suffisante (240 V, 50 A) était disponible. L'emplacement du laboratoire mobile dans chacun des villages est présenté sur les cartes à l'annexe A.

4.2.3.3 Mesures des conditions météorologiques

La température et l'humidité relative de l'air ambiant ont été mesurées de façon continue à l'aide d'un thermomètre à résistance de platine combiné à une sonde de polymère (modèle HMP45C, Vaisala, Campbell Scientific Canada Corp., Edmonton, Canada; précision de la température : ± 0,3ºC, précision de l'humidité relative : ± 2 % sur la plage de 10 à 90 %). La vitesse et la direction du vent ont également été mesurées en continu (anémomètre modèle 03101, girouette modèle 03301, R.M. Yong Company, Traverse City, Michigan, États-Unis). Un pluviomètre a permis de mesurer les précipitations (modèle CSI TB4-L, PTY hydrologique Ltd, Liverpool BC, Australie). Toutes les données de conditions météorologiques ont été mesurées à toutes les secondes et la moyenne de ces valeurs a été enregistrée à toutes les 10 minutes.

4.2.3.4 Mesures des concentrations de NH_3 et de H_2S

Deux analyseurs de gaz ont été installés dans le laboratoire mobile afin de mesurer les concentrations de gaz. L'analyseur d'ammoniac (M201E, Teledyne API, Etats-Unis) a quantifié, par luminescence induite chimiquement avec l'ozone, le monoxyde d'azote (NO) produit par l'oxydation sélective de NH_3 à 825 °C. L'analyseur de H_2S (M101E, Teledyne API, USA) mesure par fluorescence dans l'ultraviolet, le dioxyde de soufre (SO_2) qui est produit par l'oxydation sélective du H_2S de l'échantillon sur un convertisseur catalytique maintenu à 315 °C. Une unité de dilution (M700, Teledyne API, États-Unis) reliée à un réservoir de concentration certifiée de H_2S (1,01 ppm de H_2S) et à un tube de diffusion (210 ng/min d'ammoniac; WD633, VICI Metronics, États-Unis) a été automatiquement actionnée une fois par jour pour vérifier la réponse des analyseurs à 150 ppb de NH_3 et à 150 ppb de H_2S. L'air sec exigé pour le mélange a été prélevé à partir d'un cylindre séparé (Zero 2.0, BOC, Canada). Chaque analyseur a effectué une mesure de concentration à chaque minute et la moyenne de chaque 10 minutes a été enregistrée par l'acquisiteur de données.

L'air échantillonné a été prélevé à partir d'un seul point (« T » de prélèvement en acier inoxydable) installé au-dessus du toit du laboratoire mobile. Pour réduire l'absorption de NH_3 et de H_2S lors du prélèvement des échantillons, deux tubes différents ont été utilisés. Un tube d'acier inoxydable (3,2 mm de diamètre extérieur) a acheminé l'air du « T » de prélèvement jusqu'à l'analyseur de NH_3 tandis qu'un tube de Teflon® (3,2 mm de diamètre extérieur) a permis que l'air soit pompé du « T » de prélèvement jusqu'à l'analyseur de H_2S.

4.2.3.5 Mesures des concentrations des bioaérosols

Échantillonnage

Les mesures de concentration et l'identification des bioaérosols étaient sous la responsabilité de l'équipe du Centre de recherche de l'Hôpital Laval. Les échantillonnages ont été réalisés simultanément avec les mesures de gaz à l'aide d'un cyclone multi-vial (Burkard Manufacturing Co. Ltd., UK) positionné sur le toit du laboratoire mobile. Cet appareil permettait d'échantillonner l'air à un débit de 16,5 L/min dans des tubes « eppendorf » de 1,5 ml montés sur un carrousel. Le carrousel tournait automatiquement à tous les jours, remplissant ainsi un tube par jour durant 23 heures. À la fin de la semaine, lors du déplacement du laboratoire mobile, les tubes « eppendorf » étaient retirés et apportés au laboratoire de l'Hôpital Laval pour analyse.

Préparation des échantillons et extraction de l'ADN total

Dès leur réception, les tubes ont été centrifugés à 21 000 g pendant 10 minutes afin de former un culot contenant l'ensemble des particules collectées, et conservés à -20 °C jusqu'à analyse. Tous les tubes contenant de l'eau ou n'ayant pas été remplis durant un total de 23 heures ont été éliminés.

L'ADN total de l'échantillon a été extrait selon une méthode mise au point au laboratoire de l'Hôpital Laval. Tout d'abord une digestion au lysozyme, suivie d'un traitement à la protéinase K ont été effectués afin de fragiliser les parois et les membranes des bactéries. L'ADN a ensuite été extrait et purifié à l'aide du kit QIAamp DNA mini (Qiagen) selon les recommandations du fournisseur.

Analyses DGGE et séquençage

Afin d'obtenir le plus possible d'échantillons positifs grâce à l'amplification par PCR DGGE (Polymerase Chain Reaction; Denaturation Gradient Gel Electrophoresis), la technique de la PCR imbriquée a été utilisée (Dieffenbach et Dveksler, 1995). Pour ce faire, une première amplification (10 cycles) a été réalisée sur tous les extraits d'ADN des échantillons à l'aide d'amorces universelles (EUB63F et EUB1387R; Marchesi et al., 1998) ciblant le gène codant pour l'ARNr 16s des eubactéries et ayant pour résultat des amplicons de 1324 paires de bases ce qui représente la quasi-totalité de l'ARNr 16s. Par la suite, 1 µl de cette réaction a été utilisé pour réaliser une seconde amplification (30 cycles) à l'aide des amorces universelles spécifiques à la PCR DGGE GC-341F et 534R ciblant une région variable du gène codant pour l'ARNr 16s se situant à l'intérieur des amplicons précédemment générés (Myuzer et al., 1993).

Par la suite, 5 µl du produit PCR de deuxième réaction ont été déposés sur un gel d'agarose 1,5 % contenant 0,5 µg d'EtBr. La migration a été effectuée en appliquant un courant de 100 V pendant 20 minutes. Le gel fut visualisé sous lumière ultraviolette. Tous les échantillons apparaissant sous cette lumière et présentant un profil bactérien ont été considérés comme positifs. La concentration en ADN de ces différents échantillons a été estimée à l'aide d'une échelle de masse moléculaire (Ez Load Precision Molecular Mass Standard, Bio-Rad). Le produit PCR ajusté à une concentration finale de 60 ng/30 µL fut ensuite chargé sur un gel DGGE de polyacylamide 8 % avec un gradient urée-formamide entre 35 et 65 % afin de comparer les profils bactériens.

Les bandes d'ADN d'intérêt ont été découpées, placées dans 50 µl de tampon Tris-HCl EDTA (TE), gardées une nuit à 4 °C et congelées par la suite.

Séquençage des bandes DGGE

Les espèces microbiennes correspondant aux bandes découpées à partir des gels DGGE ont été identifiées par séquençage. Dans un premier temps, 1 µl du tampon TE dans lequel baignent les bandes a été amplifié par PCR. Pour ce faire, le protocole de Muyzer et al. (1993) a été appliqué en utilisant les mêmes paires d'amorces auxquelles les pinces GC ont été retirées. Suite à la PCR, les échantillons ont été séquencés par le service de séquençage du Centre hospitalier de l'Université Laval. Les séquences ainsi obtenues ont été corrigées à l'aide du logiciel Chromas Lite (Technelysium Pty Ltd) et identifiées à l'aide de l'outil BLASTN (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast/Blast.cgi).

Quantification des bactéries totales par PCR quantitative

Une quantification des bactéries totales a été réalisée sur les extraits d'ADN des échantillons positifs, à l'aide de la PCR quantitative sur l'Opticon 2 de MJResearch. Pour ce faire, 2 µl des extraits d'ADN ont été utilisés en appliquant le protocole de quantification publié par Bach et al. (2002).

4.2.3.6 Mesures des odeurs

Les mesures des odeurs ont été réalisées tôt en matinée et en soirée. En effet, la majorité des plaintes reliées à l'odeur sont normalement exprimées lorsque le vent s'estompe le soir ou avant qu'il ne se lève tôt le matin.

Deux méthodes ont été employées simultanément pour évaluer la charge d'odeurs dans les six villages. La première méthode consistait à mesurer la concentration par olfactométrie dynamique. Les échantillons ont été récoltés à l'aide d'un système de pompage de type poumon dans des sacs de 37 L en Tedlar®. Deux des échantillons d'air ont été récoltés entre 18 h et 20 h chaque mardi soir et deux autres entre 7 h et 9 h les mercredis matin. Les quatre échantillons récoltés ont été analysés par olfactométrie dynamique (olfactomètre Odile, Odotech inc., Montréal, Québec, Canada) à moins de 24 h du prélèvement et selon la norme européenne 13725 (CEN, 2003).

La deuxième méthode utilisée fut celle où deux panélistes qualifiés évaluaient l'intensité de l'odeur ambiante avec une échelle de n-butanol de neuf points, tel que décrit dans les techniques normalisées de mesure de l'odeur au supraseuil (ASTM 544-99, ASTM 1999). L'échelle était composée de neuf solutions différentes de n-butanol mélangé avec de l'eau à diverses concentrations (0, 60, 120, 240, 480, 960, 1920, 3840 et 7680 ppm de n-butanol).

L'odeur perçue dans l'air ambiant par les deux panélistes était comparée à l'odeur perçue dans les bouteilles contenant les neuf solutions de n-buthanol et d'eau. L'intensité d'odeur à un point équivaut au dégagement d'odeur du mélange n-buthanol et eau lors de l'ouverture de la bouteille et non à une solution de n-buthanol pur.

Au cours des mêmes périodes de temps (18 h à 20 h le mardi soir et 7 h à 9 h le mercredi matin), les deux évaluateurs qualifiés ont mesuré l'intensité d'odeur à neuf endroits autour de chacun des villages : 1) à l'emplacement du laboratoire mobile (point R); 2) à quatre points correspondant approximativement aux limites du périmètre habité dans les villages (points #1 à #4) et; 3) à quatre autres points approximativement situés à 750 m à partir des limites du périmètre habité des villages dans la même direction ou encore à un endroit choisi selon la configuration des routes menant au village (points #A à #E). Les points d'échantillonnage des odeurs sont présentés sur les cartes des villages à l'Annexe A.

Les points #1 à #4, aux limites du périmètre habité dans les villages, correspondaient généralement à l'endroit où étaient situées les pancartes indiquant la limite de vitesse de 50 km à l'entrée des villages. La distance de 750 m a été déterminée à partir de la formule du calcul des distances séparatrices relatives aux installations d'élevage présentée dans la Directive sur les odeurs causées par les déjections animales provenant des activités agricoles contenue dans la Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles (L.R.Q., c. P-41.1, r.3.02).

Une ferme moyenne de type naisseur-finisseur possédant 200 truies avec 1 000 porcs à l'engraissement a été retenue pour le calcul. Les principales hypothèses étaient que le fumier était géré sous forme liquide, qu'il n'y avait aucune technologie pour atténuer les odeurs et que la ferme était située à proximité d'un périmètre d'urbanisation. La distance séparatrice a été obtenue en multipliant entre eux les six paramètres définis dans la Directive. Selon les calculs, la distance séparatrice obtenue devait être de 733,5 m. La valeur a été arrondie à 750 m pour le projet.

À l'exception du village #6, quatre points de mesure d'odeur (A, B, C et D) ont été sélectionnés dans les villages. La configuration des routes autour du village #6 a permis de sélectionner cinq points de mesure d'odeur.

Cette procédure a été mise en place définitivement à partir de la quatrième semaine de mesure. Durant les trois premières semaines, des valeurs prises sensiblement aux mêmes endroits dans les villages ont pu être récupérées.

4.2.4 Modèles statistiques

4.2.4.1 Modèle pour les concentrations de gaz (H_2S et NH_3)

Pour les deux gaz mesurés, un modèle mixte comportant les effets fixes de l'exposition, de la période et de l'interaction entre ces deux facteurs a été ajusté. La région, le village et l'interaction entre le village et la période ont été considérés comme des effets aléatoires. La structure des corrélations des mesures répétées à trois périodes successives au même endroit a également été prise en considération. La mesure moyenne de gaz pour le village *j* (*j* = exposé ou non exposé), de la région *i* (*i* = 1, 2, 3) durant la période k (*k* = 1, 2, 3) est exprimée par :

$$y_{ijk} = \mu + r_i + T_j + d_{ij} + P_k + (PT)_{jk} + \varepsilon_{ijk} \quad [1]$$

où r_i est l'effet aléatoire de la région *i*, T_j est l'effet fixe du traitement *j* (exposé ou non exposé), d_{ij} est l'effet aléatoire de l'interaction région × traitement, P_k est l'effet fixe de la période k, $(PT)_{jk}$ est l'effet fixe de l'interaction période × traitement et ε_{ijk} est l'erreur résiduelle.

Ce modèle s'appuie sur les postulats suivants :

- Les d_{ij} sont indépendants et ont une distribution $N(0,\sigma^2_d)$;
- Le vecteur des erreurs résiduelles $\varepsilon_{ij} = (\varepsilon_{ij1} \ \varepsilon_{ij2} \ \varepsilon_{ij3})'$ pour les trois périodes suit une loi normale multivariée $N(0, \mathbf{\Sigma_e})$, où $\mathbf{0}$ est un vecteur nul de longueur 3 et $\mathbf{\Sigma_e}$ est une matrice 3 ×3 de variance-covariance;
- Les d_{ij}, et les ε_{ijk} sont mutuellement indépendants.

4.2.4.2 Modèle pour la concentration d'odeur

Pour l'analyse de la concentration d'odeur, l'effet fixe du moment de la journée M_l, *l* = matin ou soir, est ajouté à toutes les interactions avec les facteurs déjà dans le modèle 1 :

$$\begin{aligned} y_{ijkl} &= \mu + r_i + T_j + d_{ij} + P_k + (PT)_{jk} + a_{ijk} \\ &+ M_l + (MT)_{jl} + (MP)_{kl} + (MTP)_{jkl} + \varepsilon_{ijkl} \end{aligned} \quad [2]$$

où a_{ijk} est l'effet aléatoire de l'interaction région × traitement × période. Ce modèle s'appuie sur les postulats suivants :

- Le vecteur des $a_{ij} = (a_{ij1} \ a_{ij2} \ a_{ij3})'$ pour les trois périodes suit une loi normale multivariée $N(0, \mathbf{\Sigma_a})$, où $\mathbf{0}$ est un vecteur nul de longueur 3 et $\mathbf{\Sigma_a}$ est une matrice 3 ×3 de variance-covariance;
- Le vecteur des erreurs résiduelles $\varepsilon_{ijkl} = (\varepsilon_{ijk1} \ \varepsilon_{ijk2})'$ pour les deux moments suit une loi normale multivariée $N(0, \mathbf{\Sigma_e})$, où $\mathbf{0}$ est un vecteur nul de longueur 2 et $\mathbf{\Sigma_e}$ est une matrice 2 ×2 de variance-covariance;
- Les d_{ij}, a_{ij} et ε_{ijk} sont mutuellement indépendants.

4.2.4.3 Modèle pour l'intensité d'odeur

Pour l'analyse de l'intensité d'odeur au modèle 2 s'ajoute le facteur place (E) à deux niveaux (intérieur et extérieur) et son interaction avec les autres facteurs déjà dans le modèle. Pour un même village, il y a une possibilité que les observations aux deux places à un même moment soient corrélées. Le modèle s'écrit ainsi :

$$\begin{aligned} y_{ijk} &= \mu + r_i + T_j + d_{ij} + P_k + (PT)_{jk} + a_{ijk} \\ &+ M_l + (MT)_{jl} + (MP)_{kl} + (MTP)_{jkl} + b_{ijkl} \\ &E_m + (ET)_{jm} + (EP)_{jk} + (EM)_{lm} \\ &+ (ETP)_{jkm} + (ETM)_{jlm} + (EPM)_{klm} + (ETPM)_{jklm} + \varepsilon_{ijklm} \end{aligned} \qquad [3]$$

où b_{ijkl} est l'effet aléatoire de l'interaction région × traitement × période × moment. Ce modèle s'appuie sur les même postulats que le modèle 2 et tous les effets aléatoires, y compris le vecteur des b_{ijk} , sont supposés mutuellement indépendants.

Pour tenir compte des corrélations possibles entre les observations successives effectuées dans le même village, plusieurs structures de variance-covariance ont été ajustées aux jeux de données à l'aide des énoncés RANDOM et REPEATED de la procédure PROC MIXED de SAS (Littell et al., 1996). Le choix de la structure s'est appuyé sur les critères AIC (définition) et BIC (définition). La partie aléatoire du modèle a pu être réduite car certaines composantes de la covariance étaient estimées nulles. Un effet fixe était considéré significatif lorsque la probabilité P du test de F était inférieure à 0,05.

Lors de l'analyse statistique, les valeurs de concentration et d'intensité d'odeur observées par les juges ont dû être transformées dans l'échelle LOG pour que les hypothèses sous-jacentes au modèle d'analyse de variance soient respectées.

4.3 Résultats

4.3.1 Conditions météorologiques

Les conditions de température au printemps et à l'automne étaient très semblables. En fait, la température moyenne de l'air a varié entre 10,2 et 13,1 °C pour la campagne du printemps tandis qu'elle était située entre 10,0 et 13,5 °C pour la campagne d'automne (tableau 5). Les températures minimales étaient légèrement inférieures au printemps mais les températures maximales étaient dans le même ordre de grandeur pour les deux saisons. Il y a eu de la pluie lors de chaque semaine pendant les mesures d'automne tandis que seul le village #4 a reçu des précipitations lors des mesures de printemps.

Bien qu'il y ait eu une certaine variation de la température lors de la saison d'été (température ambiante fraîche au début, puis température plus chaude au milieu de l'été et température de nouveau fraîche vers la fin de la saison), les conditions étaient assez typiques de celles retrouvées normalement au Québec. De plus, lors des deuxièmes et troisièmes semaines de mesure, la température moyenne extérieure était très semblable pour les différents villages (ex : pour la deuxième semaine de mesure, la température moyenne hebdomadaire s'est étendue de 20,1 à 23,0 °C). Même si le laboratoire mobile a été déplacé d'un village à l'autre de façon séquentielle, il est raisonnable d'admettre que les villages ont été évalués dans les conditions semblables et typiques de l'été.

Des graphiques présentant les conditions météorologiques pour toutes les semaines sont présentés à l'Annexe B.

Tableau 5. Conditions météorologiques moyennes dans chacun des villages pour la durée de l'expérimentation en 2006

Semaine #	Village et région	Date (mois-jour)		Température (°C)			Précipitations totales (mm)
		Début	Fin	Moy.	Min.	Max.	
1	#2-Région I	27 avril	2 mai	10,2	-2,5	22,4	0
2	#4-Région II	2 mai	8 mai	10,7	-0,6	24,1	32
3	#6-Région III	8 mai	12 mai	13,1	6,5	22,0	0
4	#2-Région I	12 mai	19 mai	13,5	8,9	23,0	92
5	#1-Région I	19 mai	26 mai	11,7	4,1	26,4	98
6	#4-Région II	26 mai	5 juin	18,8	9,5	31,0	18
7	#3-Région II	5 juin	9 juin	18,3	11,2	29,1	1
8	#6-Région III	9 juin	16 juin	15,5	8,5	24,2	27
9	#5-Région III	16 juin	22 juin	20,7	9,7	31,7	16
10	#2-Région I	22 juin	29 juin	21,1	11,7	28,2	32
11	#1-Région I	29 juin	7 juillet	20,1	12,9	29,0	53
12	#4-Région II	7 juillet	14 juillet	22,6	15,7	31,1	1
13	#3-Région II	14 juillet	21 juillet	23,0	11,2	31,4	n. d.[a]
14	#6-Région III	21 juillet	28 juillet	20,2	13,5	28,4	42
15	#5-Région III	28 juillet	4 août	21,9	12,0	29,1	11
16	#1-Région I	4 août	11 août	19,9	10,4	29,3	10
17	#2-Région I	11 août	18 août	17,4	7,6	26,5	4
18	#3-Région II	18 août	25 août	16,7	5,2	28,3	23
19	#4-Région II	25 août	1 septembre	14,8	4,5	25,4	17
20	#6-Région III	1 septembre	8 septembre	14,9	7,6	21,3	20
21	#5-Région III	8 septembre	15 septembre	12,0	1,1	24,2	16
22	#6-Région III	15 septembre	22 septembre	13,5	2,3	22,0	8
23	#4-Région II	22 septembre	29 septembre	13,4	3,6	23,3	22
24	#2-Région I	29 septembre	6 octobre	10,0	0,8	18,1	24

[a] Un problème informatique a entraîné la perte des donnés météorologiques entre le 14 et le 21 juillet 2006. Les données météorologiques de cette semaine proviennent d'Environnement Canada.

4.3.2 Concentrations de gaz

Les moyennes des concentrations de H_2S et de NH_3 sur 10 minutes et sur 1 heure pour chacune des semaines sont présentées aux tableaux 6 à 9. Des graphiques présentant les concentrations de gaz mesurées à tous les 10 minutes pour toutes les semaines sont présentés à l'Annexe B.

Tableau 6. Concentrations moyennes de NH_3 sur 10 minutes dans chacun des villages pour la durée de l'expérimentation en 2006

Saisons et périodes		Village	Date des visites (jour et mois)		Concentrations de NH_3 sur 10 minutes (ppb)				
			Arrivée	Départ	Moy.	É.-T.	Min.	Max.	Med.
Printemps		#2-Région I	26 avril	2 mai	10,0	7,9	0,3	39,3	8,7
		#4-Région II	2 mai	8 mai	9,0	4,7	1,5	35,8	8,7
		#6-Région III	8 mai	12 mai	11,2	4,0	2,1	26,1	10,9
Été	Période 1	#2-Région I	12 mai	19 mai	7,5	2,0	4,1	23,3	7,3
		#1-Région I	19 mai	26 mai	7,4	7,7	0,4	36,7	4,0
		#4-Région II	26 mai	5 juin	10,4	4,9	2,9	38,9	8,6
		#3-Région II	5 juin	9 juin	5,1	4,3	-1,0	26,1	4,3
		#6-Région III	9 juin	16 juin	24,9	29,1	2,4	184,7	10,4
		#5-Région III	16 juin	22 juin	17,8	9,0	6,1	61,2	14,5
	Période 2	#2-Région I	22 juin	29 juin	14,7	7,0	6,4	39,9	12,6
		#1-Région I	29 juin	7 juillet	7,3	3,6	-2,1	47,1	7,1
		#4-Région II	7 juillet	14 juillet	18,0	6,7	1,1	40,7	16,7
		#3-Région II	14 juillet	21 juillet	9,9	3,3	1,0	32,2	9,4
		#6-Région III	21 juillet	28 juillet	20,1	11,9	5,3	98,7	17,6
		#5-Région III	28 juillet	4 août	15,0	16,8	0,3	123,4	9,3
	Période 3	#1-Région I	4 août	11 août	6,7	3,8	0,7	39,0	5,5
		#2-Région I	11 août	18 août	11,7	5,9	4,3	53,9	9,9
		#3-Région II	18 août	25 août	5,8	3,7	-4,1	21,7	4,6
		#4-Région II	25 août	1 sept.	8,3	5,1	1,4	33,4	6,6
		#6-Région III	1 sept.	8 sept.	13,4	7,8	4,8	43,6	11,4
		#5-Région III	8 sept.	15 sept.	5,6	4,5	-4,6	64,2	4,9
Automne		#6-Région III	15 sept.	22 sept.	22,0	11,8	1,0	167,7	21,4
		#4-Région II	22 sept.	29 sept.	9,4	4,2	-0,1	45,4	8,4
		#2-Région I	29 sept.	6 oct.	0,6	0,7	-0,4	3,9	0,4

Tableau 7. Concentrations moyennes de NH_3 sur une période d'une heure dans chacun des villages pour la durée de l'expérimentation en 2006

Saisons et périodes		Village	Date des visites (jour et mois)		Concentrations de NH_3 sur 1 heure (ppb)				
			Arrivée	Départ	Moy.	É.-T.	Min.	Max.	Med.
Printemps		#2-Région I	26 avril	2 mai	9,9	7,6	0,4	33,0	9,9
		#4-Région II	2 mai	8 mai	9,0	4,5	1,6	24,8	9,0
		#6-Région III	8 mai	12 mai	11,3	3,5	4,3	19,2	11,3
Été	Période 1	#2-Région I	12 mai	19 mai	7,5	2,0	4,3	13,4	7,5
		#1-Région I	19 mai	26 mai	7,3	7,6	1,2	34,5	7,3
		#4-Région II	26 mai	5 juin	10,4	4,8	4,3	33,9	10,4
		#3-Région II	5 juin	9 juin	5,1	4,1	-0,4	24,5	5,1
		#6-Région III	9 juin	16 juin	25,0	28,3	3,8	146,7	25,0
		#5-Région III	16 juin	22 juin	18,0	8,9	6,2	54,1	18,0
	Période 2	#2-Région I	22 juin	29 juin	14,8	7,0	7,1	38,5	14,8
		#1-Région I	29 juin	7 juillet	7,3	2,5	2,3	16,3	7,3
		#4-Région II	7 juillet	14 juillet	18,1	6,4	6,4	39,9	18,1
		#3-Région II	14 juillet	21 juillet	9,8	3,1	3,5	20,9	9,8
		#6-Région III	21 juillet	28 juillet	20,1	11,7	5,5	91,8	20,1
		#5-Région III	28 juillet	4 août	14,3	15,0	4,7	109,8	14,3
	Période 3	#1-Région I	4 août	11 août	6,6	3,0	2,5	15,8	6,6
		#2-Région I	11 août	18 août	11,7	5,7	5,0	48,9	11,7
		#3-Région II	18 août	25 août	5,7	3,5	0,8	15,5	5,7
		#4-Région II	25 août	1 sept.	8,3	4,9	2,5	25,2	8,3
		#6-Région III	1 sept.	8 sept.	13,4	7,7	5,2	41,5	13,4
		#5-Région III	8 sept.	15 sept.	5,5	3,0	1,0	24,8	5,5
Automne		#6-Région III	15 sept.	22 sept.	22,1	10,5	6,9	64,5	22,1
		#4-Région II	22 sept.	29 sept.	9,4	4,0	2,8	19,0	9,4
		#2-Région I	29 sept.	6 oct.	0,6	0,6	-0,2	3,2	0,6

Tableau 8. Concentrations moyennes de H_2S sur une période de 10 minutes dans chacun des villages pour la durée de l'expérimentation en 2006

Saisons et périodes		Village et région	Date des visites (jour et mois)		Concentrations de H_2S sur 10 minutes (ppb)				
			Arrivée	Départ	Moy.	É.-T.	Min.	Max.	Med.
Printemps		#2-Région I	26 avril	2 mai	0,3	0,3	0,0	2,1	0,2
		#4-Région II	2 mai	8 mai	0,2	0,2	0,0	1,4	0,2
		#6-Région III	8 mai	12 mai	0,2	0,3	0,0	2,7	0,1
Été	Période 1	#2-Région I	12 mai	19 mai	0,3	0,3	0,0	4,0	0,3
		#1-Région I	19 mai	26 mai	0,2	0,2	0,0	1,4	0,1
		#4-Région II	26 mai	5 juin	1,1	1,5	0,0	37,0	1,0
		#3-Région II	5 juin	9 juin	1,0	0,2	0,4	2,0	0,9
		#6-Région III	9 juin	16 juin	1,7	0,5	0,7	5,1	1,6
		#5-Région III	16 juin	22 juin	1,5	0,2	1,1	2,7	1,5
	Période 2	#2-Région I	22 juin	29 juin	1,6	0,5	1,1	6,8	1,5
		#1-Région I	29 juin	7 juillet	1,5	0,2	1,2	2,8	1,5
		#4-Région II	7 juillet	14 juillet	1,8	0,5	0,4	8,6	1,7
		#3-Région II	14 juillet	21 juillet	1,6	0,2	1,1	2,4	1,6
		#6-Région III	21 juillet	28 juillet	1,9	0,5	1,2	4,8	1,7
		#5-Région III	28 juillet	4 août	1,5	0,2	0,9	3,0	1,5
	Période 3	#1-Région I	4 août	11 août	1,6	0,4	1,1	4,8	1,6
		#2-Région I	11 août	18 août	1,8	0,5	1,2	9,6	1,7
		#3-Région II	18 août	25 août	1,7	0,2	1,2	2,9	1,7
		#4-Région II	25 août	1 sept.	1,7	0,4	1,0	4,3	1,6
		#6-Région III	1 sept.	8 sept.	1,7	0,4	1,1	3,3	1,7
		#5-Région III	8 sept.	15 sept.	1,5	0,2	0,9	2,9	1,5
Automne		#6-Région III	15 sept.	22 sept.	2,2	0,4	1,5	5,0	2,1
		#4-Région II	22 sept.	29 sept.	1,6	0,2	0,9	2,1	1,6
		#2-Région I	29 sept.	6 oct.	1,6	0,2	1,0	2,9	1,6

Tableau 9. Concentrations moyennes de H_2S sur une période d'une heure dans chacun des villages pour la durée de l'expérimentation en 2006

Saisons et périodes		Village	Date des visites (jour et mois)		Concentrations de H_2S sur 1 heure (ppb)				
			Arrivée	Départ	Moy.	É.-T.	Min.	Max.	Med.
Printemps		#2-Région I	26 avril	2 mai	0,3	0,3	-0,1	1,7	0,3
		#4-Région II	2 mai	8 mai	0,2	0,2	-0,1	1,0	0,2
		#6-Région III	8 mai	12 mai	0,2	0,3	-0,1	1,4	0,2
Été	Période 1	#2-Région I	12 mai	19 mai	0,3	0,2	-0,1	1,2	0,3
		#1-Région I	19 mai	26 mai	0,2	0,2	-0,2	1,0	0,2
		#4-Région II	26 mai	5 juin	1,1	1,1	-0,1	11,9	1,1
		#3-Région II	5 juin	9 juin	1,0	0,2	0,5	1,6	1,0
		#6-Région III	9 juin	16 juin	1,7	0,5	1,1	3,7	1,7
		#5-Région III	16 juin	22 juin	1,5	0,2	1,2	1,9	1,5
	Période 2	#2-Région I	22 juin	29 juin	1,6	0,4	1,2	4,7	1,6
		#1-Région I	29 juin	7 juillet	1,5	0,1	1,2	2,0	1,5
		#4-Région II	7 juillet	14 juillet	1,8	0,4	1,0	6,0	1,8
		#3-Région II	14 juillet	21 juillet	1,6	0,1	1,2	2,0	1,6
		#6-Région III	21 juillet	28 juillet	1,9	0,5	1,3	4,5	1,9
		#5-Région III	28 juillet	4 août	1,5	0,2	1,0	2,0	1,5
	Période 3	#1-Région I	4 août	11 août	1,6	0,3	1,2	3,7	1,6
		#2-Région I	11 août	18 août	1,8	0,4	1,3	4,9	1,8
		#3-Région II	18 août	25 août	1,7	0,1	1,4	2,3	1,7
		#4-Région II	25 août	1 sept.	1,7	0,4	1,1	3,2	1,7
		#6-Région III	1 sept.	8 sept.	1,7	0,3	1,1	2,7	1,7
		#5-Région III	8 sept.	15 sept.	1,5	0,2	1,0	2,0	1,5
Automne		#6-Région III	15 sept.	22 sept.	2,2	0,4	1,5	4,2	2,2
		#4-Région II	22 sept.	29 sept.	1,6	0,2	1,1	2,0	1,6
		#2-Région I	29 sept.	6 oct.	1,6	0,2	1,1	2,5	1,6

4.3.2.1 Patrons particuliers de concentration de gaz

Les données de température de l'air, de précipitations, de concentrations de NH_3 et de H_2S pour la troisième semaine de mesure de l'été du village #1 sont présentées à la figure 2. Selon la courbe de température de l'air et les mesures de précipitations, cette semaine a été assez chaude avec un peu de pluie vers la fin de la semaine. Il y a eu un pic de NH_3 de 40 ppb au cours de la semaine, mais la concentration de NH_3 est restée en dessous de 20 ppb sans suivre aucun patron spécifique. La concentration de H_2S a varié entre 1,5 et 2,0 ppb, mais trois pics s'étendant de 4,0 à 5,0 ppb se sont produits sur trois jours consécutifs. Puisqu'aucune donnée concernant les activités se déroulant dans les villages n'est disponible, il n'est pas possible d'expliquer avec certitude ces pics de H_2S. Cependant, pour cette semaine en particulier, la concentration de NH_3 était basse et bien en-dessous des limites reportées au tableau 1 alors que la concentration moyenne de H_2S était légèrement au-dessus de celle de 1,4 recommandée par l'EPA (2003b) mais en-dessous de celle de 8,0 ppb prescrite par les normes de l'OEHHA (2005).

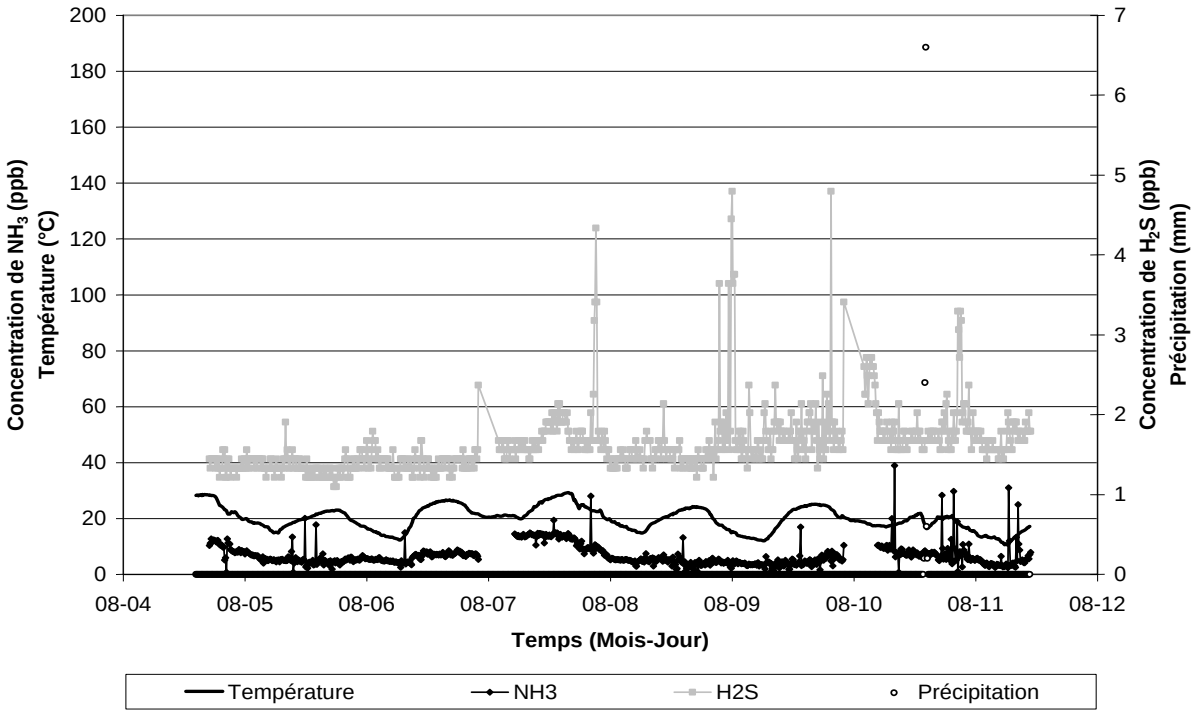


Figure 2. Concentrations de gaz, température et précipitation en fonction du temps dans le village #1, entre le 4 et le 11 août 2006

La figure 3 illustre un patron particulier de la concentration de NH_3 observée une fois seulement pour le village non exposé #5. Pendant un orage, une concentration maximale de NH_3 de 1 561 ppb a été enregistrée. Bien que l'ammoniac puisse être formé par un tel incident (Mizak et al., 2005) et considérant les problèmes potentiels avec l'équipement de mesure survenus pendant l'incident, il est peu probable que cette concentration élevée soit réelle.

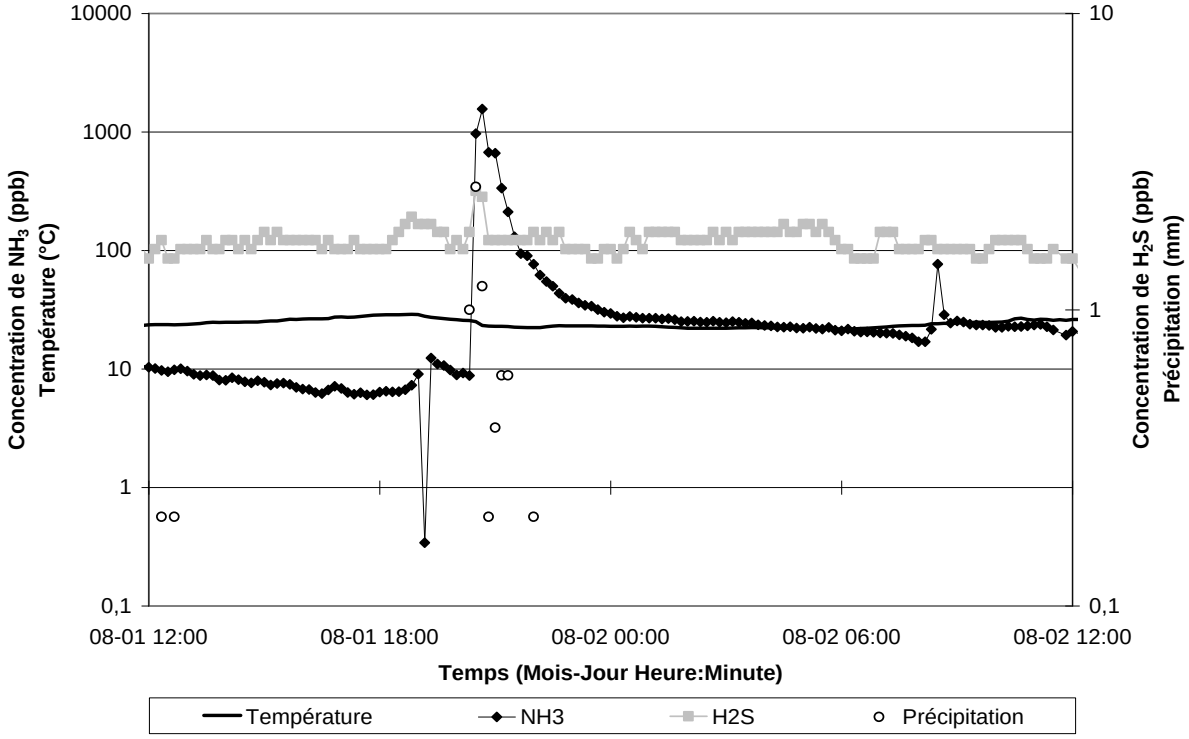


Figure 3. Concentrations de gaz, température et précipitation en fonction du temps dans le village #5, durant 24 heures le 1er août 2006

Durant cette même période, la concentration de H_2S a été semblable à celle obtenue pour le village #1 à la figure 2 et elle est restée constante à environ 2,0 ppb pour toute la semaine (figure 3).

Les mesures de concentration de NH_3 et de H_2S entre le 9 et le 16 juin pour le village #6 sont présentées à la figure 4. Bien que la concentration de H_2S ait été normalement en-dessous de 2,0 ppb au début de la semaine, des pics combinés de NH_3 et de H_2S ont été observés pendant trois jours consécutifs vers la fin de la semaine. La concentration d'ammoniac a atteint 180 ppb tandis que celle de H_2S a grimpé jusqu'à plus de 5,0 ppb.

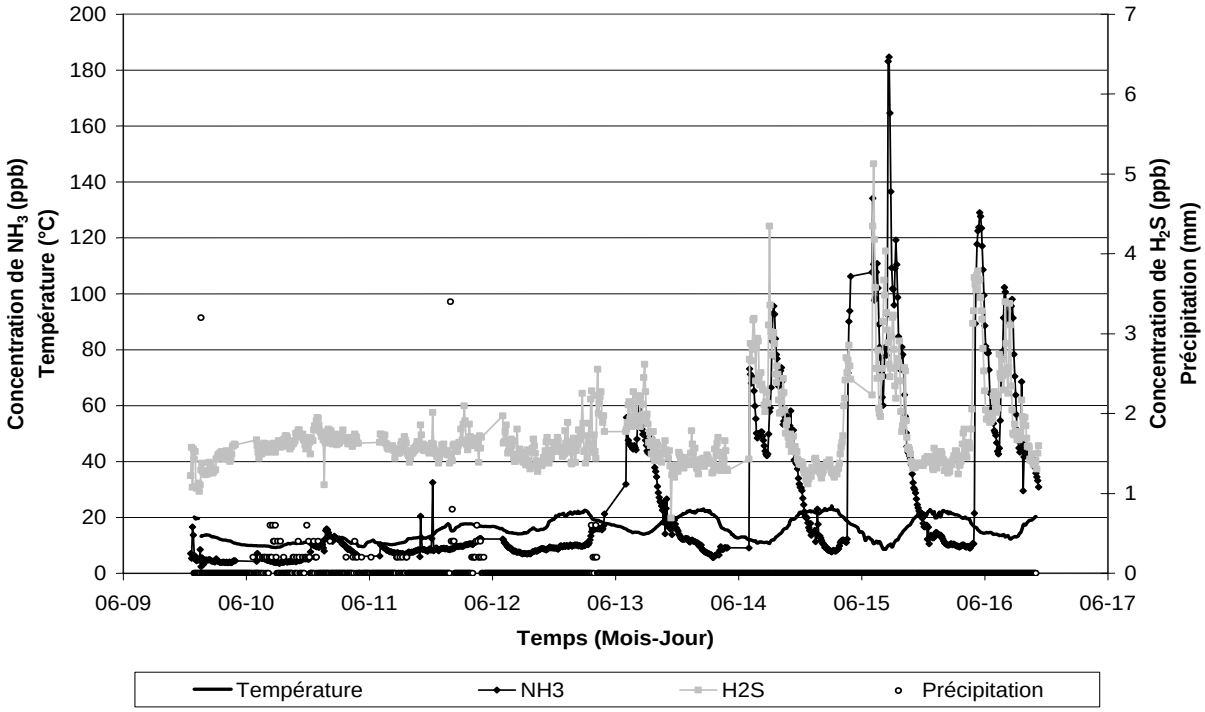


Figure 4. Concentrations de gaz, température et précipitation en fonction du temps dans le village #6, entre le 9 et le 16 juin 2006

Les concentrations d'ammoniac observées à la figure 4 ne dépassent pas des limites aiguës d'exposition pour le NH_3 décrites au tableau 1. L'importance des pics de H_2S présentés à la figure 4 est également semblable aux pics de H_2S précédemment observés dans les mesures du village #1 (figure 2).

La figure 5 illustre les concentrations de gaz entre le 15 et le 22 septembre dans le village #6 pendant que des activités d'épandage de lisier avaient lieu. Encore une fois, les pics de concentration de NH_3 peuvent être associés à ceux de H_2S, mais les concentrations mesurées pour les deux gaz ne présentent pas un danger pour la qualité de l'air ambiant. Cependant, la concentration de fond de H_2S a varié entre 2,0 et 3,0 ppb durant la semaine. Comparativement à la figure 4, pour ce village ayant la densité de porcs la plus élevée (tableau 3), la concentration ambiante de H_2S semble augmenter durant la saison de croissance. Une analyse plus détaillée des données déterminera si l'hypothèse à l'effet que la concentration de H_2S d'un village où la densité animale est élevée augmente au cours de l'été sera confirmée ou infirmée.

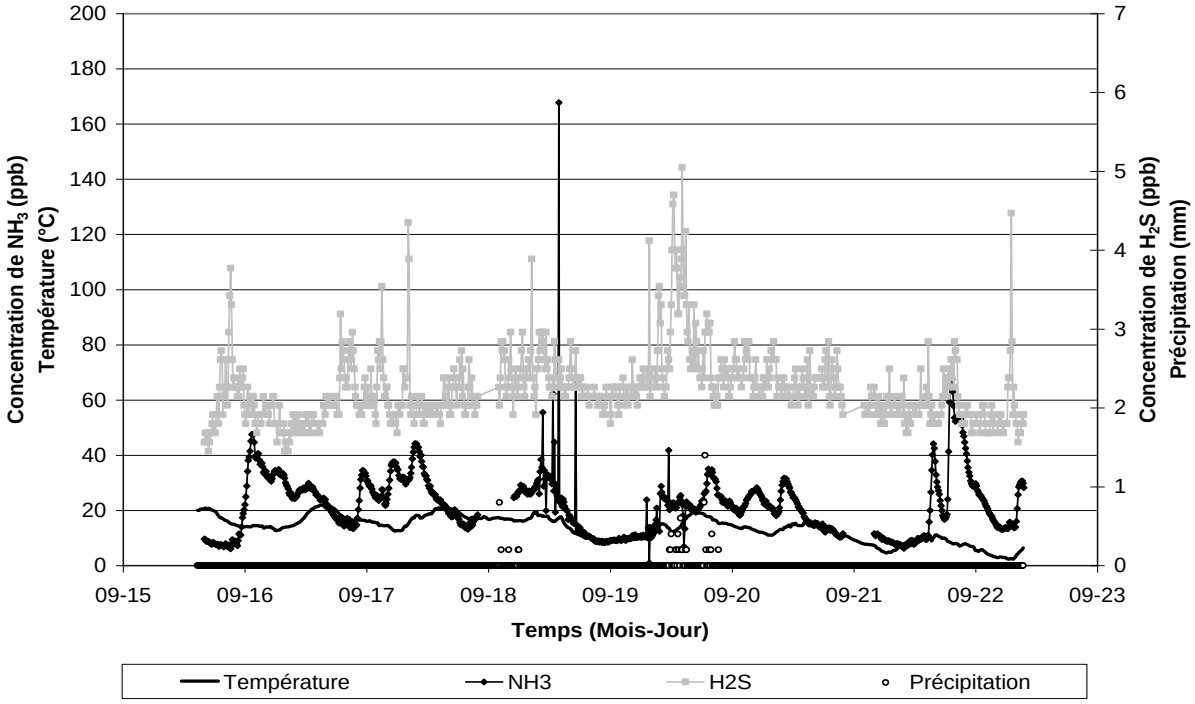


Figure 5. Concentrations de gaz, température et précipitation en fonction du temps dans le village #6, entre le 15 et 22 septembre 2006

4.3.2.2 Concentrations moyennes d'ammoniac et de sulfure d'hydrogène

Les concentrations moyennes de NH_3 pour chacune des trois saisons sont décrites au tableau 10. Les valeurs moyennes lues chaque 10 minutes se sont étendues entre 6,9 et 12,8 ppb pour les villages non exposés et entre 8,9 et 18,3 ppb pour les villages exposés. La partie droite du tableau 10 présente le calcul des concentrations moyennes de NH_3 par période d'une heure. L'évaluation de l'exposition moyenne pour une heure au lieu de celle pour chaque 10 minutes a un impact mineur sur les moyennes tandis qu'elle réduit sensiblement les expositions maximales. Puisque plusieurs des limites aiguës sont définies pour une exposition d'une heure (tableau 1), les moyennes horaires sont des valeurs plus appropriées à considérer pour évaluer l'exposition limite à court terme.

La présence d'unités de production porcine et de d'autres unités de productions animales (tableau 3) dans les villages exposés a légèrement augmenté la concentration ambiante de NH_3. Cependant, comparée aux limites chroniques et aiguës d'exposition décrites au tableau 1, la concentration de NH_3 des villages exposés ne représente pas de risque pour la santé des résidants.

Selon les moyennes, seul un des villages exposés a eu une concentration ambiante de H_2S plus haute que le village non exposé correspondant (1,6 ppb pour le village #6 comparé à 1,5 ppb pour le village #5, tableau 11). Considérant que les standards de qualité d'air varient entre 1,4 et 8,0 ppb (EPA 2003b; OEHHA 2005), la concentration de H_2S des villages exposés ne présente pas un plus grand risque pour la population que celle des villages non exposés.

Selon les résultats obtenus, l'exposition à la production porcine (151 UA porc/km^2) combinée à celle d'autres productions animales, et comparée à un village non exposé, augmente la concentration ambiante de NH_3 et de H_2S. Cependant, ces concentrations restent dans des standards de qualité de l'air généralement admis pour assurer la santé publique.

Aucun effet significatif de l'exposition ou de la période d'exposition sur le taux de H_2S n'a été détecté. Un effet significatif de la période d'exposition ($P = 0,032$) a été mesuré pour le NH_3. Le seul écart significatif pour cet effet est un écart de 5,5 entre la période 2 et la période 3 ($P = 0,009$). Il semble y avoir une différence importante entre la moyenne des villages exposés et celle des villages non exposés (14,4 et 8,8 respectivement), mais le P pour cet effet est légèrement au-dessus de la limite de signification ($P = 0,068$).

Tableau 10. Concentrations moyennes de NH_3 sur une période de 10 minutes et d'une heure dans chacun des villages en 2006

Village (# et région)	Concentrations de NH_3 sur 10 min (ppb)			Concentrations de NH_3 sur 1 heure (ppb)		
	Moyenne (écart-type)	Minimum	Maximum	Moyenne (écart-type)	Minimum	Maximum
Non exposé						
#1-région I	7,1 (5,0)	0,0	47,1	7,1a	1,2	34,5
#3-région II	6,9 (3,8)	0,0	32,2	6,9a	0,0	24,5
#5-région III	12,8 (10,1)	0,0	123	12,6a	1,0	110
Exposé						
#2-région I	8,9 (4,7)	0,0	53,9	8,9a	0,0	48,9
#4-région II	11,0 (5,2)	0,0	45,4	11,1a	1,6	39,9
#6-région III	18,3 (12,9)	1,0	184	18,3a	3,8	147

Tableau 11. Concentrations moyennes de H_2S sur une période de 10 minutes et d'une heure dans chacun des villages en 2006

Village (# et région)	Concentrations de H_2S sur 10 min (ppb)			Concentrations de H_2S sur 1 heure (ppb)		
	Moyenne (écart-type)	Minimum	Maximum	Moyenne (écart-type)	Minimum	Maximum
Non exposé						
#1-région I	1,1 (0,3)	0,0	4,8	1,1a (0,2)	0,0	3,7
#3-région II	1,4 (0,2)	0,4	2,9	1,4a (0,2)	0,5	2,3
#5-région III	1,5 (0,2)	0,9	3,0	1,5a (0,2)	1,0	2,0
Exposé						
#2-région I	1,1 (0,4)	0,0	9,6	1,1a (0,3)	0,0	4,9
#4-région II	1,3 (0,6)	0,0	37,0	1,3a (0,4)	0,0	11,9
#6-région III	1,6 (0,4)	0,0	5,1	1,6a (0,4)	0,0	4,5

4.3.3 Concentrations des bioaérosols

4.3.3.1 Analyse qualitative des échantillons

Cent quatorze échantillons ont été analysés dans les conditions décrites précédemment (PCR imbriquée et DGGE). Dans les conditions de l'analyse, tous les tubes témoins analysés étaient négatifs. Ceci suggère que lorsque le DGGE montre un profil bactérien, il représente le profil du village et non une contamination (tableau 12).

Pour l'ensemble du projet, sur les neuf semaines d'échantillonnage dans les villages non exposés, seulement trois semaines (une journée dans le village #1 et deux dans le village #5) ont démontré au moins une journée positive (33 % des visites).

Il n'est pas surprenant de ne pas avoir de profil dans le village #5 durant la semaine du 28 juillet, puisque la plupart des tubes ont été éliminés. En comparaison, 47 % des semaines (7 sur 15) dans les villages exposés à la production porcine sont positives, c'est-à-dire qu'il est possible d'y détecter un signal pour en faire l'analyse de la biodiversité. Cependant, on ne peut que remarquer cette tendance sans savoir si cette différence est significative.

Étant donné le grand nombre de tubes rejetés, il est intéressant de voir que cette tendance est également confirmée en regardant le tableau 13 qui montre le nombre de tubes positifs sur le nombre de tubes analysés.

Tableau 12. Sites et journées présentant un profil bactérien (P) après DGGE[a]

Village	Semaine débutant le :	Jours de la semaine							
		Vendredi	Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Témoin
#2-Région I	27/04/06					x		x	
#4-Région II	02/05/06				x	x			
#6-Région III	09/05/06	x	x	x	x	x			
#2-Région I	12/05/06	x		x		x	x		
#1-Région I	19/05/06	x	x	x					
#4-Région II	26/05/06	x						P[b]	
#3-Région II	05/06/06	x	x	x	x				
#6-Région III	09/06/06	x	x	x	x	P	P	x	
#5-Région III	16/06/06	x				x	P	x	
#2-Région I	22/02/06					P			
#1-Région I	29/06/06		P					x	
#4-Région II	07/07/06							x	
#3-Région II	14/07/06					x	x	x	
#6-Région III	21/07/06				P				
#5-Région III	28/07/06	x	x	x	x	x		x	
#1-Région I	4/08/06	x	x			x	x	x	
#2-Région I	11/08/06								
#3-Région II	18/08/06	x	x	x	x	x			
#4-Région II	25/08/06	x	x	x	x	x	x	x	
#6-Région III	01/09/06				P			P	
#5-Région III	08/09/06	x	x				P		
#6-Région III	15/09/06			P		P	P		
#4-Région II	22/09/06			P	P	P	P	x	
#2-Région I	29/09/06						x		

[a] Les cases marquées d'un x représentent les échantillons éliminés pour divers incidents (soit ils contenaient de l'eau, soit la machine n'a pas fonctionné correctement ou moins de 23 h/tube). Le P représente une journée positive après la PCR et présentant un profil bactérien visible au DGGE. Les cases vides représentent un échantillon analysé mais négatif à la PCR.

[b] Beaucoup de pollen dans le tube ce qui aurait pu influencer le résultat de la PCR.

Tableau 13. Proportion d'échantillons positifs sur les échantillons analysés

Type de village	Nombre de tubes analysés	Nombre de tubes positifs	Pourcentage de tubes positifs
Villages exposés à la production porcine	76	14	18 %
Villages non exposés à la production porcine	30	3	10 %

4.3.3.2 Quantification des échantillons positifs

La figure 6 représente les concentrations de bactéries quantifiées par PCR quantitative (qPCR) de tous les échantillons positifs lors de la PCR imbriquée comparativement aux échantillons négatifs.

En général, une différence significative ($p < 0,0001$; test-T de Student) d'un logarithme ou plus est observée entre les concentrations de bactéries totales dans les échantillons positifs et les échantillons négatifs. Cependant, les échantillons du 21 juin et des 4 et 20 septembre, positifs après la PCR, ne démontrent pas des concentrations de bactéries totales plus élevées que les tubes négatifs à la PCR de la même série. D'une part, ceci peut s'expliquer par le fait que la PCR effectuée pour déterminer les tubes positifs est en fait une PCR imbriquée, c'est-à-dire qu'il y a deux séries d'amplification, ce qui rend le test beaucoup plus sensible que l'amplification lors de la qPCR. D'autre part, les amorces utilisées lors de la PCR imbriquée ne ciblent pas les mêmes zones de l'ARNr 16s que celles utilisées lors de la qPCR, ce qui pourrait également expliquer la différence.

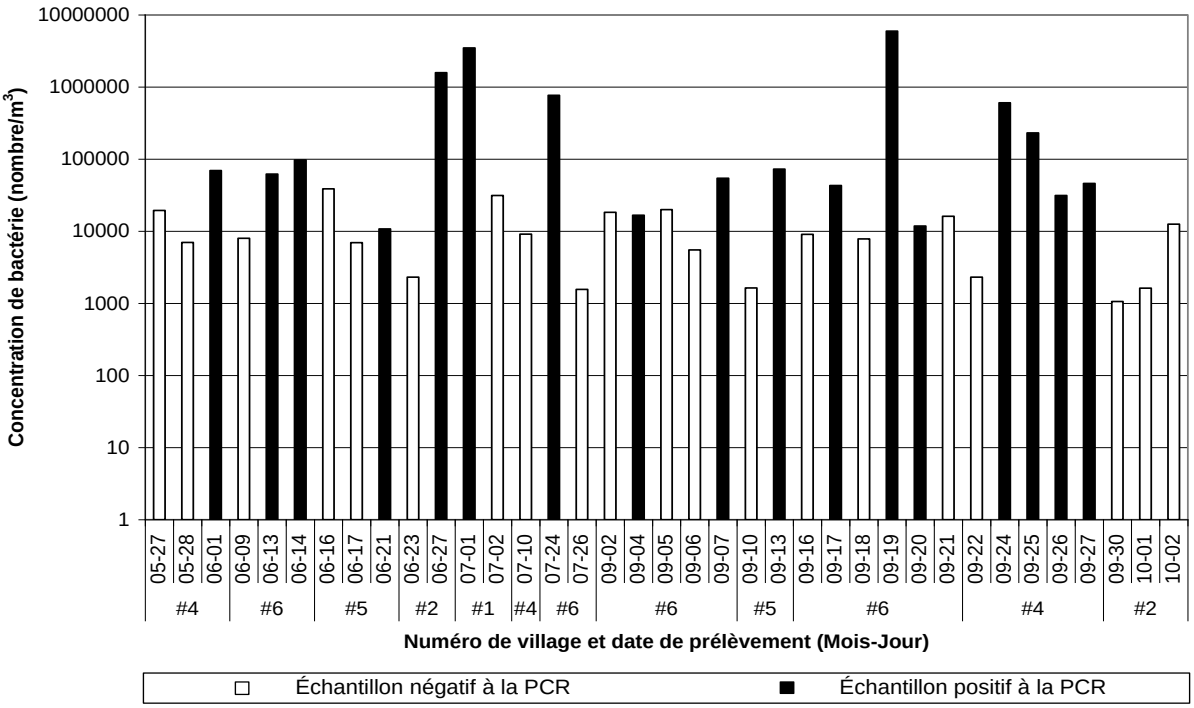


Figure 6. Concentration de bactéries par qPCR

4.3.3.3 Analyses des bandes DGGE par séquençage

Les figures 7 et 8 représentent les profils bactériens sur DGGE des échantillons positifs à la PCR. La figure 9 présente une image de synthèse créée à partir des gels DGGE originaux (figures 7 et 8) après une analyse réalisée à l'aide du logiciel GelCompar II (Applied Maths). Les différents profils sont regroupés sous forme d'arbre phylogénétique selon une analyse de type Ward. La figure 10 représente une matrice de présence/absence des différentes bandes observées pour chacun des sites d'échantillonnage positifs à la PCR. La présence de deux groupements distincts peut être observée sur ces figures. Toutefois, peu de similitudes ont été observées entre les différents échantillons, et ce, à l'intérieur des deux groupements. La faible quantité de réplicats et de contrôles pour chacun des villages réduit de beaucoup la puissance de l'analyse de la biodiversité. Les échantillons récoltés entre le 22 et le 29 septembre (région II – village #4) font toutefois exception. En effet, ces échantillons se retrouvent tous à l'intérieur du même sous groupe et c'est pour ces derniers qu'est observé le maximum de similitude.

En ce qui concerne les autres semaines, la faible quantité d'échantillons positifs ne permet pas d'observer de façon claire une réelle tendance en ce qui a trait à la similitude et/ou différence entre les différents villages.

De plus, les échantillons récoltés dans les villages non exposés à la production porcine ne présentent pas de similitude. Étant donné qu'il s'agit d'échantillons uniques et qu'ils n'ont pas étés réalisés au même endroit, il n'est pas surprenant de constater ce phénomène.

L'analyse par séquençage a démontré la présence de *Clostridium sp.* (intestin), *Enterobacter aerogenes* (intestin), *Pantoea agglomerans* (intestin), *Candidatus Hamiltonella defensa* (entérobactérie ne se retrouvant pas chez l'humain) et *Ochrobactrum sp.* (environnement) dans les villages exposés alors qu'on ne les retrouve pas dans les villages non exposés. Cependant, il est difficile d'affirmer hors de tout doute que ces bactéries ne se retrouvent pas dans les villages non exposés.

Rahnella sp. a déjà été identifiée dans les sols subissant des épandages (de Freitas et al., 2003) et a déjà été observée dans l'air des usines de pâtes et papiers (Prazmo, 2003) mais se retrouve également dans les villages non exposés à la production porcine. *Clostridium sp.* comprend des espèces communément retrouvées dans le lisier de porcs. La plupart des bactéries sont associées aux environnements aqueux et végétaux (tableau 3) et les autres se retrouvent dans l'intestin. *Klebsiella pneumoniae* peut se retrouver à la fois dans l'intestin et dans l'environnement (Murray, 2007).

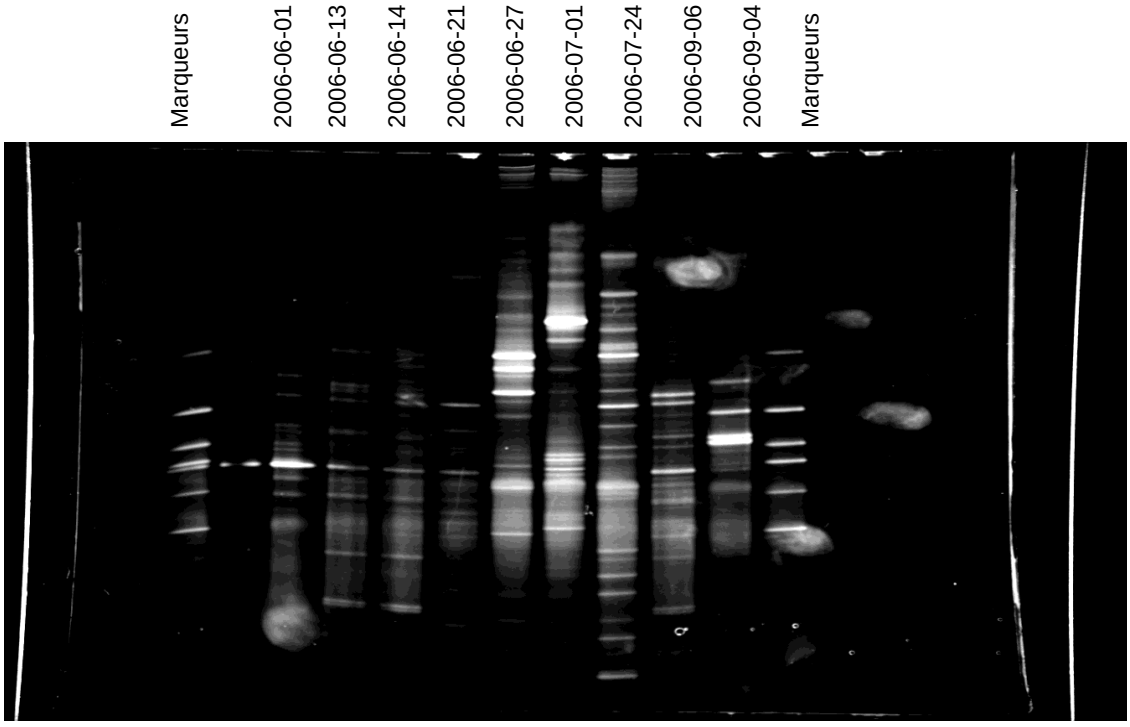


Figure 7. Profil bactérien des échantillons positifs à la PCR

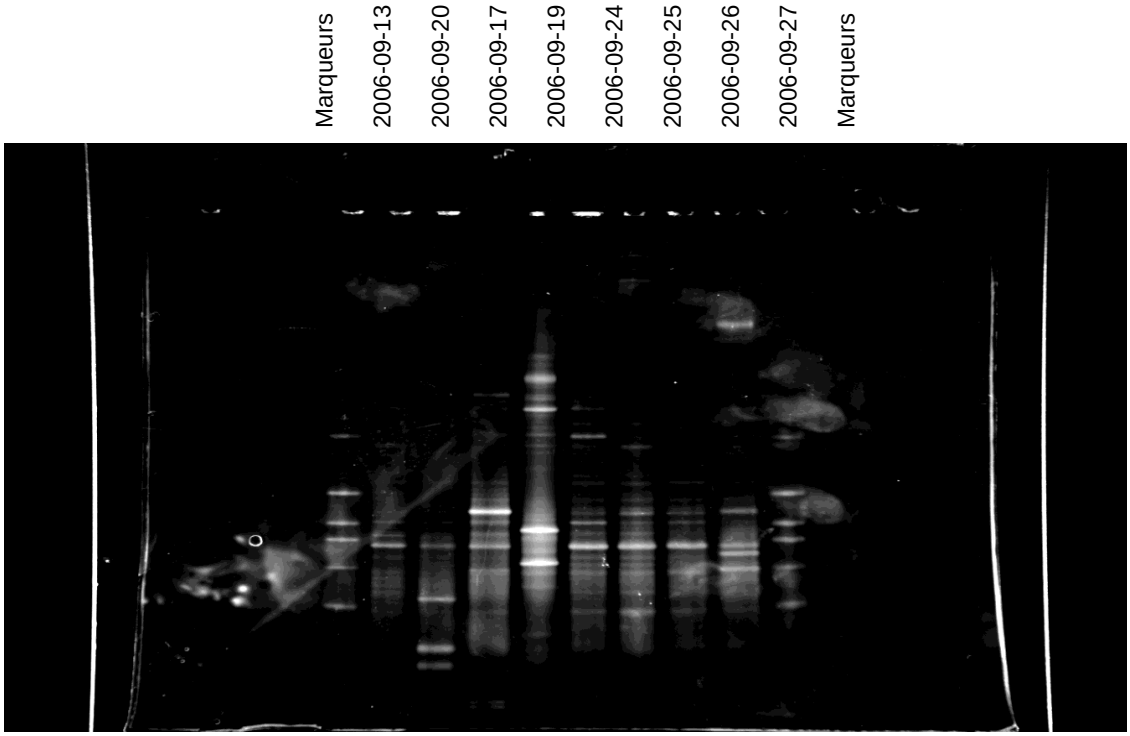


Figure 8. Profil bactérien des échantillons positifs à la PCR (suite)

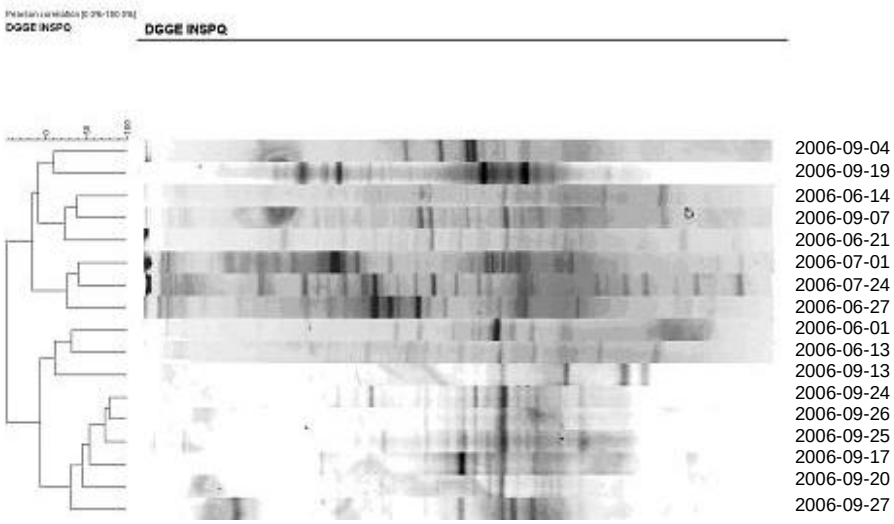


Figure 9. Image composite des gels DGGE réalisée à l'aide du logiciel GelCompar II (Applied Maths). Les regroupements sont réalisés en utilisant une corrélation de Pearson et un dendrogramme de type Ward.

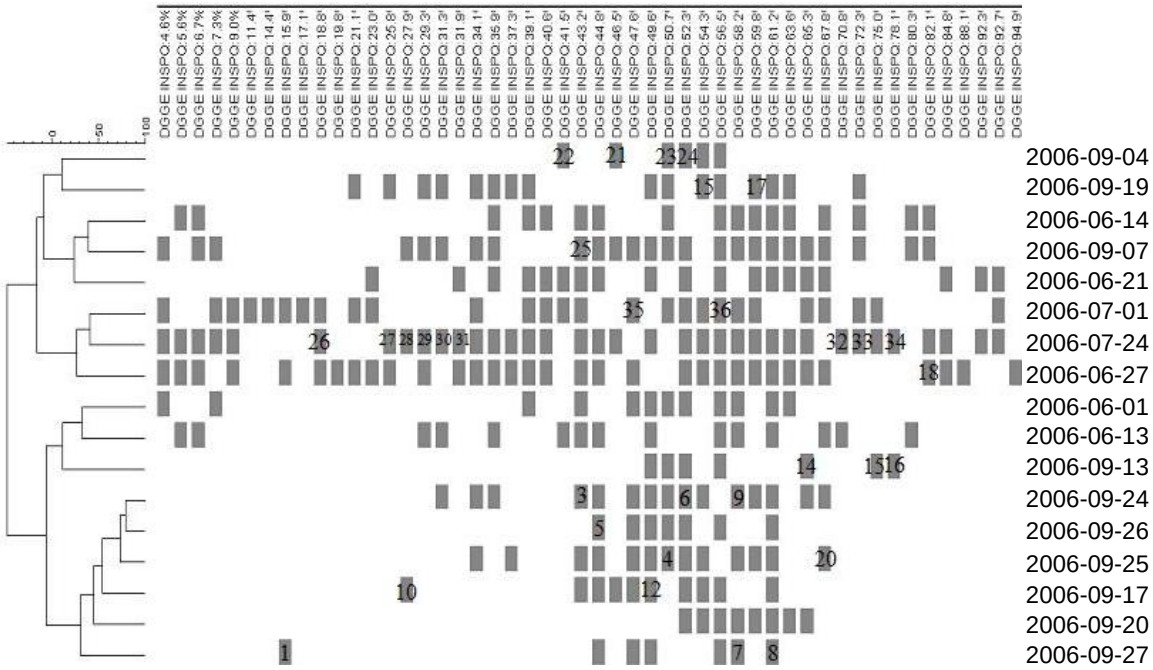


Figure 10. Matrice de présence/absence des différentes bandes retrouvées sur les gels DGGE

Tableau 14. Résultats des identifications par séquençage de certaines bandes découpées sur les gels DGGE

Bactéries identifiées[a]	# de la bande	Journée de prélèvement																
		01/06/2006	13/06/2006	14/06/2006	21/06/2006	27/06/2006	01/07/2006	24/07/2006	04/09/2006	07/09/2006	13/09/2006	17/09/2006	19/09/2006	20/09/2006	24/09/2006	25/09/2006	26/09/2006	27/09/2006
Buchnera sp	1					x	x											x
Pantoea agglomerans ou *Sphingobacterium sp.*	2 27					x		x										
Pseudomonas sp.	3 25	x	x	x	x	x	x	x		x		x			x	x		
Riemerella anatipestifer ou *Enterobacter aerogenes*	4 23	x		x			x		x	x			x	x	x	x	x	
Novosphingobium sp.	5		x	x	x	x		x		x		x			x	x	x	x
Pseudomonas sp. ou *Enterobacter aerogenes*	6 24	x			x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	
Candidatus Regiella insecticola ou *Sphingomonas sp.*	7 9	x	x	x		x	x	x		x	x				x	x		x
Sequence double	8	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	x	x	x
Pseudomonas sp. ou ***Candidatus Hamiltonella defensa*** ou *Chryseobacterium sp.*	10 28							x		x		x						
Pseudomonas sp. ou *Erwinia sp.* ou *Chryseobacterium sp.*	11 30		x					x		x			x		x			
Uroleucon ambrosiae	12	x	x	x	x			x		x			x	x	x	x	x	x
Enterobacter sp.	13					x	x	x	x		x	x	x		x	x		
Rahnella sp.	14				x	x	x	x		x	x			x	x			
Rahnella sp.	15						x	x						x				
Rahnella sp. ou *Klebsiella pneumoniae*	16 34							x						x				
Erwinia persicina	17			x	x	x	x	x		x	x		x		x	x		
Clostridium sp.	18			x		x		x		x								
Sequence double	19						x											
Sphingomonas sp.	20		x	x	x	x	x			x					x	x		
Enterobacter aerogenes	21							x	x	x		x						
Proteobacterim non cultivé	22		x		x		x		x									
Chryseobacterium sp.	26					x	x	x										
sequence double	29		x			x		x		x			x					
Sphingobacterium sp. ou *Pseudomonas sp.*	31				x	x		x										
Ochrobactrum sp.	32		x					x										
Klebsiella pneumoniae	33			x			x	x		x		x						
Bruit de fond	35	x				x	x			x		x			x	x	x	x
Pseudomonas sp.	36	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x

[a] En caractère gras = espèces non retrouvées dans les villages non exposés;
OU = soit telle espèce soit telle autre espèce (ce ne sont pas des synonymes);
Séquence double et bruit de fond = bandes non identifiables.

4.3.4 Concentrations et intensités moyennes d'odeur

Les concentrations d'odeur évaluées par olfactométrie dynamique n'ont pas été différentes pour les villages non exposés et exposés, ni les échantillons d'air prélevés le soir, ni pour ceux du matin. En fait, les concentrations moyennes d'odeur ont été de 20 à 54 UO/m^3 pour les villages non exposés, et de 30 à 51 UO/m^3 pour les villages exposés. Puisque ces mesures étaient assez basses comparées à l'échelle de mesure de l'olfactomètre, l'odeur résiduelle des sacs employés pour la récolte des échantillons a probablement eu une certaine influence sur les données obtenues, mais il est difficile de juger quel en est le véritable impact. La limite de détection inférieure de l'olfactomètre se situe entre 20 et 30 UO/m^3. À ce moment, il n'existe pas de différence significative entre les données et aucune conclusion ne peut être tirée des résultats du tableau 15.

Tableau 15. Concentrations moyennes d'odeur obtenues par olfactométrie dynamique dans les six villages

Village (# et région)	Concentration d'odeur moyenne (UO/m^3)	
	Échantillonnage du matin	Échantillonnage du soir
Non exposé		
#1-région I	20a	47a
#3-région II	38a	49a
#5-région III	54a	38a
Exposé		
#2-région I	41a	33a
#4-région II	41a	30a
#6-région III	51a	43a

Les résultats d'intensité d'odeur in situ obtenus par les panélistes qualifiés se retrouvent au tableau 16. Contrairement aux données d'olfactométrie, des intensités d'odeur plus élevées ont été détectées dans les villages exposés comparativement aux villages non exposés et les observations effectuées le soir sont plus élevées que celles du matin. En moyenne, le soir, les villages exposés ont eu des intensités d'odeur variant de 19,7 à 39,7 ppm sur l'échelle de n-butanol comparativement à 0,4 à 3,0 ppm pour les villages non exposés. Des intensités plus importantes ont été détectées le soir comparativement à celles du matin.

Basé sur ces données, il semble que le standard utilisé pour l'évaluation des intensités d'odeur in situ avec des panélistes qualifiés (ASTM 544-99, ASTM 1999) constitue une méthode plus appropriée que la technique standard d'olfactométrie pour mesurer les niveaux ambiants d'odeur.

Aucun des facteurs n'a eu un effet significatif sur les mesures d'unités d'odeur. Par contre, une différence importante et très significative des mesures de n-butanol a été détectée entre les villages exposés et les villages non exposés ($P < 0,0001$). La valeur moyenne en LOG a été deux fois supérieure pour les villages exposés (non exposés, 1,11

et exposés, 2,07). Une légère interaction place × période (P = 0,045) est détectée, mais les effets simples des facteurs place et période ne sont pas significatifs. La valeur de n-butanol a été jugée supérieure à l'extérieur des limites du village pour la période 3 (extérieur, 1,8 et intérieur 0,9). Cette différence est significative (P = 0,007) mais n'est peut-être attribuable qu'au hasard. Plusieurs autres facteurs pourraient également être en cause (difficulté des juges à évaluer, direction et force des vents la journée de l'évaluation, etc.).

Tableau 16. Intensités moyennes d'odeur par point d'échantillonnage en équivalent de n-butanol dans les six villages

Village (# et région)	Moyenne d'intensité d'odeur (ppm d'équivalent n-butanol)									
	Point d'échantillonnage									
	R	1	2	3	4	A	B	C	D	E
Échantillonnage du soir										
Non exposé										
#1-région I	0	0	1	0	1	0	1	0	1	
#3-région II	0	0	1	1	0	0	1	1	0	
#5-région III	7	1	2	0	7	0	0	0	10	
Exposé										
#2-région I	1	24	0	16	1	101	1	1	32	
#4-région II	29	18	1	107	3	73	0	123	3	
#6-région III	19	22	32	6	23	16	144	14	0	75
Échantillonnage du matin										
Non exposé										
#1-région I	1	0	1	1	0	1	0	1	1	
#3-région II	0	1	1	0	1	1	1	1	1	
#5-région III	1	0	0	0	1	0	9	1	1	
Exposé										
#2-région I	5	2	5	0	3	3	3	0	17	
#4-région II	5	5	1	19	3	4	13	13	1	
#6-région III	18	29	32	24	7	1	131	11	0	3

4.4 Discussion reliée au volet sur la qualité de l'air

L'ammoniac, le sulfure d'hydrogène, les concentrations de bioaérosols et les concentrations d'odeur ont été séquentiellement mesurés dans six villages agricoles. Trois de ces villages peuvent être définis comme étant exposés à la production de porcs et à d'autres espèces animales, tandis que les trois autres peuvent être considérés comme n'étant pas exposés à la production porcine. Des données ont été rassemblées pendant trois saisons différentes (printemps, été et automne) en déplaçant l'instrumentation d'un village à l'autre à toutes les semaines. Les concentrations de NH_3 et de H_2S ont été mesurées de façon continue, celles des bioaérosols à tous les jours, tandis que la concentration et l'intensité en odeur ont été établies deux fois par semaine.

Les concentrations moyennes de NH_3 aux 10 minutes se sont étendues de 6,9 à 12,8 ppb pour les villages non exposés et entre 8,9 à 18,3 ppb pour les villages exposés. Comparée aux limites chroniques et aiguës d'exposition, la concentration de NH_3 des communautés exposées ne représente pas un risque pour la santé des résidants.

Lorsqu'un village agricole est considéré comme exposé à la production porcine (en moyenne 151 UA porc/km^2), combinée avec d'autres productions animales et comparé à un village non exposé, des concentrations de NH_3 et de H_2S sont plus élevées mais elles demeurent dans des standards de qualité de l'air généralement admis pour assurer la santé publique.

Les concentrations d'odeur établies par olfactométrie dynamique n'ont montré aucune différence claire entre les villages non exposés et exposés, ni pour les mesures de soir, ni pour celles du matin. Les évaluations des intensités d'odeur in situ avec des panélistes qualifiés ont indiqué des intensités plus élevées d'odeur dans les villages exposés comparativement aux villages non exposés et les observations de soir étaient plus élevées que celles du matin. Des recherches supplémentaires seront nécessaires pour définir quel est le niveau d'intensité de l'odeur qui est socialement acceptable pour la population des zones agricoles. Les événements d'odeur peuvent cependant représenter une nuisance pour les résidants ruraux.

Bien que certaines espèces et genres bactériens ont pu être détectés dans l'air des villages exposés à la production porcine, il est très peu probable que les concentrations atteignent des niveaux significatifs. Il semble que la méthode, bien que très sensible, ait été utilisée à la limite du seuil de détection. Les microorganismes présents dans l'air des villages exposés à la production porcine représentent fort probablement des évènements rares. À de si faibles fréquences de détection, les effets potentiels sur la santé seront très difficiles à prédire de façon précise. Puisqu'aucun pathogène important ne fut détecté en grande concentration, l'air ne semble pas un vecteur de transport et d'exposition de la population ciblée.

5 Volet santé publique

5.1 Équipe de réalisation et objectifs

Le volet santé publique a été conçu et réalisé par la Direction de santé publique de la Montérégie.

Compte tenu des données scientifiques présentées ci-dessus, l'hypothèse testée repose sur le lien entre la présence de contaminants atmosphériques (ammoniac, sulfure d'hydrogène, particules et bioaérosols) et d'odeur retrouvés dans les agglomérations à forte production porcine et une altération de la santé physique et psychologique des habitants.

Les objectifs spécifiques incluent l'estimation de la prévalence d'effets ou de perception, ainsi que la comparaison de la fréquence de ces impacts des installations de production porcine entre les populations exposées et non exposées pour les quatre dimensions suivantes :

- la santé physique (symptômes affectant les sinus, les voies respiratoires, etc.);
- la santé psychologique (niveau de détresse psychologique);
- la qualité de vie (perturbation des activités quotidiennes);
- le climat social (tensions et conflits dans la communauté).

5.2 Matériel et méthodes

5.2.1 Devis d'étude

Il s'agit d'une étude épidémiologique transversale à méthode analytique basée sur des mesures répétées. Elle s'apparente à une étude de panel (Porta, 2008) et vise à comparer l'état de santé physique et psychologique ainsi que la qualité de vie et le climat social d'une population vivant à proximité d'installations de production porcine (appelée aux fins de l'étude population exposée) à ceux d'une population non concernée par ce type d'installations (considérée comme population non exposée).

Afin de dresser un portrait aussi complet que possible qui tienne compte de la variation temporelle et de l'influence des saisons, l'évaluation de l'état de santé physique, psychologique et la qualité de vie, de même que la comparaison des deux populations sont effectuées à cinq reprises, sur une période de cinq mois, entre avril et septembre 2006.

Compte tenu du nombre important de participants, de la durée limitée de l'étude et de la disponibilité des ressources, l'état de santé ne pouvait être mesuré à l'aide de tests cliniques. Le modèle d'étude choisi implique l'utilisation d'un questionnaire auto-administré. Plusieurs études portant sur le même sujet (Radon et al. 2004; Radon et al. 2007; Thu et al. 1997; Wing et al. 2008) ont utilisé des questionnaires semblables parmi leurs méthodes de collecte de données. Avec un tel outil, l'évaluation de l'état de santé physique et psychologique repose sur l'auto-déclaration des symptômes par les répondants selon leur perception et leur compréhension.

Le devis choisi permet la réalisation de l'étude dans un temps circonscrit, en mobilisant peu de ressources et en limitant les coûts. Cependant, il ne permet pas de tester la relation de causalité entre la qualité de l'air et les effets sur la santé dans les environnements de production porcine. La qualité des résultats de l'étude dépend principalement de la capacité des participants à répondre aux questionnaires le plus fidèlement possible.

5.2.2 Population à l'étude et échantillonnage

Comme décrit précédemment (section 4.2.1), l'étude est réalisée dans six municipalités sélectionnées en milieu rural et réparties dans trois régions différentes du Québec. Les régions concernées sont la Montérégie (région I), le Centre du Québec (région II) et Chaudière-Appalaches (région III). Les caractéristiques générales des villages ou municipalités rurales sélectionnés pour le projet sont résumées aux tableaux 2 et 3 et figurent à l'annexe A.

Parmi les six municipalités relevant des régions administratives présentées ci-dessus, trois d'entre elles sont caractérisées par la proximité de fermes en production porcine (population à l'étude) alors que les trois autres sont caractérisées par l'absence de fermes porcines dans leur environnement (population du groupe contrôle). Aux fins de ce projet, la population à l'étude sera désignée par le terme « population exposée » alors que les municipalités ne présentant pas d'installations porcines constituent la « population non exposée ».

La population à l'étude était constituée de la population résidant sur les territoires des villages #2, #4 et #6. L'échantillon comprenait les sujets volontaires issus de ces villages. Le groupe contrôle (non exposé) provenait des villages sans proximité de fermes porcines (#1, #3 et #5). Dans les deux cas, le recrutement se faisait par l'envoi aux domiciles d'une lettre d'invitation à participer à l'étude, ainsi que par l'application des critères suivants :

- être âgé de 18 ans et plus;
- être non fumeur et ne pas être exposé à la fumée de tabac au domicile;
- vivre dans le domicile depuis au moins deux ans;
- ne pas prendre les vacances estivales à l'extérieur du domicile durant les semaines de collecte de données;
- ne pas travailler et n'avoir aucun autre membre du ménage travaillant dans une installation de production animale.

La taille de l'échantillon visée était de 180 répondants, réparti également entre les six municipalités retenues (30 répondants x six villages). Ceci permettait d'obtenir 90 répondants pour le groupe issu des trois municipalités exposées à la production porcine et 90 répondants pour le groupe issu des trois municipalités non exposées à la production porcine.

5.2.3 Variables étudiées et mesures

Les variables étudiées pour qualifier l'état de santé ont été identifiées à partir de la littérature scientifique existante. Il s'agit des effets identifiés à la section 3.3 et qui sont communément rapportés comme étant associés à la production porcine.

5.2.3.1 Les symptômes physiques habituellement associés à la production porcine

Ces symptômes sont classifiés en cinq groupes selon la localisation des effets rapportés. Les groupes reprennent globalement la classification utilisée dans des études antérieures (Thu et al. 1997; Wing et Wolf 2000) et se présentent ainsi :

- sinus (maux de tête et oreilles bouchées);
- système respiratoire supérieur (nez qui coule, maux de gorge, yeux qui piquent ou qui coulent);
- système respiratoire inférieur (toux avec ou sans crachat, essoufflement, respiration sifflante, oppression thoracique);
- système gastro-intestinal et le système nerveux central (nausées et vomissements, diarrhées, étourdissements ou évanouissements);
- irritations cutanées (rougeur de la peau).

Les effets sont mesurés par une échelle à quatre niveaux se référant à la semaine précédant le questionnaire (absence d'effets, présence pendant un jour ou moins, présence pendant plus d'une journée, présence toute la semaine). La prévalence des effets est estimée par la présence de réponses positives auto-déclarées, quelle qu'en soit la fréquence (un jour ou moins, plus d'un jour, toute la semaine).

5.2.3.2 Les symptômes physiques non associés à la production porcine

Il s'agit de symptômes tels que les maux de dos, les douleurs articulaires, la décoloration des ongles et les douleurs inexpliquées aux muscles qui sont non spécifiques à l'exposition des contaminants émis par les installations de production porcine. Cette méthode, employée dans d'autres études (Ségala et al. 2003; Wing et Wolf 2000), vise à évaluer la présence possible d'une surdéclaration des symptômes. Ces effets sont documentés par les questionnaires, de la même façon que les symptômes physiques habituellement associés à la production porcine.

La section 1 du questionnaire figurant à l'annexe C présente les questions destinées au répondant visant à documenter les symptômes sur la santé physique habituellement associés ou non à la production porcine.

5.2.3.3 La santé psychologique

La santé psychologique est représentée par l'indice de détresse psychologique IDPESQ-14 (ci-après appelé IDPESQ-14) qui permet d'obtenir une mesure du bien-être émotionnel (Chevalier et Sauvageau, 2000). Cet indice est une mesure adaptée du Psychiatric Symptom Index, développé et validé par Ilfeld en 1976 et 1978. Il s'agit d'une mesure non spécifique qui n'a pas été conçue pour distinguer l'ensemble des psychopathologies, mais qui vise plutôt à qualifier un état général. Selon les termes utilisés par Camirand (2008), cet indice permet de mettre en évidence « *un ensemble d'émotions négatives ressenties par l'individu, qui lorsqu'elles se présentent avec persistance, peuvent donner lieu à des syndromes de dépression et d'anxiété* ».

Aux quatorze questions posées (section 3, annexe C), le répondant choisit une des réponses suivantes : jamais (0), de temps en temps (1), assez souvent (2) et très souvent (3). L'indice est calculé à partir de la somme des scores à chacune des questions. Cette

somme est divisée par le score maximum possible, soit 42 (14 questions avec un score maximum de 3 par question), puis multipliée par 100 afin d'obtenir un résultat en pourcentage. À partir de la distribution des scores, les répondants situés dans le dernier quintile de valeurs appartiennent au niveau de détresse psychologique élevé. Cette utilisation des quintiles pour classifier les répondants est issue d'études antérieures portant sur la détresse psychologique (Pampalon et Légaré, 1997). Ces auteurs ont permis d'estimer que les problèmes de détresse psychologique sévère touchent 26 % de la population, selon les données de l'Enquête sociale et de santé du Québec 1992-1993. Finalement, les proportions de personnes classées au niveau élevé de l'indice de détresse psychologique sont alors comparées pour les répondants exposés et les non exposés.

5.2.3.4 La qualité de vie

Celle-ci est évaluée à partir de la fréquence de la perception des odeurs au domicile, de la capacité à pouvoir profiter de sa propriété ou de son logement (ouvrir les fenêtres, recevoir des invités) et est mesurée à l'aide de la même échelle que celle utilisée pour l'indice de détresse psychologique (de jamais à très souvent). La qualité de vie intègre également la notion de degré de dérangement occasionné par les odeurs. Cet aspect est apprécié par une échelle à 5 niveaux : aucune odeur, odeurs pas dérangeantes, odeurs un peu dérangeantes, odeurs dérangeantes et odeurs très dérangeantes. La section 4 du questionnaire de l'annexe C présente ces questions.

5.2.3.5 Le climat social

Il vise à documenter la perception des risques et des bénéfices, des tensions et des conflits dans la communauté. Il est évalué par l'inquiétude pouvant être ressentie par les répondants quant aux effets des productions animales sur la santé et sur l'environnement ainsi que par l'identification des sources de frustration vécue personnellement ou par la communauté. Ces questions figurent à la section 5 de l'annexe C et ne sont adressées qu'aux répondants.

5.2.4 Collecte d'informations

La collecte des données relatives à la santé physique, psychologique, la qualité de vie et le climat social repose sur l'auto-administration d'un questionnaire développé aux fins de l'étude (annexe C). Les questionnaires ont été envoyés aux domiciles des répondants par les services de Postes Canada; aucune visite n'a été effectuée directement dans les ménages. Le questionnaire a été envoyé, rempli et retourné à cinq reprises (printemps, été 1, été 2, été 3, et automne) par chaque répondant entre le 28 avril et le 6 octobre 2006, selon un calendrier préétabli (tableau 17). Ainsi, les données ont été collectées sur une période totale de 24 semaines et les cinq périodes de collecte des variables de santé ont été planifiées pour coïncider avec les périodes de mesure de la qualité de l'air afin de dresser le portrait le plus complet possible à travers les saisons. Les trois périodes d'été couvrent l'ensemble de la période estivale lorsque les individus passent plus de temps à l'extérieur et gardent les fenêtres de leur résidence ouvertes. Les collectes du printemps et de l'automne reflètent des périodes pour lesquelles les émissions dans l'air sont potentiellement plus élevées, car les entreprises procèdent à l'épandage du lisier.

Les renseignements concernant les symptômes physiques, la santé psychologique et la qualité de vie ont été obtenus aux cinq périodes de collecte. Les données démographiques ont été obtenues à partir du questionnaire auto-administré au printemps et celles concernant le climat social ont été obtenues à l'automne seulement.

Tableau 17. Périodes de collecte de l'information du volet santé auprès des répondants, 2006

Saisons et périodes	Village et région[a]	Dates de mesures de la qualité de l'air[b]		Périodes couvertes par les questionnaires
		Début	Fin	
Printemps	Village #1 – Région I	n/a	n/a	24 au 28 avril
	Village #2 – Région I	26 avril	2 mai	24 au 28 avril
	Village #3 – Région II	n/a	n/a	1 au 5 mai
	Village #4 – Région II	2 mai	8 mai	1 au 5 mai
	Village #5 – Région III	n/a	n/a	8 au 12 mai
	Village #6 – Région III	8 mai	12 mai	8 au 12 mai
Été 1	Village #2 – Région I	12 mai	19 mai	15 au 19 mai
	Village #1 – Région I	19 mai	26 mai	22 au 26 mai
	Village #4 – Région II	26 mai	5 juin	29 mai au 2 juin
	Village #3 – Région II	5 juin	9 juin	5 au 9 juin
	Village #6 – Région III	9 juin	16 juin	12 au 16 juin
	Village #5 – Région III	16 juin	22 juin	19 au 23 juin
Été 2	Village #2 – Région I	22 juin	29 juin	26 au 30 juin
	Village #1 – Région I	29 juin	7 juillet	3 au 7 juillet
	Village #4 – Région II	7 juillet	14 juillet	10 au 14 juillet
	Village #3 – Région II	14 juillet	21 juillet	17 au 21 juillet
	Village #6 – Région III	21 juillet	28 juillet	24 au 28 juillet
	Village #5 – Région III	28 juillet	4 août	31 juillet au 4 août
Été 3	Village #1 – Région I	4 août	11 août	7 au 11 août
	Village #2 – Région I	11 août	18 août	14 au 18 août
	Village #3 – Région II	18 août	25 août	21 au 25 août
	Village #4 – Région II	25 août	1 septembre	28 août au 1 septembre
	Village #6 – Région III	1 septembre	8 septembre	4 au 8 septembre
	Village #5 – Région III	8 septembre	15 septembre	11 au 15 septembre
Automne	Village #5 – Région III	n/a	n/a	18 au 22 septembre
	Village #6 – Région III	15 septembre	22 septembre	18 au 22 septembre
	Village #3 – Région II	n/a	n/a	25 au 29 septembre
	Village #4 – Région II	22 septembre	29 septembre	25 au 29 septembre
	Village #1 – Région I	n/a	n/a	2 au 6 octobre
	Village #2 – Région I	29 septembre	6 octobre	2 au 6 octobre

[a] Les régions I, II et III correspondent à la Montérégie, au Centre du Québec et à Chaudière-Appalaches; les villages 1 à 6 sont respectivement Saint-Rémi, Saint-Liboire, Saint-Célestin, Saint-Nazaire-d'Acton, Parisville et Saint-Bernard (cf. Annexe A).

[b] n/a : ne s'applique pas.

5.2.5 Aspects analytiques et statistiques

Le plan d'analyse de cette étude repose essentiellement sur l'épidémiologie analytique afin d'établir la relation statistique entre l'exposition et les variables étudiées.

Après réception des questionnaires et compilation des données, les prévalences d'effets et de perception ont été estimées dans les groupes exposés et non exposés en fonction de leur lieu de résidence pour chacune des cinq périodes de collecte. La comparaison des prévalences des groupes est ensuite effectuée à l'aide du rapport de cote, accompagné d'un intervalle de confiance à 95 %. Aucun ajustement pour l'âge ou le genre ou stratification n'a été effectué. Par ailleurs, les données concernant le climat social sont collectées et analysées uniquement pour la période d'automne.

L'utilisation du rapport de cote repose sur le fait que le devis choisi s'apparente à une étude de panel. En effet, bien que la sélection des sujets s'effectue comme dans une étude de cohorte (groupe exposé vs. groupe non exposé), l'approche utilisée pour l'estimation des risques ne permet pas de différencier les cas incidents des cas prévalents. Il est donc approprié dans ce cas d'utiliser les rapports de cote comme mesure d'association plutôt qu'un risque relatif dont l'usage reste préconisé dans les études de cohorte pour estimer le risque des cas incidents.

En outre, d'autres études menées sur la présence d'odeur environnementale et les nuisances à la santé (Aatamila et al. 2010; Radon et al. 2007; Ségala et al. 2003) utilisent une méthodologie comparable (sélection de groupe exposé et non exposé en fonction de la distance de la source de nuisance) et présentent des résultats sous forme de prévalences et de rapports de cote, permettant ainsi une comparaison avec les résultats de la présente étude.

5.3 Portée et limites de l'étude

Comme mentionné précédemment, la présente étude repose principalement sur l'observation. Elle vise à réaliser un portrait de situation et à identifier la présence éventuelle de problèmes relatifs à la santé physique, psychologique, à la qualité de vie ou au climat social ainsi que leur ampleur. Elle permet d'identifier parmi les périodes étudiées, celles qui sont plus propices à l'apparition des effets et de faire des comparaisons avec des études similaires réalisées dans d'autres pays. Appuyés sur la littérature scientifique disponible à ce jour, les résultats de cette étude permettront de mieux orienter les communications destinées aux communautés concernées et de mieux appréhender les enjeux de santé publique reliés aux installations actuelles et futures de production porcine. Cependant, compte tenu du devis choisi, cette étude ne permet pas de dresser des conclusions sur l'existence d'un lien de causalité entre un facteur de risque donné et les symptômes étudiés chez les personnes vivant dans une municipalité avec production porcine.

L'étude repose sur une participation volontaire des habitants des municipalités sélectionnées. Ceux-ci devaient retourner une réponse à la lettre d'invitation dans un délai d'une semaine après réception. L'exigence engendrée par ce court délai a pu constituer un frein à la participation. Cet obstacle a pu être partiellement compensé par une indemnisation financière de 50 $ offerte à tous les participants qui s'engageaient à

compléter les cinq collectes afin de les dédommager pour le temps investi et autres frais éventuels (déplacement au bureau de poste, etc.).

5.4 Résultats

Cette section présente d'abord les données sur les caractéristiques de la population à l'étude. Ensuite, les calculs de prévalence des effets et les comparaisons entre les groupes exposés et non exposés pour les effets reliés à la santé physique, la santé psychologique, la qualité de vie et au climat social sont présentés à l'aide des rapports de cote et de leurs intervalles de confiance.

5.4.1 Description de la population à l'étude

La participation des répondants a été sollicitée au moyen d'une lettre d'invitation envoyée par la DSP de la Montérégie dans les six municipalités préalablement sélectionnées (la taille de chacune de ces municipalités figure au tableau 3). Au total, 5 308 invitations non personnalisées ont été envoyées par les services de Postes Canada, à raison d'une invitation par résidence pour les six municipalités ciblées. Les taux de participation et de réponse à l'étude sont présentés au tableau 18.

L'application des critères de sélection a pu être réalisée à partir des informations du formulaire de participation (annexe D) et a permis de sélectionner les candidats potentiels parmi l'ensemble des 546 réponses reçues (tableau 18). Certains candidats qui ne connaissaient pas les dates de leurs vacances lors du recrutement ont quand même été acceptés, sous condition de ne pas compléter le questionnaire s'ils s'absentaient pendant plus d'une journée complète durant la période couverte par le questionnaire.

Après l'application des critères de sélection, 212 ménages ont été retenus et invités à signer un formulaire de consentement, ce qui a été fait par la majorité (203/212, soit 95,8 %). Étant donné que le nombre théorique de ménages satisfaisant aux critères n'est pas connu et que l'étude visait à recruter un échantillon de 180 ménages, le taux de participation est déterminé uniquement sur la proportion de répondants des ménages sélectionnés et ayant fourni leur consentement. Le taux de participation varie selon les périodes de collecte, de 86 % au printemps à 93 % à la troisième période de l'été.

L'objectif de 180 répondants a été atteint à toutes les périodes de collecte d'informations, sauf pour le printemps où seulement 175 questionnaires valides ont été retournés. Un faible taux de désistement au cours de la période de collecte de l'information a été noté. La compensation financière, promise pour les participants complétant l'étude, a peut-être été un facteur atténuant le désistement. Par ailleurs, un rappel était transmis aux répondants avant chaque nouvelle période de collecte afin d'éviter des oublis et de limiter les erreurs dues aux dates de réponse. Les questionnaires qui étaient mal remplis, incomplets ou qui n'étaient pas retournés à la date prévue n'ont pas été considérés pour les analyses.

Le tableau 19 présente les caractéristiques des répondants exposés et non exposés. La comparaison des deux groupes a été réalisée à partir d'informations socio-démographiques recueillies à l'aide du premier questionnaire. Ces mêmes informations n'ont pas été colligées de nouveau lors des questionnaires subséquents.

Les deux groupes sont comparables quant au sexe, à l'âge et à la scolarité (valeur de $P > 0,05$). Les ménages sont constitués de façon semblable quant au nombre d'adultes et d'enfants, avec, en moyenne 1 enfant pour deux adultes par ménage. Comparativement à la population québécoise, le genre féminin est surreprésenté dans l'échantillon. En effet, on y retrouve 73,4 % de femmes chez les exposés et 70,5 % chez les non exposés, alors que les québécoises représentent 50,6 % de la population, selon les prévisions de l'ISQ pour 2006 (ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec, 2005). Ce phénomène n'est pas surprenant dans une enquête où le répondant doit répondre pour lui-même et pour le ménage et il a déjà été observé dans d'autres études antérieures (Radon et al. 2004; Schiffman et al. 1995; Ségala et al. 2003; Wing et Wolf 2000). Étant donné que la surreprésentation est présente dans les deux groupes et que ceux-ci ne sont comparés qu'entre eux, elle n'aura pas d'influence sur les conclusions statistiques.

Tableau 18. Recrutement des sujets à l'étude et taux de participation

Caractéristiques	Nombre	Remarques
Invitations à participer	5 308	Invitations non personnalisées postées à tous les domiciles des six municipalités ciblées.
Formulaires de participation retournés	546	Une réponse a été reçue en provenance de 546 ménages.
Ménages sélectionnés	212	Les formulaires de participation (n = 333, 60 % de ceux reçus) ne respectant pas les critères suivants n'ont pas été sélectionnés : • Ne savaient pas quand ils allaient prendre des vacances et s'ils allaient les prendre à l'extérieur (n = 156); • Fumeurs ou exposés à la fumée secondaire (n = 95); • Âge (inconnu et moins de 18 ans) ou emploi (dans une entreprise de production porcine) (n = 14); • Résidaient depuis moins de 2 ans au domicile (n = 13); • Autres raisons (n = 55).
Consentement	203	Neuf formulaires de consentement n'ont pas été retournés. Répartition des répondants dans les municipalités : • Saint-Rémi : n = 34; • Saint-Célestin : n = 35; • Parisville : n = 25; • Saint-Liboire : n = 40; • Saint-Nazaire : n = 30; • Saint-Bernard : n = 39.
Participation et taux de réponse parmi les questionnaires ayant constitué l'échantillon en fonction des périodes	Entre 175 et 189	Nombre de questionnaires retournés selon la période de collecte : • Printemps : n = 175 (86 %); • Été 1 : n = 183 (90 %); • Été 2 : n = 185 (91 %); • Été 3 : n = 189 (93 %); • Automne : n = 186 (92 %).

Tableau 19. Caractéristiques des répondants et des ménages à l'étude

Caractéristiques	Exposés (n = 94)*		Non exposés (n = 79)*		Signification (valeur P)
	N	%	N	%	
Caractéristiques des répondants					
Sexe					
Hommes	25	26,6	23	29,5	P = 0, 67
Femmes	69	73,4	55	70,5	
Âge					
18 à 44 ans	46	48,9	38	48,1	P = 0,97
45 à 64 ans	35	37,2	29	36,7	
65 à 90 ans	13	13,8	12	15,2	
Scolarité					
Primaire	9	9,6	4	5,1	P = 0,44
Secondaire	28	29,8	28	35,9	
Postsecondaire	57	60,6	46	59,0	
Caractéristiques des ménages					
Nombre d'enfants de 17 ans et moins					
Aucun enfant	49	52,1	38	48,1	P = 0,59
1 seul enfant	14	14,9	18	22,8	
2 enfants	19	20,2	13	16,5	
3 enfants et plus	12	12,8	10	12,7	
Nombre d'adultes (incluant le répondant)					
1 adulte	17	18,1	14	17,7	P = 0,19
2 adultes	69	73,4	51	64,6	
3 adultes et plus	8	8,5	14	17,7	
Nombre de personnes					
Adultes	185	67,0	161	66,3	P = 0,85
Enfants	91	33,0	82	33,7	
Moyen par ménage	2,9	------	3,1	------	P = 0,55

[a] Le n représente le nombre de questionnaires reçus. Dans certains cas, des questions n'ont pas été répondues ou n'ont pu être validées (écriture illisible), ce qui explique que les sommes partielles peuvent différer du n total.

5.4.2 Problèmes de santé et perceptions auto-rapportés en fonction de l'appartenance aux groupes exposés et non exposés

5.4.2.1 Santé physique

La prévalence des symptômes physiques auto-déclarés par le répondant a été calculée pour les différentes périodes de collecte. Les groupes exposés et non exposés ont été comparés entre eux. L'ensemble des résultats concernant les problèmes de santé déclarés sont disponibles à l'annexe E.

Les prévalences sont présentées à l'aide des figures 11 à 16. Les symptômes déclarés sont répartis dans les six groupes définis à la section 5.2.3.

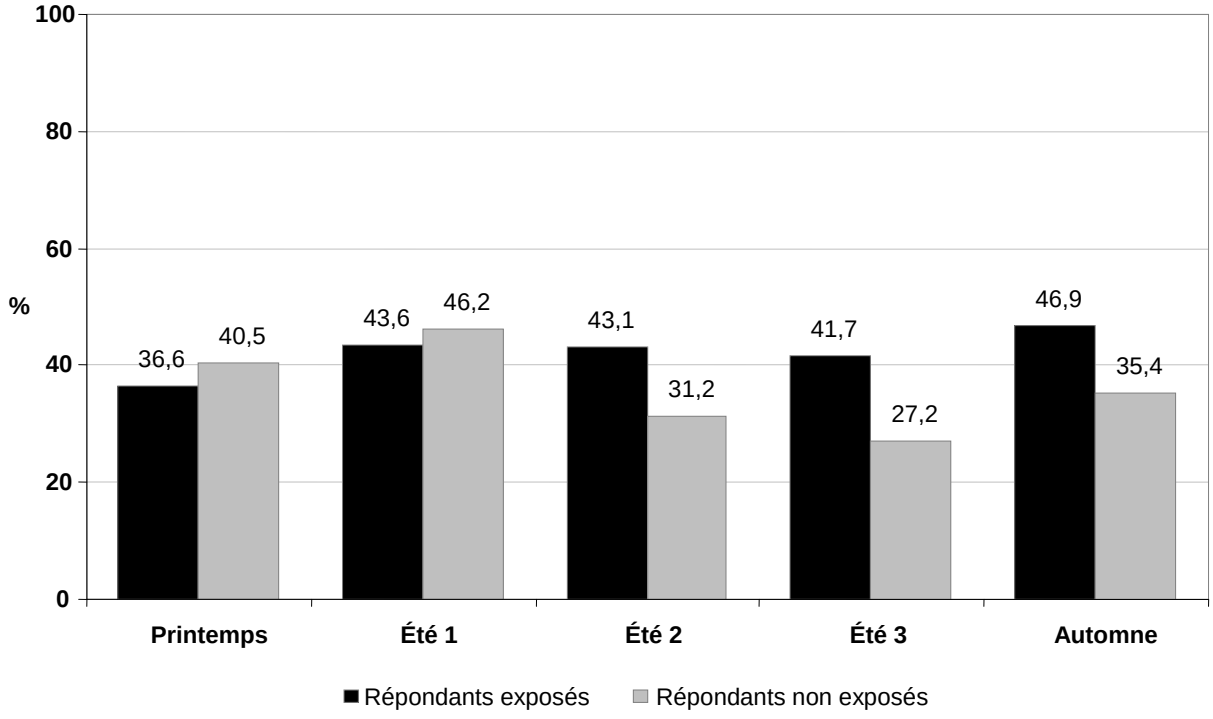


Figure 11. Prévalence des symptômes affectant les sinus, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte de données, 2006

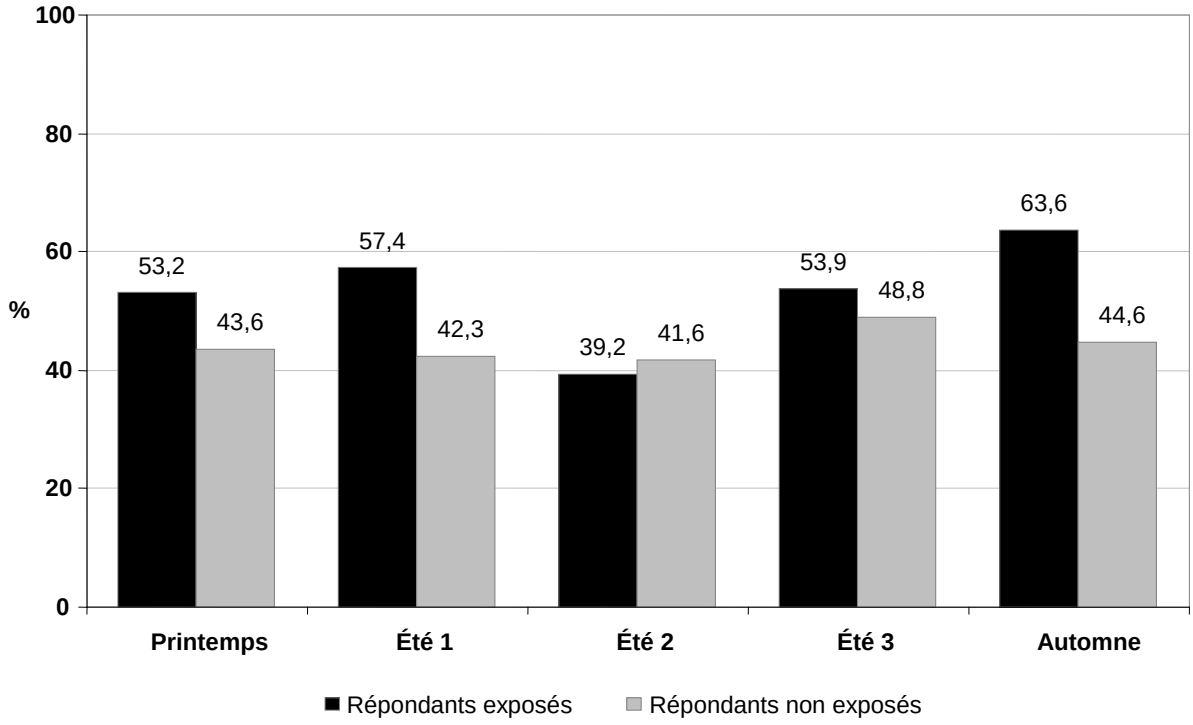


Figure 12. Prévalence des symptômes affectant le système respiratoire supérieur, selon l'exposition, pour les cinq périodes de collecte, 2006

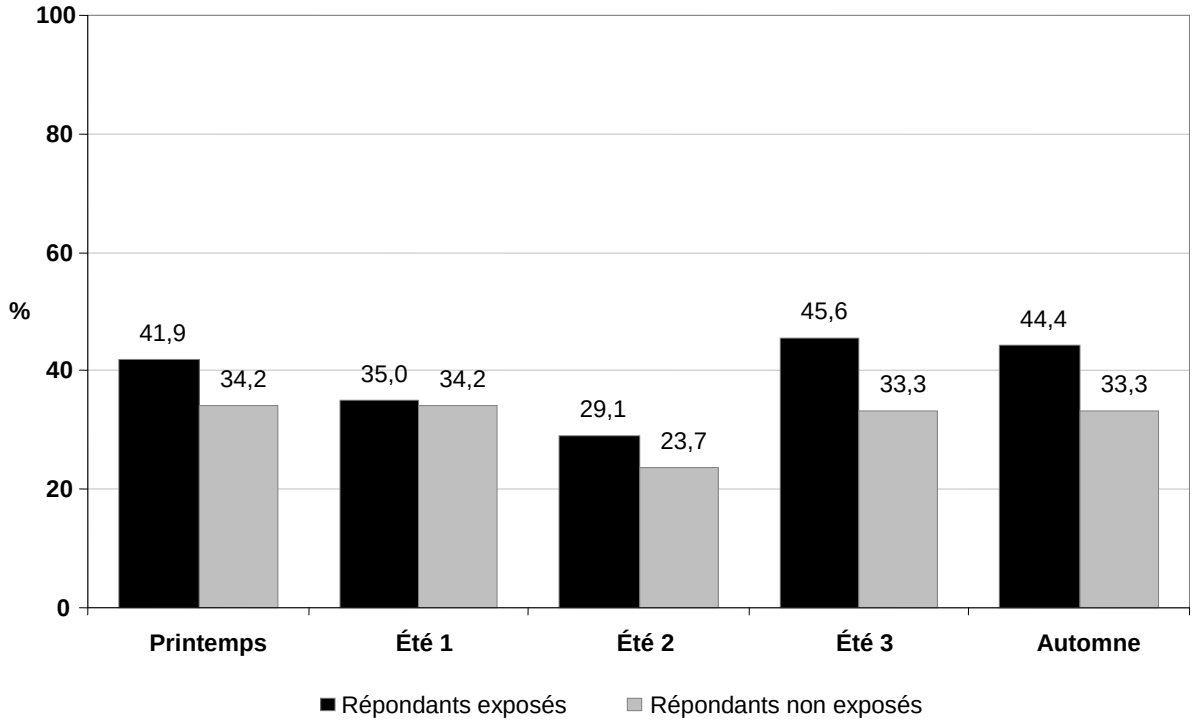


Figure 13. Prévalence des symptômes affectant le système respiratoire inférieur, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006

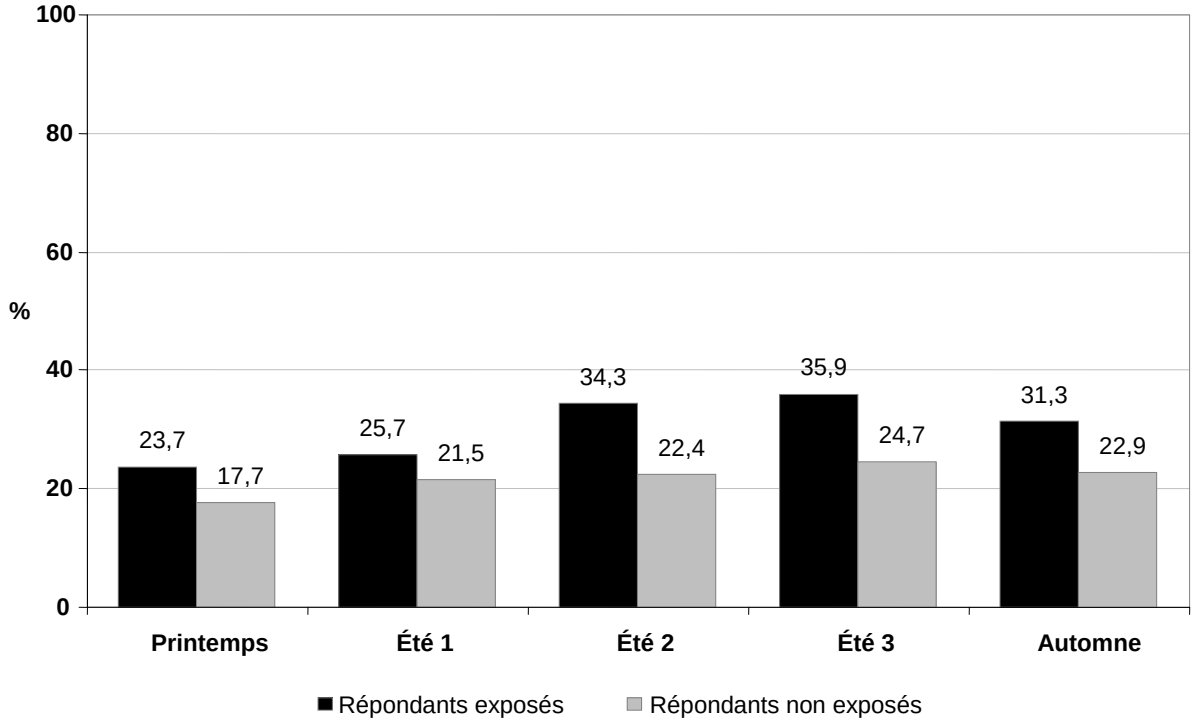


Figure 14. Prévalence des symptômes gastro-intestinaux et des effets sur le système nerveux central, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006

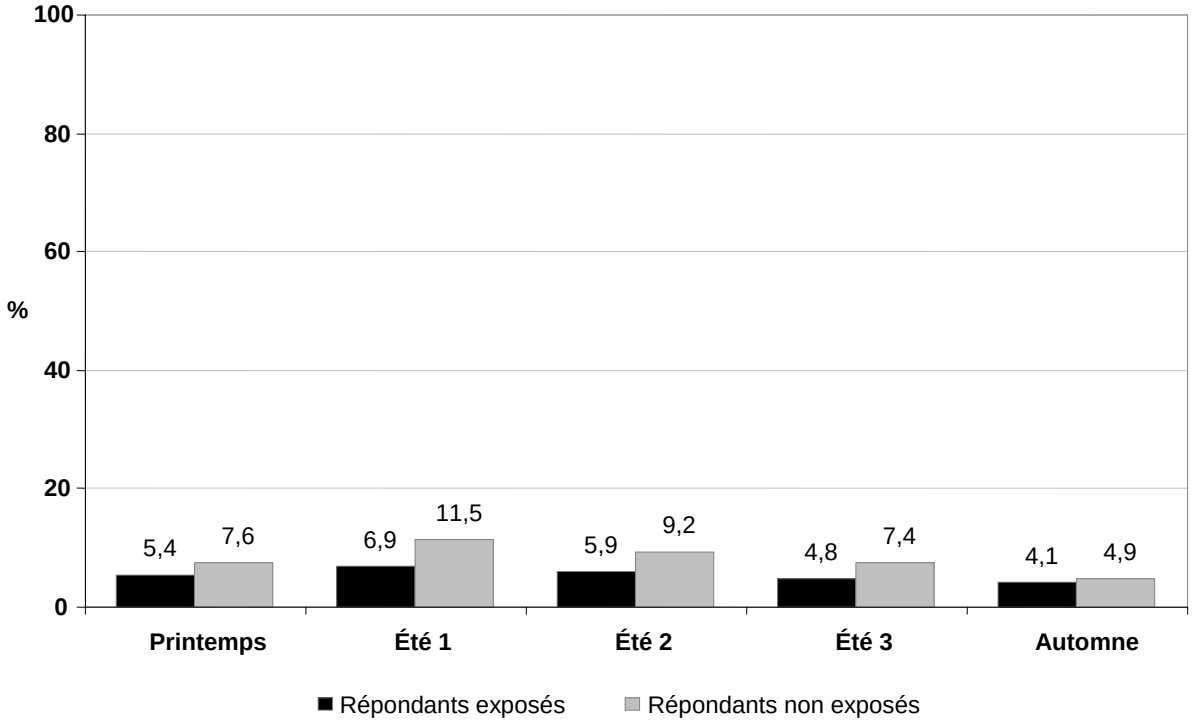


Figure 15. Prévalence des symptômes d'irritation, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006

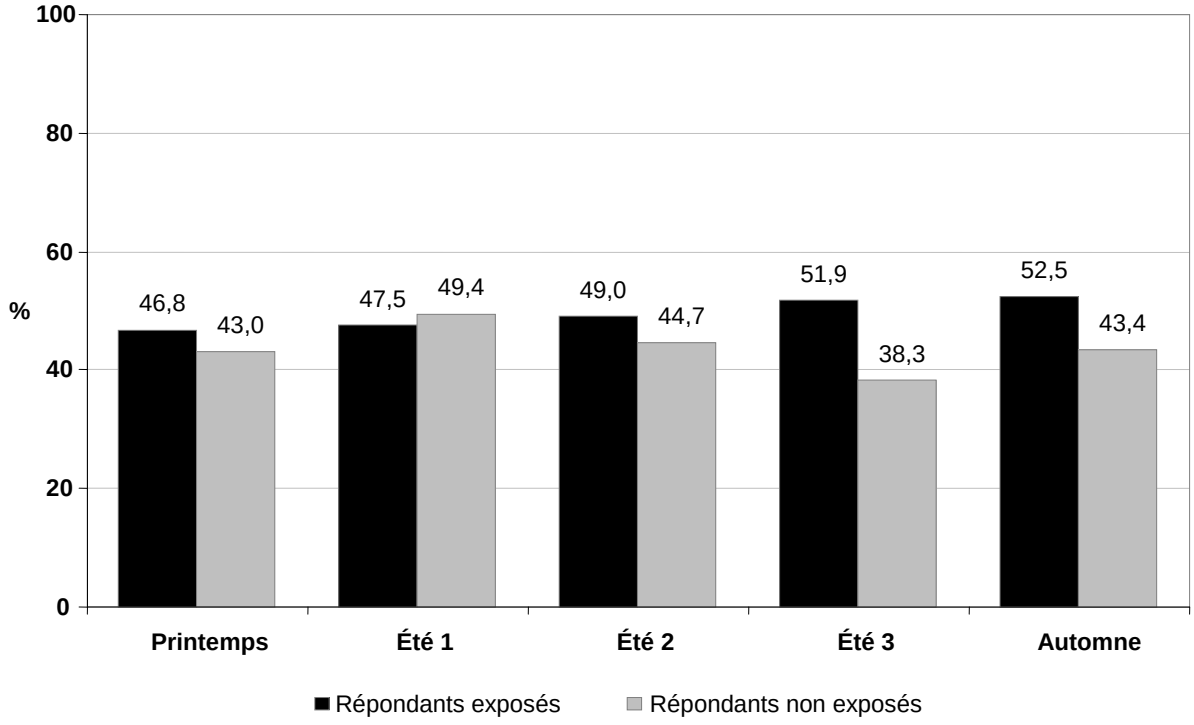


Figure 16. Prévalence des symptômes non spécifiques à l'exposition, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006

De façon générale, les symptômes les plus souvent rapportés par les répondants sont ceux affectant le système respiratoire supérieur; la prévalence se situe entre 39,2 et 63,6 % (valeurs minimum et maximum) pour le groupe exposé et entre 41,6 et 48,8 % pour le groupe non exposé. Les symptômes d'irritation présentent la prévalence la plus faible avec une proportion de 4,1 à 6,9 % pour le groupe exposé comparée à 4,9 et 11,5 % pour le groupe non exposé.

Par ailleurs, il est intéressant de noter que les symptômes qui ne sont habituellement pas associés aux installations porcines présentent une prévalence du même ordre de grandeur que ceux du système respiratoire supérieur. Ils se situent entre 46,8 et 52,5 % pour le groupe exposé et entre 38,3 et 49,4 % pour le groupe non exposé.

Pour l'ensemble des symptômes et l'ensemble des périodes, quelques légères variations saisonnières sont observées. En effet, il semble qu'au cours de l'été, en particulier la période de l'été 2, l'apparition de symptômes soit moins propice. Cependant, ces variations ne montrent pas de tendance claire et constante au cours des différentes périodes étudiées.

Finalement, dans plusieurs cas, le groupe non exposé rapporte des effets sur la santé plus fréquemment que le groupe exposé. Il s'agit en effet des symptômes affectant les sinus au printemps et à l'été 1, des symptômes affectant le système respiratoire supérieur à l'été 2, des symptômes d'irritation pour toutes les périodes ainsi que des effets non spécifiques à l'été 1. Ce phénomène n'est toutefois pas observé pour les symptômes sur le système respiratoire inférieur, les effets sur le système gastro-intestinal et le système nerveux central.

Le rapport de cote a été utilisé pour comparer les groupes exposés et non exposés (tableau 20). Les résultats sont accompagnés de l'intervalle de confiance à 95 %. Ils sont également représentés graphiquement à l'annexe F.

Tableau 20. Risque de déclarer des symptômes physiques chez les répondants exposés à la production porcine par rapport aux répondants non exposés à la production porcine, durant les 5 périodes de collecte, 2006

Symptômes	Rapport de cote [Interval de confiance à 95 %][a]				
	Printemps	Été 1	Été 2	Été 3	Automne
Sinus	**0,85[0,46-1,57]**	**0,90[0,50-1,63]**	**1,68[0,90-3,12]**	**1,92[1,03-3,60]**	**1,62[0,89-2,95]**
Maux de tête	0,86[0,46-1,64]	0,64[0,35-1,16]	1,29[0,68-2,44]	2,02[1,04-3,89]	1,51[0,81-2,81]
Oreilles bouchées	1,04[0,41-2,66]	2,20[0,87-5,57]	1,84[0,76-4,50]	1,63[0,54-4,99]	1,64[0,69-3,95]
Système respiratoire supérieur	**1,47[0,80-2,69]**	**1,84[1,01-3,34]**	**0,91[0,50-1,66]**	**1,23[0,69-2,20]**	**2,18[1,20-3,95]**
Nez qui coule	1,58[0,85-2,96]	1,93[1,02-3,66]	0,82[0,43-1,55]	1,08[0,60-1,97]	1,86[1,02-3,36]
Maux de gorge	1,03[0,49-2,16]	1,62[0,73-3,60]	1,15[0,49-2,73]	1,61[0,73-3,57]	2,39[1,15-4,95]
Yeux qui piquent	1,55[0,72-3,35]	1,62[0,84-3,15]	1,21[0,62-2,38]	1,47[0,79-2,76]	1,42[0,72-2,81]
Système respiratoire inférieur	**1,39[0,75-2,59]**	**1,04[0,56-1,93]**	**1,32[0,67-2,61]**	**1,68[0,92-3,07]**	**1,60[0,88-2,92]**
Toux	1,13[0,54-2,20]	1,43[0,68-2,98]	1,11[0,51-2,42]	1,49[0,76-2,91]	1,54[0,79-2,99]
Toux avec crachat	1,52[0,57-4,08]	0,77[0,30-1,95]	1,68[0,65-4,35]	0,66[0,24-1,81]	1,64[0,71-3,79]
Essoufflement	1,06[0,46-2,42]	0,89[0,39-1,99]	1,91[0,82-4,44]	1,51[0,73-3,15]	2,38[1,03-5,51]
Respiration sifflante	1,39[0,44-4,44]	1,83[0,54-6,19]	2,64[0,82-8,43]	1,20[0,47-3,10]	1,46[0,51-4,20]
Oppression thoracique	0,71[0,24-2,07]	0,86[0,30-2,49]	3,64[1,0-13,28]	1,94[0,71-5,31]	1,16[0,46-2,91]
Gastro-intestinaux et SNC	**1,44[0,68-3,05]**	**1,26[0,63-2,54]**	**1,81[0,92-3,57]**	**1,71[0,90-3,26]**	**1,54[0,79-2,99]**
Nausées/vomissements	0,84[0,26-2,71]	0,27[0,07-1,04]	1,88[0,69-5,14]	0,77[0,29-2,03]	1,24[0,45-3,40]
Diarrhée	1,98[0,71-5,47]	2,20[0,87-5,56]	2,88[1,10-7,57]	3,36[1,44-7,86]	2,71[1,14-6,48]
Étourdissements	0,71[0,23-2,21]	1,60[0,53-4,90]	1,47[0,59-3,66]	1,53[0,58-4,02]	1,42[0,56-3,60]
Irritations	**0,69[0,20-2,36]**	**0,57[0,20-1,61**	**0,62[0,20-1,91]**	**0,63[0,19-2,15]**	**0,83[0,20-3,42]**
Rougeur de la peau	0,69[0,20-2,36]	0,57[0,20-1,61]	0,62[0,20-1,91]	0,63[0,19-2,15]	0,83[0,20-3,42]
Non spécifiques à l'exposition	**1,17[0,64-2,13]**	**0,93[0,52-1,67]**	**1,19[0,65-2,16]**	**1,74[0,97-3,14]**	**1,44[0,80-2,60]**
Douleurs articulaires	1,18[0,60-2,33]	1,29[0,68-2,44]	1,29[0,69-2,43]	1,62[0,85-3,08]	1,53[0,83-2,85]
Maux de dos	1,34[0,70-2,55]	1,19[0,65-2,20]	1,85[0,97-3,53]	1,88[0,98-3,60]	1,40[0,74-2,64]
Douleurs aux muscles	1,63[0,74-3,57]	1,24[0,57-2,67]	1,18[0,56-2,51]	1,47[0,71-3,07]	0,87[0,42-1,79]
Décoloration des ongles	0,84[0,16-4,26]	0,38[0,03-4,27]	0,25[0,03-2,41]	0,76[0,11-5,62]	0,84[0,12-6,11]

[a] Les valeurs soulignées dans le tableau sont statistiquement significatives (P < 0,05).

Globalement, en ce qui concerne les symptômes physiques, peu d'effets sont rapportés significativement plus fréquemment dans le groupe exposé que dans le groupe non exposé. Quelques symptômes semblent être rapportés un peu plus fréquemment lors de l'exposition aux installations porcines (rapport de cote (RC) significatifs) : problèmes de sinus (RC = 1,92) et en particulier des maux de tête (RC = 2,02) à l'été 3, des effets sur le système respiratoire supérieur (RC de 1,84 et 2,18) à l'été 1 et à l'automne, en particulier le nez qui coule (RC entre 1,86 et 1,93) et les maux de gorge (RC = 2,39), des effets sur le système respiratoire inférieur uniquement en ce qui concerne l'essoufflement (RC = 2,38) à l'automne, ainsi que des diarrhées (RC variant de 2,71 à 3,36) à l'été 2, l'été 3 et à l'automne.

Pour l'ensemble de ces effets, excluant les diarrhées, le risque accru n'est observé que pour une seule période de collecte, celle de l'été 1, l'été 3 ou l'automne et aucun résultat significatif n'apparaît lors de la première période de collecte, soit au printemps. En ce qui concerne les diarrhées, le risque semble plus important pour trois périodes consécutives (été 2, été 3, automne). Cependant, pour cinq de ces RC significatifs, la limite inférieure de l'intervalle de confiance se situe très près de la valeur 1, ce qui limite de façon importante l'interprétation qui peut être faite et la généralisation des résultats. Par ailleurs, plusieurs intervalles sont de grande amplitude et reflètent ainsi le manque de puissance de l'étude.

En ce qui concerne les symptômes non spécifiques à l'exposition, les répondants exposés ne sont pas significativement plus nombreux que les répondants non exposés à rapporter de tels symptômes.

5.4.2.2 Santé psychologique

La santé psychologique des participants au projet a été évaluée à l'aide de l'indice de l'IDPESQ-14 calculé à partir des réponses au questionnaire correspondant (méthode décrite à la section 5.2.3). Les réponses appartenant au quintile supérieur de la distribution constituent le groupe à risque en regard de la détresse psychologique. Le tableau 21 compare les proportions de répondants classés au niveau élevé de l'indice dans les groupes exposés et non exposés.

D'après les résultats, le risque de présenter un niveau de détresse psychologique plus élevé chez les exposés semble s'accroître au cours des saisons. Cependant, les intervalles de confiance incluent tous la valeur 1 et aucun élément ne permet de confirmer que ces résultats ne relèvent pas du hasard. Cette étude ne permet donc pas de conclure à un lien entre la présence des installations porcines et la santé psychologique des résidants.

Tableau 21. Prévalence et risque de détresse psychologique chez les répondants exposés à la production porcine par rapport aux répondants non exposés, durant les cinq périodes de collecte, 2006

Périodes de collecte	Prévalences des exposés		Prévalences des non exposés		Rapport de cote [IC à 95%]
	N	%	N	%	
Printemps	20	21,3	19	24,1	0,85 [0,42-1,74]
Été 1	22	21,6	18	22,8	0,93 [0,46-1,89]
Été 2	25	23,6	13	16,9	1,52 [0,72-3,20]
Été 3	29	27,6	15	18,3	1,70 [0,84-3,45]
Automne	27	27,0	13	15,5	2,02 [0,97-4,23]

5.4.2.3 Qualité de vie

L'étude s'est intéressée à l'impact des odeurs sur la qualité de vie des communautés étudiées. La prévalence de certains comportements, tels l'incapacité d'ouvrir les fenêtres, de sortir par beau temps, de profiter de son environnement, de recevoir des visiteurs, de même que la prévalence de certaines perceptions ont été évaluées chez les participants vivant dans un milieu de production porcine et chez ceux vivant dans un milieu sans production porcine. Les figures 17 à 22 représentent les prévalences pour chaque comportement et les rapports de cote accompagnés de leurs intervalles de confiance sont regroupés au tableau 22 (les résultats obtenus sont présentés de façon détaillée à l'annexe G).

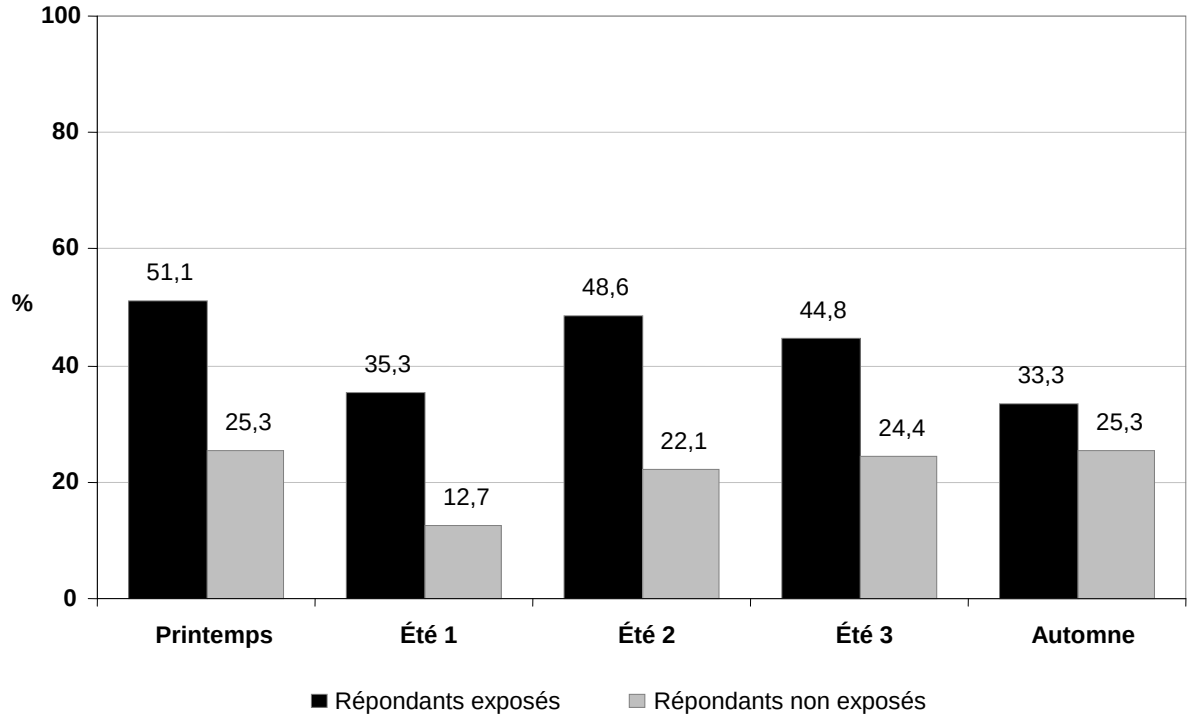


Figure 17. Proportion des répondants qui ont perçu des odeurs « assez » ou « très souvent », selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006

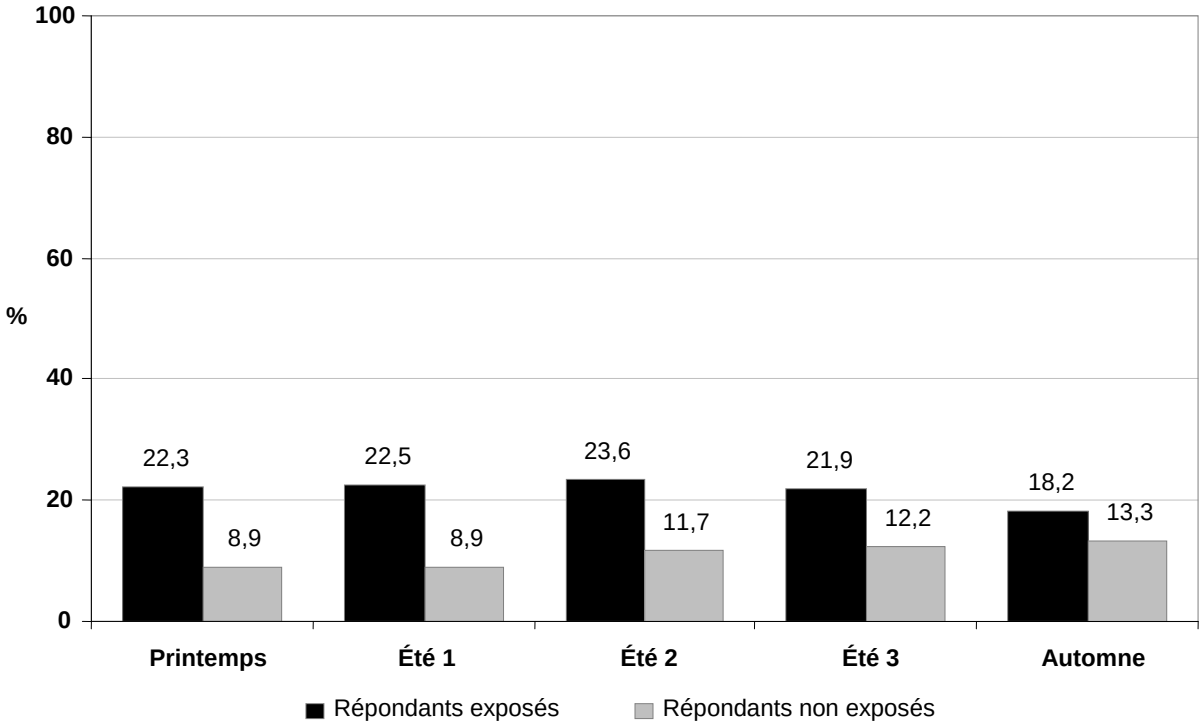


Figure 18. Proportion des répondants pour qui les odeurs ont empêché d'ouvrir les fenêtres, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006

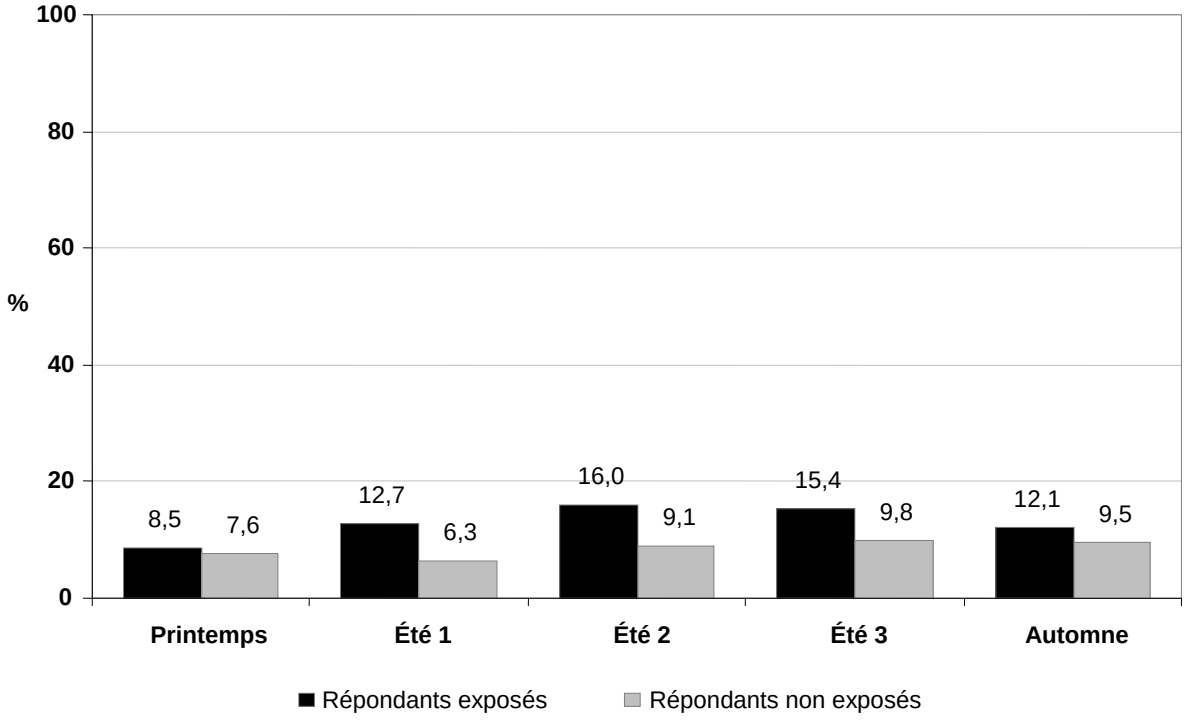


Figure 19. Proportion des répondants pour qui les odeurs ont empêché de profiter du terrain, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006

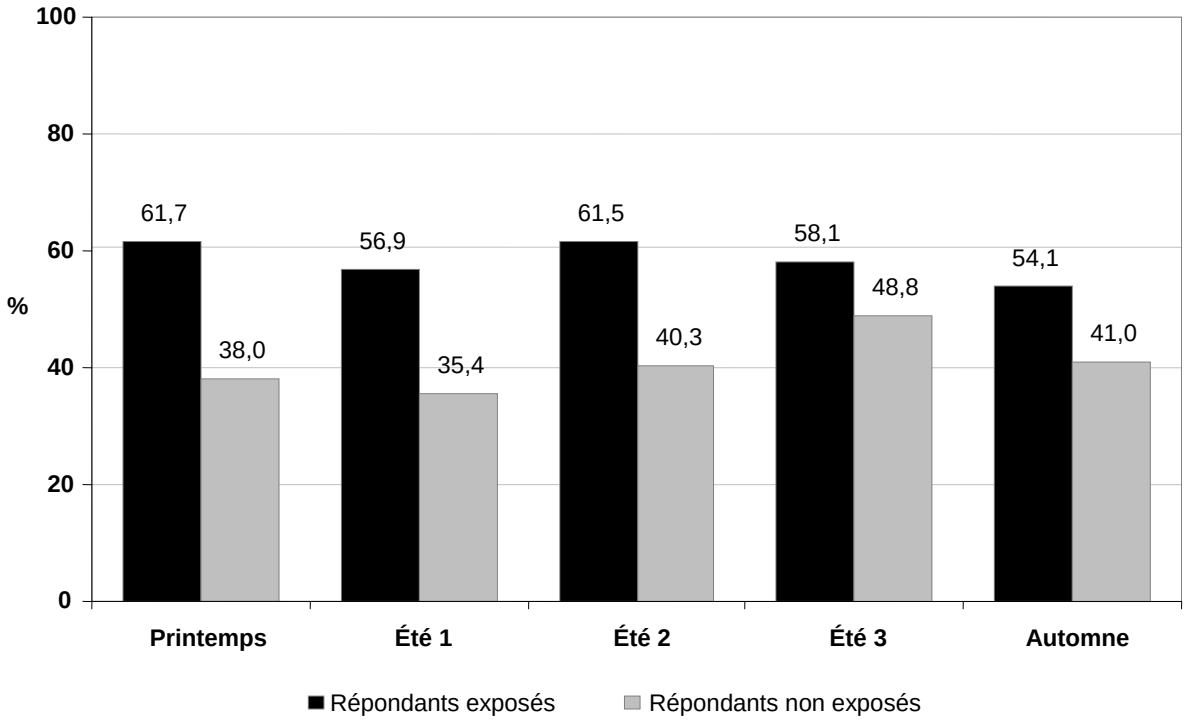


Figure 20. Proportion des répondants pour qui les odeurs ont été jugées dérangeantes, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006

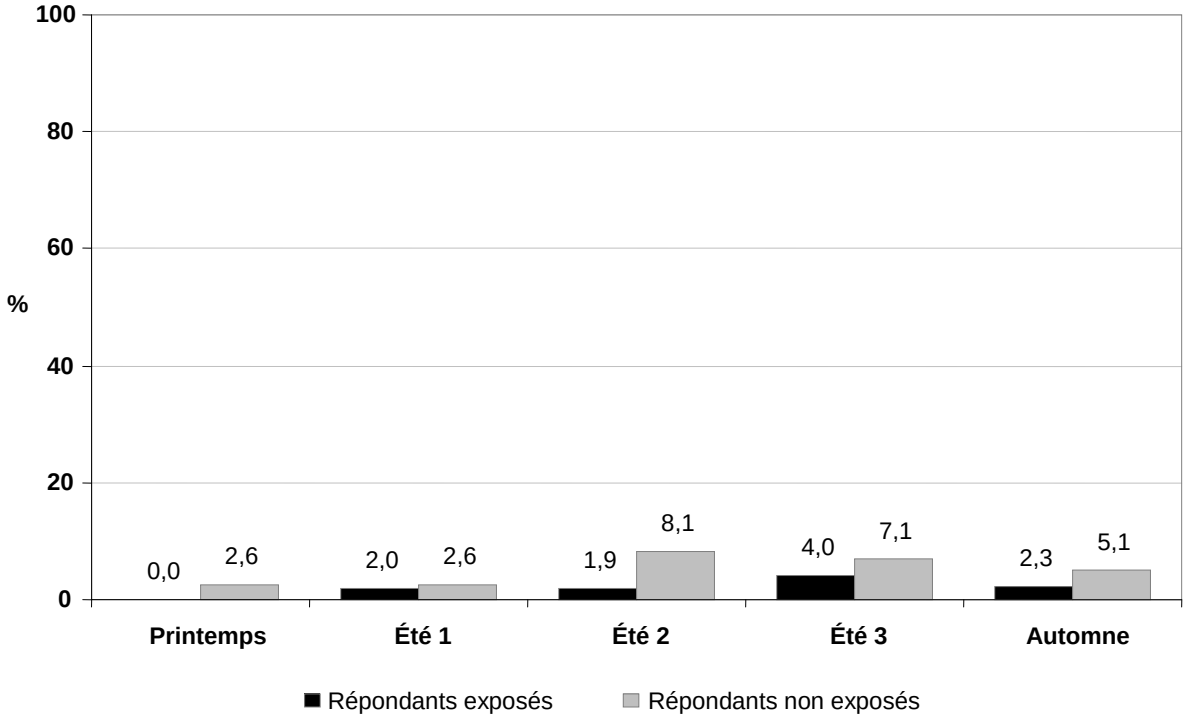


Figure 21. Proportion des répondants pour qui les odeurs ont empêché les enfants de jouer dehors, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006

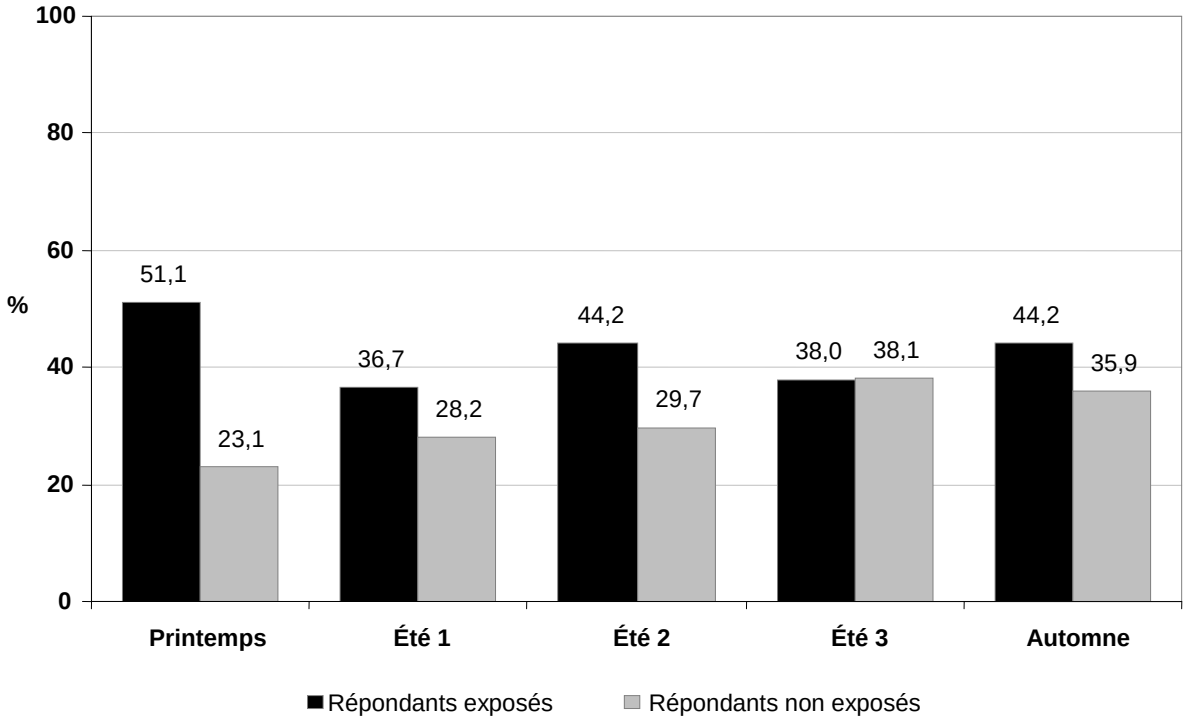


Figure 22. Proportion des répondants pour qui les odeurs ont été jugées dérangeantes pour les enfants, selon l'exposition, durant les cinq périodes de collecte, 2006

Tableau 22. Risque d'impacts sur la qualité de vie chez les répondants exposés à la production porcine par rapport aux répondants non exposés à la production porcine, durant les cinq périodes de collecte, 2006

Les odeurs ont…	Rapport de cote [IC à 95 %][c]				
	Printemps	Été 1	Été 2	Été 3	Automne
été perçues assez ou très souvent	3,08[1,61-5,89]	3,76[1,73-8,19]	3,33[1,72-6,45]	2,51[1,33-4,74]	1,48[0,77-2,82]
empêché d'ouvrir les fenêtres	2,96[1,19-7,39]	3,00[1,21-7,40]	2,33[1,02-5,33]	2,02[0,90-4,53]	1,46[0,64-3,28]
empêché de profiter du terrain	1,13[0,38-3,41]	2,16[0,74-6,34]	1,91[0,75-4,86]	1,68[0,68-4,15]	1,31[0,51-3,38]
occasionné des difficultés à recevoir des visiteurs	1,57[0,50-4,88]	2,16[0,55-8,41]	1,80[0,66-4,92]	1,42[0,57-3,58]	1,63[0,57-4,60]
été jugées dérangeantes	2,63[1,42-4,87]	2,40[1,31-4,40]	2,37[1,30-4,34]	1,46[0,81-2,60]	1,70[0,94-3,07]
empêché les enfants de jouer dehors[a et b]	--	--	--	--	--
été jugées dérangeantes pour les enfants[b]	3,49[1,35-8,98]	1,48[0,60-3,66]	1,88[0,77-4,58]	1,00[0,43-2,32]	1,41[0,58-3,44]

[a] Les effectifs sont trop restreints pour effectuer des tests statistiques ou bien il n'y a eu aucune de ces réponses.

[b] Pour ces deux questions, le nombre maximum de questionnaires reçus est de n = 52 pour les exposés et de n = 42 pour les non exposés.

[c] Les valeurs significatives sont soulignées dans le tableau.

Les résultats montrent que les personnes exposées déclarent plus fréquemment des impacts sur la qualité de vie du fait de la présence de production porcine que les personnes non exposées. En effet, le groupe exposé perçoit plus souvent des odeurs reliées à la production porcine, et ce, pour toutes les périodes excepté l'automne (RC significatifs compris entre 2,51 et 3,76). Ceci se traduit par une proportion de résidants exposés percevant les odeurs variant de 35,3 à 51,1 % alors qu'elle varie de 12,7 à 25,3 % chez les non exposés (figure 18). Ces résultats concordent avec ceux rapportés par les « nasal rangers » ayant évalué l'intensité des odeurs dans les municipalités sélectionnées (section 4) et pour qui les odeurs étaient plus prononcées dans les villages exposés.

Les résidants exposés s'empêchent aussi plus souvent d'ouvrir les fenêtres, même par beau temps durant les périodes du printemps et de l'été 1 et 2, et ils ont été plus nombreux à juger que les odeurs perçues étaient dérangeantes durant les mêmes périodes. Ce constat s'applique également pour leurs enfants au printemps où 51,1 % des répondants exposés ont jugé les odeurs dérangeantes pour leurs enfants alors que cette proportion est de 23,1 % chez les non exposés (figure 23). Cependant, à aucun moment, les odeurs n'ont désavantagé le groupe exposé pour profiter du terrain, recevoir de la visite, ou empêché les enfants de jouer dehors.

Les impacts sur la qualité de vie rapportés par les répondants semblent s'amenuiser avec le temps; ils sont généralement plus marqués au printemps, un peu plus faibles au cours de l'été, et absents à l'automne. Cette séquence temporelle est toutefois contraire à celle des effets physiques qui sont davantage rapportés à la fin de l'été et à l'automne.

À l'automne, l'absence de résultats significatifs distinguant le milieu exposé et celui non exposé quant à la perception des odeurs pourrait être expliquée par l'épandage des déjections animales, toutes origines confondues. En effet, lors de telles activités, les odeurs sont perçues sur de très grandes distances, même dans des milieux non exposés aux élevages quels qu'ils soient.

5.4.2.4 Climat social

Les informations concernant le climat social ont été obtenues par un questionnaire utilisé lors de la collecte d'automne uniquement. À l'aide d'une dizaine de questions, les répondants ont fait connaître leur perception du risque des productions animales sur leur santé et sur l'environnement. Ils ont aussi été questionnés sur la présence de conflits, de tensions ou de frustrations vécus par eux-mêmes et dans la communauté et sur les comportements des autres quant à leur opinion sur les productions animales de leur municipalité. Des informations ont aussi été recueillies concernant les impacts des productions animales sur leur situation économique et celle de la communauté.

Le tableau 23 permet de constater que, bien que les répondants exposés soient plus nombreux à percevoir les productions animales locales comme pouvant avoir un effet sur leur environnement, ils ne sont pas plus inquiets que les non exposés à ce sujet. De même, ils ne perçoivent pas non plus d'effets ou d'inquiétudes de la présence d'installations sur leur santé. En ce qui concerne la présence de tensions, conflits et frustrations, aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les milieux exposés et non exposés.

Les seuls autres résultats significatifs concernent la perception d'un impact positif des productions animales sur l'économie de la communauté et sur celle du répondant. Les participants exposés sont plus nombreux à abonder en ce sens.

Par ailleurs, il est important de préciser que pour plusieurs questions, le nombre de répondants est faible et parfois inférieur à 10. Dans ce cas, les rapports de cote ne sont présentés qu'à titre indicatif et confèrent une confiance limitée aux résultats.

Tableau 23. Perception du risque chez les répondants exposés par rapport aux répondants non exposés en regard des productions animales de leur municipalité, période de collecte de l'automne, 2006

Perception	Exposés		Non exposés		Rapport de cote [IC à 95 %][b]
	N	%	N	%	
Effet sur la santé des résidants	41	42,3	24	28,9	1,80 [0,97-2,20]
Inquiétudes quant aux effets possibles sur la santé	65	87,8	31	77,5	1,13 [0,94-1,37]
Effets sur l'environnement	57	58,8	34	41,5	1,42 [1,04-1,93]
Inquiétudes quant aux effets possibles sur l'environnement	73	92,0	42	82,4	1,12 [0,97-1,29]
Tensions, conflits et frustrations vécues…					
…entre les résidants	54	56,8	43	53,1	1,16 [0,64-2,11]
…par la majorité des résidants	11	19,6	6	13,3	1,59 [0,54–4,69]
…par le répondant	20	35,1	10	22,2	1,89 [0,78–4,60]
Menaces ou intimidations chez le répondant[a]	8	14,0	1	2,2	7,18 [0,86– 59,75]
Impacts positifs sur l'économie…					
…de la communauté	75	76,5	46	56,1	2,55 [1,35-4,84]
…du répondant[a]	28	28,3	10	12,0	2,88 [1,21-4,54]

[a] Le taux de réponse à ces questions se situe entre 28 et 55 %.
[b] Les valeurs significatives sont soulignées dans le tableau.

5.5 Discussion

5.5.1 Effets sur la santé physique

Au cours de la présente étude visant à évaluer les impacts des installations de production porcine sur la santé, quelques symptômes ont été déclarés plus fréquemment par les personnes demeurant dans un milieu exposé : les sinus, en particulier les maux de tête à l'été 3, le système respiratoire supérieur (nez qui coule et maux de gorge) à l'été 1 et à l'automne, l'essoufflement à l'automne seulement, et les diarrhées à l'été 2, l'été 3 et à l'automne. Cependant, pour l'ensemble des symptômes étudiés, la majorité de ceux-ci ne sont pas rapportés de façon plus importante dans le groupe exposé que dans le groupe non exposé.

Ces résultats sont concordants avec ceux publiés dans d'autres études qui ont montré que généralement, seuls quelques symptômes sont rapportés de façon plus prononcée dans les milieux exposés aux productions animales ou aux odeurs. En effet, Radon et al. (2007) ont rapporté un RC significatif de 2,45 pour la respiration sifflante uniquement pour le groupe ayant plus de 12 installations à moins de 500 m; aucun autre résultat n'était significatif pour les autres groupes et les autres symptômes, tels que la rhinite allergique, le diagnostic d'asthme ou les tests cliniques. Schiffman et al. (2005) ont trouvé des RC significatifs pour les maux de tête (4,1), les irritations des yeux (6,1) et les nausées (7,8) lors d'une exposition sous atmosphère contrôlée à l'air des porcheries préalablement dilué (concentrations de H_2S et de NH_3 sous les normes). Cependant, aucun autre effet étudié (objectif ou subjectif) n'était significativement plus marqué lors des périodes d'exposition. Thu et al. (1997) ont mis en évidence une fréquence significativement plus élevée de rapporter des symptômes dans un groupe vivant près d'installations porcines pour deux regroupements seulement (les symptômes respiratoires et les nausées, faiblesses, étourdissements et évanouissements) parmi les quatre regroupements étudiés. Finalement, Wing et Wolf (2000) ont étudié les symptômes physiques et la qualité de vie de 55 personnes vivant à moins de deux miles des installations porcines en Caroline du Nord au moyen de questionnaires remplis lors d'entrevues semi-dirigées. Les symptômes ayant montré une prévalence significativement plus élevée dans les six derniers mois pour les sujets à l'étude, dans une liste de 30 symptômes différents, sont les maux de tête (61,8 %), le nez qui coule (16 %), les maux de gorge (9 %), les yeux qui piquent (35,2 %), une toux excessive (21,8 %) et la diarrhée (18,2 %). Ces résultats (nature des symptômes significatifs et prévalences) sont très similaires à ceux de la présente étude.

Par ailleurs, il est intéressant de noter que, même si l'identification et le choix des symptômes étudiés reposent sur la littérature scientifique disponible, il s'agit de symptômes de nature très diversifiée, engendrant des impacts de sévérité variable sur la santé. En effet, certains des symptômes causent un dérangement léger (nez qui coule) alors que d'autres peuvent avoir des conséquences plus importantes (diarrhées) et sont généralement davantage associées à la qualité de l'eau que de l'air. Les analyses réalisées n'ont pas tenu compte de l'importance relative des désagréments causés par ces symptômes, cependant, il est peu approprié de les considérer de façon égale.

Par ailleurs, les symptômes étudiés et rapportés par les répondants sont des symptômes très généraux et non spécifiques. Ils peuvent être occasionnés par une multitude de causes et d'agents, les émissions des installations porcines ne constituant que l'une d'entre elles.

5.5.2 Effets sur les dimensions psychosociales

Le fait de vivre dans un milieu avec production porcine ne semble pas présenter un impact important sur l'ensemble des variables psycho-sociales. En effet, la santé psychologique, évaluée par l'indice de détresse psychologique, ne présente pas de lien statistique avec le fait de vivre à proximité des installations de production porcine à aucune des périodes de collecte. L'étude, telle qu'elle est conçue, ne permet donc pas d'établir une association entre la proximité de la production porcine et la détresse psychologique.

Les effets sur la qualité de vie tendent à apparaître davantage au début de la période d'étude (printemps, été 1 et été 2) alors qu'il n'y a pas d'effets rapportés sur la santé physique et psychologique lors de ces mêmes périodes. Bien que les odeurs semblent déranger les habitants vivant à proximité des installations porcines, elles ne semblent pas les empêcher de profiter du terrain ou de recevoir de la visite.

Finalement, pour ce qui est du climat social et de la perception des risques par les résidants, la seule préoccupation rapportée concerne les effets sur l'environnement. Les autres effets significatifs se réfèrent à des impacts positifs pour la communauté et le répondant.

Les résultats semblent confirmer ce qui a été observé à plusieurs reprises dans la littérature; la présence des odeurs occasionne des dérangements pour la population des alentours sans pour autant induire un effet marqué sur les dimensions psychologiques. En effet, Wing et Wolf (2000) ont montré que les sujets vivant à proximité des installations porcines rapportent généralement une moins bonne qualité de vie (impossibilité d'ouvrir les fenêtres (57,4 %) et de profiter de l'extérieur (55,6 %) au moins une fois par mois pendant les six derniers mois), mais les auteurs n'ont pas été en mesure de conclure quant aux effets des porcheries sur la santé psychologique. En outre, Thu et al. (1997) n'ont pas mis en évidence de différences entre les sujets à l'étude et les contrôles pour les symptômes en lien avec la santé psychologique et la qualité de vie. Ces auteurs concluent donc qu'il est peu probable que les habitants proches des installations soient plus sujets à l'anxiété ou la dépression. Pour Pampalon et Légaré (1997), les environnements possédant des installations porcines sont associés à des symptômes d'anxiété, de dépression et de détresse psychologique uniquement dans le cas d'une concentration élevée des unités de production (>20 000 unités). Dans la présente étude, il n'y a que le village #6 (Saint-Bernard) pour lequel la production dépasse 20 000 unités animales.

6 Discussion générale

6.1 Lien avec les mesures de qualité de l'air

En matière environnementale, la présente étude a montré quelques différences entre les milieux exposés et non exposés en ce qui concerne les concentrations de H_2S et de NH_3, calculées sur des périodes de dix minutes et sur des périodes d'une heure. Cependant, en dehors de quelques pics très sporadiques, les concentrations mesurées de H_2S et de NH_3 se situaient en deçà des valeurs guides de niveaux d'exposition chronique proposées par différents organismes (U.S. EPA, ATDSR, OEHHA) susceptibles de ne pas engendrer d'effets néfastes sur la santé.

Étant donné que les mesures de concentrations de NH_3 et de H_2S ont été effectuées pendant une semaine par village pour chacune des cinq périodes pour les résidants exposés et pendant une semaine par village uniquement pour les périodes d'été pour les non exposés, il n'est pas possible d'avoir des données continues pour l'ensemble des villages et des périodes afin d'en dégager une tendance temporelle. Ainsi, avec les données actuelles, il est difficile de faire le lien entre les concentrations moyennes de H_2S et de NH_3 et les informations colligées sur l'état de santé des participants.

Par contre, des odeurs ont été perçues par une large proportion de répondants (43 % des répondants exposés en moyenne comparativement à 22 % des répondants non exposés), entre autres, parce que les composés soufrés et azotés qui génèrent des odeurs ont des seuils de détection olfactive bas, inférieurs aux niveaux toxiques. Des informations rapportées dans la littérature montrent que les populations exposées aux odeurs provenant d'installations d'élevage présenteraient des symptômes physiques à des concentrations bien inférieures à celles pouvant causer des réactions de type toxique (Gingras, 1996). L'origine des odeurs perçues n'a pas été recherchée, mais pourrait être autant la présence de bâtiments de fermes (avec présence de fosse à purin) que de champs utilisés pour l'épandage des lisiers. Bien qu'ici, le lien direct entre l'exposition aux odeurs et les effets sanitaires ne puisse être démontré, il est possible que les personnes ayant perçu des odeurs (quelle qu'en soit l'origine) soient plus susceptibles de rapporter des effets, tels que démontré par d'autres auteurs (Ségala et al., 2003). Dans ce cas, il est possible qu'il s'agisse d'un sous-groupe de la population plus sensible aux odeurs et aux effets sur la santé physique reliés à la qualité de l'air.

Bien que cet aspect n'ait pas été abordé dans la présente étude, la présence de pics de concentrations mesurés à plusieurs reprises pourrait influencer l'état de santé des populations et l'occurrence des effets rapportés. Par exemple, les graphiques présentés à l'annexe B montrent que des pics de H_2S et NH_3 sont présents dans l'air ambiant et que ceux-ci semblent survenir plus souvent en milieu exposé. Ceci est particulièrement apparent pour les pics à plus de 80 ppb de NH_3. Il y aurait donc lieu d'explorer le lien entre les effets auto-déclarés sur la santé et la fréquence et l'amplitude des pics de concentration.

6.2 L'influence de la perception des odeurs et autres facteurs

D'après quelques études publiées, il s'avère que la perception d'odeur, quel que soit le type d'élevage qui les génère et le dérangement qu'elles peuvent occasionner, semble être un facteur important de la probabilité de rapporter des effets sur la santé physique et psychologique (Radon et al. 2004; Ségala et al. 2003). En effet, ce n'est peut-être pas tant le fait d'habiter à côté d'une installation de production porcine que de sentir une odeur qui pourrait être un déterminant de l'impact sur la santé, ce qui serait concordant avec la présence de sous-groupes sensibles dans la population. Dans l'étude de Ségala et al. (2003), les auteurs ont mis en évidence que la distance entre le lieu de résidence et la source d'émission des odeurs n'avait pas d'influence sur la fréquence des effets sur la santé rapportés par les répondants. Par contre, le fait d'être sensible ou intolérant aux odeurs a une influence significative sur tous les symptômes étudiés en lien avec la nuisance due aux odeurs. Les auteurs expliquent ces résultats par plusieurs mécanismes physio-pathologiques, tels que des effets directs, des exacerbations d'affections préexistantes, des maladies liées au stress et des intolérances acquises aux odeurs.

Dans la présente étude, les répondants exposés rapportent percevoir les odeurs ou les trouver dérangeantes significativement lors de trois à quatre périodes (printemps et été), mais jamais à l'automne. La perception des odeurs semble donc être associée à la classification des groupes exposés vs. non exposés, ce qui devrait limiter l'influence des facteurs personnels et de la sensibilité aux odeurs sur l'auto-déclaration des symptômes. En outre, des symptômes non reliés à la production porcine (douleurs articulaires, maux de dos, douleurs inexpliquées aux muscles) ont été utilisés pour estimer l'influence des facteurs et des perceptions personnels sur la déclaration de symptômes physiques. En effet, dans des études similaires réalisées précédemment (Thu et al. 1997; Wing et Wolf 2000), des symptômes non spécifiques aux odeurs et aux contaminants ont été rapportés de façon significative et peuvent émaner de l'influence possible des opinions personnelles. Dans la présente étude, ces symptômes, qui ne sont habituellement pas associés aux productions porcines, n'ont pas été rapportés de façon plus fréquente chez les résidants exposés, limitant ainsi l'influence de ces perceptions personnelles. Cependant, il n'est pas possible d'affirmer hors de tout doute que la sensibilité et les facteurs personnels n'aient aucune influence. Pour s'affranchir de cette incertitude, des analyses biologiques, telles que celles réalisées par Radon et al. (2007), permettraient d'avoir un meilleur contrôle de l'influence de ces perceptions.

Lors des périodes de la fin de l'été et du début de l'automne, il est possible que l'exposition aux odeurs en milieu agricole ait été plus importante, et ce, du fait de plusieurs éléments :

- en général, les gens sont plus présents au domicile (vacances estivales) et profitent du beau temps par des activités extérieures;
- les fenêtres des résidences sont ouvertes plus souvent;
- les déjections animales sont présentes en plus grandes quantités dans les ouvrages d'entreposage et émettent donc plus de contaminants;
- les épandages ayant lieu à l'automne sont une source accrue d'émissions.

Toutefois, aucune différence quant à la perception ou au dérangement causé par les odeurs n'a été mise en évidence pour la période de l'automne, période pendant laquelle les épandages sont fréquents. Du fait de la grande capacité de dispersion, ces activités génèrent des odeurs sur de grandes distances, et même jusque dans les milieux sans production porcine. Cela peut modifier le degré d'exposition de chacun des milieux (avec et sans production porcine) et atténuer les différences entre les deux groupes à l'étude.

Par ailleurs, des facteurs environnementaux non liés à la production porcine pourraient augmenter la susceptibilité des personnes exposées aux émissions atmosphériques provenant d'installations porcines. Par exemple, à partir du mois d'août, l'herbe à poux est en floraison et son pollen est particulièrement allergène. Étant donné que ces informations n'ont pas été documentées par les questionnaires, il n'a pas été possible d'effectuer un contrôle statistique pour ces variables potentiellement confondantes. La seule variable dont la confusion a été évitée est celle reliée au tabagisme; en effet, l'absence de tabagisme était un des facteurs d'inclusion dans l'étude, ce qui permet d'envisager que les effets rapportés ne seraient pas reliés à la consommation de tabac.

6.3 Forces et faiblesses de l'étude

Plusieurs observations de cette étude concordent avec les données publiées dans la littérature scientifique sur les émissions atmosphériques relatives aux élevages porcins et sur la santé des communautés. Ainsi, bien que les devis utilisés ne soient pas exactement identiques, la majorité des études ne peuvent confirmer des liens établis entre l'exposition aux installations de production porcine et les effets sur la santé physique et psychologique (Thu et al., 1997; Wing et Wolf, 2000). Cependant, les méthodologies, les périodes documentées pour les symptômes et les outils de collecte de données sont très différents d'une étude à l'autre. Les comparaisons de ces résultats entre eux doivent donc être effectuées avec précaution.

Au Québec, cette étude épidémiologique est la première à s'intéresser aux émissions atmosphériques provenant d'installations de production porcine et leurs liens avec les effets potentiels sur la santé. Elle s'est penchée sur plusieurs sphères de la santé afin de dresser un portrait le plus complet possible (symptômes physiques, santé psychologique, qualité de vie et climat social au sein des communautés rurales).

Les sites à l'étude ont été sélectionnés par le biais d'un comité de sélection composé de professionnels de plusieurs milieux. Ils ont été visités avant la sélection finale, afin d'assurer une comparabilité à tous points de vue, sauf en ce qui concerne la production porcine. Même si les communautés sélectionnées sont peu populeuses, 203 personnes ont accepté de participer à l'étude. Ce nombre, bien que suffisant pour mettre en évidence des différences significatives entre les groupes exposés et non exposés, ne permet pas de dresser des conclusions à plus grande échelle sur les effets sur la santé en lien avec la proximité de porcheries ou de généraliser ces résultats. Par ailleurs, les collectes de données, même si elles ont été répétées à plusieurs reprises au cours de l'étude, ont été réalisées sur une seule année. Pour pouvoir tirer des conclusions plus solides, il serait nécessaire de se baser sur des résultats générés au cours de plus d'une année d'étude.

Bien que conçu pour les besoins de la présente étude et donc non préalablement testé, une grande part du questionnaire a été inspirée d'études réalisées ailleurs avec des outils testés et validés. La santé psychologique, pour sa part, est évaluée à l'aide de l'indice de détresse psychologique IDPESQ-14, utilisé par l'Institut de la statistique du Québec dans ses Enquêtes sociales et de santé 1992, 1998 (Bellerose et al. 1992; Chevalier et Sauvageau 2000).

Malgré tout, cette étude comporte certains éléments sources de biais et incertitudes :

- Le processus d'échantillonnage a permis d'obtenir la participation volontaire de ménages exposés et non exposés. Les répondants des ménages ayant un intérêt pour l'objet d'étude sont plus enclins à répondre au questionnaire que ceux qui n'en ont pas. Un tel biais de sélection des participants peut avoir pour effet de surestimer les effets néfastes de l'exposition;
- Aucune information n'a pu être recueillie sur les périodes d'épandage dans les secteurs étudiés, ni sur la localisation des terres utilisées à cet effet. Ces informations ne sont pas consignées dans un registre. En Montérégie, les entreprises porcines procèdent à l'épandage du lisier selon les fréquences et les périodes suivantes : en mai (60,5 %), en septembre (28,1 %), en octobre (51,1 %) et en novembre (7,3 %) (Pigeon, 1999). Les trois municipalités identifiées comme étant exposées à la production porcine comptent 5 717, 8 261, et 20 977 unités animales. Le moment et l'endroit où le lisier produit a été épandu peuvent influencer les odeurs perçues et les effets sur la santé ressentis;
- Il est possible que l'exposition réelle des répondants soit différente de la classification établie entre les groupes exposés et non exposés. En effet, le fait de ne pas contrôler pour l'épandage ou d'autres les facteurs météorologiques favorisant la dispersion (vents dominants, vitesse des vents) peut entraîner la présence de facteurs potentiellement confondants;
- Les localités sans production porcine comptaient 3 722 unités animales autres que porcines, alors que les localités avec production porcine comptaient 6 273 unités animales de volailles et 12 278 unités animales autres que porcines ou de volailles (voir tableau 3). La présence de ces unités de production animale pourrait supporter l'hypothèse de symptômes associés à d'autres sources d'émission de contaminants dans l'air que la production porcine;
- Les analyses ne tiennent pas compte de variables confondantes ayant pu influencer les symptômes. Par exemple, la proximité de Montréal (smog) pour les symptômes respiratoires, la qualité de l'eau potable pour les symptômes digestifs et le niveau d'éducation et de revenu pour la détresse psychologique et la qualité de vie;
- Le questionnaire n'abordait pas certains éléments qui auraient permis de préciser la comparabilité des populations à l'étude (durée du temps passé à la maison, occupation, historique médical, revenu familial, etc.);
- Dans certains cas, le faible nombre de réponses transmises par questionnaire se traduit statistiquement par un intervalle de confiance de grande étendue et un manque de puissance. En outre, pour plusieurs résultats significatifs, la limite inférieure de l'intervalle de confiance se situe très près de la valeur 1. Ces éléments

méthodologiques incitent à la prudence et la précaution en ce qui concerne l'interprétation des résultats et leur généralisation;

- Le devis de l'étude ne permet pas de tester une relation de causalité, il permet uniquement de mettre en lien l'apparition de symptômes avec la présence de fermes porcines. De même, l'utilisation du rapport de cote pour comparer les groupes exposés et non exposés peut avoir conduit à une légère surestimation des résultats.

7 Conclusion générale

Ce projet de recherche avait pour but d'évaluer l'impact de la production porcine sur la qualité de l'air ambiant et sur la santé publique dans les communautés rurales où il y avait des activités agricoles.

Dans le cadre du volet qualité de l'air, l'ammoniac, le sulfure d'hydrogène, les concentrations de bioaérosols et les concentrations d'odeur ont été séquentiellement mesurés dans six villages agricoles où trois de ces villages peuvent être définis comme étant exposés à la production de porcs et à d'autres espèces d'animaux, tandis que les trois autres peuvent être considérés comme n'étant pas exposés à la production de porcs. Les concentrations de NH_3 et de H_2S ont été mesurées de façon continue sur sept jours, les concentrations de bioaérosols ont été mesurées à tous les jours, tandis que la concentration et l'intensité en odeur ont été établies deux fois par semaine.

Les concentrations moyennes de NH_3 aux 10 minutes ont varié de 6,9 à 12,8 ppb pour les villages non exposés et de 8,9 à 18,3 ppb pour les villages exposés. Comparée aux limites chroniques et aiguës d'exposition, la concentration de NH_3 des communautés exposées ne représente pas un risque pour la santé des résidants. Considérant que les standards de qualité d'air pour le H_2S varient entre 1,4 et 8,0 ppb, la concentration de H_2S des villages exposés ne présente pas un plus grand risque que les villages non exposés pour la population.

Les concentrations d'odeur établies par olfactométrie dynamique n'ont montré aucune différence claire entre les villages non exposés et exposés, ni pour les mesures de soir, ni pour celles du matin. Les évaluations d'intensités d'odeur in situ avec des panélistes qualifiés ont indiqué des intensités plus élevées d'odeur dans les villages exposés comparativement aux villages non exposés et les observations de soir sont plus élevées que celles du matin.

Lorsqu'un village agricole était considéré comme exposé à la production porcine (en moyenne 151 UA porc/km^2), combinée à d'autres productions animales et comparé à un village non exposé, des concentrations de NH_3 et de H_2S étaient plus élevées mais elles demeuraient sous les standards de qualité de l'air généralement admis pour assurer la santé publique.

Bien que certaines espèces et genres bactériens ont pu être détectés dans l'air des villages exposés à la production porcine, il est très peu probable que les concentrations atteignent des niveaux significatifs. À de si faibles fréquences de détection, les effets potentiels sur la santé seront très difficiles à prédire de façon précise. Puisqu'aucun pathogène important ne fut détecté en grande concentration, l'air ne semble pas un vecteur de transport et d'exposition de la population ciblée.

Le volet santé publique de la présente étude visait à estimer la prévalence de certains problèmes de santé et à décrire le climat social et la perception du risque dans une population en lien avec la présence de production porcine à l'aide d'un questionnaire auto-administré, au courant de l'année 2006.

Les résultats obtenus montrent que, parmi l'ensemble des symptômes étudiés, une minorité de ces symptômes sont rapportés plus fréquemment par les personnes vivant dans un milieu avec production porcine comparativement à celles vivant dans un milieu

sans production porcine. Il s'agit principalement de quelques effets sur les sinus et le système respiratoire supérieur et inférieur ainsi que des diarrhées. Ces répondants sont également plus nombreux à mentionner un impact négatif des odeurs sur leur qualité de vie et à croire que les productions animales locales ont un effet sur leur environnement. Par contre, ils sont aussi plus nombreux à considérer que les productions animales locales ont un impact positif sur leur économie et sur celle de leur communauté. Il est également intéressant de noter que les répondants vivant à proximité des installations porcines perçoivent plus souvent des odeurs et sont en moyenne deux fois plus incommodés par ces odeurs. Cependant, il n'y a pas de concordance temporelle entre les périodes de perception des odeurs et celles d'apparition d'effets, il est donc difficile de conclure en une relation de causalité, pas plus que les mesures de qualité de l'air ne permettent de faire de lien statistique entre les concentrations de contaminants et les prévalences des variables de santé.

Malgré tout, bien que les résultats obtenus ne permettent pas d'établir un lien entre la proximité des installations de production porcine et les effets sur la santé, la perception des odeurs, quelle que soit leur origine, semble incommoder la population. Il y aurait donc lieu de se pencher sur la problématique des odeurs afin d'en estimer l'impact réel et de développer des stratégies de réduction des nuisances.

Dans cette optique, la Direction de santé publique de la Montérégie réitère son appel à la prudence lorsqu'il est question d'aménagement du territoire en regard des activités d'élevage porcin, appuie la mise en place de règlements de contrôle permettant de diminuer la charge d'odeur dans les communautés rurales et elle encourage l'implantation des mesures reconnues d'atténuation des odeurs en provenance des bâtiments d'élevage et des activités d'épandage.

À la lumière des résultats, d'autres recherches seraient pertinentes afin de vérifier les relations potentiellement causales des associations statistiques constatées. Une meilleure connaissance sur l'apport des contaminants des deux principales sources émettrices d'odeur, soit les émissions aux bâtiments ainsi que les émissions lors des activités d'épandage serait souhaitable.

L'utilisation de protocoles de recherche, inspirés de ceux utilisés dans les études sur la santé des travailleurs et favorisant la mesure de symptômes spécifiques, devrait être privilégiée dans le but d'identifier les causes des différents symptômes déclarés.

8 Remerciements

Les auteurs reconnaissent la contribution financière de l'Institut national de santé publique du Québec pour la réalisation de ce projet. Des remerciements doivent également être faits à l'IRDA qui a fourni une contribution pour cette étude. Les auteurs reconnaissent également l'appui technique fourni par BPR inc., par le personnel de recherche de l'IRDA, de la DSPM et de l'Hôpital Laval. Ils désirent également remercier Dr. Daniel Massé pour sa révision de ce rapport final.

9 Références

Aatamila, M., P.K. Verkasalo, M.J. Korhonen, M.K. Viluksela, K. Pasanen, P. Tiittanen et A. Nevalainen. 2010. Odor annoyance near waste treatment centers: a population-based study in Finland. *Journal of Air and Waste Management Association* 60(4): 412-418.

ASTM. 1999. E 544-99: Standard practices for referencing suprathreshold odor intensity. In Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2004a. Toxicological profile for ammonia. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 269 pages.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2004b. Draft – Toxicological profile for hydrogen sulfide. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 247 pages.

Bach, H.J., J. Tomanova, M. Schloter et J. C. Munch. 2002. Enumeration of total bacteria and bacteria with genes for proteolytic activity in pure cultures and in environmental samples by quantitative PCR mediated amplification. *Journal of Microbiological Methods* 49(3): 235-245.

Bellerose, C., C. Lavallée, L. Chénart et M. Levasseur. 1992. La santé mentale. Et la santé, ça va en 1992-1993? Santé Québec.

Camirand, H. et V. Nanhou. 2008. La détresse psychologique chez les Québécois en 2005. Zoom santé, Institut de la Statistique du Québec.

Chevalier, S. et Y. Sauvageau. 2000. Santé mentale. Institut de la statistique du Québec. Québec.

Conseil canadien du porc (CCP). 2005. Statistiques sur l'industrie et revue du marché [En ligne] http://www.cpc-ccp.com/stats.html.

CEN (Communauté européenne de normalisation). 2003. Air quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry. Standard No.EN 13725:2003 F, April. European Committee for Standardization, 65 pages.

CEPA (California Environmental Protection Agency). 1999. Determination or acute reference exposure levels. Office of Environmental Health Hazard Assessment, Air Toxicology and Epidemiology Section. 89 pages.

CSEQ (Comité de santé environnementale du Québec). 2000. Les risques à la santé associés aux activités de production animale au Québec - Document de référence. Ministère de la Santé et des Services sociaux. 112 pages.

de Freitas J.R., J.J. Schoenau, S.M. Boyetchko et S.A. Cyrenne. 2003. Soil microbial populations, community composition, and activity as affected by repeated applications of hog and cattle manure in eastern Saskatchewan. *Canadian Journal of Microbiology* 49: 538-548.

Dieffenbach, C.W. et G.S. Dveksler. 1995. PCR primer – A laboratory manual. Cold Spring Harbor Press. Pages 49-50.

Donham, K.J., S. Wing, D. Osterberg, J.L. Flora, C. Hodne, K.M. Thu et P.S. Thorne. 2007. Community health and socioeconomic issues surrounding concentrated animal feeding operations. *Environmental Health Perspectives* 111(2): 317-320.

Earth Tech Inc. 2001. Final technical work paper for human health issues - Animal agriculture GEIS. 93 pages et annexes.

Gingras, B., S.H. Fortin, L. Jacques, G. Levesque, E. Masson et M. Provost. 2003. Mémoire nationale de santé publique. Directeur national de santé publique, Commission sur le développement durable de la production porcine au Québec. 52 pages.

Gingras, B. 1996. Les odeurs reliées aux activités agricoles. Direction de la santé publique, de la planification et de l'évaluation, RRSSSS Chaudière-Appalaches. 10 pages.

Holness, D.L., J.T. Purdham et J.R. Nethercott. 1989. Acute and chronic respiratory effects of occupational exposure to ammonia. *American Industrial Hygiene Association Journal* 50(12): 646-650.

ISU (Iowa State University) et University of Iowa. 2002. Iowa concentrated animal feeding operations air quality study. Final report. 221 pages.

Jacques, L., E. Masson et I. Tardif. 2003. Impacts potentiels sur la santé publique associés à l'implantation de porcheries dans la MRC le Haut Saint-Laurent. Direction de santé publique, RRSSS-Montérégie. 107 pages.

Kliebenstein, J. 2002. Iowa concentrated animal feeding operations air quality study. Department of Economics, Iowa State University.

Littell, R.C., G.A. Milliken, W.W. Stroup et R.D. Wolfinger. 1996. SAS System for mixed models. Gary, NC: SAS Institute Inc.

Marchesi, J.R., T. Sato, A.J. Weightman, T.A. Martin, J.C. Fry, S.J. Hiom et W.G. Wade. 1998. Design and evaluation of useful bacterium-specific PCR primers that amplify genes coding for bacterial 16S rRNA. *Applied and Environmental Microbiology* 64(2): 795-799.

MDDEP (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs). 2002. Critères de qualité de l'air – Fiches synthèses. 271 pages.

MDH (Minnesota Department of Health). 2002. Health risk values for air. Minnesota Department of Health [En ligne] http://www.health.state.mn.us/divs/eh/air/hrvtable.htm.

Miner, J.R. 1980. Controling odors from livestock production facilities: State-of-the-art. Livestock Waste: A renewable ressource. American Society of Agricultural Engineers, 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI 49085-9659 USA. Pages 297-301.

Mizak, C.A., S.W. Campbella, M.E. Lutherb, R.P. Carnahana, R.J. Murphya and N.D. Poorc. 2005. Below-cloud ammonia scavenging in convective thunderstorms at a coastal research site in Tampa, FL, USA. *Atmospheric Environment* 39(9): 1575-1584.

MPCA (Minnesota Pollution Control Agency). 2000. Minnesota rules 7009 – Ambient air quality standards. Minnesota Pollution Control Agency [En ligne] http://www.revisor.leg.state.mn.us/arule/7009/.

MSSSQ (Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec). 2005. La population du Québec par territoire des centres locaux de services communautaires, par territoire des

réseaux locaux de services et par région sociosanitaire de 1981 à 2026. Gouvernement du Québec.

MSSSQ (Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec). 2000. Les risques à la santé associés aux activités de production animale. Rapport du Comité de santé environnementale, 38 pages.

Murray, P.R., E.J. Baron, M.A. Pfaller, F.C. Tenover et R.H. Yolken. 2007. Manual of clinical microbiology. American Society Microbiology. 9e édition.

Muyzer, G., E.C.D. Waal et A.G. Uitterlinden. 1993. Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction-amplified genes coding fot 16S rRNA. *Applied and Environmental Microbiology* 59(3): 695-700.

National Library of Medicine. 2010. Wireless information system for emergency responder. Version 4.2.176. Consultation internet, novembre 2010 (www.wiser.nlm.nih.gov/).

OEHAA (Office of Environmental Health Hazard Assessment). 2005. All chronic reference exposure levels Adopted by OEHHA as of February 2005. California Enviromental Protection Agency, Office of Environmental Health Hazard Assessment [En ligne] http://www.oehha.org/air/chronic_rels/AllChrels.html.

O'Leary, A. 1990. Stress, emotion and human immune function. *Psychol. Bull.* 108: 363-382.

Pampalon, R. et G. Légaré. 1997. Détresse psychologique chez les résidants de municipalités productrices de porcs au Québec Services de la recherche, Ministère de la Santé et des Services sociaux, Direction de la santé publique, Régie du Bas-Saint-Laurent.

Pigeon, S. 1999. Portrait agroenvironnemental de la production porcine Groupe-conseil BPR.

Porta, M.S. 2008. A dictionary of epidemiology. International Epidemiological Association. Oxford University Press, New York.

Prazmo, Z., J. Dutkiewicz, C. Skórska, J. Sitkowska et G. Cholewa. 2003. Exposure to airborne Gram-negative bacteria, dust and endotoxin in paper factories. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 10(1): 93-100.

Radon, K., A. Schulze, V. Ehrenstein, R.T.v. Strien, G. Praml et D. Nowak. 2007. Environmental exposure to confined animal feeding operations and respiratory health of neighboring residents. *Epidemiology* 18(3): 300-308.

Radon, K., A. Peters, G. Prami, V. Ehrenstein, A. Schulze, O. Hehl et D. Nowak. 2004. Livestock odours and quality of life of neighbouring residents. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 11(1): 59-62.

Shiffmann, S.S. 1998. Livestock odors: Implications for human health and well-being. *Journal of Animal Science* 76(5): 1343-1355.

Schiffman, S.S., C.E. Studwell, L.R. Landerman, K. Berman and J.S. Sundy. 2005. Symptomatic effects of exposure to diluted air sampled from a swine confinement atmosphere on healthy human subjects. *Environmental Health Perspectives* 113(5): 567-576.

Schiffman, S.S., J.L. Bennetta et J.H. Raymerb. 2001. Quantification of odors and odorants from swine operations in North Carolina. *Agricultural and Forest Meteorology* 108: 213-240.

Schiffman, S.S., E.A. Sattely Miller, M.S. Suggs and B.G. Graham. 1995. The effect of environmental odors emanating from commercial swine operations on the mood of nearby residents. *Brain Research Bulletin* 37(4): 369-375.

Ségala, C., D. Poizeau et J.-M. Macé. 2003. Odeurs et santé : enquête épidémiologique descriptive autour d'une usine d'épuration. *Revue d'épidémiologie et de santé publique* 51(2): 201-214.

Shusterman, D. 1992. Critical review: The health significance of environmental odor pollution. *Archives of Environmental Health* 47(1): 76-87.

Thu, K.M. 2002. Public health concerns for neighbors of large-scale swine production operations. *Journal of Agricultural Safety and Health* 8(2): 175-184.

Thu, K., K. Donham, R. Ziegenhorn, S. Reynolds, P.S. Thorne, P. Subramanian, P. Whitten et J. Stookesberry. 1997. A control study of the physical and mental health of residents living near a large-scale swine operation. *Journal of Agricultural Safety and Health* 3(1): 13-26.

U.S. EPA. 2003a. Ammonia. Environmental Protection Agency, IRIS Database for Risk Assessment [En ligne] http://www.epa.gov/iris/.

U.S. EPA. 2003b. Hydrogen sulfide. Environmental Protection Agency, IRIS Database for Risk Assessment [En ligne] http://www.epa.gov/iris/.

Weisse, C.S. 1992. Depression and immunocompetence – A review of the literature. *Psychological Bulletin* 111(3): 475-489.

Wing, S., R.A. Horton, S.W. Marshall, K. Thu, M. Tajik, L. Schinasi et S.S. Schiffman. 2008. Air pollution and odor in communities near industrial swine operations. Environmental *Health Perspectives* 116(10): 1362-1368.

Wing, S. et S. Wolf. 2000. Intensive livestock operations, health and quality of life among eastern North Carolina residants. *Environmental health perspectives* 108(3): 233-238.

Annexe A – Carte des villages sélectionnés

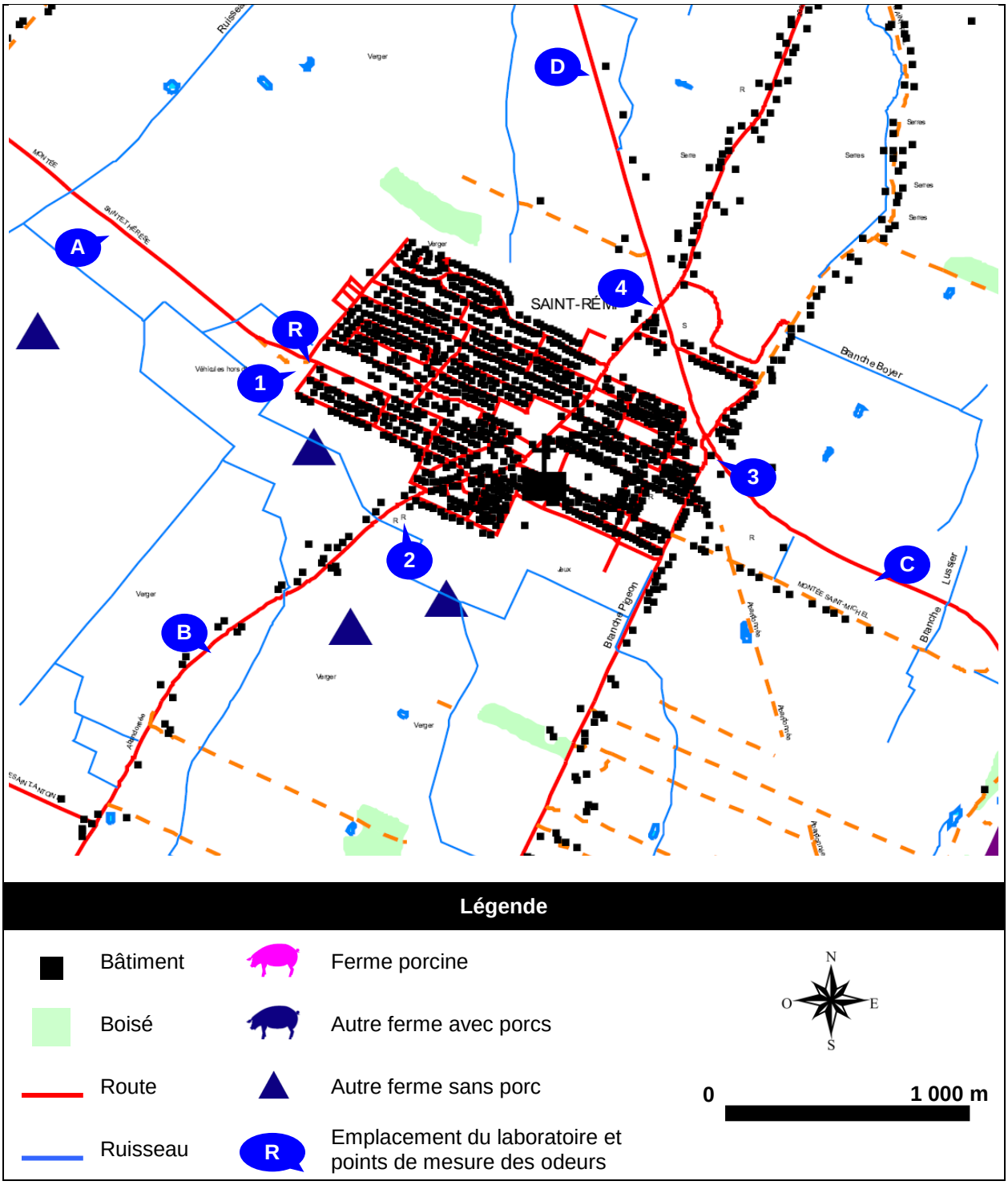


Figure A1. Région I – Village #1

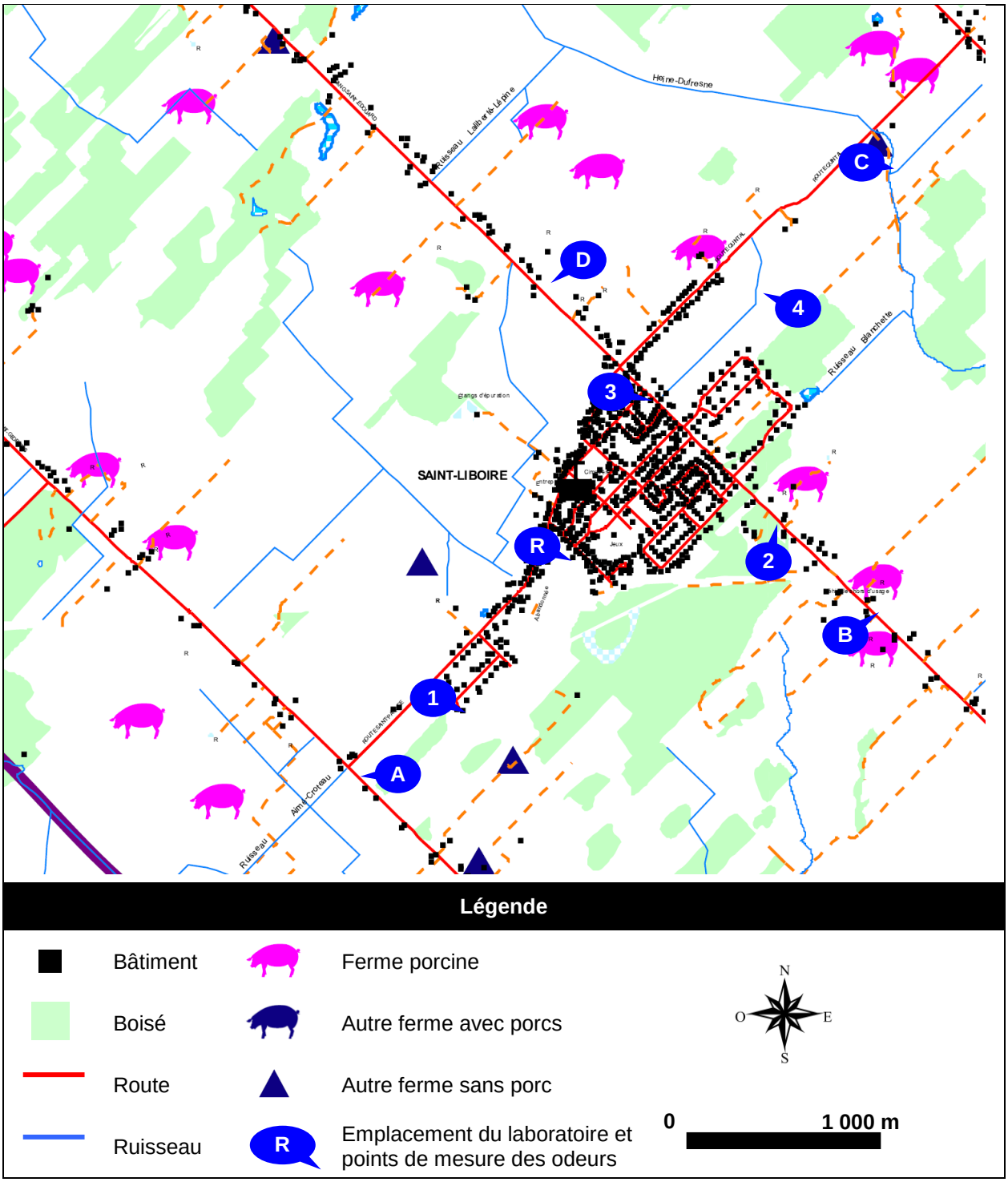


Figure A2. Région I – Village #2

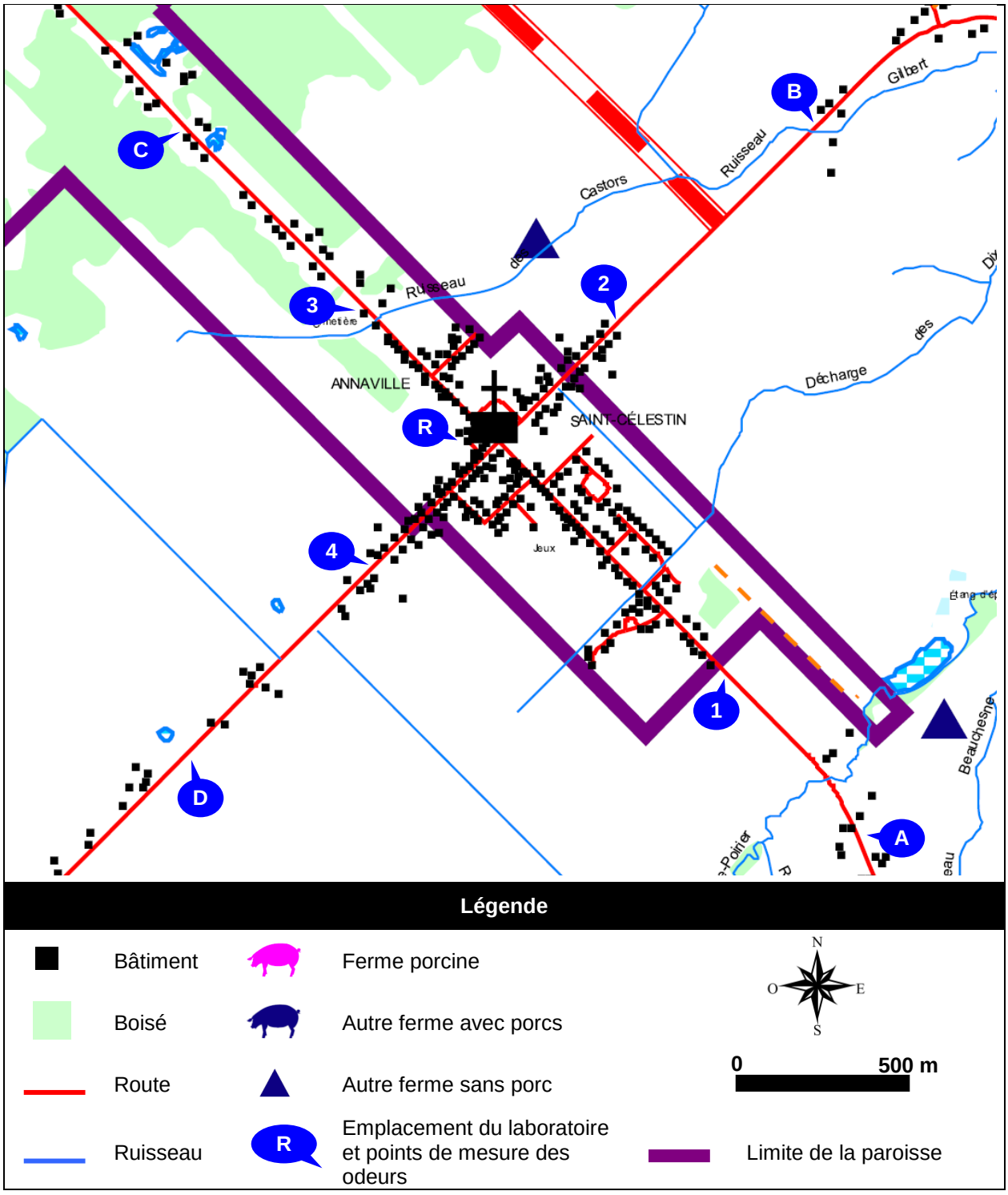


Figure A3. Région II – Village #3

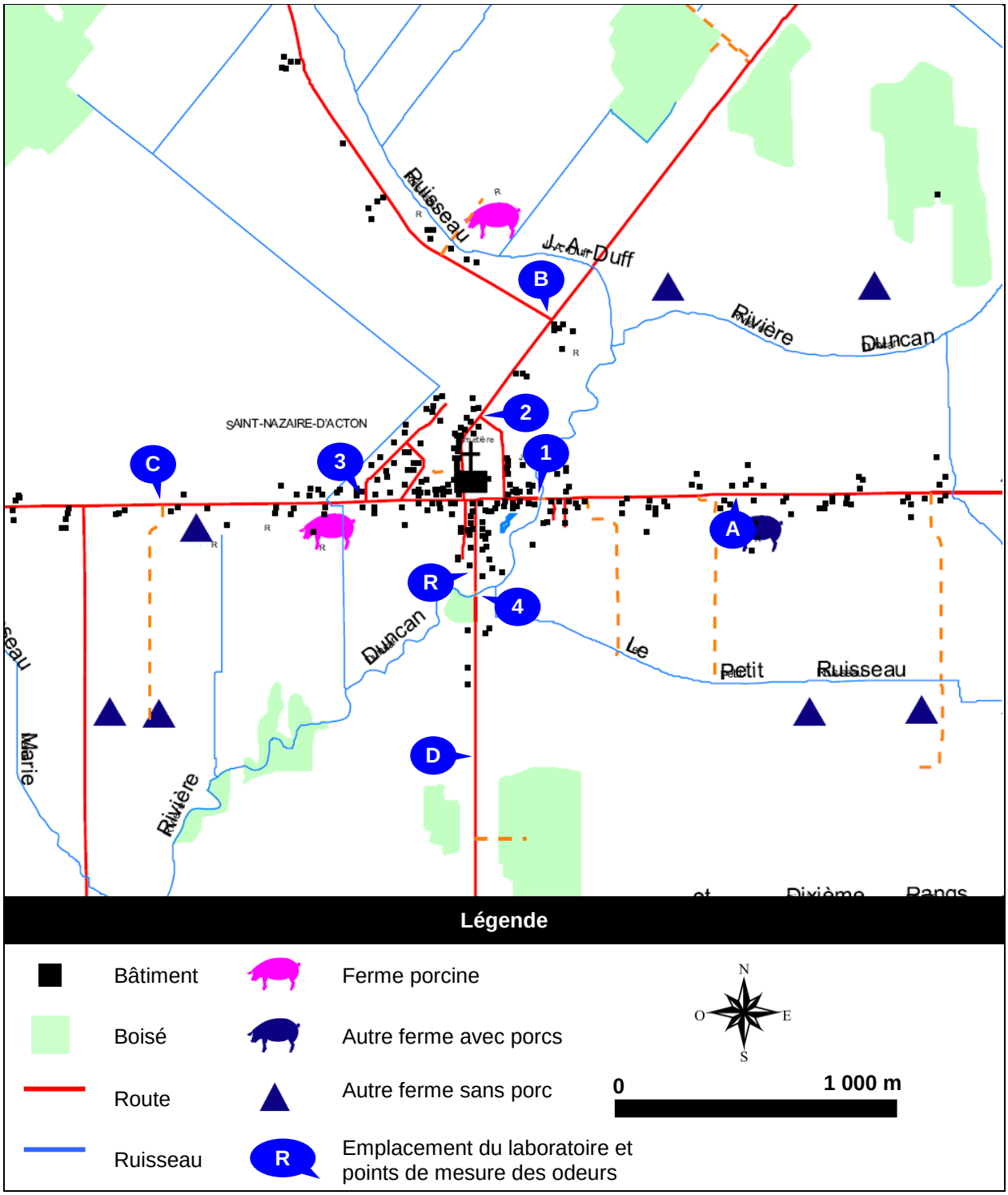


Figure A4. Région II – Village #4

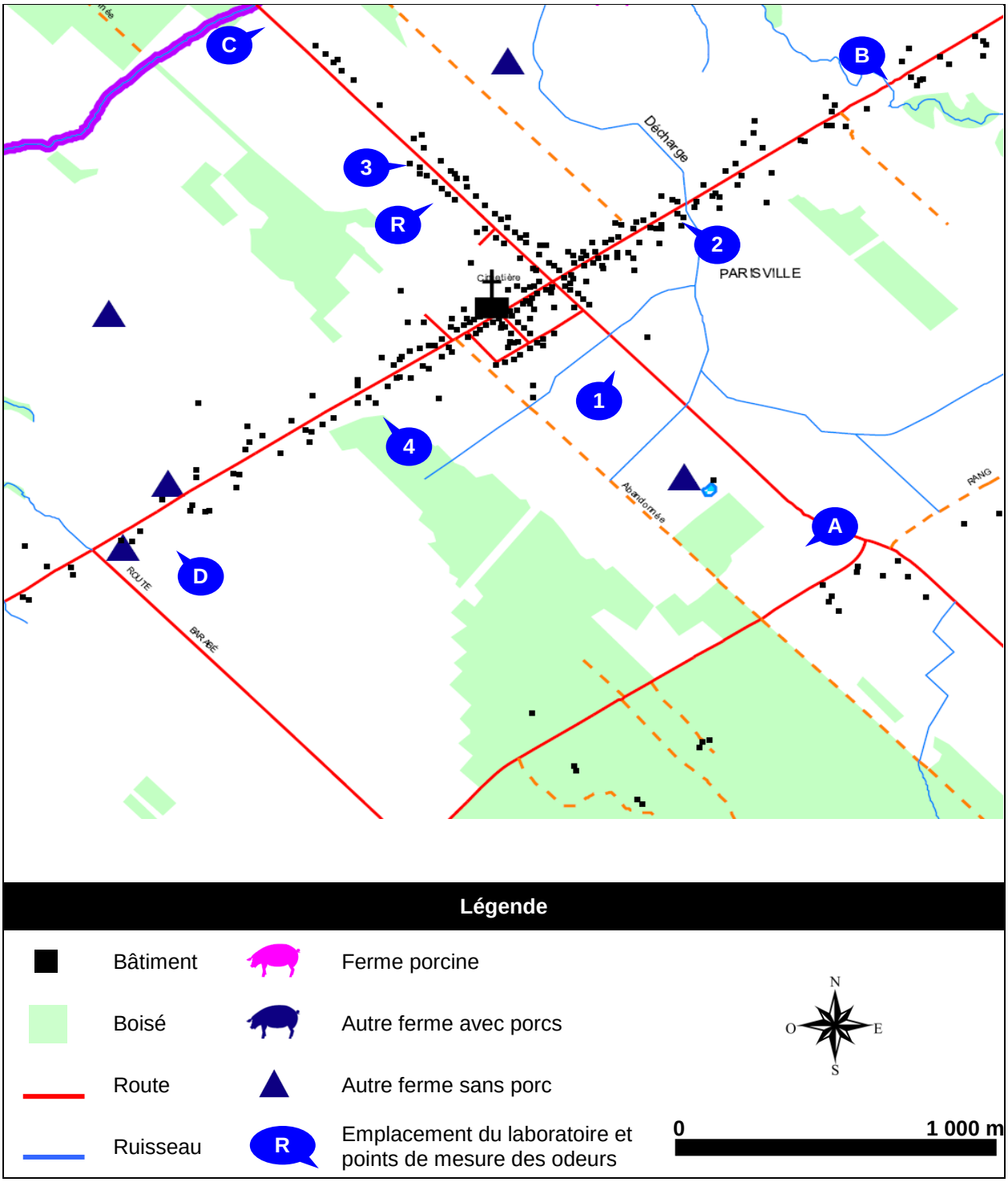


Figure A5 Région III – Village #5

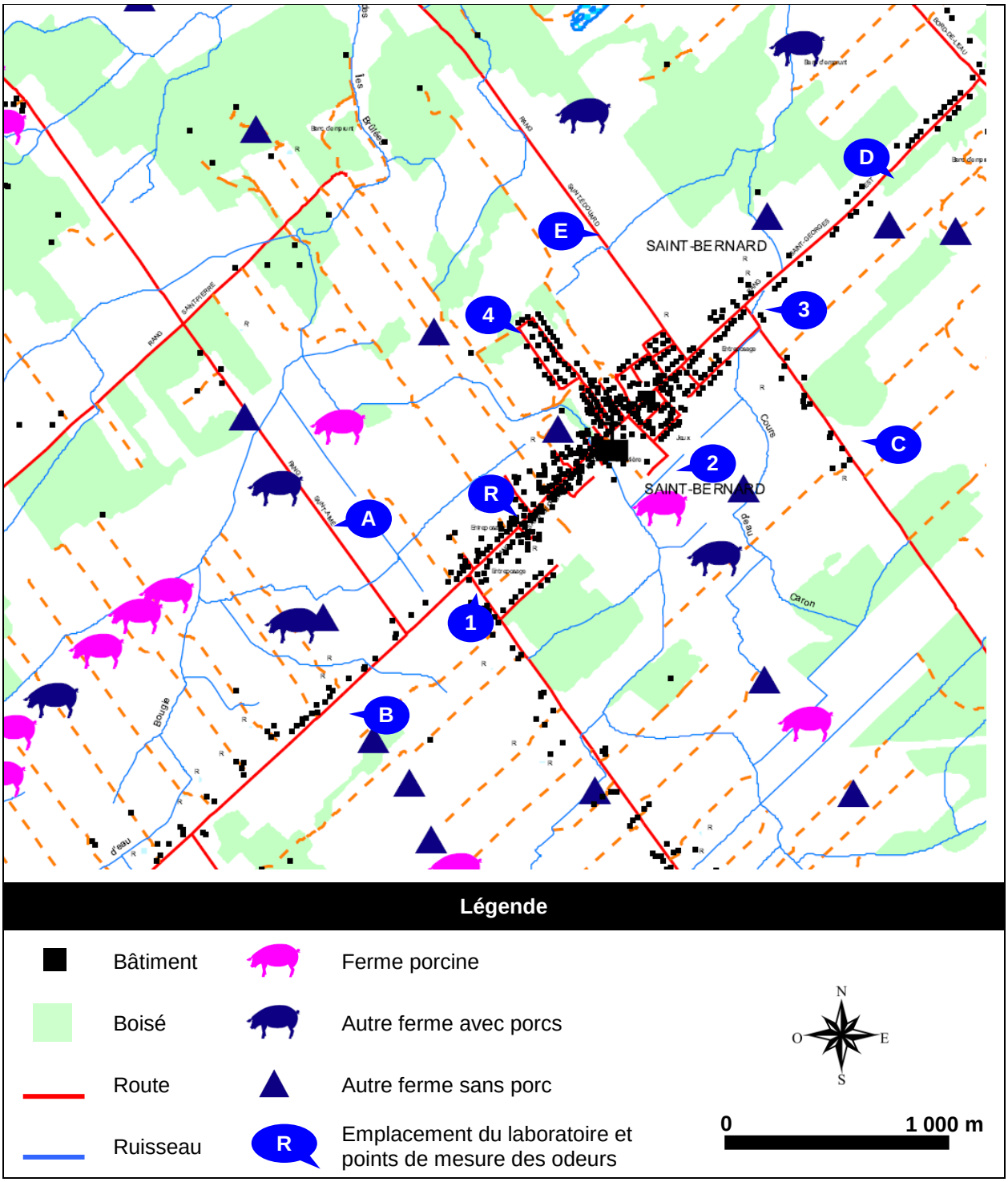
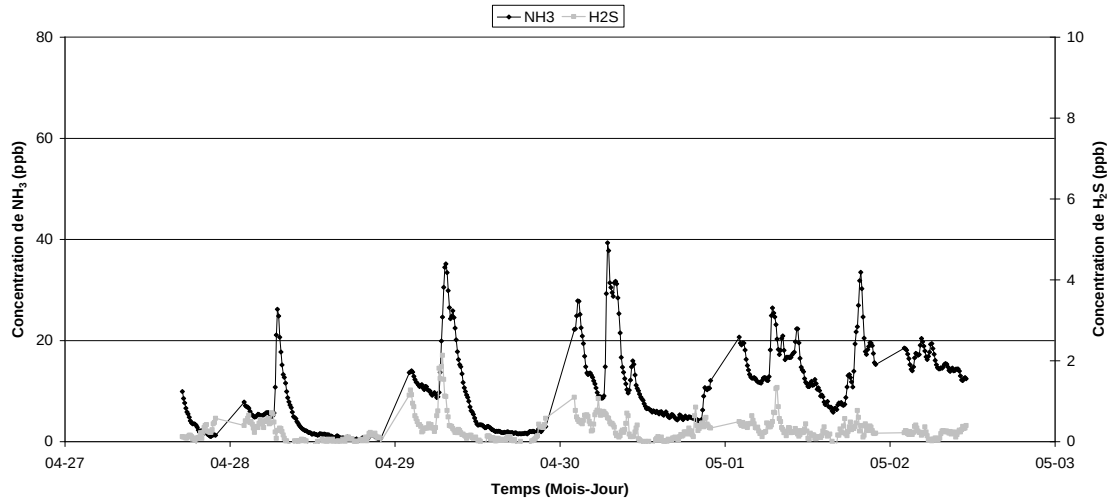
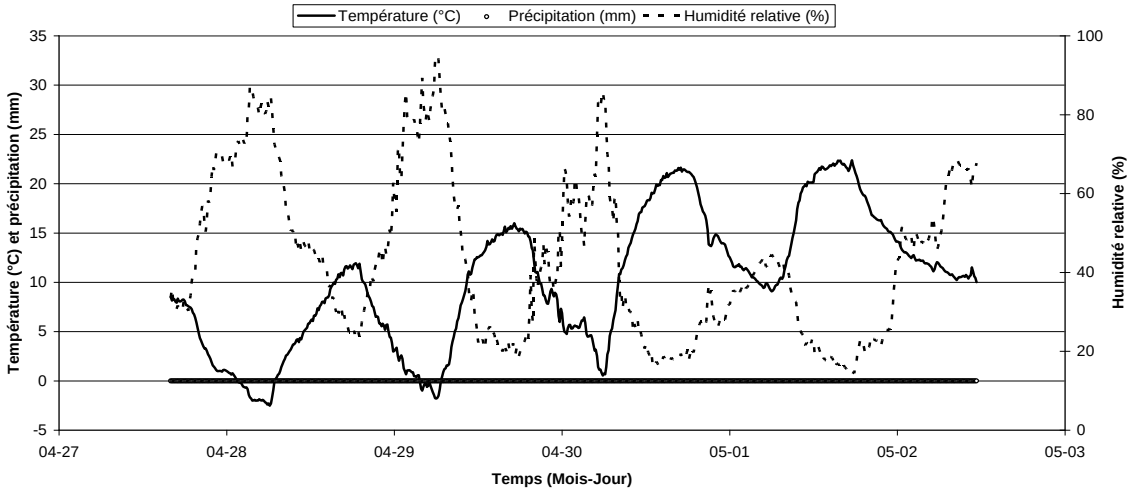


Figure A6. Région III – Village #6

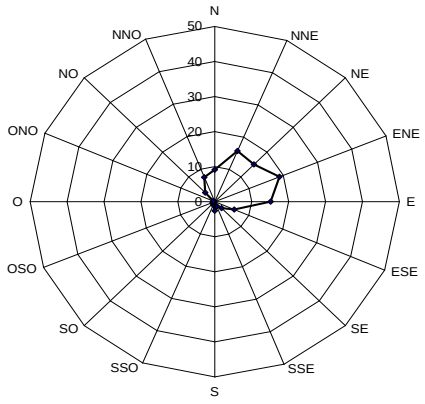
Annexe B – Concentrations de gaz et conditions météorologiques dans les villages



a) Concentration de gaz

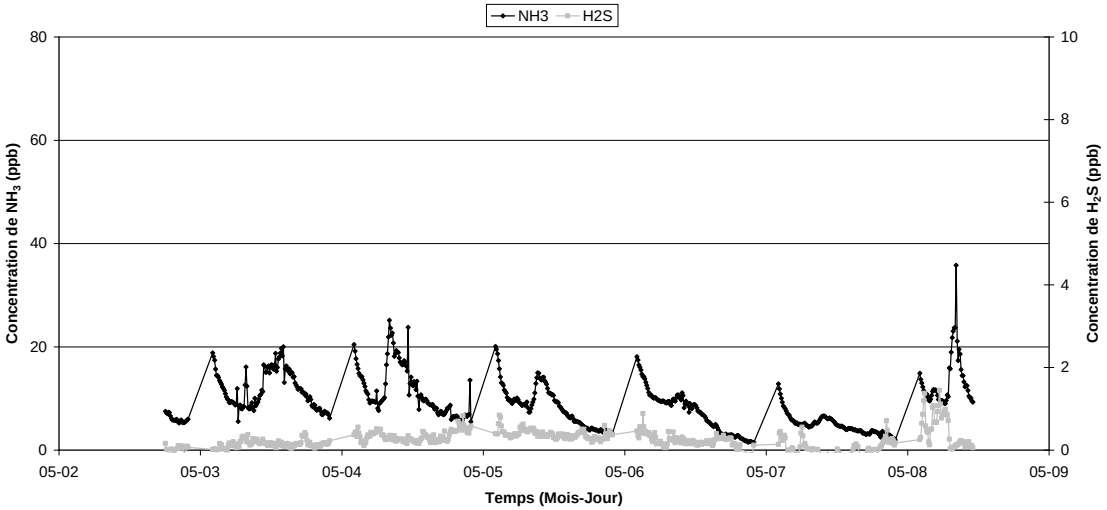


b) Température, précipitation et humidité relative

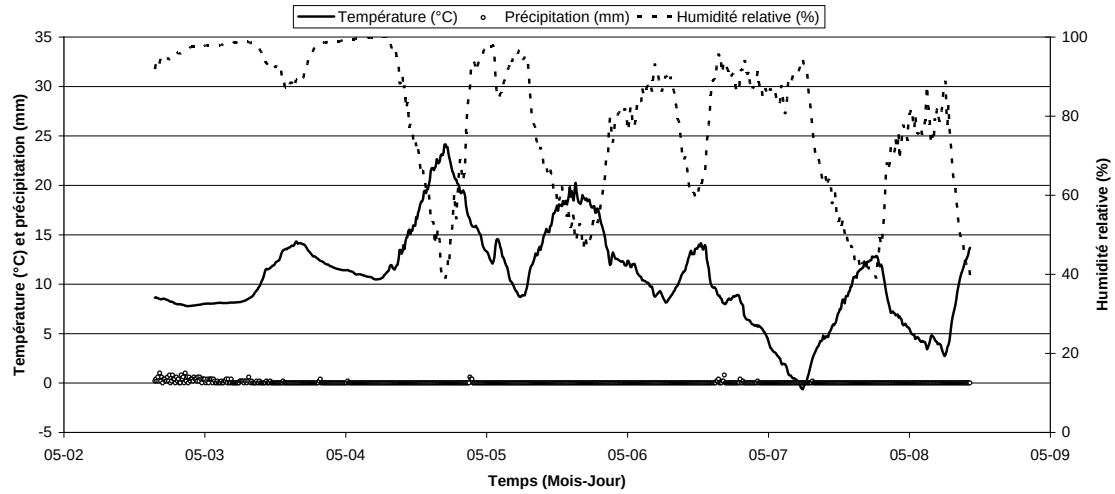


c) Rose des vents

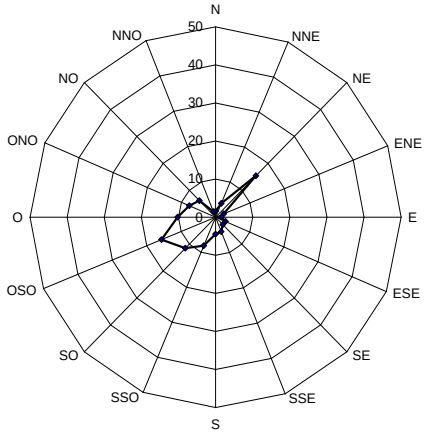
Figure B1. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #2 entre le 27 avril et le 2 mai 2006



a) Concentration de gaz

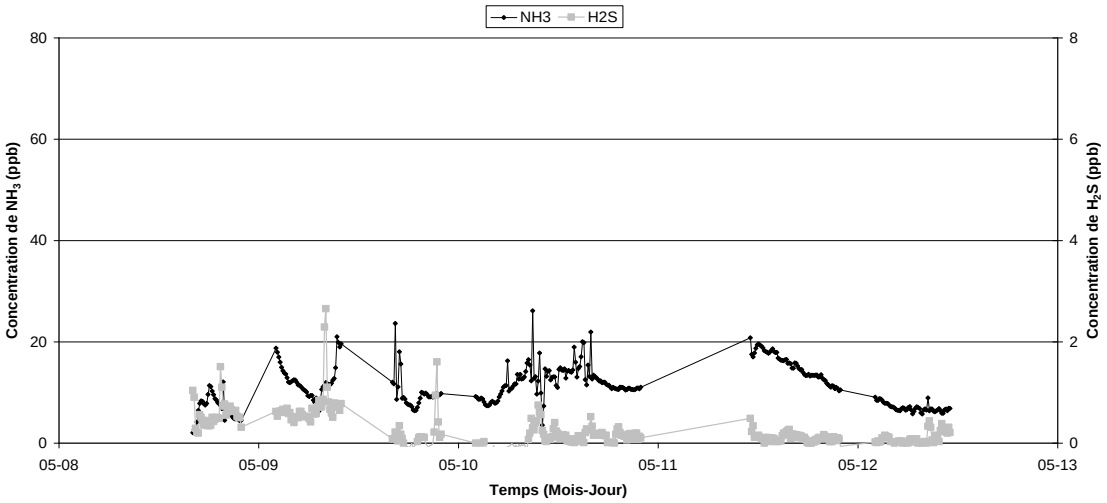


b) Température, précipitation et humidité relative

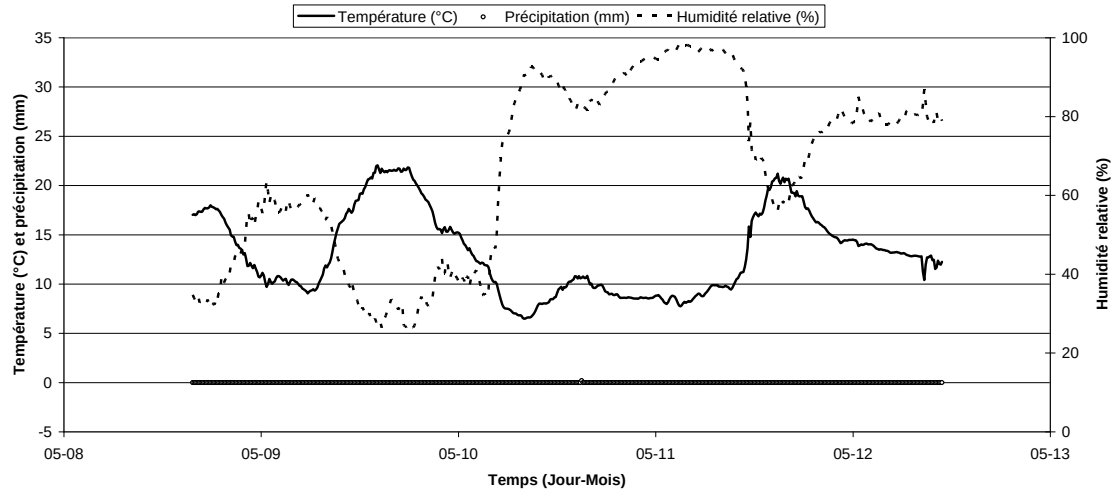


c) Rose des vents

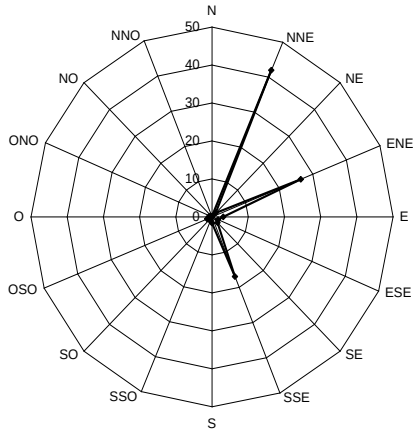
Figure B2. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #4 entre le 2 et le 8 mai 2006



a) Concentration de gaz

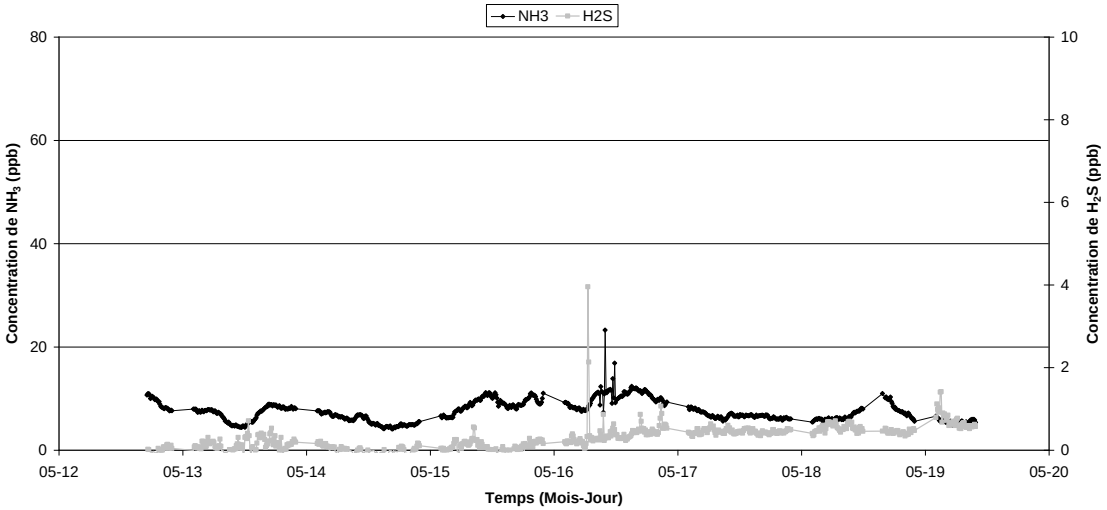


b) Température, précipitation et humidité relative

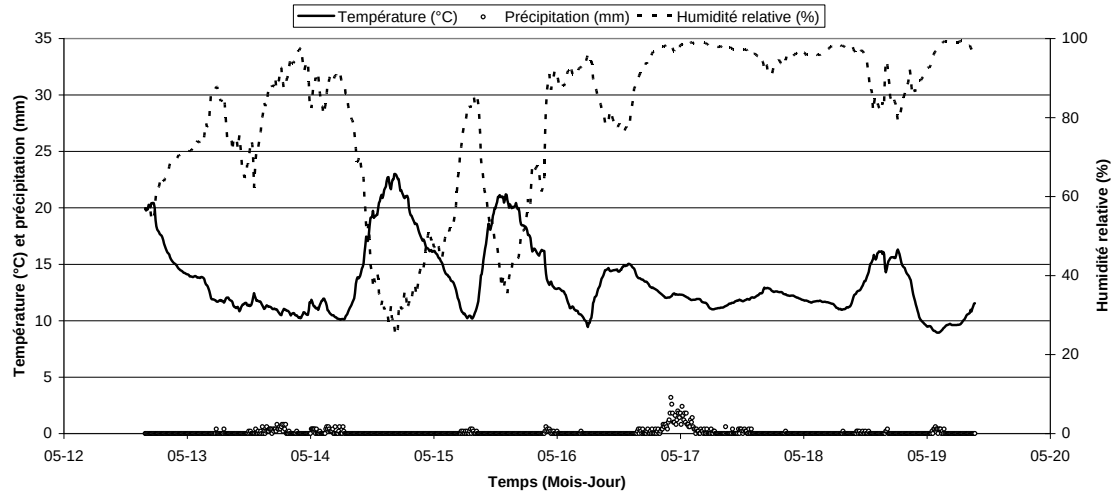


c) Rose des vents

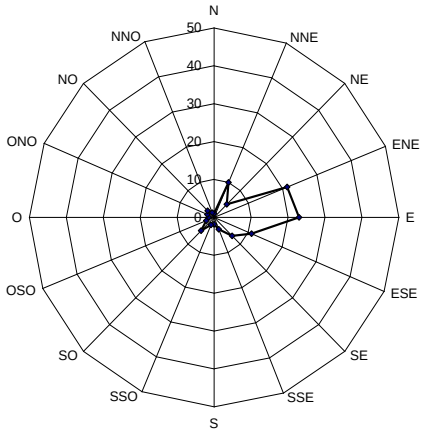
Figure B3. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #6 entre le 8 et le 12 mai 2006



a) Concentration de gaz

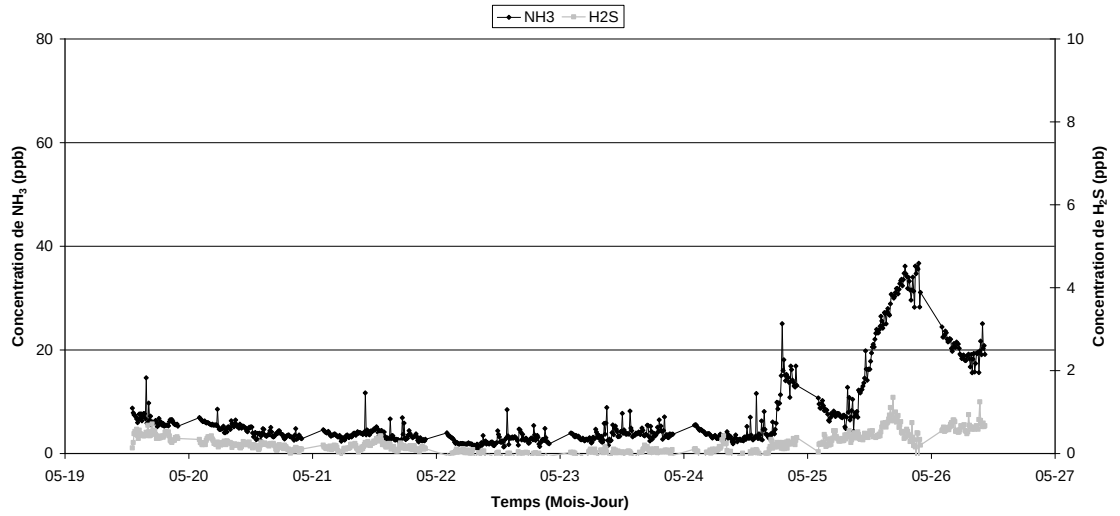


b) Température, précipitation et humidité relative

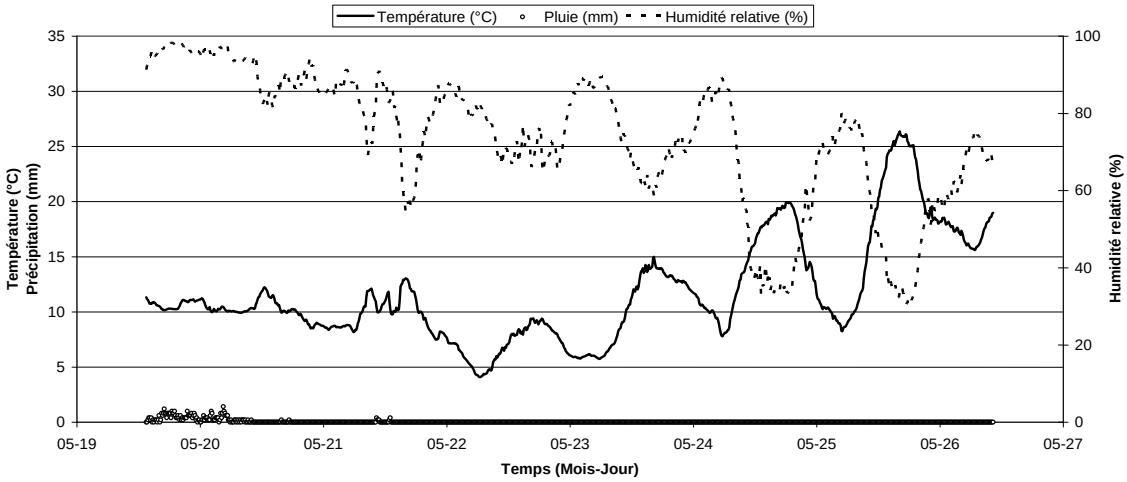


c) Rose des vents

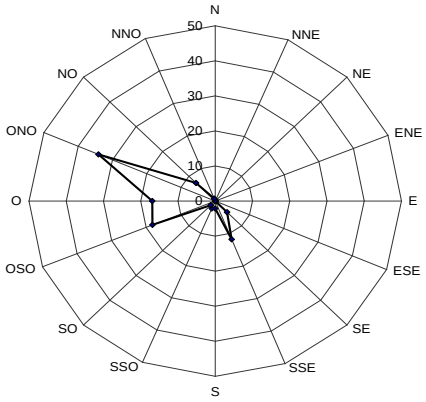
Figure B4. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #2 entre le 12 et le 19 mai 2006



a) Concentration de gaz

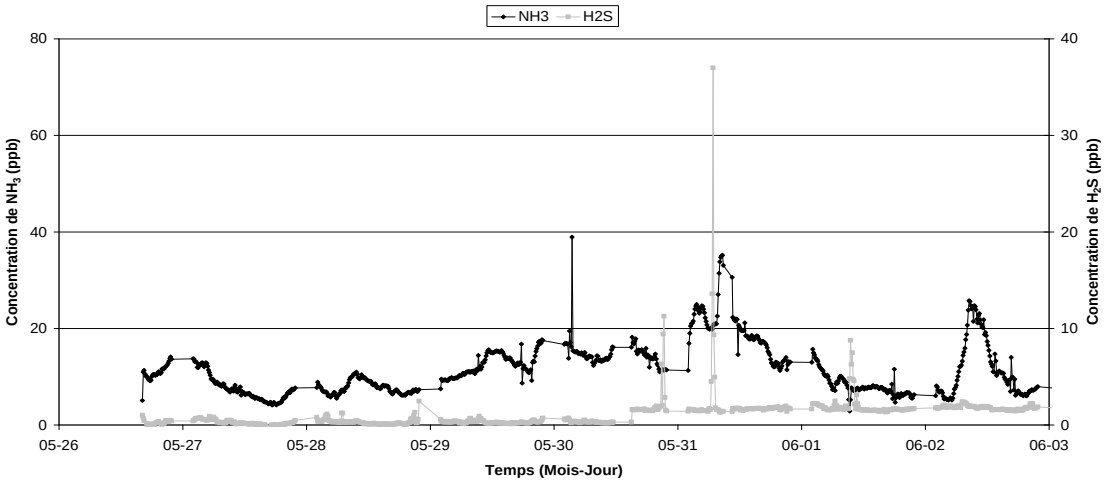


b) Température, précipitation et humidité relative

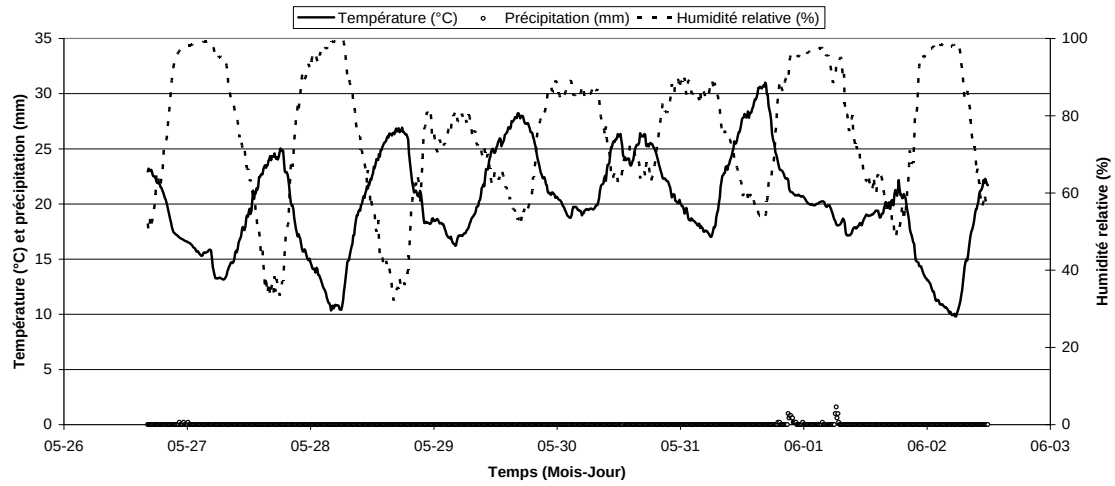


c) Rose des vents

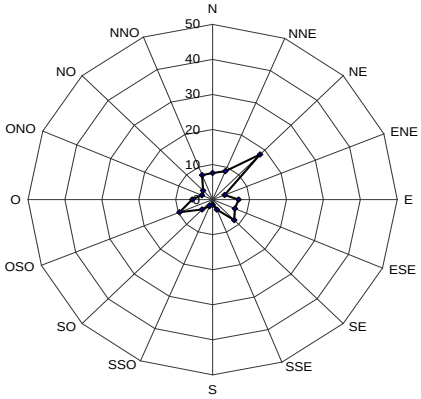
Figure B5. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #1 entre le 19 et le 26 mai 2006



a) Concentration de gaz

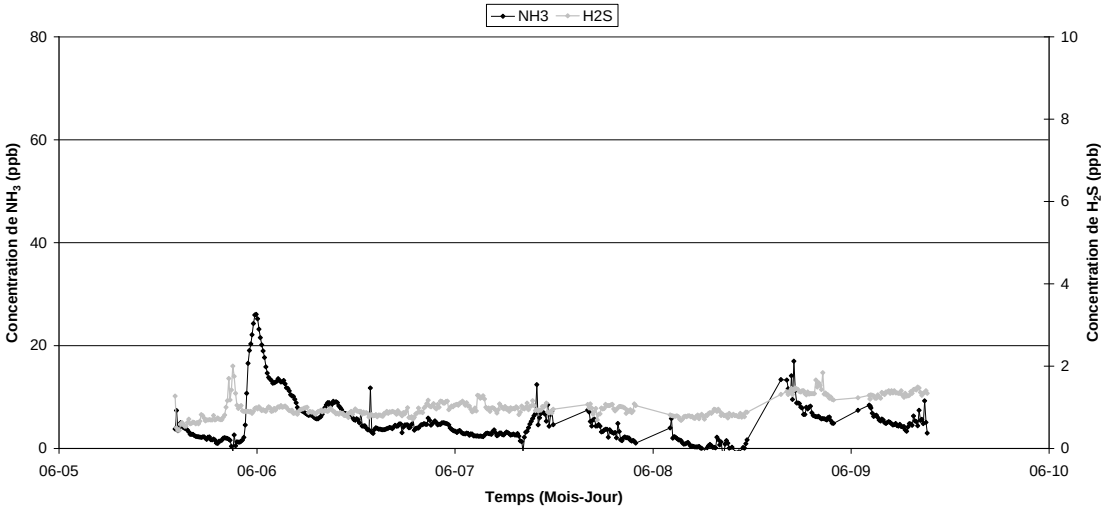


b) Température, précipitation et humidité relative

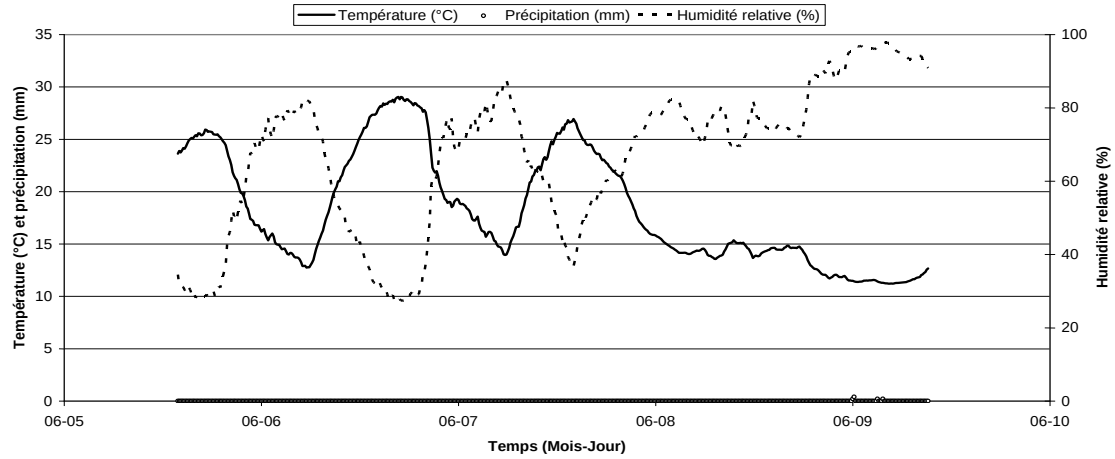


c) Rose des vents

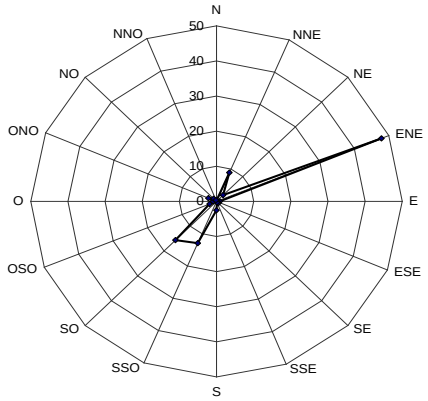
Figure B6. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #4 entre le 26 mai et le 2 juin 2006



a) Concentration de gaz

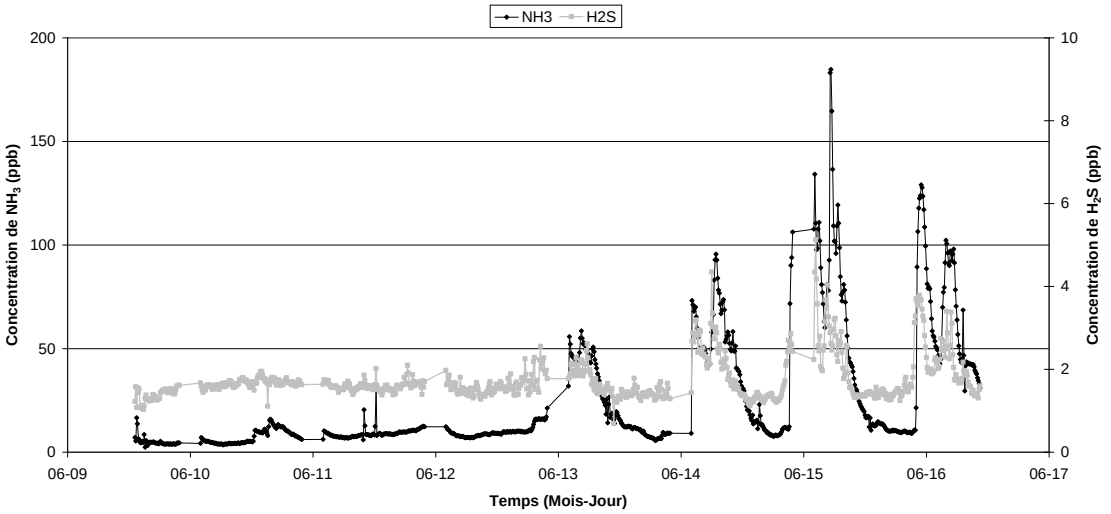


b) Température, précipitation et humidité relative

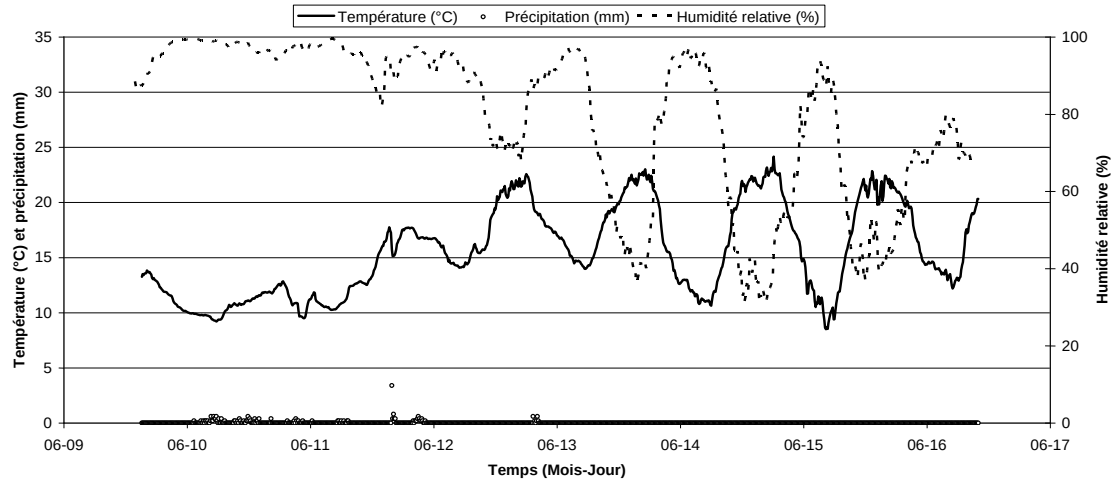


c) Rose des vents

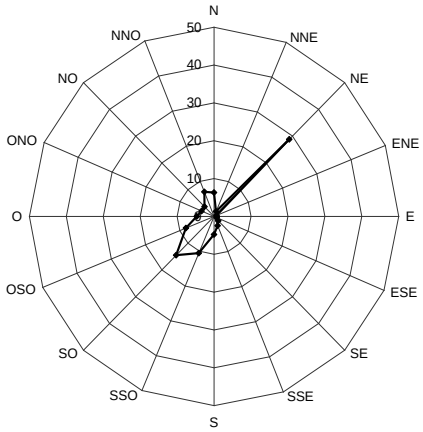
Figure B7. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #3 entre 5 et le 9 juin 2006



a) Concentration de gaz

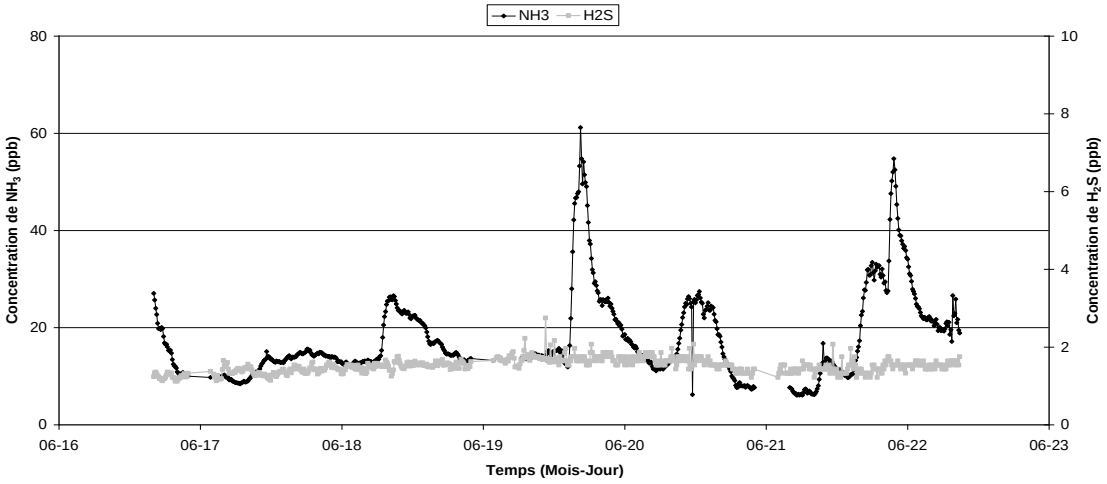


b) Température, précipitation et humidité relative

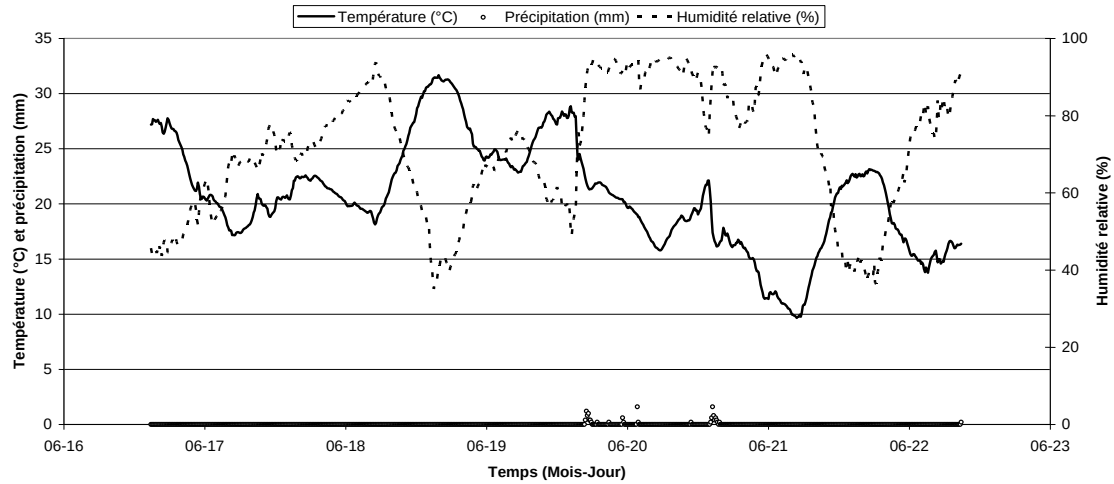


c) Rose des vents

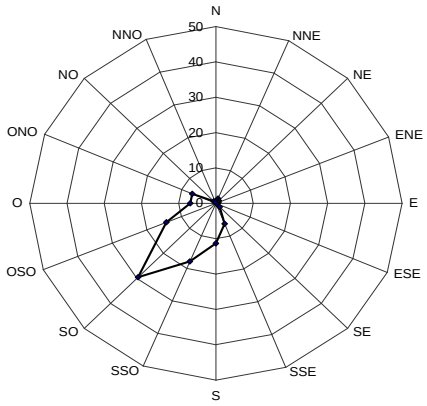
Figure B8. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #6 entre le 9 et le 16 juin 2006



a) Concentration de gaz

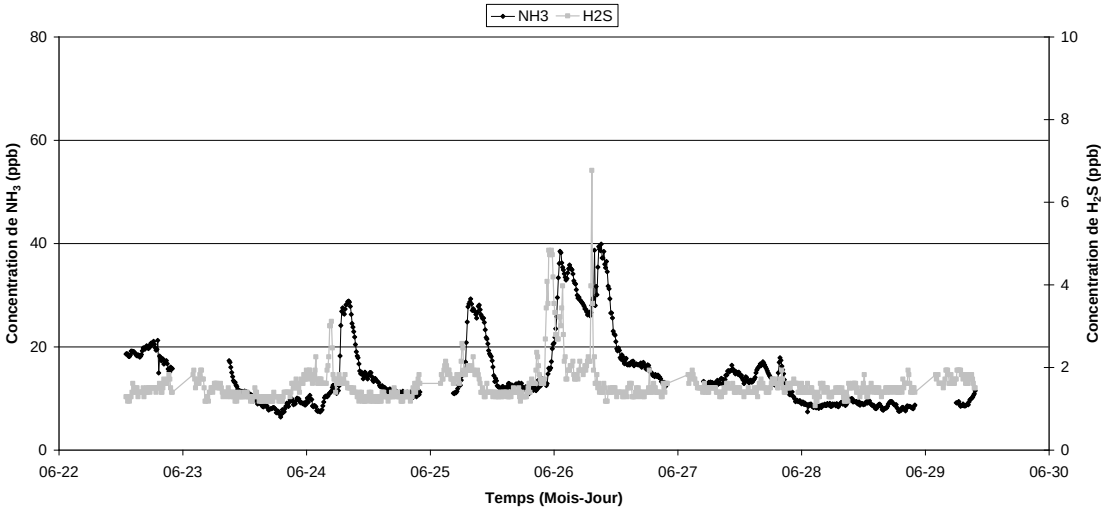


b) Température, précipitation et humidité relative

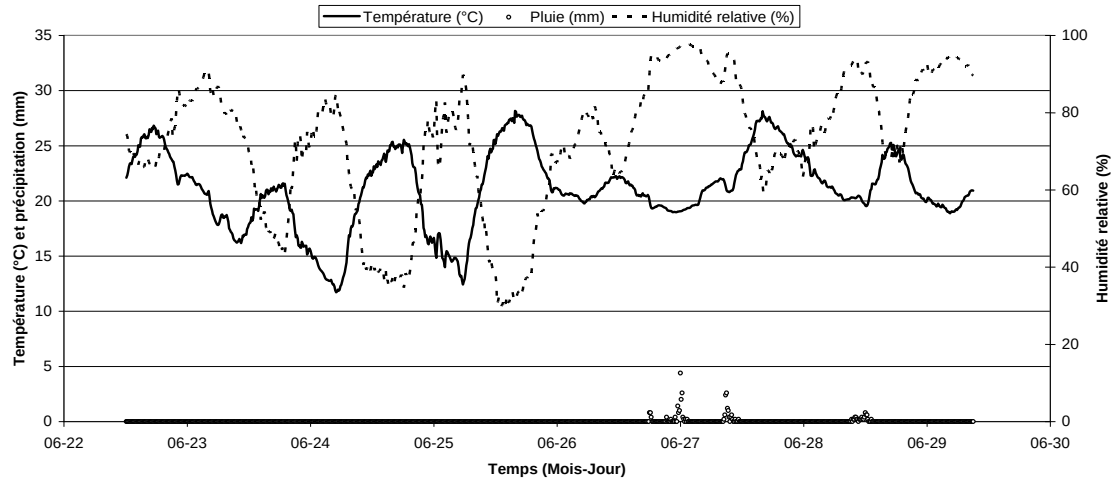


c) Rose des vents

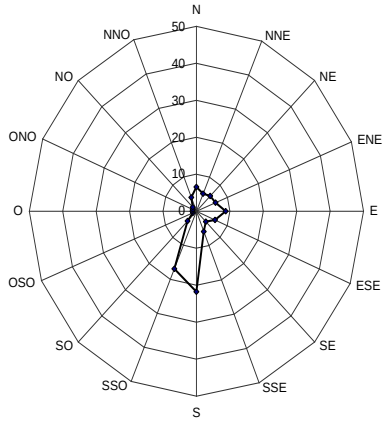
Figure B9. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #5 entre le 16 et le 22 juin 2006



a) Concentration de gaz

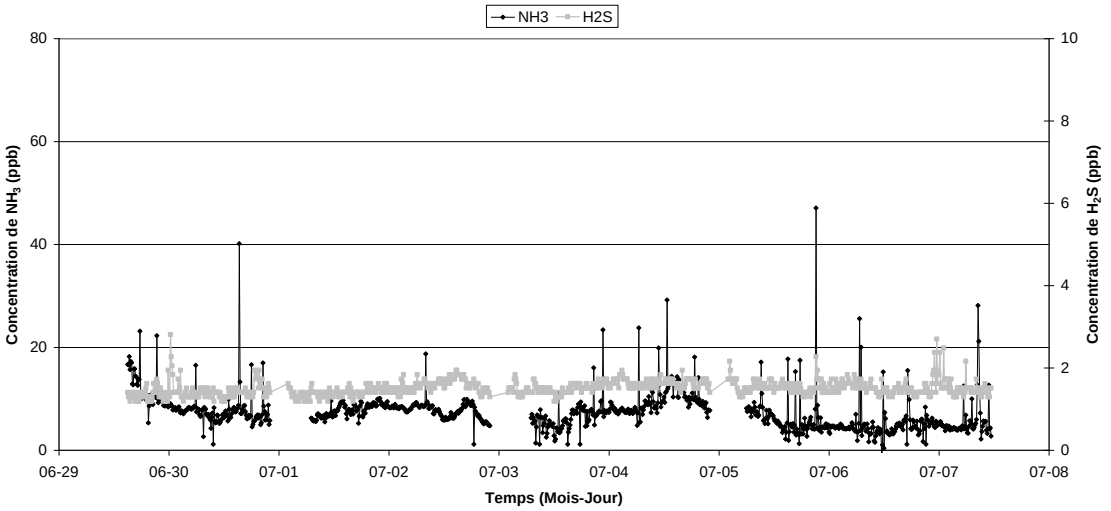


b) Température, précipitation et humidité relative

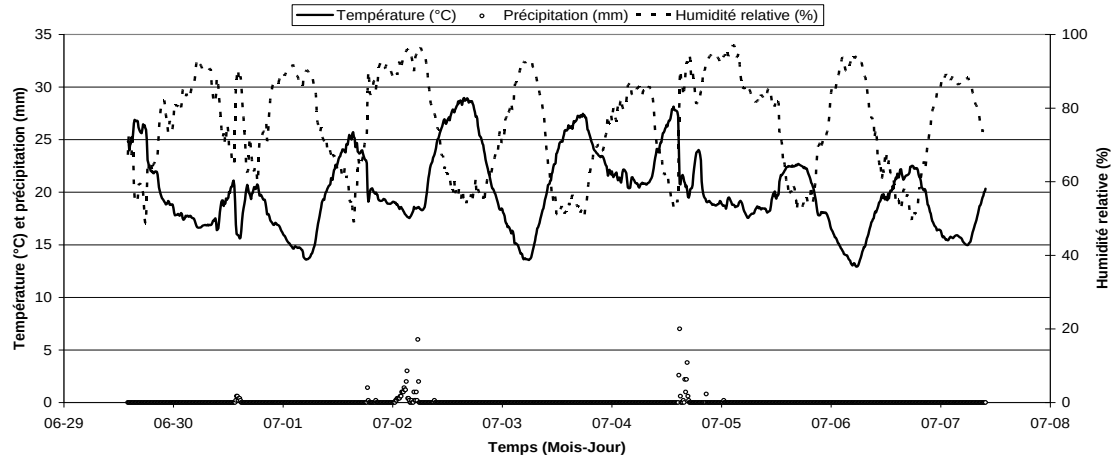


c) Rose des vents

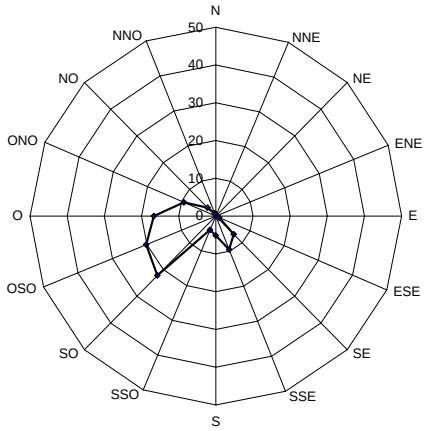
Figure B10. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #2 entre le 22 et le 29 juin 2006



a) Concentration de gaz

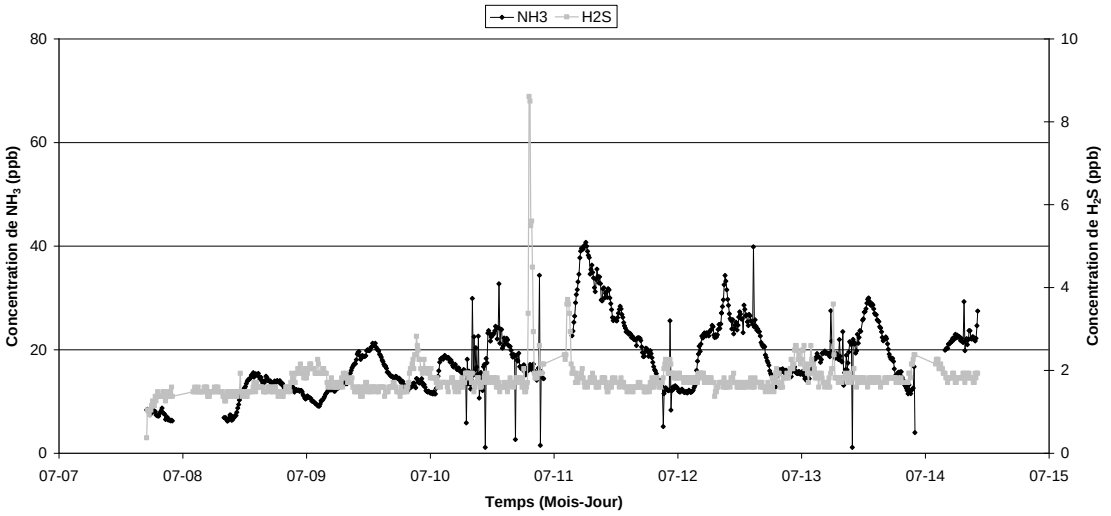


b) Température, précipitation et humidité relative

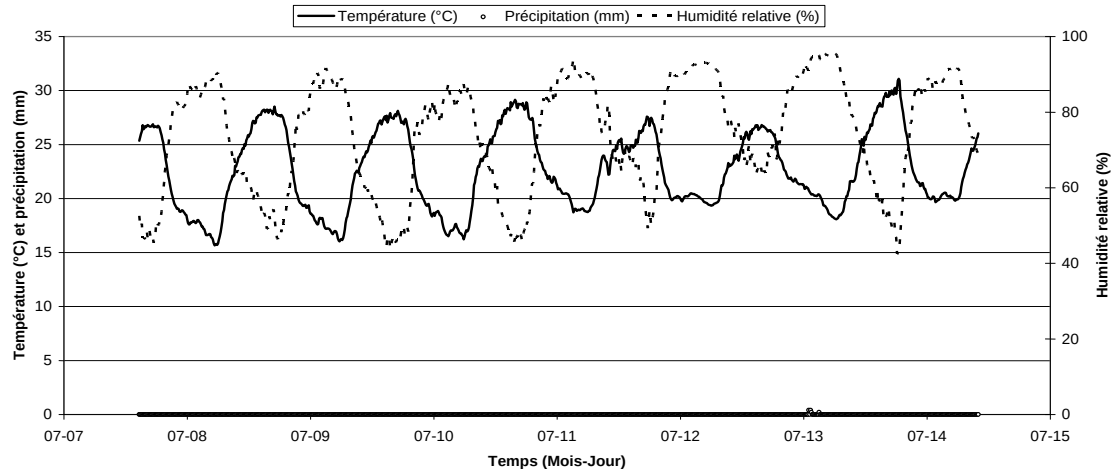


c) Rose des vents

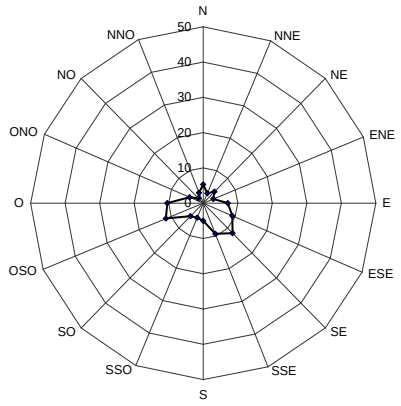
Figure B11. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #1 entre 29 juin et le 7 juillet 2006



a) Concentration de gaz

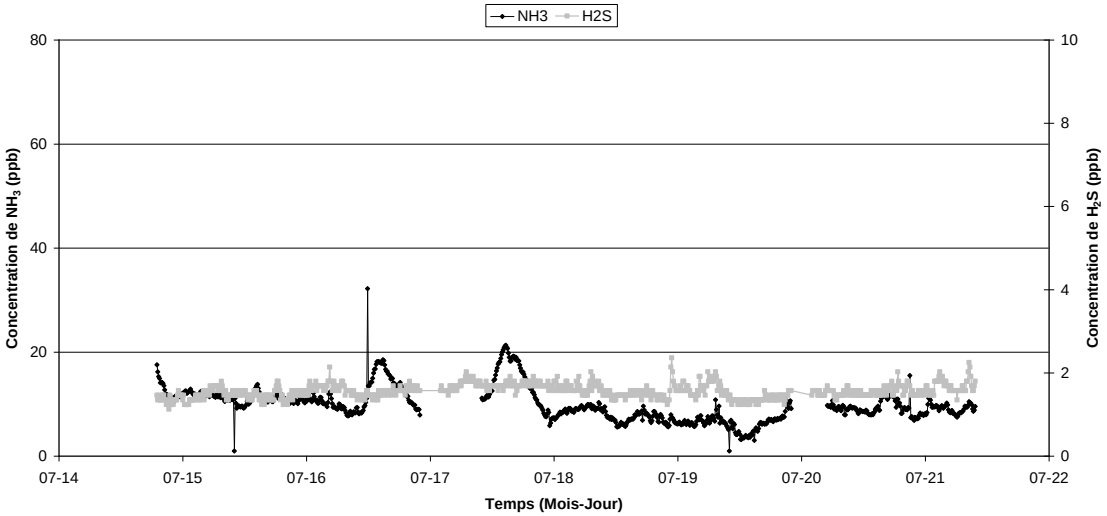


b) Température, précipitation et humidité relative

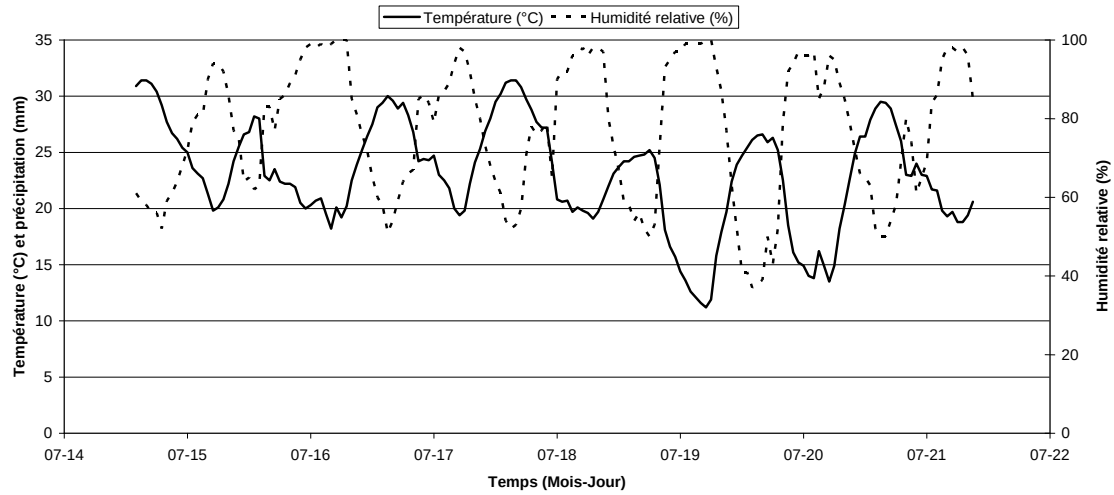


c) Rose des vents

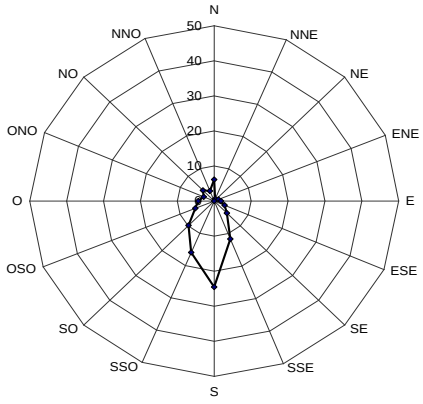
Figure B12. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #4 entre le 7 et le 14 juillet 2006



a) Concentration de gaz

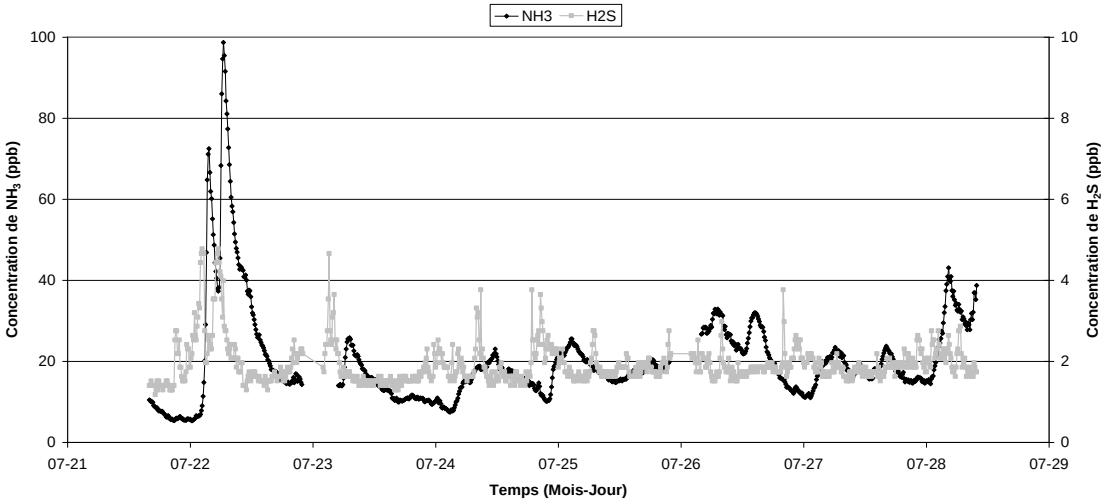


b) Température, précipitation et humidité relative

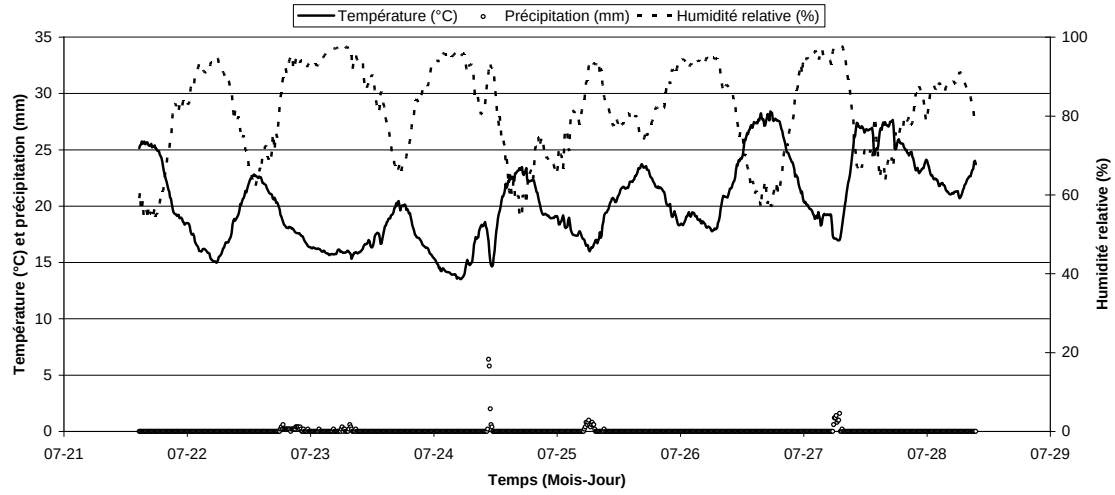


c) Rose des vents

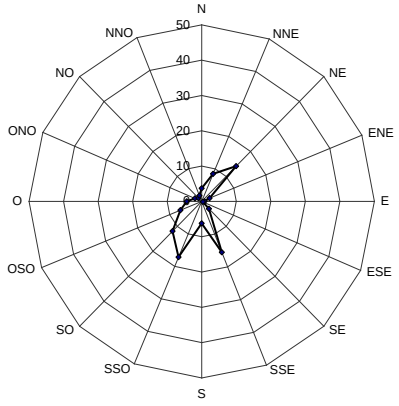
Figure B13. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #3 entre 14 et le 21 juillet 2006



a) Concentration de gaz

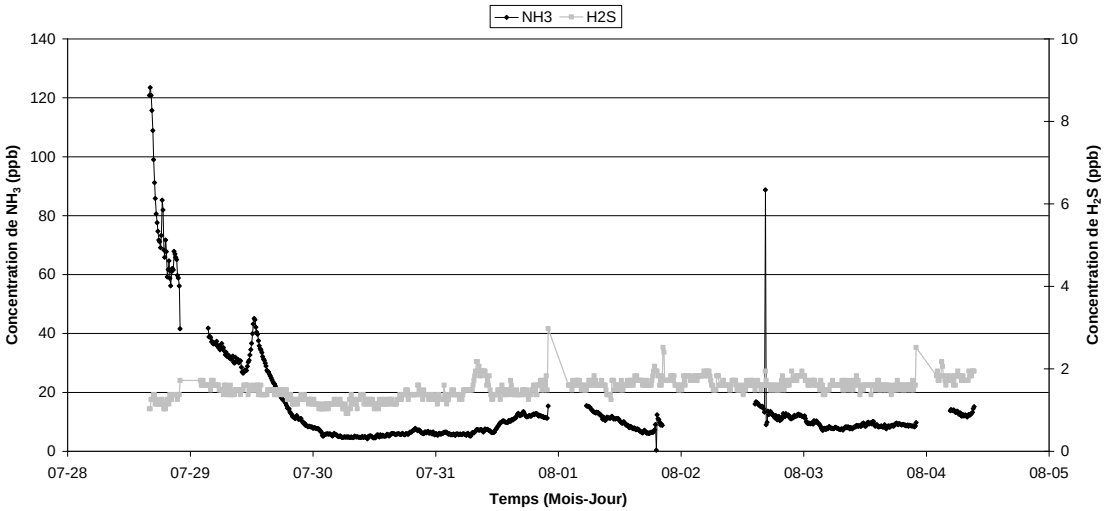


b) Température, précipitation et humidité relative

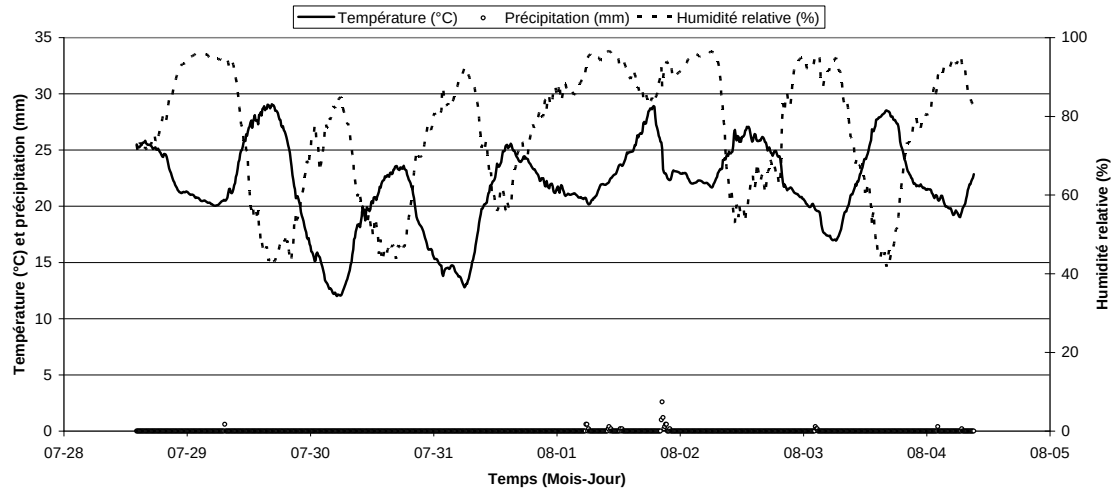


c) Rose des vents

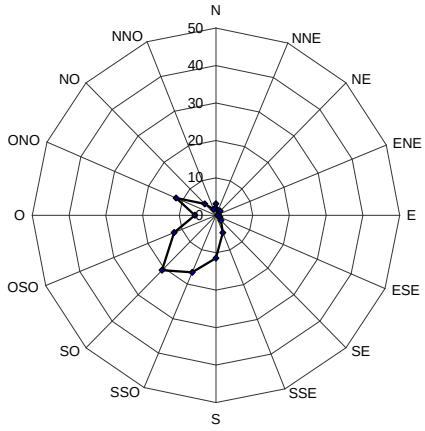
Figure B14. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #6 entre le 21 et le 28 juillet 2006



a) Concentration de gaz

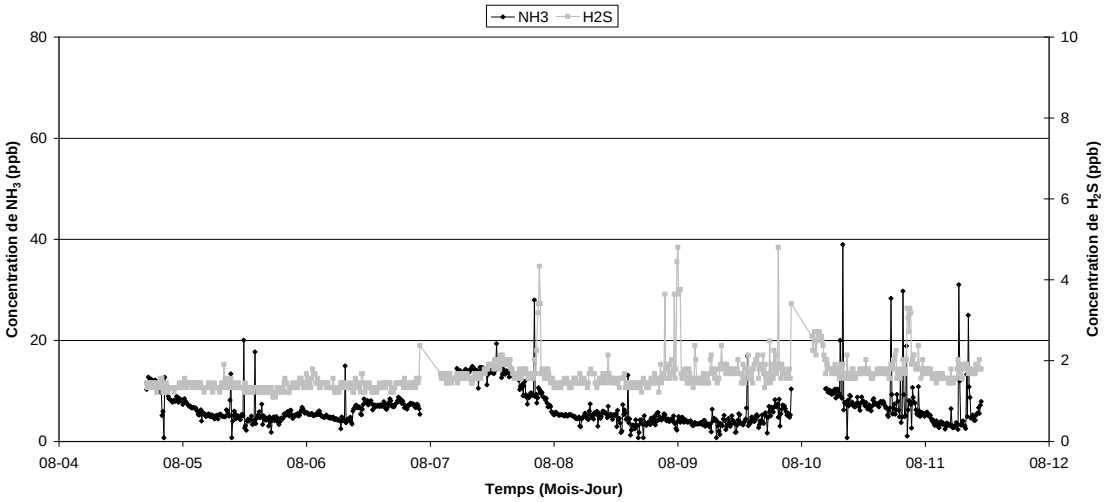


b) Température, précipitation et humidité relative

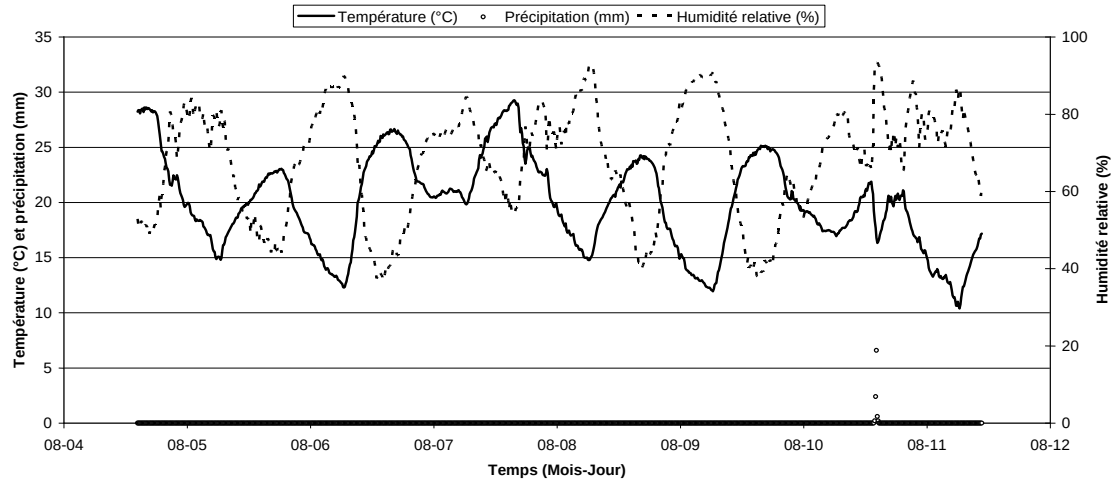


c) Rose des vents

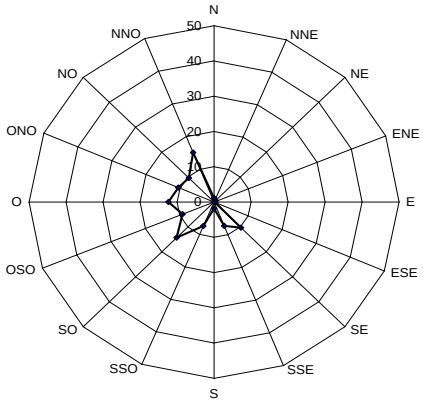
Figure B15. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #5 entre 28 juillet et le 4 août 2006



a) Concentration de gaz

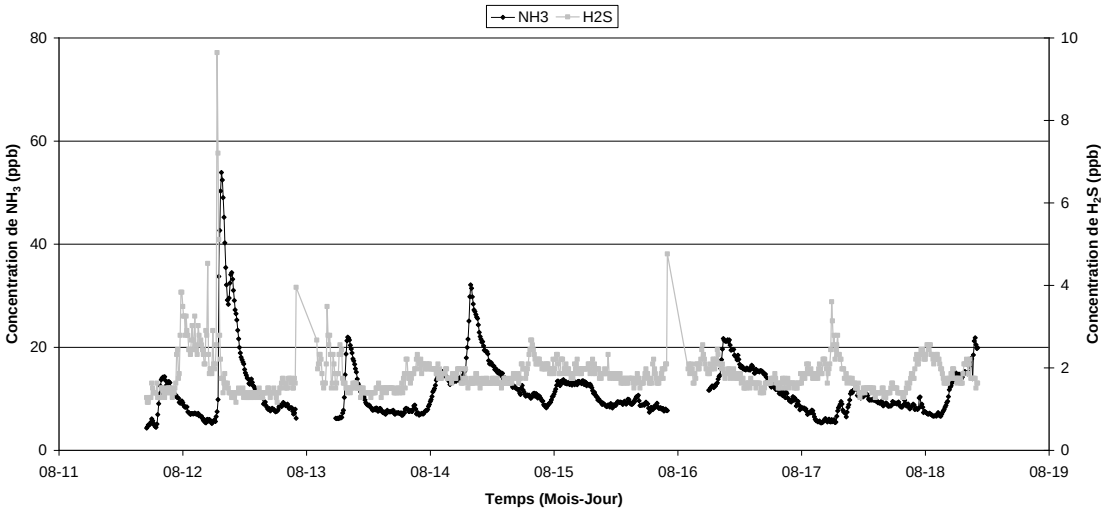


b) Température, précipitation et humidité relative

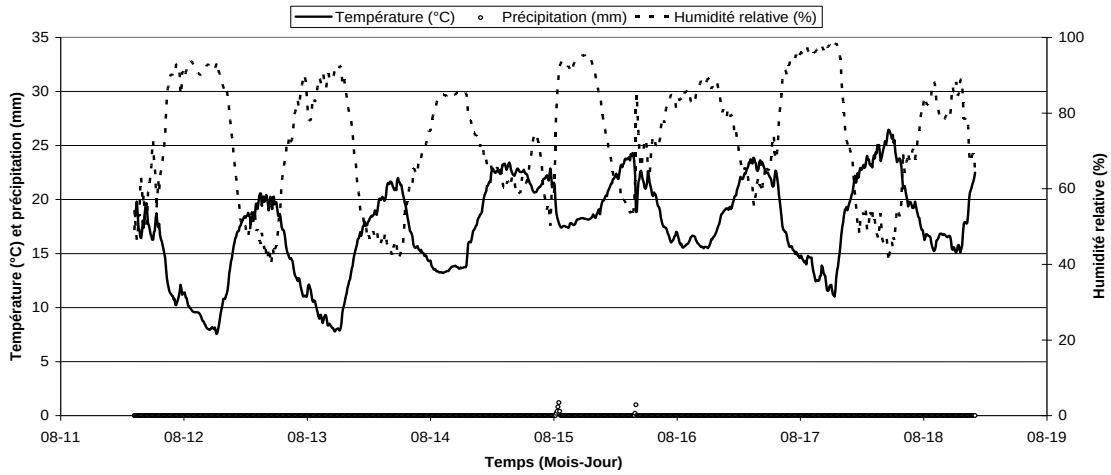


c) Rose des vents

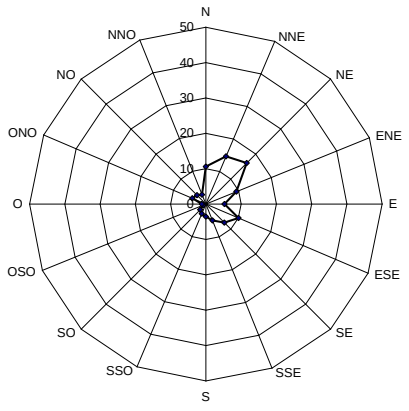
Figure B16. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #1 entre le 4 et le 11 août 2006



a) Concentration de gaz

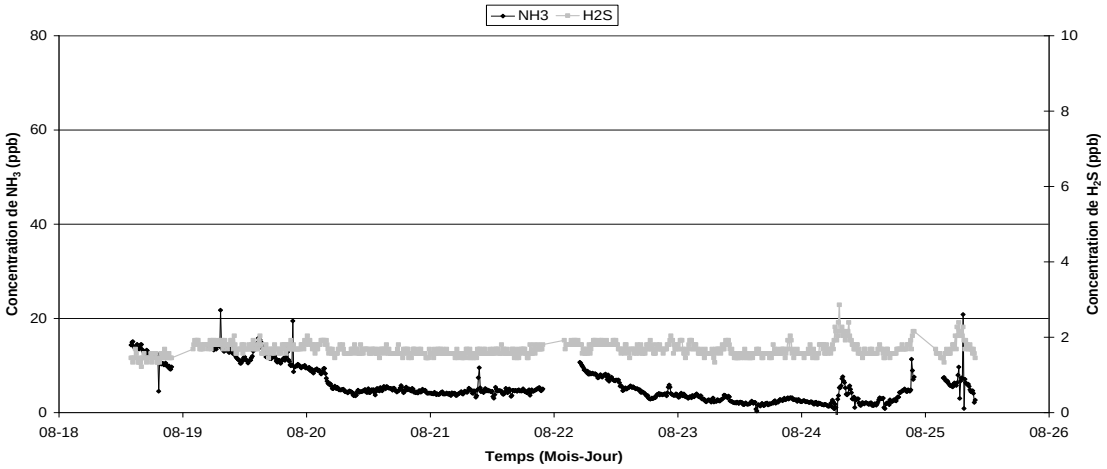


b) Température, précipitation et humidité relative

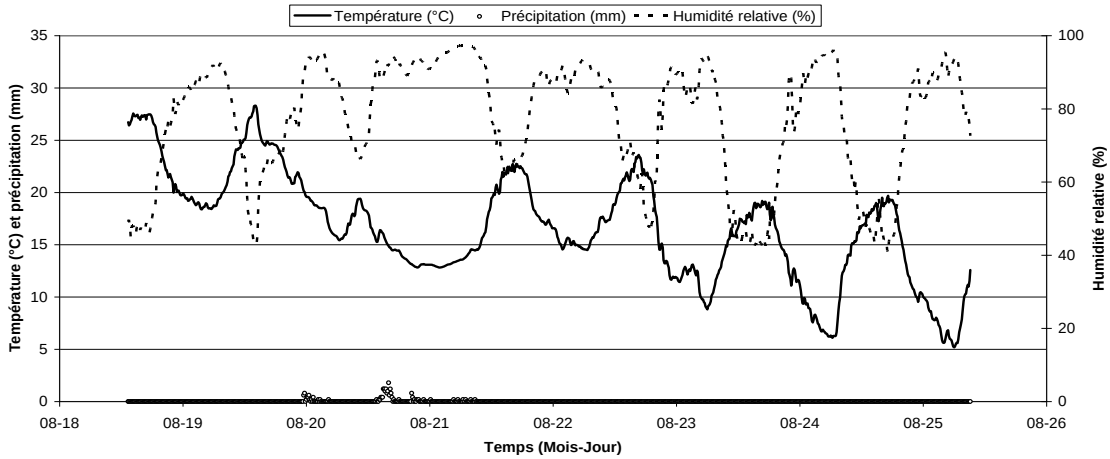


c) Rose des vents

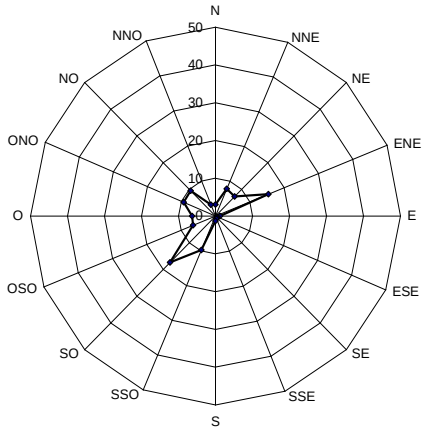
Figure B17. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #2 entre le 11 et le 18 août 2006



a) Concentration de gaz

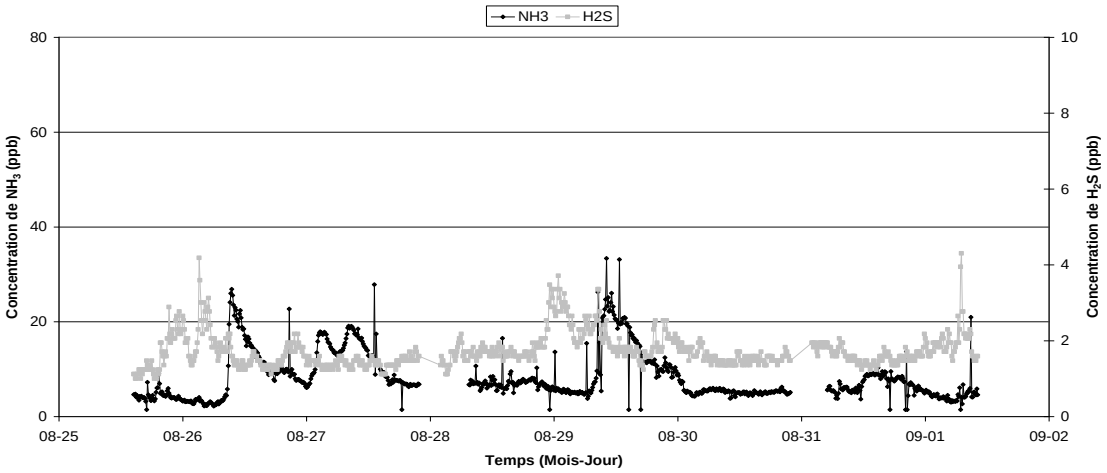


b) Température, précipitation et humidité relative

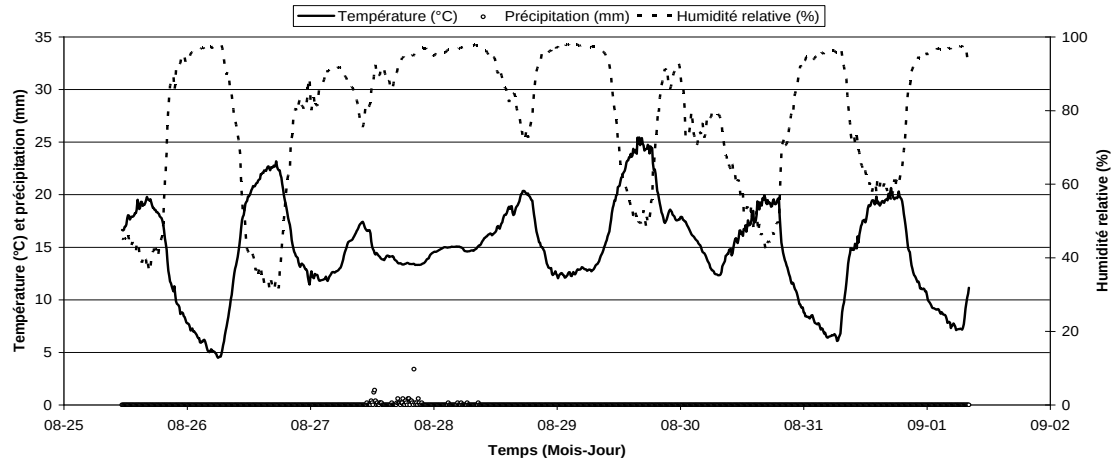


c) Rose des vents

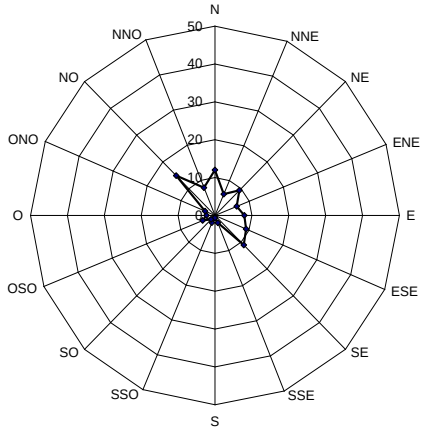
Figure B18. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #3 entre le 18 et le 25 août 2006



a) Concentration de gaz

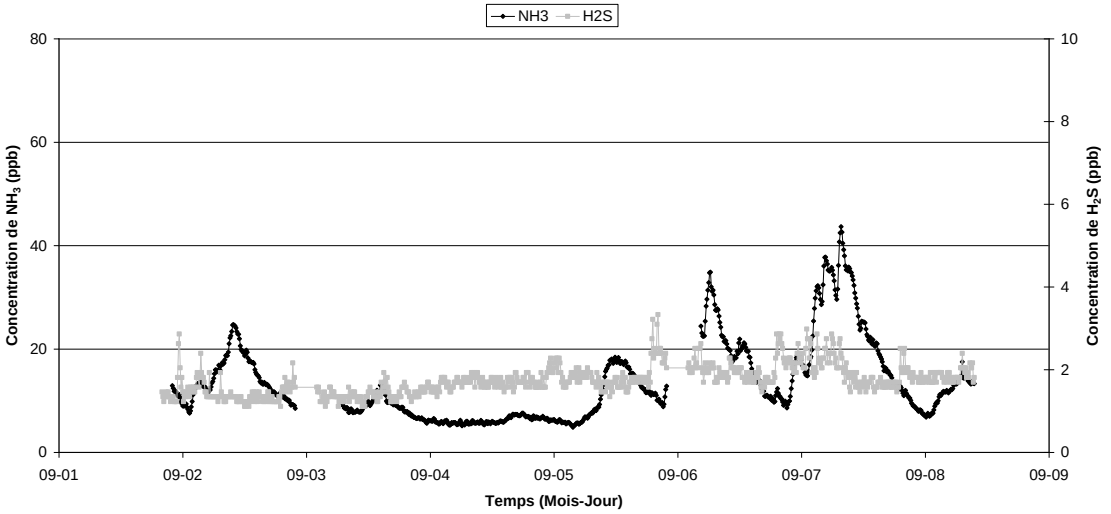


b) Température, précipitation et humidité relative

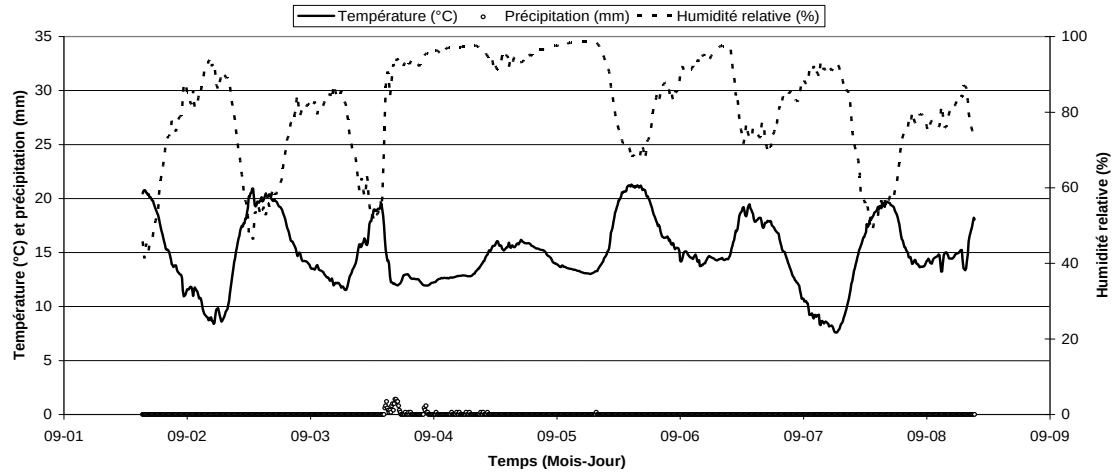


c) Rose des vents

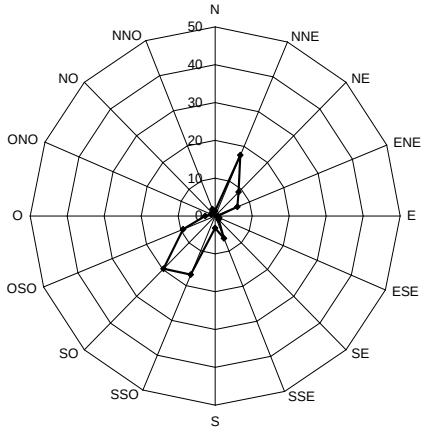
Figure B19. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #4 entre le 25 août et le 1er septembre 2006



a) Concentration de gaz

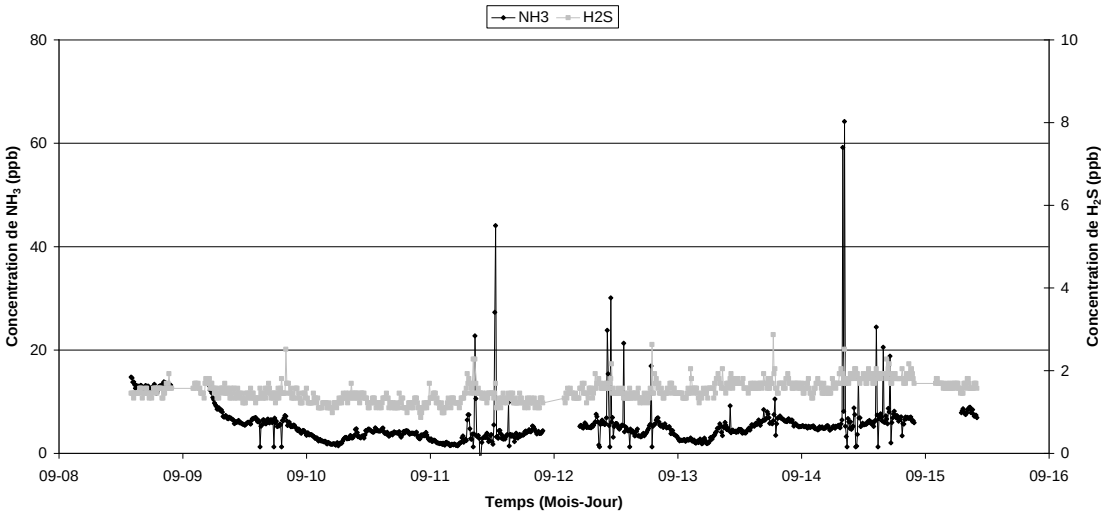


b) Température, précipitation et humidité relative

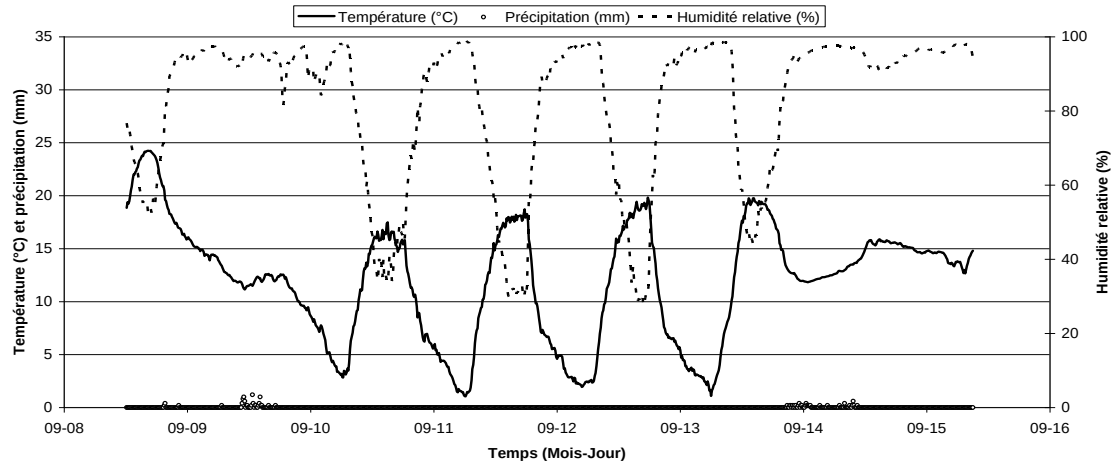


c) Rose des vents

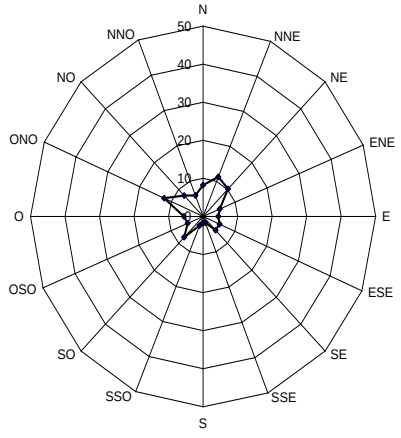
Figure B20. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #6 entre le 1er et le 8 septembre 2006



a) Concentration de gaz

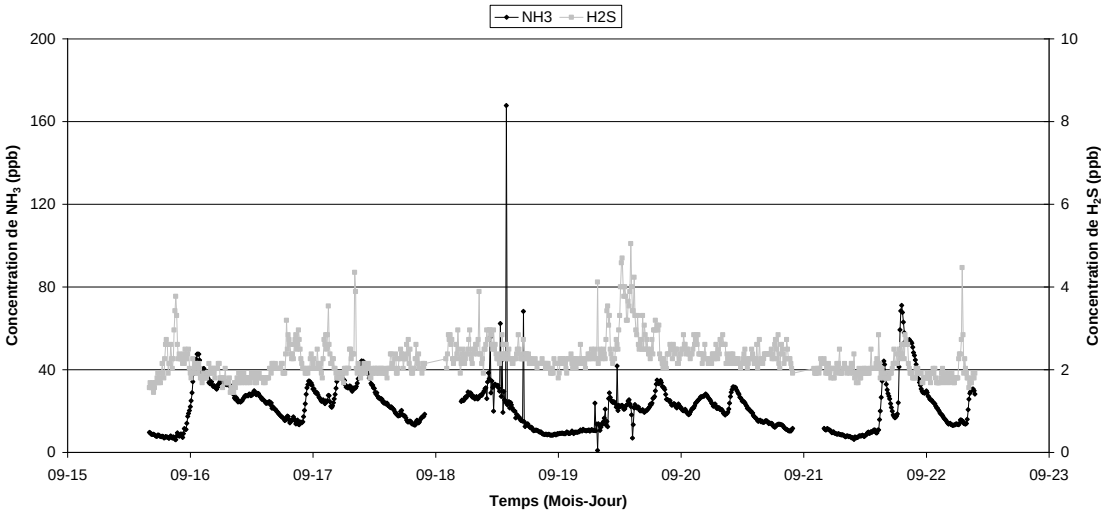


b) Température, précipitation et humidité relative

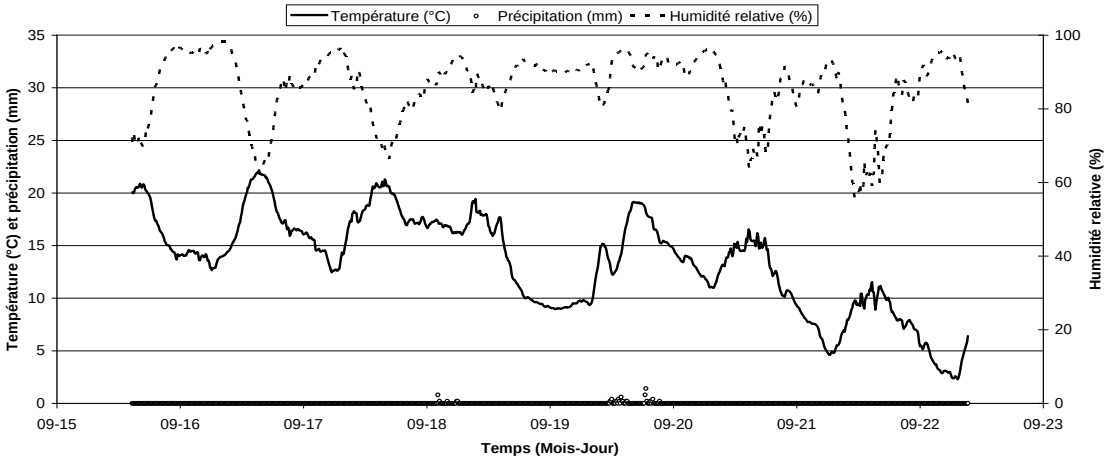


c) Rose des vents

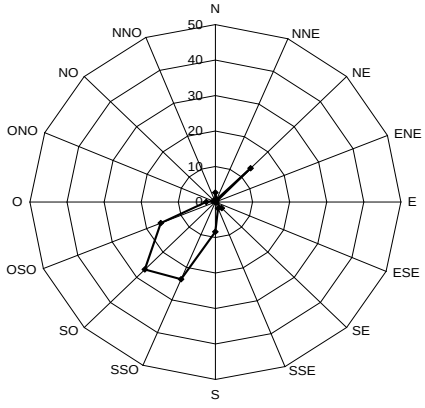
Figure B21. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #5 entre 8 et le 15 septembre 2006



a) Concentration de gaz

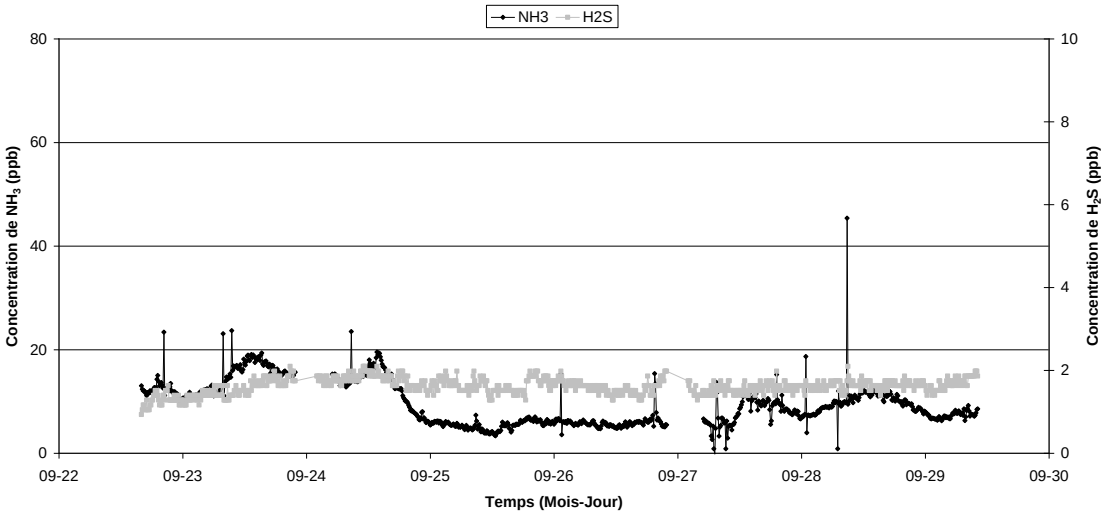


b) Température, précipitation et humidité relative

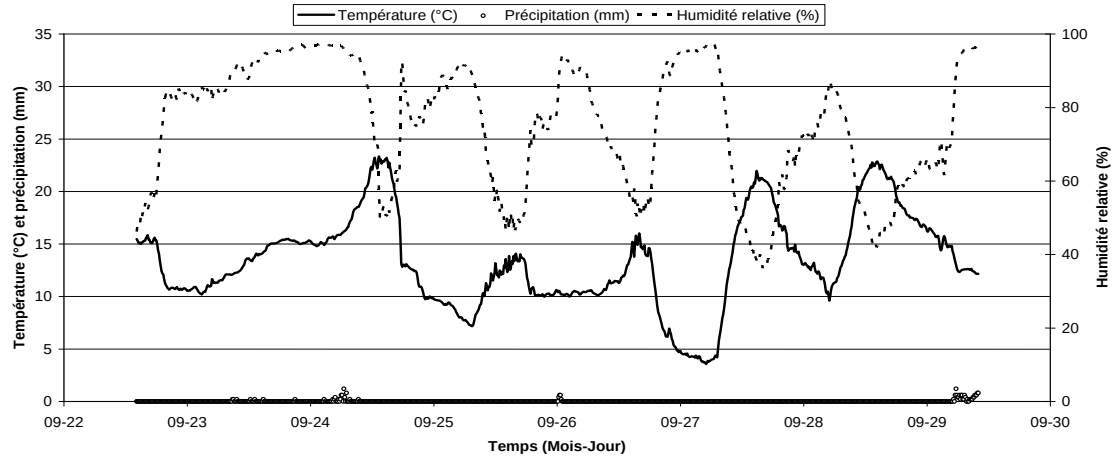


c) Rose des vents

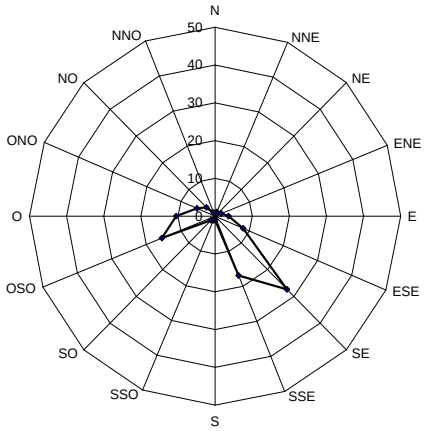
Figure B22. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #6 entre 15 et le 22 septembre 2006



a) Concentration de gaz

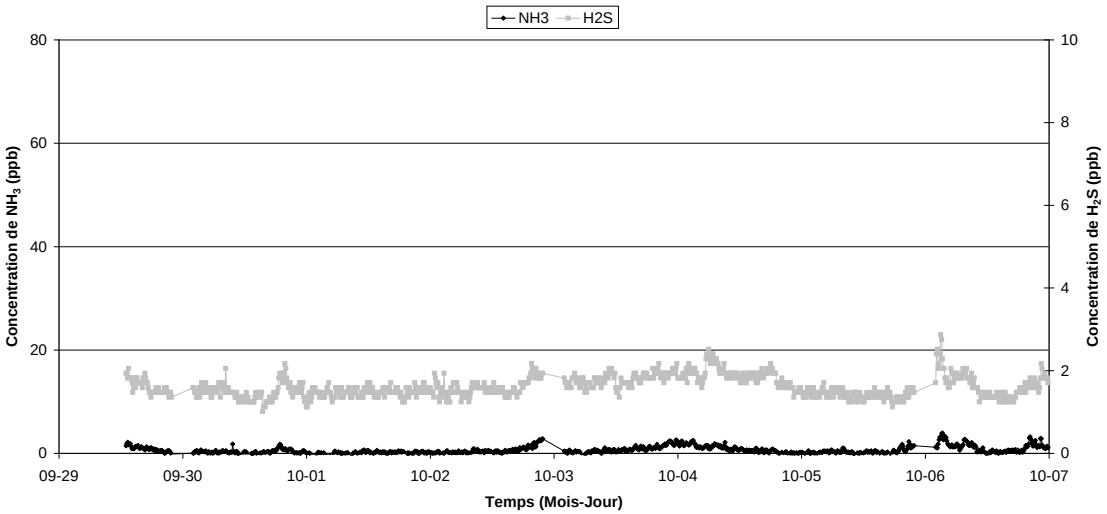


b) Température, précipitation et humidité relative

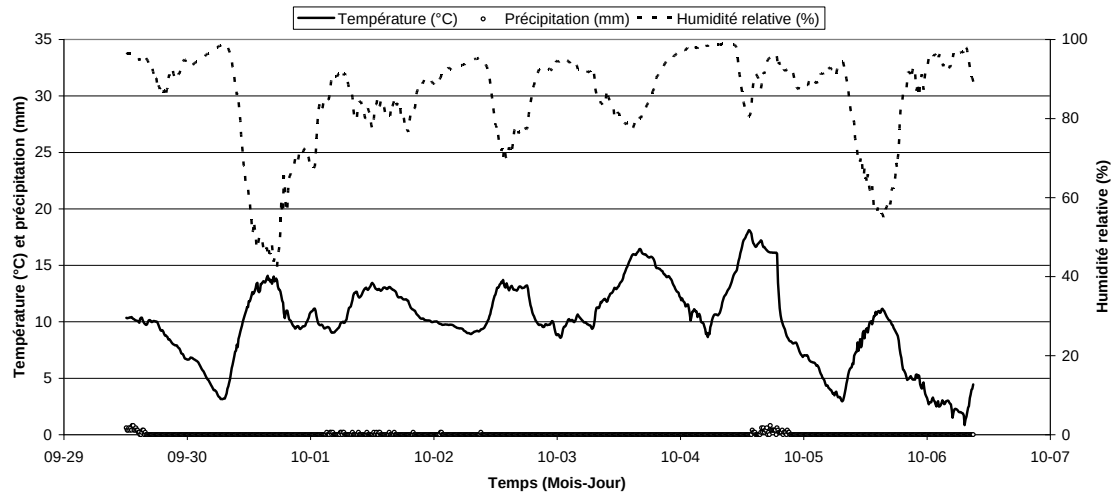


c) Rose des vents

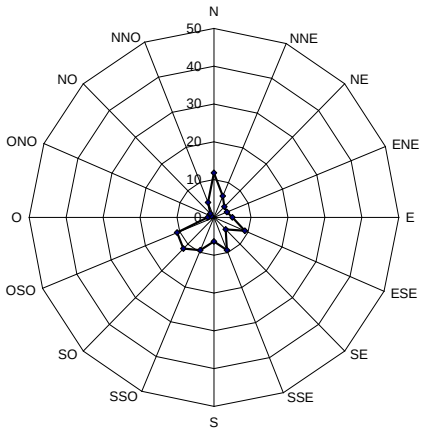
Figure B23. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #4 entre 22 et le 29 septembre 2006



a) Concentration de gaz



b) Température, précipitation et humidité relative



c) Rose des vents

Figure B24. Concentration de gaz et conditions météorologiques en fonction du temps dans le village #2 entre le 29 septembre et le 6 octobre 2006

Annexe C – Questionnaire de collecte de données

ÉTUDE SUR LA QUALITÉ DE L'AIR ET LA SANTÉ EN MILIEU RURAL

QUESTIONNAIRE NUMÉRO 1

QUESTIONNAIRE NUMÉRO 2

QUESTIONNAIRE NUMÉRO 3

QUESTIONNAIRE NUMÉRO 4

QUESTIONNAIRE NUMÉRO 5 ✓ **à compléter le 22 septembre 2006**

DIRECTIVES

→ COMPLÉTER LE QUESTIONNAIRE EN DATE DU 22 SEPTEMBRE 2006.

→ PRÉVOIR ENVIRON 15 MINUTES POUR Y RÉPONDRE.

→ FAIRE UN **X** OU UN ✓ VISIBLE DANS LES CASES APPROPRIÉES.

→ RÉPONDRE À TOUTES LES QUESTIONS, SAUF SI INDICATIONS CONTRAIRES.

RETOURNER LE QUESTIONNAIRE COMPLÉTÉ DANS L'ENVELOPPE-RÉPONSE AFFRANCHIE CI-JOINTE AVANT LE 29 SEPTEMBRE 2006.

NOUS VOUS REMERCIONS DE VOTRE COLLABORATION.

DANS CE DOCUMENT, LE GÉNÉRIQUE MASCULIN EST UTILISÉ SANS INTENTION DISCRIMINATOIRE ET UNIQUEMENT DANS LE BUT D'ALLÉGER LE TEXTE.

SECTION 1

DANS CETTE SECTION, NOUS AIMERIONS SAVOIR SI VOUS AVEZ **PERSONNELLEMENT** RESSENTI LES SYMPTÔMES SUIVANTS AINSI QUE LA DURÉE DE CEUX-CI.

1. DANS LA DERNIÈRE SEMAINE, J'AI EU	NON	OUI, PENDANT 1 JOUR OU MOINS	OUI, PENDANT PLUS DE 1 JOUR	OUI, TOUTE LA SEMAINE
des maux de tête				
des nausées ou des vomissements				
des étourdissements ou des évanouissements				
les oreilles bouchées				
de l'oppression thoracique (sentir une pression au niveau de la poitrine)				
de la diarrhée				
le nez qui coule				
de la toux				
de la toux accompagnée de crachat				
des maux de gorge				
les yeux qui piquent ou qui coulent				
le sentiment d'être essoufflé sans avoir fait d'effort suffisant				
la respiration sifflante				
des douleurs articulaires				
des maux de dos				
des douleurs inexpliquées aux muscles				
une décoloration des ongles				
des rougeurs sur la peau				

SI VOUS AVEZ RÉSIDÉ SEUL DANS LA DERNIÈRE SEMAINE, PASSEZ À LA SECTION 3.

DIRECTION DE SANTÉ PUBLIQUE DE LA MONTÉRÉGIE 3

SECTION 2

DANS CETTE SECTION, NOUS DÉSIRONS SAVOIR SI **UN OU PLUSIEURS MEMBRES** DE VOTRE FOYER ONT RESSENTI CES SYMPTÔMES.

2. DANS LA DERNIÈRE SEMAINE, UN OU PLUSIEURS MEMBRES DE MON FOYER A OU ONT EU	**NON**	**OUI, CHEZ AU MOINS UN ENFANT DE 17 ANS ET MOINS**	**OUI, CHEZ AU MOINS UN ADULTE**
des maux de tête			
des nausées ou des vomissements			
des étourdissements ou des évanouissements			
les oreilles bouchées			
de l'oppression thoracique (sentir une pression au niveau de la poitrine)			
de la diarrhée			
le nez qui coule			
de la toux			
de la toux accompagnée de crachat			
des maux de gorge			
les yeux qui piquent ou qui coulent			
le sentiment d'être essoufflé sans avoir fait d'effort suffisant			
la respiration sifflante			
des douleurs articulaires			
des maux de dos			
des douleurs inexpliquées aux muscles			
une décoloration des ongles			
des rougeurs sur la peau			

3. DANS LA DERNIÈRE SEMAINE,

combien d'enfants de 17 ans et moins ont résidé chez vous? _____

combien d'adultes ont résidé chez vous en vous excluant? _____

4 DIRECTION DE SANTÉ PUBLIQUE DE LA MONTÉRÉGIE

SECTION 3

LES QUESTIONS SUIVANTES PORTENT SUR DIVERS ASPECTS DE VOTRE SANTÉ. LA FAÇON DONT VOUS VOUS ÊTES **SENTI DURANT LA DERNIÈRE SEMAINE** A PU ÊTRE **DIFFÉRENTE** DE LA FAÇON DONT VOUS VOUS **SENTEZ HABITUELLEMENT**.

DURANT LA DERNIÈRE SEMAINE, À QUELLE FRÉQUENCE	**JAMAIS**	**DE TEMPS EN TEMPS**	**ASSEZ SOUVENT**	**TRÈS SOUVENT**
4. vous êtes-vous senti désespéré en pensant à l'avenir?				
5. vous êtes-vous senti seul?				
6. avez-vous eu des « blancs de mémoire »?				
7. vous êtes-vous senti découragé ou « avez-vous eu les bleus »?				
8. vous êtes-vous senti tendu ou sous pression?				
9. vous êtes-vous laissé emporter contre quelqu'un ou quelque chose?				
10. vous êtes-vous senti ennuyé ou peu intéressé par les choses?				
11. avez-vous ressenti des peurs ou des craintes?				
12. avez-vous eu des difficultés à vous souvenir des choses?				
13. avez-vous pleuré facilement ou vous êtes-vous senti sur le point de pleurer?				
14. vous êtes-vous senti agité ou nerveux intérieurement?				
15. vous êtes-vous senti négatif envers les autres?				
16. vous êtes-vous senti facilement contrarié ou irrité?				
17. vous êtes-vous fâché pour des choses sans importance?				

SECTION 4

DANS LA DERNIÈRE SEMAINE,	JAMAIS	ASSEZ RAREMENT	ASSEZ SOUVENT	TRÈS SOUVENT
18. à quelle fréquence avez-vous perçu des odeurs provenant des productions animales locales?				

DANS LA DERNIÈRE SEMAINE, À CAUSE D'ODEURS, EST-IL ARRIVÉ	JAMAIS	ASSEZ RAREMENT	ASSEZ SOUVENT	TRÈS SOUVENT
19. que vous ne puissiez ouvrir les fenêtres même par beau temps?				
20. que vous ne puissiez profiter de votre terrain même par beau temps?				
21. qu'il soit difficile de recevoir des visiteurs n'habitant pas votre municipalité?				

22. Comment décririez-vous les odeurs perçues à votre résidence dans la dernière semaine?

- ❒ Il n'y a eu aucune odeur
- ❒ Les odeurs ne sont pas du tout dérangeantes
- ❒ Les odeurs sont un peu dérangeantes
- ❒ Les odeurs sont dérangeantes
- ❒ Les odeurs sont très dérangeantes

6 DIRECTION DE SANTÉ PUBLIQUE DE LA MONTÉRÉGIE

LES QUESTIONS 23 ET 24 CONCERNENT LES ENFANTS DE 17 ANS ET MOINS.

DANS LA DERNIÈRE SEMAINE, À CAUSE D'ODEURS, EST-IL ARRIVÉ	JAMAIS	ASSEZ RAREMENT	ASSEZ SOUVENT	TRÈS SOUVENT
23. que vos enfants ne puissent aller jouer dehors même par beau temps?				

24. Comment décririez-vous les odeurs perçues durant la dernière semaine à votre résidence dans le quotidien de vos enfants?

- ❒ Il n'y a eu aucune odeur
- ❒ Les odeurs ne sont pas du tout dérangeantes
- ❒ Les odeurs sont un peu dérangeantes
- ❒ Les odeurs sont dérangeantes
- ❒ Les odeurs sont très dérangeantes

SECTION 5

25. Selon vous, les productions animales de votre municipalité ont-elles des effets SUR LA SANTÉ des résidants?

- ❒ Oui
- ❒ Non, **passez à la question 27**
- ❒ Ne sais pas

26. Lequel des énoncés suivants décrit le mieux la façon dont vous vous sentez?

- ❒ Je me sens **très inquiet** par rapport à la possibilité que les productions animales de ma municipalité puissent avoir des effets **SUR MA SANTÉ**.
- ❒ Je me sens **inquiet** par rapport à la possibilité que les productions animales de ma municipalité puissent avoir des effets **SUR MA SANTÉ**.
- ❒ Je me sens **un peu inquiet** par rapport à la possibilité que les productions animales de ma municipalité puissent avoir des effets **SUR MA SANTÉ**.
- ❒ Je reste **indifférent** par rapport à la possibilité que les productions animales de ma municipalité puissent avoir des effets **SUR MA SANTÉ**.
- ❒ Je ne me sens **pas du tout inquiet** par rapport à la possibilité que les productions animales de ma municipalité puissent avoir des effets **SUR MA SANTÉ**.

27. Selon vous, les productions animales de votre municipalité ont-elles des effets SUR VOTRE ENVIRONNEMENT?

- ❒ Oui
- ❒ Non, **passez à la question 29**
- ❒ Ne sais pas

28. Lequel des énoncés suivants décrit le mieux la façon dont vous vous sentez?

- ❒ Je me sens **très inquiet** par rapport à la possibilité que les productions animales de ma municipalité puissent avoir des effets **SUR MON ENVIRONNEMENT**.
- ❒ Je me sens **inquiet** par rapport à la possibilité que les productions animales de ma municipalité puissent avoir des effets **SUR MON ENVIRONNEMENT**.
- ❒ Je me sens **un peu inquiet** par rapport à la possibilité que les productions animales de ma municipalité puissent avoir des effets **SUR MON ENVIRONNEMENT**.
- ❒ Je reste **indifférent** par rapport à la possibilité que les productions animales de ma municipalité puissent avoir des effets **SUR MON ENVIRONNEMENT**.
- ❒ Je ne me sens **pas du tout inquiet** par rapport à la possibilité que les productions animales de ma municipalité puissent avoir des effets **SUR MON ENVIRONNEMENT**.

29. Selon vous, les productions animales de votre municipalité causent-elles ou ont-elles déjà causé des FRUSTRATIONS, DES TENSIONS ET/OU DES CONFLITS entre les résidants?

- ❒ Oui
- ❒ Non, **passez à la question 33**

30. Selon vous, les FRUSTRATIONS, LES TENSIONS ET/OU LES CONFLITS causés par les productions animales de votre municipalité touchent

- la plupart des résidants. ❒
- environ la moitié des résidants. ❒
- une minorité des résidants. ❒

31. Avez-vous vécu ou vivez-vous, personnellement, des FRUSTRATIONS, DES TENSIONS ET/OU DES CONFLITS à cause des productions animales de votre municipalité?

- ❒ Oui
- ❒ Non

32. Est-il déjà arrivé que vous vous sentiez, personnellement, intimidé ou menacé à cause de vos opinions sur les productions animales de votre municipalité?

- ❒ Oui
- ❒ Non

33. Selon vous, les productions animales de votre municipalité sont

- positives pour **l'économie de votre municipalité**. ❒
- négatives pour **l'économie de votre municipalité**. ❒
- sans conséquence pour **l'économie de votre municipalité**. ❒

34. Selon vous, les productions animales de votre municipalité sont

- positives pour **votre propre situation économique**. ❒
- négatives pour **votre propre situation économique**. ❒
- sans conséquence pour **votre propre situation économique**. ❒

35. Selon vous, est-ce que les productions animales de votre municipalité sont une cause fréquente de chicanes, de conflits ou d'isolement social chez les enfants de votre municipalité?

- ❒ Oui
- ❒ Ne sais pas
- ❒ Non

AVEZ-VOUS DES COMMENTAIRES GÉNÉRAUX AU SUJET DES PRODUCTIONS ANIMALES DE VOTRE MUNICIPALITÉ?

Annexe D – Formulaire d'identification

Agence de la santé et des services sociaux de la Montérégie
Québec

Étude sur la qualité de l'air et la santé en milieu rural
FORMULAIRE D'IDENTIFICATION

Les informations recueillies à l'aide de ce formulaire aideront les chercheurs à sélectionner les participants. Toutes ces informations serviront uniquement aux fins de l'étude et demeureront confidentielles.

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

_____

Ville : _____ Code postal : _____

Téléphone à domicile : _____ OU autre numéro : _____

Depuis quand habitez-vous à cette adresse? _____ _____
mois année

Combien de personnes habitent à cette adresse? _____ _____
de 18 ans et PLUS de 17 ans et MOINS

Quelle est votre occupation principale? _____

Quelle est votre année de naissance? _____

Êtes-vous fumeur? ☐ OUI ☐ NON

Est-ce qu'une des personnes habitant à cette adresse fume à l'intérieur du domicile? ☐ OUI ☐ NON

Prévoyez-vous prendre des vacances à l'extérieur de votre municipalité entre le 15 avril et le 15 octobre 2006? ☐ OUI ☐ NON

Si oui, quelles sont les dates? _____

Veuillez nous retourner ce formulaire avant le 14 avril prochain par télécopieur au 450-928-3760 ou en nous communiquant les informations demandées par téléphone au 450-928-6777, poste 4051 ou au 1-877-352-5222.

NOUS VOUS REMERCIONS DE VOTRE COLLABORATION.

Annexe E – Probabilité de rapporter des symptômes physiques

Tableau E1. Probabilité de rapporter des symptômes physiques chez les répondants exposés et non exposés, durant les périodes de collecte, 2006

Symptômes	Printemps					Été 1					Été 2					Été 3					Automne				
	Exposés (n=94)*		Non exposés (n=79)*		RC [IC à 95 %]	Exposés (n=102)*		Non exposés (n=79)*		RC [IC à 95 %]	Exposés (n=106)*		Non exposés (n=77)*		RC [IC à 95 %]	Exposés (n=105)*		Non exposés (n=82)*		RC [IC à 95 %]	Exposés (n=100)*		Non exposés (n=84)*		RC [IC à 95 %]
	n	%	n	%		n	%	n	%		n	%	n	%		n	%	n	%		n	%	n	%	
Sinus	**34**	**36,6**	**32**	**40,5**	**0,85[0,46-1,57]**	**44**	**43,6**	**36**	**46,2**	**0,90[0,50-1,63]**	**44**	**43,1**	**24**	**31,2**	**1,68[0,90-3,12]**	**43**	**41,7**	**22**	**27,2**	**1,92[1,03-3,60]**	**46**	**46,9**	**29**	**35,4**	**1,62[0,89-2,95]**
Maux de tête	30	32,3	28	35,4	0,86[0,46-1,64]	36	35,3	36	46,2	0,64[0,35-1,16]	35	34,0	22	28,6	1,29[0,68-2,44]	38	36,5	18	22,2	2,02[1,04-3,89]	38	38,4	24	29,3	1,51[0,81-2,81]
Oreilles bouchées	11	11,8	9	11,4	1,04[0,41-2,66]	18	17,8	7	9,0	2,20[0,87-5,57]	18	17,8	8	10,5	1,84[0,76-4,50]	10	9,7	5	6,2	1,63[0,54-4,99]	16	16,7	9	10,8	1,64[0,69-3,95]
Système respiratoire supérieur	**50**	**53,2**	**34**	**43,6**	**1,47[0,80-2,69]**	**58**	**57,4**	**33**	**42,3**	**1,84[1,01-3,34]**	**40**	**39,2**	**32**	**41,6**	**0,91[0,50-1,66]**	**55**	**53,9**	**40**	**48,8**	**1,23[0,69-2,20]**	**63**	**63,6**	**37**	**44,6**	**2,18[1,20-3,95]**
Nez qui coule	42	44,7	26	33,8	1,58[0,85-2,96]	42	41,6	21	26,9	1,93[1,02-3,66]	29	28,2	25	32,5	0,82[0,43-1,55]	41	40,2	31	38,3	1,08[0,60-1,97]	52	52,5	31	37,3	1,86[1,02-3,36]
Maux de gorge	19	20,7	16	20,3	1,03[0,49-2,16]	21	21,0	11	14,1	1,62[0,73-3,60]	15	14,9	10	13,2	1,15[0,49-2,73]	21	20,2	11	13,6	1,61[0,73-3,57]	31	31,3	13	16,0	2,39[1,15-4,95]
Yeux qui piquent	22	23,7	13	16,7	1,55[0,72-3,35]	34	34,7	19	24,7	1,62[0,84-3,15]	29	28,4	19	24,7	1,21[0,62-2,38]	38	36,9	23	28,4	1,47[0,79-2,76]	28	28,3	18	21,7	1,42[0,72-2,81]
Système respiratoire inférieur	**39**	**41,9**	**27**	**34,2**	**1,39[0,75-2,59]**	**35**	**35,0**	**27**	**34,2**	**1,04[0,56-1,93]**	**30**	**29,1**	**18**	**23,7**	**1,32[0,67-2,61]**	**47**	**45,6**	**27**	**33,3**	**1,68[0,92-3,07]**	**44**	**44,4**	**28**	**33,3**	**1,60[0,88-2,92]**
Toux	28	30,4	22	27,8	1,13[0,54-2,20]	24	23,8	14	17,9	1,43[0,68-2,98]	19	18,4	13	16,9	1,11[0,51-2,42]	31	29,8	18	22,2	1,49[0,76-2,91]	31	31,3	19	22,9	1,54[0,79-2,99]
Toux avec crachat	12	12,9	7	8,9	1,52[0,57-4,08]	10	10,0	10	12,7	0,77[0,30-1,95]	15	14,6	7	9,2	1,68[0,65-4,35]	8	7,8	9	11,3	0,66[0,24-1,81]	18	18,4	10	12,0	1,64[0,71-3,79]
Essoufflement	15	16,0	12	15,2	1,06[0,46-2,42]	15	14,9	13	16,5	0,89[0,39-1,99]	21	20,4	9	11,8	1,91[0,82-4,44]	25	24,0	14	17,3	1,51[0,73-3,15]	22	22,4	9	10,8	2,38[1,03-5,51]
Respiration sifflante	8	8,7	5	6,4	1,39[0,44-4,44]	9	8,9	4	5,1	1,83[0,54-6,19]	13	12,6	4	5,2	2,64[0,82-8,43]	12	11,7	8	9,9	1,20[0,47-3,10]	10	10,2	6	7,2	1,46[0,51-4,20]
Oppression thoracique	7	7,4	8	10,1	0,71[0,24-2,07]	8	7,8	7	9,0	0,86[0,30-2,49]	13	12,9	3	3,9	3,64[1,00-13,28]	14	13,5	6	7,4	1,94[0,71-5,31]	12	12,2	9	10,7	1,16[0,46-2,91]
Gastro-intestinaux et SNC	**22**	**23,7**	**14**	**17,7**	**1,44[0,68-3,05]**	**26**	**25,7**	**17**	**21,5**	**1,26[0,63-2,54]**	**35**	**34,3**	**17**	**22,4**	**1,81[0,92-3,57]**	**37**	**35,9**	**20**	**24,7**	**1,71[0,90-3,26]**	**31**	**31,3**	**19**	**22,9**	**1,54[0,79-2,99]**
Nausées/vomissements	6	6,5	6	7,6	0,84[0,26-2,71]	3	2,9	8	10,3	0,27[0,07-1,04]	14	13,9	6	7,9	1,88[0,69-5,14]	9	8,7	9	11,1	0,77[0,29-2,03]	10	10,1	7	8,3	1,24[0,45-3,40]
Diarrhée	13	14,0	6	7,6	1,98[0,71-5,47]	18	17,6	7	8,9	2,20[0,87-5,56]	20	19,8	6	7,9	2,88[1,10-7,57]	28	26,9	8	9,9	3,36[1,44-7,86]	22	22,4	8	9,6	2,71[1,14-6,48]
Étourdissements	6	6,5	7	8,9	0,71[0,23-2,21]	10	9,9	5	6,4	1,60[0,53-4,90]	15	14,7	8	10,5	1,47[0,59-3,66]	13	12,6	7	8,6	1,53[0,58-4,02]	13	13,3	8	9,8	1,42[0,56-3,60]
Irritations	**5**	**5,4**	**6**	**7,6**	**0,69[0,20-2,36]**	**7**	**6,9**	**9**	**11,5**	**0,57[0,20-1,61]**	**6**	**5,9**	**7**	**9,2**	**0,62[0,20-1,91]**	**5**	**4,8**	**6**	**7,4**	**0,63[0,19-2,15]**	**4**	**4,1**	**4**	**4,9**	**0,83[0,20-3,42]**
Rougeurs de la peau	5	5,4	6	7,6	0,69[0,20-2,36]	7	6,9	9	11,5	0,57[0,20-1,61]	6	5,9	7	9,2	0,62[0,20-1,91]	5	4,8	6	7,4	0,63[0,19-2,15]	4	4,1	4	4,9	0,83[0,20-3,42]
Divers	**44**	**46,8**	**34**	**43,0**	**1,17[0,64-2,13]**	**48**	**47,5**	**39**	**49,4**	**0,93[0,52-1,67]**	**50**	**49,0**	**34**	**44,7**	**1,19[0,65-2,16]**	**54**	**51,9**	**31**	**38,3**	**1,74[0,97-3,14]**	**52**	**52,5**	**36**	**43,4**	**1,44[0,80-2,60]**
Douleurs articulaires	26	28,6	20	25,3	1,18[0,60-2,33]	35	34,7	23	29,1	1,29[0,68-2,44]	37	35,9	23	30,3	1,29[0,69-2,43]	36	34,6	20	24,7	1,62[0,85-3,08]	39	39,8	25	30,1	1,53[0,83-2,85]
Maux de dos	33	35,5	23	29,1	1,34[0,70-2,55]	39	38,2	27	34,2	1,19[0,65-2,20]	41	39,8	20	26,3	1,85[0,97-3,53]	38	36,5	19	23,5	1,88[0,98-3,60]	35	35,4	23	28,0	1,40[0,74-2,64]
Douleurs inexpliquées aux muscles	21	22,6	12	15,2	1,63[0,74-3,57]	20	19,8	13	16,7	1,24[0,57-2,67]	21	20,8	14	18,2	1,18[0,56-2,51]	24	23,5	14	17,3	1,47[0,71-3,07]	19	19,4	18	21,7	0,87[0,42-1,79]
Décoloration des ongles	3	3,2	3	3,8	0,84[0,16-4,26]	1	1,0	2	2,6	0,38[0,03-4,27]	1	1,0	3	3,9	0,25[0,03-2,41]	2	1,9	2	2,5	0,76[0,11-5,62]	2	2,1	2	2,4	0,84[0,12-6,11]

* Le n représente le nombre de questionnaires reçus. Dans certains cas, des questions n'ont pas été répondues ou n'ont pu être validées (écriture illisible), ce qui explique que les sommes partielles peuvent différer du n total.

Annexe F – Graphiques des risques de déclarer des symptômes physiques

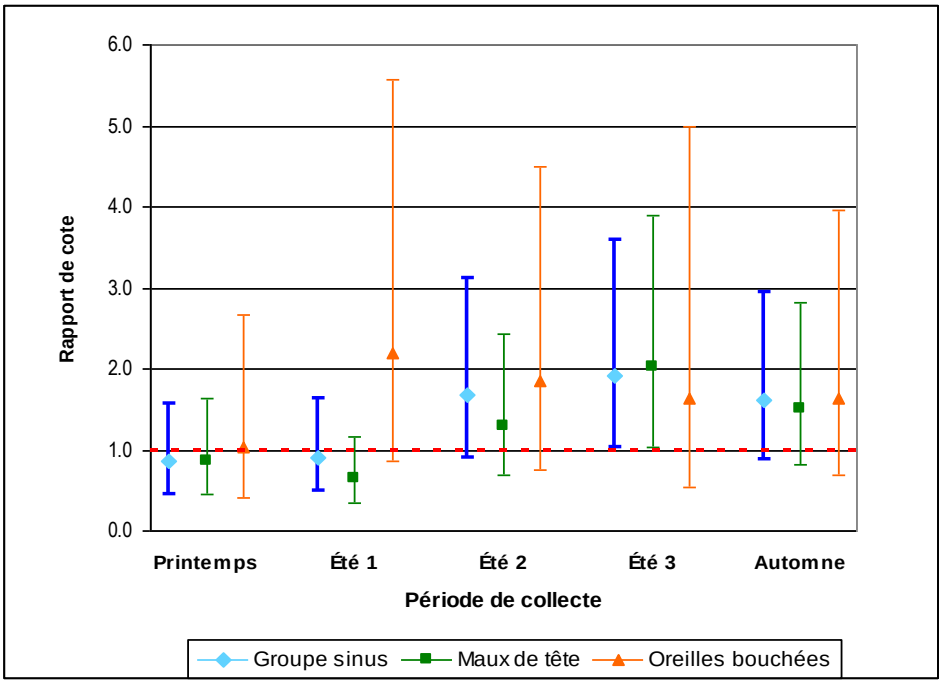


Figure F1. Risque de déclarer des symptômes associés aux sinus chez les répondants exposés par rapport aux répondants non exposés, durant les 5 périodes de collecte, 2006.

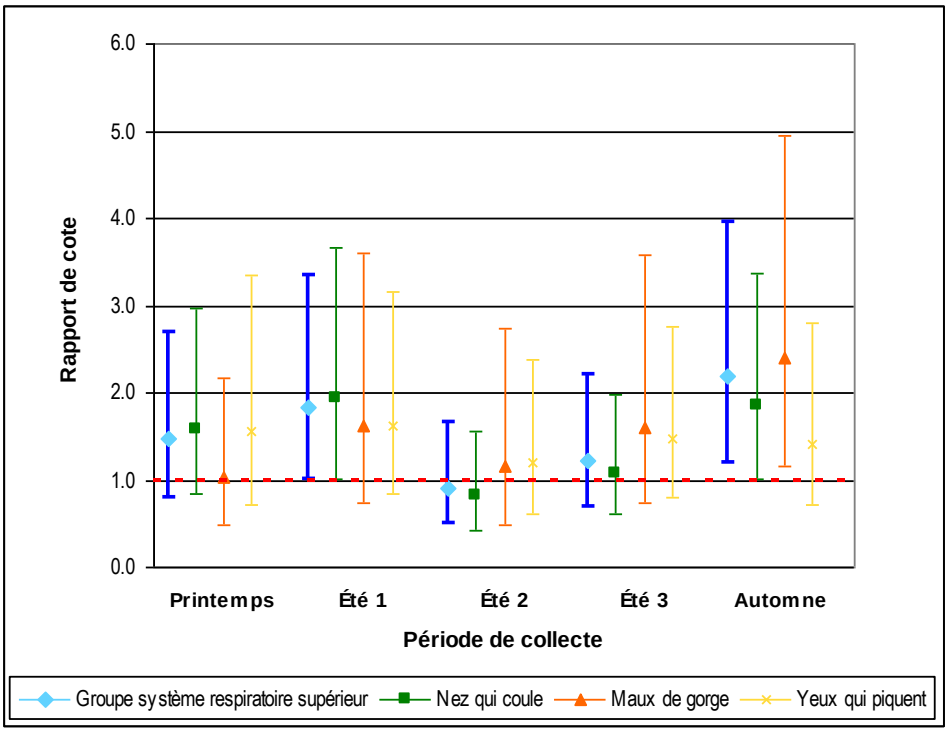


Figure F2. Risque de déclarer des symptômes associés au système respiratoire supérieur chez les répondants exposés par rapport aux répondants non exposés, durant les 5 périodes, 2006.

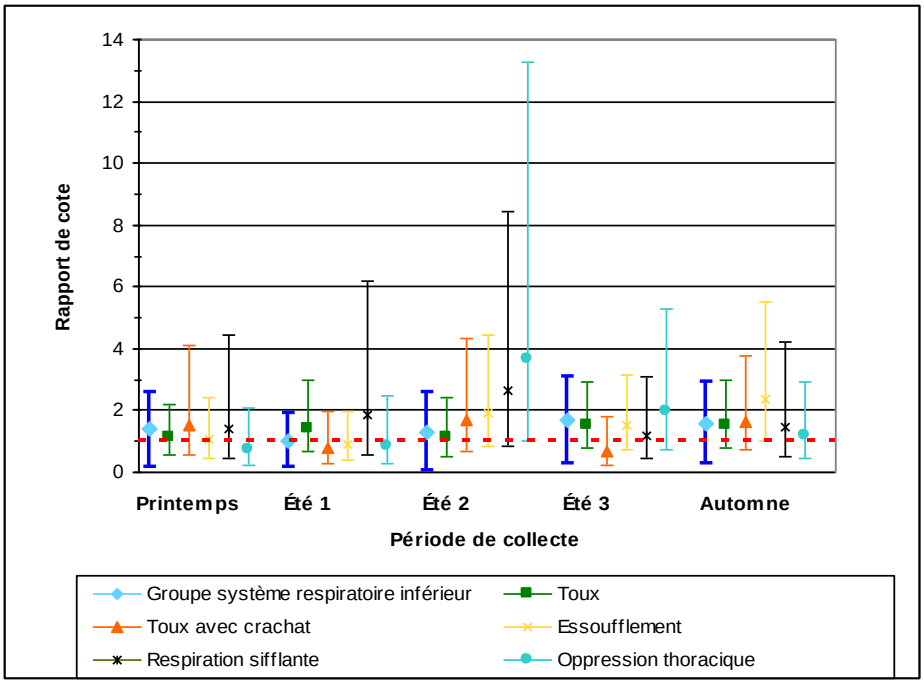


Figure F3. Risque de déclarer des symptômes associés au système respiratoire inférieur chez les répondants exposés par rapport aux répondants non exposés, durant les 5 périodes de collecte, 2006.

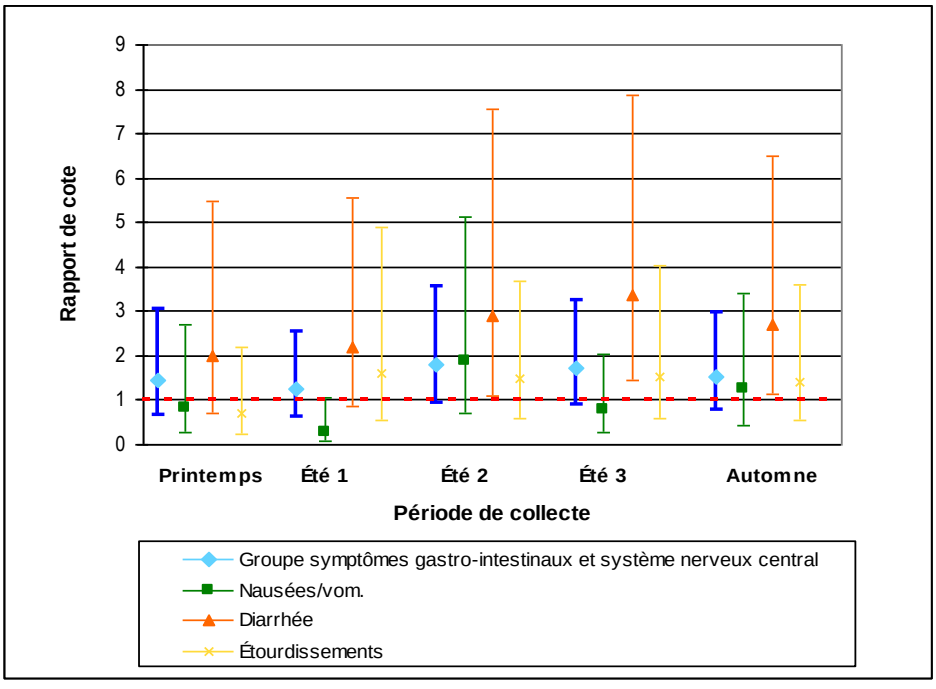


Figure F4. Risque de déclarer des symptômes associés au système gastro-intestinal chez les répondants exposés par rapport aux répondants non exposés, durant les 5 périodes de collecte, 2006.

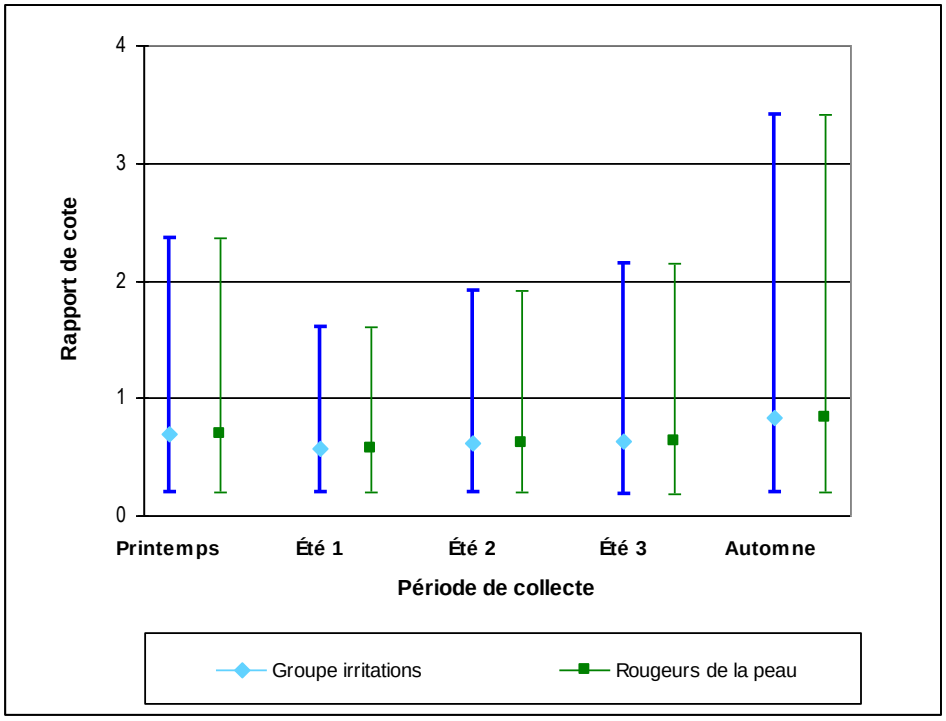


Figure F5. Risque de déclarer des symptômes associés aux irritations chez les répondants exposés par rapport aux répondants non exposés, durant les 5 périodes de collecte, 2006.

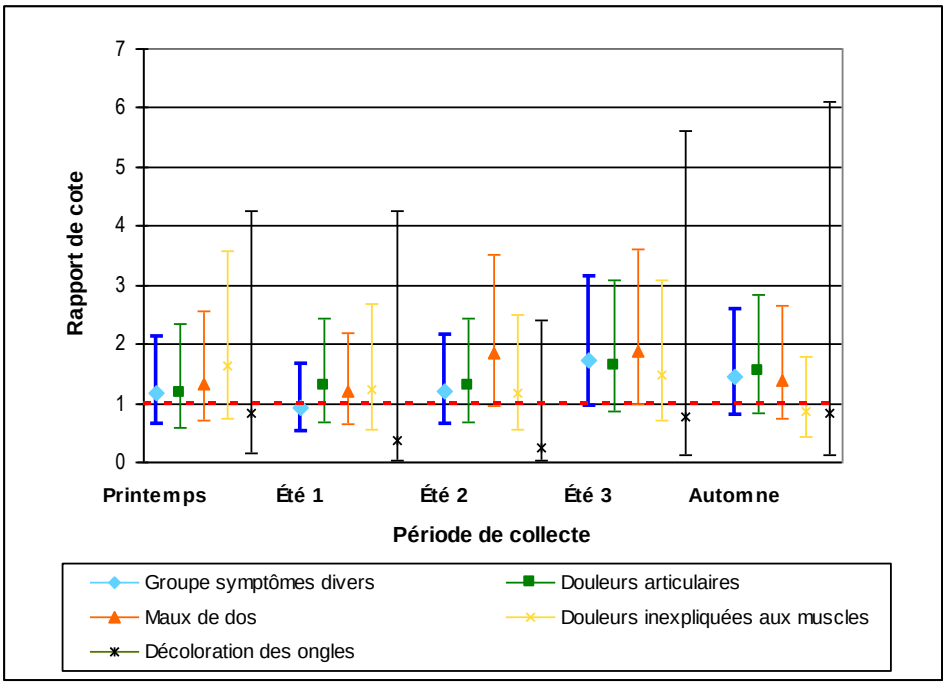


Figure F6. Risque de déclarer des symptômes divers chez les répondants exposés par rapport aux répondants non exposés, durant les 5 périodes, 2006.

Annexe G – Inconvénients subis par les répondants reliés à la perception des odeurs

Tableau G1. Inconvénients subis par les répondants reliés à la perception des odeurs, selon les périodes, 2006

Les odeurs ont…	Printemps					Été 1					Été 2					Été 3					Automne				
	Exposés (n=94)*		Non exposés (n=79)*		RC [IC à 95%]	Exposés (n=102)*		Non exposés (n=79)*		RC [IC à 95%]	Exposés (n=106)*		Non exposés (n=77)*		RC [IC à 95%]	Exposés (n=105)*		Non exposés (n=82)*		RC [IC à 95%]	Exposés (n=100)*		Non exposés (n=84)*		RC [IC à 95 %]
	n	%	n	%		n	%	n	%		n	%	n	%		n	%	n	%						
été perçues assez ou très souvent	48	51,1	20	25,3	3,08 [1,61 - 5,89]	36	35,3	10	12,7	3,76 [1,73 - 8,19]	51	48,6	17	22,1	3,33 [1,72 - 6,45]	47	44,8	20	24,4	2,51 [1,33 - 4,74]	33	33,3	21	25,3	1,48 [0,77 - 2,82]
empêché d'ouvrir les fenêtres	21	22,3	7	8,9	2,96 [1,19 - 7,39]	23	22,5	7	8,9	3,00 [1,21 - 7,40]	25	23,6	9	11,7	2,33 [1,02 - 5,33]	23	21,9	10	12,2	2,02 [0,90 - 4,53]	18	18,2	11	13,3	1,46 [0,64 - 3,28]
empêché de profiter du terrain	8	8,5	6	7,6	1,13 [0,38 - 3,41]	13	12,7	5	6,3	2,16 [0,74 - 6,34]	17	16,0	7	9,1	1,91 [0,75 - 4,86]	16	15,4	8	9,8	1,68 [0,68 - 4,15]	12	12,1	8	9,5	1,31 [0,51 - 3,38]
occasionné des difficultés à recevoir des visiteurs	9	9,6	5	6,3	1,57 [0,50 - 4,88]	8	7,8	3	3,8	2,16 [0,55 - 8,41]	14	13,2	6	7,8	1,80 [0,66 - 4,92]	14	13,3	8	9,8	1,42 [0,57 - 3,58]	11	11,1	6	7,1	1,63 [0,57 - 4,60]
été jugées dérangeantes	58	61,7	30	38,0	2,63 [1,42 - 4,87]	58	56,9	28	35,4	2,40 [1,31 - 4,40]	64	61,5	31	40,3	2,37 [1,30 - 4,34]	61	58,1	40	48,8	1,46 [0,81 - 2,60]	53	54,1	34	41,0	1,70 [0,94 - 3,07]
empêché les enfants de jouer dehors	0	0,0	1	2,6		1	2,0	1	2,6		1	1,9	3	8,1		2	4,0	3	7,1		1	2,3	2	5,1	
été jugées dérangeantes pour les enfants	23	51,1	9	23,1	3,49 [1,35 - 8,98]	18	36,7	11	28,2	1,48 [0,60 - 3,66]	23	44,2	11	29,7	1,88 [0,77 - 4,58]	19	38,0	16	38,1	1,00 [0,43 - 2,32]	19	44,2	14	35,9	1,41 [0,58 - 3,44]

* Le n représente le nombre de questionnaires reçus. Dans certains cas, des questions n'ont pas été répondues ou n'ont pu être validées (écriture illisible), ce qui explique que les sommes partielles peuvent différer du n total.