

Institut National de la Recherche Scientifique
INRS - Centre Eau Terre Environnement

Effet de la météorologie sur la morbidité extrême au Québec

Par

Jean-Xavier Giroux

Mémoire présenté
pour l'obtention du grade de Maître ès sciences (M.Sc.)
en Sciences

Jury d'évaluation

Examineur externe :	Sophie Dabo-Niang, Université Charles-de-Gaulle Lille 3
Examineur interne :	Salah El Adlouni, INRS-ETE
Directeur de recherche :	Taha B.M.J. Ouarda, INRS-ETE
Codirecteur de recherche :	Fateh Chebana, INRS-ETE

© Droits réservés de Jean-Xavier Giroux, 2011

Avant-propos

Ce mémoire par article comprend quatre chapitres. Le chapitre I traite de la problématique et de la pertinence du sujet de recherche, ainsi que de la contribution que j'ai apportée au projet. Le chapitre II présente la procédure de correction des composantes et de détermination des valeurs extrêmes, ainsi que certains éléments méthodologiques préliminaires à l'article. Le chapitre III contient l'article en tant que tel. Le chapitre IV contient les conclusions générales du mémoire et des perspectives de recherche futures. La bibliographie complète du mémoire ainsi que les annexes suivent.

Le titre et les auteurs de l'article sont les suivants :

Titre : Effet de la météorologie sur la survenue de journées avec valeurs maximales d'incidence de morbidité pour la région de Montréal pendant la période 1988 à 2008.

Auteurs : Jean-Xavier Giroux, Fateh Chebana, Pierre Gosselin, Taha B.M.J. Ouarda et Barbara Martel

La contribution des auteurs est répartie de la façon suivante :

Jean-Xavier Giroux : Contribution à la conception du projet et à l'élaboration de la méthodologie, réalisation de la revue de littérature, programmation informatique, production des résultats, interprétation des résultats et rédaction de l'article.

Fateh Chebana : Contribution à la conception du projet, à l'élaboration de la méthodologie, à l'interprétation des résultats et à la rédaction de l'article.

Pierre Gosselin : Contribution à la conception du projet, à l'élaboration de la méthodologie, à l'interprétation des résultats et à la rédaction de l'article.

Taha B.M.J. Ouarda : Contribution à la conception du projet, à l'élaboration de la méthodologie, à l'interprétation des résultats et à la rédaction de l'article.

Barbara Martel : Contribution à l'élaboration de la méthodologie et au krigeage des données climatiques.

Résumé

De nombreuses études montrent des relations entre la météorologie et la santé pour diverses maladies. La connaissance de ces relations permet d'améliorer les optiques de prévention. Toutefois, différentes maladies sont influencées à différents degrés par la météorologie. Dans le présent travail, on s'intéresse à modéliser l'effet de la météorologie sur la survenue de journées avec valeurs extrêmes (maximales) d'incidence de morbidité pour la province de Québec pendant la période 1988-2008. On s'intéresse aux valeurs extrêmes d'incidence de morbidité parce qu'ils ont le potentiel de causer le plus d'impacts sur la population et d'entraîner des répercussions dans le réseau de la santé.

Une méthode automatisée est développée pour détecter les valeurs extrêmes dans les séries chronologiques de morbidité. Avec cette méthode, les valeurs extrêmes sont contrôlées pour l'effet de la tendance à long terme, de la saisonnalité, des jours de la semaine et des jours fériés. Afin de vérifier son applicabilité, cette méthode est appliquée sur chacune des régions sociosanitaires du Québec pour une dizaine de catégories de maladies.

La modélisation et l'analyse de l'impact de la météorologie sur la morbidité extrême sont effectuées pour la grande région de Montréal pour deux catégories de maladies : urgences problèmes cardiaques et hospitalisations traumatismes. Des sous-populations basées sur le sexe, l'âge et l'indice de défavorisation matérielle sont également considérées, et ce, pour trois saisons. Une régression logistique dans le cadre des modèles additif généralisé est utilisée pour modéliser le lien entre la variable de santé et les conditions météorologiques des jours précédents. Le krigeage est utilisé pour obtenir des séries météorologiques spatialement représentatives de la région étudiée.

Les résultats de la modélisation montrent que pour les maladies cardiovasculaires, les températures froides et une épaisseur élevée de neige au sol, sont des facteurs de risque sur l'ensemble de l'année pour toute la population. Pour les traumatismes, la présence de précipitations en hiver, jumelée à des températures près du point de congélation, est un facteur de risque pour toute la population. Des températures élevées durant l'été sont également un facteur de risque pour les zones défavorisées autant pour

les hommes que pour les femmes. Les risques associés aux autres variables météorologiques diffèrent selon le sexe et l'âge et varient selon la saison.

La méthodologie de la modélisation adoptée dans l'article peut être utilisée pour d'autres régions du Québec et pour d'autres catégories de maladies.

Remerciements

La rédaction de ce mémoire n'aurait pu être complétée sans l'apport de plusieurs personnes dont je tiens à souligner la contribution.

J'aimerais d'abord remercier mon directeur de recherche, Taha Ouarda, pour m'avoir fait confiance pour la réalisation de ce projet, pour la patience et le support qu'il m'a montré et pour m'avoir poussé vers la rigueur scientifique nécessaire à l'élaboration d'un tel projet.

J'aimerais ensuite remercier mon codirecteur, Fateh Chebana, pour tous les conseils, encouragements, suggestions et temps donnés tout au long de ma maîtrise.

J'aimerais également remercier Barbara Martel et Christian Charron pour leur aide.

Je tiens aussi à remercier ma famille et mes amis pour les encouragements. Je tiens particulièrement à remercier ma fiancée pour son soutien durant ma maîtrise.

Finalement, j'exprime ma gratitude envers tous les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce mémoire.

Table des matières

Avant-propos	iii
Résumé	v
Remerciements	vii
Table des matières	ix
Liste des tableaux.....	xi
Liste des figures	xii
CHAPITRE I : SYNTHÈSE.....	1
1.1 Introduction.....	1
1.2 Contribution de l'étudiant.....	5
CHAPITRE II : DÉTERMINATION DES VALEURS EXTRÊMES ET ÉLÉMENTS PRÉLIMINAIRES À L'ARTICLE	7
2.1 Procédure de détermination des valeurs extrêmes	7
2.2 Correction des composantes.....	11
2.2.1 Tendance à long terme et saisonnalité	12
2.2.2 Tendance hebdomadaire	14
2.2.3 Tendance quotidienne	23
2.2.4 Valeurs extrêmes des séries corrigées.....	26
2.2.5 Séries utilisées pour la vérification de la correction des composantes.....	29
2.3 Principales approches statistiques utilisées	30
2.3.1 Régression binomiale	30
2.3.2 Modèle additif généralisé (GAM)	30
2.3.3 Régression logistique dans le cadre des modèles additifs généralisés.....	31
2.4 Maladies et régions considérées dans l'article	31

CHAPITRE III : ARTICLE SCIENTIFIQUE	35
Abstract	37
Résumé	39
3.1 Introduction.....	41
3.2 Données et méthodologie	43
3.2.1 Données sanitaires	43
3.2.2 Données météorologiques	44
3.2.3 Valeurs maximales d'incidence de morbidité.....	46
3.2.4 Modélisation statistique	46
3.3 Résultats	49
3.3.1 Urgences problèmes cardiaques	49
3.3.2 Hospitalisations traumatismes	51
3.4 Discussion	53
3.5 Conclusion.....	55
Remerciements	56
Détail sur les auteurs.....	56
Contribution des auteurs	56
Déclaration de conflit d'intérêts	56
Références	57
 CHAPITRE IV : CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	 79
Bibliographie	81
Description des annexes	85
 Annexe A : Résultats de la correction des composantes et de la détermination des valeurs extrêmes sur les 10 catégories de maladies pour 16 RSS du Québec.....	 87
Annexe B : Résumé des modèles finaux pour les deux catégories de maladies utilisées dans l'article.....	167
Annexe C : Séries chronologiques, valeurs extrêmes et modèles finaux pour les deux catégories de maladies considérées dans l'article.....	181

Liste des tableaux

Tableau 2-1 :	Comparaison des différentes méthodes automatiques pour identifier les extrêmes avec les extrêmes identifiés manuellement	9
Tableau 2-2 :	Série chronologique générée de taille 45	15
Tableau 2-3 :	Série chronologique générée classée par jour	15
Tableau 2-4 :	Valeurs des quantiles pour chaque jour	16
Tableau 2-5 :	Numéro de quantile pour chaque valeur de la série	16
Tableau 2-6 :	Regroupement par quantile des données générées	17
Tableau 2-7 :	Matrice de correction (correction pour chaque quantile de chaque jour).....	17
Tableau 2-8 :	Sommaire de la correction sur chaque valeur de la série générée	18
Tableau 2-9 :	Catégories de maladies et codes CIM-9 pour les hospitalisations	29
Tableau 2-10 :	Groupes d'âge retenus pour chaque catégorie de maladies considérée	32
Tableau 2-11 :	Répartition des sous-groupes pour les deux catégories de maladies ...	33
Tableau 3-1 :	Liste des variables météorologiques	61
Tableau 3-2 :	Répartition des cas selon l'âge, le sexe et l'IDM.	62
Tableau 3-3 :	Statistiques descriptives des valeurs météorologiques krigées	63
Tableau 3-4 :	Variables significatives pour les modèles de la catégorie urgences problèmes cardiaques	64
Tableau 3-5 :	Variables significatives pour les modèles de la catégorie hospitalisations traumatismes	65
Tableau 3-5 :	Variables significatives pour les modèles de la catégorie hospitalisations traumatismes (suite)	66

Liste des figures

Figure 2-1 :	Distribution dans la semaine : a) du nombre total de cas, b) des valeurs extrêmes ; urgences problèmes cardiaques, RSS6 (Montréal).....	10
Figure 2-2 :	Série originale (série Y) ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)	12
Figure 2-3 :	Composante TS (tendance à long terme et saisonnalité) ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)	13
Figure 2-4 :	Série originale dont on a enlevé la composante TS (série YnTS); urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)	13
Figure 2-5 :	Composante H (tendance hebdomadaire); urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)	20
Figure 2-6 :	Série originale dont on a enlevé les composantes TS et H (série YnTSH) ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)	20
Figure 2-7 :	Nombre total de cas par jour de la semaine : a) <i>avant</i> la correction hebdomadaire, b) <i>après</i> la correction hebdomadaire ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)	21
Figure 2-8 :	Fonctions quantiles des jours de la semaine : a) <i>avant</i> la correction hebdomadaire, b) <i>après</i> la correction hebdomadaire; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)	22
Figure 2-9 :	Composante Q (tendance quotidienne) ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)	24
Figure 2-10 :	Série originale dont on a enlevé les composantes TS, H et Q (série YnTSHQ) ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)	24
Figure 2-11 :	Nombre total de cas par jour de l'année : a) <i>avant</i> la correction quotidienne, b) <i>après</i> la correction quotidienne; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)	25
Figure 2-12 :	Distribution des valeurs extrêmes dans la semaine après la correction des composantes ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)	26
Figure 2-13 :	Journées avec valeurs extrêmes, en étoile, détectées <i>après</i> la correction des composantes, reportées sur : a) la série originale, b) la série corrigée; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)	27

Figure 2-14 :	Journées avec valeur extrême, en étoile, détectées <i>avant</i> la correction des composantes, reportées sur : a) la série originale, b) la série corrigée; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal).....	28
Figure 2-15 :	Organigramme complet de l'article	34
Figure 3-1 :	Limites géographiques de la grande région de Montréal (en rouge).....	67
Figure 3-2 :	Stations météorologiques utilisées pour le krigeage : a) de la température, des précipitations et de l'épaisseur de neige au sol, b) de l'humidité, c-d) de la pression.	68
Figure 3-3 :	Nombre d'occurrences significatives des variables météorologiques pour chaque saison pour la catégorie de maladies urgences problèmes cardiaques.	69
Figure 3-4 :	Modèle annuel, urgences problèmes cardiaques, effet de : a) la température minimale pour l'ensemble de la population, b) la pression maximale pour l'ensemble de la population, c) l'épaisseur de neige au sol pour l'ensemble de la population, d) la température maximale pour les hommes de 25-64 ans, e) la température minimale pour les 65 ans et plus, f) l'humidité moyenne pour les femmes de 25-64 ans, g) l'humidité moyenne pour les hommes de 25-64 ans	70
Figure 3-5 :	Modèle été, urgences problèmes cardiaques, effet : a) de précipitations pour les hommes de 65 ans et plus, b) des précipitations pour les femmes de 65 ans et plus, c) de l'humidité moyenne pour les femmes de 25 à 64 ans, d) de l'humidité maximale pour les hommes de tout âge, e) des précipitations pour les 25 à 64 ans, f) de la température minimale pour les 65 ans et plus.....	71
Figure 3-6 :	Modèle hiver, urgences problèmes cardiaques, effet : a) de la pression maximale pour l'ensemble de la population, b) de l'humidité moyenne pour les hommes de 25 à 64 ans, c) de l'humidité moyenne pour les femmes de 25 à 64 ans, d) de l'humidité moyenne pour les 25 à 64 ans, e) de l'humidité maximale pour les 25 à 64 ans, f) des précipitations pour les 25 à 64 ans, g) de la température moyenne pour les hommes de 65 ans et plus, h) de la température maximale pour les femmes de 65 ans et plus	72
Figure 3-7 :	Nombre d'occurrences significatives des variables météorologiques pour chaque saison pour la catégorie de maladies hospitalisations traumatismes	73

Figure 3-8 :	Modèle annuel, hospitalisations traumatismes, pour l'ensemble de la population, effet :	
	a) de la température moyenne,	
	b) de l'humidité maximale,	
	c) de la pression moyenne,	
	d) de la pression maximale.....	74
Figure 3-9 :	Modèle annuel, hospitalisations traumatismes, effet des précipitations sur les femmes de 25-64 ans	
	a) des zones favorisées,	
	b) des zones défavorisées;	
	pour les zones favorisées, effet	
	c) de précipitations pour les hommes de 0 à 24 ans,	
	d) des précipitations pour les femmes de 0 à 24 ans,	
	e) de la température minimale pour les 65 ans et plus ;	
	pour les zones défavorisées, effet	
	f) de la température maximale pour les hommes de 25 à 64 ans	
	g) de la température maximale pour les femmes de 25 à 64 ans.....	75
Figure 3-10 :	Modèle annuel, hospitalisations traumatismes, effet :	
	a) de la pression maximale pour les femmes,	
	b) de la température minimale pour les 65 ans et plus,	
	c) des précipitations pour les 0 à 24 ans,	
	d) des précipitations pour les 25 à 64 ans,	
	e) de la température maximale pour les 0 à 24 ans,	
	f) de la pression maximale pour les 0 à 24 ans.	76
Figure 3-11 :	Modèle été, hospitalisations traumatismes, zones défavorisées, effet :	
	a) de la température maximale pour les hommes,	
	b) de la température maximale pour les femmes ;	
	pour aucun IDM, effet :	
	c) des précipitations pour les 0 à 24 ans,	
	d) de la pression moyenne pour les 0 à 24 ans,	
	e) de la pression moyenne pour les hommes,	
	f) de la pression maximale pour les femmes	77
Figure 3-12 :	Modèle hiver, hospitalisations traumatismes, effet :	
	a) de la température moyenne pour l'ensemble de la population,	
	b) de la température moyenne pour les 65 ans et plus ;	
	effet de la pression pour :	
	c) les hommes,	
	d) les femmes,	
	e) les 0 à 24 ans,	
	f) les 25 à 64 ans,	
	g) les zones favorisées,	
	h) les zones défavorisées.	78
Figure 4-1 :	Illustration du contenu des figures résumées des annexes A et C.....	86

CHAPITRE I : SYNTHÈSE

1.1 Introduction

Les travaux de recherche présentés dans ce mémoire concernent la modélisation des effets de la météorologie sur la survenue de journées avec des valeurs extrêmes¹ d'incidence de morbidité au Québec. Dans un contexte de changements climatiques, avoir une connaissance de l'impact de la météorologie sur la santé de la population est important dans une optique de prévention et de gestion des ressources du système de santé.

L'effet de la météorologie sur la santé humaine est possiblement un des sujets les plus traités ces dernières années. Dans la littérature, on s'intéresse plutôt à l'impact de la météorologie sur *la moyenne* de cas de morbidité (Braga et al., 2002; Nastos et Matzarakis, 2006; Rising et al., 2006; Bender, 2009; Jiménez et al., 2009; Bayentin et al., 2010), alors que dans ce travail, on s'intéresse à l'impact de la météorologie sur *les valeurs extrêmes* d'incidence de morbidité. Les valeurs extrêmes sont considérées en raison de leur capacité à causer le plus de dommages à la population et d'entraîner des répercussions dans le réseau de la santé. Le présent travail s'inscrit en continuité avec les travaux de Bayentin et al. (2010) sur les cardiopathies ischémiques à l'ensemble de la province et ceux de Caouette et al. (2010) sur l'effet des variables environnementales sur les maladies respiratoires à Montréal.

Deux types de données ont été utilisés dans le cadre de ce travail : des données sanitaires et des données météorologiques. Les données sanitaires brutes, hospitalisations et urgences, sont les nombres de cas journaliers pour 10 catégories de maladies dans 16 RSS du Québec pour la période 1988 à 2008. Les données d'hospitalisations proviennent de la base de données Med-Echo fournie par le Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec (MSSS). Les données de visites à l'urgence proviennent du registre de la salle d'urgence (J56), dont l'organisme responsable est le MSSS. Les données météorologiques proviennent du portail de

¹ Dans l'article (chapitre III) on utilise spécifiquement la terminologie « valeurs maximales d'incidence de morbidité » pour désigner les valeurs extrêmes des séries chronologiques afin d'éviter la confusion avec les extrêmes météorologiques.

téléchargement DAI d'Environnement Canada (*Données Accès et Intégration*, c.f. <http://loki.qc.ec.gc.ca/DAI/>).

Une procédure automatisée pour la détermination des valeurs extrêmes de morbidité a été conçue en raison du nombre important de séries étudiées. D'autre part, les analyses préliminaires ayant révélé la présence de composantes non reliées à la météorologie à court terme, la procédure a été adaptée pour tenir compte de ces composantes.

Une revue de littérature a été effectuée pour déterminer les variables météorologiques ayant le plus d'impact sur les maladies cardiovasculaires et les traumatismes. Cette revue de littérature a ensuite été étendue aux modèles additifs généralisés ayant été appliqués dans le domaine de la santé humaine afin de vérifier la viabilité de la méthode de modélisation.

La régression logistique dans le cadre des modèles additifs généralisés a été appliquée pour la grande région de Montréal sur deux catégories de maladies : urgences problèmes cardiaques et hospitalisations traumatismes. Afin de tenir compte des différences entre les individus, des sous-groupes selon le sexe, l'âge et l'indice de défavorisation matériel ont été constitués pour chacune des deux maladies. Étant donné les différences saisonnières importantes du climat du Québec, des modèles pour l'été et l'hiver ont également été considérés en plus du modèle pour l'ensemble de l'année.

La contribution originale du présent travail, par rapport aux études existantes, réside dans l'introduction et l'adaptation des éléments suivants dans une même étude :

- (1) des valeurs extrêmes de morbidité comme variable à expliquer ;
- (2) une variable binaire pour représenter l'état extrême (extrême ou non extrême) ;
- (3) la régression logistique dans le cadre des modèles additifs généralisés ;
- (4) le krigeage pour obtenir des séries météorologiques spatialement plus représentatives de la région étudiée ;
- (5) les effets retardés des variables météorologiques dans la modélisation ;
- (6) différentes maladies pour différentes saisons, groupes d'âge, sexe et indice de défavorisation matériel.

Le chapitre II présente la méthode développée pour corriger les composantes de tendances et déterminer les valeurs extrêmes d'incidence de morbidité. Les 10 catégories de maladies, pour chacune des régions sociosanitaires (RSS) du Québec,

sont considérées pour vérifier l'applicabilité de la méthode sur les données disponibles. Le chapitre III contient l'article en tant que tel où on focalise sur l'étude de la modélisation sur la grande région de Montréal et sur deux catégories de maladies : urgences problèmes cardiaques et hospitalisations traumatismes. Le chapitre IV contient les conclusions générales du mémoire et des perspectives de recherche futures. L'annexe A présente tous les résultats de la vérification de la procédure de correction des composantes et de la détermination des valeurs extrêmes (voir chapitre II). L'annexe B présente des tableaux synthèse de tous les modèles considérés dans la partie modélisation (voir chapitre III). L'annexe C présente les séries chronologiques et les résultats détaillés de tous les modèles considérés dans la partie modélisation (voir chapitre III).

1.2 Contribution de l'étudiant

La problématique et l'approche globale du projet ont été proposées par mon directeur et mon codirecteur de recherche, en concertation avec Pierre Gosselin de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Ayant été décidé que les valeurs extrêmes d'incidence de morbidité correspondraient au 99^{ième} percentile des données sanitaires, j'ai développé une procédure pour déterminer automatiquement les valeurs extrêmes dans les séries chronologiques. Cette procédure tient compte des importantes variations temporelles du nombre de cas de morbidité dans les séries chronologiques.

Les analyses préliminaires des valeurs extrêmes ont montré un déséquilibre important dans la répartition de la morbidité selon le jour de la semaine (en particulier les fins de semaine) et selon la période de l'année. Par conséquent, j'ai dû adapter la procédure de détermination des valeurs extrêmes pour tenir compte de ces différences et la *correction des composantes* a été conçue : les séries chronologiques sont considérées comme une somme de différents termes qui sont successivement estimés puis éliminés par différentes méthodes. La description détaillée de la *procédure de correction des composantes et de détermination des valeurs extrêmes* est décrite dans le chapitre II du mémoire et les résultats de la vérification de la méthode sur toutes les séries sont présentés à l'annexe A.

J'ai programmé les algorithmes de la correction des composantes et de la détermination des valeurs extrêmes à l'aide du logiciel Matlab durant le printemps et l'été 2009. J'ai appliqué et validé l'algorithme durant la même période sur toutes les séries mentionnées ci-dessus.

J'ai ensuite effectué une revue de littérature durant l'automne 2009 pour déterminer les variables météorologiques d'intérêt pour les deux catégories de maladies considérées dans la partie modélisation ainsi que les effets retardés (lag) les plus reportés pour chaque variable. Le logiciel Matlab n'ayant pas de fonctions pour les modèles additifs généralisés, il a été choisi d'utiliser le package mgcv du logiciel R. Toute la partie modélisation, soit l'algorithme de sélection de meilleures combinaisons de lags et d'action sur la durée du lag, ainsi que la modélisation avec la régression logistique dans le cadre des modèles additifs généralisés en tant que telle, a été programmée avec le logiciel R. Cette étape du projet s'est déroulée principalement durant l'automne 2009 et le début de l'hiver 2010.

Les sous-groupes pour le sexe, l'âge et l'indice de défavorisation matériel ont été ajoutés durant l'hiver 2010. En raison du très grand nombre de possibilités qui découlent de l'utilisation de sous-groupes, il a été décidé de restreindre l'article à l'étude de deux catégories de maladies (parmi les 10 disponibles et mentionnées précédemment) et de créer la grande région de Montréal (regroupant les RSS de Montréal, Laval et Montérégie) plutôt que d'effectuer une analyse pour chacune des 16 RSS.

Les résultats et leur analyse préliminaire ont été jugés satisfaisants et acceptés à la suite d'une réunion le 31 mars 2010. À la fin du printemps 2010 –automne 2010, j'ai rédigé un article incluant les principaux éléments de l'étude. Par la suite, en concertation avec mon directeur et mon codirecteur de recherche, il a été choisi d'ajouter au mémoire le travail effectué qui n'est pas présenté dans l'article. J'ai ainsi ajouté le chapitre II au mémoire. Ce chapitre comprend la description de la procédure de correction des composantes et de détermination des valeurs extrêmes ainsi que des éléments méthodologiques préliminaires à l'article.

Les corrections et les modifications du mémoire ont été faites à la suite des commentaires et suggestions de mon directeur et de mon codirecteur de recherche.

Durant ma maîtrise, plusieurs réunions ont été organisées avec Pierre Gosselin (médecin-conseil, Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec) afin de discuter des méthodes utilisées, d'interpréter et de valider les résultats obtenus.

CHAPITRE II : DÉTERMINATION DES VALEURS EXTRÊMES ET ÉLÉMENTS PRÉLIMINAIRES À L'ARTICLE

Ce chapitre contient une description détaillée de la procédure de détermination des valeurs extrêmes, de la correction des composantes, une brève présentation des outils statistiques utilisés pour la modélisation ainsi que les sous-groupes étudiés dans l'article. Un organigramme résumant toute les étapes de l'article est présent à la fin de ce chapitre.

2.1 Procédure de détermination des valeurs extrêmes

Cette procédure a été développée pour automatiser la détermination des journées où l'incidence de morbidité est particulièrement élevée dans les séries chronologiques. Les journées avec valeurs extrêmes dans ces séries sont les fondations pour la modélisation, car elles définissant la variable dépendante d'intérêt. La détermination de valeurs extrêmes est un processus simple en soi, dans le sens qu'il nécessite uniquement le choix d'un seuil définissant les valeurs extrêmes. Toutefois, les approches présentées dans ce projet ont été développées pour tenir compte des composantes dans les séries.

Au début du projet, trois séries chronologiques de morbidité ont été sélectionnées et leurs valeurs extrêmes correspondantes déterminées manuellement. Avec le grand nombre de séries pour lesquelles on veut déterminer les valeurs extrêmes et la difficulté d'identifier systématiquement ces extrêmes, il a été convenu d'automatiser cette étape. L'approche initiale était de transformer la série pour éliminer la tendance à long terme et la saisonnalité puis de retenir les valeurs au-delà d'un certain seuil. Différentes transformations ont été considérées (Brockwell et Davis, 2002) : différences avec le jour précédent, moyennes mobiles centrées de 3, 5, 7, 15 et 29 jours et estimation de la tendance par un polynôme. Le critère de performance pour la sélection de la meilleure transformation est le nombre de valeurs extrêmes dans les séries transformées correspondant aux valeurs extrêmes identifiées manuellement. Les résultats des trois séries sélectionnées montrent que les moyennes mobiles sur 7, 15 et 29 jours performant le mieux (Tableau 2-1). En raison de l'utilisation prévue de valeurs

météorologiques retardées jusqu'à 7 jours, il a été choisi de ne pas retenir la moyenne mobile sur 7 jours. Il a alors été suggéré d'utiliser simultanément les deux transformations. L'utilisation simultanée des moyennes mobiles sur 15 et 29 jours performe mieux que chacune prise séparément. La procédure de détermination des valeurs extrêmes consiste en les étapes suivantes :

- I. Soustraire de la série brute une moyenne mobile centrée sur 15 jours
- II. Retenir les journées au-dessus du 99^{ième} percentile (P99) de la série corrigée
- III. Soustraire de la série brute une moyenne mobile centrée sur 29 jours
- IV. Retenir les journées au-dessus du 99^{ième} percentile (P99) de la série corrigée
- V. Retenir les journées apparaissant simultanément sur les listes II et IV

L'application directe de cette procédure sur les séries brutes a montré un déséquilibre dans la répartition des valeurs extrêmes dans la semaine. Par exemple, dans le cas des urgences problèmes cardiaques à Montréal, le *nombre de cas* est en moyenne légèrement plus élevé le lundi que les autres jours (Figure 2-1 a), mais résultant que sur environ 55 *valeurs extrêmes* dans la semaine, environ 40 sont un lundi (Figure 2-1 b). La variation de l'incidence de maladies cardiaques dans la semaine est un phénomène connu (Ku et al., 2000), mais n'est évidemment pas reliée à la météorologie et doit être prise en considération. Par conséquent, il faut donc corriger les tendances avant de procéder à la détermination des valeurs extrêmes.

Tableau 2-1 : Comparaison des différentes méthodes automatiques pour identifier les extrêmes avec les extrêmes identifiés manuellement

Méthode	Urgences problèmes cardiaques RSS6			Urgences troubles digestifs RSS5			Hospitalisation traumatismes et empoisonnement RSS4		
	N.E.I.	N.E.D.	N.E.C.	N.E.I.	N.E.D.	N.E.C.	N.E.I.	N.E.D.	N.E.C.
1 jour précédent	88	73	32	83	48	25	86	46	16
Moyenne mobile sur 3 jours	88	72	37	83	56	33	86	61	33
Moyenne mobile sur 5 jours	88	73	47	83	55	38	86	57	39
Moyenne mobile sur 7 jours	88	73	53	83	57	42	86	63	49
Moyenne mobile sur 15 jours	88	72	54	83	54	40	86	62	49
Moyenne mobile sur 29 jours	88	73	55	83	57	41	86	63	51
Tendance linéaire	88	73	40	83	57	25	86	63	47

N.E.I. : Nombre d'Extrêmes Identifiés manuellement

N.E.D. : Nombre d'Extrêmes Détectés par le seuil P99

N.E.C. : Nombre d'Extrêmes Communs (nb. d'identifiés parmi les détectés)

Le caractère gras dans le tableau indique les meilleurs résultats

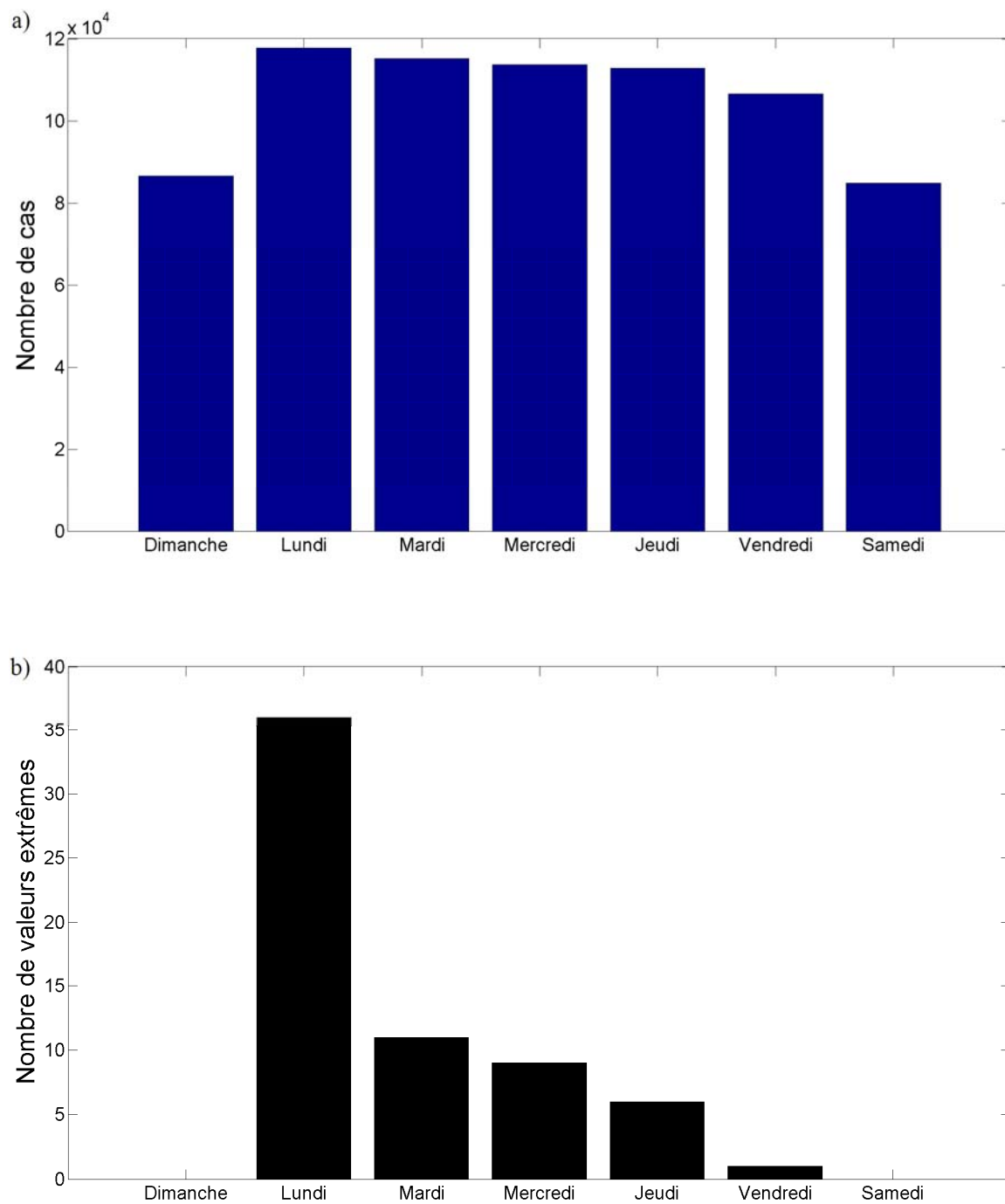


Figure 2-1 : Distribution dans la semaine : a) du nombre total de cas, b) des valeurs extrêmes ; urgences problèmes cardiaques, RSS6 (Montréal)

Lors de la modélisation d'un nombre de cas (selon une loi de Poisson par exemple), différentes composantes comme la saisonnalité, la position du jour dans la série, le jour de la semaine, les jours fériés, peuvent être intégrées directement dans un modèle additif généralisé comme covariables ou cofacteurs (*control variable*) (Jiménez et al., 2009). Par contre, étant donné que l'on considère des valeurs extrêmes qui sont rares (environ 3-4 par année), il a été jugé préférable de tenir compte des composantes *avant* de déterminer les valeurs extrêmes et la procédure de correction des composantes a été développée. La correction des composantes permet également d'éviter de manquer les valeurs extrêmes dans les creux des séries.

2.2 Correction des composantes

Cette procédure de correction est basée sur l'hypothèse que la série chronologique est une somme de composantes telle que (Cleveland et al., 1990; Brockwell et Davis, 2002) :

$$Y(t) = T(t) + S(t) + H(t) + Q(t) + R(t) \quad (2.1)$$

où Y est le nombre de cas (d'hospitalisations ou d'urgences) au jour t et les différentes composantes de tendance : long terme (T), saisonnalité (S), jour de la semaine (H), jour de l'année (Q) et résiduelle (R). En éliminant successivement chaque composante, on isole la composante d'intérêt R .

Chacune des étapes de la procédure de correction des composantes est présentée et illustrée dans cette section pour la catégorie de maladie urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal). Un sommaire des autres maladies et RSS est présenté dans l'annexe A. La série chronologique originale (brute) pour Montréal est montrée à la Figure 2-2.

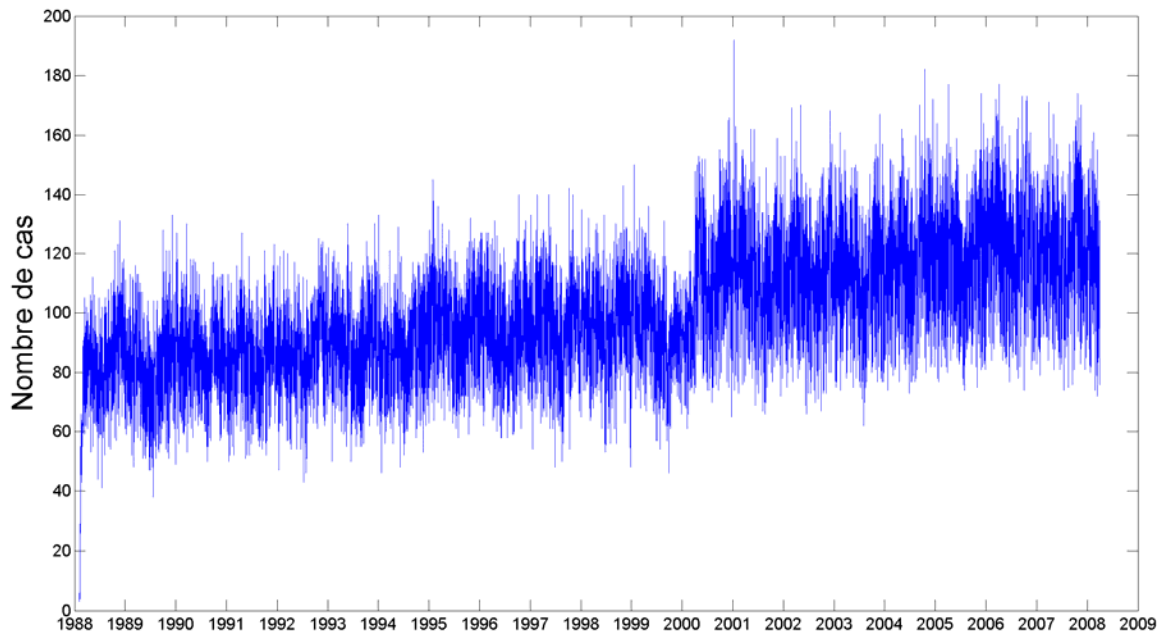


Figure 2-2 : Série originale (série Y) ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)

2.2.1 Tendence à long terme et saisonnalité

La tendance à long terme peut être due à une augmentation de la population ou un changement dans les méthodes hospitalières (Tousignant et al., 2007). La saisonnalité correspond généralement au cycle annuel des saisons et dans la situation présente n'a pas nécessairement besoin d'être représentée par une composante périodique. Pour cette raison, la tendance à long terme et la saisonnalité sont estimées *simultanément* par une moyenne mobile sur 29 jours (composante *TS*, Figure 2-3). Une fois estimée, la composante est soustraite de la série originale (Figure 2-4). La longueur de la moyenne mobile a été choisie pour correspondre à environ un mois. Il est à noter que la série corrigée, notée *YnTS*, oscille autour de zéro et contient des valeurs négatives. Étant donné que l'on s'intéresse aux journées qui sont extrêmes *relativement* aux autres journées, on continuera d'employer le terme nombre de cas pour parler du nombre de cas *corrigé*.

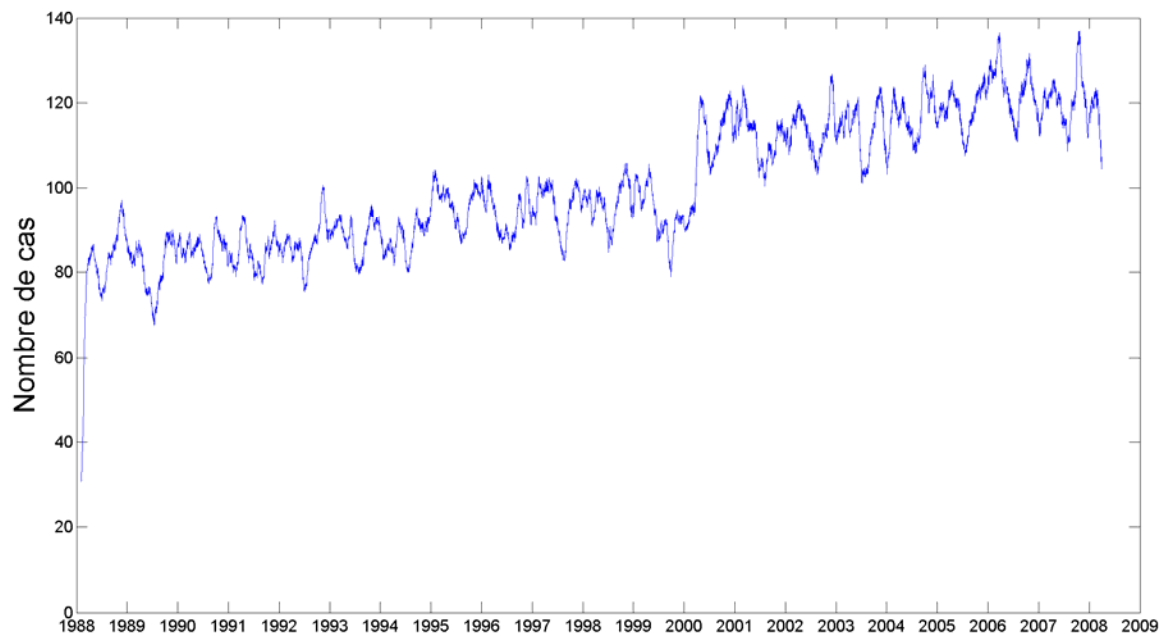


Figure 2-3 : Composante TS (tendance à long terme et saisonnalité) ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)

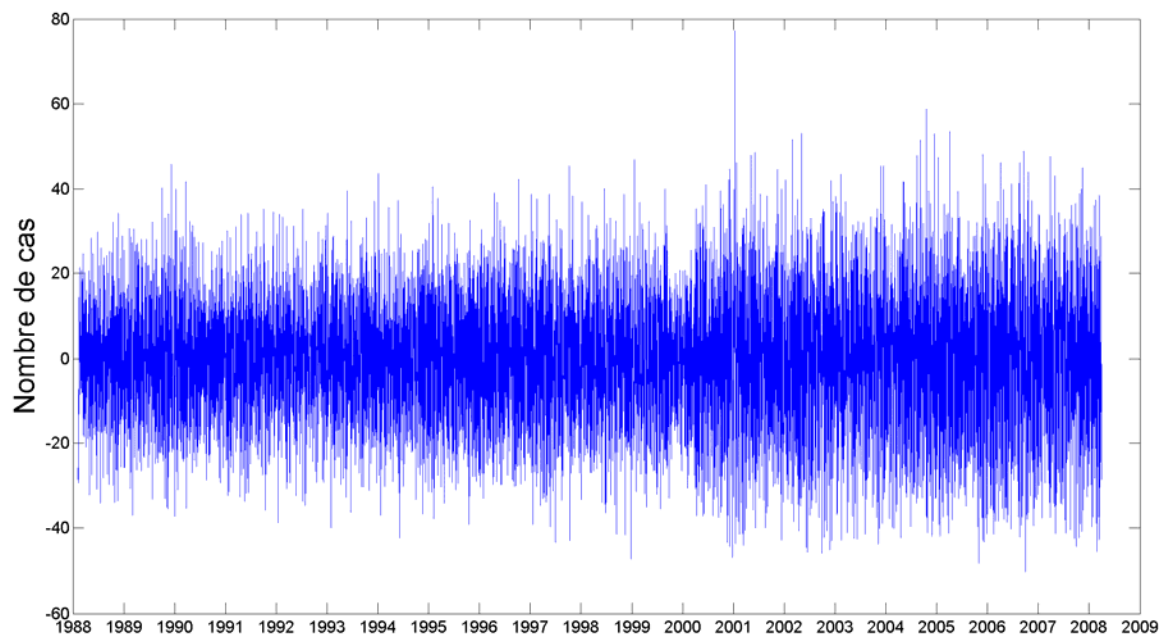


Figure 2-4 : Série originale dont on a enlevé la composante TS (série Y_nTS) ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)

2.2.2 Tendance hebdomadaire

La correction hebdomadaire consiste globalement à égaliser les fonctions quantiles des 7 jours de la semaine. Les quantiles utilisés dans le mémoire correspondent aux percentiles (100 quantiles), mais en raison de contraintes d'espace, la correction est illustrée ci-dessous par un exemple pour 3 jours (soit lundi, mardi et mercredi) et selon les quintiles (5 quantiles). Les données générées pour l'exemple sont présentées dans le Tableau 2-2. La correction se fait en six étapes, les quatre premières sont directes et une formulation générale des étapes 5 et 6 suit juste après l'exemple. Les étapes sont :

- (1) Les valeurs quotidiennes sont séparées selon le jour de la semaine (Tableau 2-3) ;
- (2) Les quantiles sont calculés pour chaque jour (Tableau 2-4) ;
- (3) À chaque valeur quotidienne est associé un numéro de quantile (Tableau 2-5) ;
- (4) Les données sont regroupées par quantiles (Tableau 2-6) ;
- (5) Les corrections pour chaque jour de la semaine de chaque quantile (Tableau 2-7) sont calculées comme la différence entre chaque moyenne interjournalière et la moyenne globale du quantile (Alalouf et al., 1985). Par exemple, la correction du quantile Q5 du lundi est :

$$\begin{aligned}\text{correction}(\text{Q5,lundi}) &= \frac{59+62+59}{3} - \frac{59+62+59+56+58+57+82+83}{8} \\ &= 60,0 - 64,5 = -4,5\end{aligned}\quad (2.2)$$

- (6) La correction est finalement calculée pour chaque valeur de la série chronologique en fonction du jour de la semaine et de son quantile (Tableau 2-8). C'est à cette étape qu'est calculée la composante H .

Tableau 2-2 : Série chronologique générée de taille 45

No	Valeur	No	Valeur	No	Valeur	No	Valeur	No	Valeur
1	53	10	54	19	59	28	57	37	53
2	50	11	45	20	46	29	54	38	50
3	82	12	71	21	70	30	78	39	79
4	51	13	56	22	47	31	62	40	59
5	56	14	46	23	52	32	46	41	48
6	74	15	81	24	80	33	80	42	79
7	46	16	49	25	55	34	49	43	52
8	45	17	58	26	50	35	45	44	57
9	81	18	69	27	79	36	78	45	83

Tableau 2-3 : Série chronologique générée classée par jour

Lundi		Mardi		Mercredi	
No	Valeur	No	Valeur	No	Valeur
1	53	2	50	3	82
4	51	5	56	6	74
7	46	8	45	9	81
10	54	11	45	12	71
13	56	14	46	15	81
16	49	17	58	18	69
19	59	20	46	21	70
22	47	23	52	24	80
25	55	26	50	27	79
28	57	29	54	30	78
31	62	32	46	33	80
34	49	35	45	36	78
37	53	38	50	39	79
40	59	41	48	42	79
43	52	44	57	45	83

Tableau 2-4 : Valeurs des quantiles pour chaque jour (calculé à partir du Tableau 2-3)

	Lundi	Mardi	Mercredi
Q1]0,0 0,2]	] 0,0 49,0]	] 0,0 45,5]	] 0,0 72,5]
Q2]0,2 0,4]	]49,0 52,5]	]45,5 47,0]	]72,5 78,5]
Q3]0,4 0,6]	]52,5 54,5]	]47,0 50,0]	]78,5 79,5]
Q4]0,8 0,8]	]54,5 58,0]	]50,0 55,0]	]79,5 81,0]
Q5]0,8 1,0]	]58,0 62,0]	]55,0 58,0]	]81,0 83,0]

Tableau 2-5 : Numéro de quantile pour chaque valeur de la série (calculé à partir du Tableau 2-4)

Lundi			Mardi			Mercredi		
No	Valeur	Quantile	No	Valeur	Quantile	No	Valeur	Quantile
1	53	3	2	50	3	3	82	5
4	51	2	5	56	5	6	74	2
7	46	1	8	45	1	9	81	4
10	54	3	11	45	1	12	71	1
13	56	4	14	46	2	15	81	4
16	49	1	17	58	5	18	69	1
19	59	5	20	46	2	21	70	1
22	47	1	23	52	4	24	80	4
25	55	4	26	50	3	27	79	3
28	57	4	29	54	4	30	78	2
31	62	5	32	46	2	33	80	4
34	49	1	35	45	1	36	78	2
37	53	3	38	50	3	39	79	3
40	59	5	41	48	3	42	79	3
43	52	2	44	57	5	45	83	5

Tableau 2-6 : Regroupement par quantile des données générées

	Lundi		Mardi		Mercredi	
	No	Valeur	No	Valeur	No	Valeur
Q1	7	46	8	45	12	71
	16	49	11	45	18	69
	22	47	35	45	21	70
	34	49				
Q2	4	51	14	46	6	74
	43	52	20	46	30	78
			32	46	36	78
Q3	1	53	2	50	27	79
	10	54	26	50	39	79
	37	53	38	50	42	79
			42	48		
Q4	13	56	23	52	9	81
	25	55	29	54	15	81
	28	57			24	80
					33	80
Q5	19	59	5	56	3	82
	31	62	17	58	45	83
	40	59	44	57		

Tableau 2-7 : Matrice de correction (correction pour chaque quantile de chaque jour)

	Lundi	Mardi	Mercredi
Q1]0,0 0,2]	-5,9	-8,6	16,4
Q2]0,2 0,4]	-7,4	-12,9	17,8
Q3]0,4 0,6]	-6,2	-10,0	19,5
Q4]0,8 0,8]	-10,2	-13,2	14,3
Q5]0,8 1,0]	-4,5	-7,5	18,0

Tableau 2-8 : Sommaire de la correction sur chaque valeur de la série générée

No	Valeur	Jour	Quantile	Correction	No	Valeur	Jour	Quantile	Correction
1	53	Lu	3	6,2	24	80	Me	4	14,3
2	50	Ma	3	-10,0	25	55	Lu	4	-10,2
3	82	Me	5	18,0	26	50	Ma	3	-10,0
4	51	Lu	2	-7,4	27	79	Me	3	19,5
5	56	Ma	5	-7,5	28	57	Lu	4	-10,2
6	74	Me	2	17,8	29	54	Ma	4	-13,2
7	46	Lu	1	-5,9	30	78	Me	2	17,8
8	45	Ma	1	-8,6	31	62	Lu	5	-4,5
9	81	Me	4	14,3	32	46	Ma	2	-12,9
10	54	Lu	3	-6,2	33	80	Me	4	14,3
11	45	Ma	1	-8,6	34	49	Lu	1	-5,9
12	71	Me	1	16,4	35	45	Ma	1	-8,6
13	56	Lu	4	-10,2	36	78	Me	2	17,8
14	46	Ma	2	-12,9	37	53	Lu	3	-6,2
15	81	Me	4	14,3	38	50	Ma	3	-10,0
16	49	Lu	1	-5,9	39	79	Me	3	19,5
17	58	Ma	5	-7,5	40	59	Lu	5	-4,5
18	69	Me	1	16,4	41	48	Ma	3	-10,0
19	59	Lu	5	-4,5	42	79	Me	3	19,5
20	46	Ma	2	-12,9	43	52	Lu	2	-7,4
21	70	Me	1	16,4	44	57	Ma	5	-7,5
22	47	Lu	1	-5,9	45	83	Me	5	18,0
23	52	Ma	4	-13,2					

De façon formelle et générale, si l'on note $Y^{i,j}$ les valeurs de la série correspondant au i -ième quantile et au j -ième jour de la semaine et \mathbf{C} la matrice de correction de taille $m = 100$ (quantiles) par $n = 7$ (jours de la semaine) ; la correction pour chaque percentile i et chaque jour j (étape 5), correspond à l'élément $\mathbf{C}_{i,j}$ et est calculée comme:

$$\mathbf{C}_{i,j} = \overline{Y^{i,j}} - \overline{Y^i} \quad (2.3)$$

Pour chaque journée de la série chronologique, on identifie le percentile i et le jour de la semaine j . La valeur de la composante H à cette journée (étape 6) est alors donnée par :

$$H(t) = \mathbf{C}_{i,j} \quad (2.4)$$

La composante H et la série doublement corrigée $YnTSH$ (correction pour la tendance à long terme et la saisonnalité puis pour la tendance hebdomadaire) pour les urgences problèmes cardiaques de Montréal sont présentés respectivement dans les Figures 2-5 et 2-6. De plus, les effets de la correction hebdomadaire sur le nombre total de cas par jour et les fonctions quantiles des jours de la semaine de la série $YnTS$ sont montrés respectivement dans les Figures 2-7 et 2-8. Essentiellement, les fonctions quantiles de chaque jour de la semaine sont égalisées.

La méthode présentée ici représente un bon compromis entre une correction multiplicative basée sur la moyenne (donne une trop grande correction pour les valeurs extrêmes) et une correction additive basée la moyenne (donne une trop faible correction pour les valeurs extrêmes). Par ailleurs, la correction quotidienne présentée à la section suivante correspond à une correction additive basée sur la moyenne.

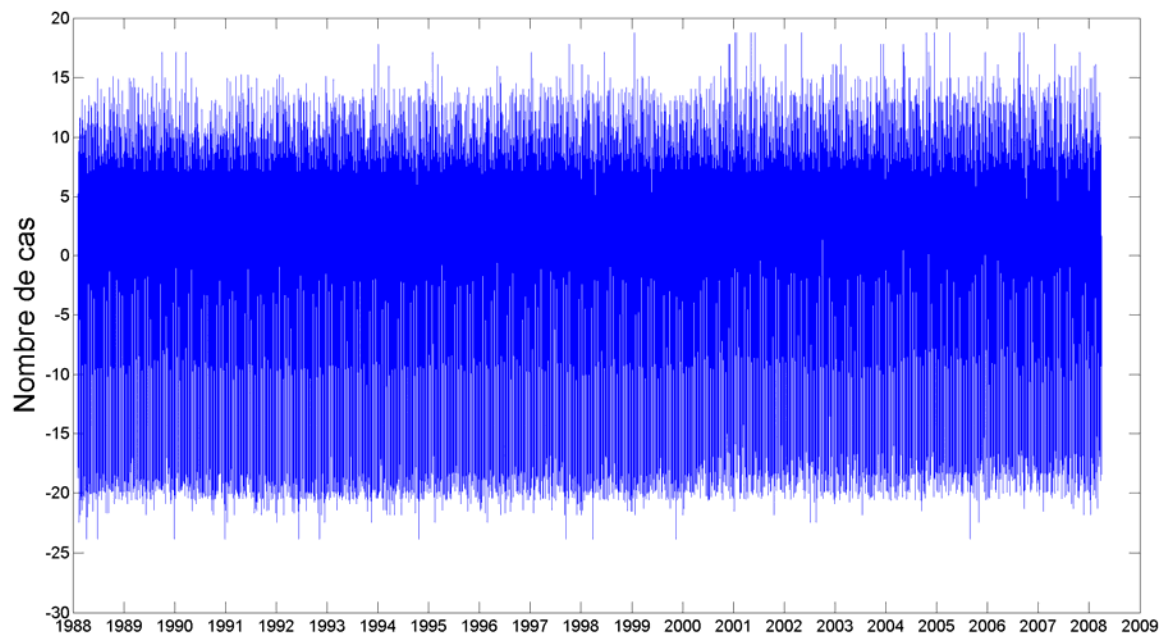


Figure 2-5 : Composante H (tendance hebdomadaire) ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)

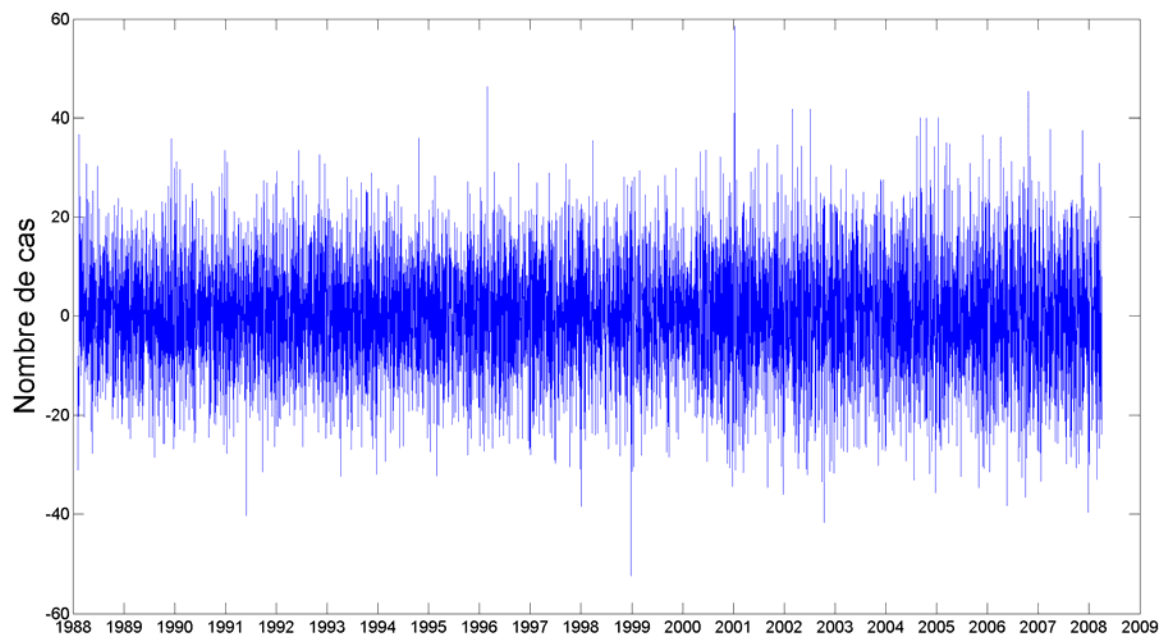


Figure 2-6 : Série originale dont on a enlevé les composantes TS et H (série YnTSH) ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)

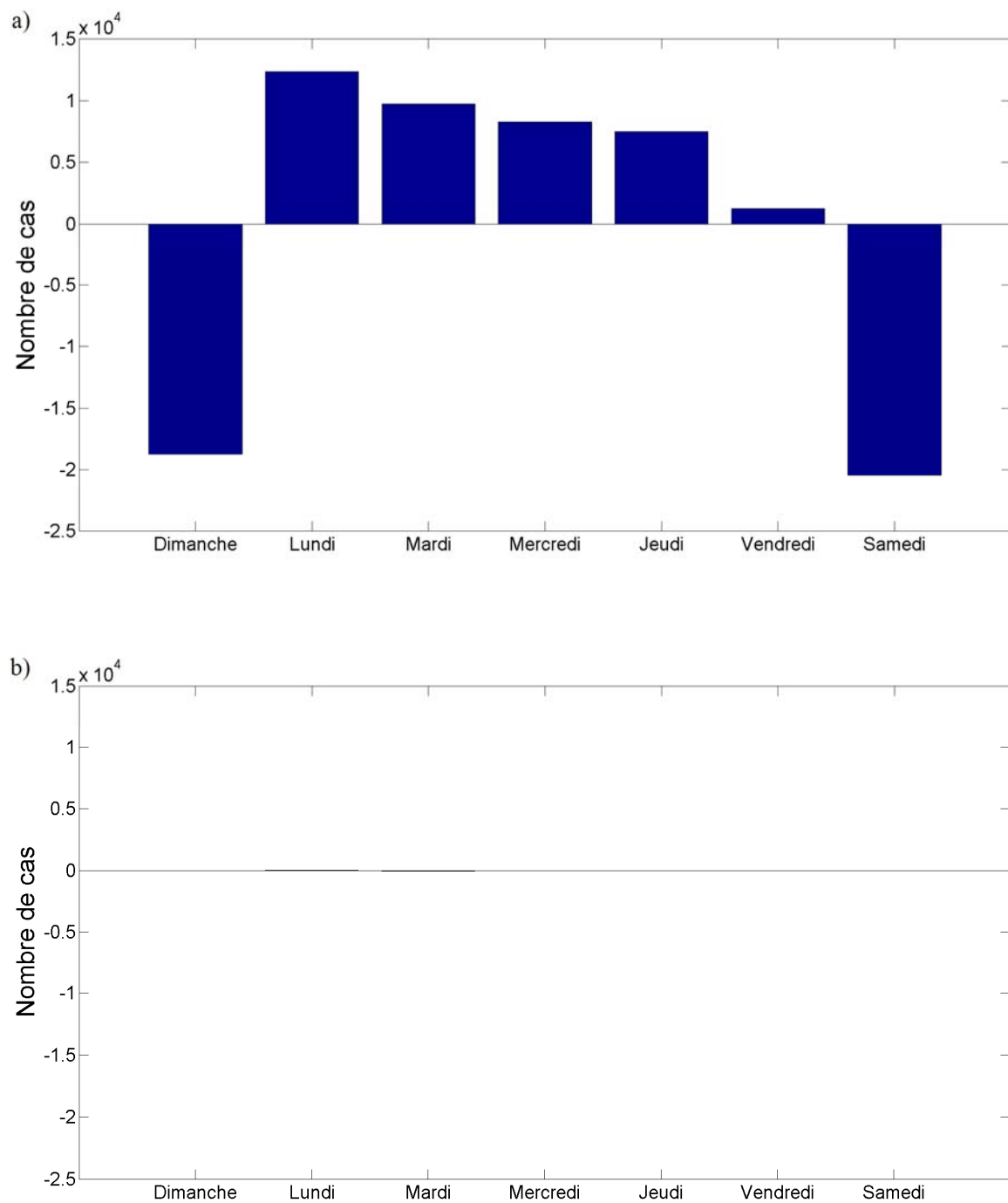


Figure 2-7 : Nombre total de cas par jour de la semaine : a) avant la correction hebdomadaire, b) après la correction hebdomadaire ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)

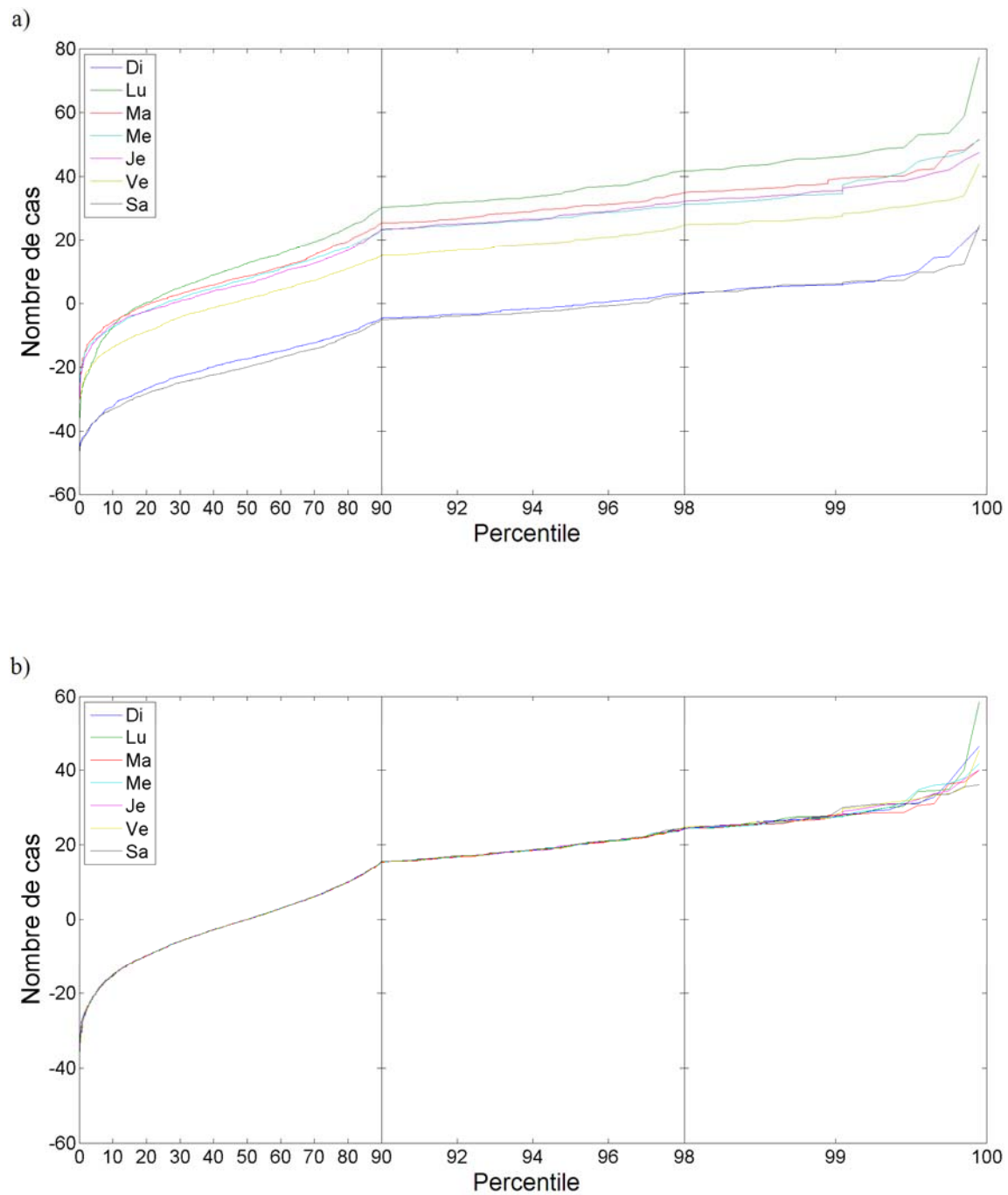


Figure 2-8 : Fonctions quantiles des jours de la semaine : a) *avant* la correction hebdomadaire, b) *après* la correction hebdomadaire ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)

2.2.3 Tendance quotidienne

La technique consiste à équilibrer le nombre moyen de cas pour chaque jour de l'année afin d'éliminer l'effet des jours fériés. La correction de la tendance quotidienne est formée des étapes suivantes :

- (1) Les valeurs quotidiennes de la série doublement corrigée (série $YnTSH$) sont regroupées selon leur numéro de jour de l'année (1 à 365) ;
- (2) Pour chaque jour k de l'année, la moyenne interannuelle $\overline{Y^k}$ est calculée ;
- (3) La correction pour chaque jour de l'année correspond à la différence entre sa moyenne interannuelle $\overline{Y^k}$ et la moyenne globale \overline{Y} de toutes les valeurs.

Si l'on note \mathbf{P} le vecteur de correction de taille $m = 365$, la correction pour chaque numéro de jour de l'année k correspond à l'élément \mathbf{P}_k et est calculé comme étant :

$$\mathbf{P}_k = \overline{Y^k} - \overline{Y} \quad (2.5)$$

Ensuite, pour chaque jour de la série, on identifie le numéro de jour de l'année k . La valeur de la composante Q à cette journée est alors donnée par :

$$Q(t) = \mathbf{P}_k \quad (2.6)$$

La composante Q et la série triplement corrigée $YnTSHQ$ (correction pour la tendance à long terme et la saisonnalité puis pour la tendance hebdomadaire puis pour la tendance quotidienne) pour urgences problèmes cardiaques pour Montréal sont présentées respectivement dans les Figures 2-9 et 2-10. De plus, l'effet de la correction quotidienne sur la série $YnTSH$ est montré à la Figure 2-11 : le nombre de cas devient en moyenne le même pour chaque jour de l'année.

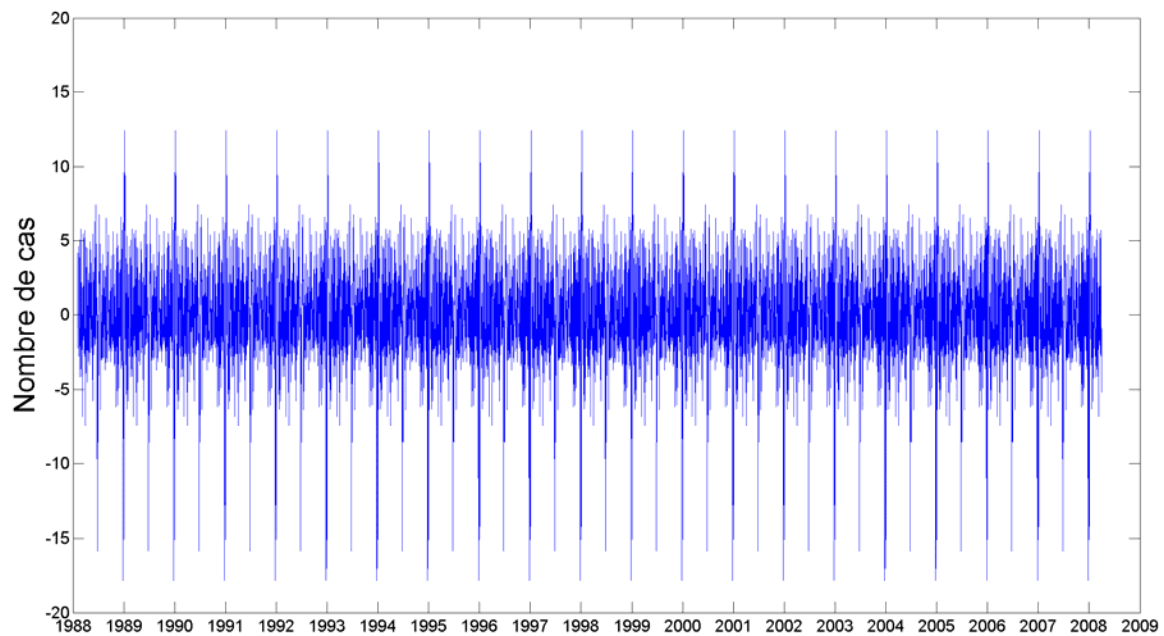


Figure 2-9 : Composante Q (tendance quotidienne) ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)

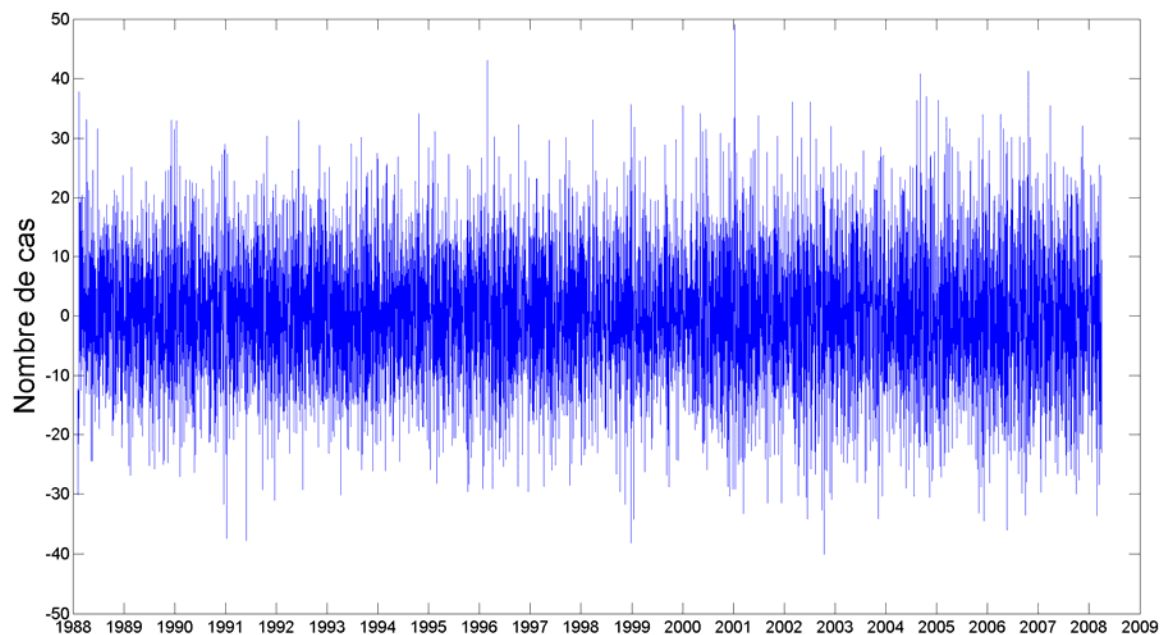


Figure 2-10 : Série originale dont on a enlevé les composantes TS, H et Q (série YnTSHQ) ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)

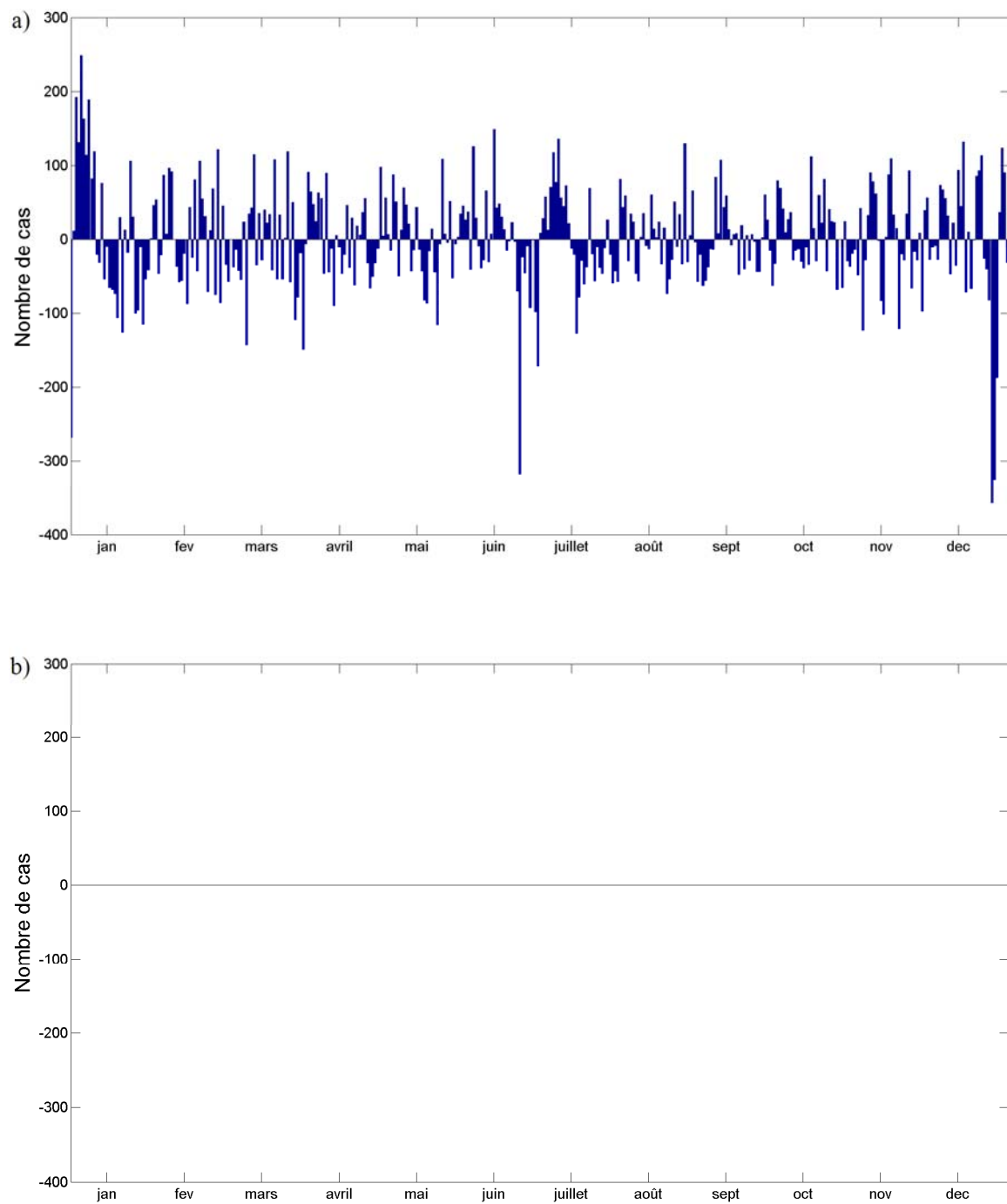


Figure 2-11 : Nombre total de cas par jour de l'année : a) *avant* la correction quotidienne, b) *après* la correction quotidienne ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)

2.2.4 Valeurs extrêmes des séries corrigées

Une fois les corrections effectuées, la procédure de détermination des valeurs extrêmes (chapitre II section 1) est appliquée sur la composante résiduelle R (équation 2.1). La Figure 2-12, toujours pour les urgences problèmes cardiaques de Montréal, montre que la distribution des valeurs extrêmes est plus équilibrée après la correction des composantes, si l'on compare avec la Figure 2-1 b présentée précédemment.

Les journées avec valeurs extrêmes *après* et *avant* les corrections sont montrées sur la série originale et la série triplement corrigée respectivement dans les Figures 2-13 et 2-14. Les journées avec valeurs extrêmes sont identifiées dans les figures par un symbole d'étoile. Les résultats montrent que la correction des composantes produit l'effet souhaité : les valeurs extrêmes sont mieux réparties dans la semaine et des valeurs extrêmes sont détectées partout sur la série originale plutôt que seulement dans les pics.

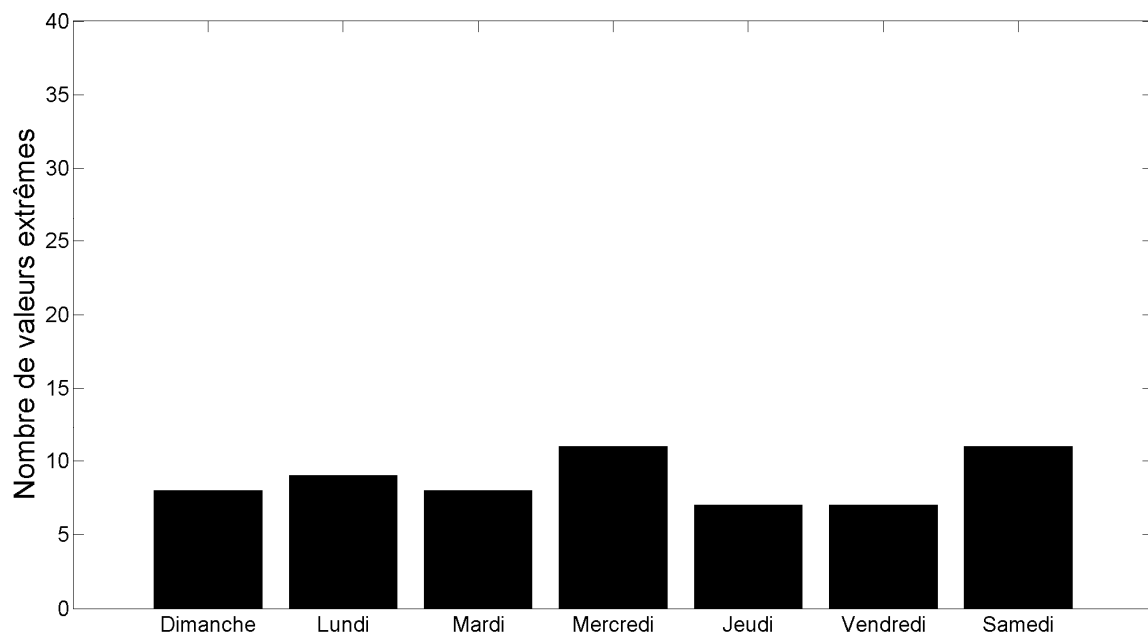


Figure 2-12 : Distribution des valeurs extrêmes dans la semaine après la correction des composantes ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)

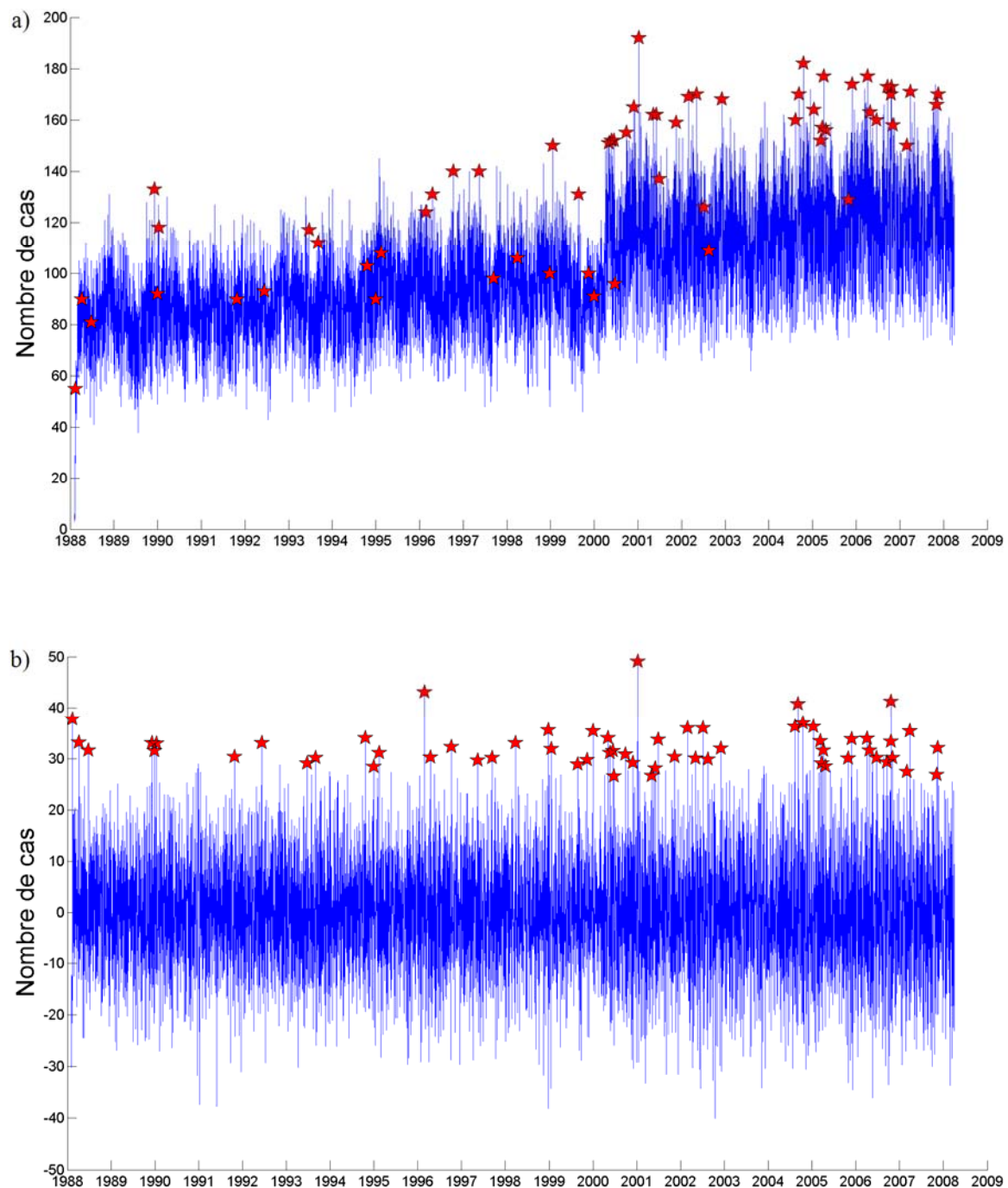


Figure 2-13 : Journées avec valeurs extrêmes, en étoile, détectées *après* la correction des composantes, reportées sur : a) la série originale, b) la série corrigée ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)

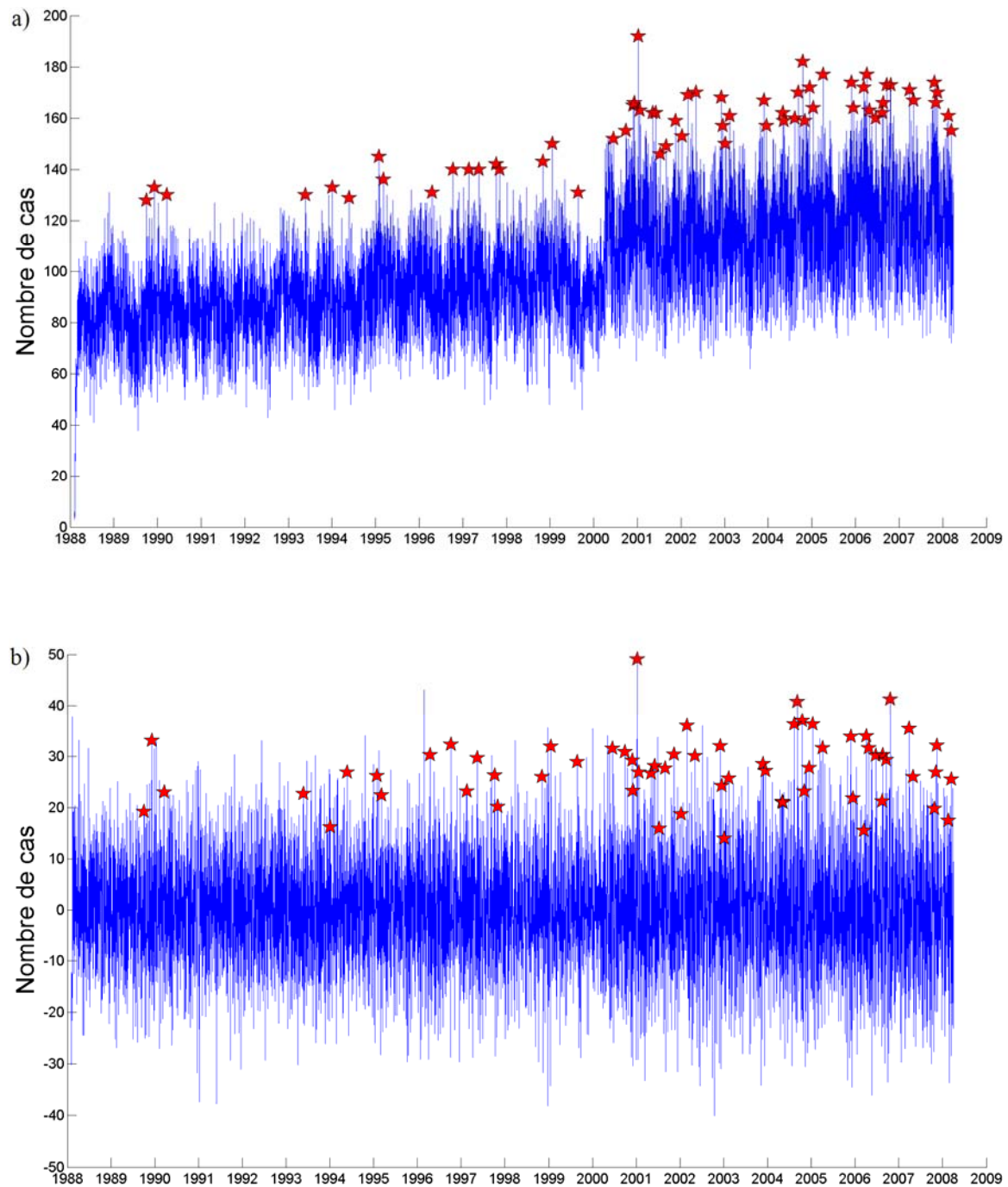


Figure 2-14 : Journées avec valeur extrême, en étoile, détectées *avant* la correction des composantes, reportées sur : a) la série originale, b) la série corrigée ; urgences problèmes cardiaques de la RSS6 (Montréal)

2.2.5 Séries utilisées pour la vérification de la correction des composantes

La procédure complète de correction des composantes et de détermination des valeurs extrêmes a été appliquée sur 154 séries chronologiques². Elles correspondent aux 10 catégories de maladies (4 de type hospitalisation et 6 de type urgence) pour 16 RSS du Québec. Notons toutefois que la RSS 10 (Nord du Québec) n'a pas de données pour les visites à l'urgence. Les résultats de la procédure sur ces 154 séries sont présentés dans l'annexe A.

Comme mentionné précédemment, les données d'hospitalisations proviennent de la base de données Med-Echo fournie par le Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec (MSSS). Les catégories de maladies pour les hospitalisations sont basées sur la classification internationale des maladies (CIM-9) et sont présentées dans le Tableau 2-9.

Tableau 2-9 : Catégories de maladies et codes CIM-9 pour les hospitalisations

Catégories	Codes CIM-9
Appareil circulatoire	390-459
Appareil respiratoire	460-519
Appareil digestif	520-579
Traumatismes	800-959

Les données de visites à l'urgence proviennent du registre de la salle d'urgence (J56), dont l'organisme responsable est le MSSS. Les catégories de maladies sont : problèmes cardiaques, troubles respiratoires, troubles digestifs, troubles mentaux et psychosociaux, traumatismes et autres.

Les résultats de l'annexe A montrent que la procédure de correction des composantes et de détermination des valeurs extrêmes est applicable à toutes les séries utilisées dans ce projet. La procédure permet d'équilibrer la distribution des extrêmes et de tenir

² Les 154 séries correspondent à 4 séries d'hospitalisations pour 16 RSS plus 6 séries de visites à l'urgence pour 15 RSS, soit $16 \times 4 + 15 \times 6 = 154$.

compte de composantes telles que la tendance à long terme, la saisonnalité, le jour de la semaine et les jours fériés.

2.3 Principales approches statistiques utilisées

2.3.1 Régression binomiale

La régression binomiale est utilisée lorsque la variable à expliquer (notée Y) suit une distribution binomiale. Dans cette situation, la variable Y possède deux issues, succès ou échec, typiquement notées 1 ou 0 respectivement. Pour cette raison, la régression binomiale est utilisée pour modéliser la probabilité d'apparition d'une issue particulière. Ce type de modèle est fréquemment utilisé en épidémiologie (Rothman et al., 2008) ou pour des événements rares (Van Den Eeckhaut et al., 2006).

Lorsque la variable Y est binaire, la quantité d'intérêt dans la modélisation régressive $E(Y|x)$ correspond à la probabilité $P(Y=1|x)$. Toutefois, cette quantité ne peut être directement dans la régression, exemple $P(Y=1|x) = a \cdot x + b$, parce qu'on ne peut pas assurer que le membre de droite est compris entre 0 et 1. La transformation logit permet de régler le problème et est donnée par :

$$\text{logit}(P) = \log\left(\frac{P}{1-P}\right) \quad \text{pour une probabilité } P \quad (3.1)$$

L'importance de la transformation logit réside également dans le fait qu'elle possède plusieurs autres propriétés dans les modèles de régression (Hosmer et Lemeshow, 2000)

2.3.2 Modèle additif généralisé (GAM)

Le modèle GAM a été introduit par Hastie et Tibshirani (1986) et est une extension du modèle linéaire généralisé (GLM). La formulation générale du modèle GLM est :

$$g\left[E(Y | x)\right] = g(\mu) = \eta = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_m x_m \quad (3.2)$$

où Y suit une distribution de la famille exponentielle, g est la fonction de lien, x_j sont des variables explicatives et α_j sont des paramètres à estimer. Contrairement au GLM, le

modèle GAM possède un prédicteur η consistant en une somme de fonctions lisses (Wood, 2006). En général, un modèle GAM a la structure suivante :

$$g[E(Y|x)] = g(\mu) = \eta = \beta_0 + f_1(x_1) + f_2(x_2) + \dots + f_m(x_m) \quad (3.3)$$

où Y suit une distribution de la famille exponentielle, g est la fonction de lien, x_j est une variable explicative et f_j est une fonction lisse représentée par une somme de fonctions de base $b_i(x)$ telles que :

$$f_j(x_j) = \sum_{i=1}^k b_i(x_j) \beta_i \quad (3.4)$$

où les β_i sont des paramètres inconnus à estimer.

Le principal attrait du modèle GAM est qu'il permet de détecter des effets non linéaires entre les différentes variables explicatives et la variable à expliquer. La sélection des variables explicatives, l'estimation des paramètres, les tests et les choix de modèles sont présentés à la section 2.4 du chapitre III.

2.3.3 Régression logistique dans le cadre des modèles additifs généralisés

Le modèle de régression logistique en tant que tel est un modèle linéaire généralisé (GLM) pour la régression binomiale. Étant donné que les modèles GAM sont une extension des modèles GLM, il est possible de définir la régression logistique dans le cadre des modèles GAM. Pour ce faire, on utilise simplement la fonction logit comme fonction de lien g dans l'équation 3.3 pour obtenir l'expression :

$$g[E(Y|x)] = \log\left(\frac{P(Y=1|x)}{1-P(Y=1|x)}\right) = \beta_0 + f_1(x_1) + f_2(x_2) + \dots + f_m(x_m) \quad (3.5)$$

2.4 Maladies et régions considérées dans l'article

Pour chacune des 154 séries utilisées pour la vérification de la procédure de correction des composantes et de détermination des valeurs extrêmes, les données sanitaires peuvent être séparées en sous-groupes basés sur le sexe et l'âge. En tenant également compte des variations saisonnières du climat en construisant des modèles saisonniers, il en résulte près de 11000 séries (154 séries x 3 groupes pour le sexe [homme, femme et

les deux] x 8 groupes d'âge [0-1, 1-14, 15-24, 25-44, 45-64, 65-74, 75+ et tout âge] x 3 saisons [annuel, été et hiver]). Compte tenu du temps de calcul nécessaire à chaque série (au moins 15 minutes) ainsi que de la quantité importante de résultats à analyser, il a été convenu de réduire le nombre de cas à étudier. Le premier pas a été de combiner les groupes d'âge et de se concentrer sur certaines maladies (Tableau 2-10).

Tableau 2-10 : Groupes d'âge retenus pour chaque catégorie de maladies considérée

Catégories de maladies		Groupes d'âge retenus			
Hospitalisations appareil circulatoire		25 à 64 ans	65 et plus	Tout âge	
Urgences problèmes cardiaques					
Hospitalisations troubles respiratoires			65 et plus	Tout âge	
Urgences appareil respiratoire					
Hospitalisations troubles digestifs	0 à 24 ans	25 à 64 ans	65 et plus	Tout âge	
Urgences appareil digestif					
Hospitalisations traumatismes	0-24 ans	25 à 64 ans	65 et plus	Tout âge	
Urgences traumatismes					

Suite à l'introduction dans le projet de l'indice de défavorisation matériel (IDM) (Pampalon et al., 2009) pour les hospitalisations, le nombre de séries possibles a de nouveau augmenté. Par conséquent, il a été décidé alors de se concentrer sur deux catégories de maladies : urgence problèmes cardiaques et hospitalisation traumatismes (excluant les empoisonnements, codes CIM-9 800-959). Étant donné que cette étude est la première dans son genre et afin de mieux saisir les résultats et les analyses, il a également été décidé de créer la grande région de Montréal, qui comprend les RSS6 (Montréal), RSS13 (Laval) et RSS16 (Montréal). Au total, 45 sous-groupes ont été étudiés, pour un total de 135 modèles (3 modèles par sous-groupe : annuel, été et hiver). Les sous-groupes sont répartis tel qu'indiqué dans le Tableau 3-11.

Tableau 2-11 : Répartition des sous-groupes pour les deux catégories de maladies

Catégorie de maladies	Groupes sexe	Groupes d'âge	IDM	Nombre total de sous-groupes
Urgences problèmes cardiaques	Homme	25 à 64 ans	S.O.	9
	Femme	65 ans et plus		
	Tout	Tout âge		
Hospitalisation traumatismes	Homme	0 à 24 ans	Favorisé	36
	Femme	25 à 64 ans	Défavorisé	
	Tout	65 ans et plus	Tout	
		Tout âge		

S.O. : Sans objet

La procédure de correction des composantes et de détermination des valeurs extrêmes a été appliquée sur la série chronologique de chacun des 45 sous-groupes et les données ont ensuite été séparées par saison. Les résultats de la modélisation de ces 135 modèles sont présentés dans le chapitre III. Pour des raisons de limitations, certains résultats ne sont pas présentés dans l'article. Par conséquent, les tableaux et figures qui ne sont pas dans l'article sont présentés en détail dans les annexes B et C.

Pour clore ce chapitre, la Figure 2-15 présente l'organigramme du travail présenté dans l'article; commençant avec les données brutes et continuant jusqu'à l'obtention des modèles à analyser.

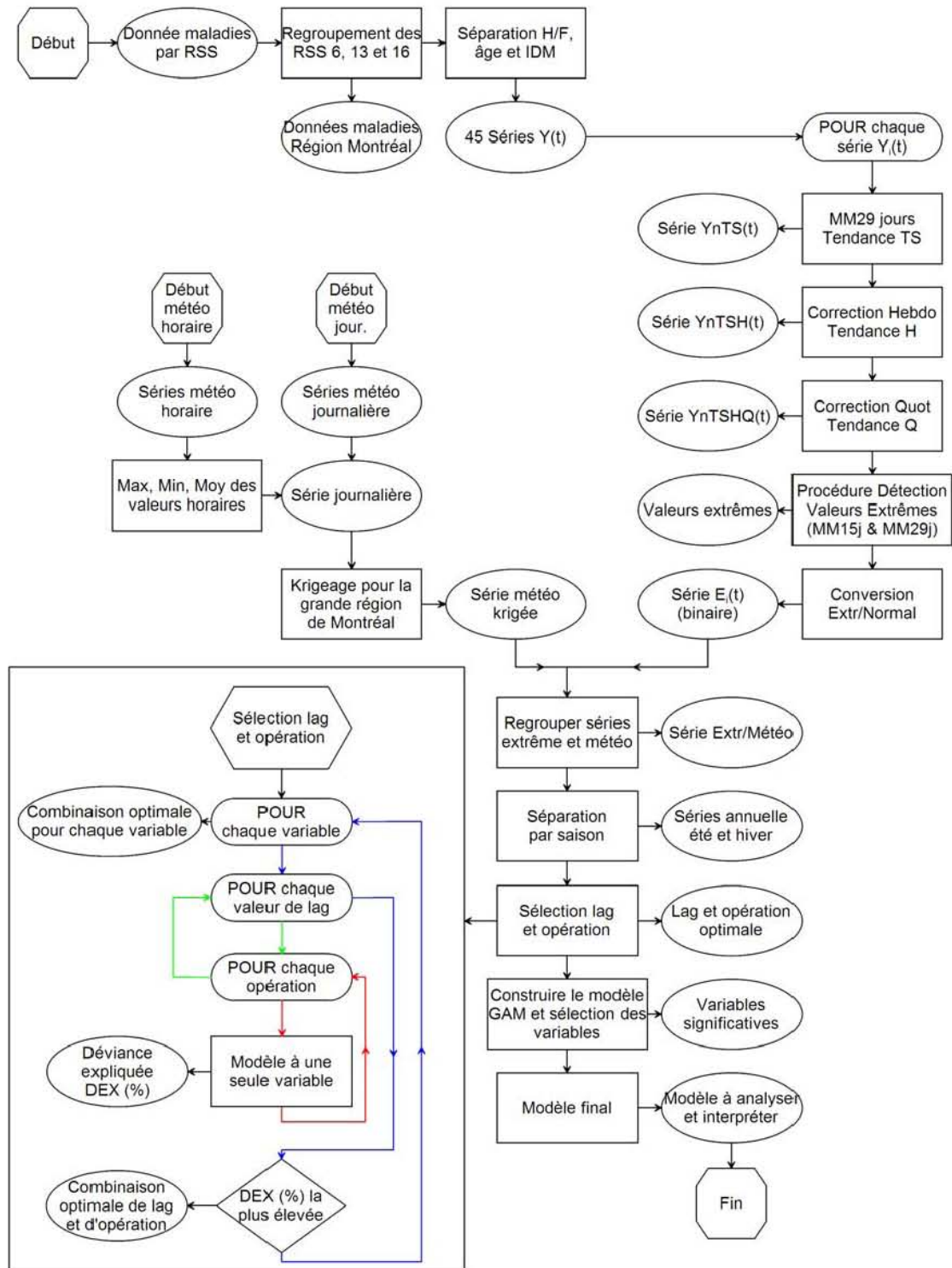


Figure 2-15 : Organigramme complet de l'article

CHAPITRE III : ARTICLE SCIENTIFIQUE

Effet de la météorologie sur la survenue de journées avec valeurs maximales d'incidence de morbidité pour la région de Montréal pendant la période 1988 à 2008

Jean-Xavier Giroux^{1*}, Fateh Chebana¹, Pierre Gosselin², Taha B.M.J. Ouarda¹,
Barbara Martel¹

¹Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau, Terre et Environnement
(INRS-ETE), Québec, Canada

²Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), Québec, Canada.

*Auteur correspondant : jean-xavier.giroux@ete.inrs.ca
jeanxavier.giroux@gmail.com

Abstract

Various studies show association between weather and health for numerous diseases. The present study explores a different aspect of meteorological impact on morbidity in the province of Quebec, Canada and shows meteorological effect on incidence of day with maximum values (peaks) of morbidity incidence. The present study seeks to model the effect of weather on two disease categories, traumatism and cardiovascular diseases, for the Montreal region (Canada) over the 1988-2008 period. Modeling and analyses are made for gender, age and material deprivation index groups. A generalized additive logistic model is used to fit health response with the meteorological conditions up to the seven previous days. Maximum values of morbidity incidence are controlled for long-term trend, seasonality, day of week and holiday effect. Kriging is used to ensure spatially representative meteorological values for the studied region. Results show that cold temperatures and high snow on the ground are associated with an increased risk of maximum morbidity incidence for cardiovascular diseases for the whole year. The presence of precipitation, combined with near freezing point temperatures, is associated with an increased risk of traumatism. The risks associated with other meteorological variables show different shapes depending on the gender, age and the material deprivation index and vary according to the season.

Keyword: Generalized Additive Model, Logistic Regression, Disease, Weather, Montreal

Résumé

Différentes études montrent une association entre la météo et la santé pour diverses maladies. La présente étude explore un aspect différent de l'impact de la météorologie sur la morbidité au Québec. En effet, on s'intéresse à modéliser l'effet de la météorologie sur la survenue de journées avec des valeurs maximales (pointes) d'incidence de traumatismes et de maladies cardiovasculaires pour la grande région de Montréal (Canada) pendant la période 1988 à 2008. La modélisation et l'analyse sont effectuées pour différentes sous-populations basées sur le sexe, l'âge et l'indice de défavorisation matérielle. Une régression logistique dans le cadres des modèles additifs généralisés est utilisée pour modéliser le lien entre la variable de santé et les conditions météorologiques jusqu'à 7 jours précédant l'évènement de santé. Les valeurs maximales d'incidence de morbidité sont contrôlées pour l'effet de la tendance à long terme, de la saisonnalité, des jours de la semaine et des jours fériés. Le krigeage est utilisé pour obtenir des valeurs météorologiques spatialement représentatives de la région étudiée. Les résultats montrent que les températures froides et une épaisseur de neige au sol élevée sont reliées à une augmentation de risque de maladies cardiovasculaires sur l'ensemble de l'année. Pour les traumatismes, la présence de précipitations en hiver, jumelée à des températures près du point de congélation est un facteur de risque, de même que des températures élevées durant l'été. Les risques associés aux autres variables météorologiques sont différents selon le sexe et l'âge et varient selon la saison.

Mots-clés : Modèles additifs généralisés, Régression logistique, Maladie, Météorologie, Montréal

3.1 Introduction

Dans un contexte de changements climatiques, les relations entre la morbidité ou la mortalité et la météorologie sont un champ de recherche actif (WHO, 2009). La connaissance de ces relations permet d'améliorer les optiques de prévention. Différentes maladies sont influencées à différents degrés par la météorologie. À titre d'exemple, les maladies cardiovasculaires sont connues pour être plus fréquentes en hiver (Baker-Blocker, 1982; Registered et Login, 1997; Kloner et al., 1999; Phillips et al., 2004; Barnett et al., 2005; Abrignani et al., 2009), mais également durant certaines heures de la journée et certains jours de la semaine (Ku et al., 2000). D'autres études montrent que les traumatismes peuvent également être influencés par la météorologie (McGregor, 1999; Atherton et al., 2005; Rising et al., 2006; Choi et al., 2007). Des effets retardés (*lag effects*) de la météorologie sur la santé ont été montrés (Carder et al., 2005; Muggeo, 2008; Rocklöv et Forsberg, 2008). Notons que la plupart des études sont réalisées sur la mortalité et suggèrent des relations non linéaires (forme U, J ou V) entre la mortalité quotidienne et certaines variables météorologiques (Doyon et al., 2008).

Par ailleurs, quelques études se concentrant sur la morbidité rapportent des augmentations des hospitalisations quotidiennes pour les maladies cardiovasculaires et respiratoires lors de conditions météorologiques extrêmes dans plusieurs régions du monde : Espagne (Saez et al., 2000), États-Unis d'Amérique (Shao et al., 2008) et Finlande (Mäkinen et al., 2009). Pour la province de Québec, Bayentin et al. (2010) ont reporté des effets similaires pour les cardiopathies ischémiques. Des effets retardés de la température sur la morbidité cardiovasculaire sont également reportés par Schwartz et al. (2004) aux États-Unis d'Amérique. De nombreuses études modélisent le nombre ou le taux de mortalité ou morbidité, en fonction de certaines variables météorologiques, en utilisant diverses méthodes de régression (Braga et al., 2002; Nastos et Matzarakis, 2006; Rising et al., 2006; Bender, 2009; Jiménez et al., 2009; Bayentin et al., 2010).

Dans la présente étude, on s'intéresse aux valeurs maximales d'incidence de morbidité parce qu'elles ont le potentiel de causer le plus d'impacts sur la population et d'entraîner des répercussions dans le réseau de la santé. Le principal objectif de la présente étude est de déterminer les tendances générales de l'impact de la météorologie sur les maximums d'incidence de morbidité et éventuellement d'utiliser cette information dans un but de prévention. Pour y parvenir, on modélise la probabilité de survenue de

journées avec des valeurs maximales d'incidence de morbidité en fonction de variables météorologiques en utilisant la régression logistique dans le cadre des modèles additifs généralisés (GAM pour Generalized Additive Models) (Hastie et Tibshirani, 1986). La régression logistique est utilisée due à la nature binaire des événements de santé et le choix des modèles GAM est motivé par leur plus grande flexibilité par rapport aux modèles entièrement paramétriques ainsi que par l'hypothèse de relations non linéaires entre la météorologie et la morbidité.

L'étude est réalisée pour la grande région de Montréal pendant la période 1988-2008. La région d'étude correspond au plus grand centre urbain de la province de Québec, tout en ayant une superficie relativement faible en comparaison au reste de la province. Deux catégories de maladies sont considérées : visites à l'urgence pour problèmes cardiaques et hospitalisations pour traumatismes. Les maladies cardiovasculaires sont une des principales causes de mortalité et d'invalidité au Québec (Daigle, 2007) et les traumatismes sont une cause importante de morbidité (Hamel, 2001).

Globalement, les températures froides et la présence de neige sont des facteurs de risque pour les maladies cardiaques. De plus, l'humidité élevée est un facteur de risque en été et la présence de précipitations en est un pour l'été et l'hiver. Pour les traumatismes, les conditions météorologiques à risque sont une absence de précipitations combinée à une pression élevée (présence de beau temps) et des températures près du point de congélation (présence de glace au sol).

À la meilleure connaissance des auteurs, aucune étude similaire, s'intéressant aux effets de la météorologie sur les valeurs extrêmes d'incidence de morbidité, n'a été publiée dans la littérature.

3.2 Données et méthodologie

Cette section décrit les données sanitaires (variables expliquées ou dépendantes) et météorologiques (variables explicatives ou indépendantes) et résume l'approche statistique utilisée.

3.2.1 Données sanitaires

Les données brutes utilisées dans cette étude sont le nombre quotidien d'hospitalisations pour traumatismes et de visites à l'urgence pour problèmes cardiaques, de 1988 à 2008. Le nombre total de cas durant la période étudiée s'élève à 353 321 pour les traumatismes et à 1 070 858 pour les problèmes cardiaques. Les données d'hospitalisations proviennent de la base de données Med-Echo fournie par le Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec (MSSS). La catégorie « traumatismes » correspond aux codes CIM-9 800-959. Les données de visites à l'urgence proviennent du registre de la salle d'urgence J56, dont l'organisme responsable est le MSSS. Les données sanitaires ont été fournies par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) pour chaque région sociosanitaire (RSS) du Québec. La grande région de Montréal est composée, dans la présente étude, des RSS de Montréal, Laval et Montérégie (Figure 3-1) et la variable d'intérêt regroupe les cas de morbidité sur l'ensemble de la région d'étude pour chacune des deux catégories de maladies considérées.

Afin d'explorer les différences entre les individus et de faire ressortir l'effet de certains facteurs, des sous-populations sont créées selon le sexe, l'âge et l'indice de défavorisation matériel (IDM). Il est à noter que l'IDM n'est pas disponible pour les données d'urgences. L'IDM est défini par Pampalon et al. (2009) comme un quintile, du plus favorisé (Q_1) au plus défavorisé (Q_5). Les sous-populations résultantes de l'IDM utilisées dans cette étude sont définies en tant que zones favorisées (trois premiers quintiles, noté Q_{1-3}) et zones défavorisées (deux derniers quintiles, noté Q_{4-5}). Les noms des sous-populations sont abrégés dans les tableaux de résultats par H, F et T pour homme, femme et les deux sexes respectivement, suivi du groupe d'âge 0-24, 25-64, 65+ et TA pour le groupe tous les âges. Étant donné les différences saisonnières du climat au Québec, des modèles pour l'été (mai à septembre), l'hiver (novembre à mars)

et l'année (janvier à décembre) sont considérés pour chaque sous-groupe. Cette séparation des saisons a été suggérée par Environnement Canada.

3.2.2 Données météorologiques

Les données météorologiques proviennent du portail de téléchargement DAI d'Environnement Canada (*Données Accès et Intégration*, c.f. <http://loki.gc.ec.gc.ca/DAI/>). Les données des stations météorologiques sont extraites pour le territoire de la grande région de Montréal. Les variables extraites de DAI sont : les températures journalières (maximales, minimales et moyennes), les précipitations totales journalières, la hauteur journalière de neige au sol, la pression atmosphérique horaire et l'humidité relative horaire. Le choix des variables à considérer dans cette étude est fait à la suite d'une revue de littérature sur les liens entre les catégories de maladie choisies et la météorologie (Bhattacharyya et Millham, 2001; Braga et al., 2002; Macgregor, 2003; Atherton et al., 2005; Rising et al., 2006; Abrignani et al., 2009). Le Tableau 3-1 présente un résumé des variables disponibles.

Pour la pression, les valeurs journalières (maximales, minimales et moyennes) sont calculées à partir des valeurs horaires. Pour l'humidité, la valeur maximale est considérée comme celle étant à 6 h et correspond à la procédure utilisée par Environnement Canada pour remédier au problème de données manquantes pour l'humidité horaire. La valeur moyenne quotidienne de l'humidité est la moyenne des valeurs horaires disponibles dans la journée. L'humidité minimale n'est pas utilisée, car elle contenait une quantité importante de données manquantes.

La grande région de Montréal est caractérisée par une superficie importante (environ 12000 km²), un climat variable dû à la géographie et par une population importante (plus de 3.5 millions en date de 2009) dispersée de façon non homogène. Pour ces raisons, la détermination de valeurs météorologiques quotidiennes représentatives de toute la région étudiée à inclure dans le modèle GAM pose problème. Une façon simple d'obtenir une valeur météorologique unique par jour pour toute la région est de se baser sur la moyenne spatiale des stations. Cette méthode a été employée par Bayentin et al. (2010). En se basant sur la moyenne, on ignore l'hétérogénéité spatiale et la superficie des régions. Pour obtenir une valeur plus représentative de toute la zone d'étude, une interpolation spatiale des données météorologiques a été effectuée à l'aide d'un

krigeage ordinaire dans l'espace géographique (Stein, 1999). Le krigeage ordinaire est conceptuellement supérieur à la moyenne spatiale car il produit une estimation linéaire optimale et non biaisée des valeurs inconnues de la variable considérée.

Le krigeage est une technique géostatistique conçue pour étudier des variables spatialement autocorrélées et continues dans l'espace (Isaaks et Srivastava, 1989). Il permet d'interpoler la valeur d'une variable aléatoire à un emplacement non observé à partir des observations des points à proximité. Il tient compte de la distribution et de la structure de corrélation spatiale de la variable à travers des fonctions de structures. L'estimation à un point est obtenue par la pondération des valeurs à proximité, i.e. on attribue un poids plus élevé aux valeurs les plus proches parce qu'elles sont plus susceptibles d'être semblables à la valeur inconnue. L'estimation du krigeage ordinaire est exprimée comme suit :

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n w_i(x_i) Z(x_i) \quad \text{avec} \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1, \quad w_i \geq 0 \quad (1)$$

où Z est la variable d'intérêt, $Z^*(x_0)$ est la valeur estimée de Z au point non observé x_0 , $Z(x_i)$ sont les valeurs connues aux n endroits observés et w_i sont les poids correspondants. Dans la présente étude, les variables d'intérêt sont les variables météorologiques journalières et les n endroits observés correspondent aux stations météorologiques. 222 stations sont utilisées pour la température, les précipitations et la neige (Figure 3-2 a) et 59 pour l'humidité (Figure 3-2 b). Pour la pression, 34 stations du Québec (Figure 3-2 c) et 94 des États-Unis (Figure 3-2 d) sont utilisées.

La valeur quotidienne de chaque variable météorologique, déterminée comme représentative de la région d'étude, est obtenue par la moyenne des valeurs interpolées (par krigeage) pondérée par la taille de la population des municipalités. La pondération est effectuée à l'échelle des municipalités afin d'avoir le découpage le plus fin possible. Les populations utilisées sont celles du recensement de 1996 (milieu de la période). Les stations météorologiques utilisées pour chaque variable météorologique sont illustrée dans la Figure 3-2. Notons que pour la variable pression, le peu de stations disponibles dans la région d'étude a entraîné l'utilisation de stations américaines également, dont les données ont été obtenues à partir du CISL Research Data Archive (c.f. <http://dss.ucar.edu/>) pour effectuer un krigeage plus efficace.

3.2.3 Valeurs maximales d'incidence de morbidité

Les journées avec valeur maximales d'incidence de morbidité sont déterminées par la procédure décrite dans Giroux (2011). Le principe de la procédure est de considérer la série chronologique de morbidité comme une somme de composantes (Cleveland et al., 1990) :

$$Y(t) = T(t) + S(t) + H(t) + Q(t) + R(t) \quad (2)$$

avec Y le nombre de cas au jour t et les différentes composantes : T long terme, S saisonnalité, H jour de la semaine, Q jour de l'année et R résiduelle. En éliminant successivement chaque composante, on isole la composante résiduelle sur laquelle on détecte les maximums d'incidence de morbidité. Les journées sont codées 1 pour valeur maximale et 0 pour valeur non maximale. Les valeurs maximales d'incidence de morbidité correspondent au 99^{ième} percentile de la composante résiduelle, ce qui produit en moyenne environ 3 événements de santé par année. Comme mentionné précédemment, la procédure tient compte de la tendance à long terme, de la saisonnalité, du jour de la semaine et du jour de l'année pour déterminer les journées avec valeurs maximales d'incidence de morbidité.

3.2.4 Modélisation statistique

La régression logistique est utilisée dans le cadre des modèles additifs généralisés (GAM) pour modéliser l'effet de la météorologie sur la survenue de journées avec des valeurs maximales d'incidence de morbidité. Puisqu'on suspecte souvent des effets non linéaires difficiles à spécifier dans un cadre paramétrique, les procédures de lissage non paramétrique de type spline sont de plus en plus utilisées en épidémiologie (Richardson, 2000). Un modèle GAM est une extension du modèle linéaire généralisé (GLM) dans lequel les prédicteurs linéaires deviennent des fonctions lisses des variables, et ayant généralement la structure suivante (Wood, 2006) :

$$g[E(Y | x)] = g(\mu) = \beta_0 + f_1(x_1) + f_2(x_2) + \dots + f_m(x_m) \quad (3)$$

où Y est la variable à expliquer et suit une distribution de la famille exponentielle, g est une fonction de lien qui dépend de la distribution de Y , f_j est une fonction de lissage du prédicteur x_j , représentée par une somme de fonctions de base $b_i(x)$:

$$f_j(x) = \sum_{i=1}^k b_i(x) \beta_i \quad (4)$$

où β_i sont des paramètres inconnus à estimer.

Dans la présente étude, Y (valeurs extrêmes d'incidence de morbidité) suit une distribution binomiale, et les prédicteurs x_j correspondent aux variables météorologiques.

La régression logistique est utilisée pour modéliser la probabilité P de survenue de journées avec valeurs extrêmes d'incidence de morbidité selon les conditions météorologiques. La fonction logistique :

$$P = \Pr(Y = 1 | x) = \frac{1}{1 + e^{-[\beta_0 + f_1(x_1) + f_2(x_2) + \dots + f_m(x_m)]}} \quad (5)$$

est contenue entre 0 et 1 pour toutes valeurs des x_j . L'utilisation du lien logit

$$\text{logit}(P) = \log\left(\frac{P}{1-P}\right) = \beta_0 + f_1(x_1) + f_2(x_2) + \dots + f_m(x_m) \quad (6)$$

permet de rendre additive la fonction logistique pour être utilisée dans les modèles GAM. La fonction logit joue le rôle de la fonction de lien g dans l'équation 3

La modélisation est réalisée avec le package `mgcv` 1.6-1 (Wood, 2006) du logiciel R 2.10.1 (R Development Core Team, 2009). Les bases $b_i(x)$ de l'équation 4) utilisées dans cette étude sont les splines cubiques. Une spline cubique est une courbe construite à partir de sections de polynôme de degré 3 (cubique), liées de sorte que la courbe soit continue ainsi que ses premières et secondes dérivées. Le degré de lissage de chacune des fonctions f_j , est effectuée par la méthode REML (Re-Estimated Maximum Likelihood) et en permettant aux variables explicatives d'être directement éliminées par le programme lors de l'ajustement du modèle. Les intervalles de confiance, pour les fonctions f_j , correspondent aux intervalles de confiance bayésiens à 95%.

Puisque l'effet de la météorologie peut être retardé, des valeurs de lags ont été introduites dans le modèle à travers les variables explicatives. On considère également des opérations sur les valeurs de la variable durant le lag (e.g. le maximum sur les trois jours précédents). En se basant sur la littérature, le lag maximal considéré dans cette étude est de 3 jours sauf pour la température en hiver pour les maladies cardiovasculaires où il est de 7 jours. L'effet à long terme des températures froides

hivernales sur les maladies cardiovasculaires est connu dans la littérature (Baker-Blocker, 1982; Braga et al., 2002; Carder et al., 2005). Le fait d'introduire des lags augmente considérablement le nombre de variables explicatives et ainsi le nombre de modèles à considérer. Pour chaque valeur de lag k (allant de 0 à 3 ou 7), différentes opérations (tel que la moyenne) sont considérées sur les k valeurs précédant la journée T . Pour chaque variable explicative X , ces opérations sont notées de la façon suivante :

- X_lag_k : valeur de X à la journée $T-k$;
- X_min_k : valeur minimale de X des jours $T-k$ à $T-1$ (si $k \geq 2$) ;
- X_max_k : valeur maximale de X des jours $T-k$ à $T-1$ (si $k \geq 2$) ;
- X_moy_k : valeur moyenne de X des jours $T-k$ à $T-1$ (si $k \geq 2$)

Par exemple, la valeur maximale sur les 3 jours précédents pour la variable température moyenne est notée $Tmoy_max_3$.

Pour chaque cas, une combinaison optimale de valeur de lag k et d'opération associée est obtenue pour chaque variable météorologique. La combinaison optimale est celle dont le critère de la déviance expliquée (DEX) est le plus élevé. La DEX peut être interprétée de façon similaire au coefficient de détermination R^2 , mais dans un cadre non linéaire (Midgley et al., 2003). Un modèle préliminaire avec toutes les variables météorologiques considérées est ensuite créé pour chaque cas. Les fonctions de lissage f_j ayant une p-value (test χ^2 que $f_j \neq 0$) inférieure à 0.1 sont retenues pour des modèles finaux, contenant uniquement les variables significatives des modèles préliminaires.

L'analyse et l'interprétation sont effectuées sur les modèles finaux ayant une DEX supérieure à 4%. Le choix d'un seuil minimal, apparemment faible, pour la DEX est motivé par le fait que la météorologie est un facteur parmi d'autres ayant une influence sur la santé humaine et aussi que l'on traite d'événements de santé rares. Par conséquent, il est raisonnable de s'attendre à ce qu'un modèle contenant uniquement des variables météorologiques explique seulement une partie de la déviance du modèle. Malgré que la déviance expliquée puisse être utilisée comme critère de qualité des modèles, elle est rarement reportée dans la littérature, comme le mentionne Leitte et al. (2009). Dans la présente étude, la déviance expliquée des modèles significatifs varie entre 4% et 18%, avec une moyenne de 8%.

3.3 Résultats

Cette section présente les résultats de la modélisation pour les deux catégories de maladies étudiées en commençant par une analyse descriptive. Étant donné que l'on s'intéresse aux événements de santé rares, l'accent est mis sur les conditions météorologiques qui contribuent à faire augmenter le risque de survenue des événements de santé. Les fonctions lisses f_j représentent l'effet des variables explicatives x_j et sont directement interprétables : lorsque leurs valeurs augmentent, le risque augmente et vice-versa. Les unités des fonctions lisses sont des unités de lien (response units) puisque que l'axe des ordonnées est à l'échelle du prédicteur linéaire du modèle (β_0 de l'équation 6).

Le Tableau 3-2 présente la répartition des cas selon le sexe, l'âge et l'IDM pour les deux maladies considérées. Les groupes d'âge considérés pour chaque maladie sont choisis en fonction de leur prévalence : 25 à 64 ans (44%), 65 ans et plus (55%) et tout âge pour urgences problèmes cardiaques; 0 à 24 ans (22%), 25 à 64 ans (42%), 65 ans et plus (36%) et tout âge pour hospitalisations traumatismes. Notons que le groupe 0 à 24 ans n'est pas étudié pour les maladies cardiovasculaires en raison de sa faible prévalence (1,7%). Globalement, l'IDM matériel est disponible pour 93% des cas (97% pour les 0 à 24 ans, 96% pour les 25 à 64 ans et 87% pour les 65 ans et plus). Le sous-groupe des zones favorisées Q_{1-3} contient environ 58% des cas alors que celui des zones défavorisées Q_{4-5} en contient environ 35%.

Le Tableau 3-3 présente des statistiques descriptives sur les variables météorologiques krigées pour l'ensemble de l'année, l'été et l'hiver. La séparation des saisons est justifiée par la différence marquée en terme de climat entre les saisons été et hiver au niveau de la température et de la neige.

3.3.1 Urgences problèmes cardiaques

Le Tableau 3-4 présente la liste des variables significatives des modèles pour chaque saison. Certaines variables ont une valeur de lag qui revient fréquemment. En effet, pour l'humidité maximale et les précipitations, le lag retenu est souvent de 3 jours ; pour l'humidité moyenne et la pression maximale, il est souvent de 0-1 jour. Les autres variables ne montrent pas d'effets similaires pour la valeur de lag retenue.

Sur toute l'année, les deux variables les plus souvent significatives sont la température minimale et l'humidité moyenne (Figure 3-3). Pour l'ensemble de la population, une température minimale en-dessous de -10°C et une pression maximale faible correspondent à une hausse de risque (Figure 3-4 a-b). Par ailleurs, l'effet de l'épaisseur de neige au sol montre une courbe en U avec un minimum de risque entre 10 et 25 cm (Figure 3-4 c). Au niveau des sous-groupes, une température autour de -20°C correspond à une hausse de risque pour les hommes de 25 à 64 ans (Figure 3-4 d), mais à une baisse de risque pour les personnes de 65 ans et plus (Figure 3-4 e). L'humidité moyenne montre un effet similaire (courbe en U, minimum de risque entre 40% et 60%) pour les femmes (Figure 3-4 f) et les hommes (Figure 3-4 g) de 25 à 64 ans.

Pour la saison estivale, la Figure 3-3 montre que la température et les précipitations sont les variables les plus souvent significatives à travers l'ensemble des sous-groupes. Le modèle pour l'ensemble de la population ne contient aucune variable significative. Une hausse de risque est liée à une augmentation de la quantité de précipitations sur 3 jours (en particulier à partir de 20 mm) pour les hommes de 65 ans et plus (Figure 3-5 a) mais exhibe une forme plus complexe (minimum de risque jusqu'à 10 mm suivit d'une hausse) pour les femmes du même âge (Figure 3-5 b). Pour les autres sous-groupes, l'humidité moyenne faible montre une courbe en U (hausse de risque à partir de 60%) pour les femmes de 25 à 64 ans (Figure 3-5 c) et une droite légèrement décroissante pour les hommes de tout âge (Figure 3-5 d). La présence de précipitation est un facteur de risque pour le groupe 25 à 64 ans (Figure 3-5 e) ainsi qu'une température faible pour les 65 ans et plus (Figure 3-5 f).

Pour la saison hivernale, la Figure 3-3 montre que la température minimale, l'humidité moyenne et maximale, ainsi que les précipitations sont les variables les plus souvent significatives. Cependant, pour l'ensemble de la population, une pression maximale faible est un facteur de risque (Figure 3-6 a). Quelques différences basées sur l'âge ou le sexe peuvent être observées pour la saison hivernale. Pour les 25 à 64 ans, l'humidité moyenne montre une courbe croissante (Figure 3-6 b) pour les hommes, une courbe en M (baisse de risque entre 50% et 60% puis hausse de risque entre 60% et 70%) pour les femmes (Figure 3-6 c) et une courbe en U avec un minimum de risque autour de 50% (Figure 3-6 d) pour le groupe d'âge au complet. Toujours pour les 25 à 64 ans, l'humidité maximale montre un maximum de risque autour 60% (Figure 3-6 e) et la

présence de précipitation est également un facteur de risque (Figure 3-6 f), mais pas pour les femmes ni pour les hommes séparément. Pour des sous-groupes spécifiques, la température moyenne montre une droite croissante pour les hommes de 65 ans et plus (Figure 3-6 g) et la température maximale un maximum de risque entre -5°C et 10°C pour les femmes du même âge (Figure 3-6 h).

Globalement, les températures inférieure à -20°C et une épaisseur de neige au sol élevée sont liées à une augmentation de risque de maladies cardiovasculaires sur l'ensemble de l'année. Les précipitations sont un facteur de risque présent durant la saison estivale. L'humidité élevée et les précipitations sont quant à eux des facteurs durant la saison hivernale.

3.3.2 Hospitalisations traumatismes

Le Tableau 3-5 présente les variables significatives des modèles pour chaque saison. Le lag le plus souvent retenu est de 2 à 3 jours pour l'humidité maximale et l'épaisseur de neige au sol ; de 0 à 2 jours pour les précipitations et le jour même pour la température minimale. Les autres variables ne montrent pas de valeur de lag spécifique.

Sur toute l'année, les deux variables les plus souvent significatives sont la pression maximale et les précipitations (Figure 3-7). Pour l'ensemble de la population, une température moyenne juste sous le point de congélation pourrait contribuer à une augmentation de risque (Figure 3-8 a). L'humidité maximale présente peu d'effet (Figure 3-8 b) et les variables de pression (moyenne et maximale) montrent deux effets opposés pour des valeurs faibles (Figure 3-8 c-d). Quelques différences entre les IDM sont présentes pour certains sous-groupes d'âge ou de sexe. En effet, pour les femmes de 25-64 ans des zones favorisées, les précipitations contribuent à une hausse de risque seulement pour des valeurs de quelques millimètres (Figure 3-9 a) alors que pour celles des zones défavorisées, les précipitations montrent une droite croissante (Figure 3-9 b). Pour les zones favorisées, les précipitations présentent des courbes en U similaires, mais avec des lags différents, pour les hommes (valeur minimum sur 2 jour avec minimum de risque autour de 10 mm) (Figure 3-9 c) et les femmes (valeur du jour précédent avec minimum de risque autour de 30 mm) (Figure 3-9 d) de 0 à 24 ans. Les différences entre les genres ou l'IDM pourraient être dues à des comportements distincts lors de précipitations élevées. La température minimale montre une droite

décroissante pour les 65 ans et plus (Figure 3-9 e). Pour les zones défavorisées, la température maximale présente une courbe en U avec un minimum de risque entre 0°C et 10°C pour les hommes de 25 à 64 ans (Figure 3-9 f) et une courbe plus complexe avec un maximum de risque entre 0°C et 5°C pour les femmes du même âge (Figure 3-9 g). Pour ces deux groupes, les températures maximales supérieures à 15°C ont pour effet d'augmenter le risque. Sans regard à l'IDM, une hausse de risque est présente pour une pression maximale élevée pour les femmes (Figure 3-10 a) ainsi que pour une température minimale inférieure à -10°C pour les 65 ans et plus (Figure 3-10 b). De faibles précipitations jusqu'à 5 mm correspondent à une baisse de risque pour les 0 à 24 ans (Figure 3-10 c), mais à une légère hausse pour les 25 à 64 ans (Figure 3-10 d). Encore une fois, les différences entre les groupes d'âges pourraient être dues à des facteurs comportementaux. Une augmentation de risque est observée lors des températures supérieures à 10°C et des pressions élevées pour le sous-groupe 0 à 24 ans (Figure 3-10 e-f). Globalement, la pression est liée à une augmentation de risque lorsqu'elle est élevée alors que la présence de faibles précipitations est reliée à une diminution de risque sauf pour les femmes de 25 à 64 ans des zones défavorisées.

Pour la saison estivale, la température est la variable la plus souvent significative d'après la Figure 3-7. Le modèle pour l'ensemble de la population ne contient aucune variable significative, ce qui montre l'importance de considérer les sous-groupes. Pour les zones défavorisées, la température maximale montre une droite croissante avec un lag de 0 pour les hommes (Figure 3-11 a) et une courbe en U avec un minimum de risque entre 10°C et 20°C pour un lag de 3 jours pour les femmes (Figure 3-11 b). Sans regard à l'IDM, une hausse de risque est associée à l'absence de précipitations ou pour une pression moyenne faible pour les 0 à 24 ans (Figure 3-11 c-d). Une hausse de risque est également associée à une pression moyenne faible pour les hommes (Figure 3-11 e) et à une pression maximale élevée pour les femmes (Figure 3-11 f). On retient que la température maximale a un impact différent sur les hommes et les femmes des zones défavorisées, et ce, sur des échelles de temps différentes.

Pour la saison hivernale, les deux variables les plus souvent significatives sont la pression maximale et les précipitations selon la Figure 3-7. Pour l'ensemble de la population, la température moyenne présente une augmentation de risque pour des températures entre -10°C et 0°C (Figure 3-12 a). Comme pour le modèle sur toute l'année, une augmentation de risque est observée pour les 65 ans et plus lors

de températures moyennes ayant un minimum sur 3 jours en dessous de -10°C (Figure 3-12 b). Une pression maximale élevée correspond à une hausse de risque pour les hommes et les femmes (Figure 3-12 c-d), pour les 0 à 24 ans et les 25 à 64 ans (Figure 3-12 e-f) et pour les zones favorisées et défavorisées séparément (Figure 3-12 g-h). Malgré que la plupart des modèles (Tableau 3-5) aient des variables significatives, il n'y a pas assez de variables significatives en commun entre les sous-groupes pour observer des différences uniquement basées sur le sexe, l'âge ou l'IDM. Les conditions à risque pour la saison hivernale sont des températures autour de -10°C et des pressions élevées.

3.4 Discussion

Comme le suggère la quantité importante d'études liant santé et météorologie, la véritable relation entre la météorologie et les deux catégories de maladies considérées dans cette étude est probablement complexe et influencée par de nombreux autres facteurs socio-économiques et environnementaux. Néanmoins, un lien entre des journées avec des valeurs extrêmes d'incidence de morbidité et les conditions météorologiques des jours précédents est observé dans cette étude. Le fait de s'intéresser aux événements de santé rares comme variable à expliquer conduit à des modèles ayant généralement peu de variables significatives. Pour cette raison, il est difficile de comparer systématiquement les différences d'impact des variables météorologiques sur les différents sous-groupes ou d'interpréter individuellement chaque modèle. Par contre, certaines conclusions générales peuvent être tirées.

Pour la catégorie urgences problèmes cardiaques, une température minimale faible est un facteur de risque sur l'ensemble de l'année pour toute la population. Ce résultat est consistant avec d'autres études telles que Braga et al. (2002) et Carder et al. (2005). Une faible épaisseur de neige est liée à une baisse de risque pour l'ensemble de la population (Figure 3-4 c). Ceci peut s'expliquer par l'effet positif d'une activité légère sur le système cardiovasculaire alors qu'un pelletage trop intense augmente les risques d'infarctus (Spitalnic et al., 1996). Pour la saison estivale, les différences observées entre les deux sexes au niveau des précipitations pour les 65 ans et plus (Figure 3-5 a-b) pourraient être dues à des facteurs comportementaux. Pour la saison hivernale, l'augmentation de risque pour une pression faible (Figure 3-6 a) peut être expliquée par le fait que les systèmes météorologiques de basse pression

sont généralement synonymes de précipitations, donc de neige en hiver (Glickman et al., 2000).

Pour la catégorie hospitalisations traumatismes, les conditions associées à une hausse de risque sont différentes selon les saisons. Pour l'ensemble de l'année, ces conditions sont la présence de précipitations et une pression élevée. Les précipitations peuvent s'expliquer par leurs liens évidents avec la présence de glace lors de températures près du point de congélation (Figure 3-8 a), mais aussi par leur impact sur les conditions routières. La pression élevée, quant à elle, peut être interprétée comme variable indicatrice de beau temps, l'hypothèse étant que les gens pratiquant une activité à l'extérieur sont plus susceptibles d'être victimes de traumatisme (Atherton et al., 2005). Une température et une pression élevées comme facteur de risque pour plusieurs sous-groupes est en accord avec d'autres études antérieures, telle que Bhattacharyya et Millham (2001). Pour la saison hivernale, les risques sont accrus pour l'ensemble de la population lors de températures près du point de congélation. Ce facteur peut s'expliquer par la possibilité de dégel autour de ces températures. Les précipitations peuvent également se transformer en glace, ce qui augmente le risque de chute.

La forte occurrence de la pression comme variable significative dans les modèles pour les hospitalisations traumatismes est possiblement due au fait que la variable a une faible variation. En effet, le Tableau 3-3 montre un écart-type faible de la pression, comparé aux autres variables. Dans une optique de prédiction, malgré que les autres variables aient des interprétations plus directes, l'inclusion de la pression comme variable explicative est intéressante puisque c'est une des variables les mieux modélisées lors de simulations climatiques (Gleckler et al., 2008; Johnson et Sharma, 2009).

Limites de l'étude

Cette étude comporte certaines limites. Premièrement, les informations disponibles pour l'IDM permettent seulement des analyses qualitatives puisqu'il n'est pas individuellement défini pour chaque patient. De plus, la considération d'événements de santé rares rend plus difficile l'obtention de variables significatives dans les modèles, menant à une difficulté à comparer l'effet d'une variable entre les différents sous-groupes. La considération de classes de maladies générales pourrait être également en cause. En effet de nombreuses études montrent des effets différents de la météorologie sur des

maladies plus spécifiques, e.g. sur les AVC ischémiques et hémorragiques (Berginer et al., 1989; Feigin et al., 2000; Dawson et al., 2008; Jimenez-Conde et al., 2008) ou sur les cardiopathies ischémiques, les AVC et les autres maladies du système circulatoire (Laaidi et al., 2006).

3.5 Conclusion

Malgré que les résultats obtenus doivent être considérés comme exploratoires, il y a un impact de la météorologie sur la survenue de journées avec valeurs extrêmes d'incidence de morbidité pour problèmes cardiaques et pour traumatismes. La plupart des conditions météorologiques à risque identifiées dans la présente étude sont consistantes avec les études existantes. Les températures inférieures à -10°C ou une épaisseur de neige au sol élevée sont associées à un risque accru de maladies cardiovasculaires sur l'ensemble de l'année. L'humidité est un facteur important durant l'hiver et les précipitations sont un facteur de risque durant la saison estivale et hivernale. Pour les traumatismes, la présence de précipitations en hiver, combinée à des températures près du point de congélation, est le principal facteur de risque, ainsi que des températures élevées durant l'été. L'impact des autres variables météorologiques est différent selon le sexe et l'âge et varie selon la saison. L'étude montre également que la régression logistique dans le cadre des modèles additifs généralisés peut être appliquée à un problème de santé humaine.

Remerciements

Les auteurs remercient Christian Charron et Steve Toutant pour leur assistance dans l'extraction des données. Les auteurs souhaiteraient remercier l'équipe de Données Accès et Intégration (DAI) qui a fourni les données et le soutien technique. Le portail de téléchargement DAI (<http://loki.gc.ec.gc.ca/DAI/>) est le fruit de la collaboration entre le Centre de recherche sur les changements climatiques et l'environnement global (C3EG), la Division de recherche sur l'adaptation et les répercussions (DRAR) d'Environnement Canada, et le réseau de recherche sur la sécheresse (DRI).

Ce projet de recherche conjoint de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) et de l'Institut national de la recherche scientifique – Centre Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE) a été financé par le Fonds vert dans le cadre de l'Action 21 du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques (PACC).

Détail sur les auteurs

¹Institut national de la recherche scientifique - Centre Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE), 490, rue de la Couronne, Québec, QC G1K 9A9, Canada.

²Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), 945, avenue Wolfe, Québec, QC G1V5B3, Canada

Contribution des auteurs

Tous les auteurs ont contribué à la conception de l'étude, à la récolte et à l'interprétation des données ainsi qu'à l'ébauche et la révision de l'article. Tous les auteurs ont approuvé la version soumise pour publication.

Déclaration de conflit d'intérêts

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas de conflits d'intérêts.

Références

- Abrignani, M. G., S. Corrao, G. B. Biondo, N. Renda, A. Braschi, G. Novo, A. D. Girolamo, G. B. Braschi and S. Novo (2009). "Influence of climatic variables on acute myocardial infarction hospital admissions." *International Journal of Cardiology* **137**(2): 123-129.
- Atherton, W. G., W. M. Harper and K. R. Abrams (2005). "A year's trauma admissions and the effect of the weather." *Injury* **36**(1): 40-46.
- Baker-Blocker, A. (1982). "Winter weather and cardiovascular mortality in Minneapolis-St. Paul." *Am J Public Health* **72**(3): 261-265.
- Barnett, A., A. Dobson, P. McElduff, V. Salomaa, K. Kuulasmaa and S. Sans (2005). "Cold periods and coronary events: an analysis of populations worldwide." *Journal of Epidemiology and Community Health* **59**(7): 551.
- Bayentin, L., S. El Adlouni, T. Ouarda, P. Gosselin, B. Doyon and F. Chebana (2010). "Spatial variability of climate effects on ischemic heart disease hospitalization rates for the period 1989-2006 in Quebec, Canada."
- Bender, R. (2009). Introduction to the Use of Regression Models in Epidemiology. *Cancer Epidemiology*: 179-195.
- Berginer, V., J. Goldsmith, U. Batz, H. Vardi and Y. Shapiro (1989). "Clustering of strokes in association with meteorologic factors in the Negev Desert of Israel: 1981-1983." *Stroke* **20**(1): 65.
- Bhattacharyya, T. and F. H. Millham (2001). "Relationship between weather and seasonal factors and trauma admission volume at a level I trauma center." *Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care* **51**(1): 118-122.
- Braga, A. L. F., A. Zanobetti and J. Schwartz (2002). "The effect of weather on respiratory and cardiovascular deaths in 12 U.S. cities." *Environmental Health Perspectives* **110**(9): 859-863.
- Carder, M., R. McNamee, I. Beverland, R. Elton, G. R. Cohen, J. Boyd and R. M. Agius (2005). "The lagged effect of cold temperature and wind chill on cardiorespiratory mortality in Scotland." *Occupational and Environmental Medicine* **62**(10): 702-710.
- Choi, S. H., S. W. Lee, Y. S. Hong, S. J. Kim and N. H. Kim (2007). "Effects of atmospheric temperature and humidity on outbreak of diseases." *EMA - Emergency Medicine Australasia* **19**(6): 501-508.
- Cleveland, R. B., W. S. Cleveland, J. E. McRae and I. Terpenning (1990). "STL: A Seasonal-Trend Decomposition Procedure Based on LOESS." *Journal of Official Statistics* **6**(1).

- Daigle, J.-M. (2007). Les maladies du coeur et les maladies vasculaires cérébrales - Prévalence, morbidité et mortalité au Québec. Québec, INSPQ, ISBN : 978-2-550-49167-5.
- Dawson, J., C. Weir, F. Wright, C. Bryden, S. Aslanyan, K. Lees, W. Bird and M. Walters (2008). "Associations between meteorological variables and acute stroke hospital admissions in the west of Scotland." *Acta Neurologica Scandinavica* **117**(2): 85-89.
- Doyon, B., D. Bélanger and P. Gosselin (2008). "The potential impact of climate change on annual and seasonal mortality for three cities in Québec, Canada." *International Journal of Health Geographics* **7**(1): 23.
- Feigin, V., Y. Nikitin, M. Bots, T. Vinogradova and D. Grobbee (2000). "A population-based study of the associations of stroke occurrence with weather parameters in Siberia, Russia (1982–92)." *European Journal of Neurology* **7**(2): 171-178.
- Giroux, J.-X. (2011). "Effet de la météorologie sur la morbidité extrême au Québec." Mémoire de maîtrise en science de l'eau (Université du Québec. Institut national de la recherche scientifique, Québec). 300 p.
- Gleckler, P. J., K. E. Taylor and C. Doutriaux (2008). "Performance metrics for climate models." *J. Geophys. Res.* **113**(D6): D06104.
- Glickman, T., M. Frey, R. Hendl and R. Podsiadlo (2000). *Glossary of meteorology*, American Meteorological Society Boston, Mass.:
- Hamel, D. (2001). Évolution des traumatismes au Québec de 1991 à 1999. Québec, INSPQ, ISBN : 2-550-38160-2.
- Hastie, T. and R. Tibshirani (1986). "Generalized Additive Models." *Statistical Science* **1**(3): 297-310.
- Isaaks, E. and R. Srivastava (1989). *Applied geostatistics*, Oxford University Press New York.
- Jimenez-Conde, J., A. Ois, M. Gomis, A. Rodriguez-Campello, E. Cuadrado-Godia, I. Subirana and J. Roquer (2008). "Weather as a Trigger of Stroke." *Cerebrovascular Diseases* **26**(4): 348-354.
- Jiménez, E., C. Linares, L. F. Rodríguez, M. J. Bleda and J. Díaz (2009). "Short-term impact of particulate matter (PM_{2.5}) on daily mortality among the over-75 age group in Madrid (Spain)." *Science of The Total Environment* **407**(21): 5486-5492.
- Johnson, F. and A. Sharma (2009). "Measurement of GCM skill in predicting variables relevant for hydroclimatological assessments." *Journal of Climate* **22**: 4373-4382.
- Kloner, R., W. Poole and R. Perritt (1999). "When throughout the year is coronary death most likely to occur?: A 12-year population-based analysis of more than 220 000 cases." *Circulation* **100**(15): 1630.
- Ku, C., C. Yang, W. Lee, H. Chiang, C. Liu and S. Lin (2000). "Absence of a seasonal variation in myocardial infarction onset in a region without temperature extremes." *Cardiology* **89**(4): 277-282.

- Laaidi, M., K. Laaidi and J. Besancenot (2006). "Temperature-related mortality in France, a comparison between regions with different climates from the perspective of global warming." *International Journal of Biometeorology* **51**(2): 145-153.
- Leitte, A. M., C. Petrescu, U. Franck, M. Richter, O. Suci, R. Ionovici, O. Herbarth and U. Schlink (2009). "Respiratory health, effects of ambient air pollution and its modification by air humidity in Drobeta-Turnu Severin, Romania." *Science of The Total Environment* **407**(13): 4004-4011.
- Macgregor, D. M. (2003). "Effect of weather on attendance with injury at a paediatric emergency department." *Emergency Medicine Journal* **20**(2): 204-205.
- Mäkinen, T., R. Juvonen, J. Jokelainen, T. Harju, A. Peitso, A. Bloigu, S. Silvennoinen-Kassinen, M. Leinonen and J. Hassi (2009). "Cold temperature and low humidity are associated with increased occurrence of respiratory tract infections." *Respiratory Medicine* **103**(3): 456-462.
- McGregor, G. R. (1999). "Winter ischaemic heart disease deaths in Birmingham, United Kingdom: a synoptic climatological analysis." *Climate Research* **13**(1): 17-31.
- Midgley, G., L. Hannah, D. Millar, W. Thuiller and A. Booth (2003). "Developing regional and species-level assessments of climate change impacts on biodiversity in the Cape Floristic Region." *Biological Conservation* **112**(1-2): 87-97.
- Muggeo, V. M. R. (2008). "Modeling temperature effects on mortality: Multiple segmented relationships with common break points." *Biostatistics* **9**(4): 613-620.
- Nastos, P. T. and A. Matzarakis (2006). "Weather impacts on respiratory infections in Athens, Greece." *International Journal of Biometeorology* **50**(6): 358-369.
- Pampalon, R., D. Hamel, P. Gamache and G. Raymond (2009). "A deprivation index for health planning in Canada." *Chronic Diseases in Canada* **29**(4).
- Phillips, D., J. Jarvinen, I. Abramson and R. Phillips (2004). "Cardiac mortality is higher around Christmas and New Year's than at any other time: the holidays as a risk factor for death." *Circulation* **110**(25): 3781.
- R Development Core Team (2009). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>.
- Registered, A. and P. Login (1997). "Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe." *The Lancet* **349**(9062): 1341-1346.
- Richardson, S. (2000). "Problèmes méthodologiques dans les études écologiques santé-environnement: Methodological problems in ecological studies of health-environment effects." *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie* **323**(7): 611-616.

- Rising, W. R., J. A. O'Daniel and C. S. Roberts (2006). "Correlating weather and trauma admissions at a level I trauma center." *Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care* **60**(5): 1096-1110.
- Rocklöv, J. and B. Forsberg (2008). "The effect of temperature on mortality in Stockholm 1998--2003: A study of lag structures and heatwave effects." *Scand J Public Health* **36**(5): 516-523.
- Saez, M., J. Sunyer, A. Tobias, F. Ballester and J. Anto (2000). "Ischaemic heart disease mortality and weather temperature in Barcelona, Spain." *European Journal of Public Health* **10**(1): 58-63.
- Schwartz, J., J. Samet and J. Patz (2004). "Hospital admissions for heart disease: the effects of temperature and humidity." *Epidemiology*: 755-761.
- Shao, L., M. Luo, R. Walker, X. Liu, S. Hwang and C. Robert (2008). "Impact of Hot Weather Conditions on Respiratory and Cardiovascular Hospital Admissions in New York City, USA." *Epidemiology* **19**(6): S302.
- Spitalnic, S. J., L. Jagminas and J. Cox (1996). "An association between snowfall and ED presentation of cardiac arrest." *American Journal of Emergency Medicine* **14**(6): 572-573.
- Stein, M. (1999). *Interpolation of Spatial Data: some theory for kriging*, Springer Verlag.
- WHO (2009). *Protecting health from climate change, global research priorities*. Geneva, World Health Organization, Available from : <http://www.who.int/globalchange/publications/9789241598187/en/index.html>.
- Wood, S. (2006). *Generalized additive models: an introduction with R*, CRC Press.

Tableau 3-1 : Liste des variables météorologiques

Variable		Unité	Journalière/horaire
Température	maximale	°C	Journalière
	minimale		
	moyenne		
Précipitation totale		Mm	
Épaisseur de neige au sol		Cm	
Pression atmosphérique		kPa	Horaire
Humidité relative		%	

Tableau 3-2 : Répartition des cas selon l'âge, le sexe et l'IDM.

	Âge	IDM	Homme	Femme	Tout
Urgences problèmes cardiaques	0-24	N/A	8528 (0,8%)	9411 (0,9%)	17939 (1,7%)
	25-64	N/A	186795 (17,4%)	281971 (26,3%)	468766 (43,8%)
	65+	N/A	316276 (29,5%)	267877 (25,0%)	584153 (54,6%)
	Tout	N/A	511599 (47,8%)	559259 (52,2%)	1070858 (100,0%)
Hospitalisations traumatismes		Q ₁₋₃	14225 (4,0%)	31892 (9,0%)	46117 (13,1%)
	0-24	Q ₄₋₅	8851 (2,5%)	20271 (5,7%)	29122 (8,2%)
		Tout	23857 (6,8%)	53947 (15,3%)	77804 (22,0%)
		Q ₁₋₃	30989 (8,8%)	56623 (16,0%)	87612 (24,8)
	25-64	Q ₄₋₅	18204 (5,2%)	36637 (10,4%)	54841 (15,5%)
		Tout	51260 (14,5%)	97660 (27,6%)	148920 (42,1%)
		Q ₁₋₃	52921 (15,0%)	18711 (5,3%)	71632 (20,3%)
	65+	Q ₄₋₅	27699 (7,8%)	10448 (3,0%)	38147 (10,8%)
		Tout	94009 (26,6%)	32588 (9,2%)	126597 (35,8%)
		Q ₁₋₃	98135 (27,8%)	107226 (30,3%)	205361 (58,1%)
	Tout	Q ₄₋₅	54754 (15,5%)	67356 (19,1%)	122110 (34,6%)
		Tout	169126 (47,9%)	184195 (52,1%)	353321 (100,0%)

Tableau 3-3 : Statistiques descriptives des valeurs météorologiques krigées

Variables	Moyenne			Écart-type			Médiane			Minimum			Maximum		
	Ann	Été	Hiv	Ann	Été	Hiv	Ann	Été	Hiv	Ann	Été	Hiv	Ann	Été	Hiv
Tmin (°C)	1,3	9,4	-7,2	9,1	3,7	6,4	2,0	9,8	-6,6	-28,1	-1,7	-28,1	18,8	18,8	8,9
Tmoy (°C)	5,1	13,7	-3,8	9,2	3,5	5,8	5,7	14,1	-3,3	-21,7	2,8	-21,7	22,7	22,7	11,3
Tmax (°C)	8,9	17,9	-0,3	9,6	3,9	5,6	9,4	18,4	0,1	-18,3	4,5	-18,3	26,9	26,9	16,7
Hmoy (%)	56,3	55,8	57,4	9,2	8,8	9,0	56,9	56,4	57,8	24,1	24,1	30,6	76,9	75,8	76,9
Hmax (%)	63,5	65,5	61,5	8,5	7,6	8,5	64,7	67,2	62,2	31,9	32,8	33,5	77,7	77,3	77,5
Pmin (kPa)	99,7	99,7	99,7	0,9	0,7	1,0	99,7	99,8	99,7	95,6	97,0	95,6	102,8	102,1	102,8
Pmoy (kPa)	100,1	100,0	100,2	0,8	0,6	0,9	100,1	100,0	100,2	97,0	97,6	97,1	103,2	102,3	103,2
Pmax (kPa)	100,5	100,3	100,7	0,8	0,6	0,9	100,5	100,3	100,7	97,4	97,9	97,4	103,7	102,6	103,7
Prec (mm)	2,2	2,4	2,0	4,3	4,6	3,8	0,3	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	73,9	51,2	73,9
Neige (cm)	4,9	0,0	11,3	9,2	0,0	11,1	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	55,9	0,0	55,9

Tableau 3-4 : Variables significatives pour les modèles de la catégorie urgences problèmes cardiaques

Saison	Groupe	DEX (%)	Variables significatives			
Annuel	H.25-64	5,8	Tmax_min_3	Hmoy_lag_0	Hmax_min_3	
	T.25-64	5,1	Tmin_max_3	Hmoy_lag_1	Hmax_min_3	Neige_lag_0
	T.TA	5,3	Tmin_lag_3	Pmax_lag_0	Neige_lag_0	
Été	H.65+	6,6	Prec_max_3			
	H.TA	12,0	Hmax_lag_3	Prec_lag_2		
	F.65+	4,1	Prec_max_3			
	T.25-64	7,7	Tmin_lag_1	Prec_lag_0		
Hiver	H.25-64	8,5	Hmoy_lag_0	Hmax_lag_3		
	H.65+	7,8	Tmoy_lag_0	Hmax_max_2	Prec_lag_1	
	F.25-64	13,8	Hmoy_moy_2	Pmoy_max_2	Pmax_lag_0	
	F.65+	4,9	Tmax_lag_1			
	F.TA	8,0	Tmin_max_5	Hmax_lag_1	Prec_max_3	
	T.25-64	11,2	Tmoy_lag_7	Hmoy_lag_0	Hmax_lag_3	Prec_lag_1
	T.TA	4,7	Pmax_lag_0			

* Les sous-groupes qui n'apparaissent pas n'ont pas de variables significatives et/ou une déviance expliquée suffisamment élevée.

Tableau 3-5 : Variables significatives pour les modèles de la catégorie hospitalisations traumatismes

Saison	IDM	Groupe	DEX (%)	Variables significatives			
Annuel	Q ₁₋₃	F.65+	8,2	Tmin_lag_0	Hmoy_lag_2	Pmin_lag_2	Pmax_moy_3
		F.TA	5,7	Hmoy_lag_3	Pmax_max_2		
		T.25-64	7,0	Tmax_min_2	Pmax_lag_1		
		T.TA	12,5	Tmin_lag_0	Pmoy_max_3	Pmax_max_3	Prec_lag_0
	Q ₄₋₅	F.25-64	9,7	Tmax_max_3	Hmax_lag_0	Pmax_lag_0	Prec_max_2
		T.TA	8,1	Tmoy_moy_2	Tmax_min_3	Hmoy_lag_1	Pmax_max_2
	Tout	H.0-24	4,2	Tmax_lag_0	Pmin_lag_0	Prec_lag_1	
		H.65+	4,4	Tmin_lag_3	Pmin_lag_0		
		H.TA	7,9	Hmax_min_2	Pmax_max_3	Prec_min_2	Neige_moy_2
		F.0-24	5,4	Tmax_max_2	Pmoy_max_2		
		F.25-64	12,9	Tmin_moy_3	Tmoy_lag_0	Hmoy_lag_0	Pmax_max_2
		F.TA	5,1	Pmax_lag_1			
		T.0-24	4,4	Tmax_lag_0	Pmax_lag_0	Prec_lag_1	
		T.25-64	5,0	Hmoy_min_3	Hmax_min_3	Prec_lag_3	
		T.TA	14,2	Tmoy_lag_0	Hmax_max_2	Pmoy_max_3	Pmax_max_3
Été	Q ₁₋₃	H.0-24	4,5	Tmoy_min_2			
		H.25-64	4,8	Tmin_lag_0	Tmax_lag_0		
		F.0-24	4,0	Tmin_lag_3			
		F.65+	7,2	Tmoy_lag_0			
		T.0-24	9,0	Tmoy_min_3	Pmoy_max_2	Prec_min_2	
		T.65+	9,8	Prec_lag_1			
	Q ₄₋₅	H.25-64	4,5	Hmoy_lag_1			
		H.TA	5,8	Tmax_lag_0	Hmoy_min_2		
		F.25-64	6,4	Prec_lag_0			
		F.TA	11,8	Tmax_lag_3	Prec_lag_1		
		T.25-64	10,1	Prec_lag_0			
		T.TA	7,0	Tmin_lag_1	Tmax_min_3		
	Tout	H.TA	5,8	Pmoy_max_3			
		F.0-24	5,2	Tmax_lag_3			
		F.TA	16,1	Pmax_lag_0			

Tableau 3-5 : Variables significatives pour les modèles de la catégorie hospitalisations traumatismes (suite)

Saison	IDM	Groupe	DEX (%)	Variables significatives			
Hiver	Q ₁₋₃	H.0-24	6,6	Hmax_lag_3	Prec_min_2		
		H.25-64	4,7	Tmoy_min_3			
		H.65+	5,1	Prec_moy_3			
		H.TA	11,6	Hmoy_lag_3	Pmoy_lag_0	Pmax_lag_0	
		F.TA	7,5	Hmoy_moy_3	Hmax_moy_3	Pmax_max_2	
		T.0-24	17,5	Hmax_lag_2	Pmax_moy_3		
		T.25-64	16,4	Tmoy_lag_1	Pmax_lag_1	Prec_lag_0	
		T.TA	14,9	Tmin_lag_0	Hmoy_lag_3	Pmax_sum_3	Prec_lag_0
	Q ₄₋₅	H.25-64	9,7	Hmax_lag_3	Prec_lag_3		
		H.65+	11,9	Tmin_moy_3	Pmax_min_2	Prec_moy_2	
		T.0-24	9,0	Tmoy_min_3			
		T.25-64	8,3	Tmax_max_2	Hmax_min_3	Prec_lag_3	
		T.65+	4,4	Tmin_lag_0	Hmoy_lag_0		
		T.TA	16,3	Tmoy_min_2	Tmax_lag_2	Hmoy_lag_0	Pmoy_lag_0
	Tout	H.0-24	15,4	Tmin_lag_0	Pmax_lag_3		
		H.25-64	11,6	Tmoy_lag_1	Tmax_max_2	Hmax_lag_0	
		H.65+	8,1	Tmin_lag_3	Pmin_lag_0	Pmax_min_2	
		F.0-24	4,1	Neige_lag_3			
		F.25-64	14,1	Tmin_min_3	Tmax_min_3	Hmax_min_2	Pmax_max_2
		F.TA	4,9	Pmax_lag_1	Prec_lag_0		Prec_lag_0
		T.25-64	11,1	Hmax_min_3	Pmin_min_3	Pmax_max_2	Prec_lag_0
		T.65+	4,8	Tmoy_min_3			
		T.TA	11,4	Tmoy_lag_0	Hmoy_lag_1	Hmax_lag_1	

* Les sous-groupes qui n'apparaissent pas n'ont pas de variables significatives et/ou une déviance expliquée suffisamment élevée.

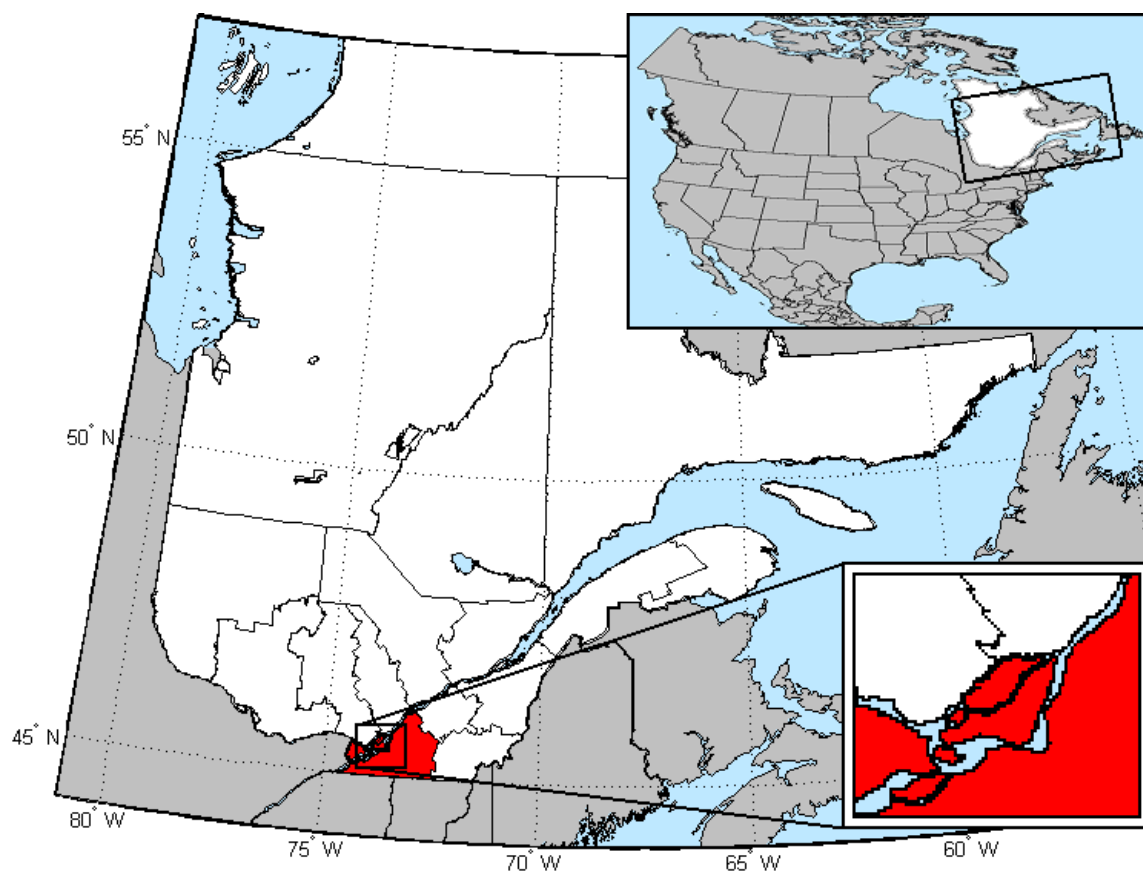


Figure 3-1 : Limites géographiques de la grande région de Montréal (en rouge)

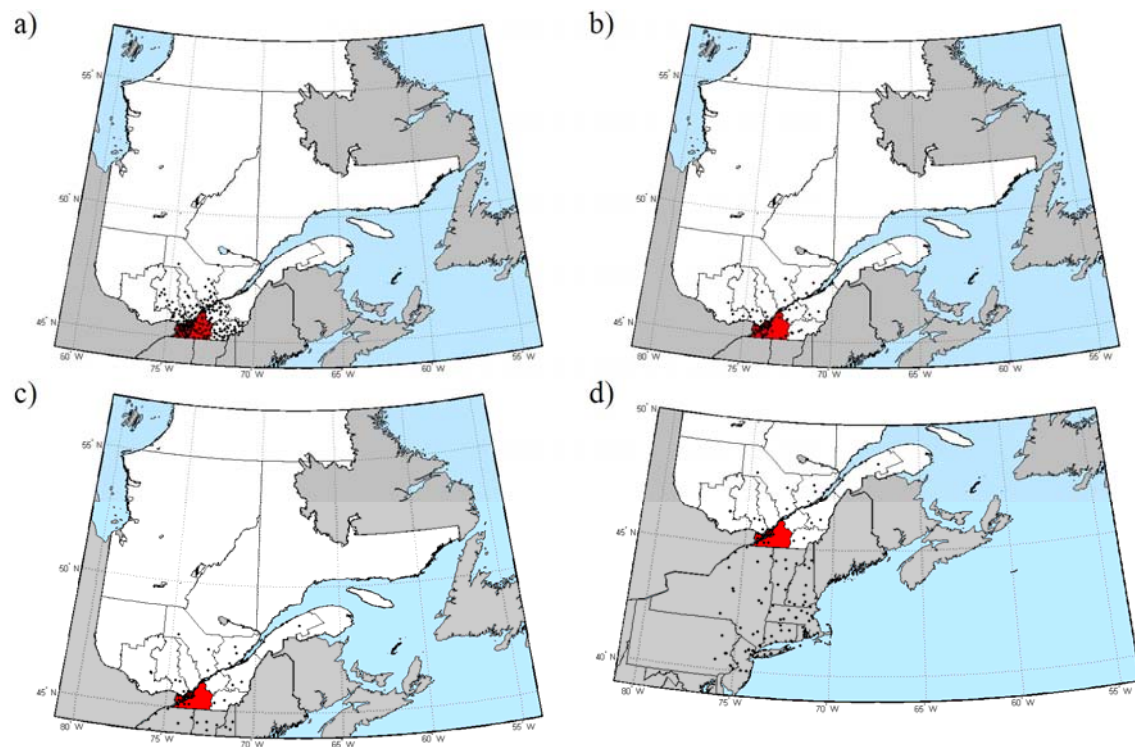


Figure 3-2 : Stations météorologiques utilisées pour le krigeage : a) de la température, des précipitations et de l'épaisseur de neige au sol, b) de l'humidité, c-d) de la pression.

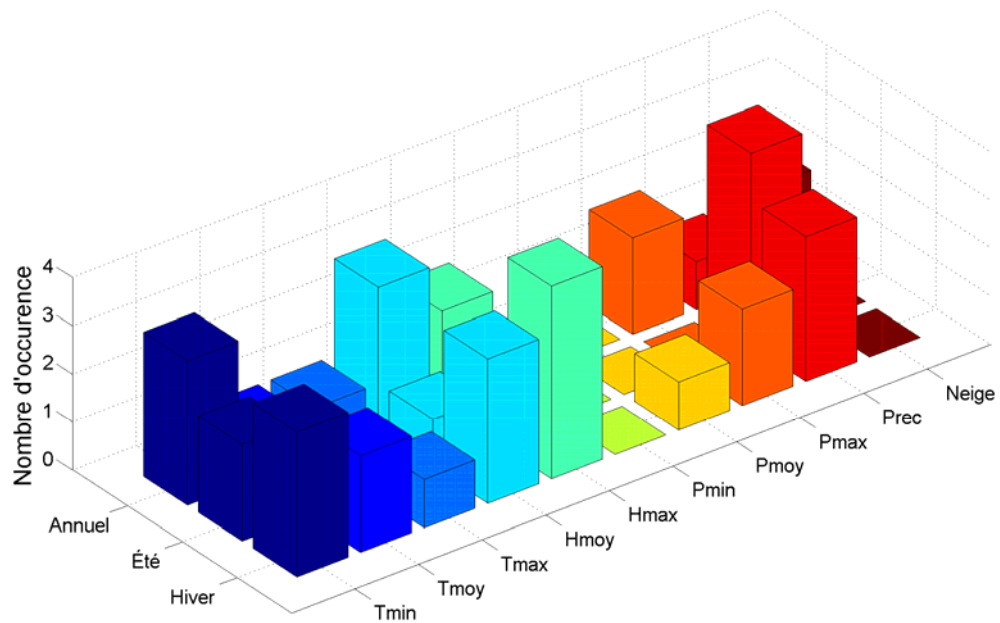


Figure 3-3 : Nombre d'occurrences significatives des variables météorologiques pour chaque saison pour la catégorie de maladies urgences problèmes cardiaques.

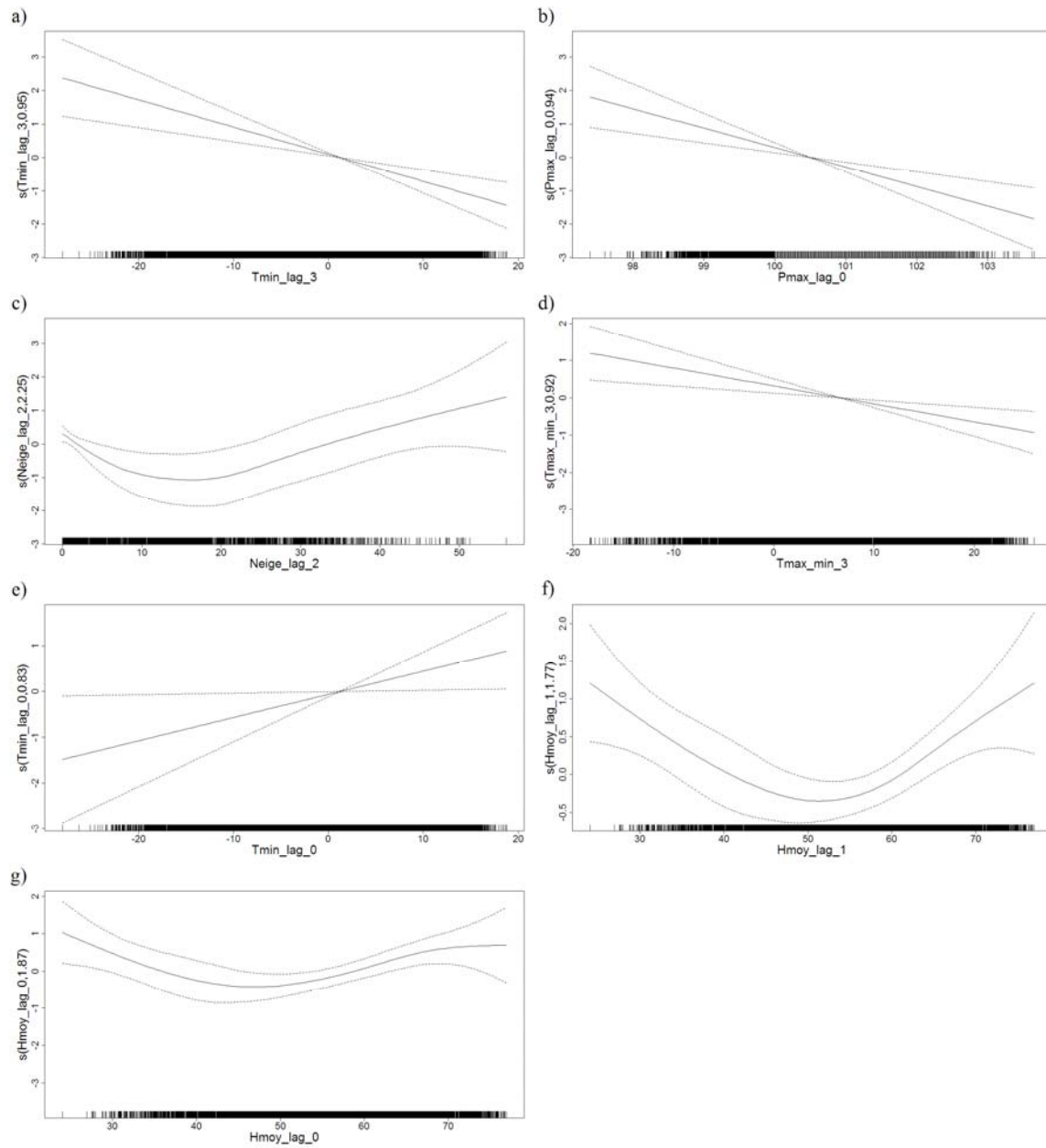


Figure 3-4 : Modèle annuel, urgences problèmes cardiaques, effet de : a) la température minimale pour l'ensemble de la population, b) la pression maximale pour l'ensemble de la population, c) l'épaisseur de neige au sol pour l'ensemble de la population, d) la température maximale pour les hommes de 25-64 ans, e) la température minimale pour les 65 ans et plus, f) l'humidité moyenne pour les femmes de 25-64 ans, g) l'humidité moyenne pour les hommes de 25-64 ans

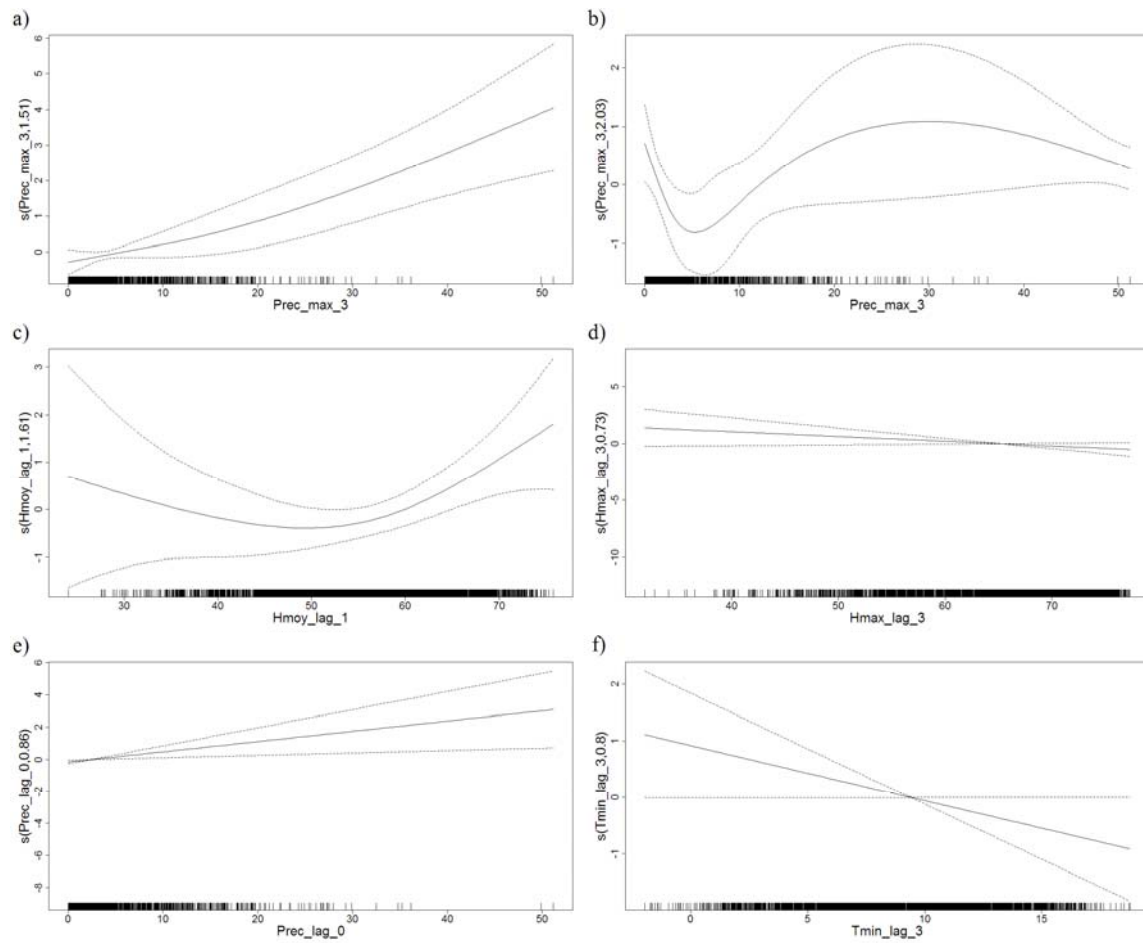


Figure 3-5 : Modèle été, urgences problèmes cardiaques, effet : a) de précipitations pour les hommes de 65 ans et plus, b) des précipitations pour les femmes de 65 ans et plus, c) de l'humidité moyenne pour les femmes de 25 à 64 ans, d) de l'humidité maximale pour les hommes de tout âge, e) des précipitations pour les 25 à 64 ans, f) de la température minimale pour les 65 ans et plus

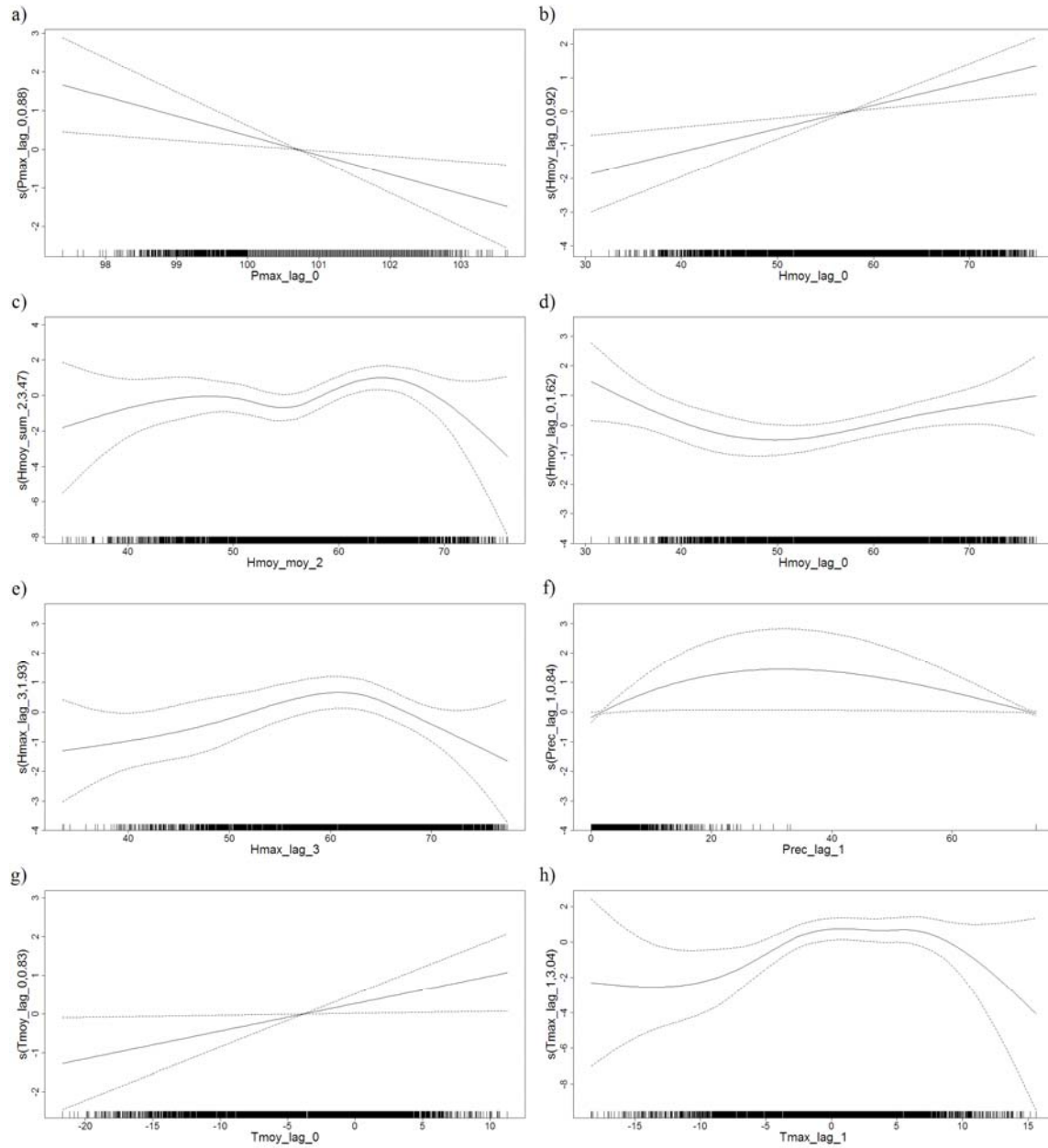


Figure 3-6 : Modèle hiver, urgences problèmes cardiaques, effet : a) de la pression maximale pour l'ensemble de la population, b) de l'humidité moyenne pour les hommes de 25 à 64 ans, c) de l'humidité moyenne pour les femmes de 25 à 64 ans, d) de l'humidité moyenne pour les 25 à 64 ans, e) de l'humidité maximale pour les 25 à 64 ans, f) des précipitations pour les 25 à 64 ans, g) de la température moyenne pour les hommes de 65 ans et plus, h) de la température maximale pour les femmes de 65 ans et plus

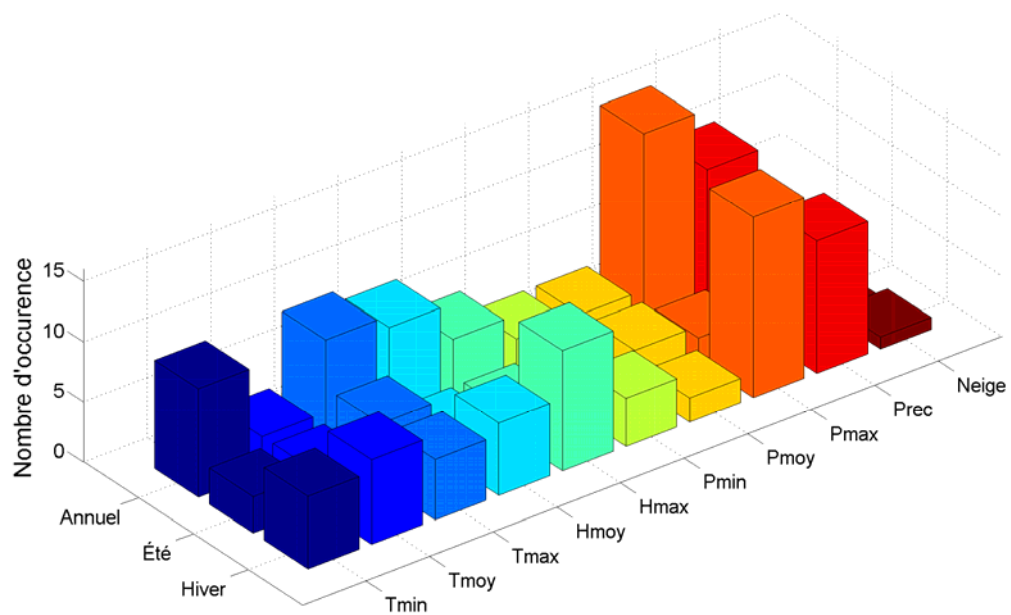


Figure 3-7 : Nombre d'occurrences significatives des variables météorologiques pour chaque saison pour la catégorie de maladies hospitalisations traumatismes

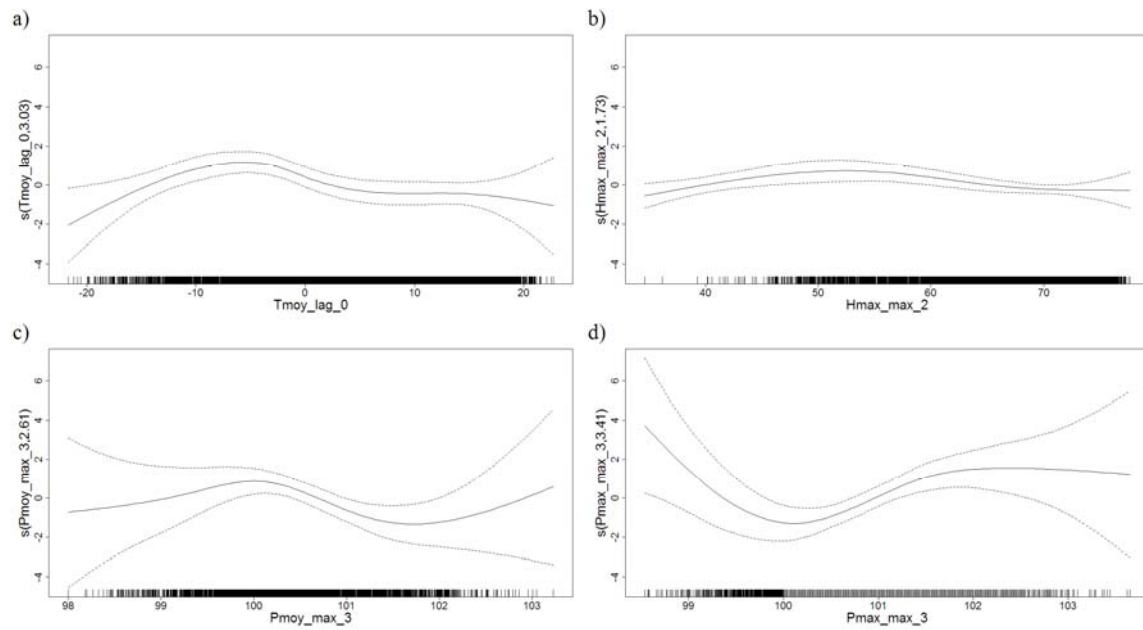


Figure 3-8 : Modèle annuel, hospitalisations traumatismes, pour l'ensemble de la population, effet : a) de la température moyenne, b) de l'humidité maximale, c) de la pression moyenne, d) de la pression maximale

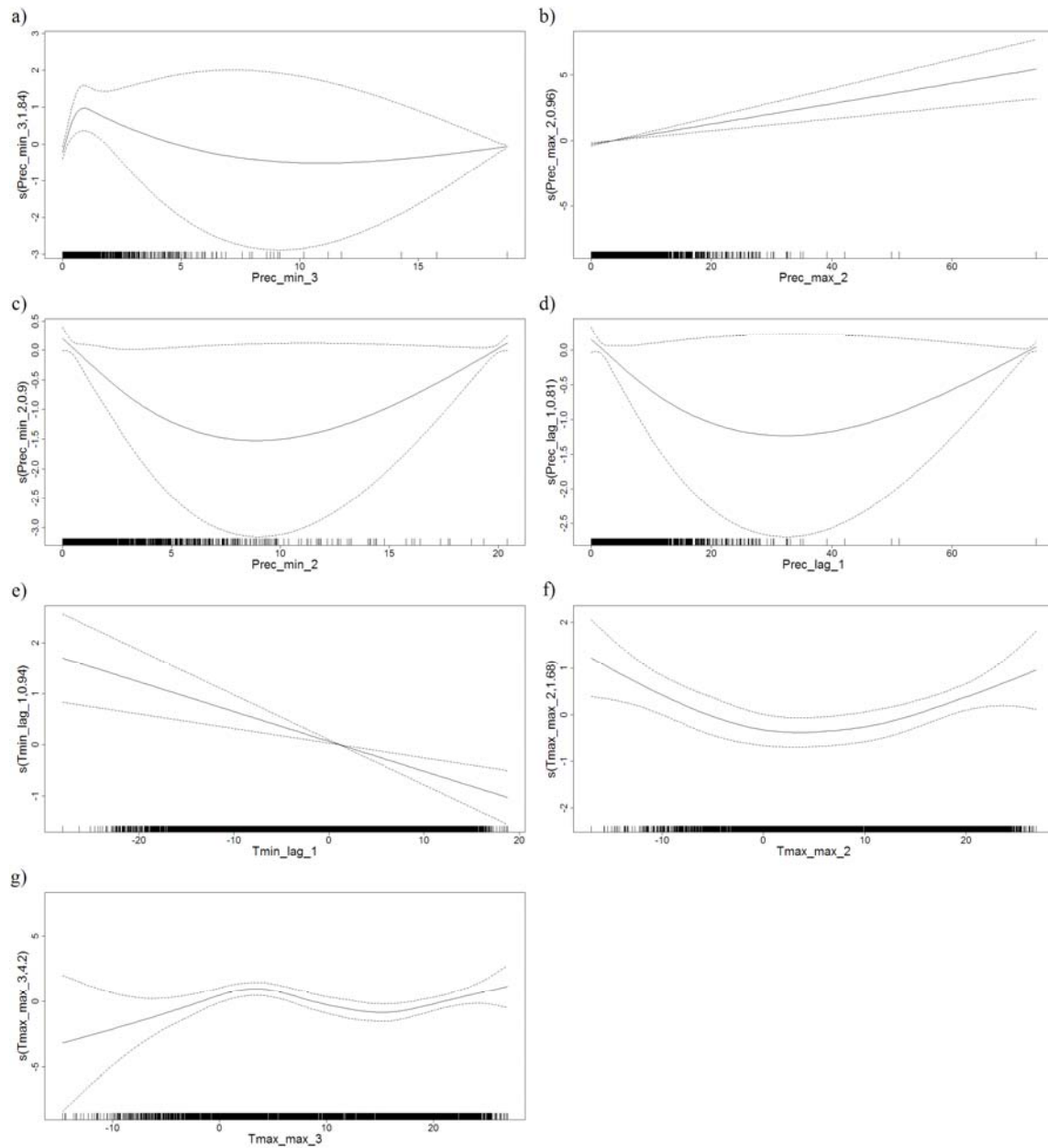


Figure 3-9 : Modèle annuel, hospitalisations traumatismes, effet des précipitations sur les femmes de 25-64 ans a) des zones favorisées, b) des zones défavorisées ; pour les zones favorisées, effet c) de précipitations pour les hommes de 0 à 24 ans, d) des précipitations pour les femmes de 0 à 24 ans, e) de la température minimale pour les 65 ans et plus ; pour les zones défavorisées, effet f) de la température maximale pour les hommes de 25 à 64 ans g) de la température maximale pour les femmes de 25 à 64 ans

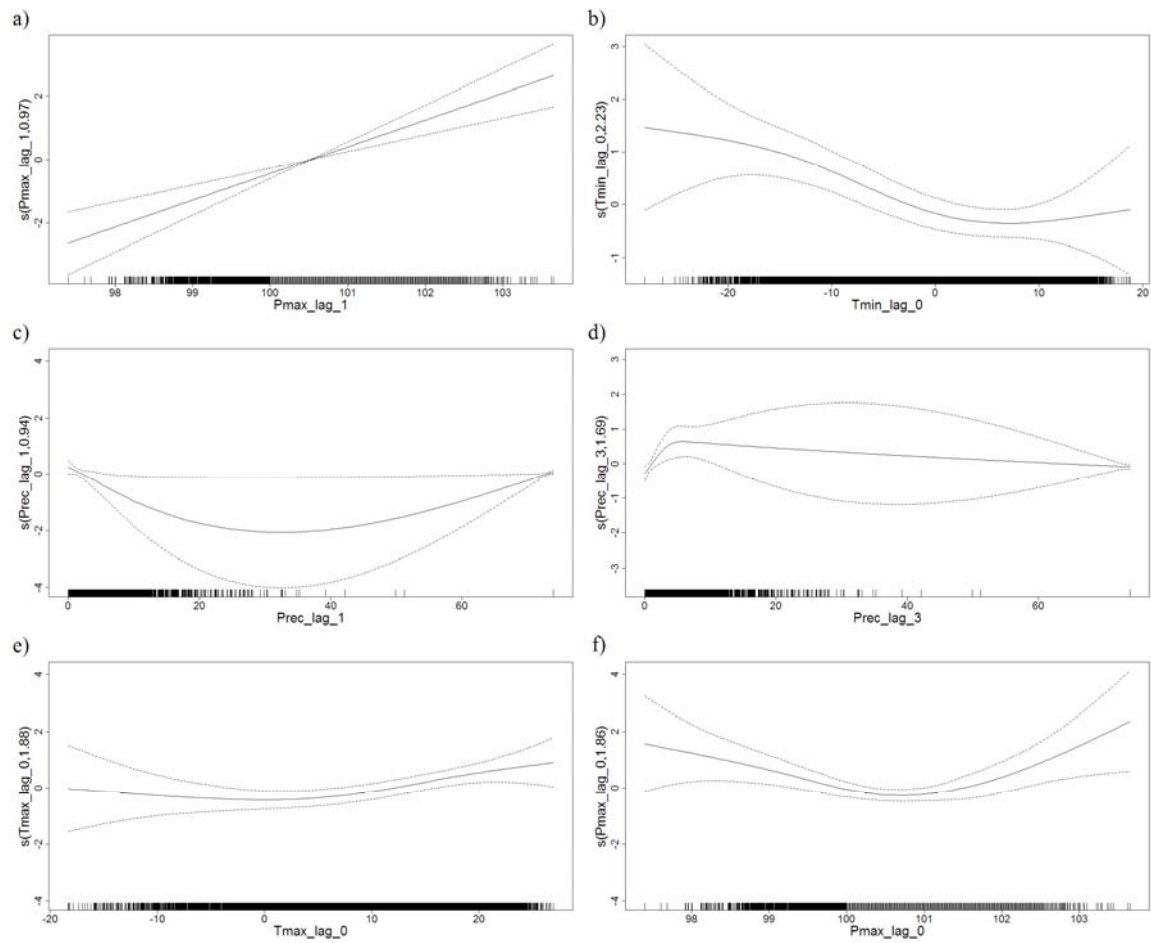


Figure 3-10 : Modèle annuel, hospitalisations traumatismes, effet : a) de la pression maximale pour les femmes, b) de la température minimale pour les 65 ans et plus, c) des précipitations pour les 0 à 24 ans, d) des précipitations pour les 25 à 64 ans, e) de la température maximale pour les 0 à 24 ans, f) de la pression maximale pour les 0 à 24 ans.

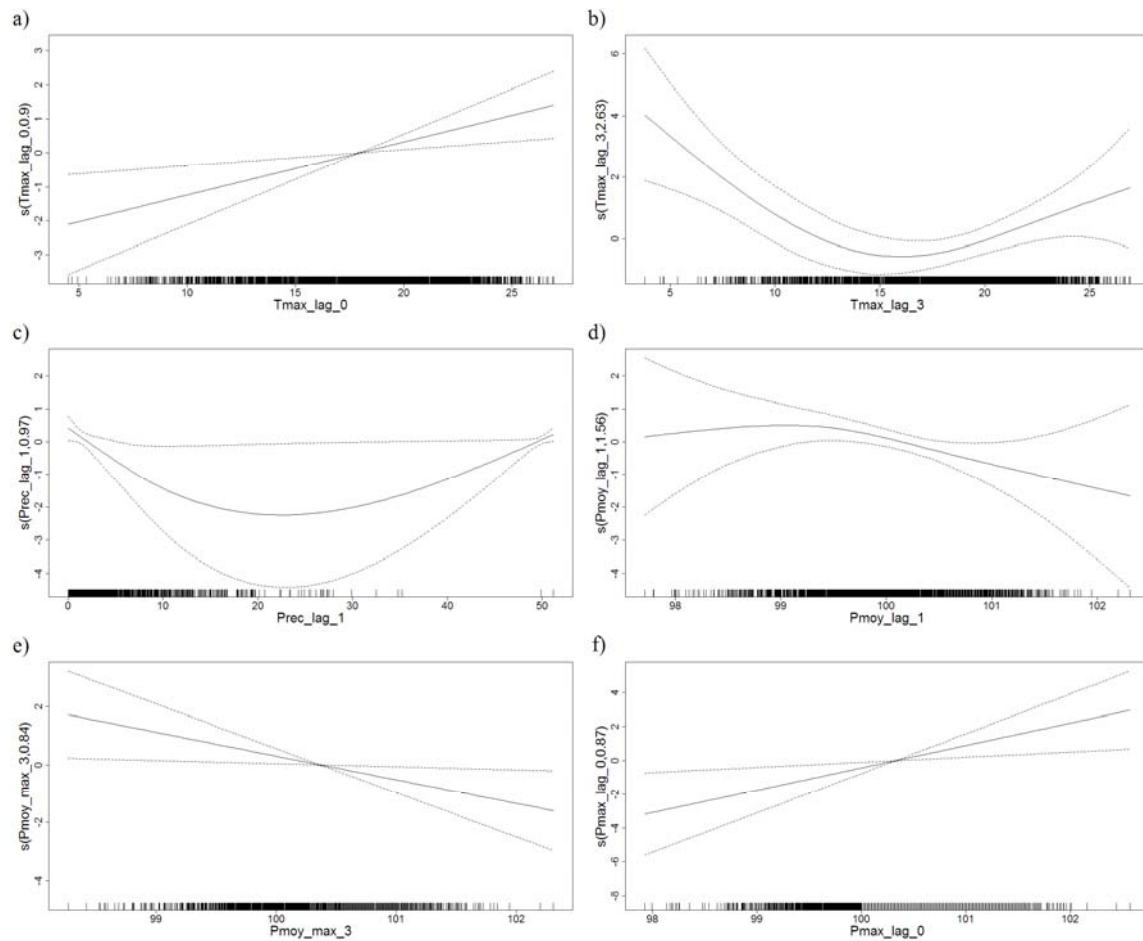


Figure 3-11 : Modèle été, hospitalisations traumatismes, zones défavorisées, effet : a) de la température maximale pour les hommes, b) de la température maximale pour les femmes ; pour aucun IDM, effet : c) des précipitations pour les 0 à 24 ans, d) de la pression moyenne pour les 0 à 24 ans, e) de la pression moyenne pour les hommes, f) de la pression maximale pour les femmes

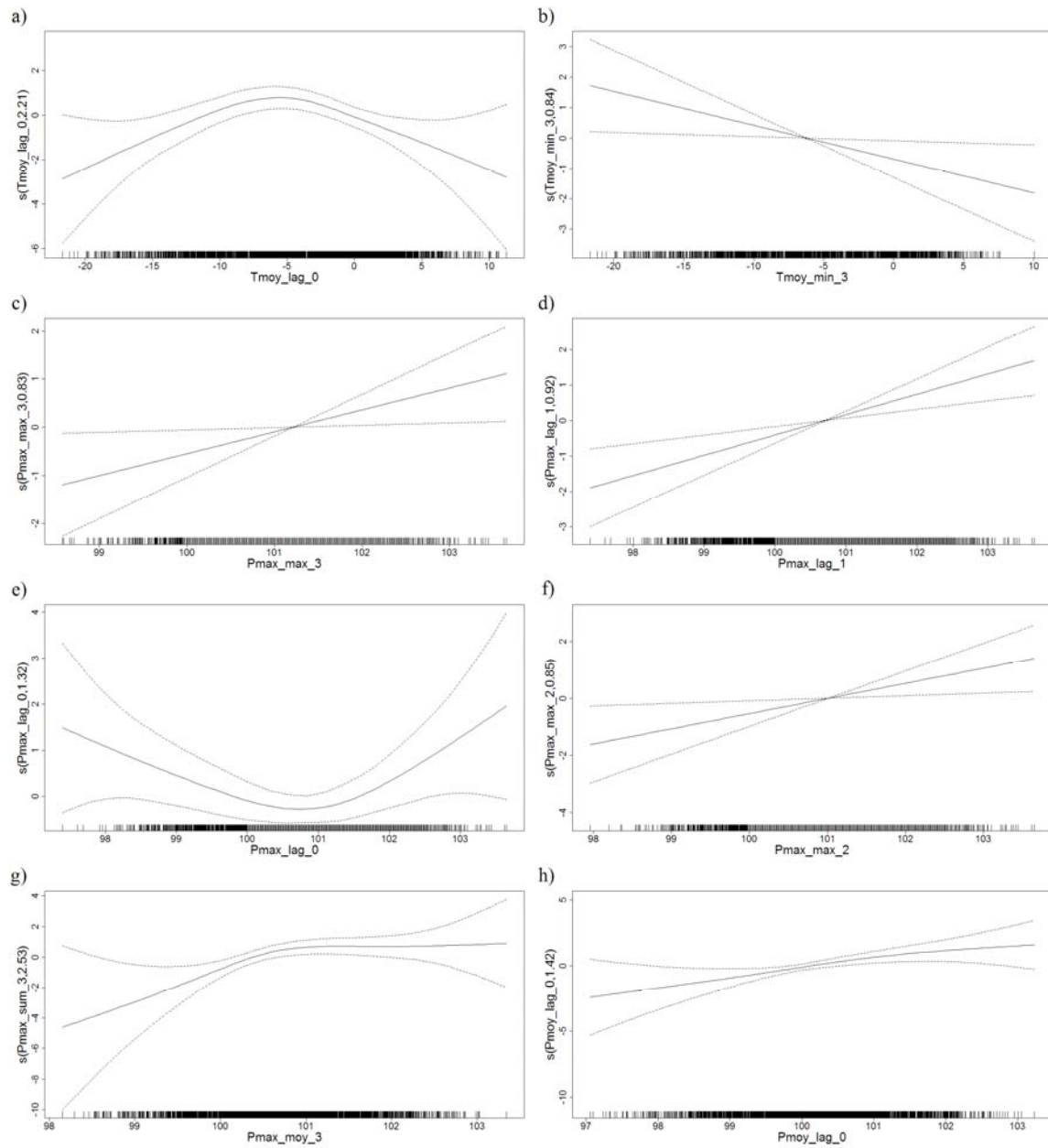


Figure 3-12 : Modèle hiver, hospitalisations traumatismes, effet : a) de la température moyenne pour l'ensemble de la population, b) de la température moyenne pour les 65 ans et plus ; effet de la pression pour : c) les hommes, d) les femmes, e) les 0 à 24 ans, f) les 25 à 64 ans, g) les zones favorisées, h) les zones défavorisées.

CHAPITRE IV : CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'objectif principal de ce projet était de déceler l'impact de la météorologie sur la morbidité au Québec. Plutôt que de se baser sur le nombre moyen de cas de morbidité par jour, on s'est intéressé aux journées ayant des valeurs extrêmes d'incidence de morbidité parce qu'elles ont le potentiel de causer le plus d'impacts sur la population et d'entraîner des répercussions dans le réseau de la santé. Une procédure automatisée pour la détermination des valeurs extrêmes, tenant compte de certaines composantes (tendance à long terme, saisonnalité, jours de la semaine et jours fériés), a été développée pour le projet. Les séries des extrêmes obtenues sont employées pour définir la variable d'intérêt dans la modélisation. La procédure a été appliquée sur 154 séries disponibles pour montrer son applicabilité. Les liens entre les différentes variables météorologiques (incluant leurs effets délayés) et la morbidité extrême ont été étudiés pour deux catégories de maladies dans la grande région de Montréal.

La procédure de détermination des valeurs extrêmes développée dans ce projet permet de déterminer automatiquement, vu le grand nombre de situations, les valeurs extrêmes dans les séries chronologiques de morbidité. Bien que l'algorithme ait été spécifiquement conçu pour ce projet, il pourrait être adapté à d'autres situations selon le besoin. La procédure de correction des composantes, quant à elle, permet de tenir compte des différentes composantes avant de détecter les extrêmes. Bien que ces composantes puissent être tenues en compte directement dans le modèle GAM, l'utilisation de valeurs extrêmes rares (~1% des données) rend l'approche présentée dans ce projet préférable. Encore une fois, la correction des composantes pourrait être adaptée pour tenir compte d'autres types de composantes.

Les résultats de l'article (chapitre III) montrent que la régression logistique dans le cadre des modèles additifs généralisés peut être appliquée à un problème de santé humaine impliquant des événements rares (valeurs extrêmes d'incidence de morbidité). L'utilisation du krigeage pour les données météorologiques permet d'inclure des valeurs plus représentatives d'un territoire étendu et hétérogène. Malgré que les résultats de la modélisation présentés dans l'article doivent être considérés comme exploratoires au niveau du volet santé, une association est présente entre le climat et la présence d'extrêmes de visites à l'urgence pour problèmes cardiaques et d'hospitalisation pour traumatismes. Les résultats obtenus sont compatibles avec ceux de la littérature

récente. Les températures froides et une épaisseur de neige au sol élevée sont associées à un risque accru de maladies cardiovasculaires sur l'ensemble de l'année pour toute la population. Au niveau des traumatismes, la présence de précipitations en hiver, jumelée à des températures près du point de congélation est un facteur de risque pour toute la population, ainsi que des températures élevées durant l'été. Les risques associés aux autres variables météorologiques sont différents selon le sexe et l'âge et varient selon la saison.

Dans des travaux futurs, il pourrait être intéressant d'explorer diverses avenues. D'un côté, il serait attrayant d'étendre l'étude à chacune des RSS du Québec aux fins de comparaison et de généralisation, et ce, pour chacune des catégories de maladies présentées dans le chapitre II. Pour ce faire, il faudrait par contre optimiser les méthodes d'analyse afin de pouvoir traiter efficacement la quantité imposante de résultats qui en découlerait. D'un autre côté, il pourrait être plus efficace de considérer des catégories de maladies plus précises.

Dans un autre ordre d'idée, il pourrait être intéressant de comparer différents seuils de valeurs extrêmes et de comparer la méthode de détection des valeurs extrêmes développée dans ce travail avec les méthodes classiques. L'extension de la définition des valeurs extrêmes pour qu'elles puissent s'étendre sur plusieurs jours ou même l'utilisation d'extrêmes multivariés (durée, intensité) pourrait également être utilisé.

Finalement, les effets retardés des variables météorologiques pourraient être étudiés par le biais des *distributed lag models* (Zanobetti et al., 2003) afin d'avoir une meilleure connaissance de leurs structures temporelles. Les saisons pourraient être définies différemment pour chaque catégories de maladies, tenant compte des particularités de chacune d'elles, afin d'ajouter de la flexibilité à la modélisation.

Bibliographie

- Abrignani, M. G., S. Corrao, G. B. Biondo, N. Renda, A. Braschi, G. Novo, A. D. Girolamo, G. B. Braschi and S. Novo (2009). "Influence of climatic variables on acute myocardial infarction hospital admissions." *International Journal of Cardiology* **137**(2): 123-129.
- Alalouf, S., D. Labelle and J. Ménard (1985). *Introduction à la statistique appliquée*, Éditions Addison-Wesley.
- Atherton, W. G., W. M. Harper and K. R. Abrams (2005). "A year's trauma admissions and the effect of the weather." *Injury* **36**(1): 40-46.
- Baker-Blocker, A. (1982). "Winter weather and cardiovascular mortality in Minneapolis-St. Paul." *Am J Public Health* **72**(3): 261-265.
- Barnett, A., A. Dobson, P. McElduff, V. Salomaa, K. Kuulasmaa and S. Sans (2005). "Cold periods and coronary events: an analysis of populations worldwide." *Journal of Epidemiology and Community Health* **59**(7): 551.
- Bayentin, L., S. El Adlouni, T. Ouarda, P. Gosselin, B. Doyon and F. Chebana (2010). "Spatial variability of climate effects on ischemic heart disease hospitalization rates for the period 1989-2006 in Quebec, Canada."
- Bender, R. (2009). Introduction to the Use of Regression Models in Epidemiology. *Cancer Epidemiology*: 179-195.
- Berginer, V., J. Goldsmith, U. Batz, H. Vardi and Y. Shapiro (1989). "Clustering of strokes in association with meteorologic factors in the Negev Desert of Israel: 1981-1983." *Stroke* **20**(1): 65.
- Bhattacharyya, T. and F. H. Millham (2001). "Relationship between weather and seasonal factors and trauma admission volume at a level I trauma center." *Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care* **51**(1): 118-122.
- Braga, A. L. F., A. Zanobetti and J. Schwartz (2002). "The effect of weather on respiratory and cardiovascular deaths in 12 U.S. cities." *Environmental Health Perspectives* **110**(9): 859-863.
- Brockwell, P. and R. Davis (2002). *Introduction to time series and forecasting*, Springer Verlag.
- Caouette, C., S. El Adlouni, T. Ouarda, P. Gosselin, F. Chebana and L. Bayentin (2010). "Effets du dioxyde d'azote, de l'ozone et de la météorologie sur les maladies respiratoires à Montréal." *Soumis*.
- Carder, M., R. McNamee, I. Beverland, R. Elton, G. R. Cohen, J. Boyd and R. M. Agius (2005). "The lagged effect of cold temperature and wind chill on cardiorespiratory mortality in Scotland." *Occupational and Environmental Medicine* **62**(10): 702-710.
- Choi, S. H., S. W. Lee, Y. S. Hong, S. J. Kim and N. H. Kim (2007). "Effects of atmospheric temperature and humidity on outbreak of diseases." *EMA - Emergency Medicine Australasia* **19**(6): 501-508.

- Cleveland, R. B., W. S. Cleveland, J. E. McRae and I. Terpenning (1990). "STL: A Seasonal-Trend Decomposition Procedure Based on LOESS." *Journal of Official Statistics* **6**(1).
- Daigle, J.-M. (2007). Les maladies du coeur et les maladies vasculaires cérébrales - Prévalence, morbidité et mortalité au Québec. Québec, INSPQ, ISBN : 978-2-550-49167-5.
- Dawson, J., C. Weir, F. Wright, C. Bryden, S. Aslanyan, K. Lees, W. Bird and M. Walters (2008). "Associations between meteorological variables and acute stroke hospital admissions in the west of Scotland." *Acta Neurologica Scandinavica* **117**(2): 85-89.
- Doyon, B., D. Bélanger and P. Gosselin (2008). "The potential impact of climate change on annual and seasonal mortality for three cities in Québec, Canada." *International Journal of Health Geographics* **7**(1): 23.
- Feigin, V., Y. Nikitin, M. Bots, T. Vinogradova and D. Grobbee (2000). "A population-based study of the associations of stroke occurrence with weather parameters in Siberia, Russia (1982–92)." *European Journal of Neurology* **7**(2): 171-178.
- Gleckler, P. J., K. E. Taylor and C. Doutriaux (2008). "Performance metrics for climate models." *J. Geophys. Res.* **113**(D6): D06104.
- Glickman, T., M. Frey, R. Hendl and R. Podsiadlo (2000). *Glossary of meteorology*, American Meteorological Society Boston, Mass.:
- Hamel, D. (2001). Évolution des traumatismes au Québec de 1991 à 1999. Québec, INSPQ, ISBN : 2-550-38160-2.
- Hastie, T. and R. Tibshirani (1986). "Generalized Additive Models." *Statistical Science* **1**(3): 297-310.
- Hosmer, D. and S. Lemeshow (2000). *Applied logistic regression*, Wiley-Interscience.
- Isaaks, E. and R. Srivastava (1989). *Applied geostatistics*, Oxford University Press New York.
- Jimenez-Conde, J., A. Ois, M. Gomis, A. Rodriguez-Campello, E. Cuadrado-Godia, I. Subirana and J. Roquer (2008). "Weather as a Trigger of Stroke." *Cerebrovascular Diseases* **26**(4): 348-354.
- Jiménez, E., C. Linares, L. F. Rodríguez, M. J. Bleda and J. Díaz (2009). "Short-term impact of particulate matter (PM_{2.5}) on daily mortality among the over-75 age group in Madrid (Spain)." *Science of The Total Environment* **407**(21): 5486-5492.
- Johnson, F. and A. Sharma (2009). "Measurement of GCM skill in predicting variables relevant for hydroclimatological assessments." *Journal of Climate* **22**: 4373-4382.
- Kloner, R., W. Poole and R. Perritt (1999). "When throughout the year is coronary death most likely to occur?: A 12-year population-based analysis of more than 220 000 cases." *Circulation* **100**(15): 1630.
- Ku, C., C. Yang, W. Lee, H. Chiang, C. Liu and S. Lin (2000). "Absence of a seasonal variation in myocardial infarction onset in a region without temperature extremes." *Cardiology* **89**(4): 277-282.

- Laaidi, M., K. Laaidi and J. Besancenot (2006). "Temperature-related mortality in France, a comparison between regions with different climates from the perspective of global warming." *International Journal of Biometeorology* **51**(2): 145-153.
- Leitte, A. M., C. Petrescu, U. Franck, M. Richter, O. Suci, R. Ionovici, O. Herbarth and U. Schlink (2009). "Respiratory health, effects of ambient air pollution and its modification by air humidity in Drobeta-Turnu Severin, Romania." *Science of The Total Environment* **407**(13): 4004-4011.
- Macgregor, D. M. (2003). "Effect of weather on attendance with injury at a paediatric emergency department." *Emergency Medicine Journal* **20**(2): 204-205.
- Mäkinen, T., R. Juvonen, J. Jokelainen, T. Harju, A. Peitso, A. Bloigu, S. Silvennoinen-Kassinen, M. Leinonen and J. Hassi (2009). "Cold temperature and low humidity are associated with increased occurrence of respiratory tract infections." *Respiratory Medicine* **103**(3): 456-462.
- McGregor, G. R. (1999). "Winter ischaemic heart disease deaths in Birmingham, United Kingdom: a synoptic climatological analysis." *Climate Research* **13**(1): 17-31.
- Midgley, G., L. Hannah, D. Millar, W. Thuiller and A. Booth (2003). "Developing regional and species-level assessments of climate change impacts on biodiversity in the Cape Floristic Region." *Biological Conservation* **112**(1-2): 87-97.
- Muggeo, V. M. R. (2008). "Modeling temperature effects on mortality: Multiple segmented relationships with common break points." *Biostatistics* **9**(4): 613-620.
- Nastos, P. T. and A. Matzarakis (2006). "Weather impacts on respiratory infections in Athens, Greece." *International Journal of Biometeorology* **50**(6): 358-369.
- Pampalon, R., D. Hamel, P. Gamache and G. Raymond (2009). "A deprivation index for health planning in Canada." *Chronic Diseases in Canada* **29**(4).
- Phillips, D., J. Jarvinen, I. Abramson and R. Phillips (2004). "Cardiac mortality is higher around Christmas and New Year's than at any other time: the holidays as a risk factor for death." *Circulation* **110**(25): 3781.
- R Development Core Team (2009). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria*. URL <http://www.R-project.org>.
- Registered, A. and P. Login (1997). "Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe." *The Lancet* **349**(9062): 1341-1346.
- Richardson, S. (2000). "Problèmes méthodologiques dans les études écologiques santé-environnement: Methodological problems in ecological studies of health-environment effects." *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie* **323**(7): 611-616.
- Rising, W. R., J. A. O'Daniel and C. S. Roberts (2006). "Correlating weather and trauma admissions at a level I trauma center." *Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care* **60**(5): 1096-1110.

- Rocklöv, J. and B. Forsberg (2008). "The effect of temperature on mortality in Stockholm 1998--2003: A study of lag structures and heatwave effects." *Scand J Public Health* **36**(5): 516-523.
- Rothman, K., S. Greenland and T. Lash (2008). *Modern epidemiology*, Lippincott Williams & Wilkins.
- Saez, M., J. Sunyer, A. Tobias, F. Ballester and J. Anto (2000). "Ischaemic heart disease mortality and weather temperature in Barcelona, Spain." *European Journal of Public Health* **10**(1): 58-63.
- Schwartz, J., J. Samet and J. Patz (2004). "Hospital admissions for heart disease: the effects of temperature and humidity." *Epidemiology*: 755-761.
- Shao, L., M. Luo, R. Walker, X. Liu, S. Hwang and C. Robert (2008). "Impact of Hot Weather Conditions on Respiratory and Cardiovascular Hospital Admissions in New York City, USA." *Epidemiology* **19**(6): S302.
- Spitalnic, S. J., L. Jagminas and J. Cox (1996). "An association between snowfall and ED presentation of cardiac arrest." *American Journal of Emergency Medicine* **14**(6): 572-573.
- Stein, M. (1999). *Interpolation of Spatial Data: some theory for kriging*, Springer Verlag.
- Tousignant, P., M. Houde, B. Simard, K. Lespérance, C. Kapetanakis and G. Lavoie (2007). "Évaluation de l'impact de la reconfiguration du réseau hospitalier sur la santé et le bien-être de la population de Montréal - Résultats du monitoring II (années 1993-1994 à 2000-2001)." *Agence de la santé et des services sociaux de Montréal/Direction de santé publique et Institut national de santé publique du Québec, 2007, 108 pages + annexes.*
- Van Den Eeckhaut, M., T. Vanwalleghe, J. Poesen, G. Govers, G. Verstraeten and L. Vandekerckhove (2006). "Prediction of landslide susceptibility using rare events logistic regression: a case-study in the Flemish Ardennes (Belgium)." *Geomorphology* **76**(3-4): 392-410.
- WHO (2009). Protecting health from climate change, global research priorities. Geneva, World Health Organization, Available from : <http://www.who.int/globalchange/publications/9789241598187/en/index.html>.
- Wood, S. (2006). *Generalized additive models: an introduction with R*, CRC Press.
- Zanobetti, A., J. Schwartz, E. Samoli, A. Gryparis, G. Touloumi, J. Peacock, R. H. Anderson, A. Le Tertre, J. Bobros, M. Celko, A. Goren, B. Forsberg, P. Michelozzi, D. Rabczenko, S. Perez Hoyos, H. E. Wichmann and K. Katsouyanni (2003). "The temporal pattern of respiratory and heart disease mortality in response to air pollution." *Environmental Health Perspectives* **111**(9): 1188-1193.

Description des annexes

- L'annexe A présente les séries chronologiques et les valeurs extrêmes (figures résumées) des 154 séries utilisées pour valider la procédure de correction des composantes et de détermination des valeurs extrêmes. Les séries sont présentées dans l'ordre suivant : toute les RSS pour la 1^{ère} catégorie de maladie, puis toutes les RSS pour la 2^{ième} catégorie...
- L'annexe B présente douze tableaux résumant les résultats de la modélisation selon l'âge et le sexe pour chaque saison et indice de défavorisation matériel pour les deux catégories de maladies considérées dans l'article. Les résultats des modèles finaux sont présentés de la façon suivante :

« Variable_Opération_Lag code p-value edf »

Où edf sont les degrés de liberté estimés et les codes pour les p-value sont les suivants

$0 < '***' < 0,001 < '**' < 0,01 < '*' < 0,05 < '.' < 0,1 < ' ' < 1$

La déviance expliquée DEX (%) est indiquée sur la 1^{ère} ligne de chaque cas.

Par exemple : « Pmax_min_2 ** 0,9411 », signifie que la variable **P**ression **max**imale est significative à **0,01 < p < 0,001** pour le **minimum** de ses valeurs sur les **2** jours précédents et que la fonction lisse possède **0,9411** degrés de liberté estimés.

- L'annexe C présente les séries chronologiques et les valeurs extrêmes (figures résumées) ainsi que les fonctions lisses des modèles finaux pour chaque saison des 45 séries considérées dans l'article. Les Figures 3-4 à 3-12 de l'article sont sélectionnées à partir des figures de l'annexe C.

Le schéma suivant montre la structure des figures résumées des annexes A et C.

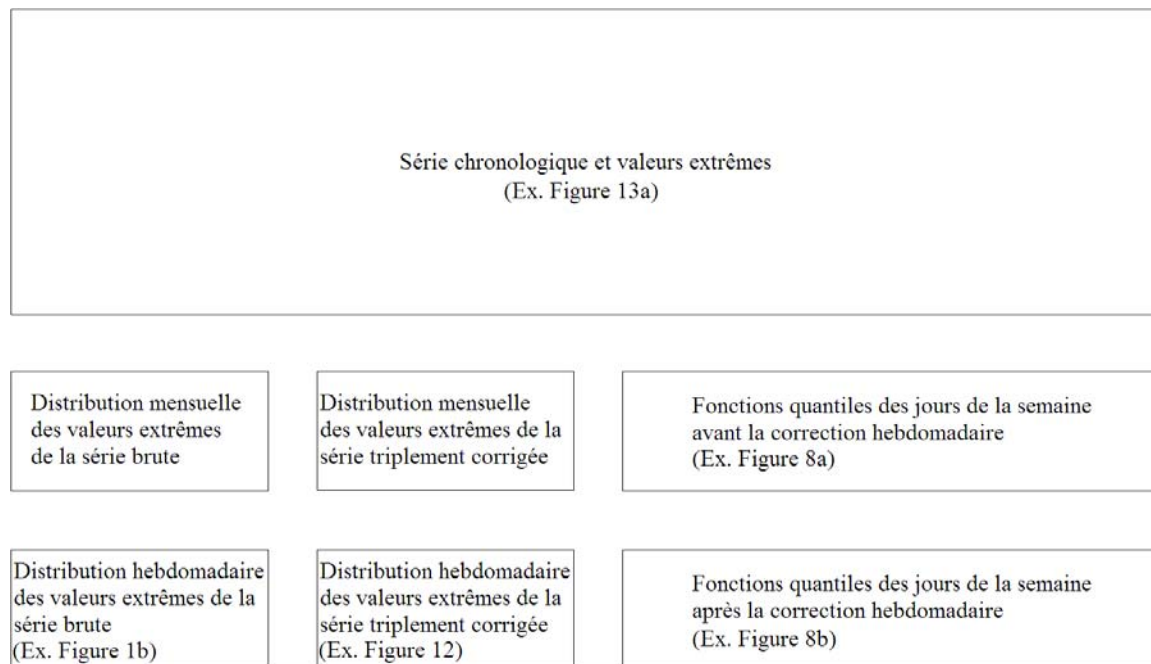
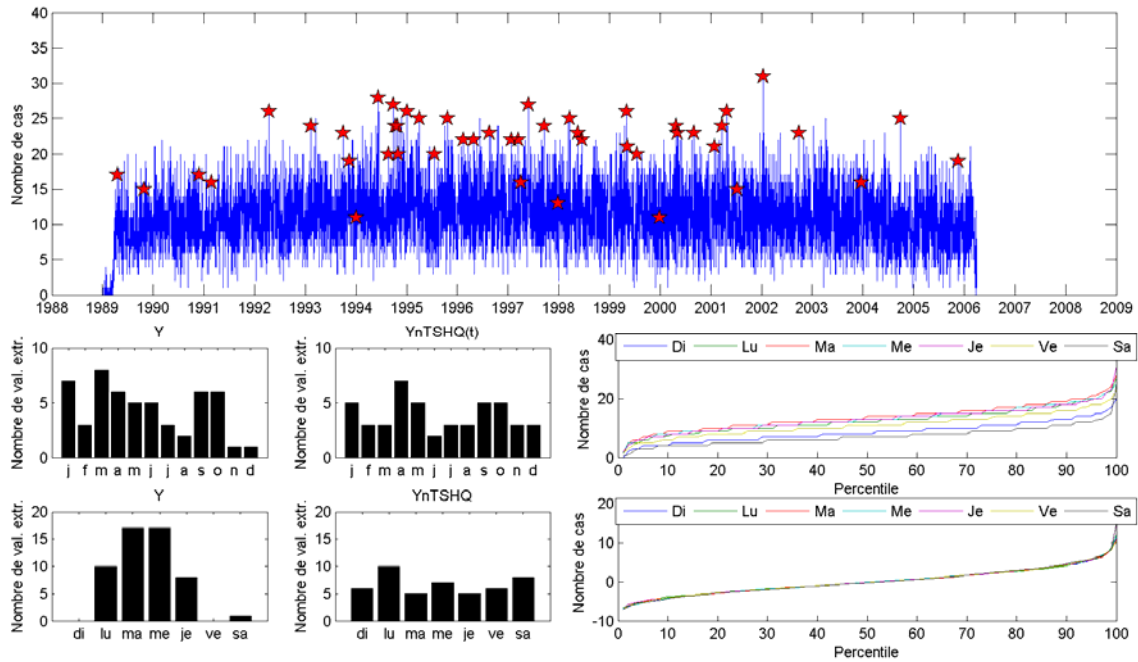


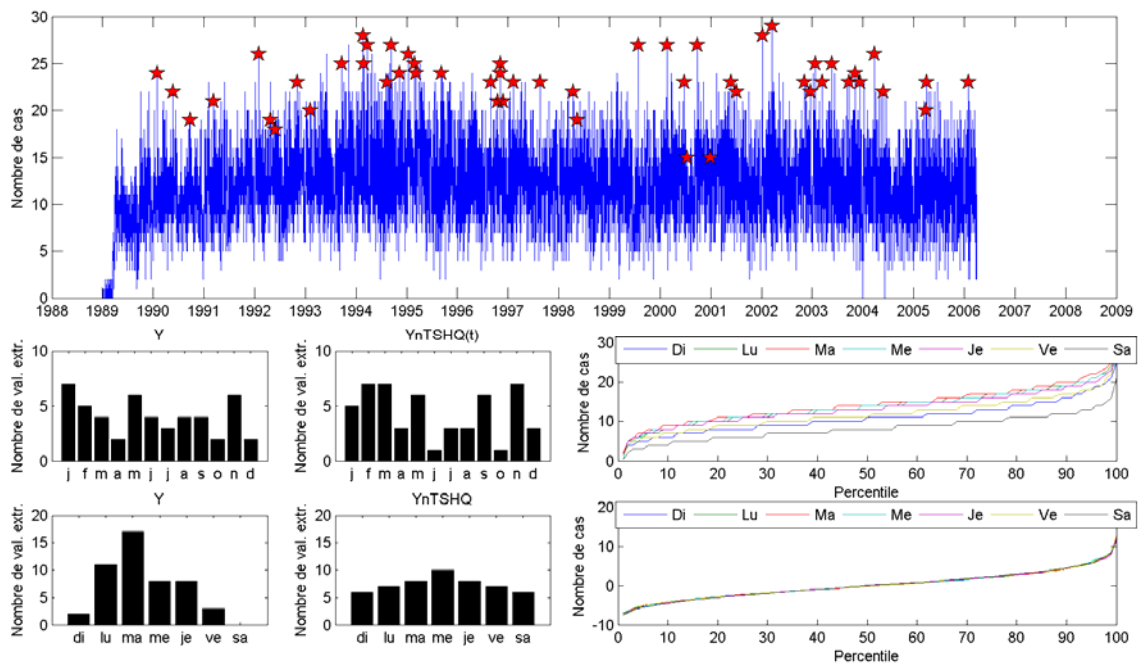
Figure 4-1 : Illustration du contenu des figures résumées des annexes A et C

**Annexe A : Résultats de la correction des composantes
et de la détermination des valeurs extrêmes sur les 10
catégories de maladies pour 16 RSS du Québec**

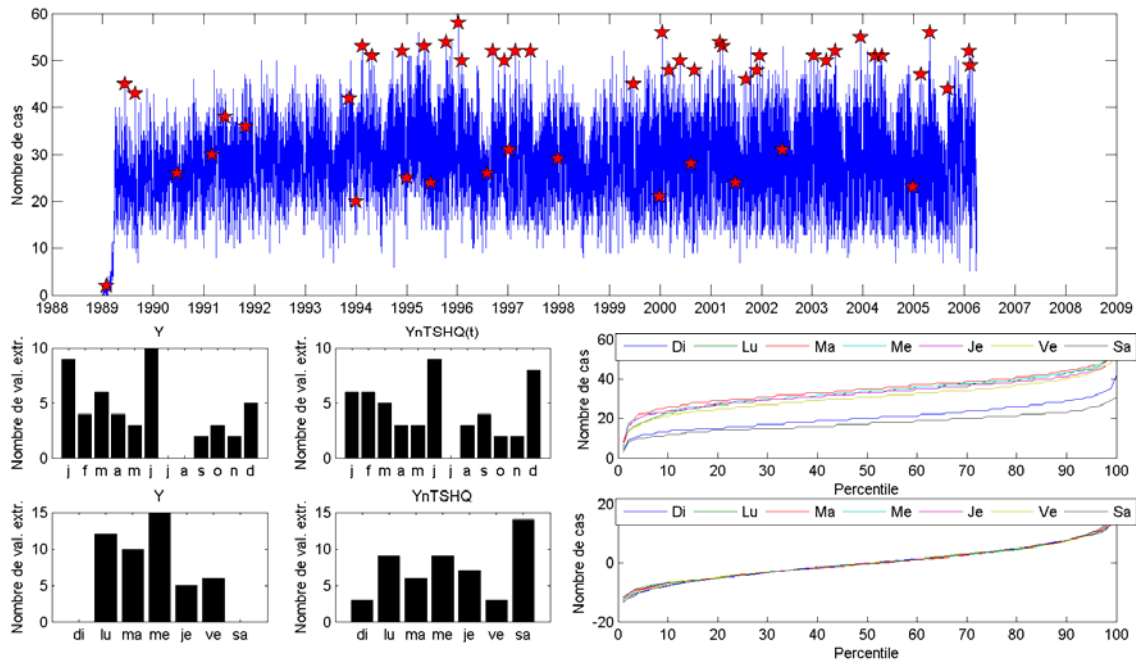
**Figure A-1 : Hospitalisations appareil circulatoire
RSS1 (Bas-Saint-Laurent)**



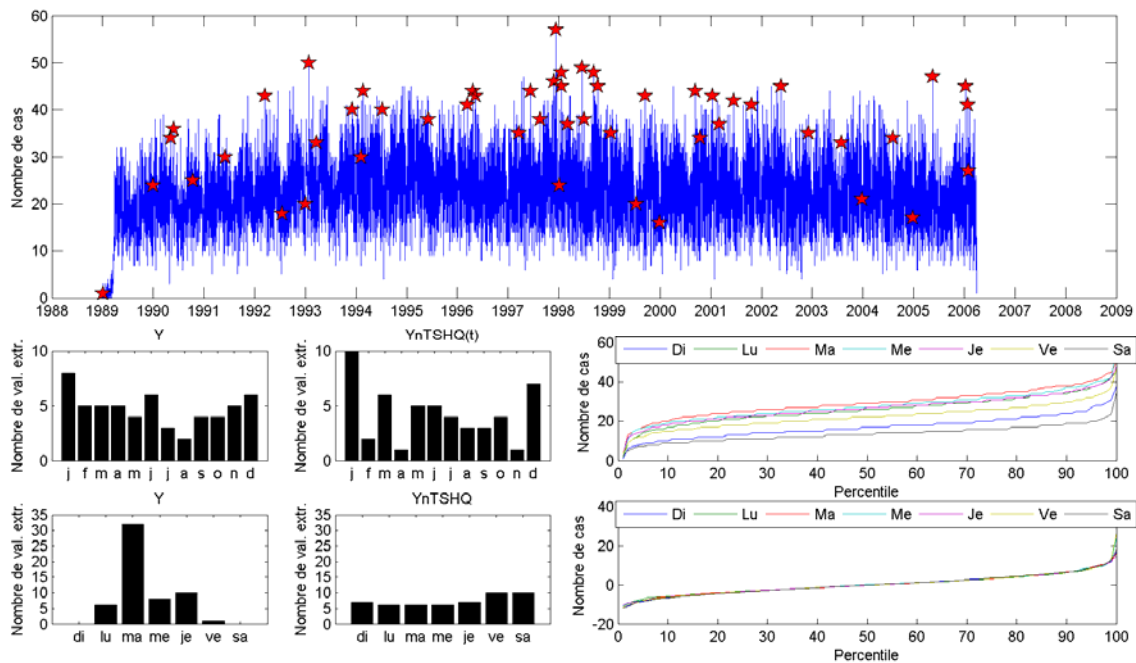
**Figure A-2 : Hospitalisations appareil circulatoire
RSS2 (Saguenay-Lac-Saint-Jean)**



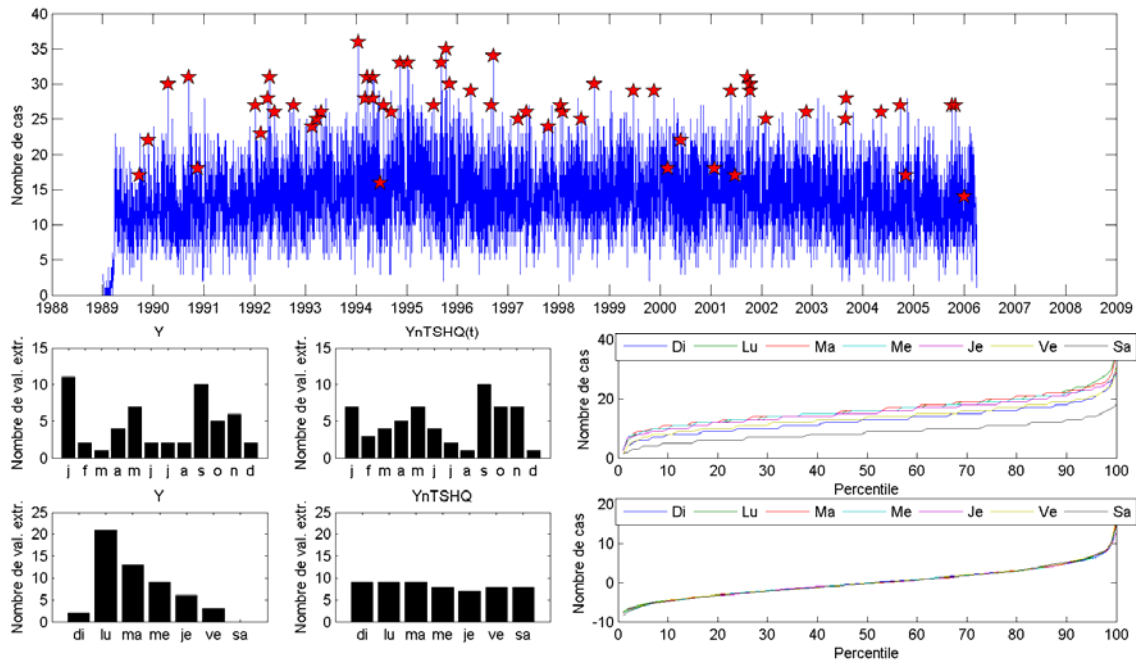
**Figure A-3 : Hospitalisations appareil circulatoire
RSS3 (Capitale-Nationale)**



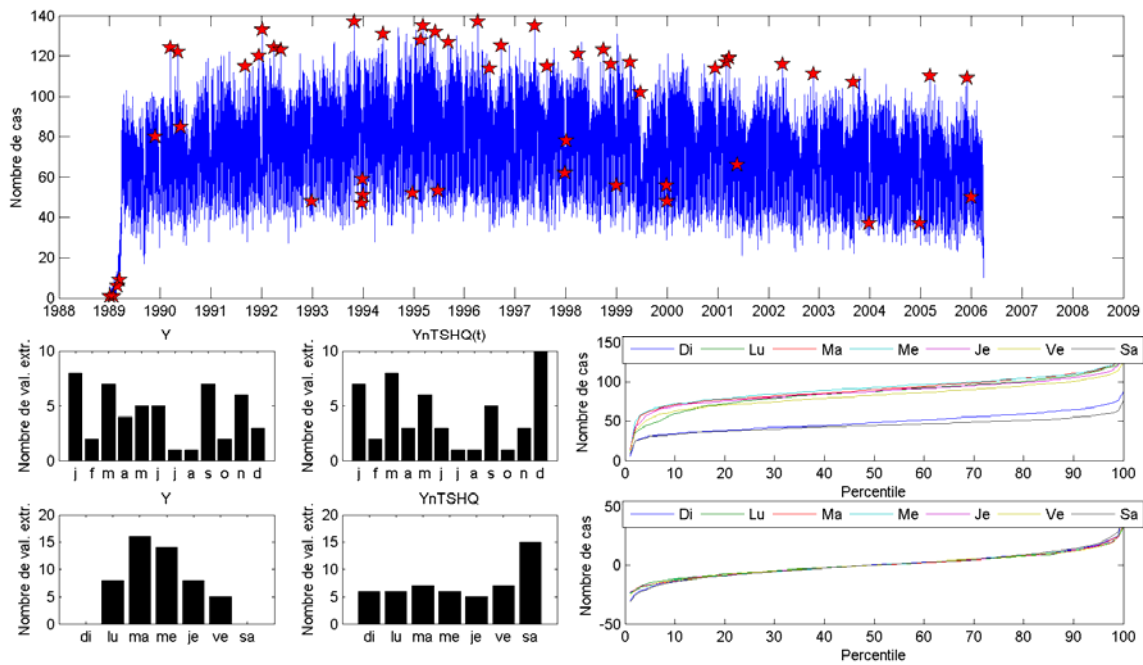
**Figure A-4 : Hospitalisations appareil circulatoire
RSS4 (Mauricie et Centre-du-Québec)**



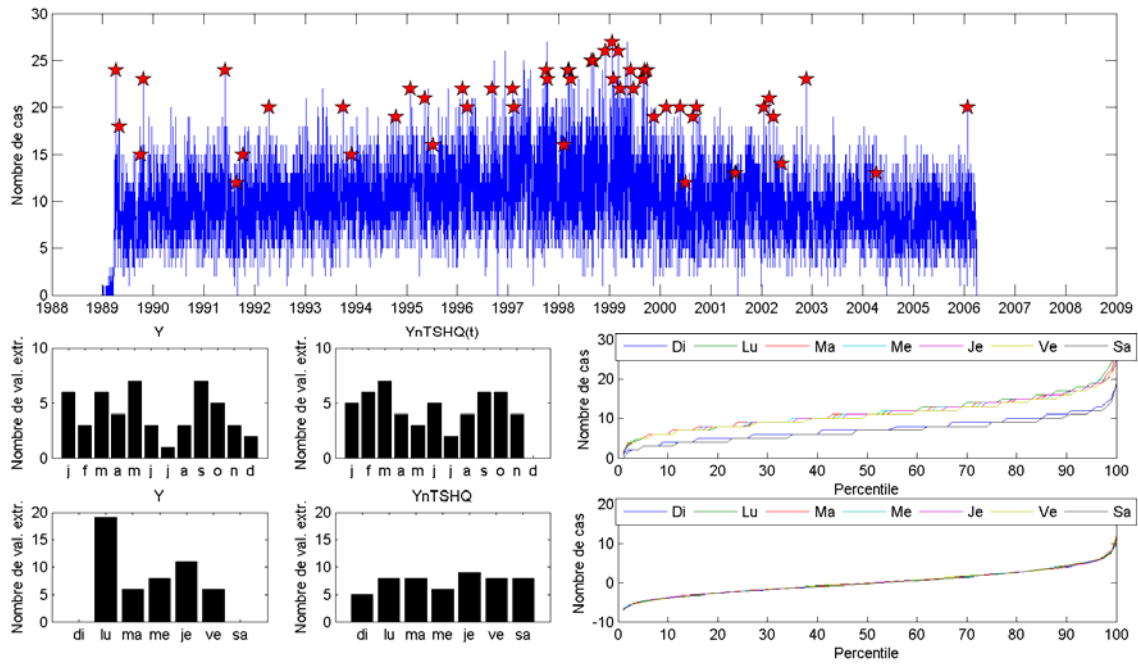
**Figure A-5 : Hospitalisations appareil circulatoire
RSS5 (Estrie)**



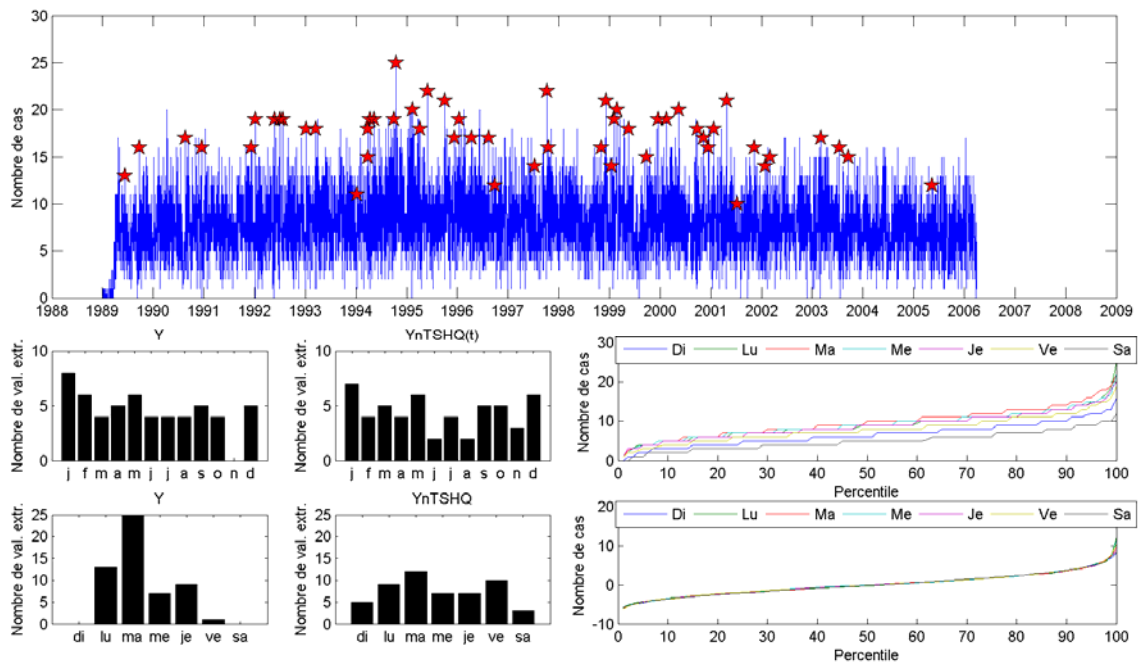
**Figure A-6 : Hospitalisations appareil circulatoire
RSS6 (Montréal)**



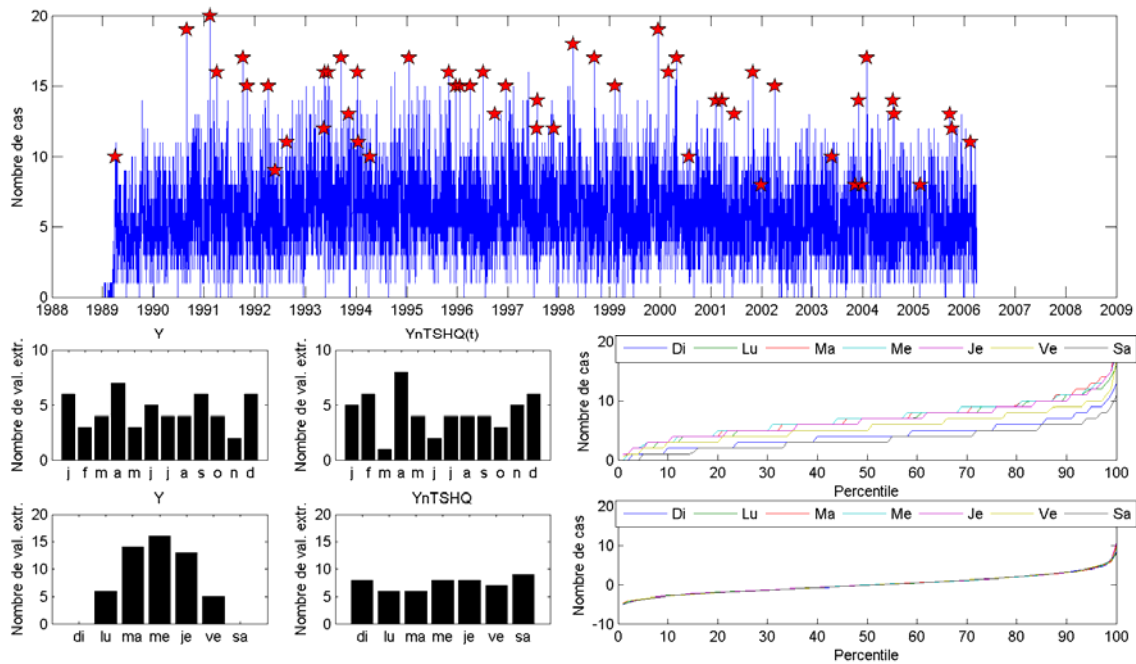
**Figure A-7 : Hospitalisations appareil circulatoire
RSS7 (Outaouais)**



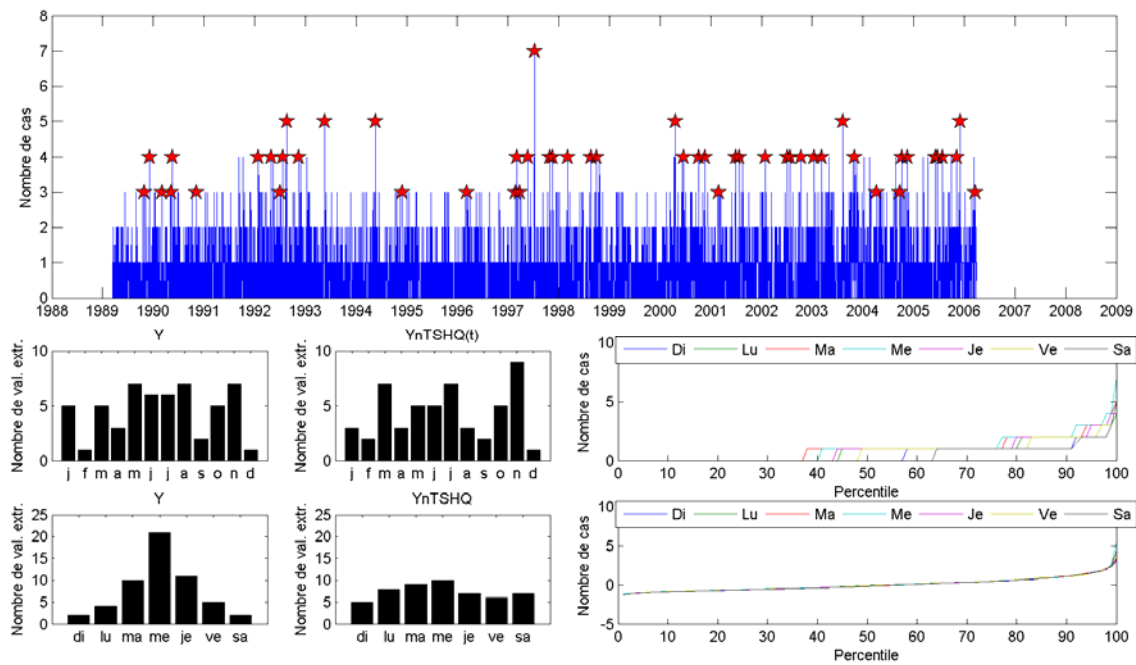
**Figure A-8 : Hospitalisations appareil circulatoire
RSS8 (Abitibi-Témiscamingue)**



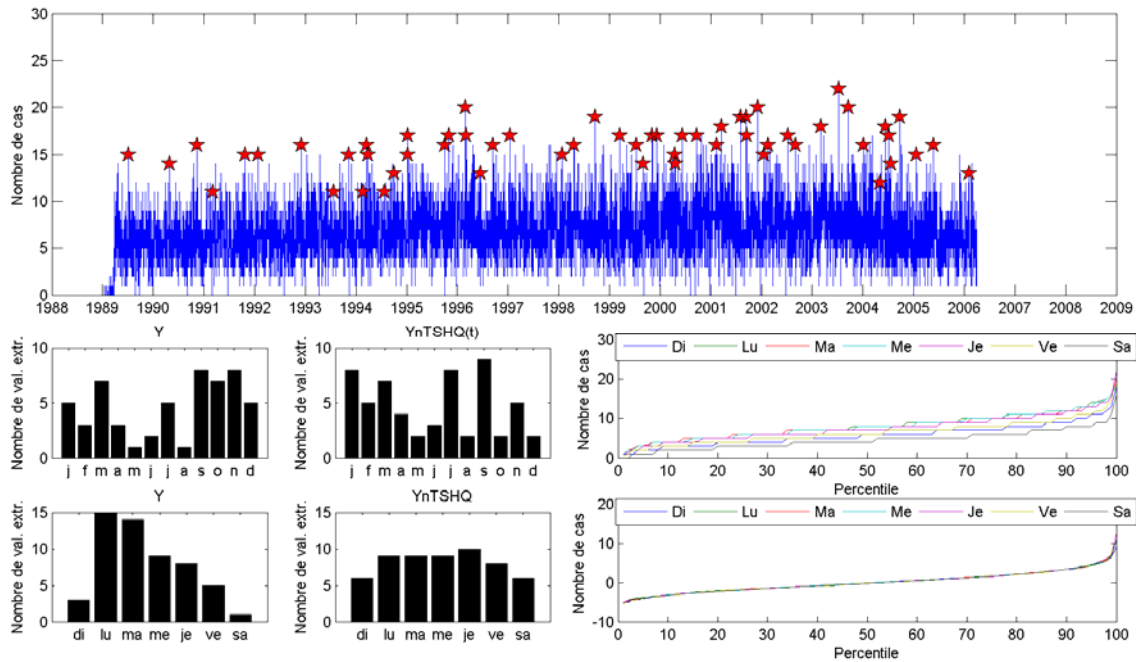
**Figure A-9 : Hospitalisations appareil circulatoire
RSS9 (Côte-Nord)**



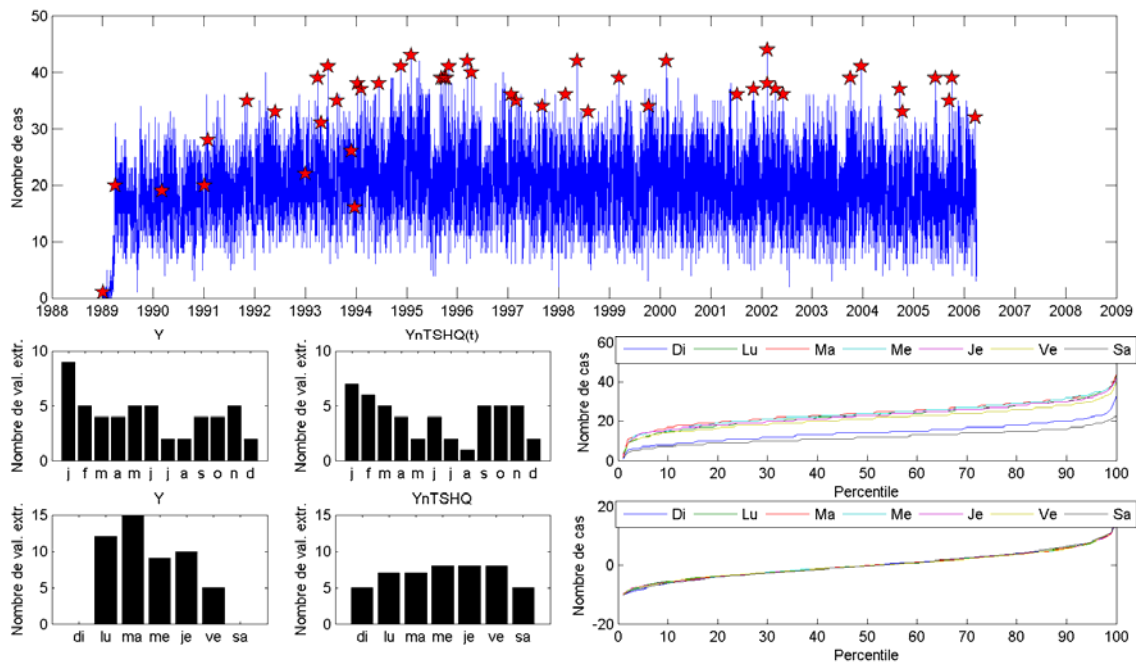
**Figure A-10 : Hospitalisations appareil circulatoire
RSS10 (Nord-du-Québec)**



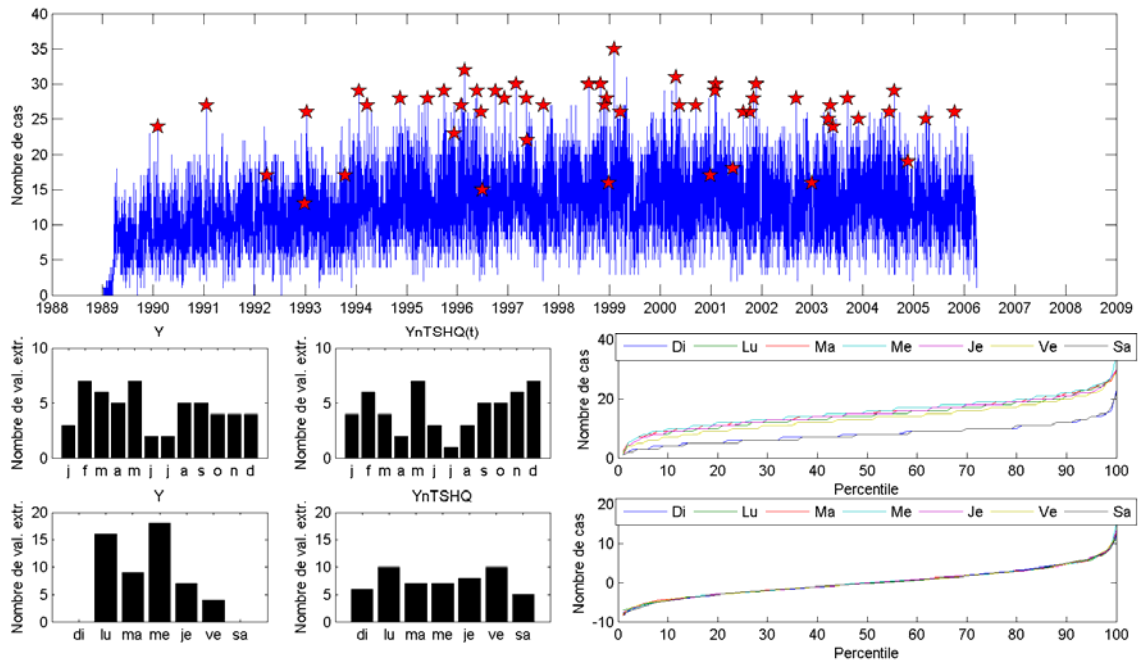
**Figure A-11 : Hospitalisations appareil circulatoire
RSS11 (Gaspésie-Iles-de-la-Madeleine)**



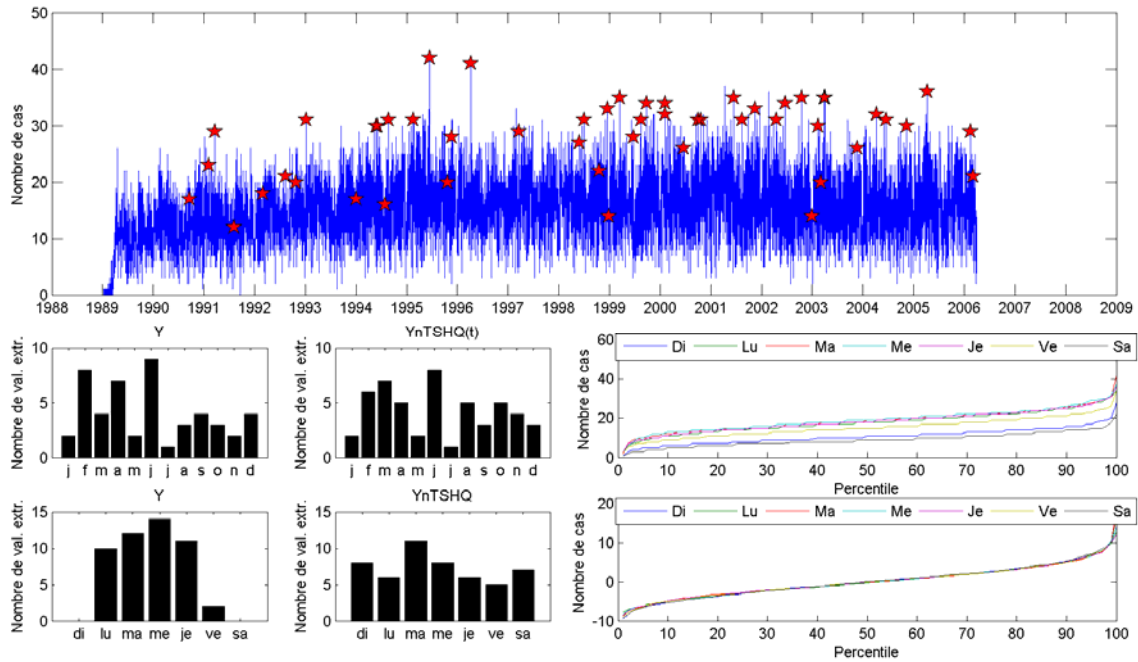
**Figure A-12 : Hospitalisations appareil circulatoire
RSS12 (Chaudière-Appalaches)**



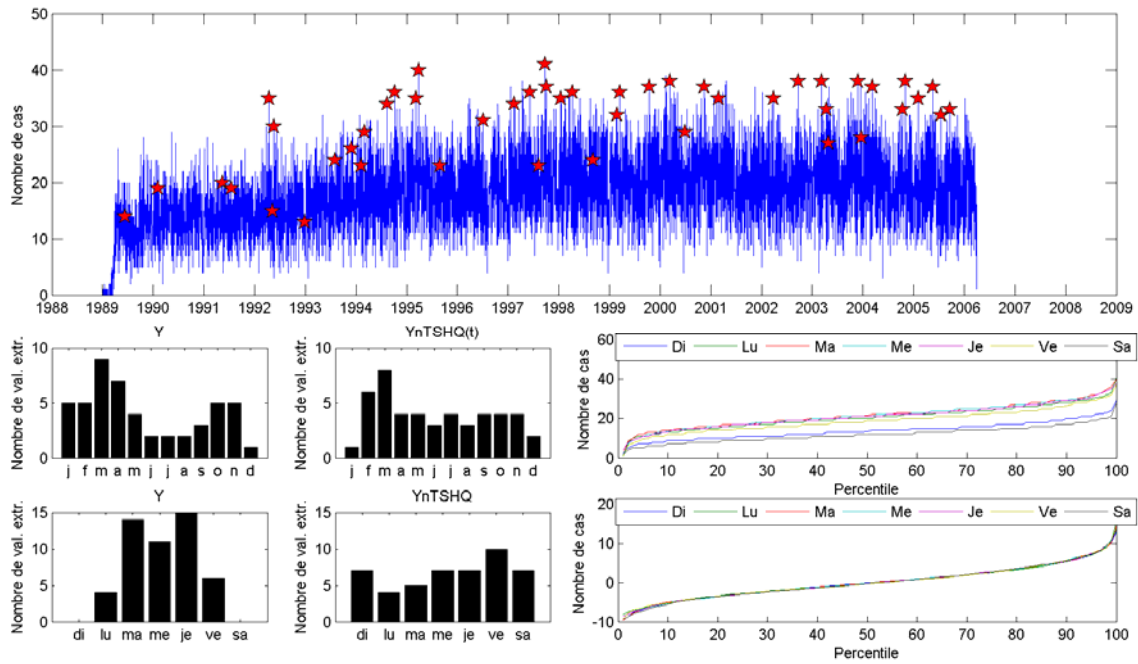
**Figure A-13 : Hospitalisations appareil circulatoire
RSS13 (Laval)**



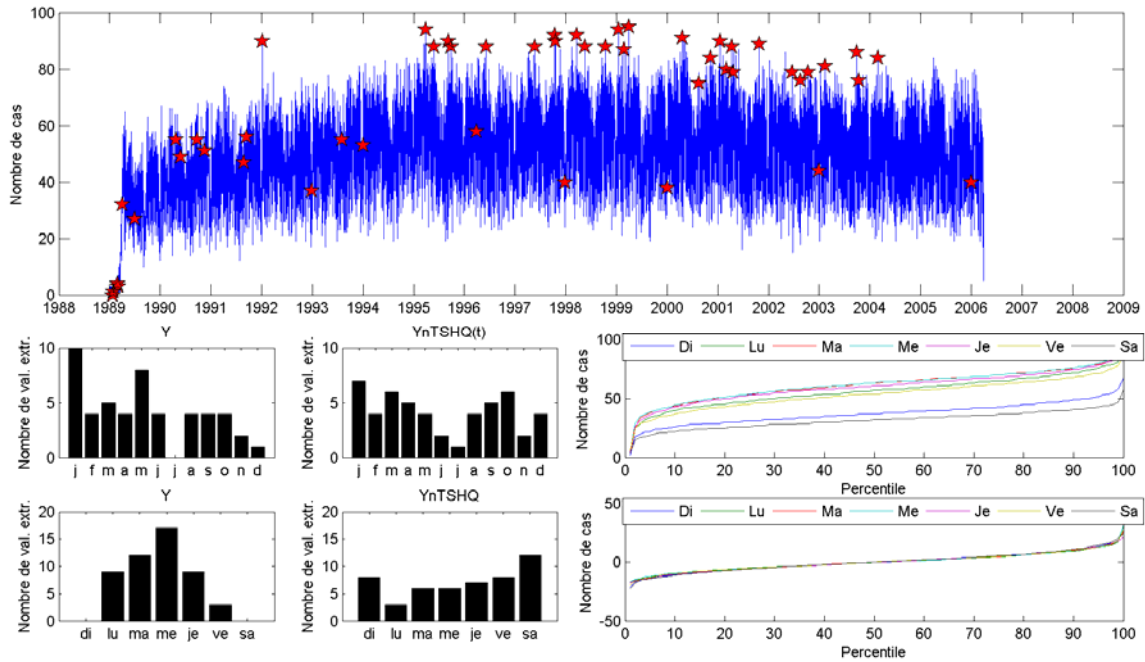
**Figure A-14 : Hospitalisations appareil circulatoire
RSS14 (Lanaudière)**



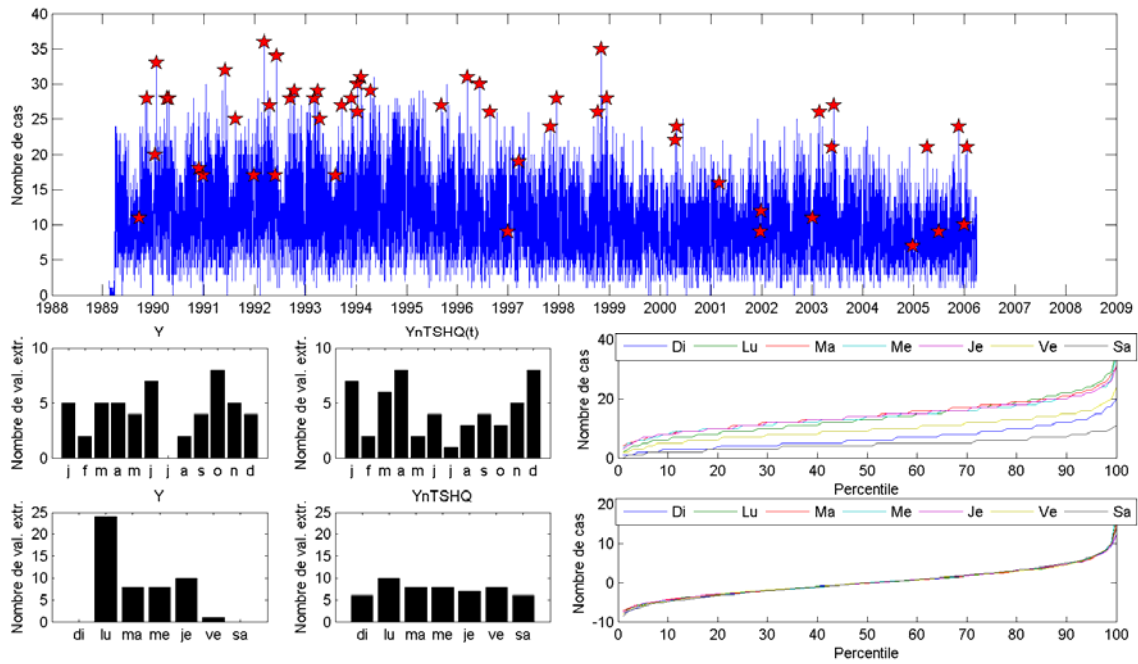
**Figure A-15 : Hospitalisations appareil circulatoire
RSS15 (Laurentides)**



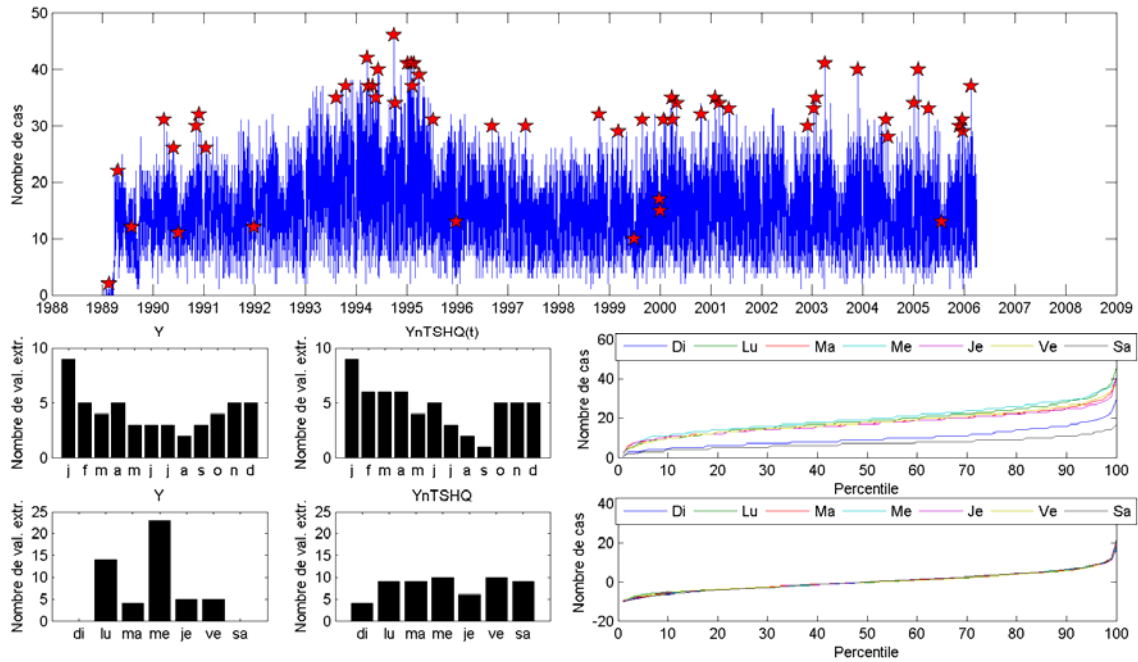
**Figure A-16 : Hospitalisations appareil circulatoire
RSS16 (Montérégie)**



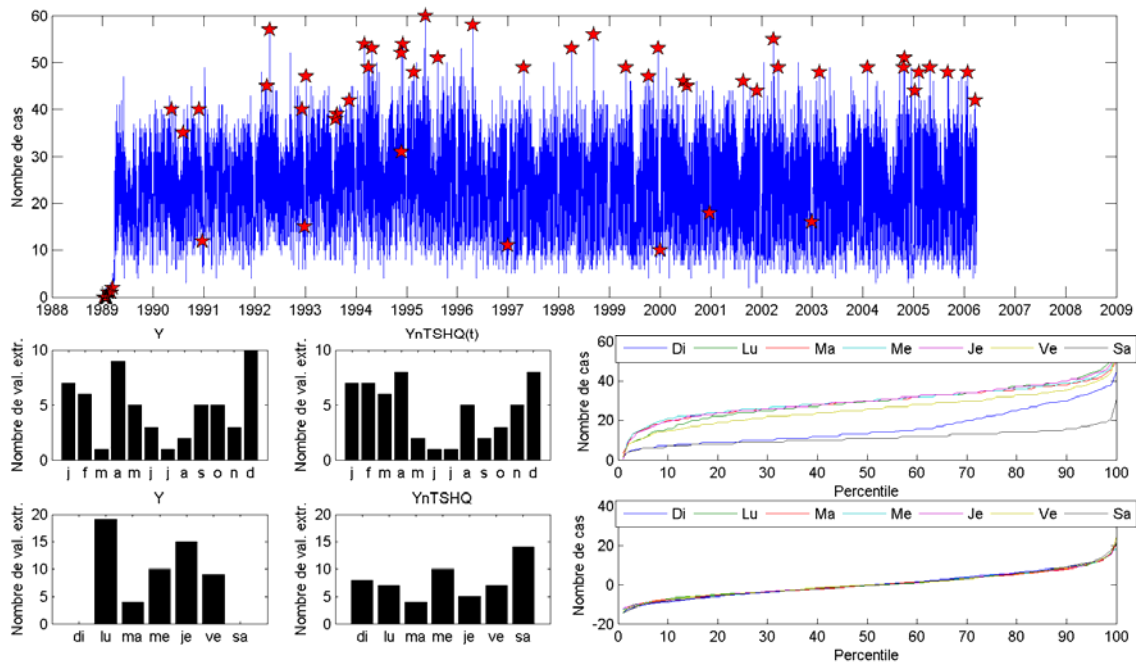
**Figure A-17 : Hospitalisations appareil digestif
RSS1 (Bas-Saint-Laurent)**



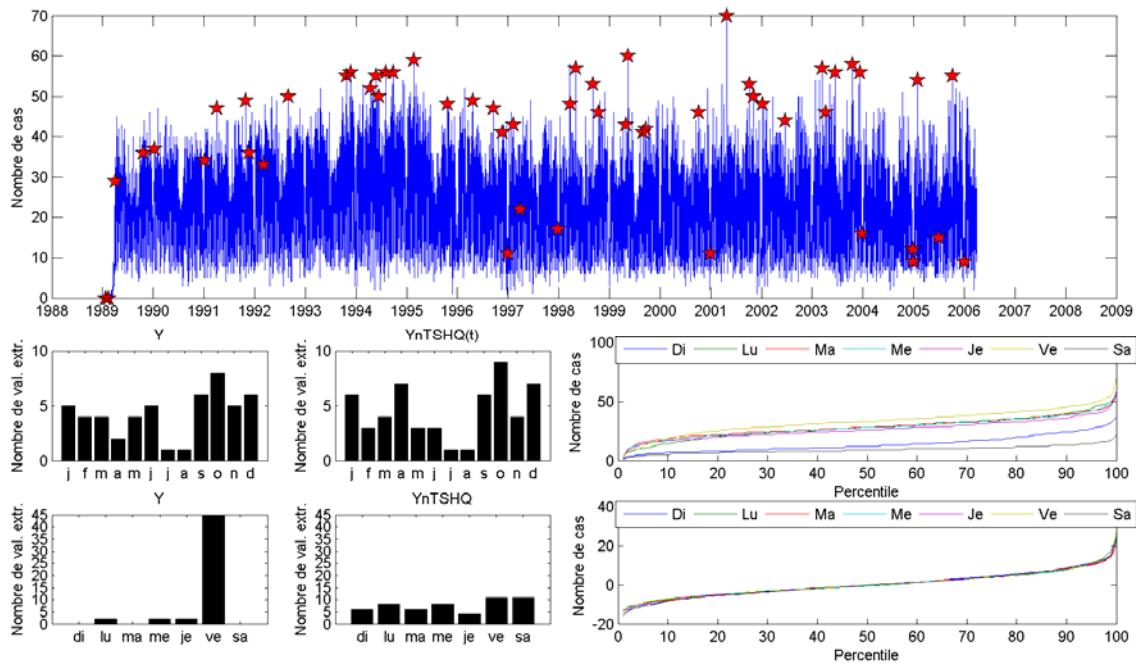
**Figure A-18 : Hospitalisations appareil digestif
RSS2 (Saguenay-Lac-Saint-Jean)**



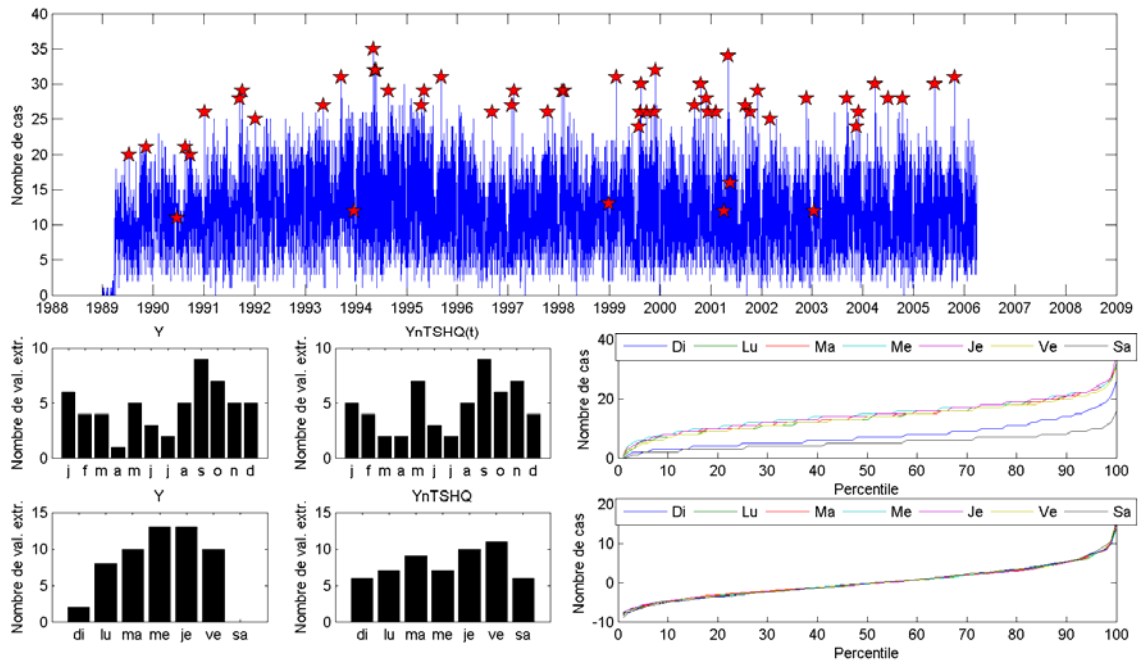
**Figure A-19 : Hospitalisations appareil digestif
RSS3 (Capitale-Nationale)**



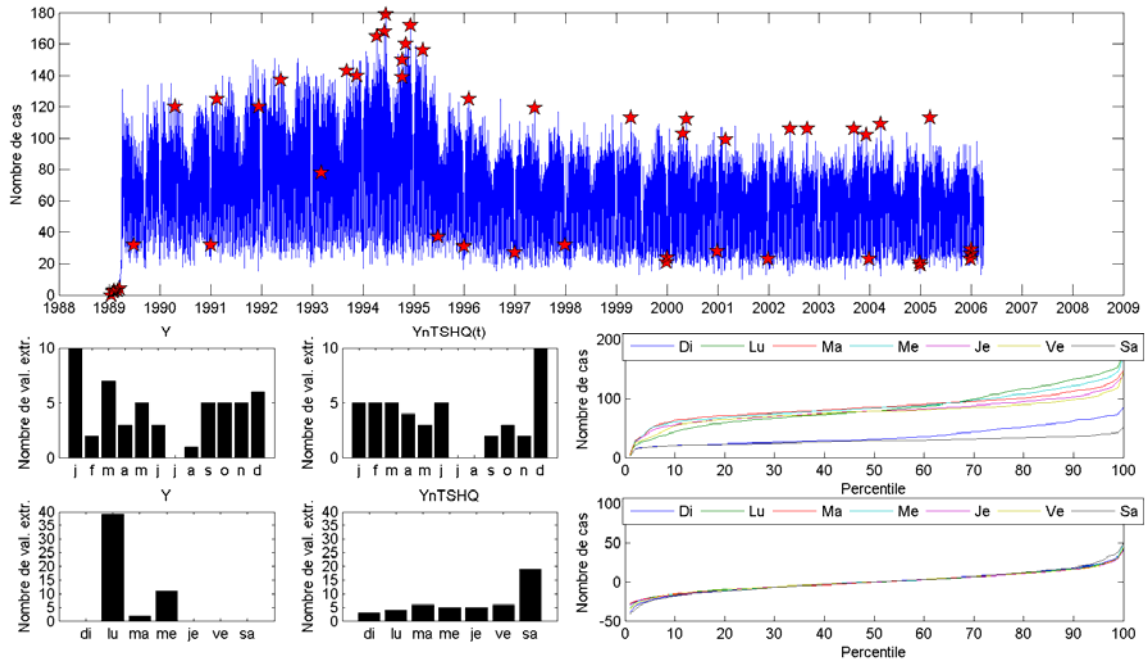
**Figure A-20 : Hospitalisations appareil digestif
RSS4 (Mauricie et Centre-du-Québec)**



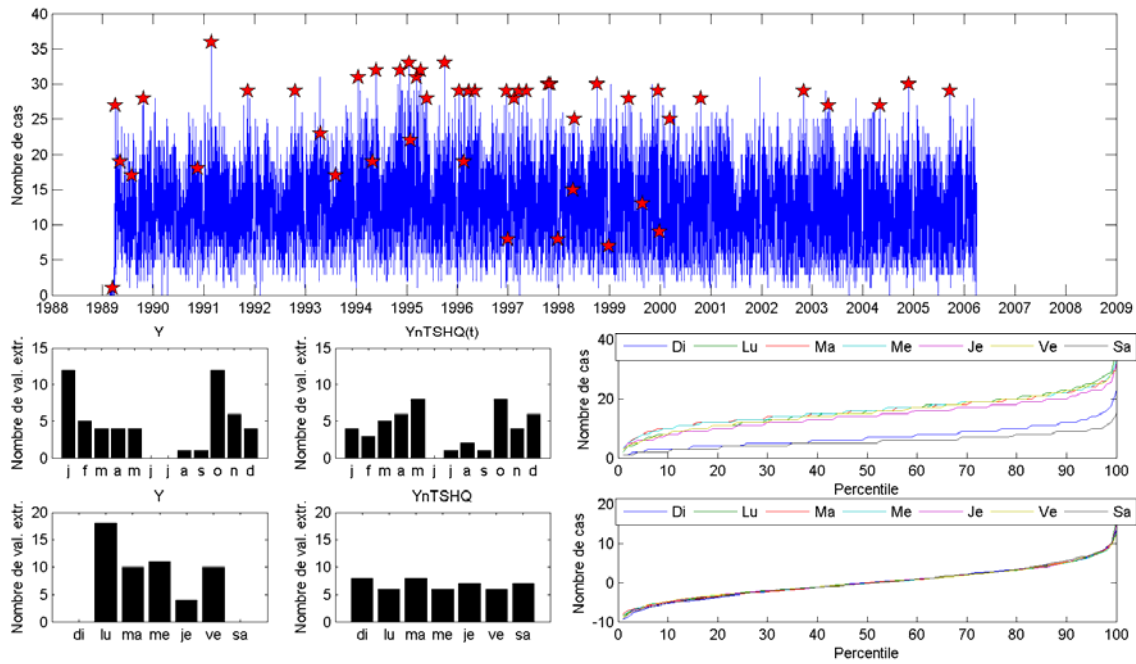
**Figure A-21 : Hospitalisations appareil digestif
RSS5 (Estrie)**



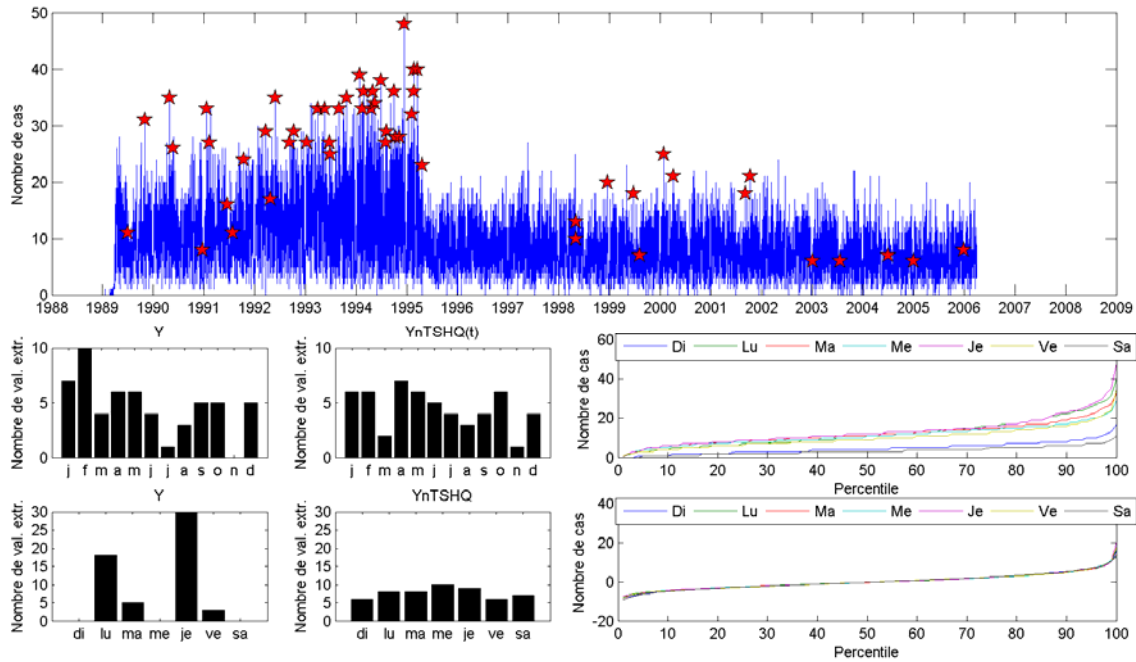
**Figure A-22 : Hospitalisations appareil digestif
RSS6 (Montréal)**



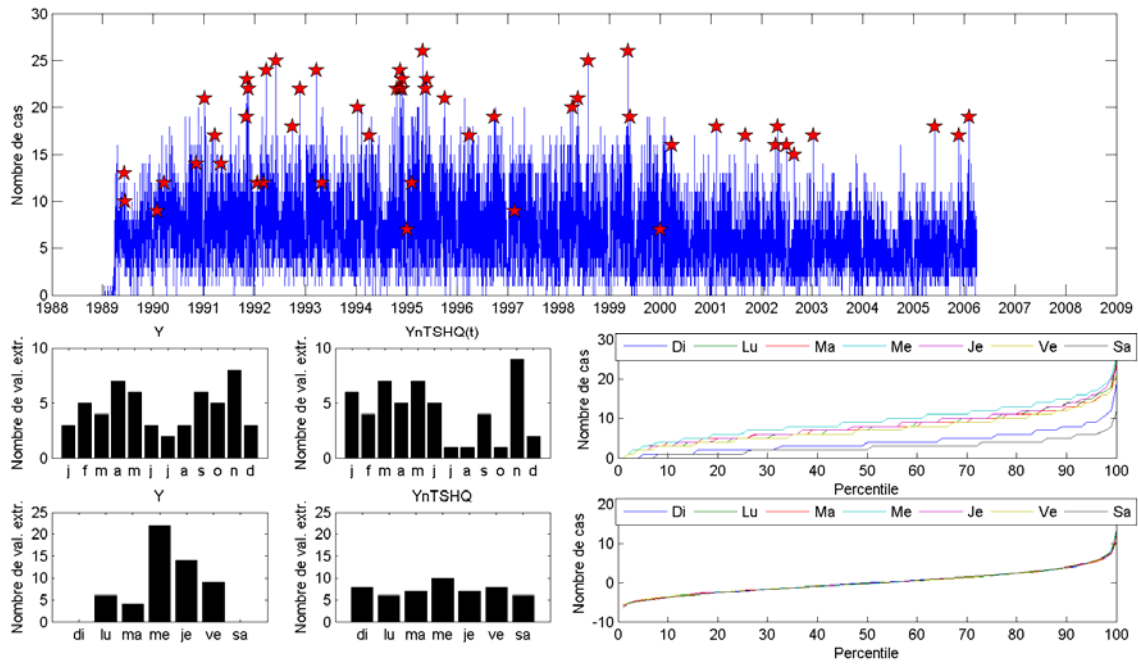
**Figure A-23 : Hospitalisations appareil digestif
RSS7 (Outaouais)**



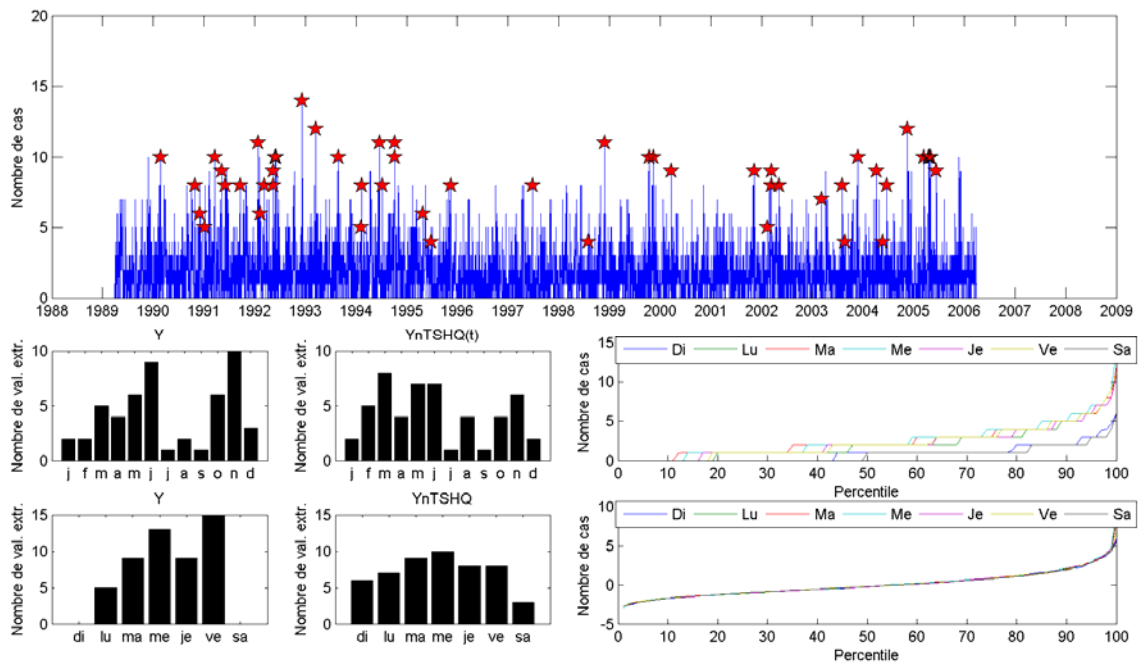
**Figure A-24 : Hospitalisations appareil digestif
RSS8 (Abitibi-Témiscamingue)**



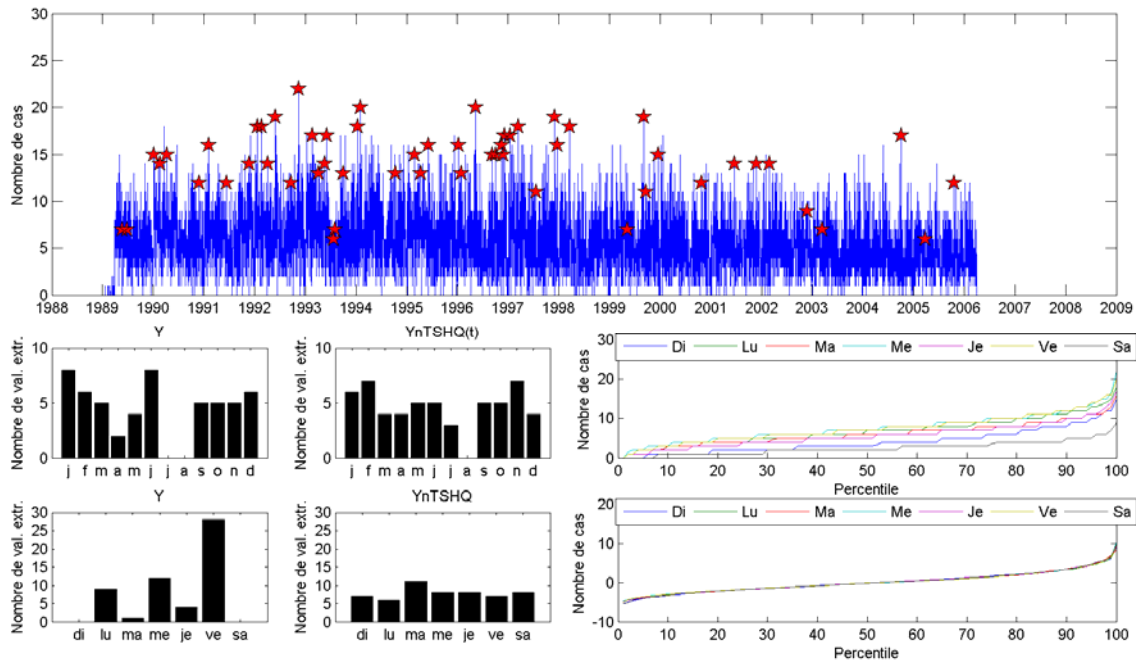
**Figure A-25 : Hospitalisations appareil digestif
RSS9 (Côte-Nord)**



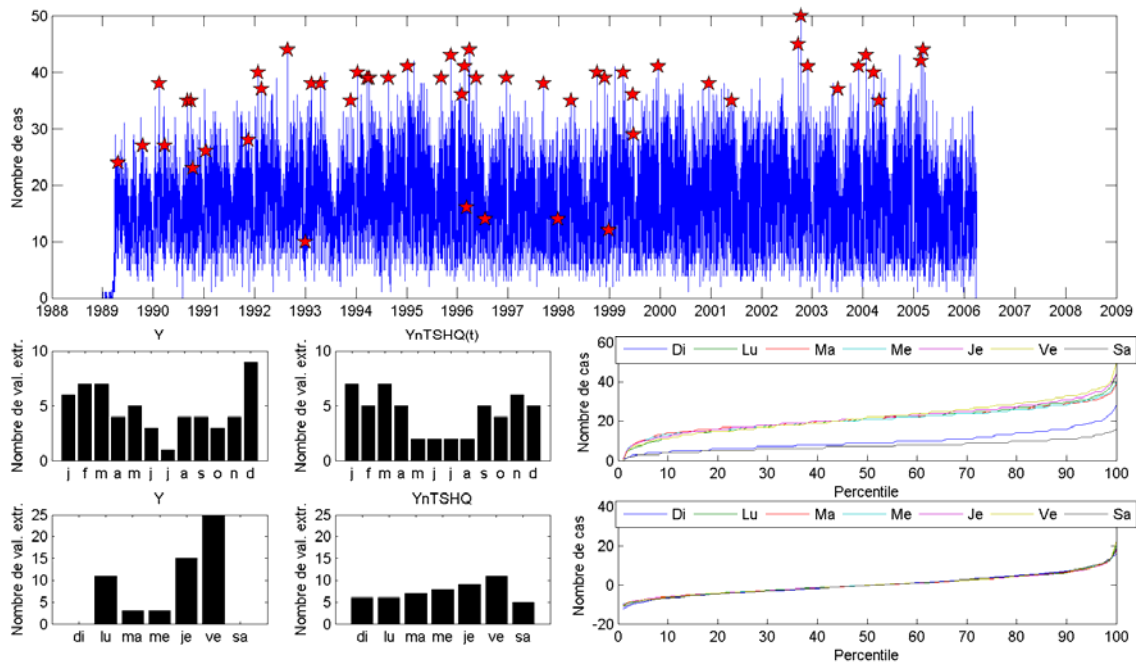
**Figure A-26 : Hospitalisations appareil digestif
RSS10 (Nord-du-Québec)**



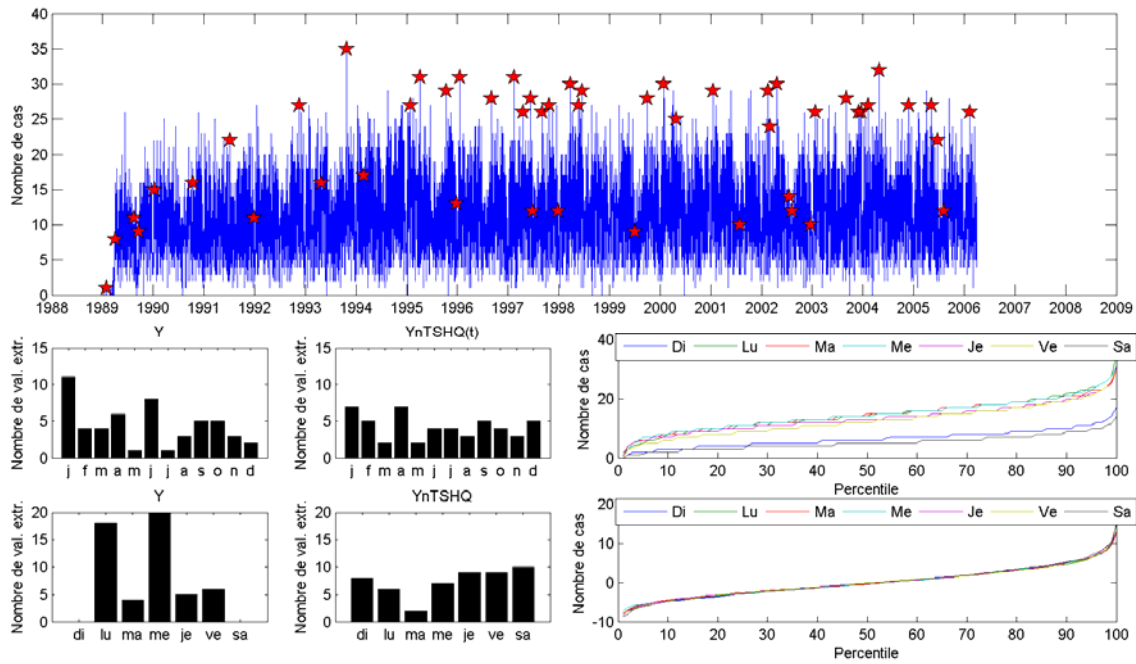
**Figure A-27 : Hospitalisations appareil digestif
RSS11 (Gaspésie-Iles-de-la-Madeleine)**



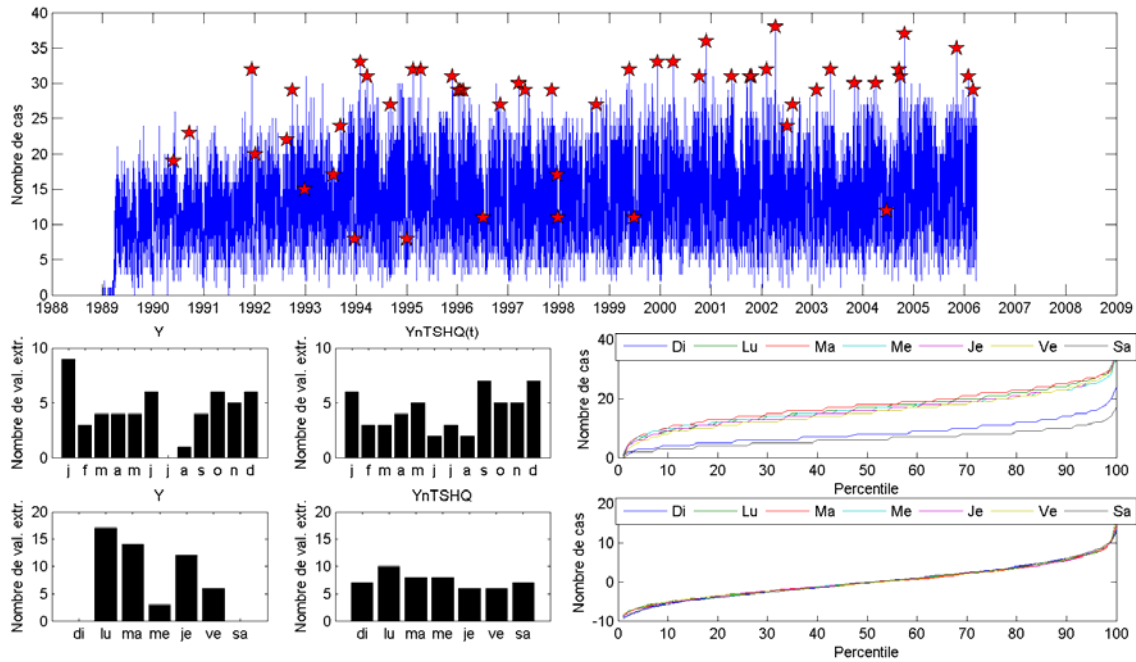
**Figure A-28 : Hospitalisations appareil digestif
RSS12 (Chaudière-Appalaches)**



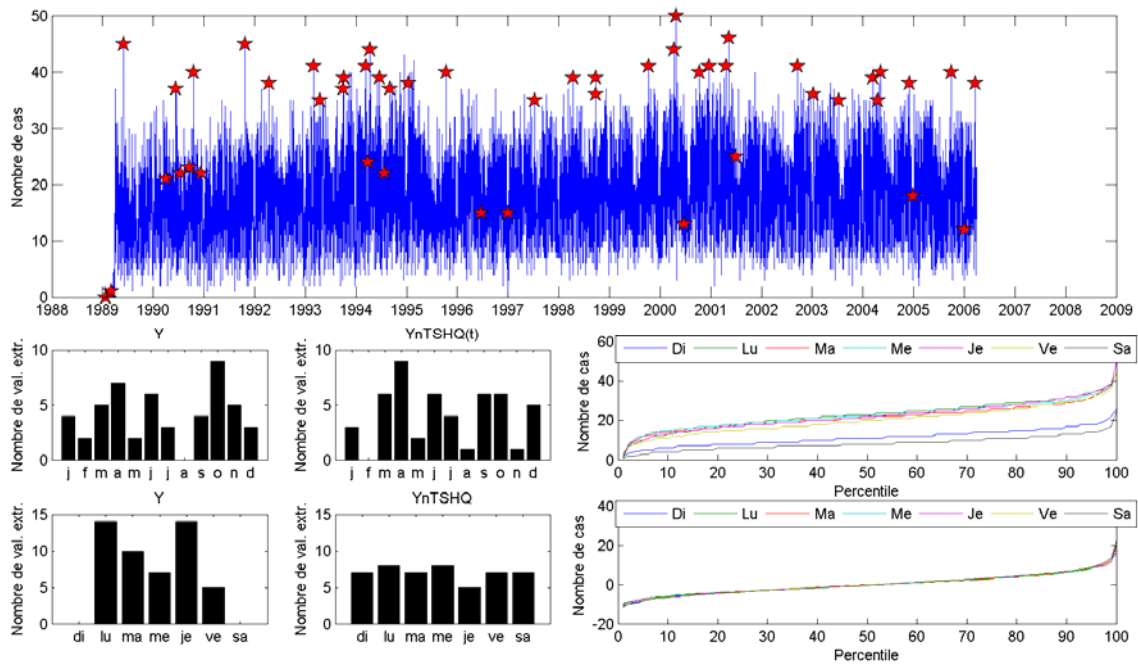
**Figure A-29 : Hospitalisations appareil digestif
RSS13 (Laval)**



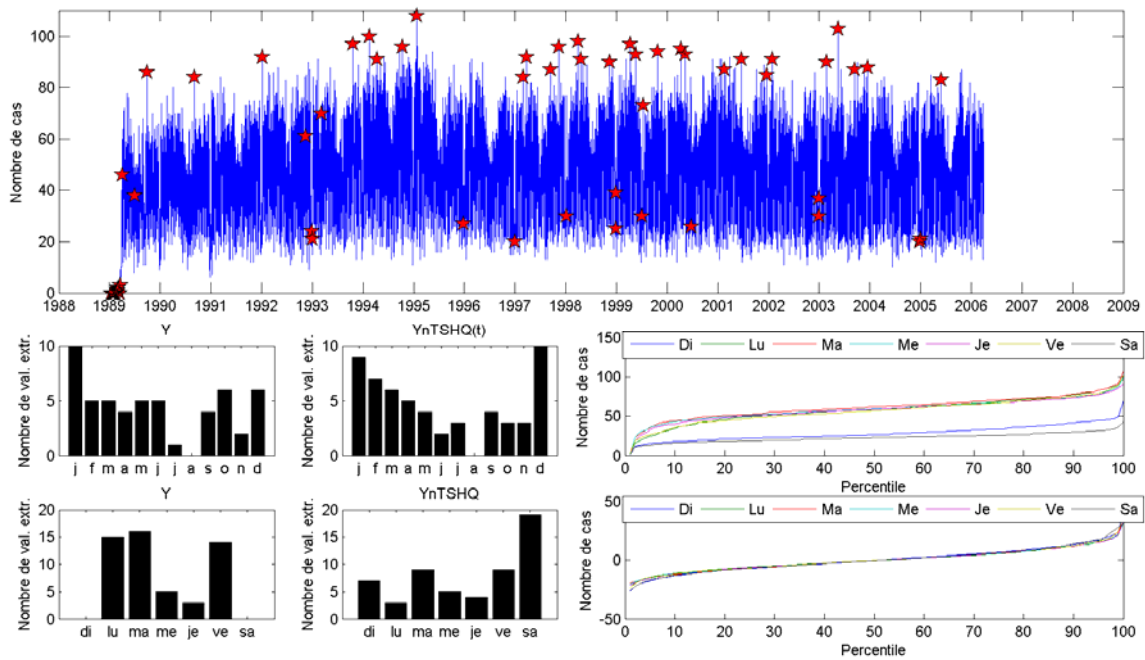
**Figure A-30 : Hospitalisations appareil digestif
RSS14 (Lanaudière)**



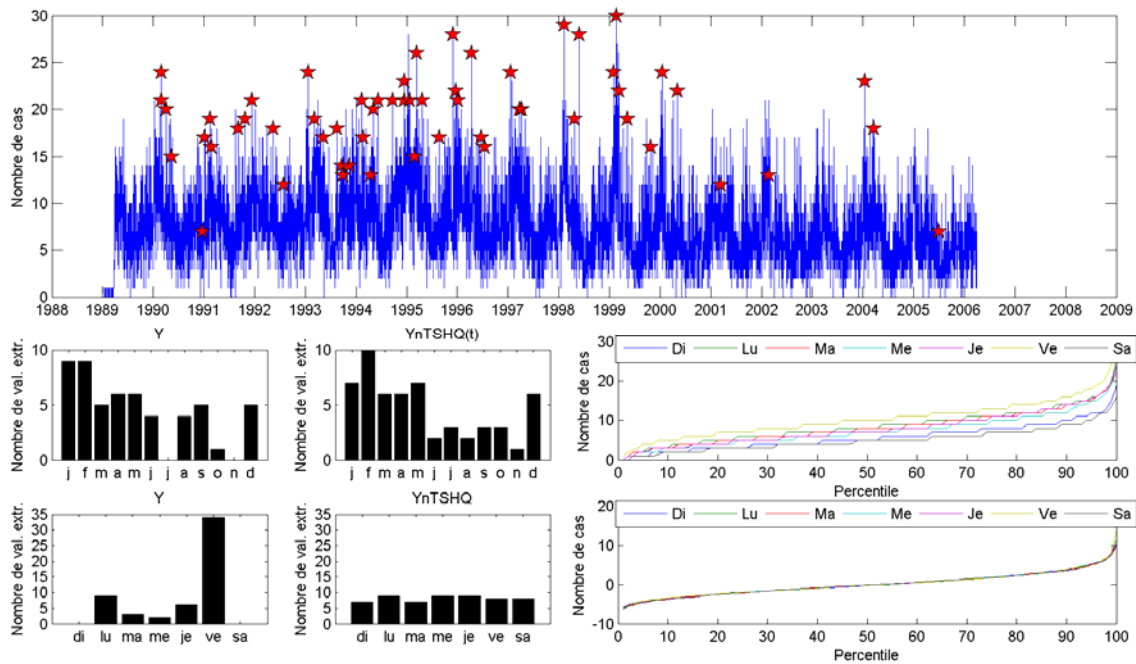
**Figure A-31 : Hospitalisations appareil digestif
RSS15 (Laurentides)**



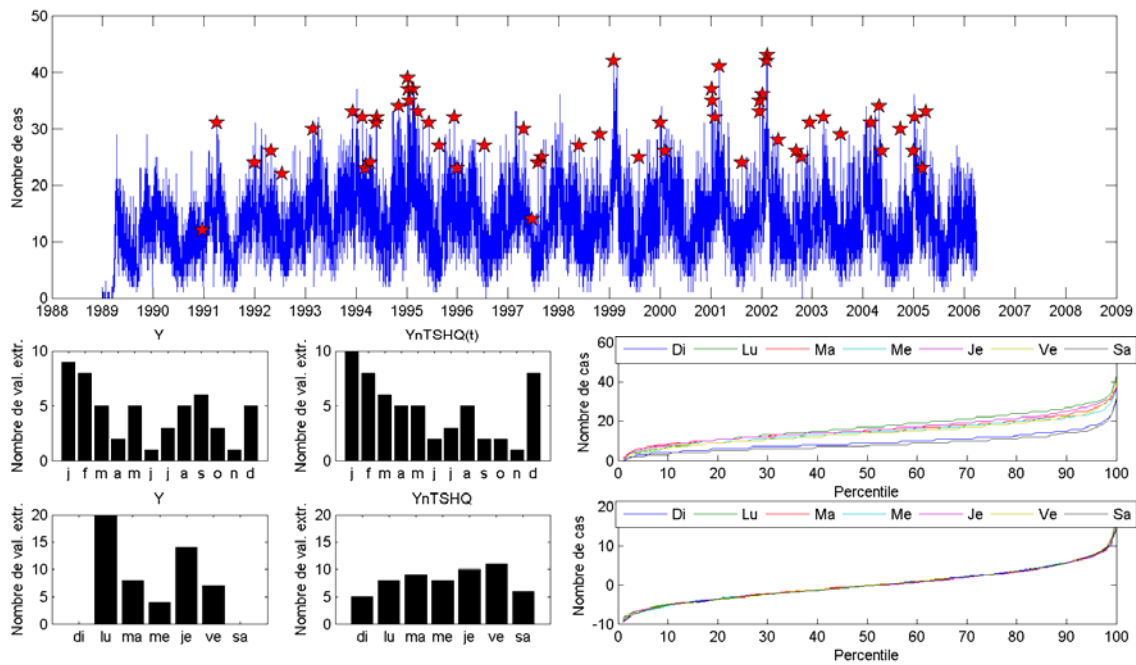
**Figure A-32 : Hospitalisations appareil digestif
RSS16 (Montérégie)**



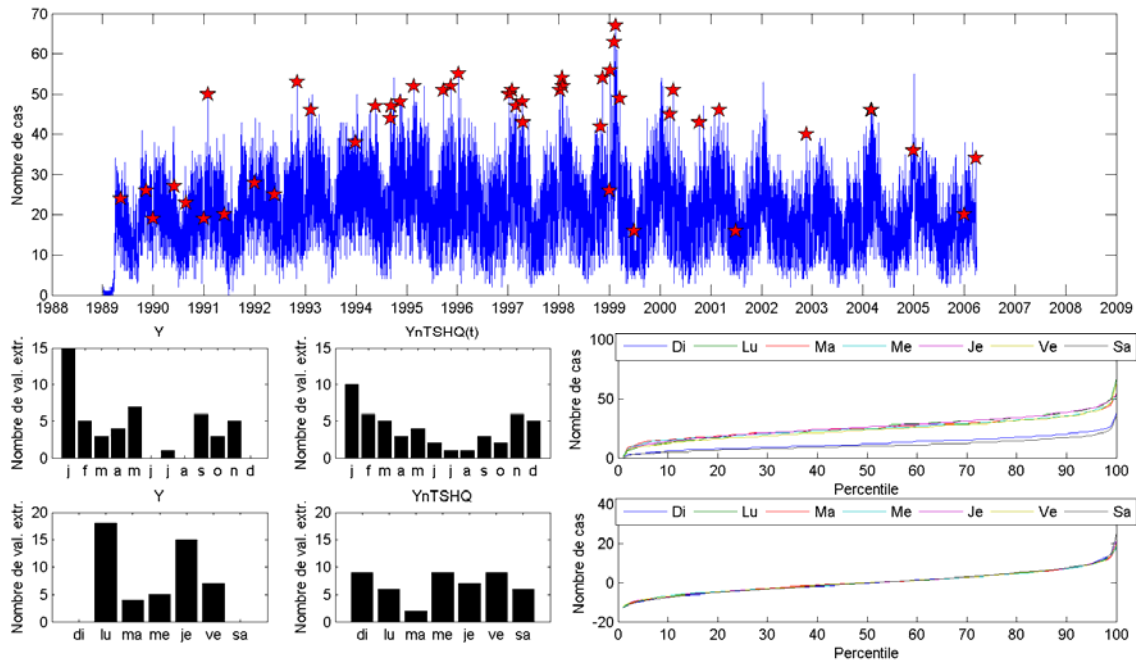
**Figure A-33 : Hospitalisations appareil respiratoire
RSS1 (Bas-Saint-Laurent)**



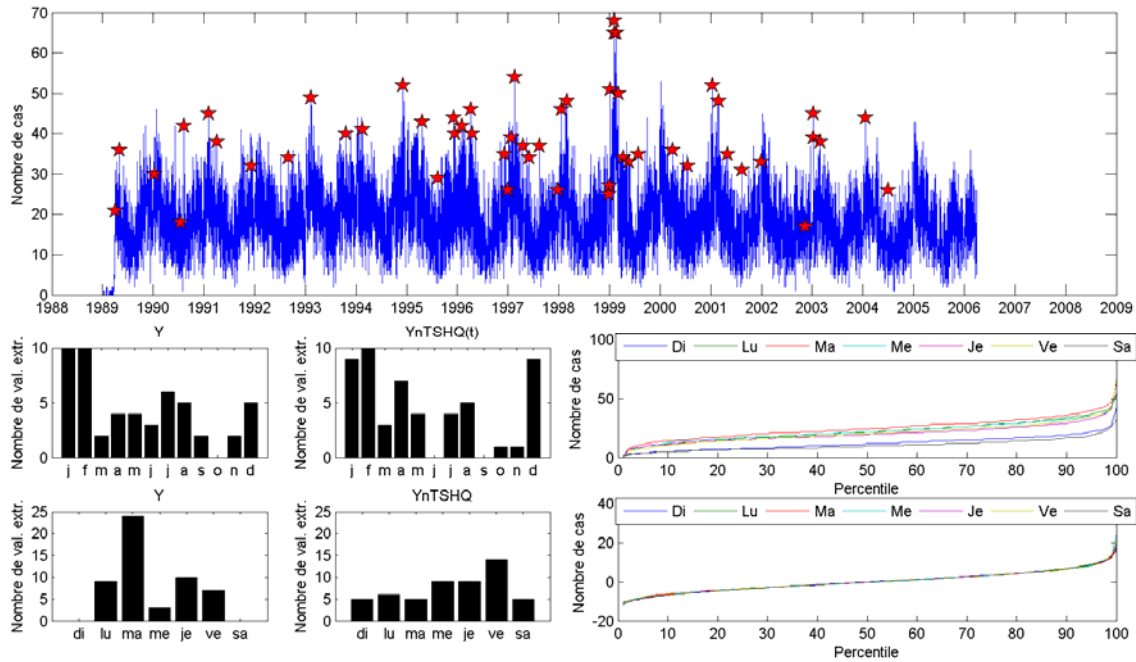
**Figure A-34 : Hospitalisations appareil respiratoire
RSS2 (Saguenay-Lac-Saint-Jean)**



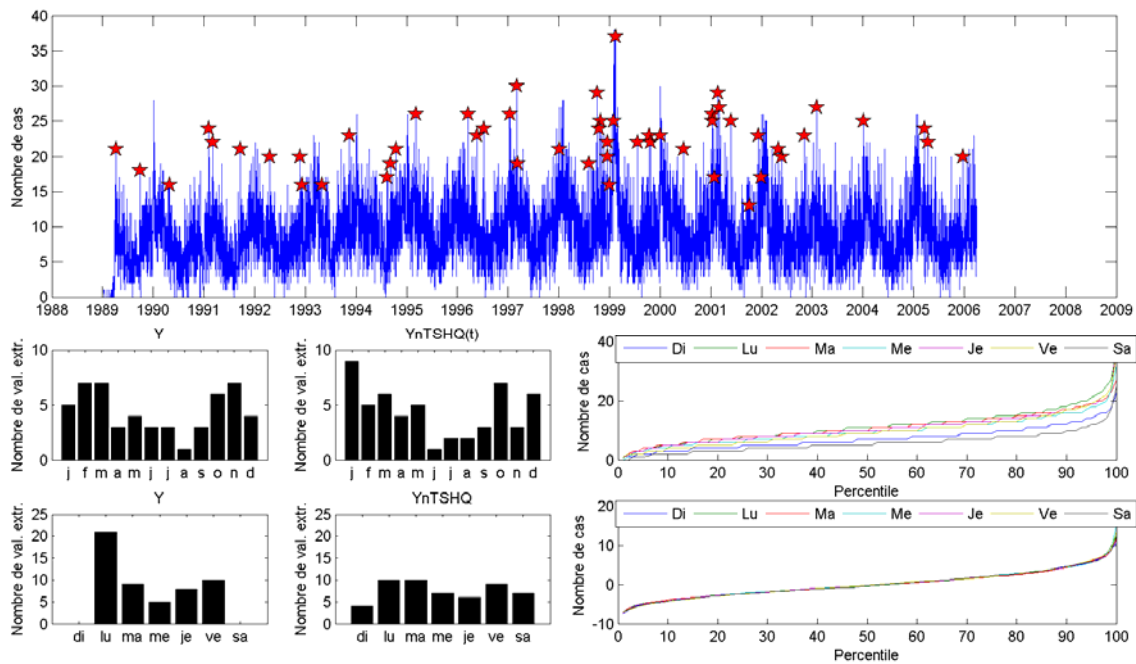
**Figure A-35 : Hospitalisations appareil respiratoire
RSS3 (Capitale-Nationale)**



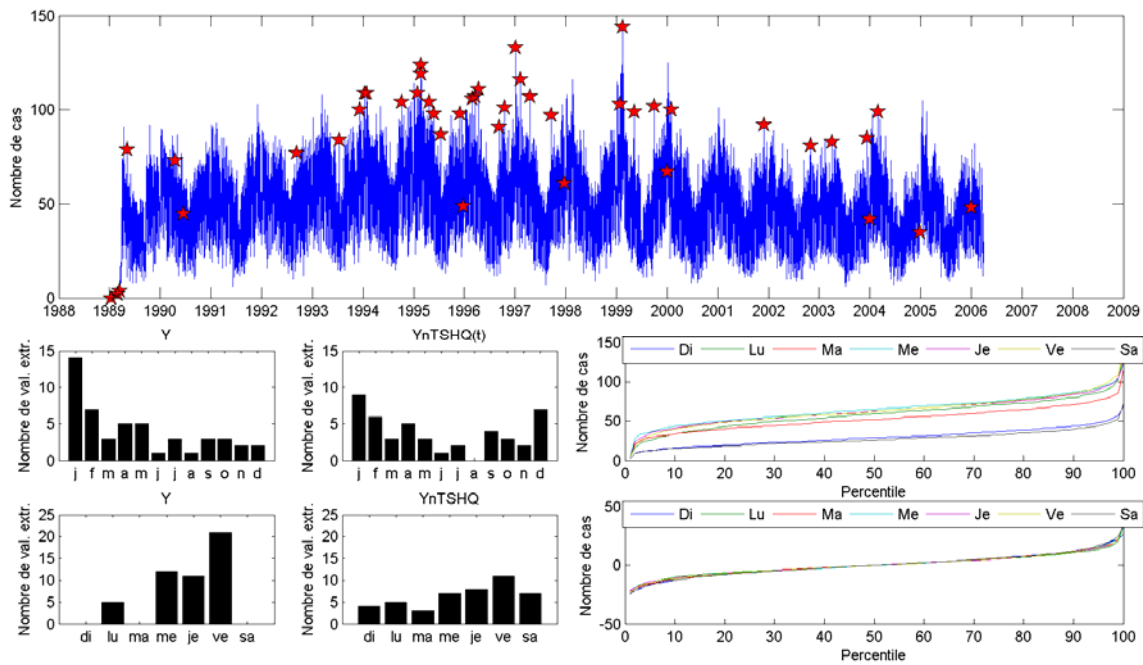
**Figure A-36 : Hospitalisations appareil respiratoire
RSS4 (Mauricie et Centre-du-Québec)**



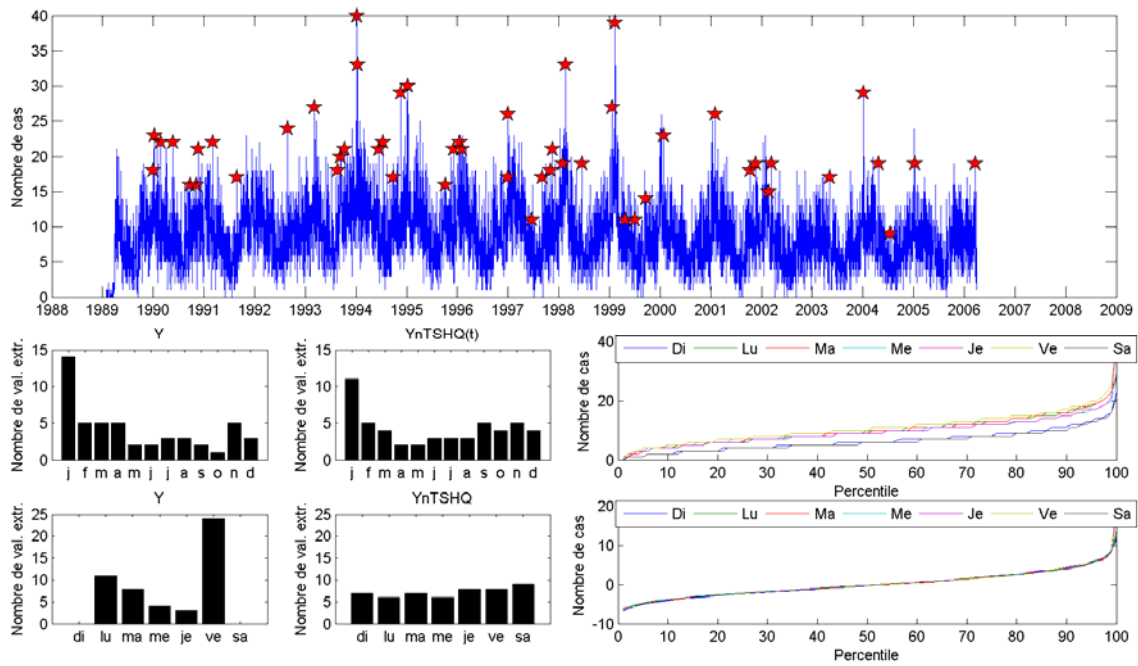
**Figure A-37 : Hospitalisations appareil respiratoire
RSS5 (Estrie)**



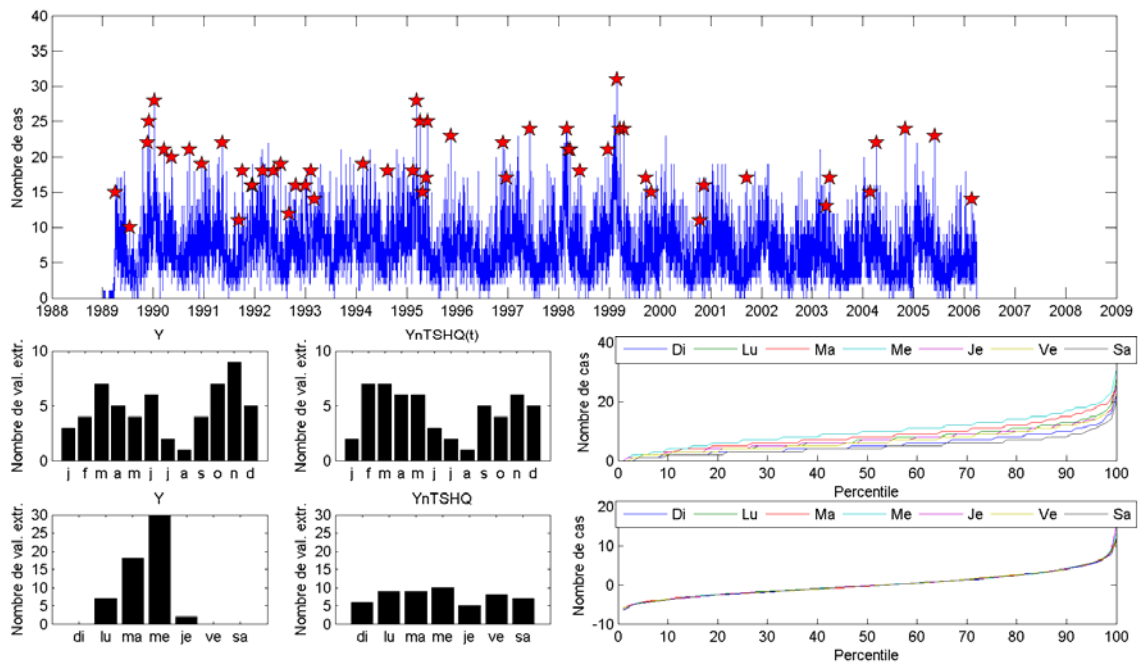
**Figure A-38 : Hospitalisations appareil respiratoire
RSS6 (Montréal)**



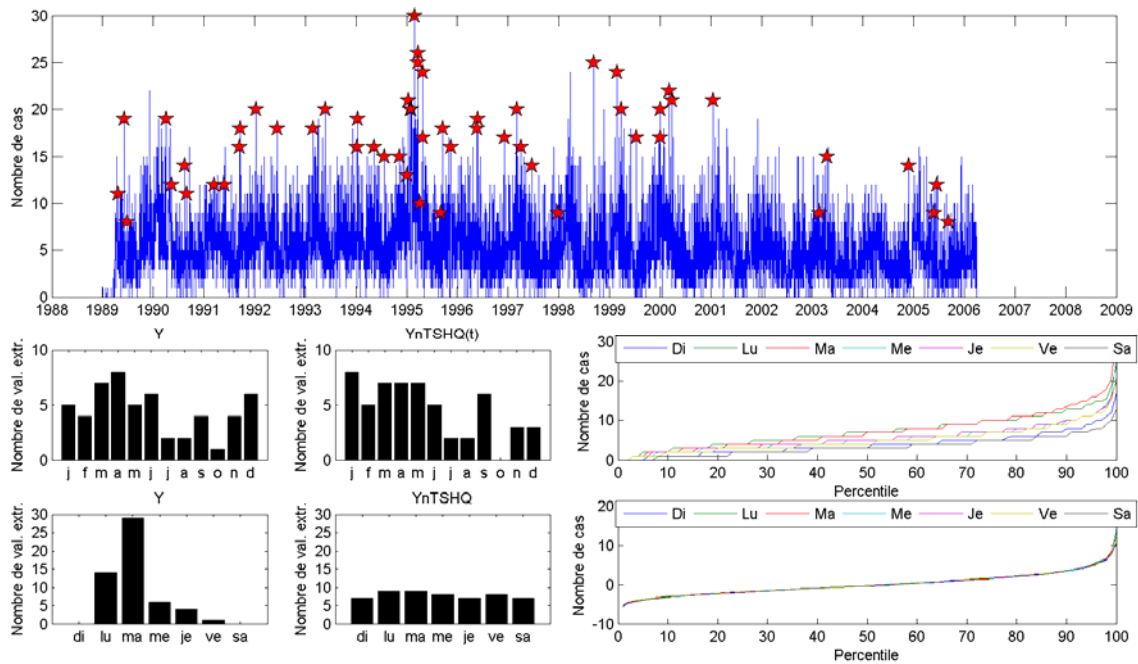
**Figure A-39 : Hospitalisations appareil respiratoire
RSS7 (Outaouais)**



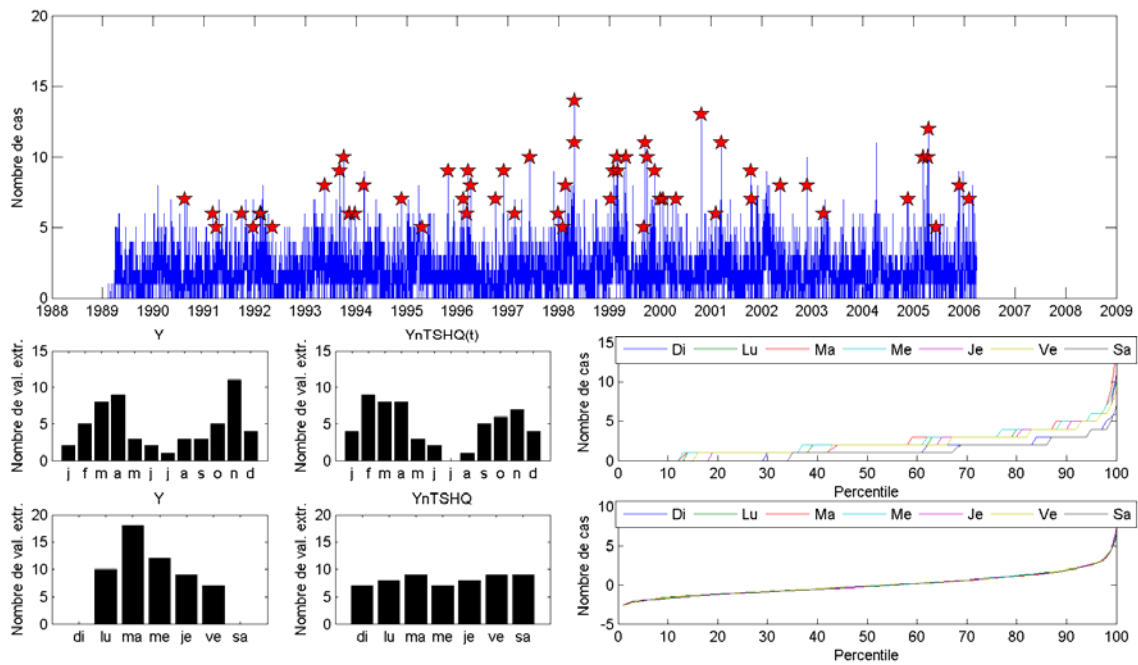
**Figure A-40 : Hospitalisations appareil respiratoire
RSS8 (Abitibi-Témiscamingue)**



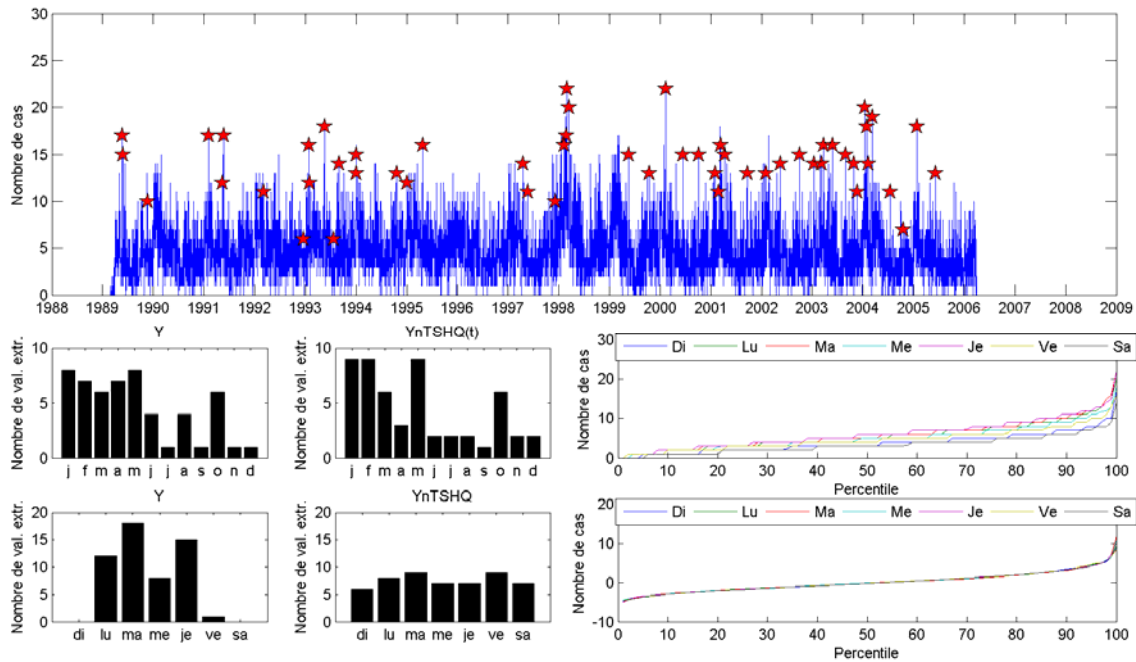
**Figure A-41 : Hospitalisations appareil respiratoire
RSS9 (Côte-Nord)**



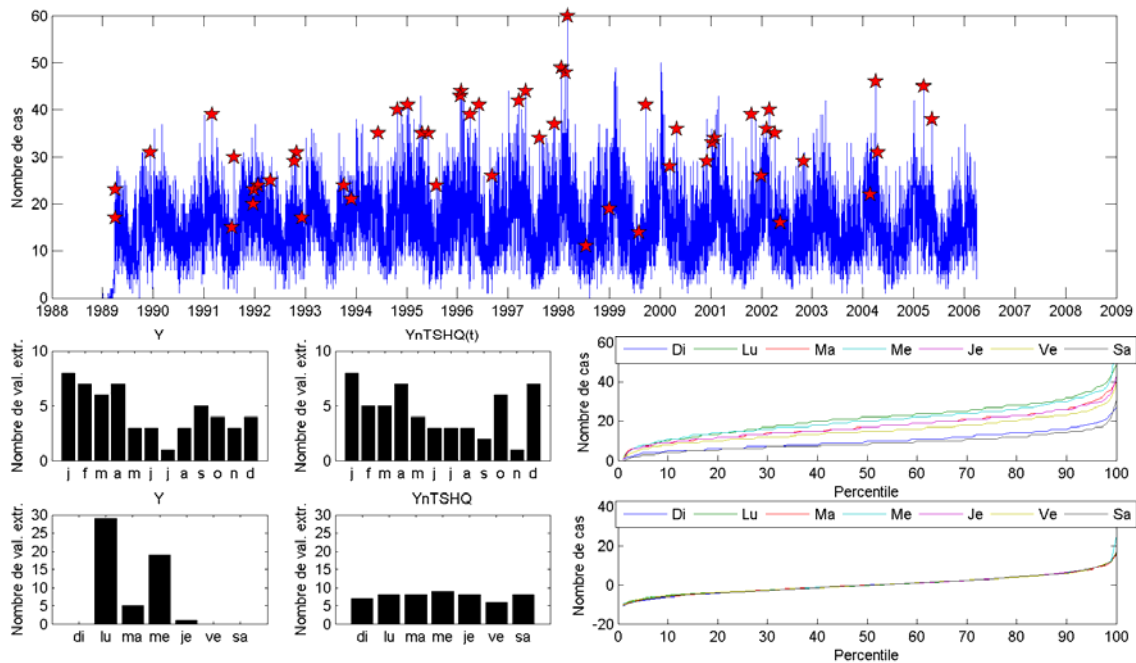
**Figure A-42 : Hospitalisations appareil respiratoire
RSS10 (Nord-du-Québec)**



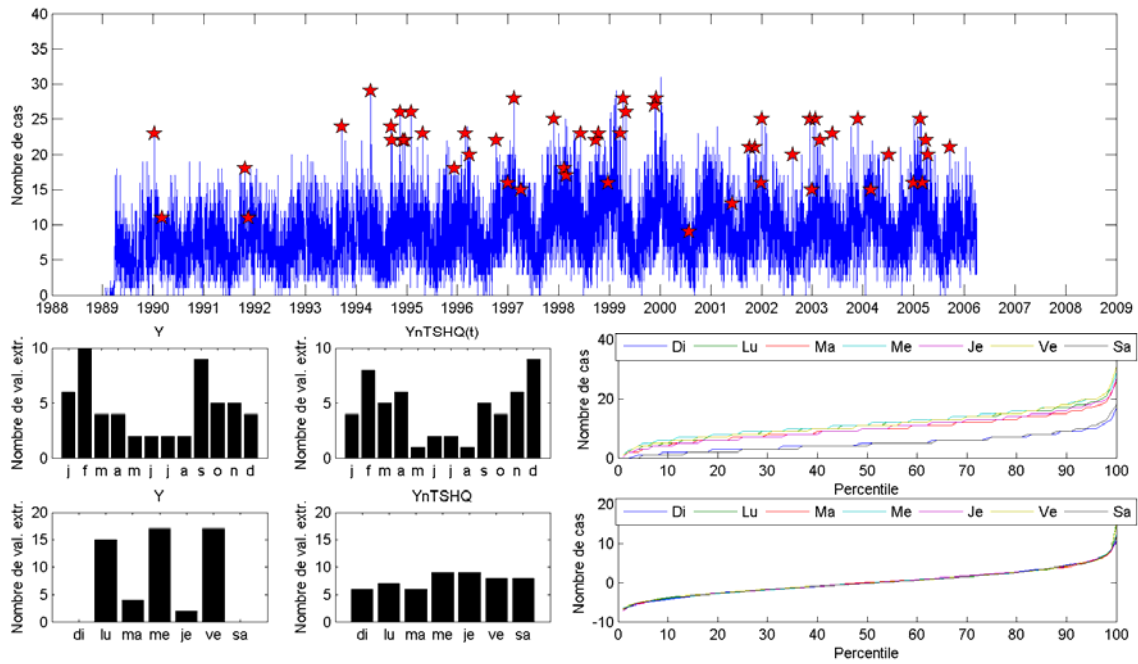
**Figure A-43 : Hospitalisations appareil respiratoire
RSS11 (Gaspésie-Iles-de-la-Madeleine)**



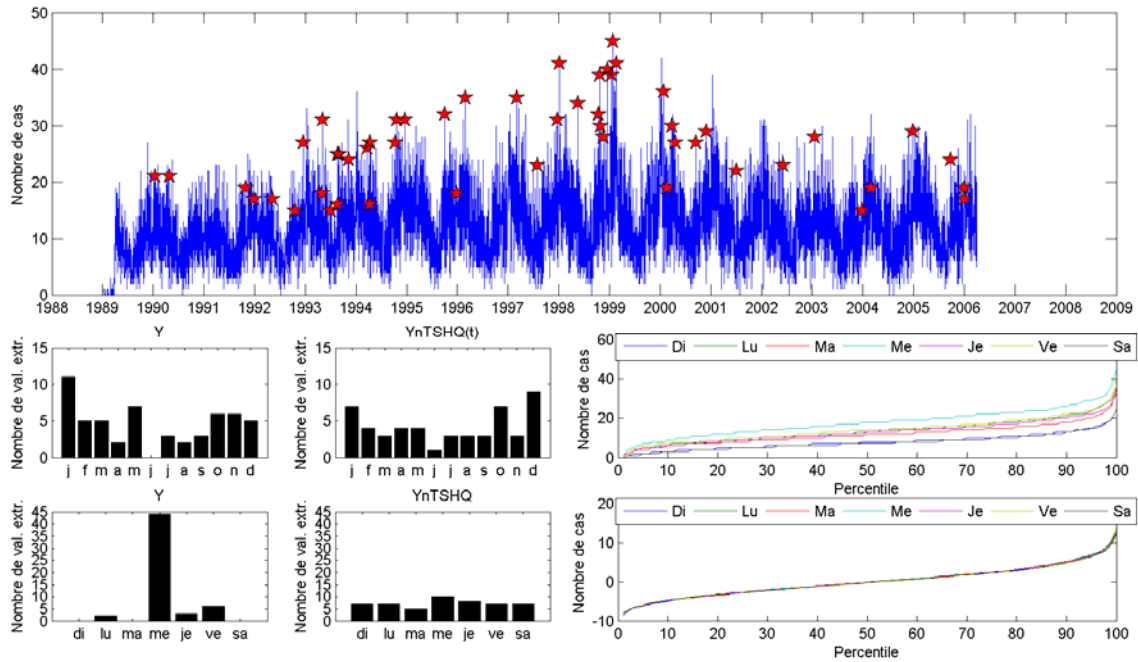
**Figure A-44 : Hospitalisations appareil respiratoire
RSS12 (Chaudière-Appalaches)**



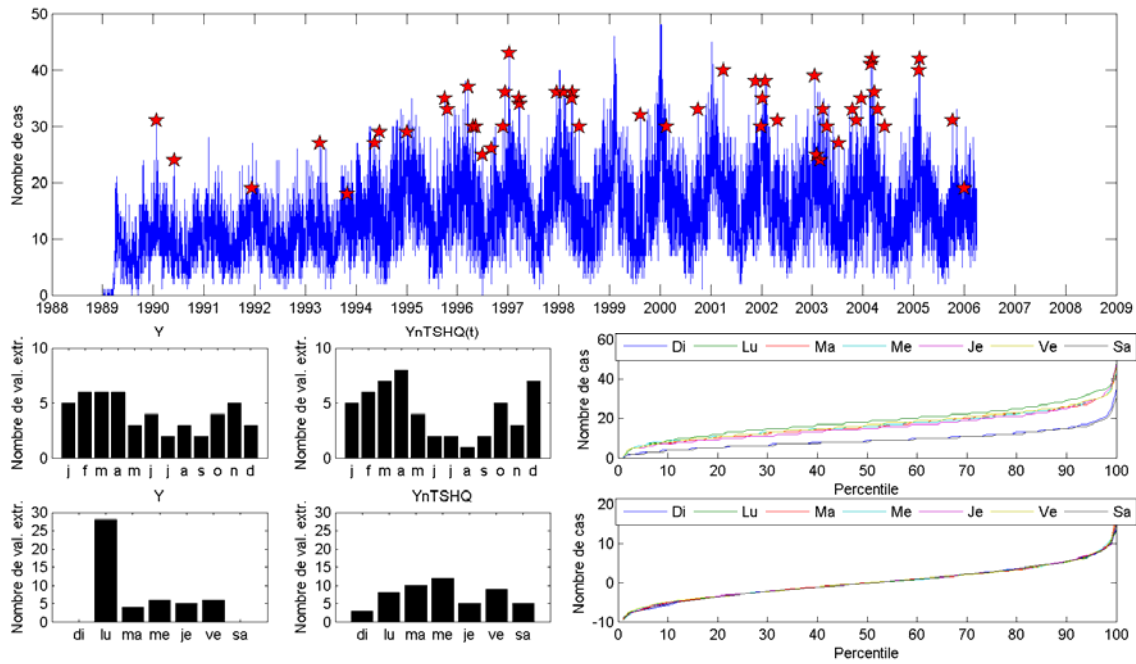
**Figure A-45 : Hospitalisations appareil respiratoire
RSS13 (Laval)**



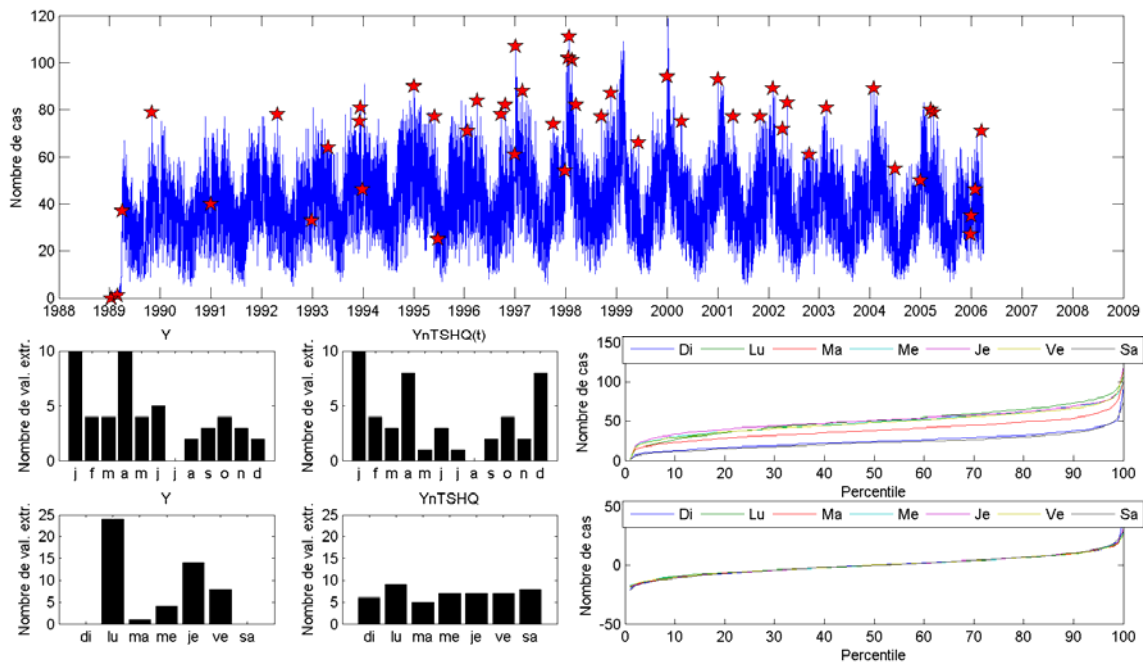
**Figure A-46 : Hospitalisations appareil respiratoire
RSS14 (Lanaudière)**



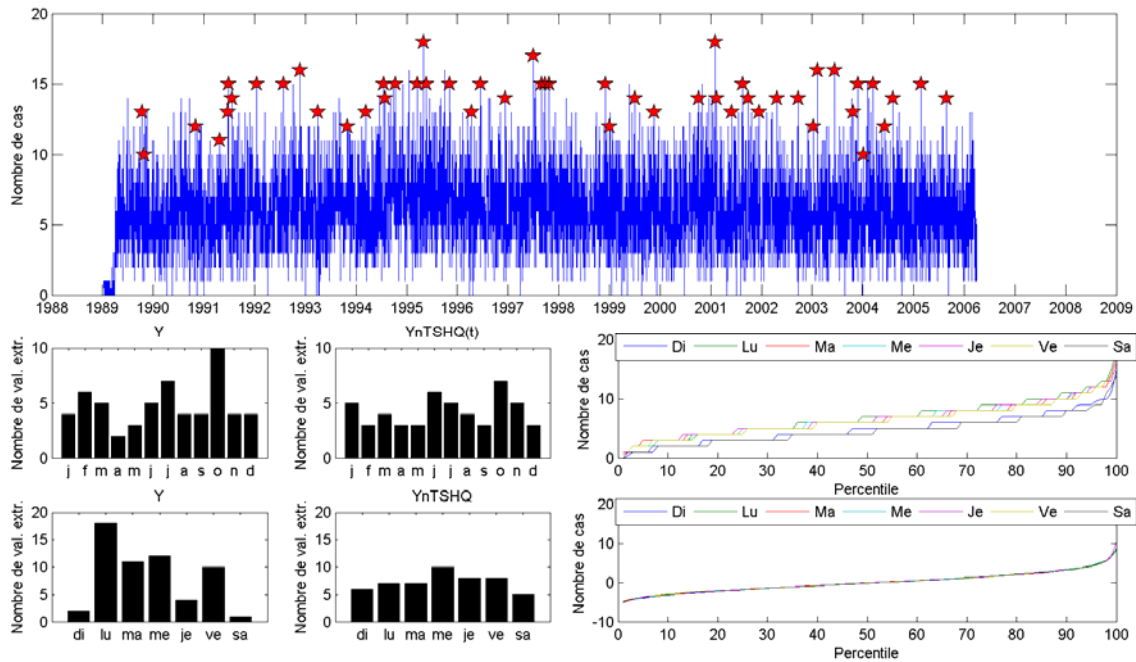
**Figure A-47 : Hospitalisations appareil respiratoire
RSS15 (Laurentides)**



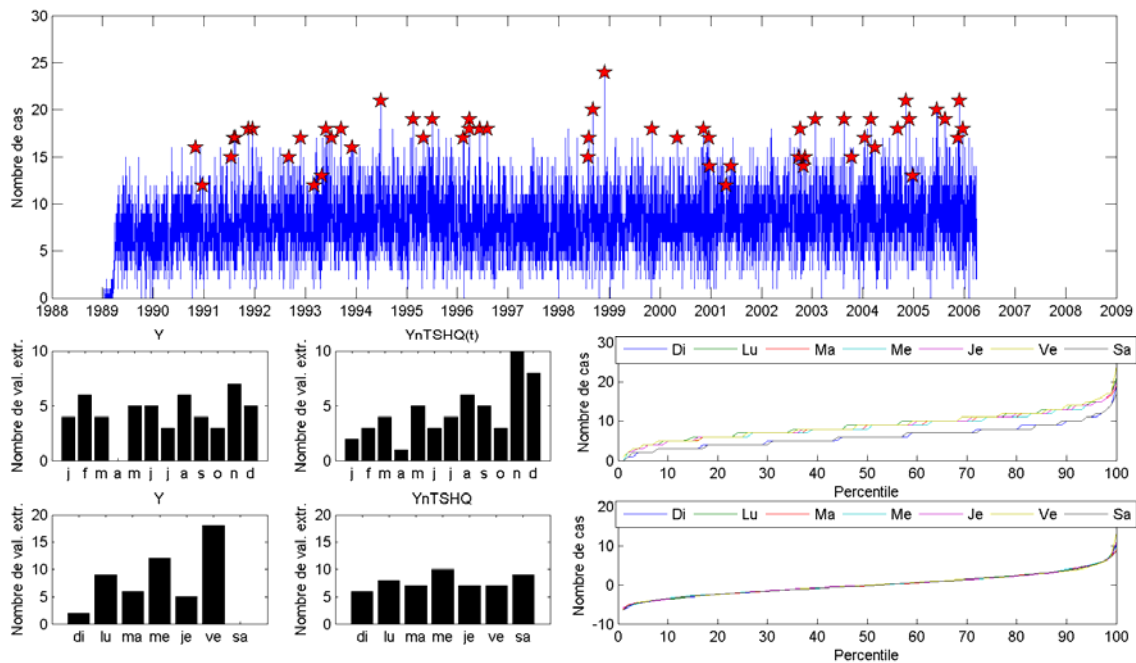
**Figure A-48 : Hospitalisations appareil respiratoire
RSS16 (Montérégie)**



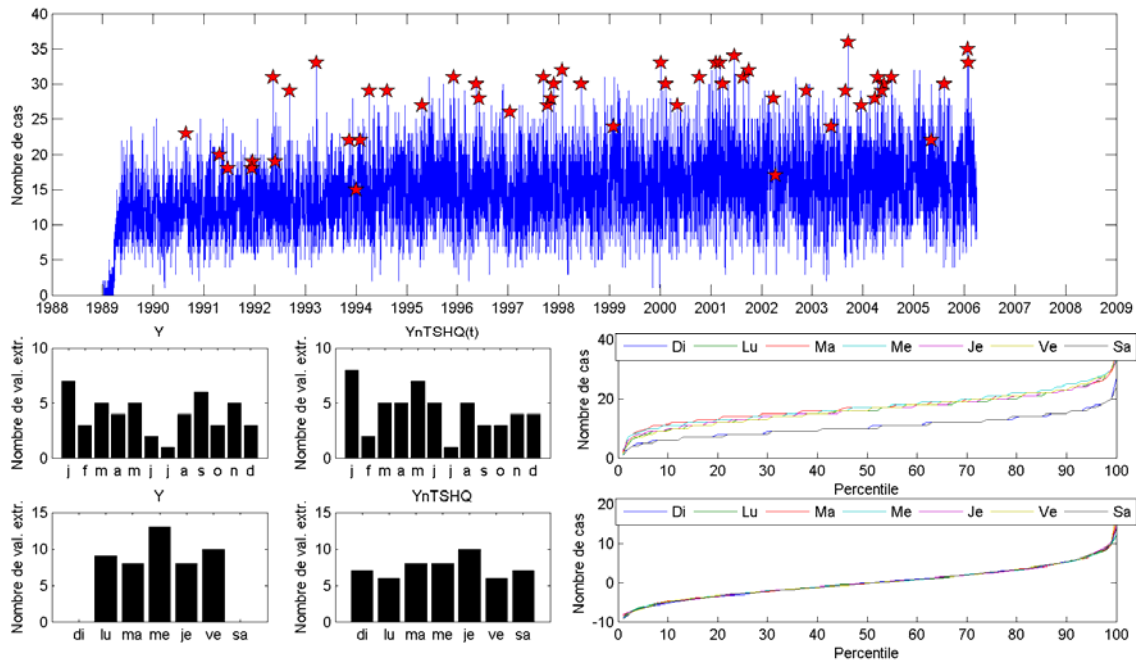
**Figure A-49 : Hospitalisations traumatismes et empoisonnements
RSS1 (Bas-Saint-Laurent)**



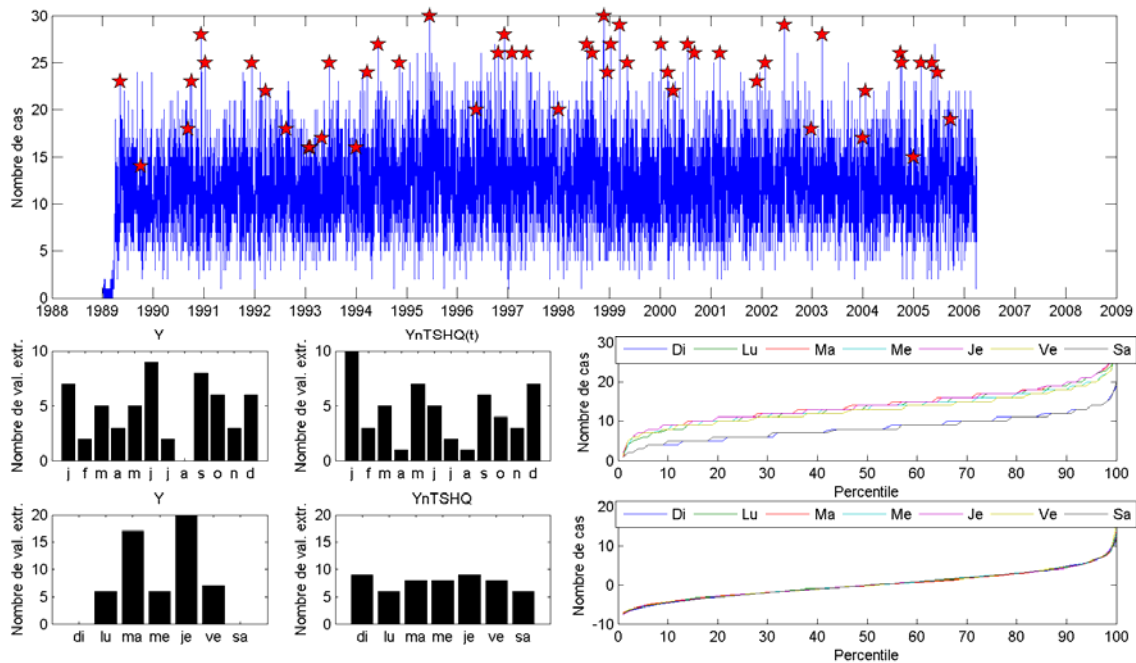
**Figure A-50 : Hospitalisations traumatismes et empoisonnements
RSS2 (Saguenay-Lac-Saint-Jean)**



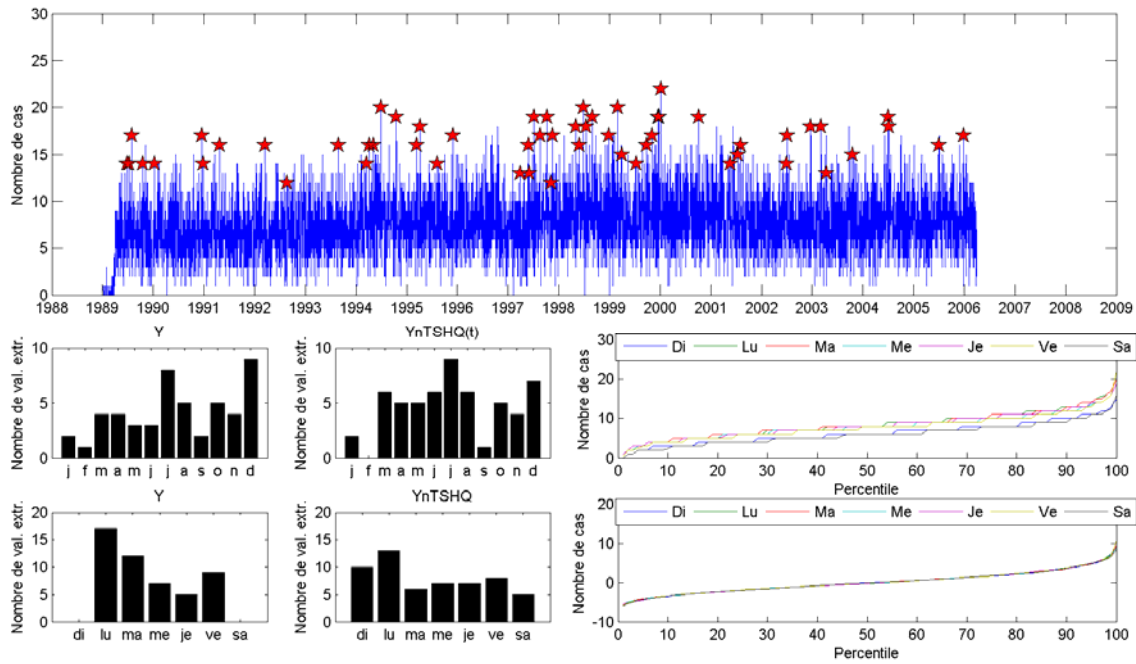
**Figure A-51 : Hospitalisations traumatismes et empoisonnements
RSS3 (Capitale-Nationale)**



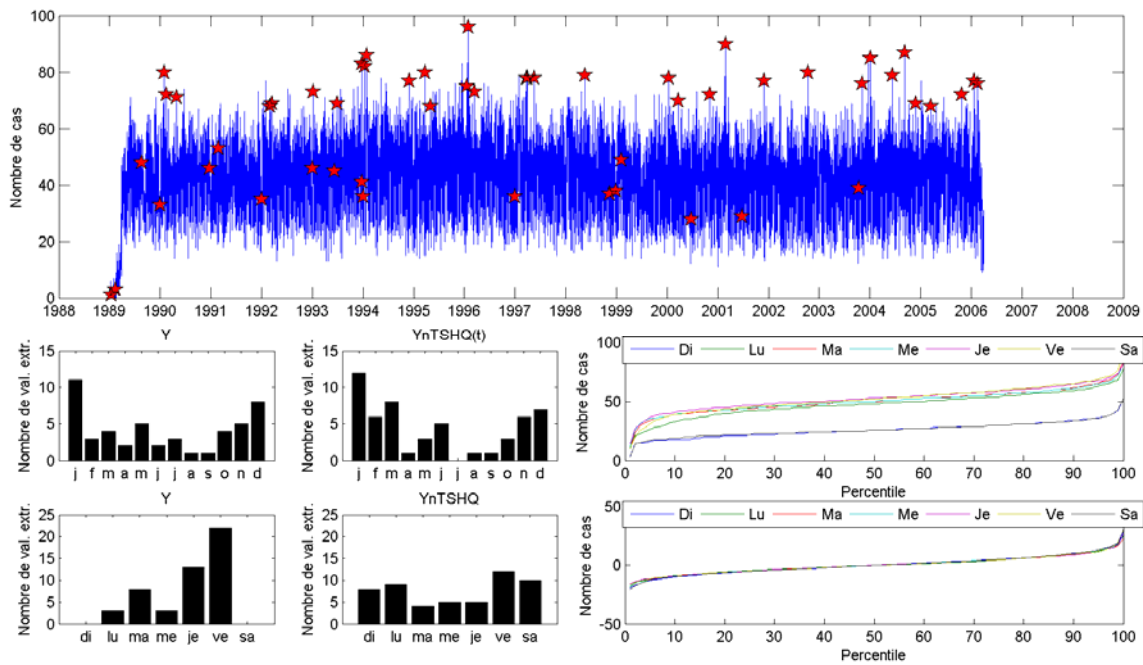
**Figure A-52 : Hospitalisations traumatismes et empoisonnements
RSS4 (Mauricie et Centre-du-Québec)**



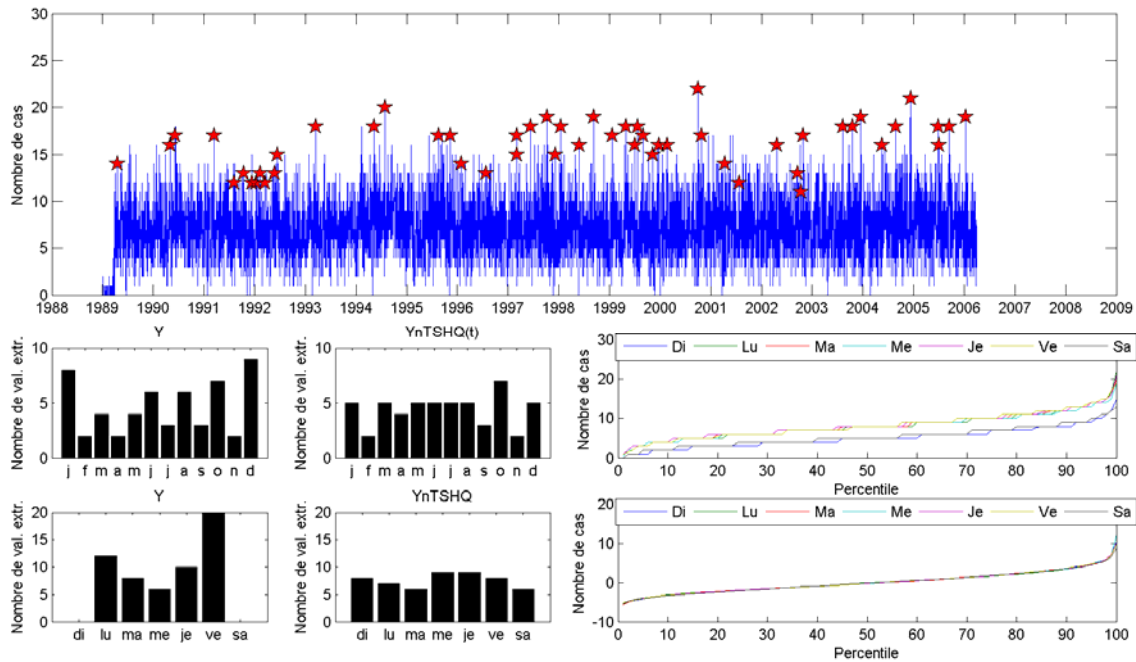
**Figure A-53 : Hospitalisations traumatismes et empoisonnements
RSS5 (Estrie)**



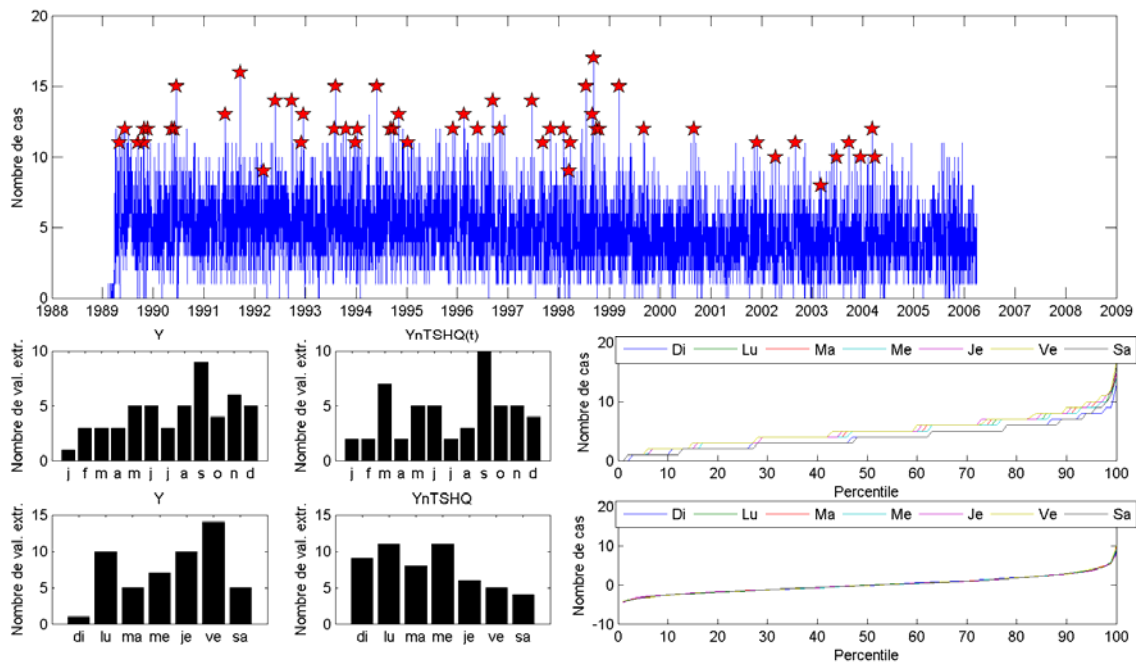
**Figure A-54 : Hospitalisations traumatismes et empoisonnements
RSS6 (Montréal)**



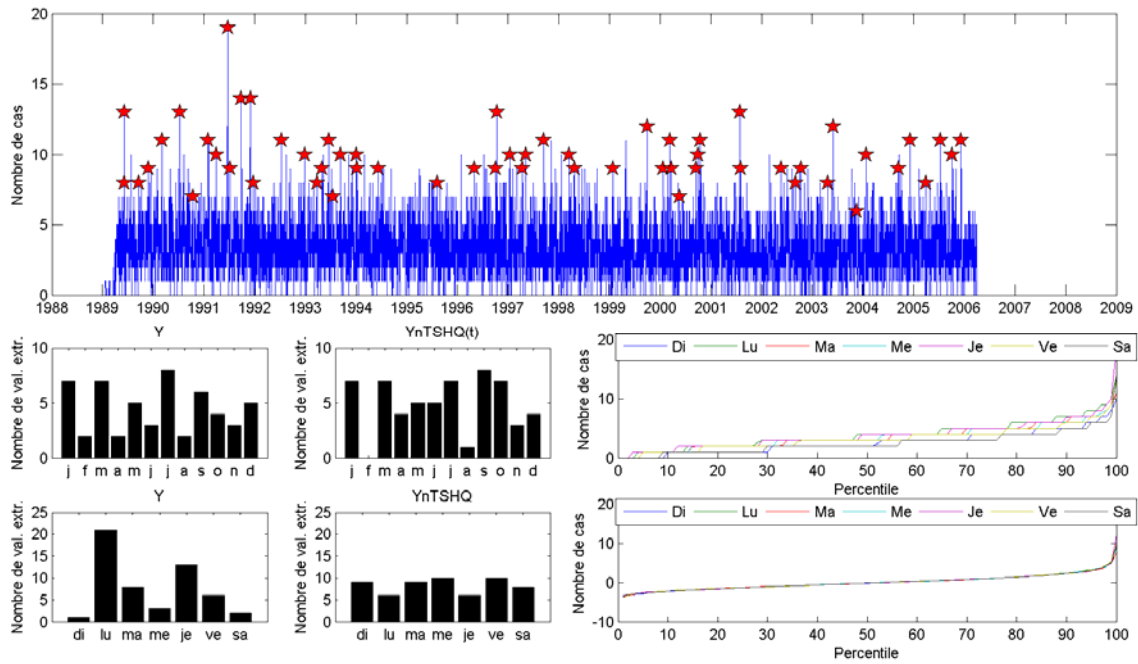
**Figure A-55 : Hospitalisations traumatismes et empoisonnements
RSS7 (Outaouais)**



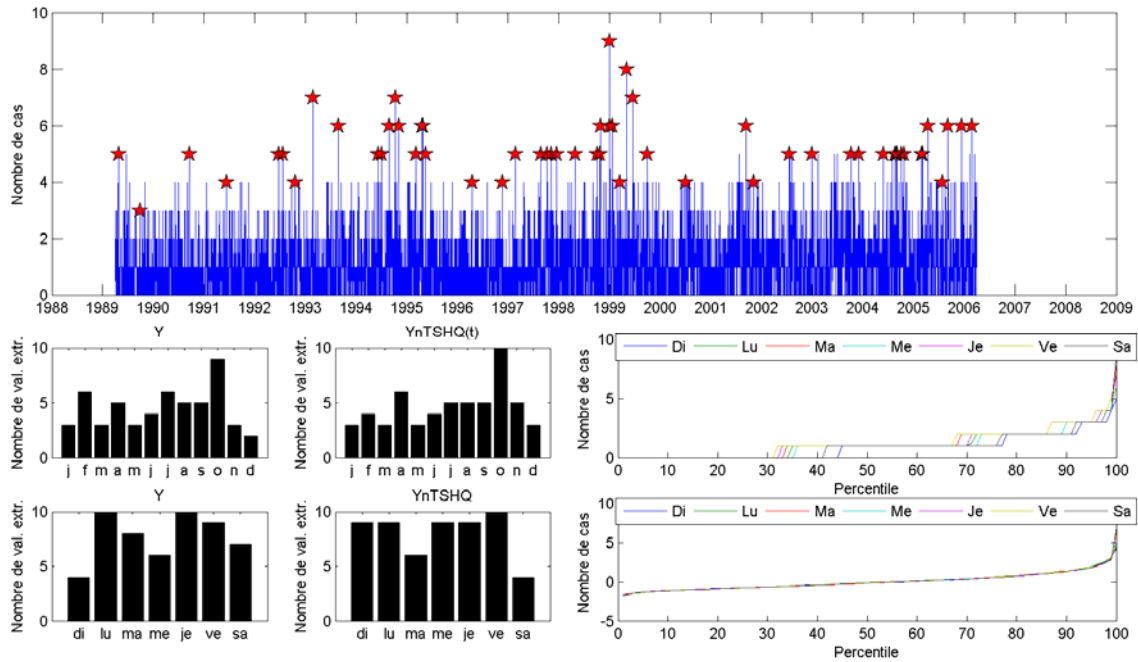
**Figure A-56 : Hospitalisations traumatismes et empoisonnements
RSS8 (Abitibi-Témiscamingue)**



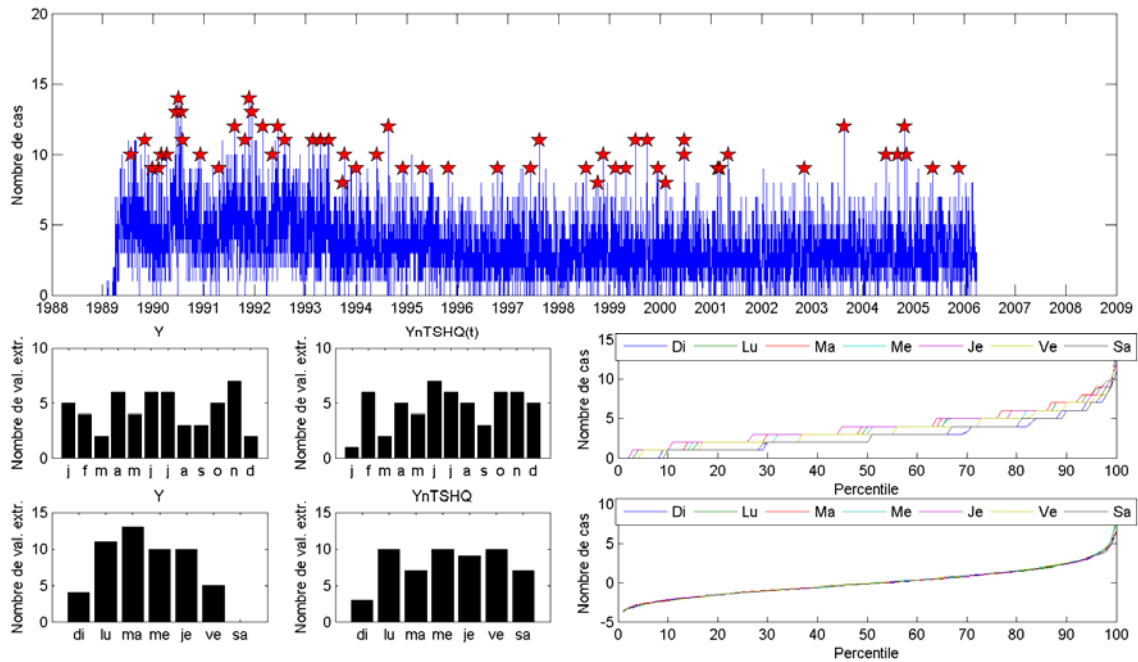
**Figure A-57 : Hospitalisations traumatismes et empoisonnements
RSS9 (Côte-Nord)**



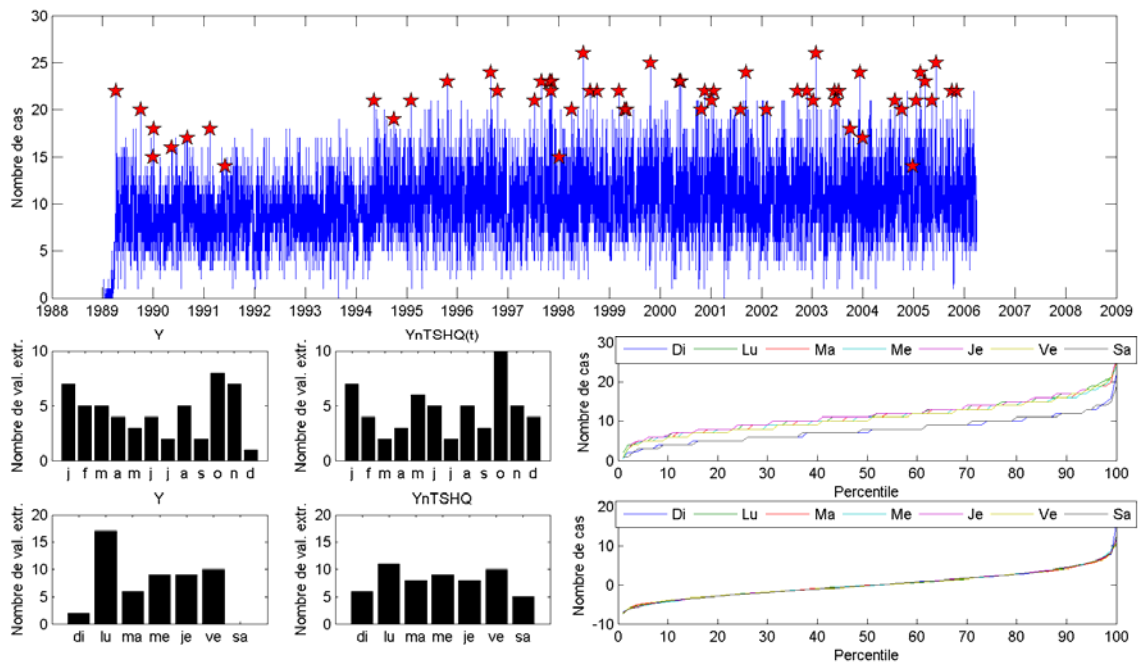
**Figure A-58 : Hospitalisations traumatismes et empoisonnements
RSS10 (Nord-du-Québec)**



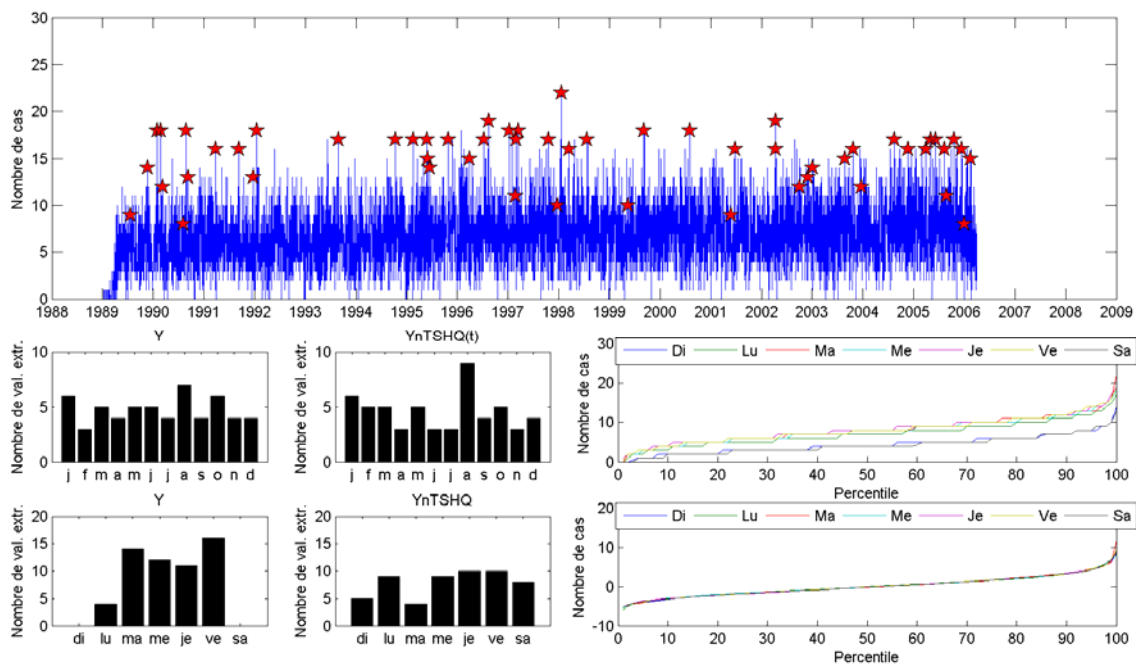
**Figure A-59 : Hospitalisations traumatismes et empoisonnements
RSS11 (Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine)**



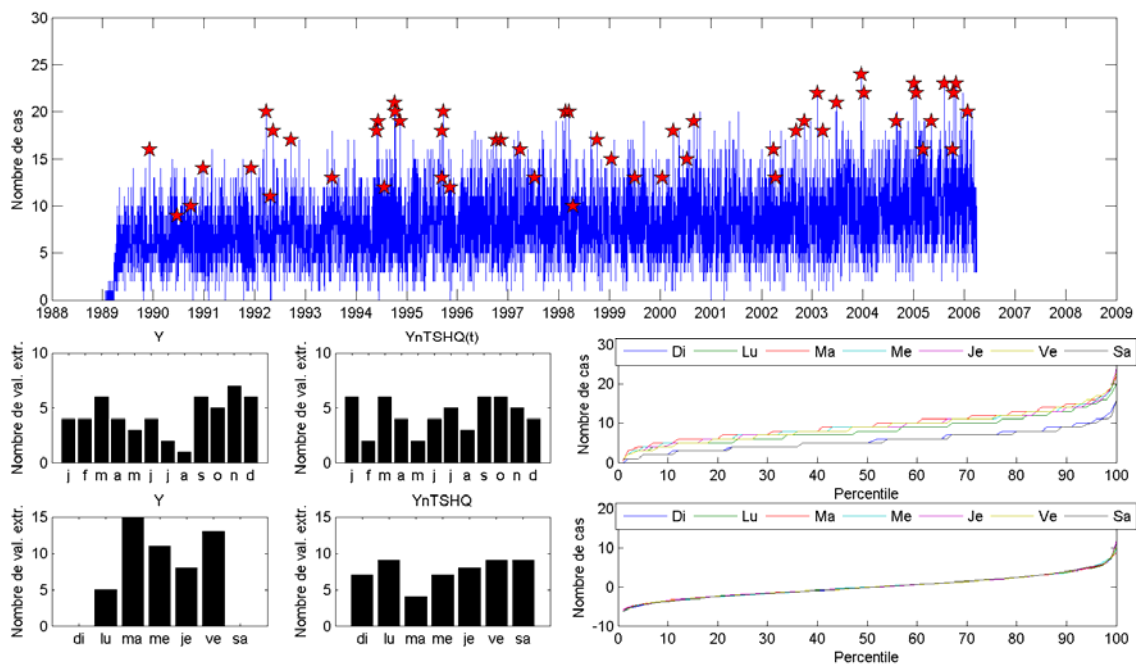
**Figure A-60 : Hospitalisations traumatismes et empoisonnements
RSS12 (Chaudière-Appalaches)**



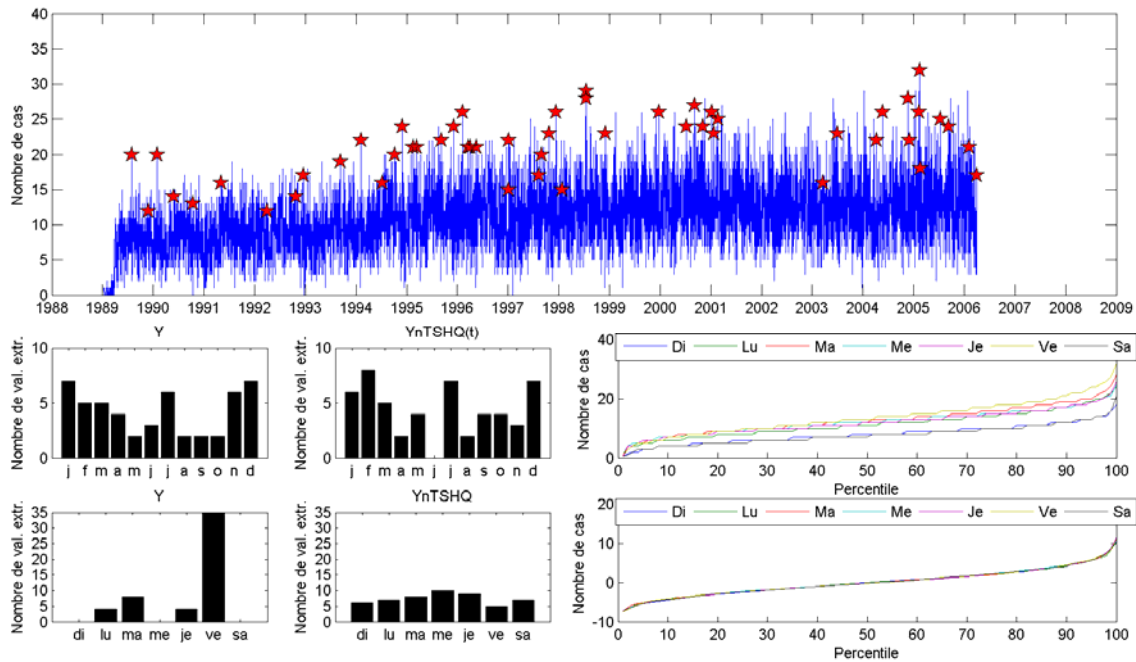
**Figure A-61 : Hospitalisations traumatismes et empoisonnements
RSS13 (Laval)**



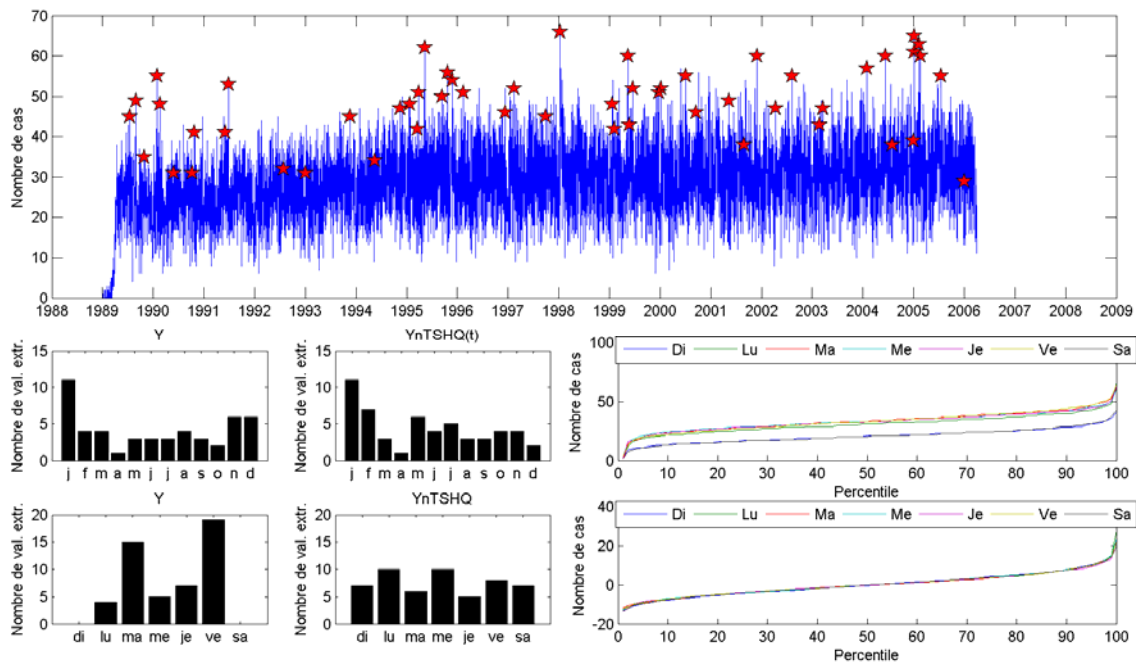
**Figure A-62 : Hospitalisations traumatismes et empoisonnements
RSS14 (Lanaudière)**



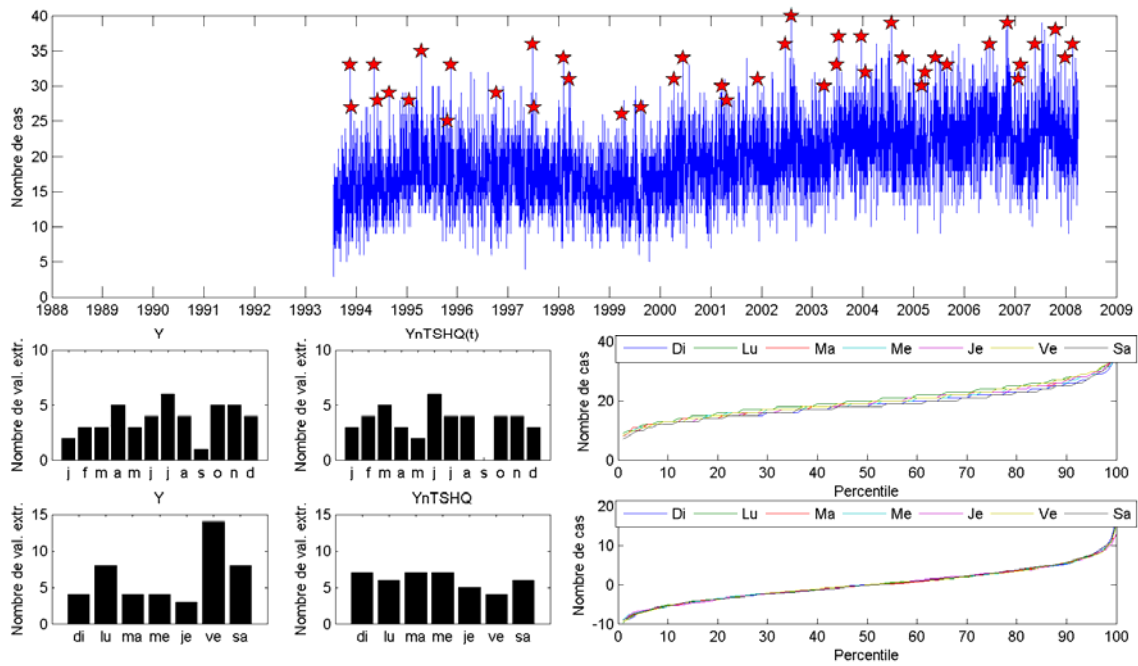
**Figure A-63 : Hospitalisations traumatismes et empoisonnements
RSS15 (Laurentides)**



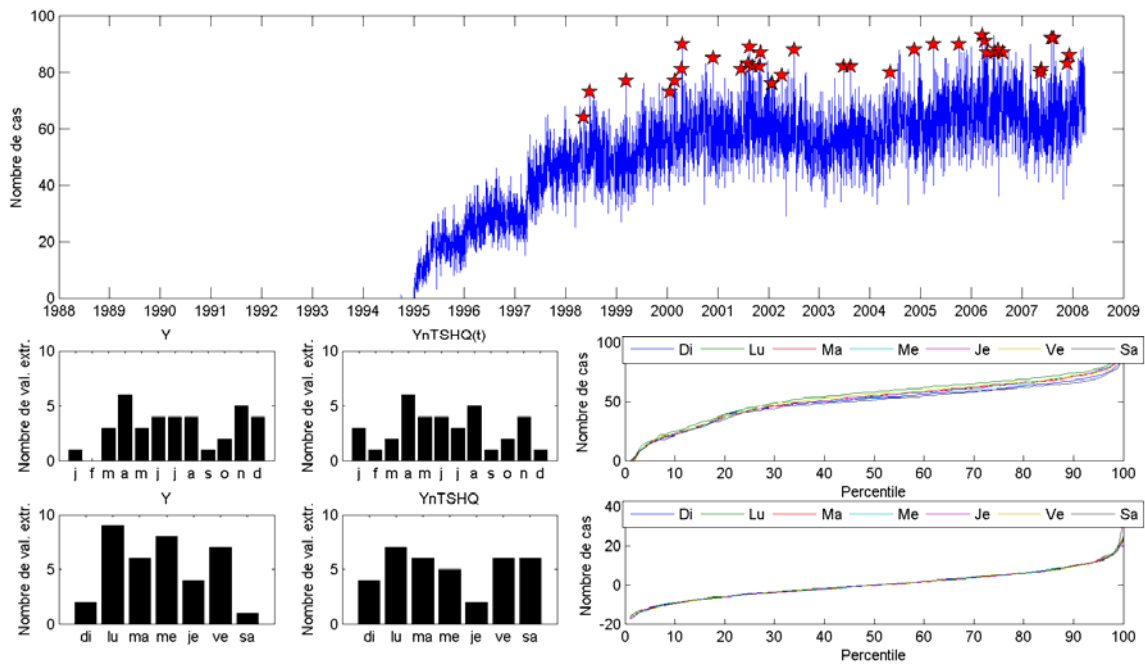
**Figure A-64 : Hospitalisations traumatismes et empoisonnements
RSS16 (Montérégie)**



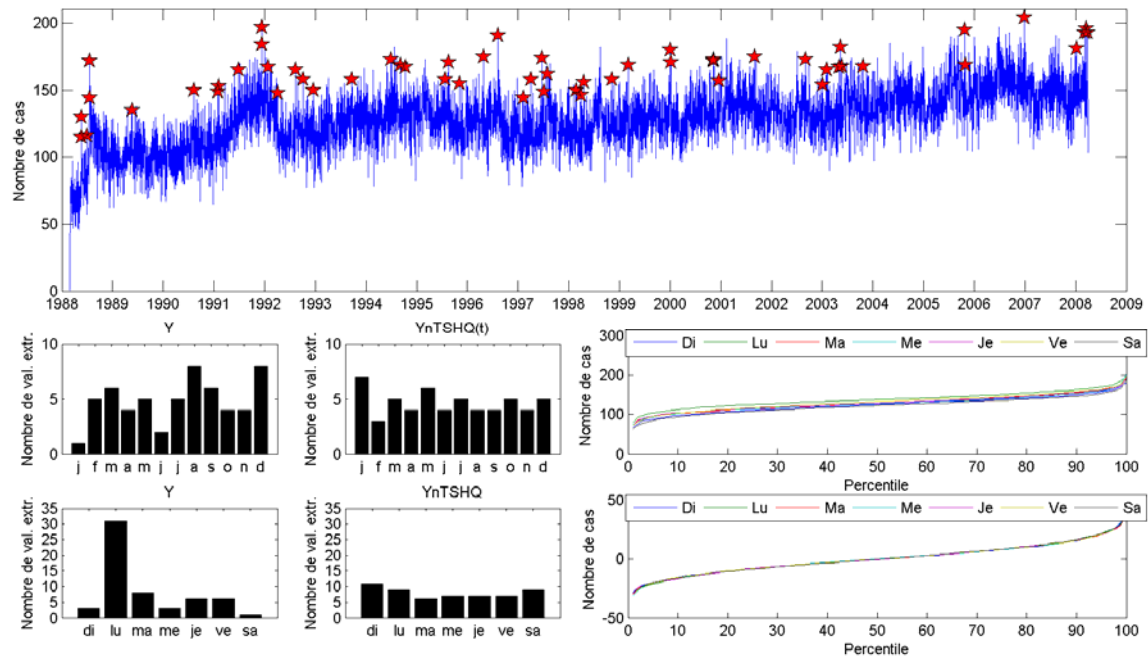
**Figure A-65 : Urgences autres
RSS1 (Bas-Saint-Laurent)**



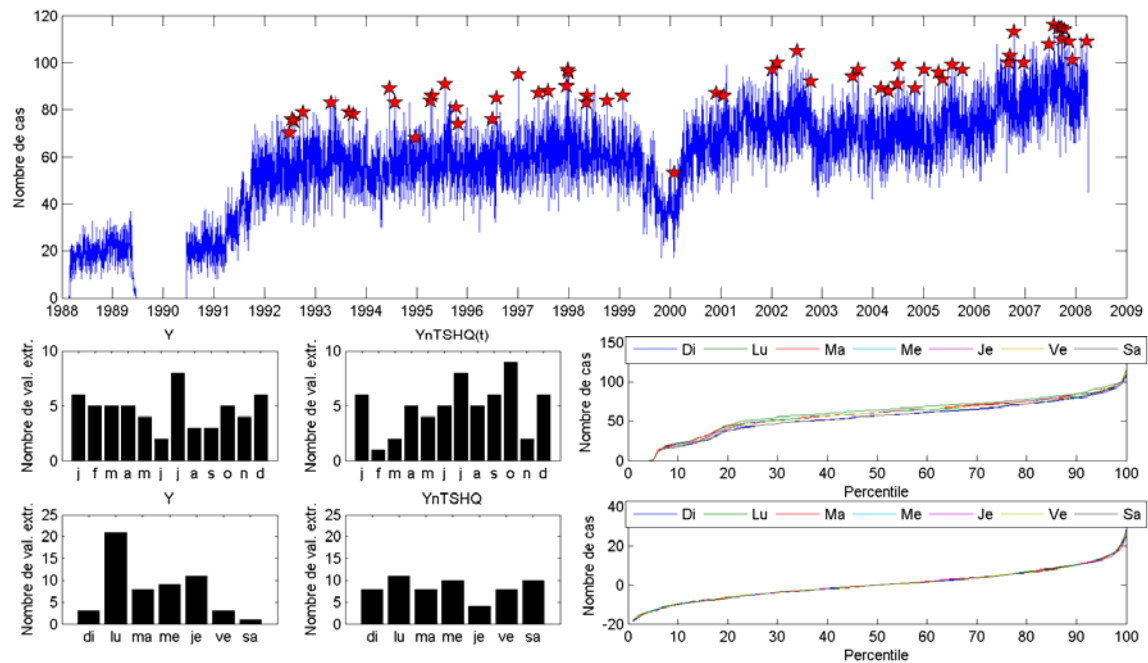
**Figure A-66 : Urgences autres
RSS2 (Saguenay-Lac-Saint-Jean)**



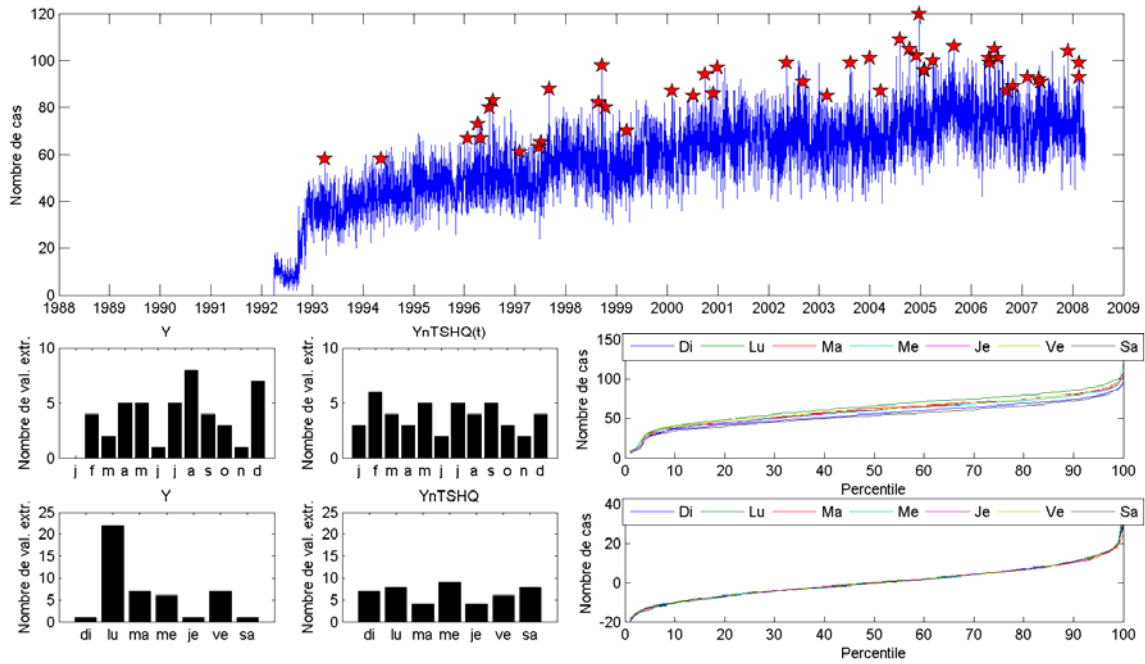
**Figure A-67 : Urgences autres
RSS3 (Capitale-Nationale)**



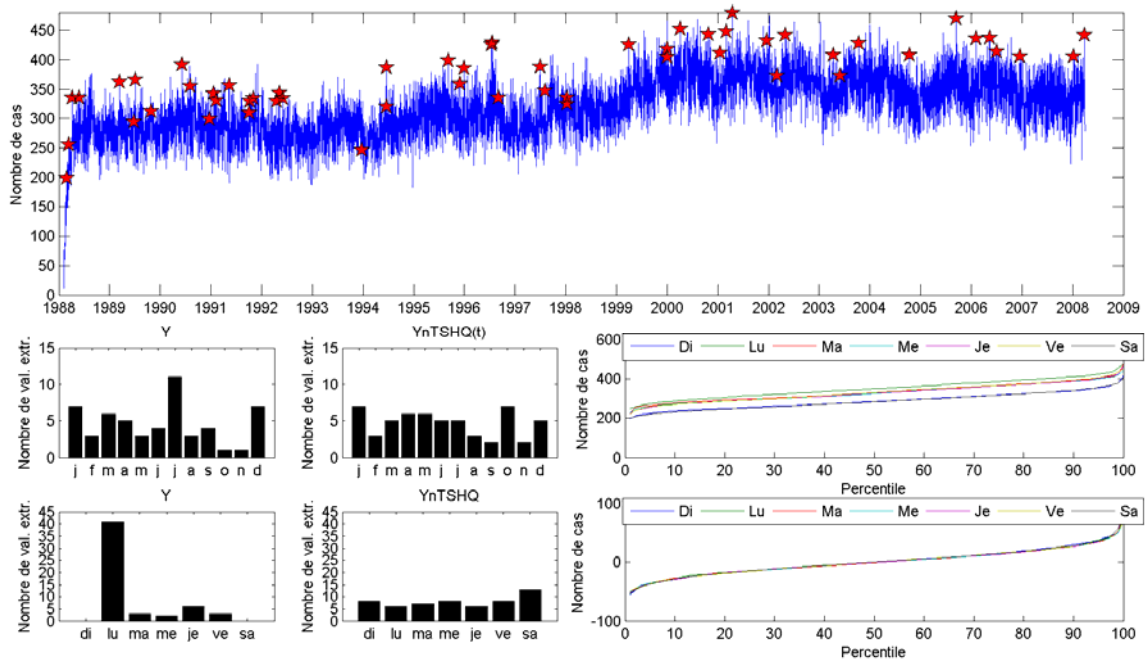
**Figure A-68 : Urgences autres
RSS4 (Mauricie et Centre-du-Québec)**



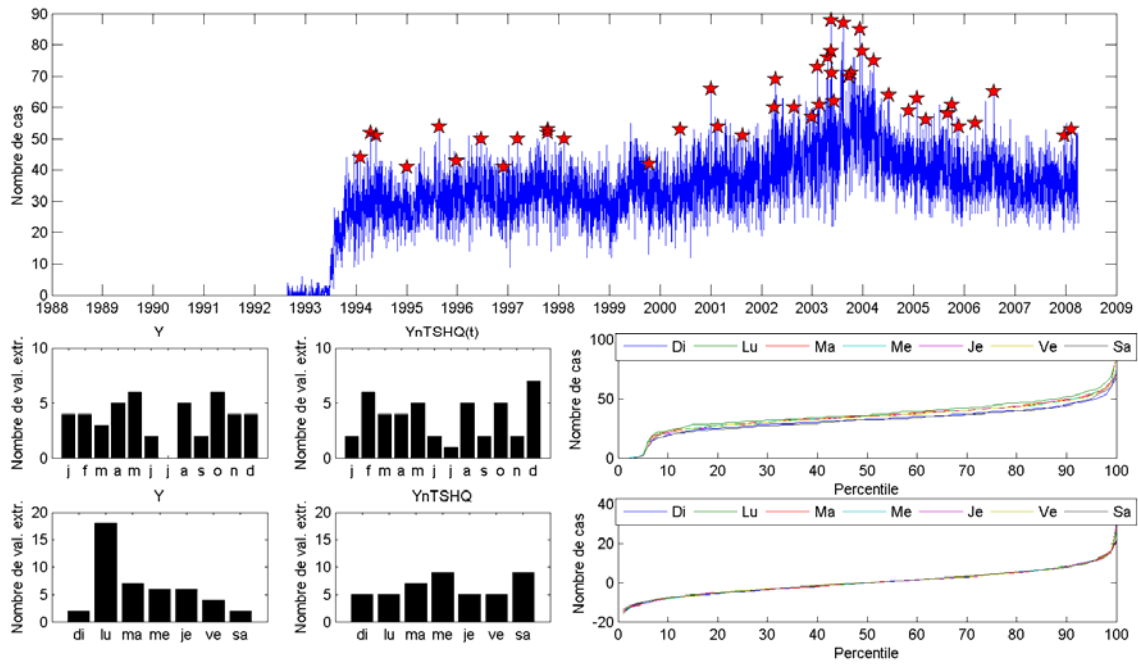
**Figure A-69 : Urgences autres
RSS5 (Estrie)**



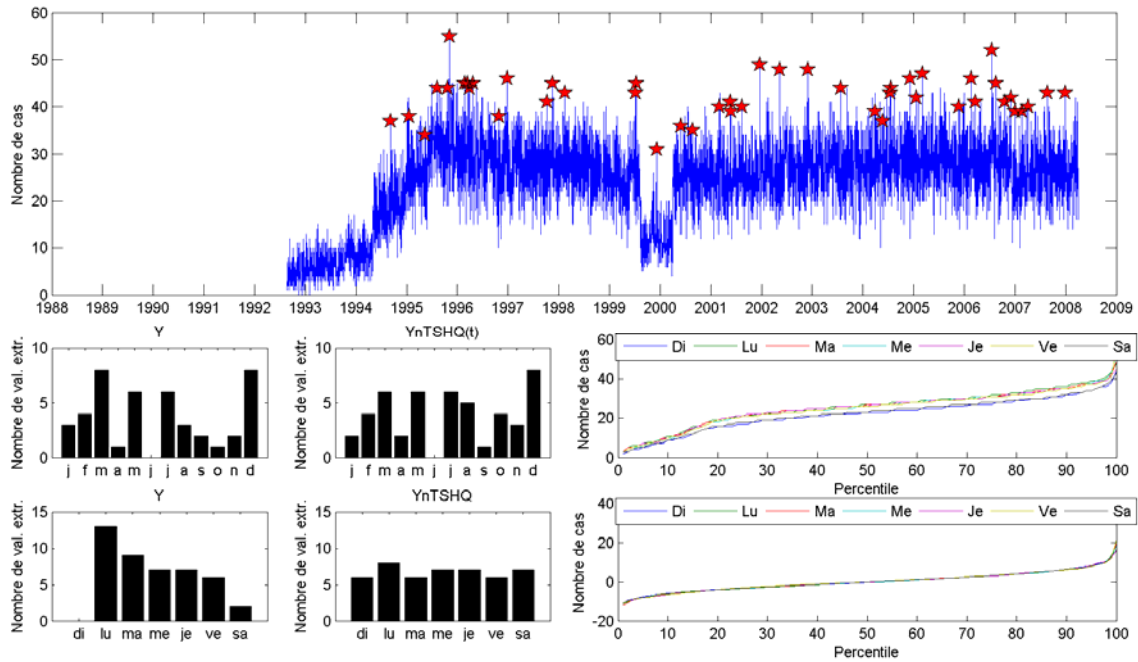
**Figure A-70 : Urgences autres
RSS6 (Montréal)**



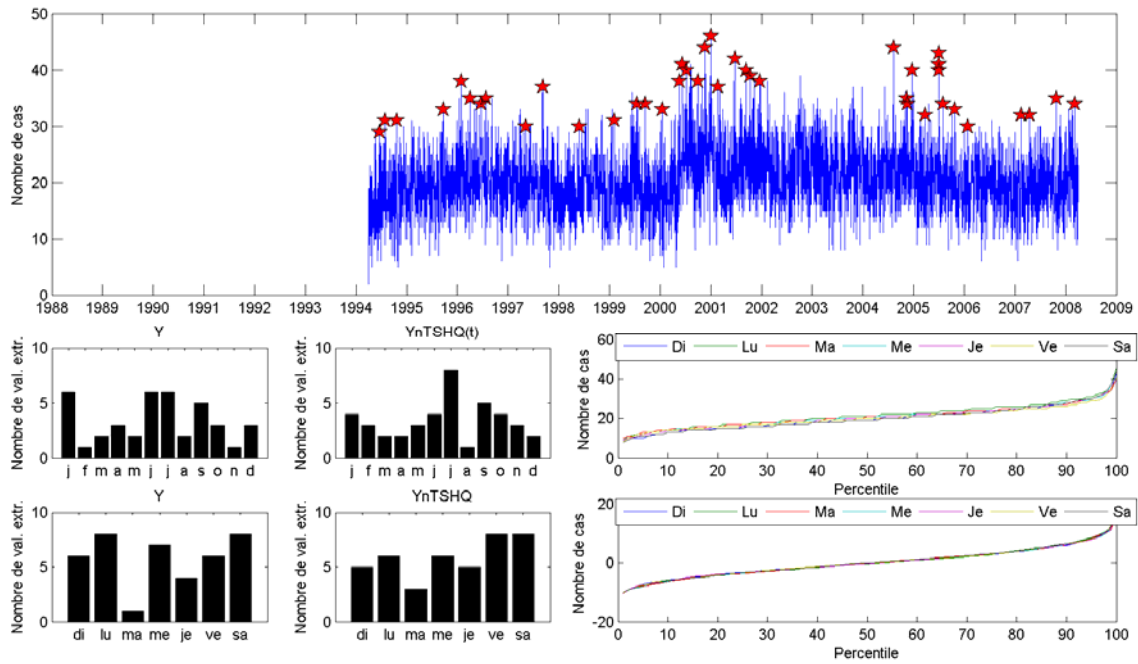
**Figure A-71 : Urgences autres
RSS7 (Outaouais)**



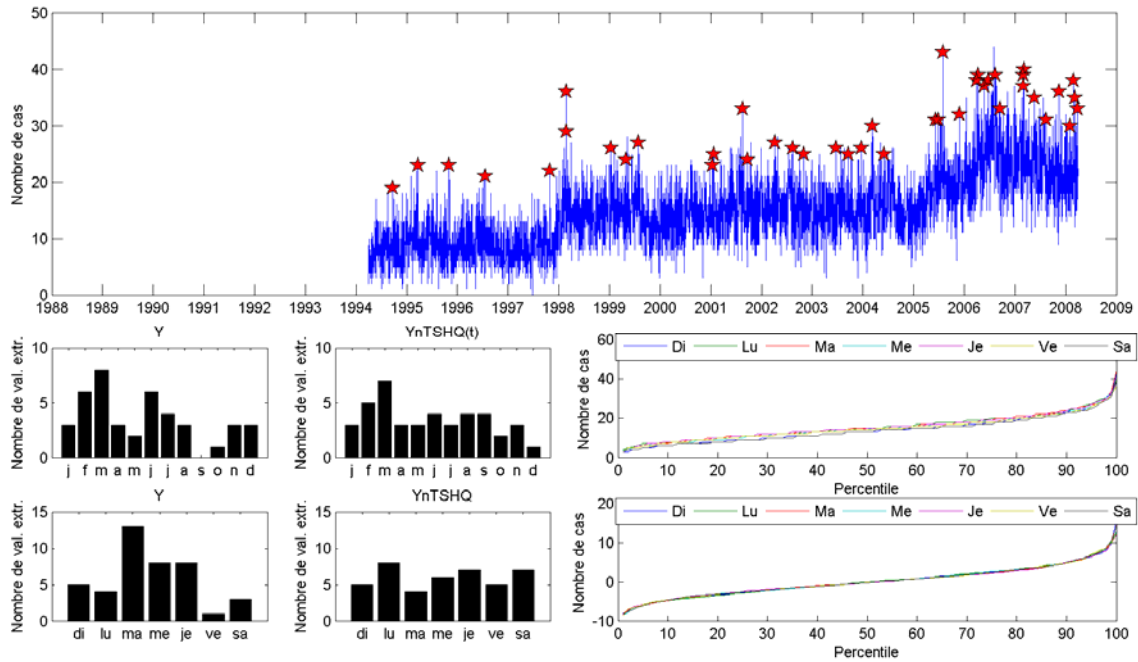
**Figure A-72 : Urgences autres
RSS8 (Abitibi-Témiscamingue)**



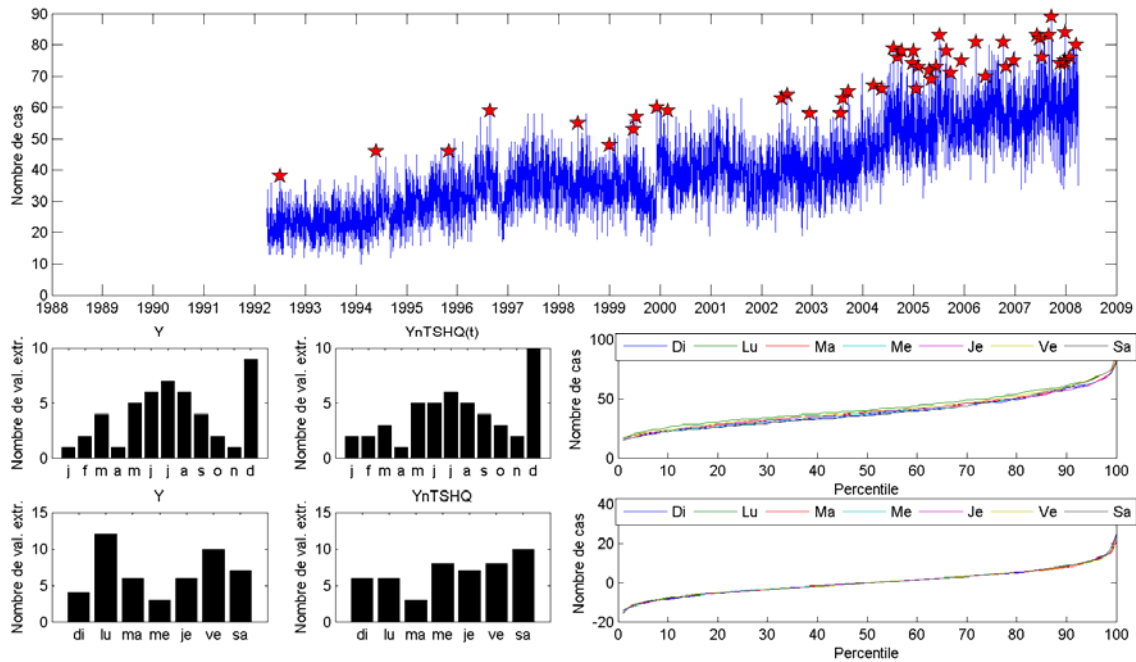
**Figure A-73 : Urgences autres
RSS9 (Côte-Nord)**



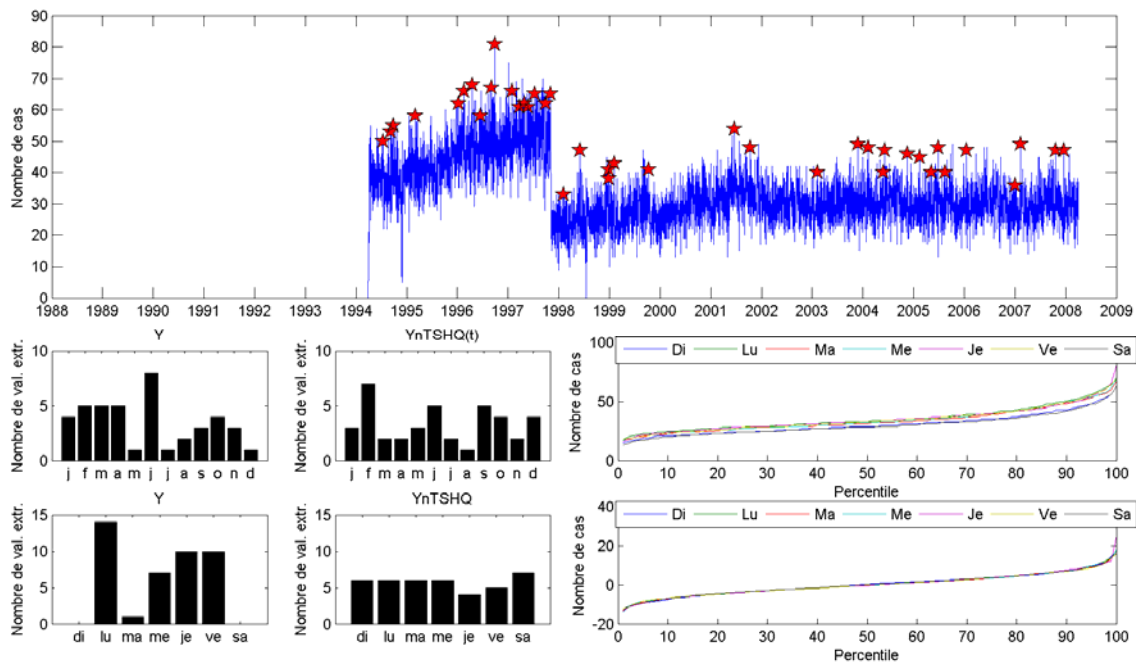
**Figure A-74 : Urgences autres
RSS11 (Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine)**



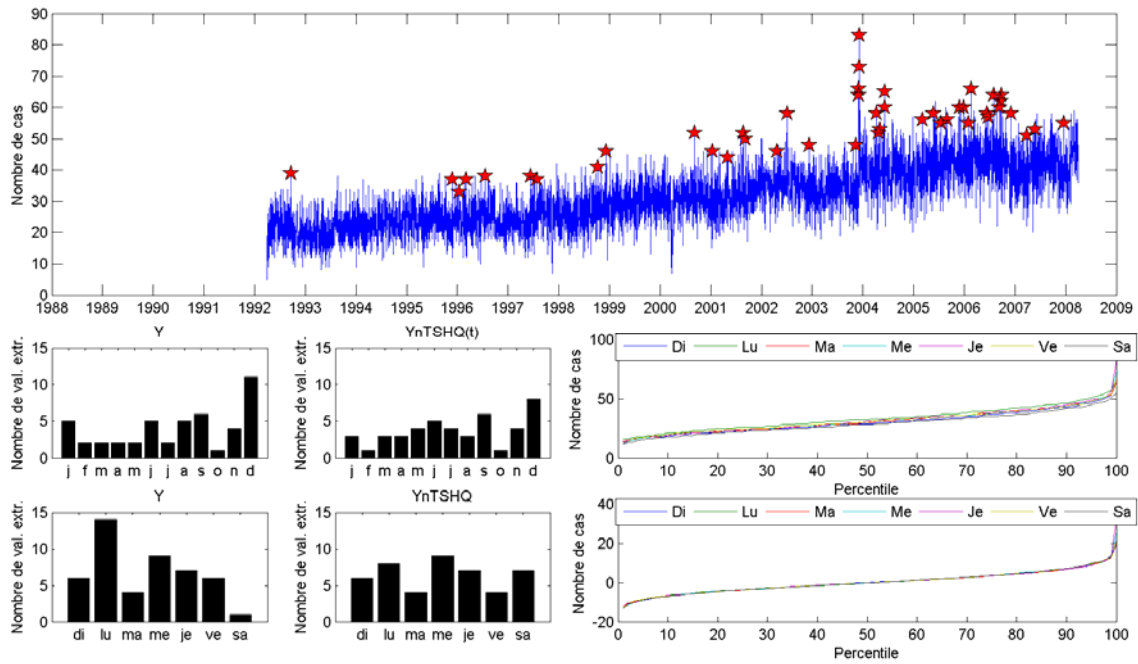
**Figure A-75 : Urgences autres
RSS12 (Chaudière-Appalaches)**



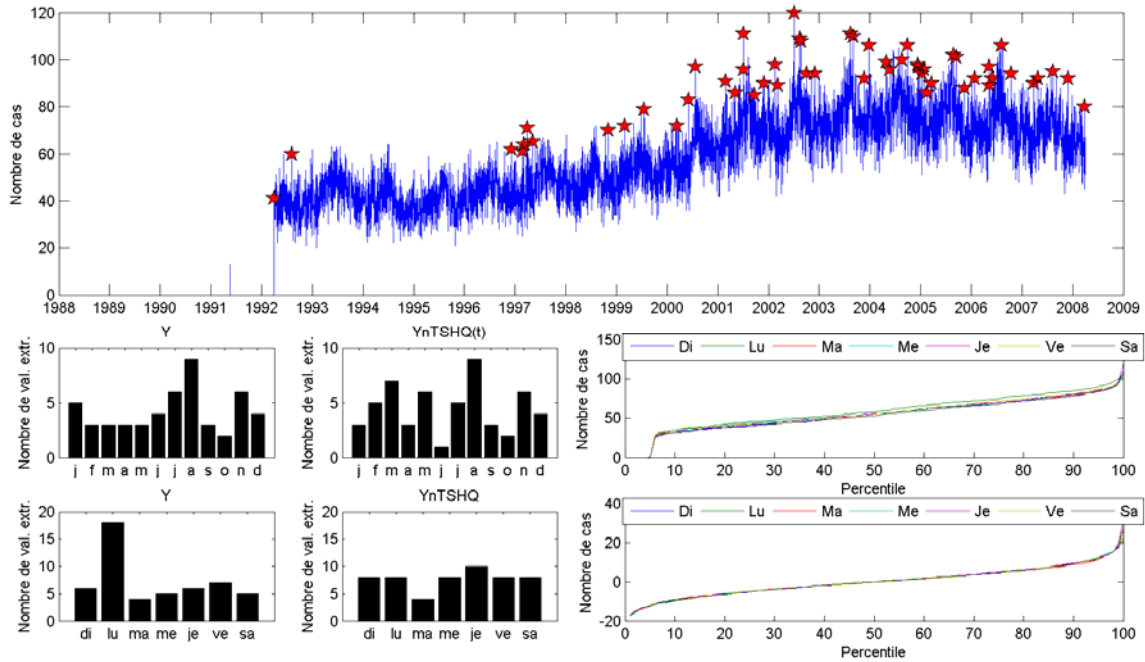
**Figure A-76 : Urgences autres
RSS13 (Laval)**



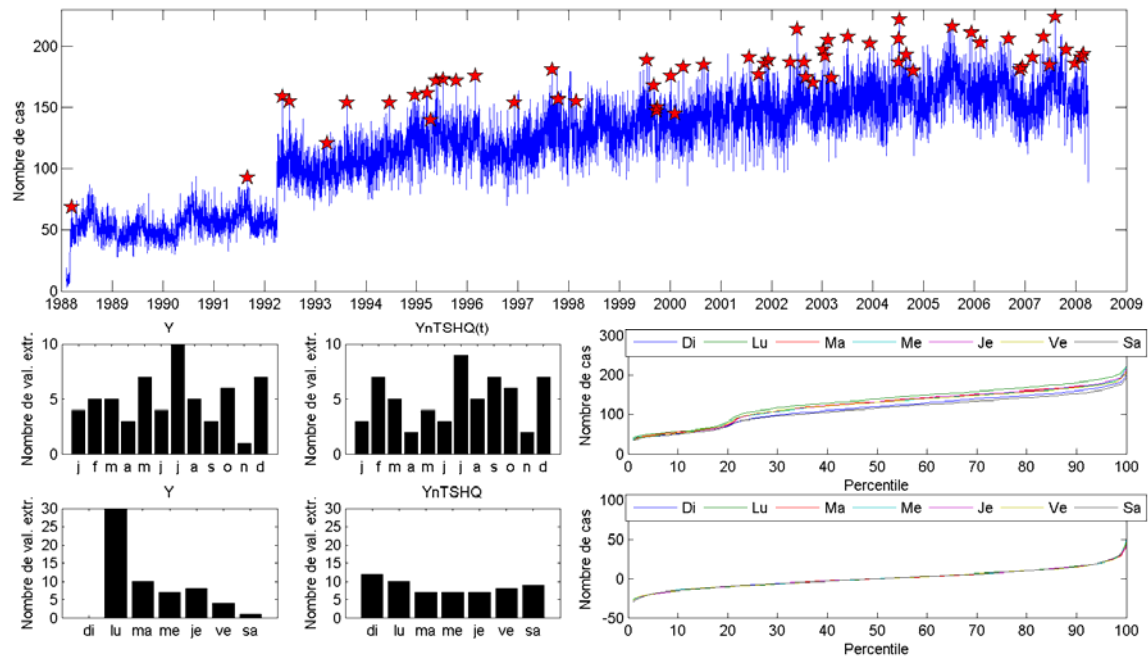
**Figure A-77 : Urgences autres
RSS14 (Lanaudière)**



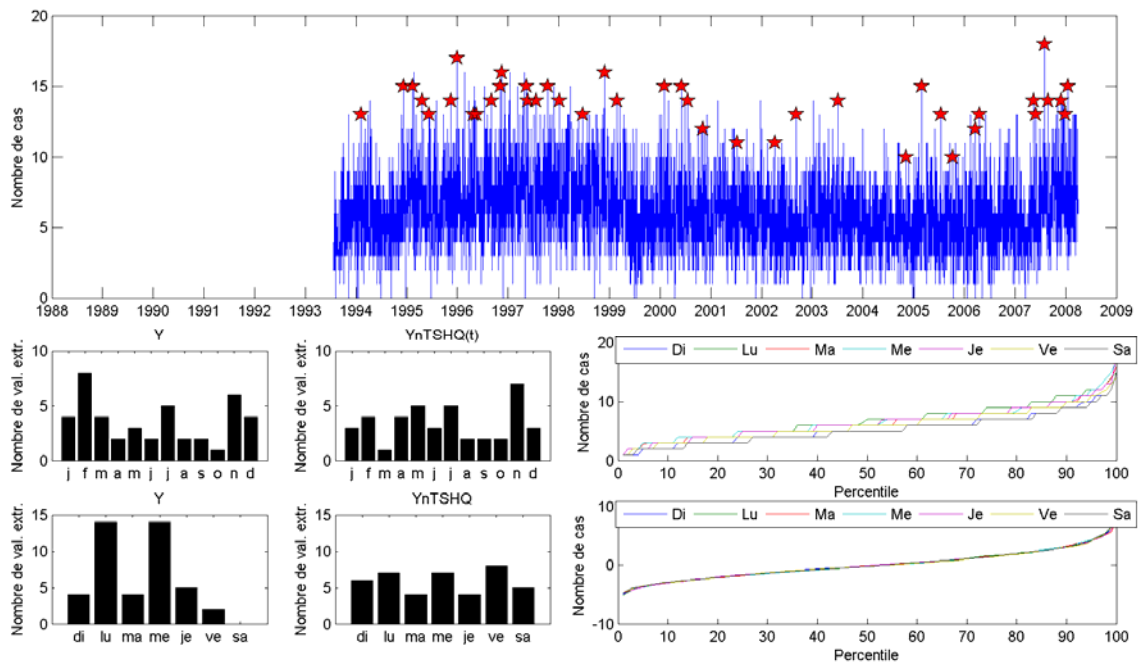
**Figure A-78 : Urgences autres
RSS15 (Laurentides)**



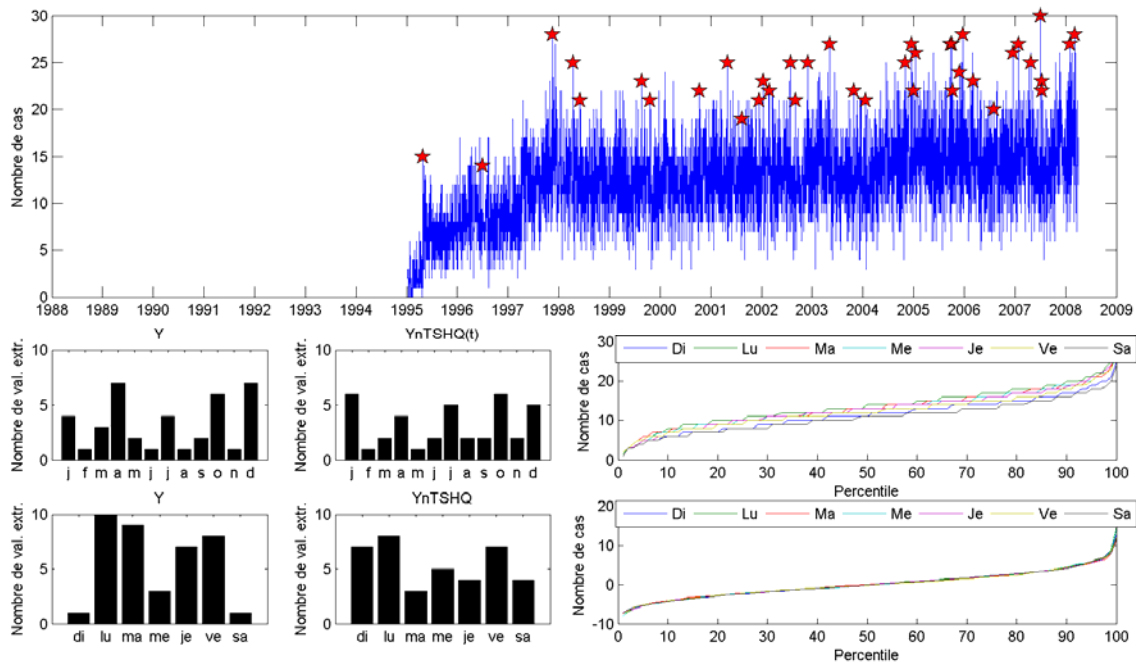
**Figure A-79 : Urgences autres
RSS16 (Montréal)**



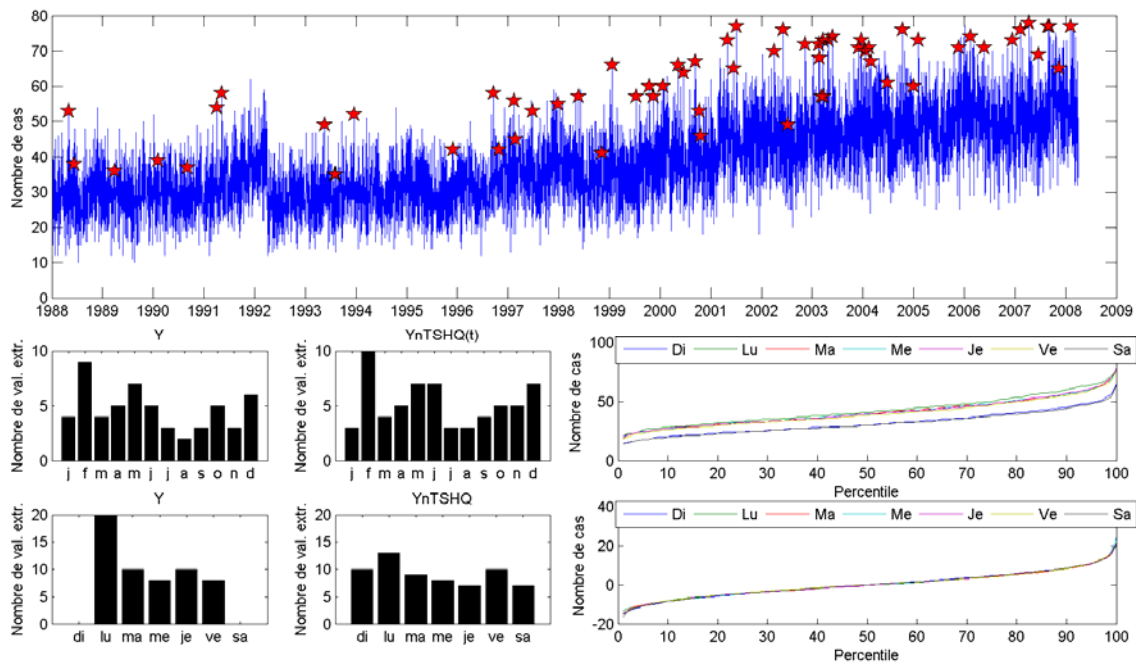
**Figure A-80 : Urgences problèmes cardiaques
RSS1 (Bas-Saint-Laurent)**



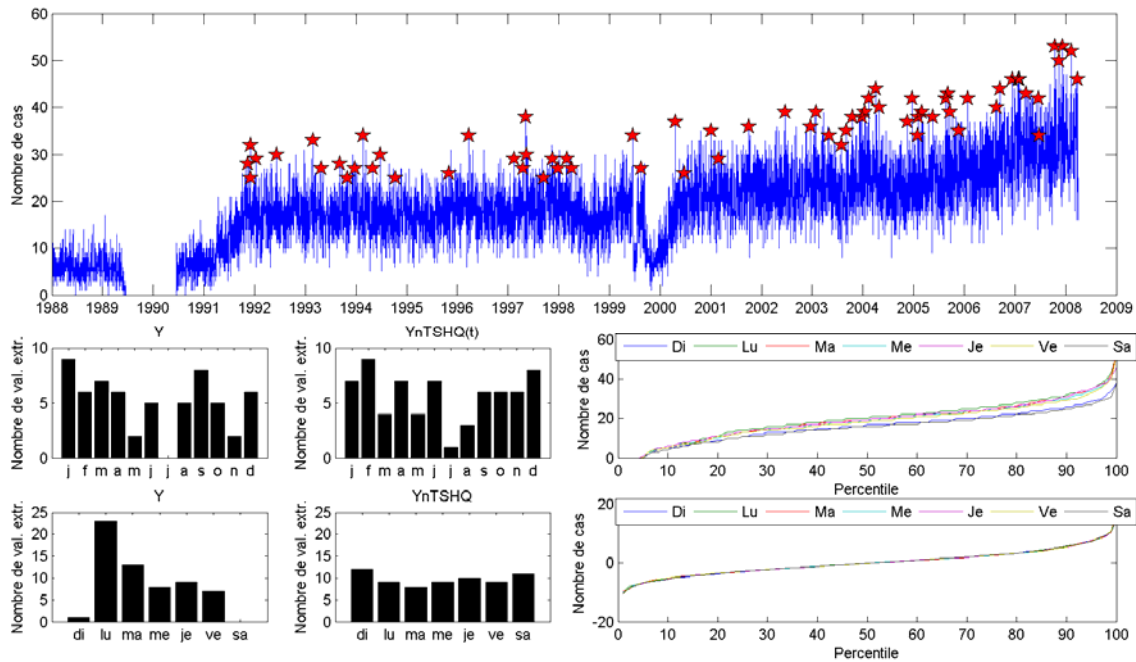
**Figure A-81 : Urgences problèmes cardiaques
RSS2 (Saguenay-Lac-Saint-Jean)**



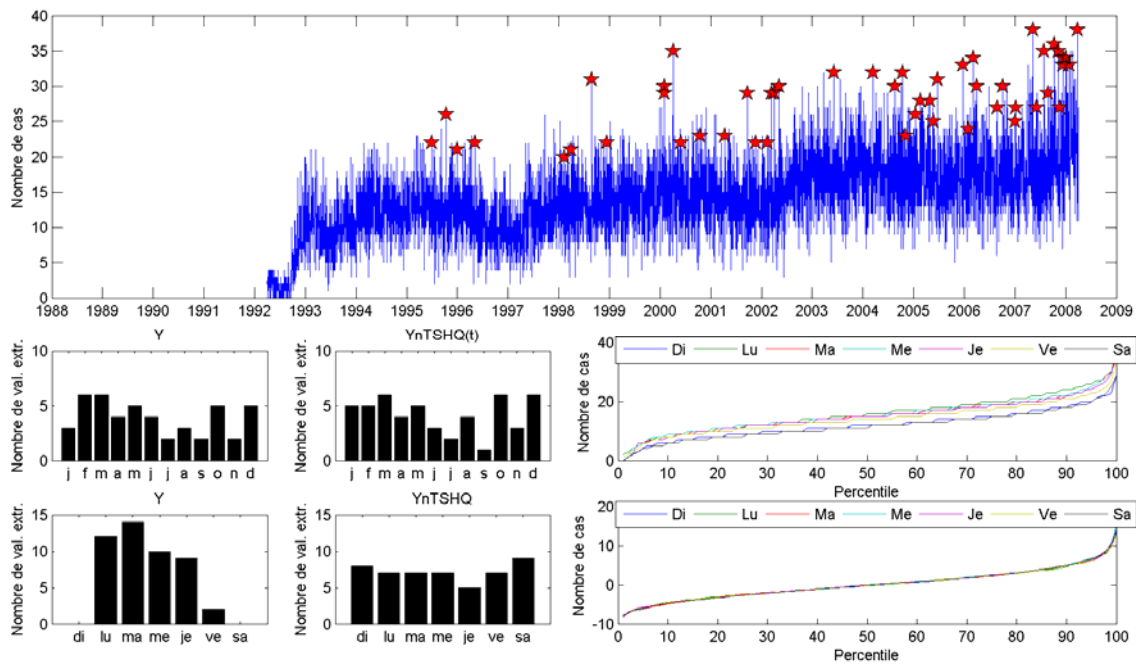
**Figure A-82 : Urgences problèmes cardiaques
RSS3 (Capitale-Nationale)**



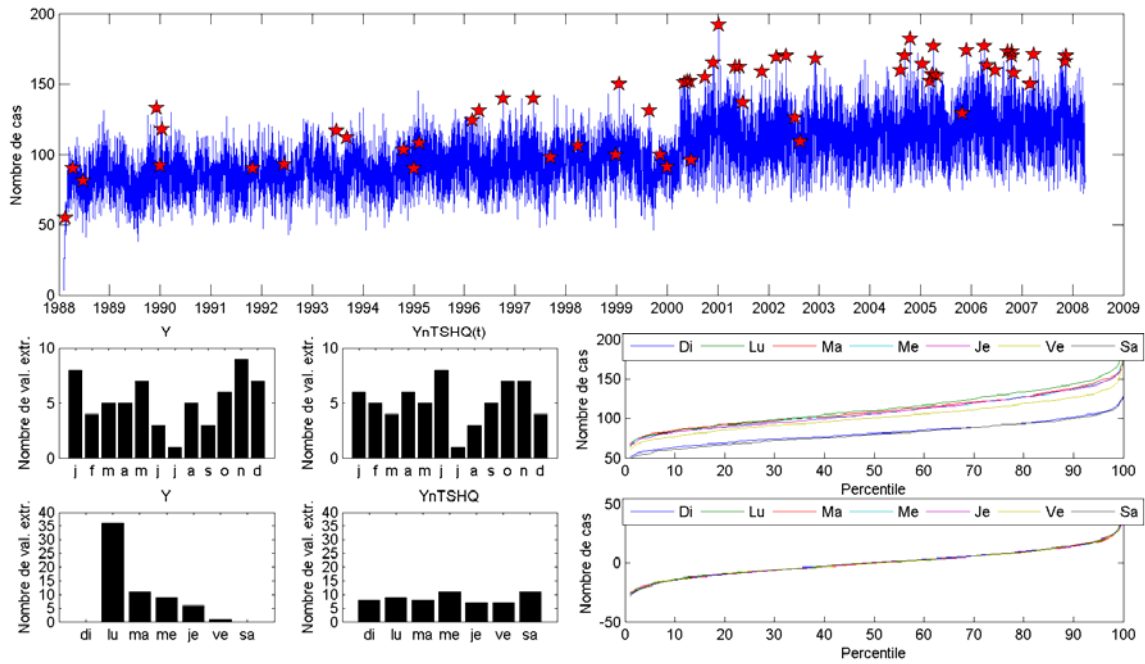
**Figure A-83 : Urgences problèmes cardiaques
RSS4 (Mauricie et Centre-du-Québec)**



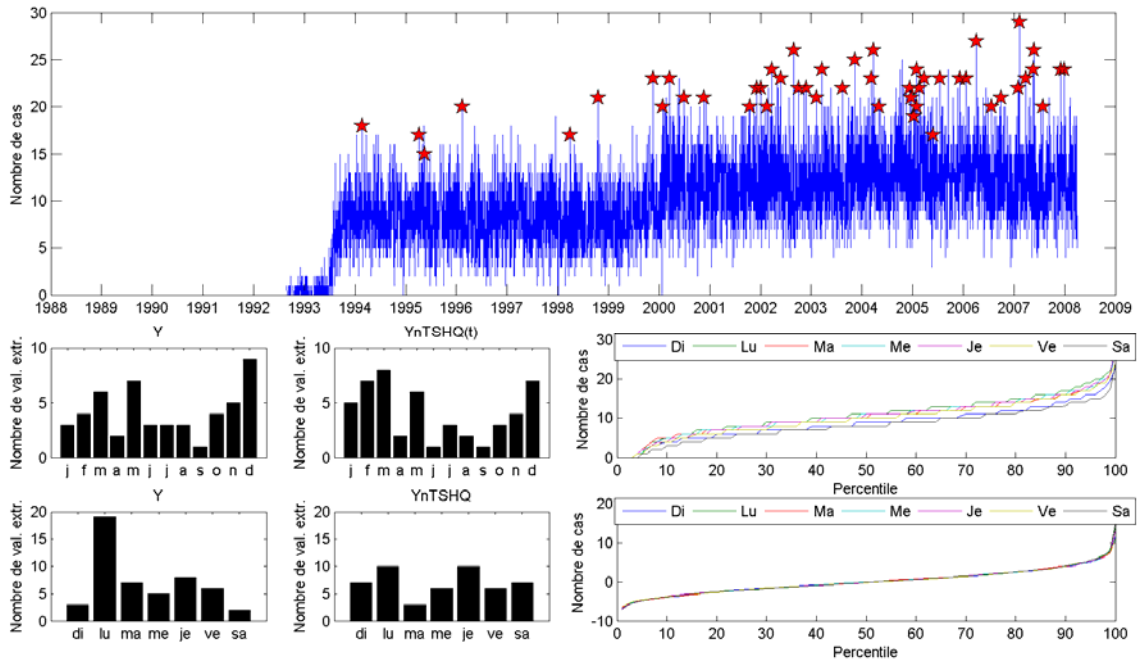
**Figure A-84 : Urgences problèmes cardiaques
RSS5 (Estrie)**



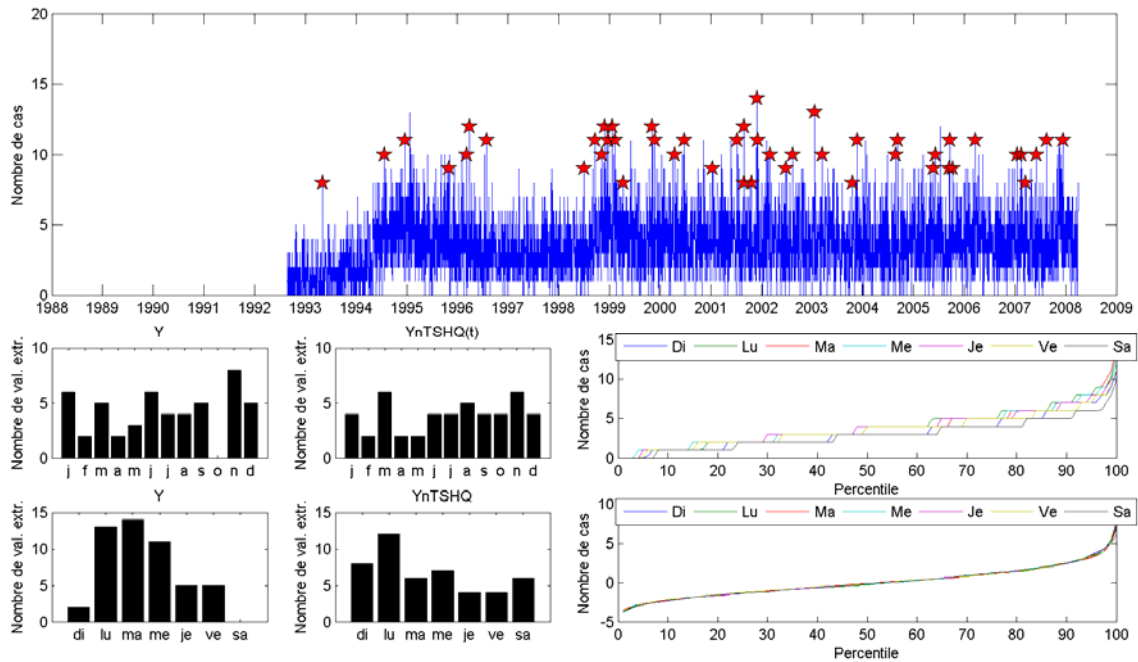
**Figure A-85 : Urgences problèmes cardiaques
RSS6 (Montréal)**



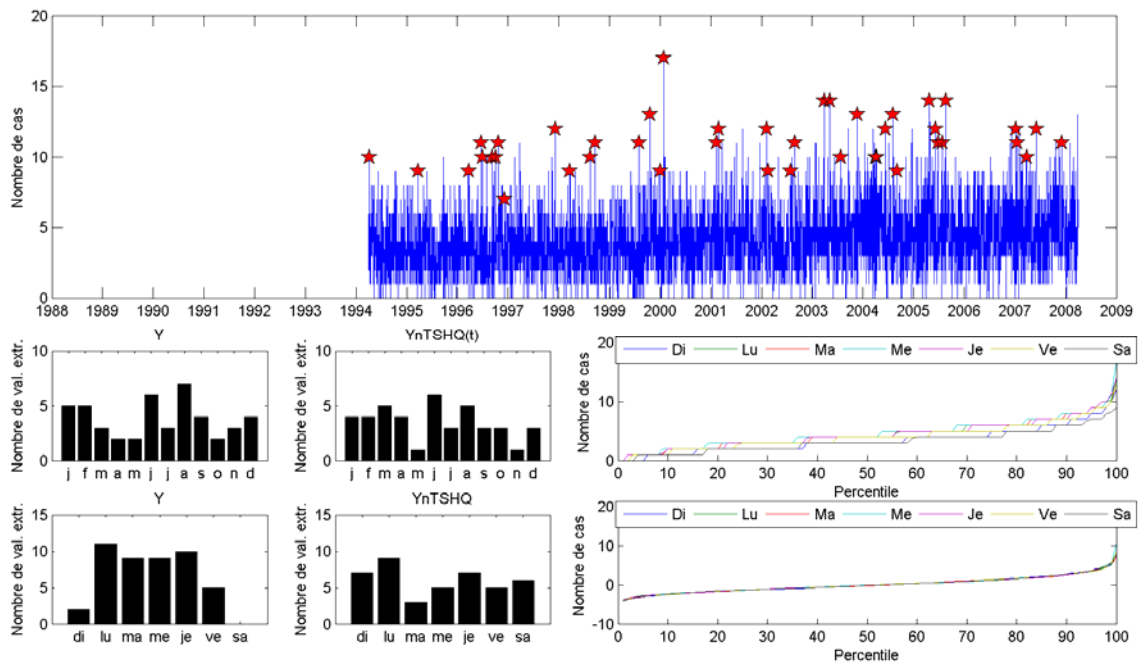
**Figure A-86 : Urgences problèmes cardiaques
RSS7 (Outaouais)**



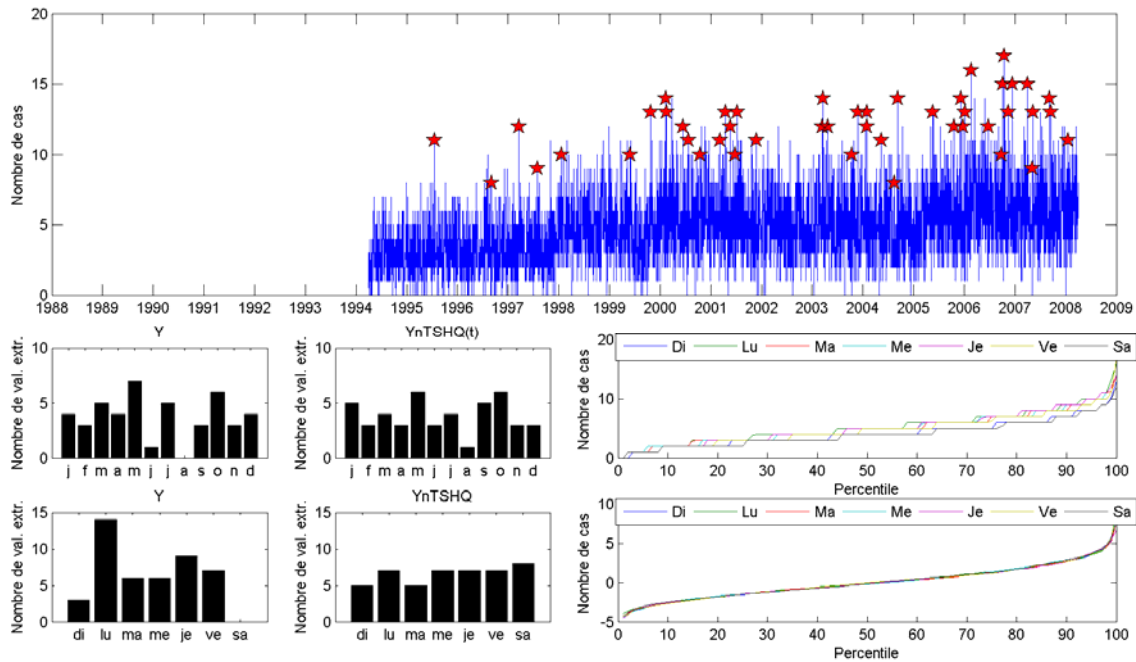
**Figure A-87 : Urgences problèmes cardiaques
RSS8 (Abitibi-Témiscamingue)**



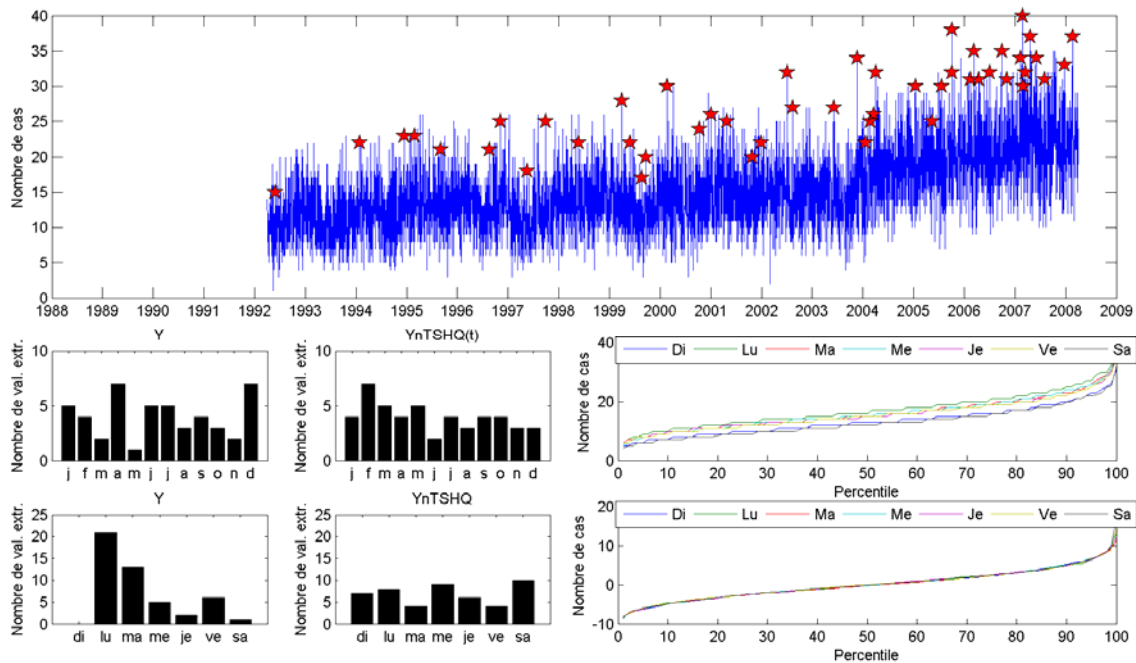
**Figure A-88 : Urgences problèmes cardiaques
RSS9 (Côte-Nord)**



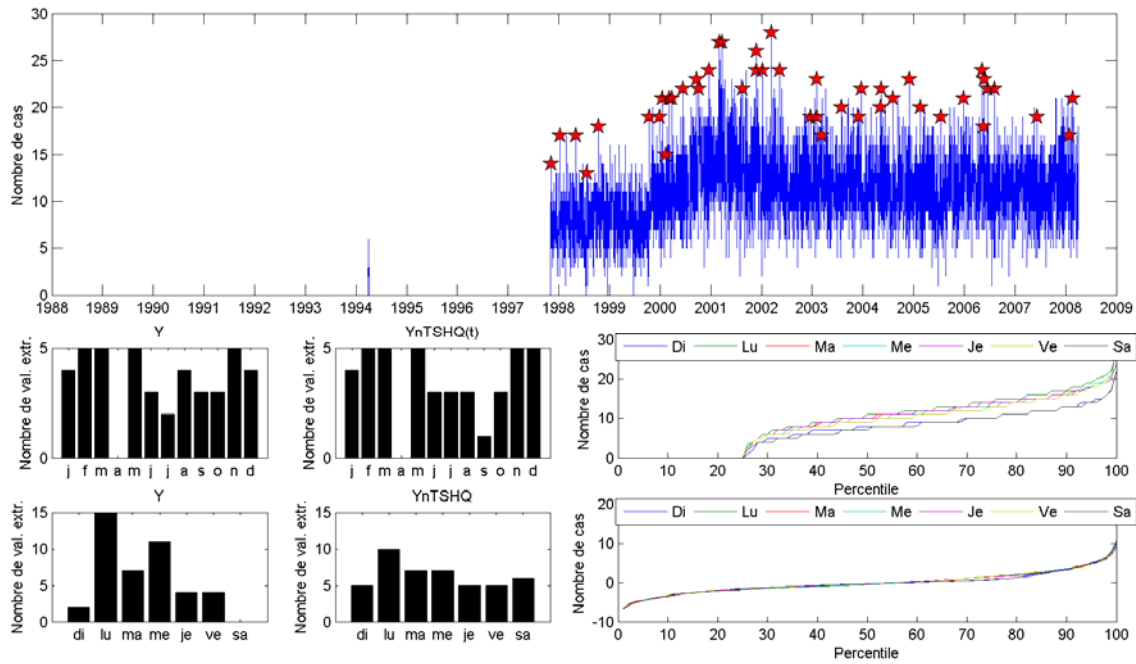
**Figure A-89 : Urgences problèmes cardiaques
RSS11 (Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine)**



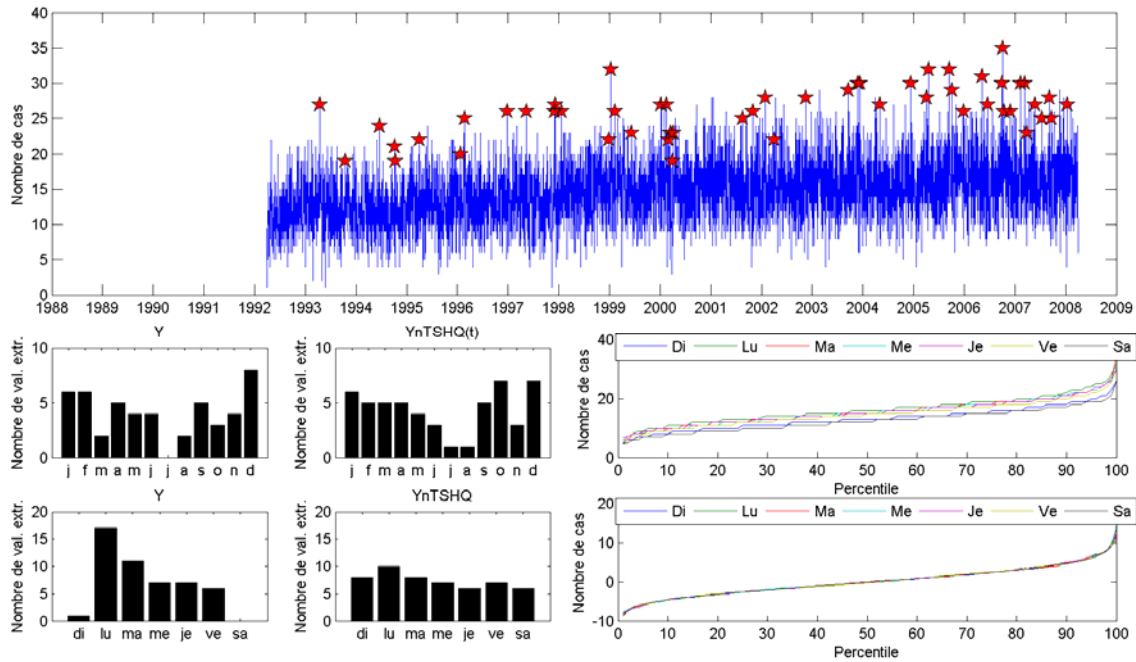
**Figure A-90 : Urgences problèmes cardiaques
RSS12 (Chaudière-Appalaches)**



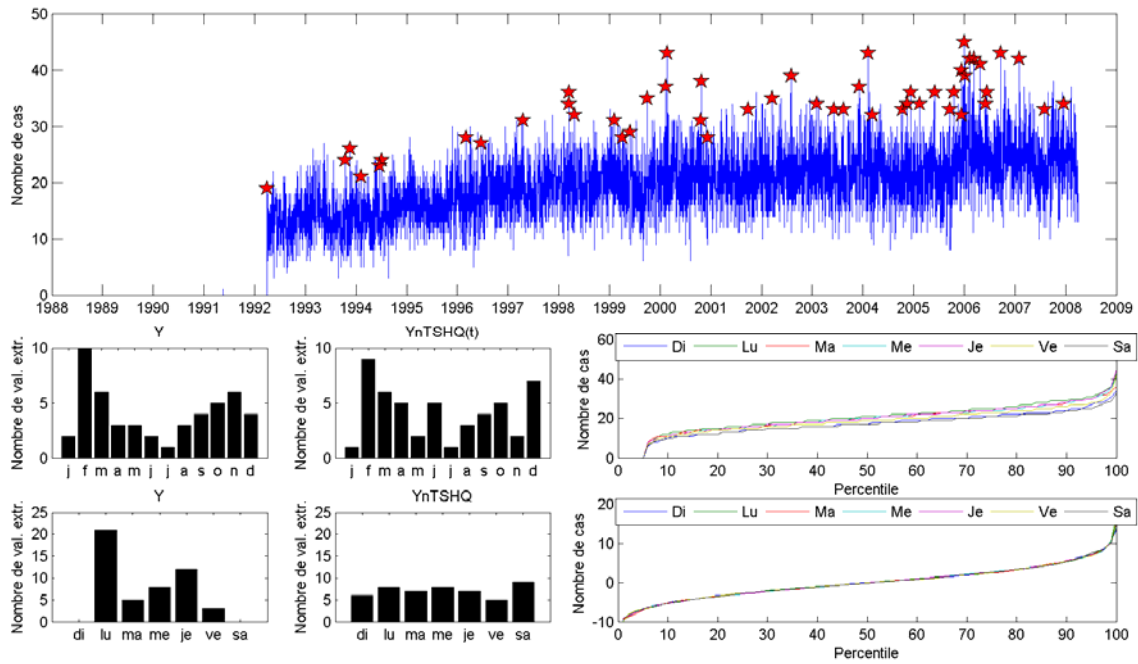
**Figure A-91 : Urgences problèmes cardiaques
RSS13 (Laval)**



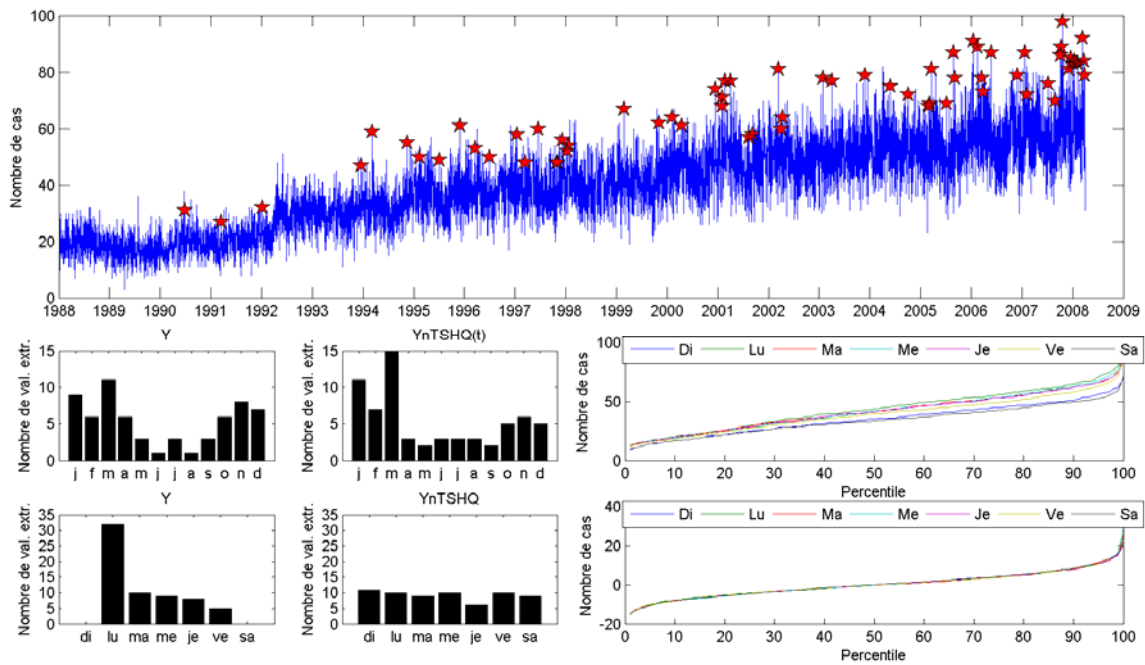
**Figure A-92 : Urgences problèmes cardiaques
RSS14 (Lanaudière)**



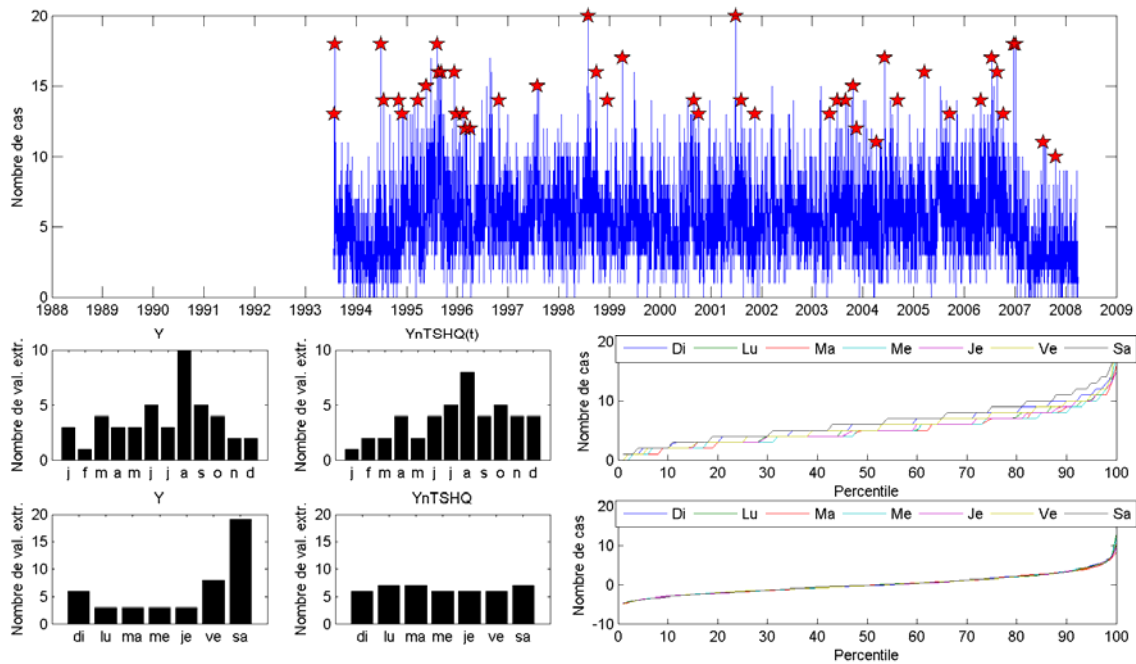
**Figure A-93 : Urgences problèmes cardiaques
RSS15 (Laurentides)**



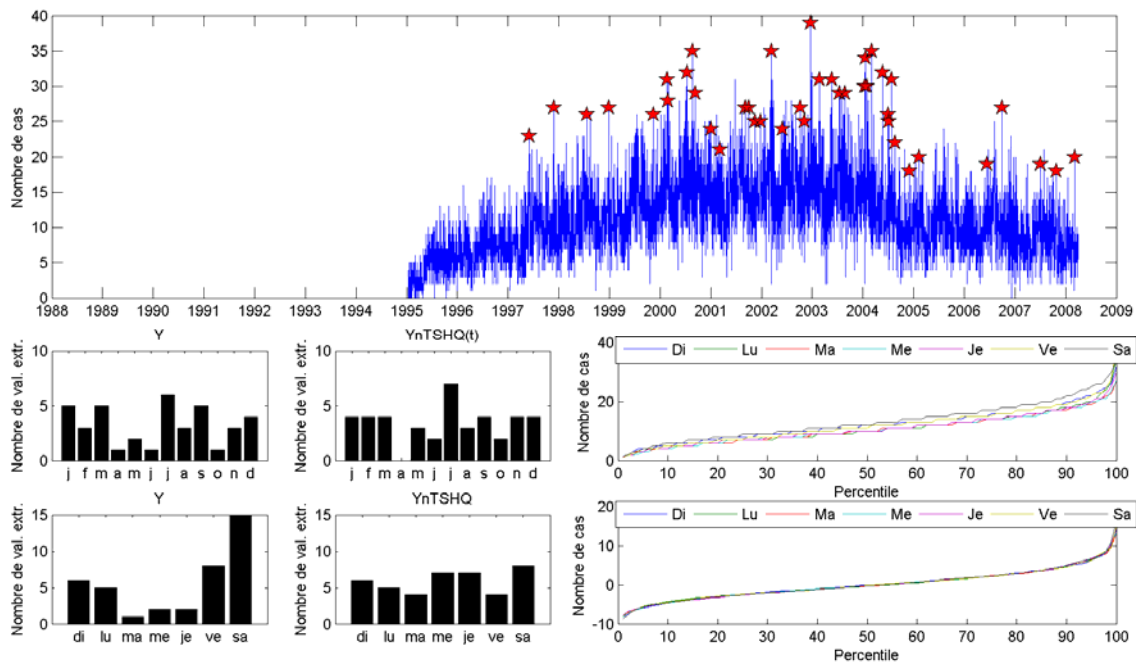
**Figure A-94 : Urgences problèmes cardiaques
RSS16 (Montréal)**



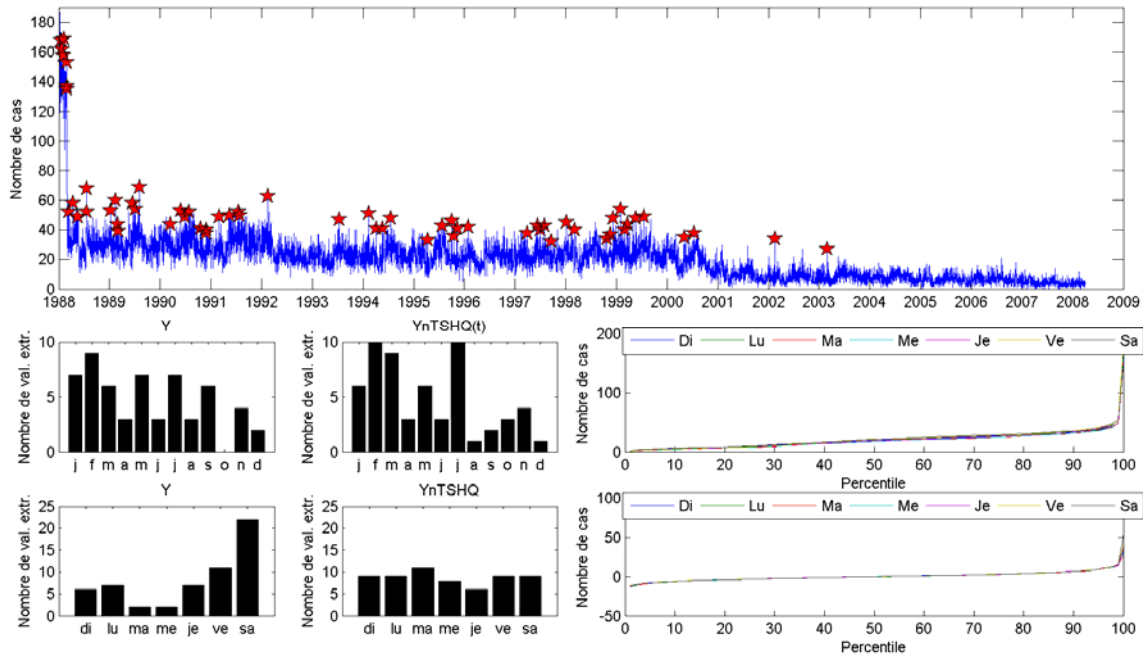
**Figure A-95 : Urgences traumatismes
RSS1 (Bas-Saint-Laurent)**



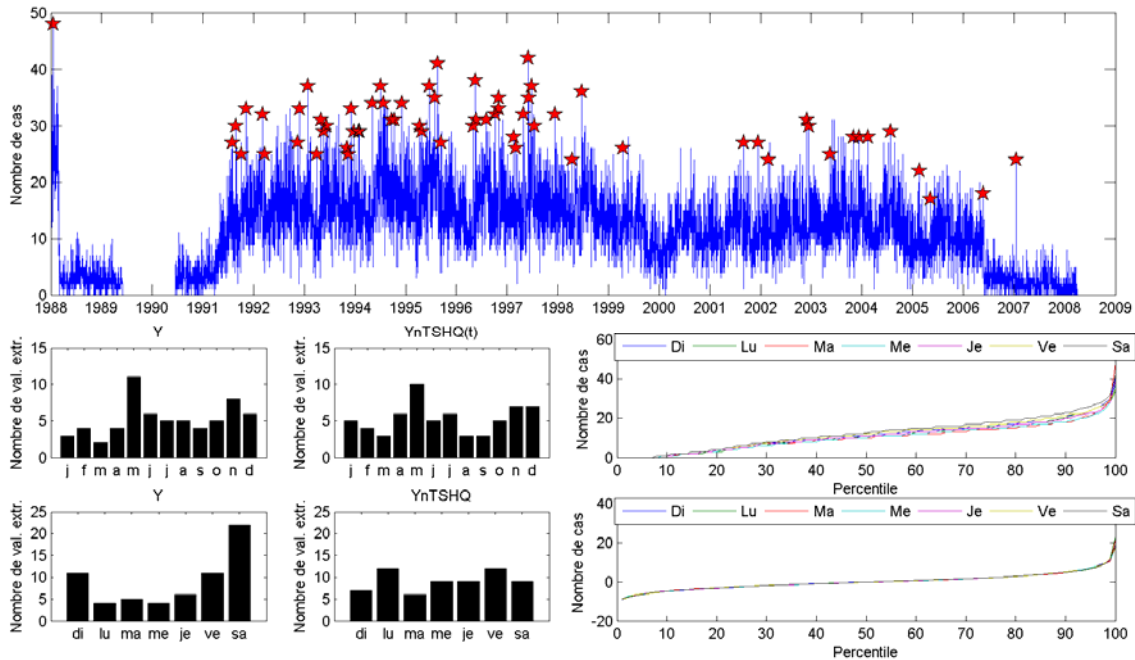
**Figure A-96 : Urgences traumatismes
RSS2 (Saguenay-Lac-Saint-Jean)**



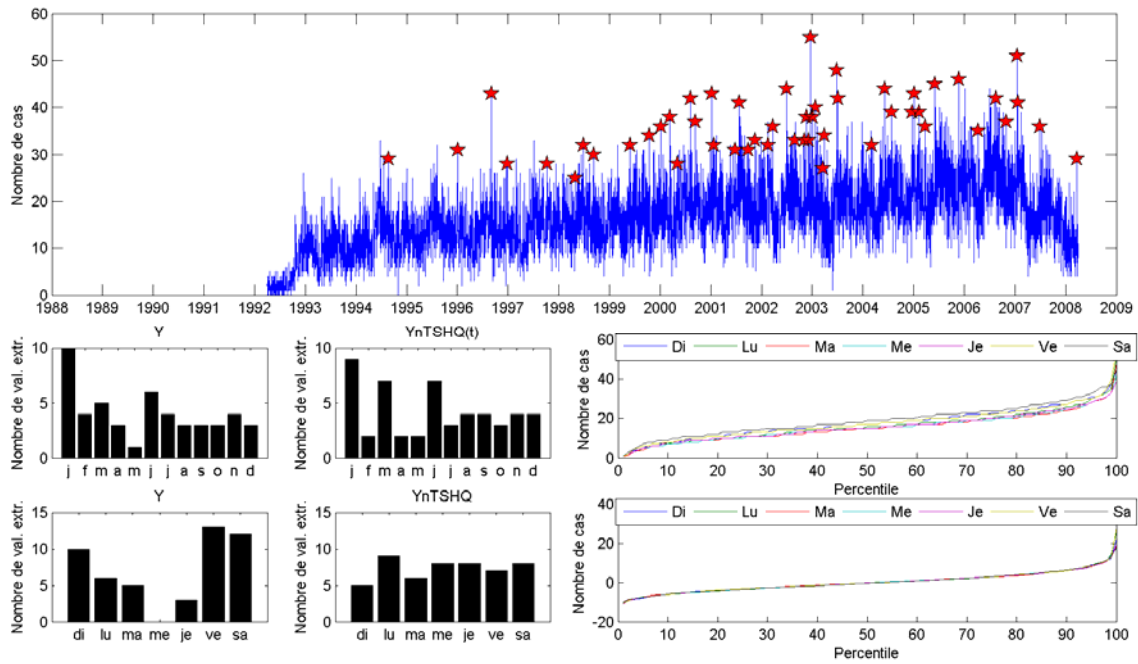
**Figure A-97 : Urgences traumatismes
RSS3 (Capitale-Nationale)**



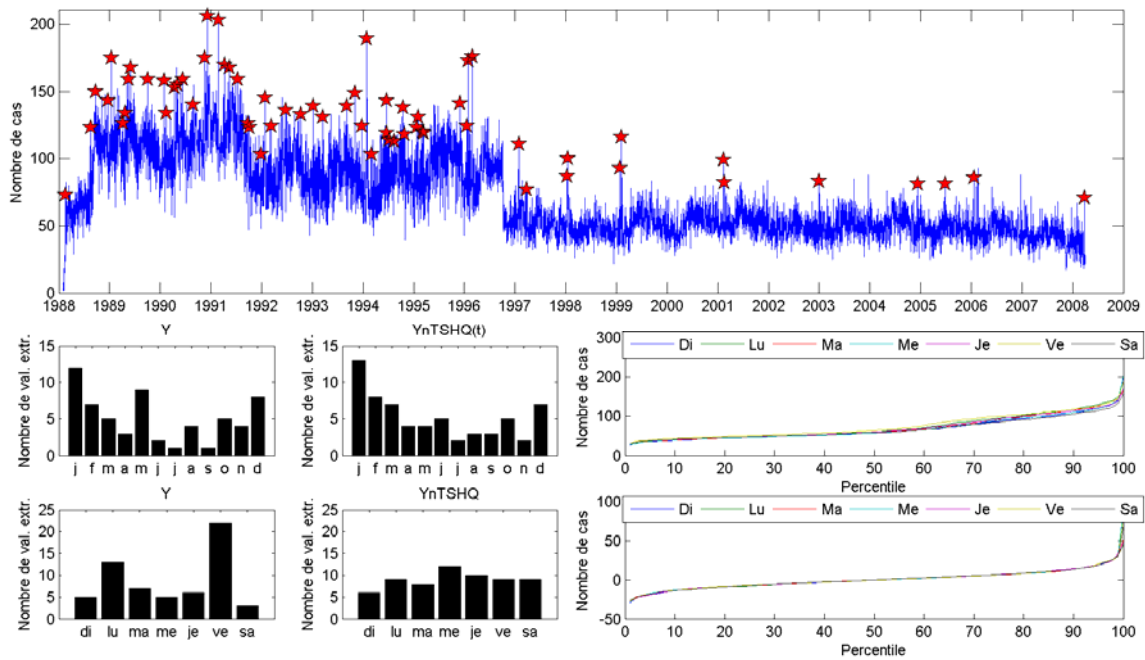
**Figure A-98 : Urgences traumatismes
RSS4 (Mauricie et Centre-du-Québec)**



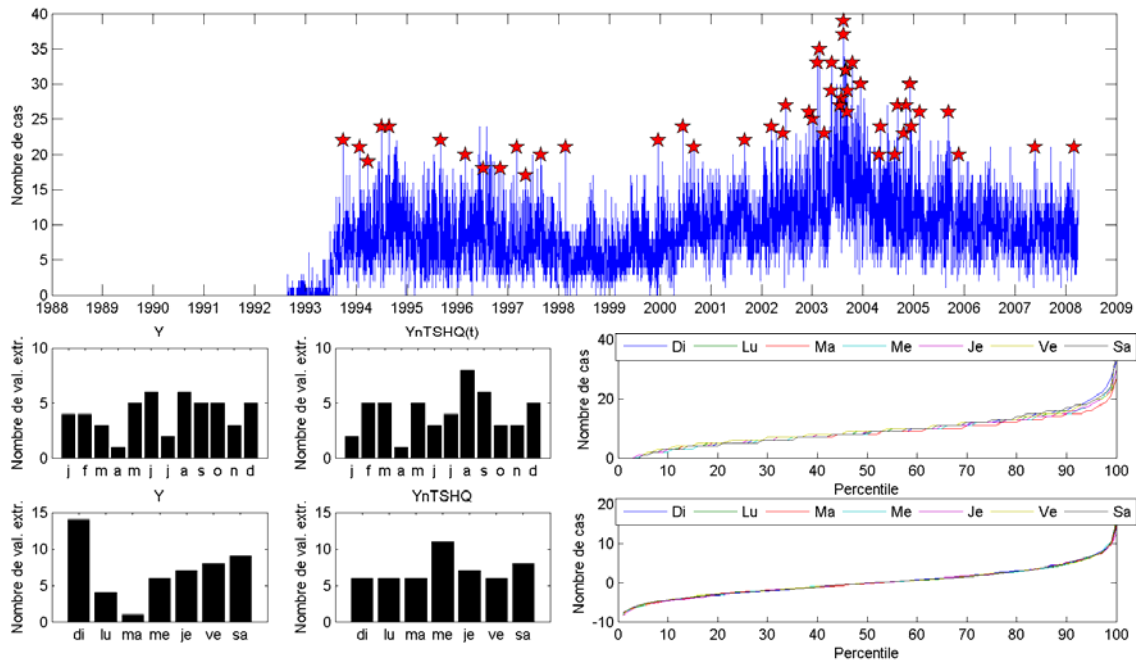
**Figure A-99 : Urgences traumatismes
RSS5 (Estrie)**



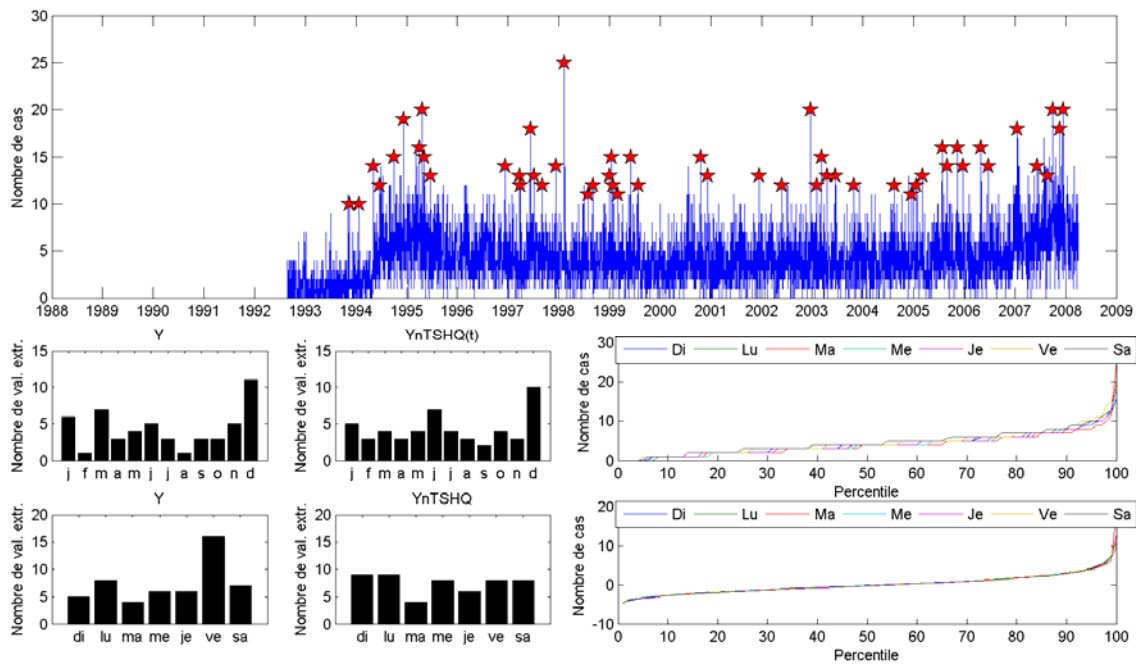
**Figure A-100 : Urgences traumatismes
RSS6 (Montréal)**



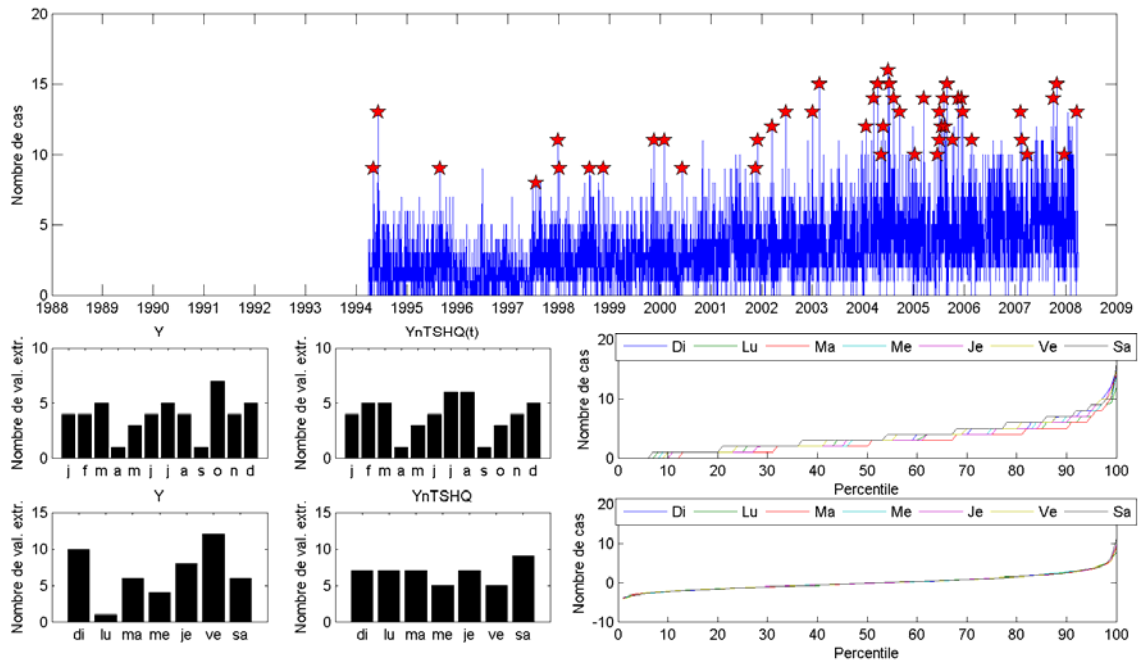
**Figure A-101 : Urgences traumatismes
RSS7 (Outaouais)**



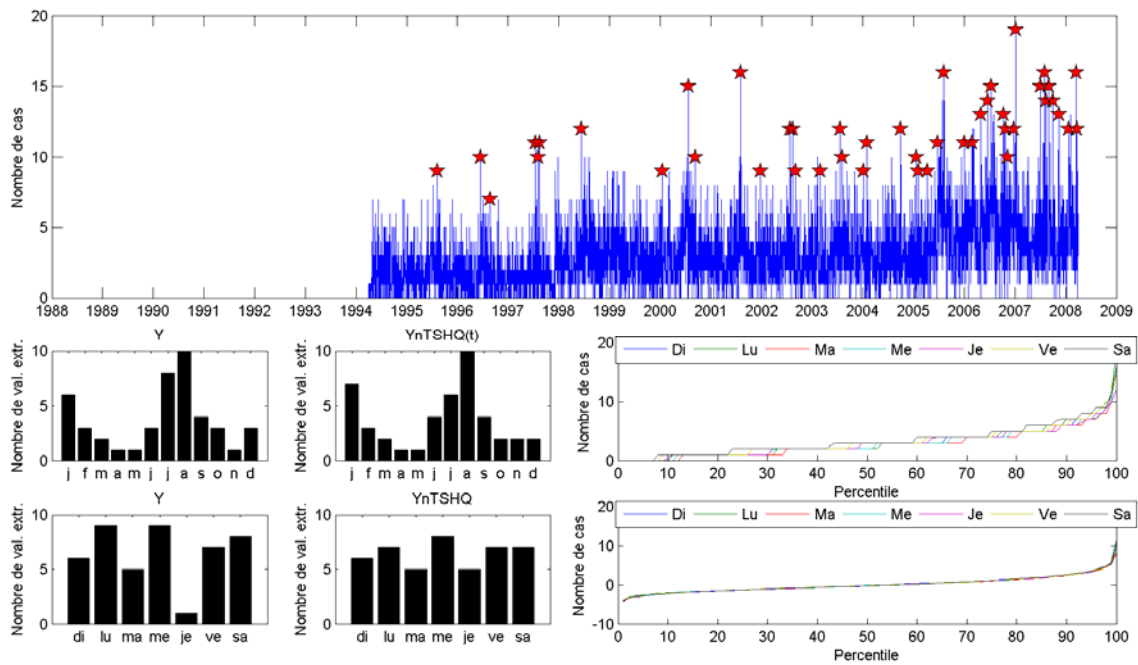
**Figure A-102 : Urgences traumatismes
RSS8 (Abitibi-Témiscamingue)**



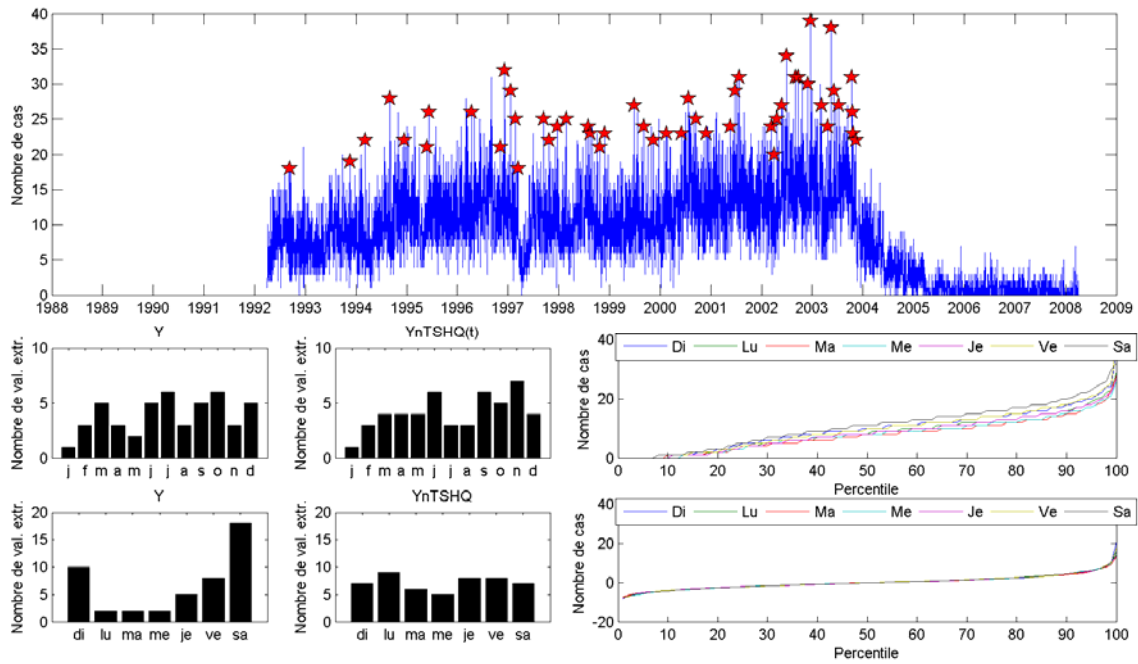
**Figure A-103 : Urgences traumatismes
RSS9 (Côte-Nord)**



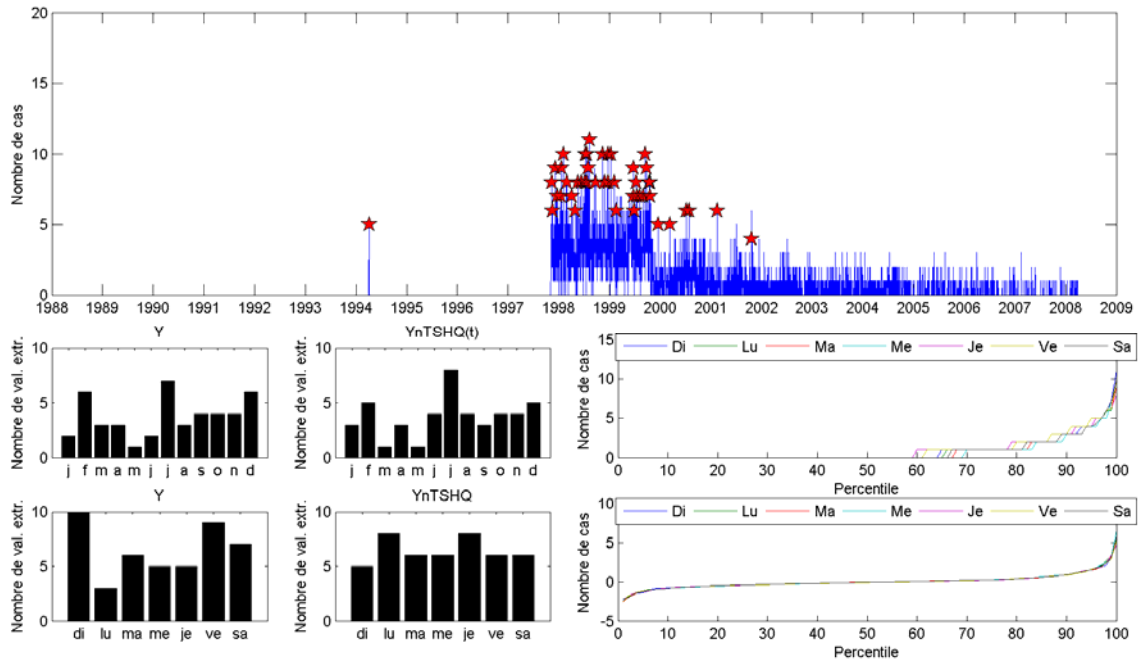
**Figure A-104 : Urgences traumatismes
RSS11 (Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine)**



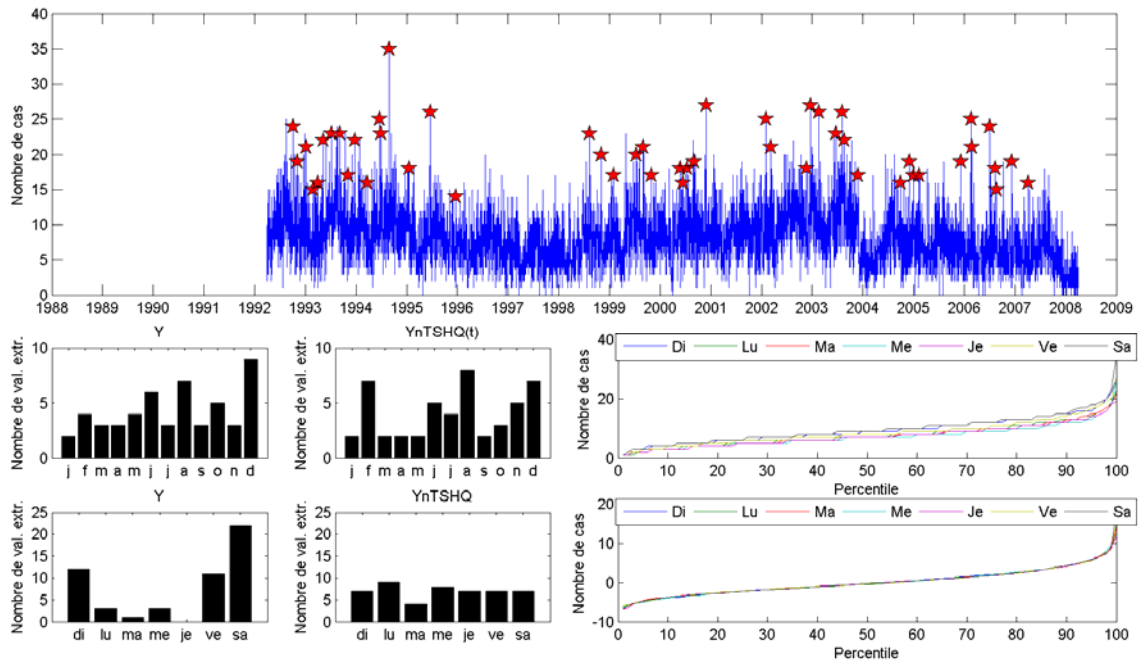
**Figure A-105 : Urgences traumatismes
RSS12 (Chaudière-Appalaches)**



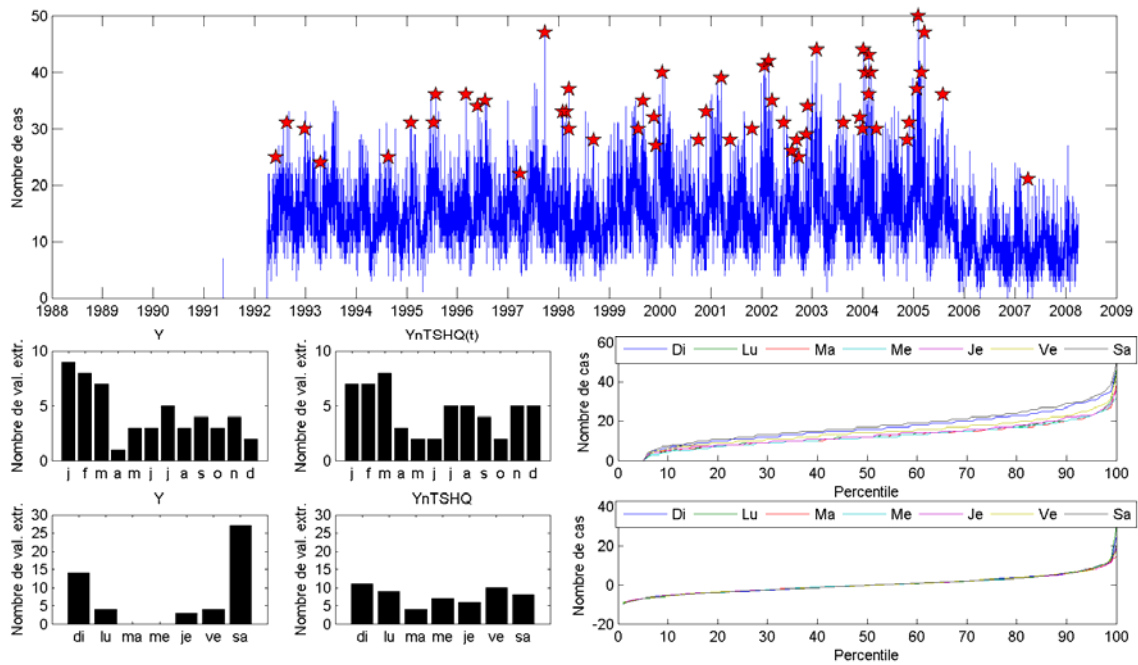
**Figure A-106 : Urgences traumatismes
RSS13 (Laval)**



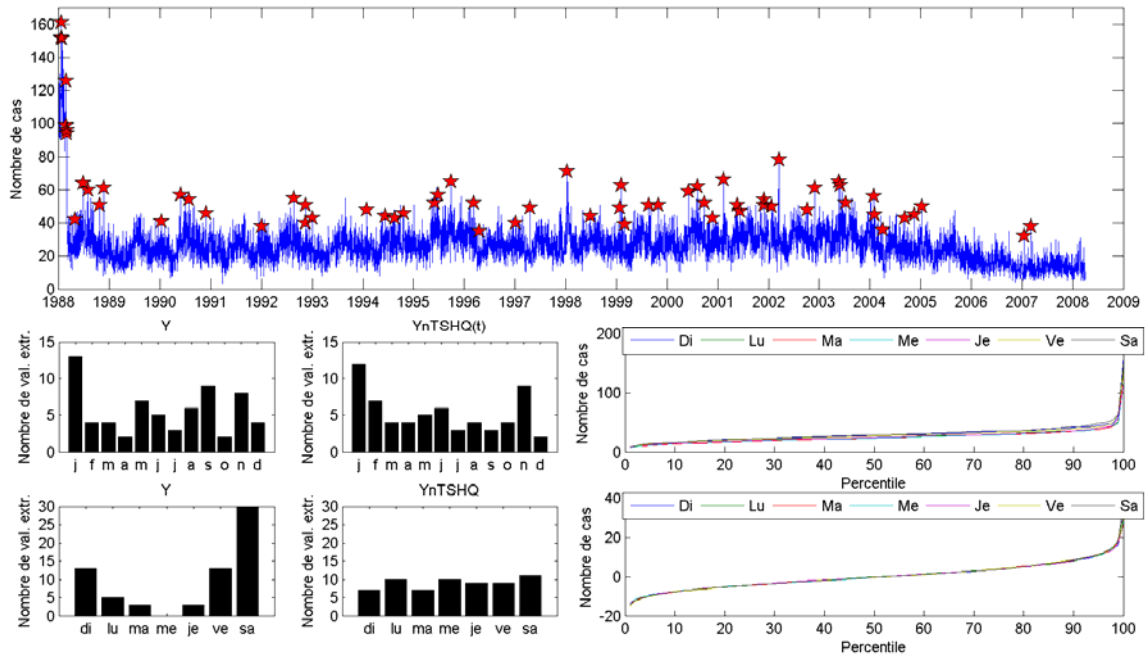
**Figure A-107 : Urgences traumatismes
RSS14 (Lanaudière)**



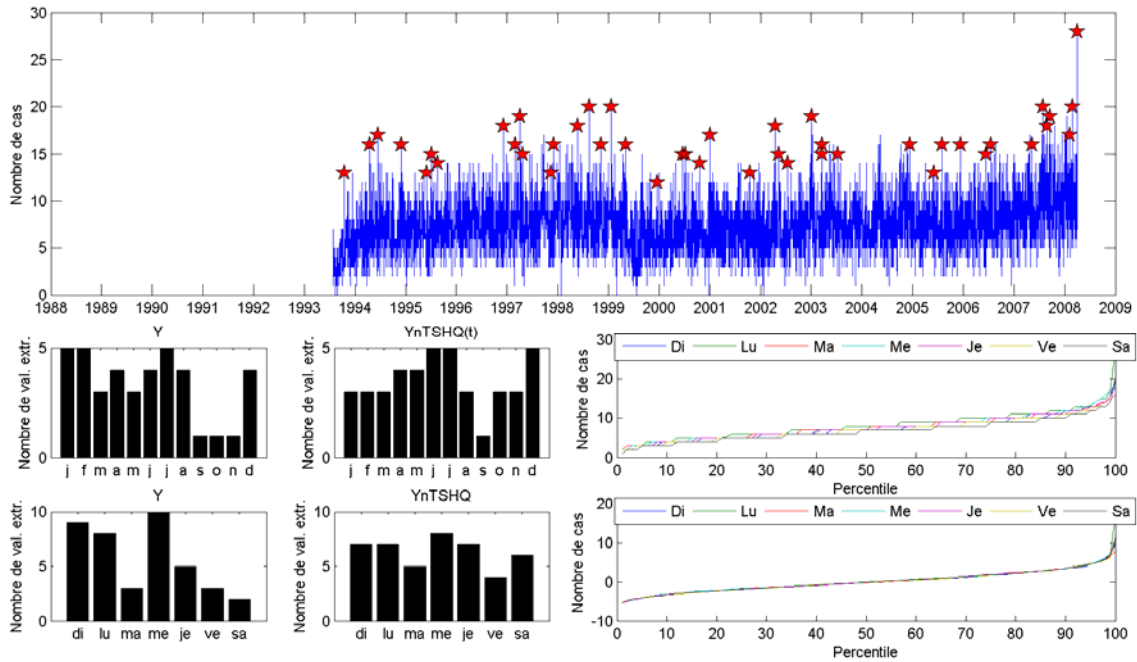
**Figure A-108 : Urgences traumatismes
RSS15 (Laurentides)**



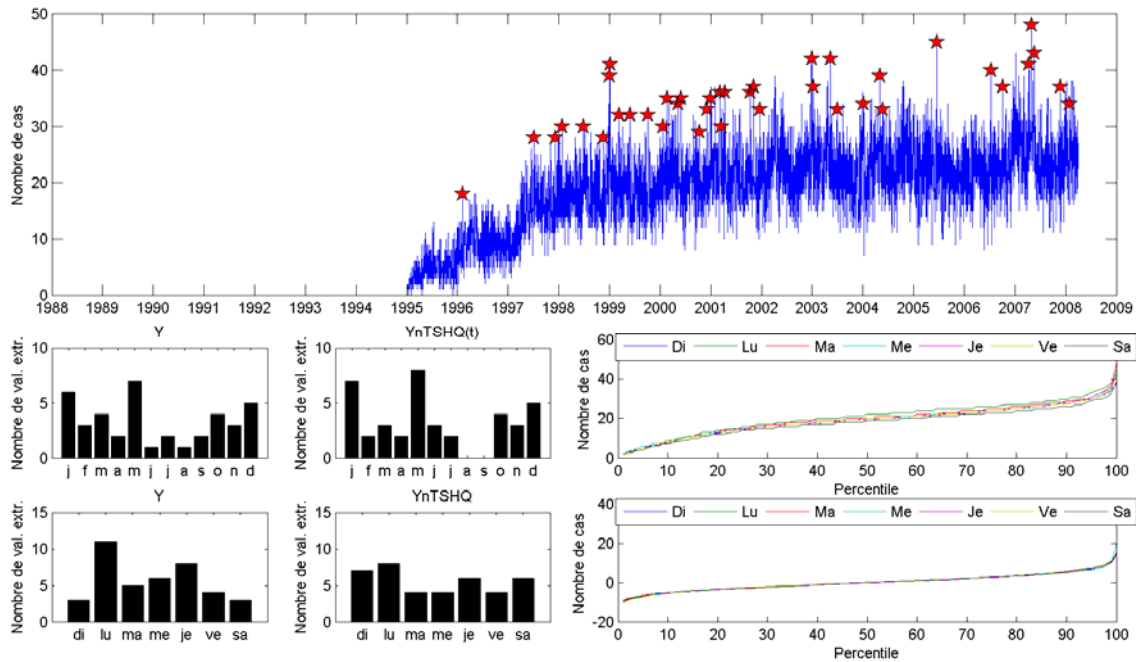
**Figure A-109 : Urgences traumatismes
RSS16 (Monterégie)**



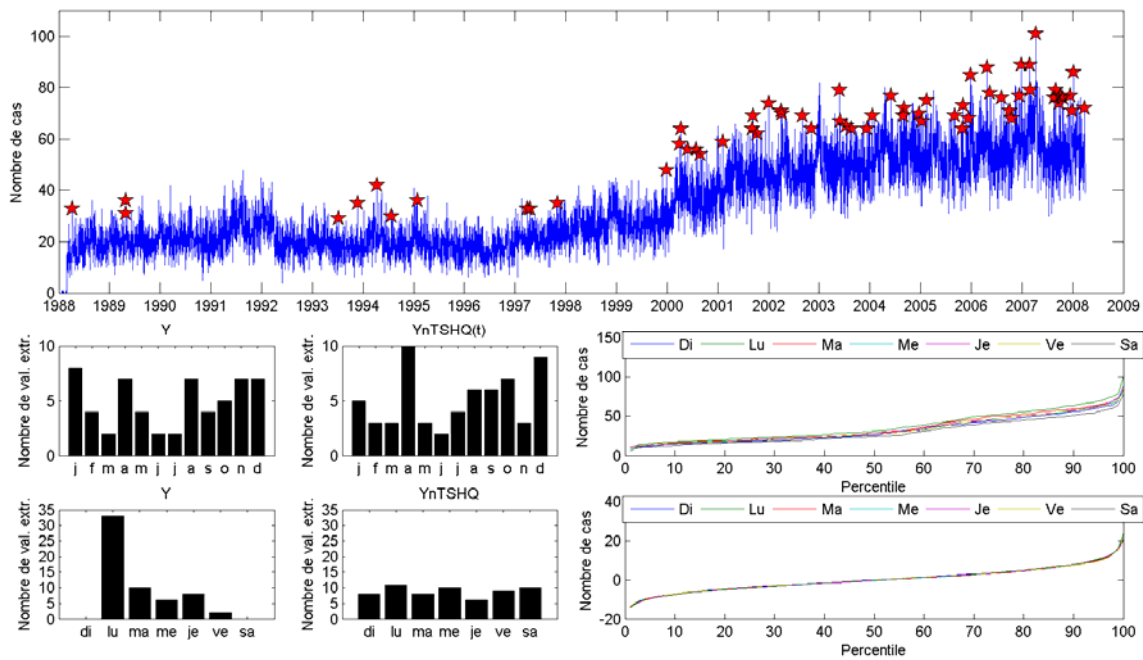
**Figure A-110 : Urgences troubles digestifs
RSS1 (Bas-Saint-Laurent)**



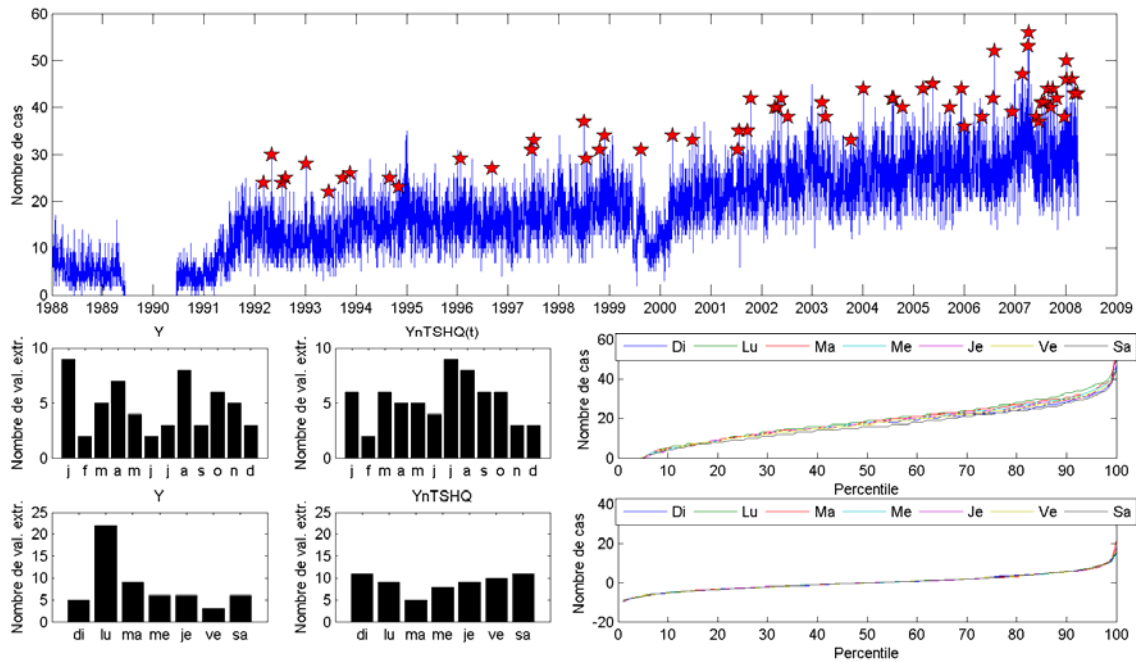
**Figure A-111 : Urgences troubles digestifs
RSS2 (Saguenay-Lac-Saint-Jean)**



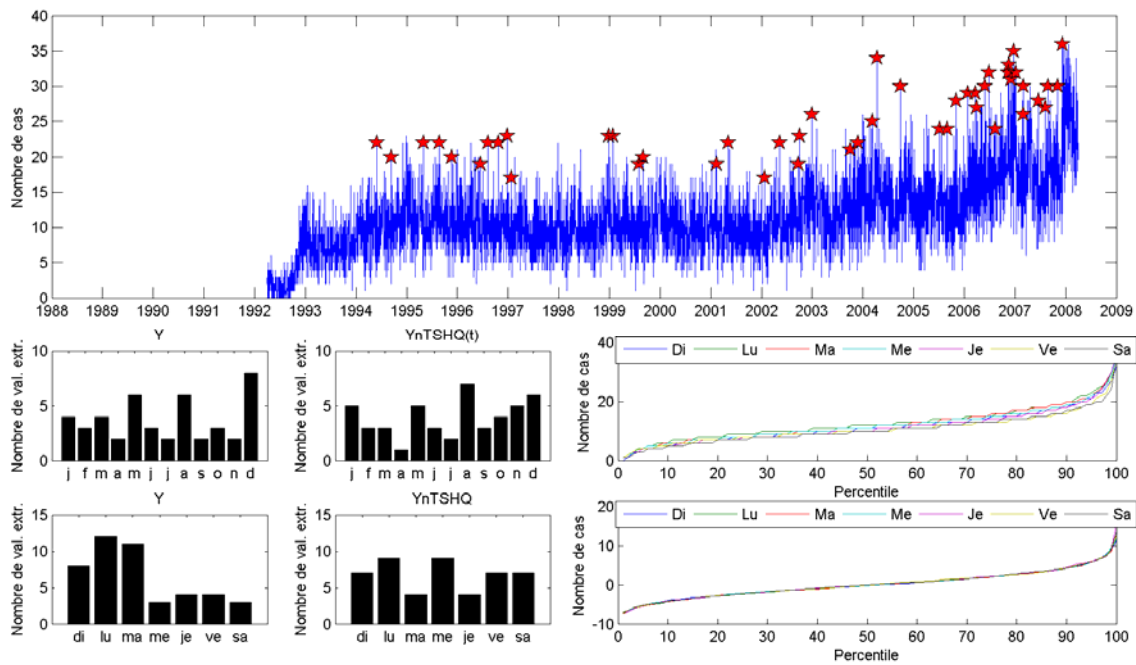
**Figure A-112 : Urgences troubles digestifs
RSS3 (Capitale-Nationale)**



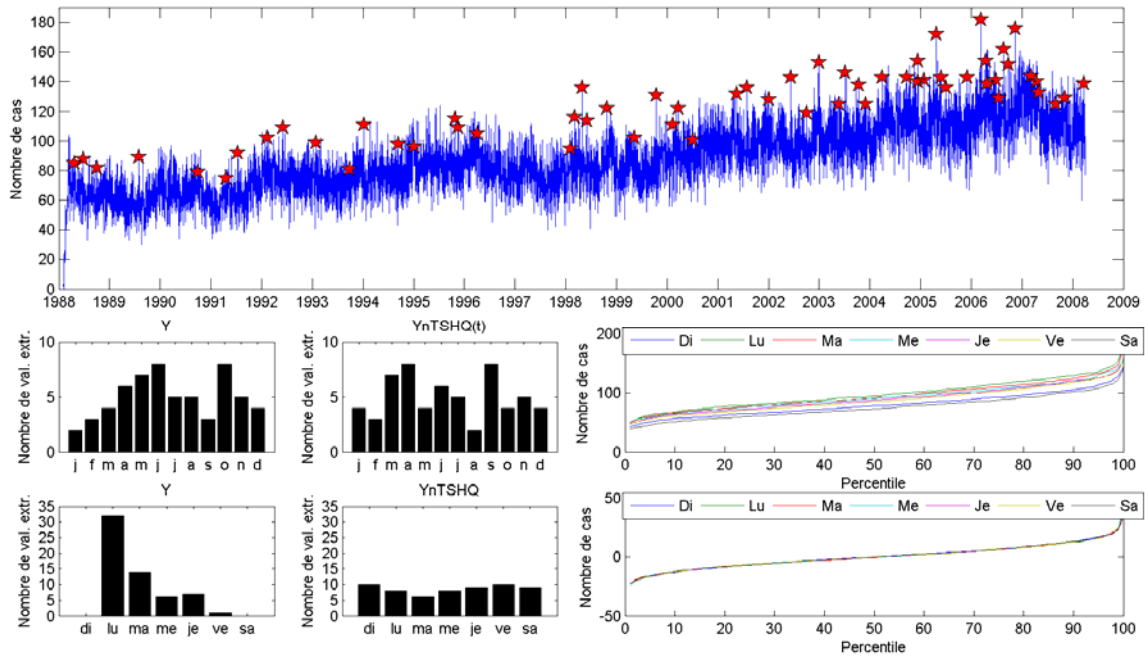
**Figure A-113 : Urgences troubles digestifs
RSS4 (Mauricie et Centre-du-Québec)**



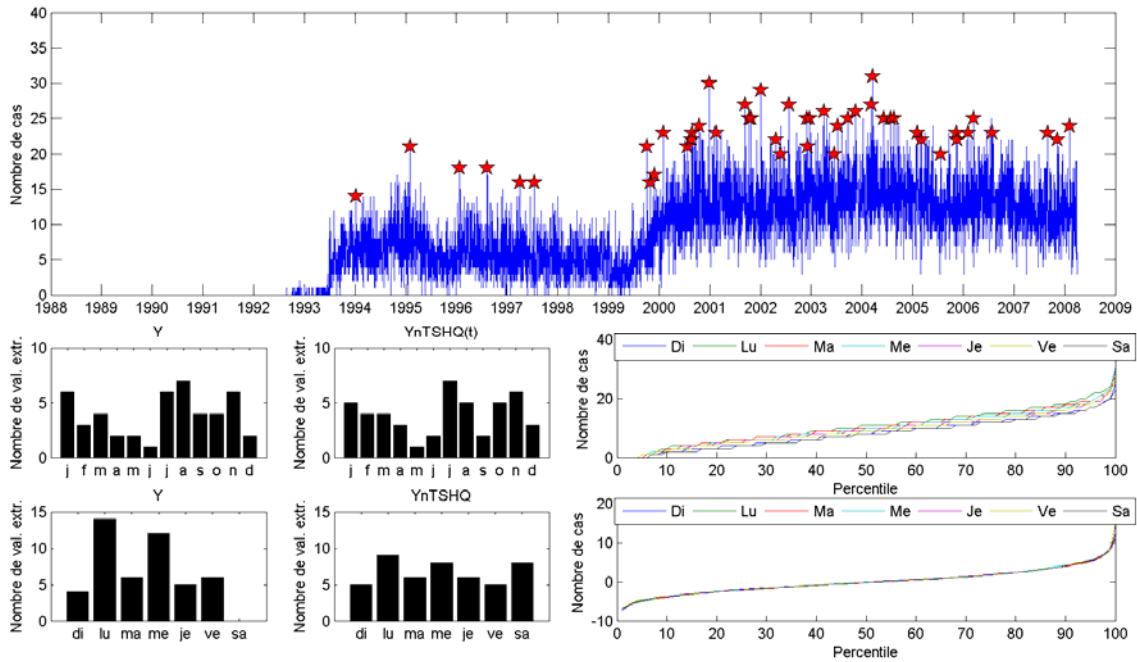
**Figure A-114 : Urgences troubles digestifs
RSS5 (Estrie)**



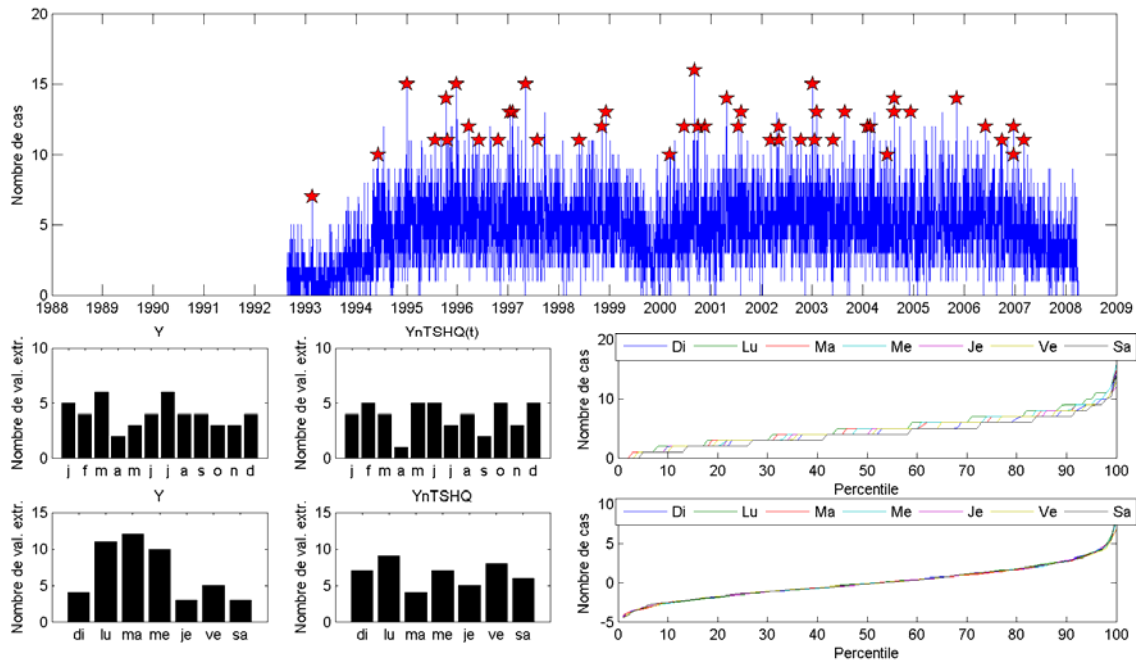
**Figure A-115 : Urgences troubles digestifs
RSS6 (Montréal)**



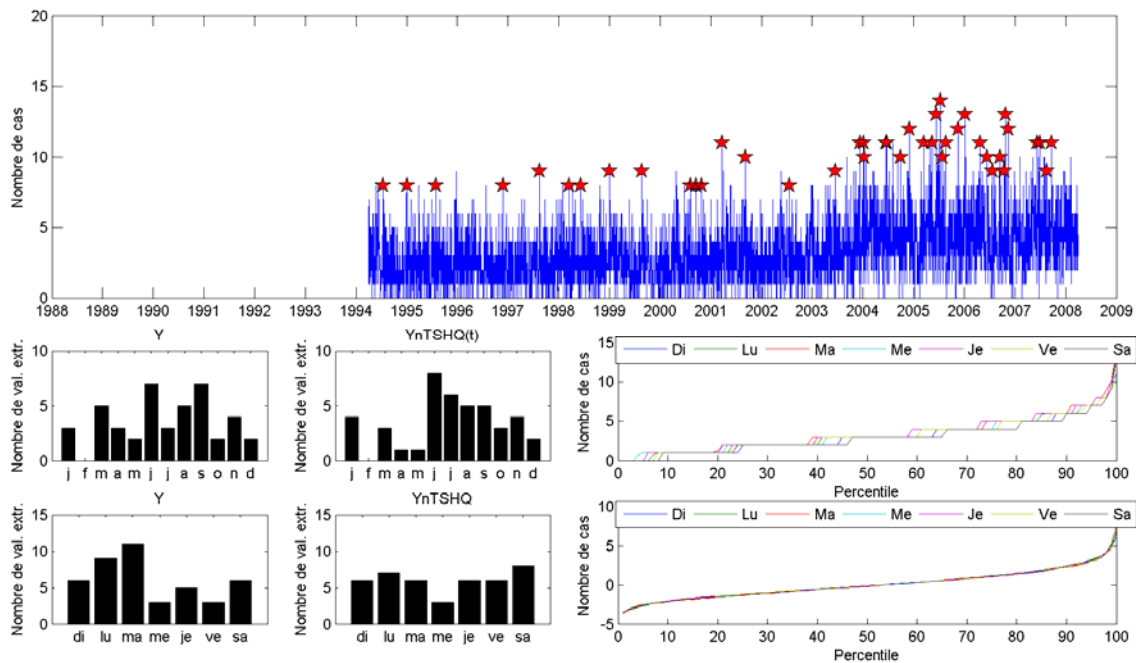
**Figure A-116 : Urgences troubles digestifs
RSS7 (Outaouais)**



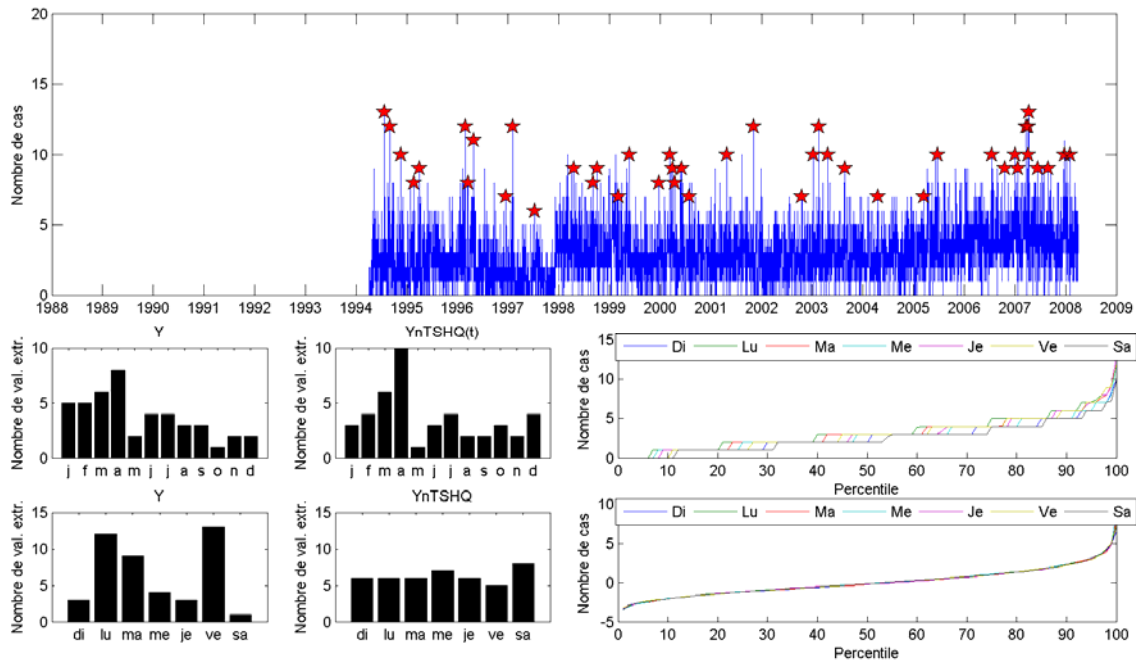
**Figure A-117 : Urgences troubles digestifs
RSS8 (Abitibi-Témiscamingue)**



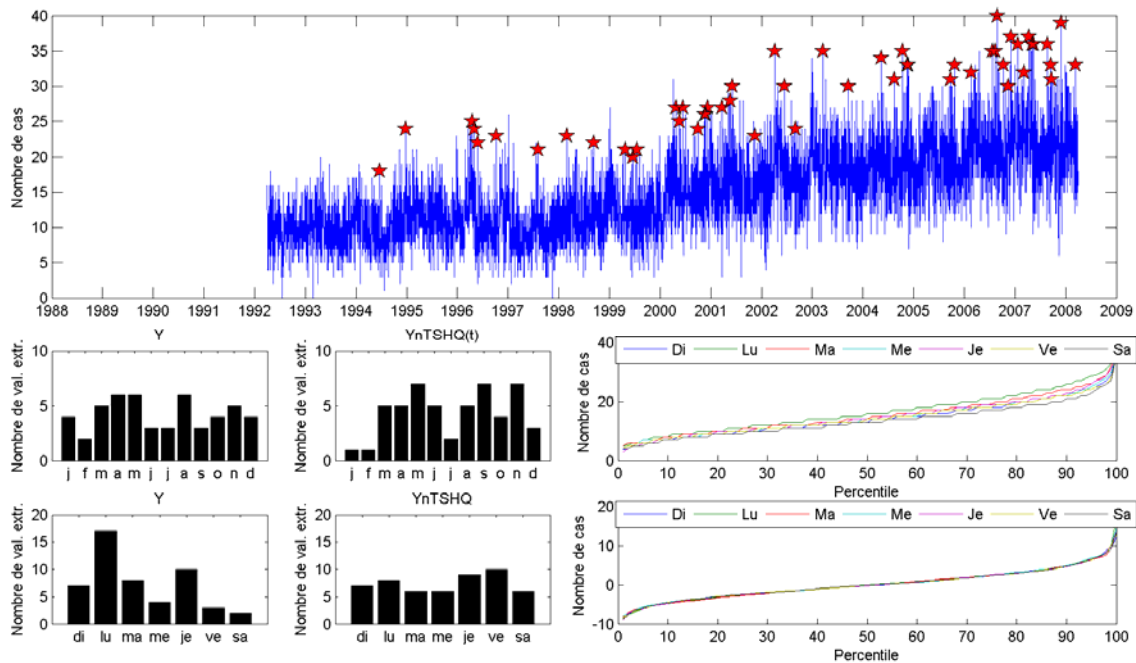
**Figure A-118 : Urgences troubles digestifs
RSS9 (Côte-Nord)**



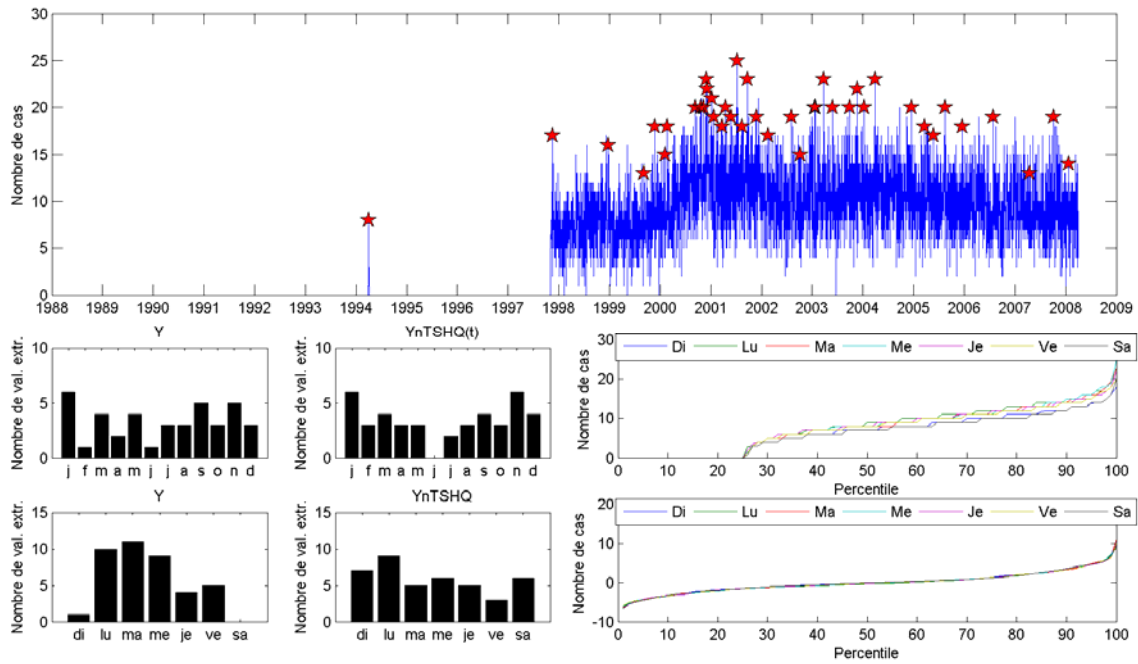
**Figure A-119 : Urgences troubles digestifs
RSS11 (Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine)**



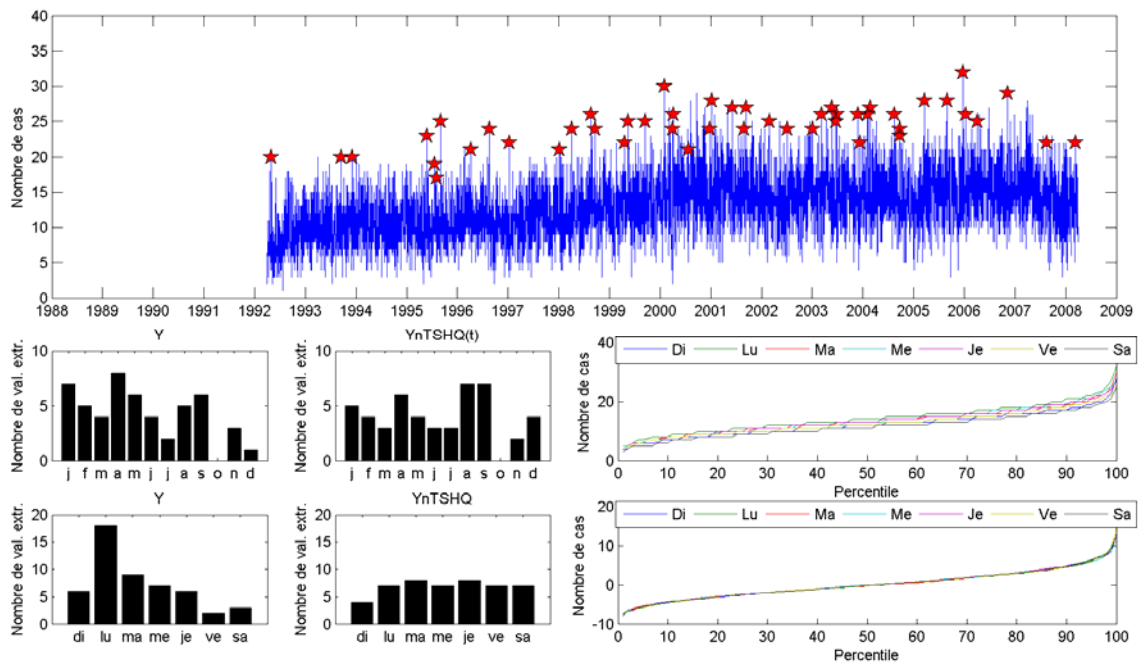
**Figure A-120 : Urgences troubles digestifs
RSS12 (Chaudière-Appalaches)**



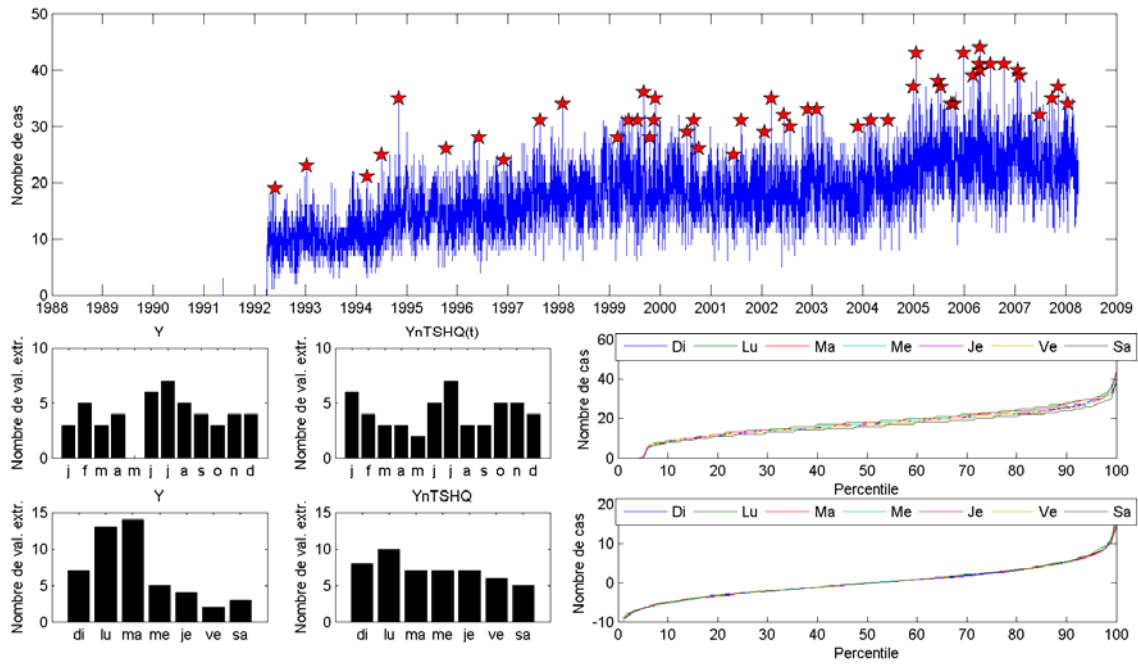
**Figure A-121 : Urgences troubles digestifs
RSS13 (Laval)**



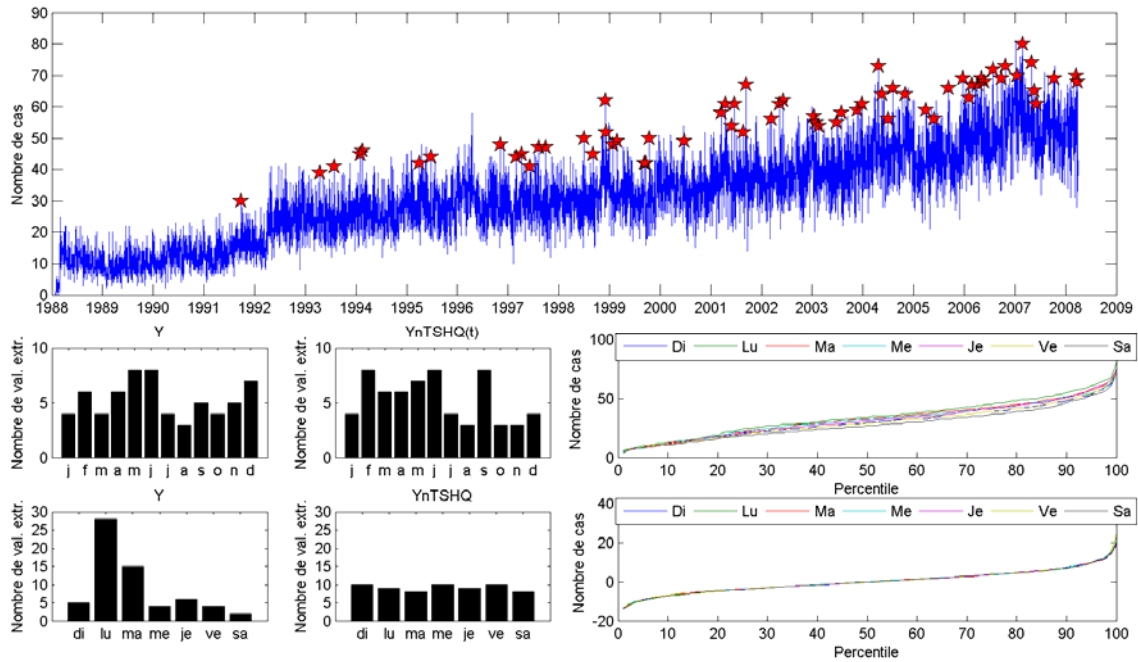
**Figure A-122 : Urgences troubles digestifs
RSS14 (Lanaudière)**



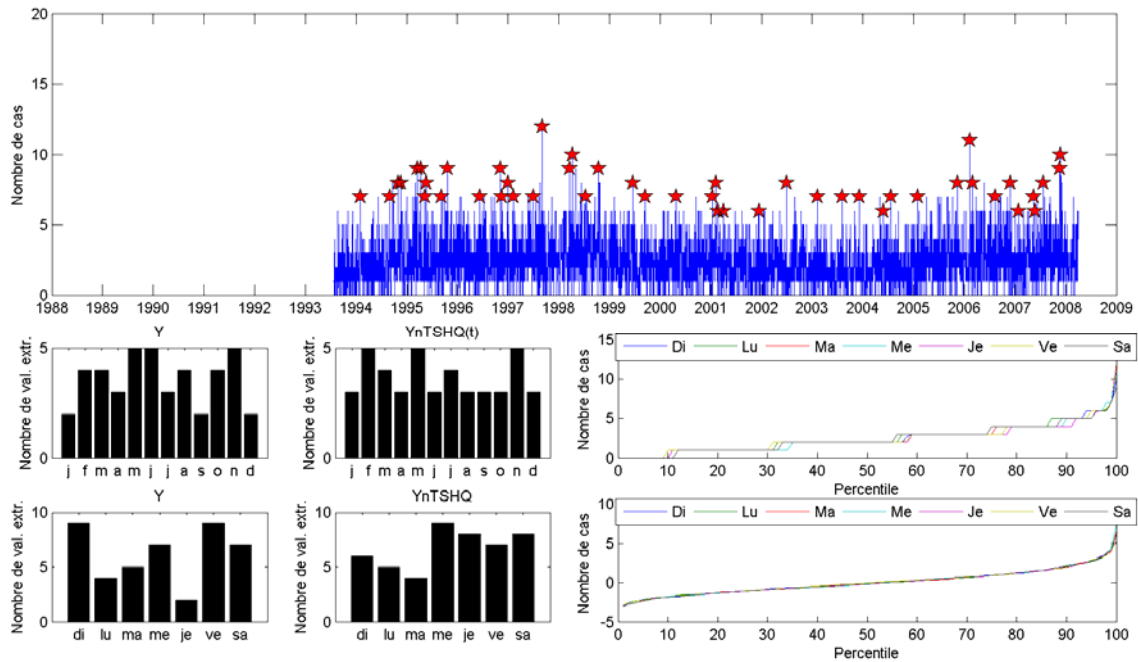
**Figure A-123 : Urgences troubles digestifs
RSS15 (Laurentides)**



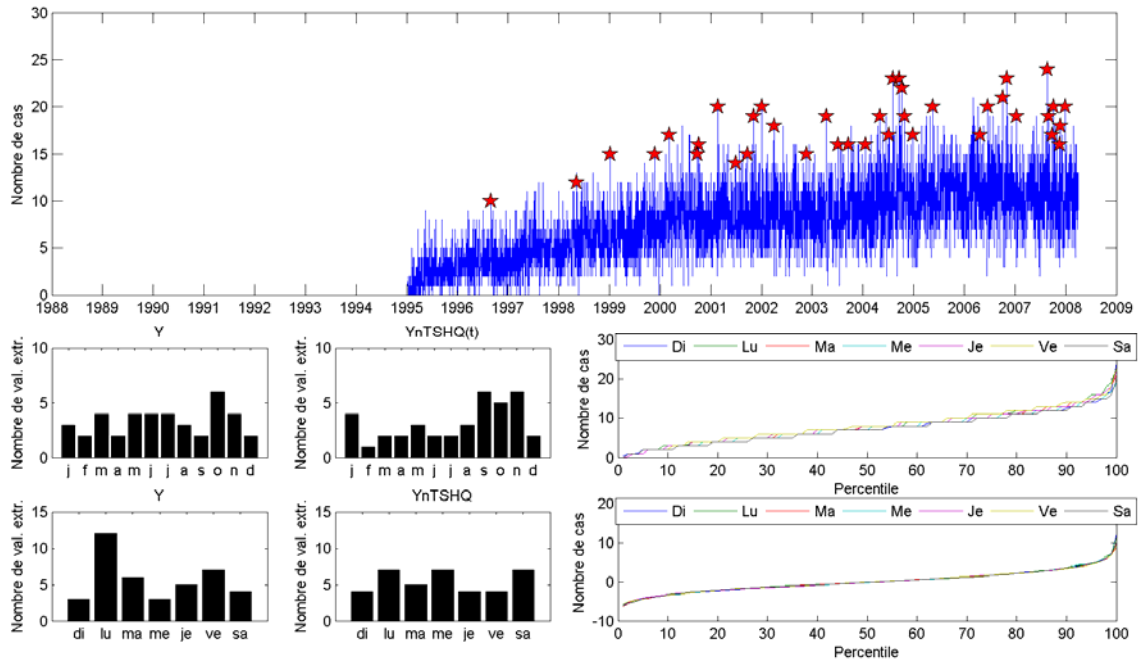
**Figure A-124 : Urgences troubles digestifs
RSS16 (Montérégie)**



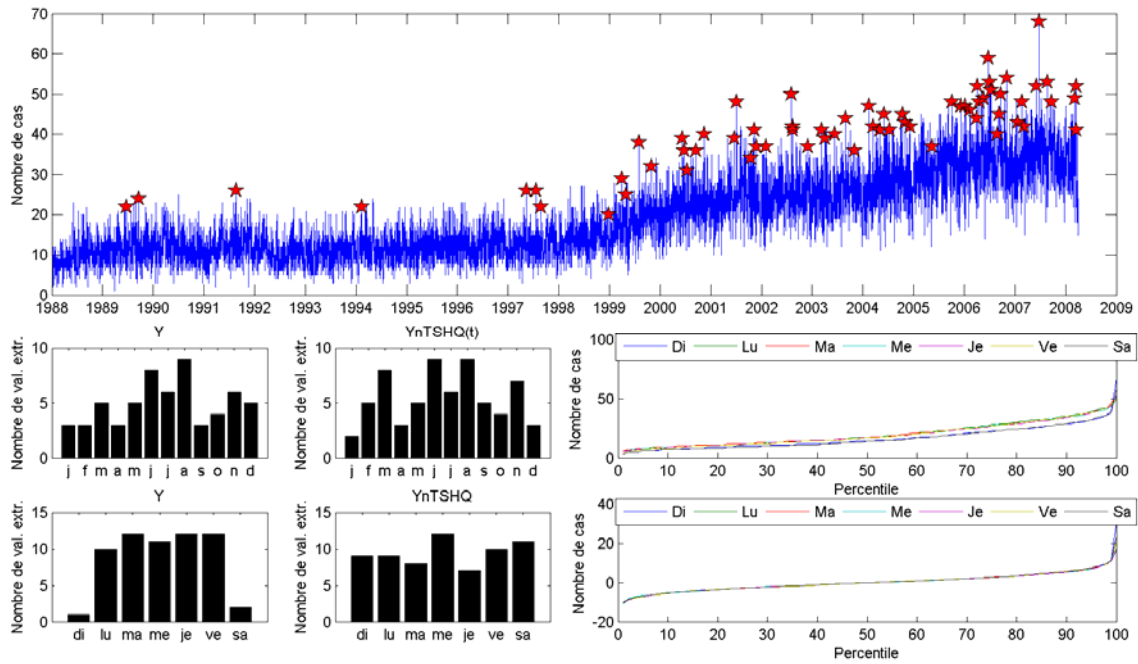
**Figure A-125 : Urgences troubles mentaux et psychosociaux
RSS1 (Bas-Saint-Laurent)**



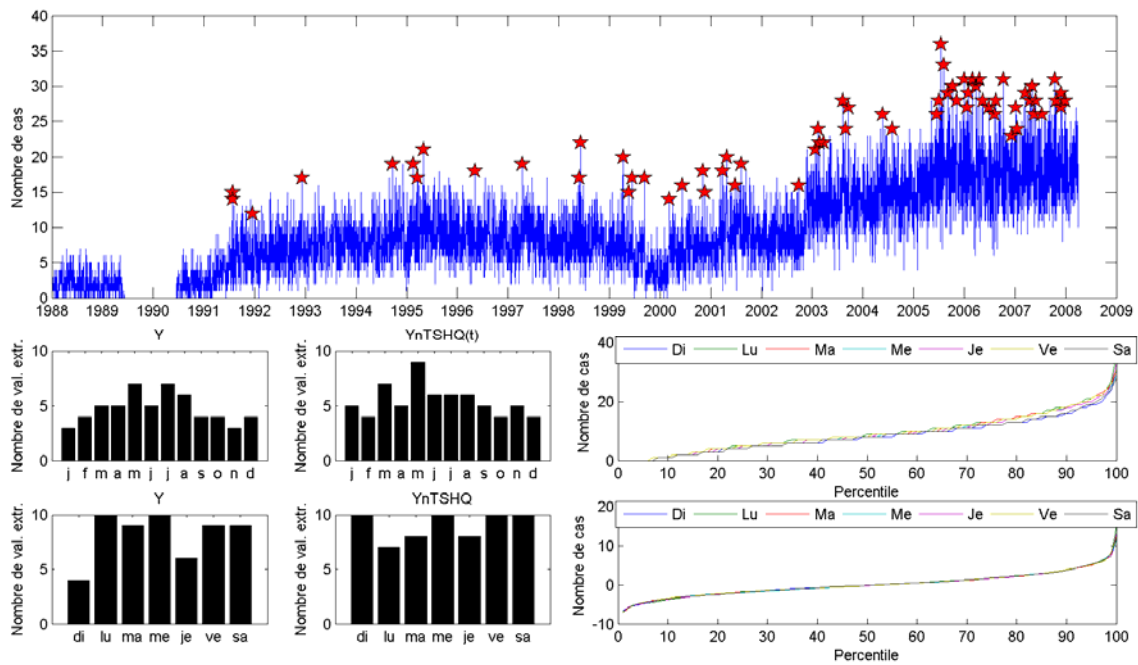
**Figure A-126 : Urgences troubles mentaux et psychosociaux
RSS2 (Saguenay-Lac-Saint-Jean)**



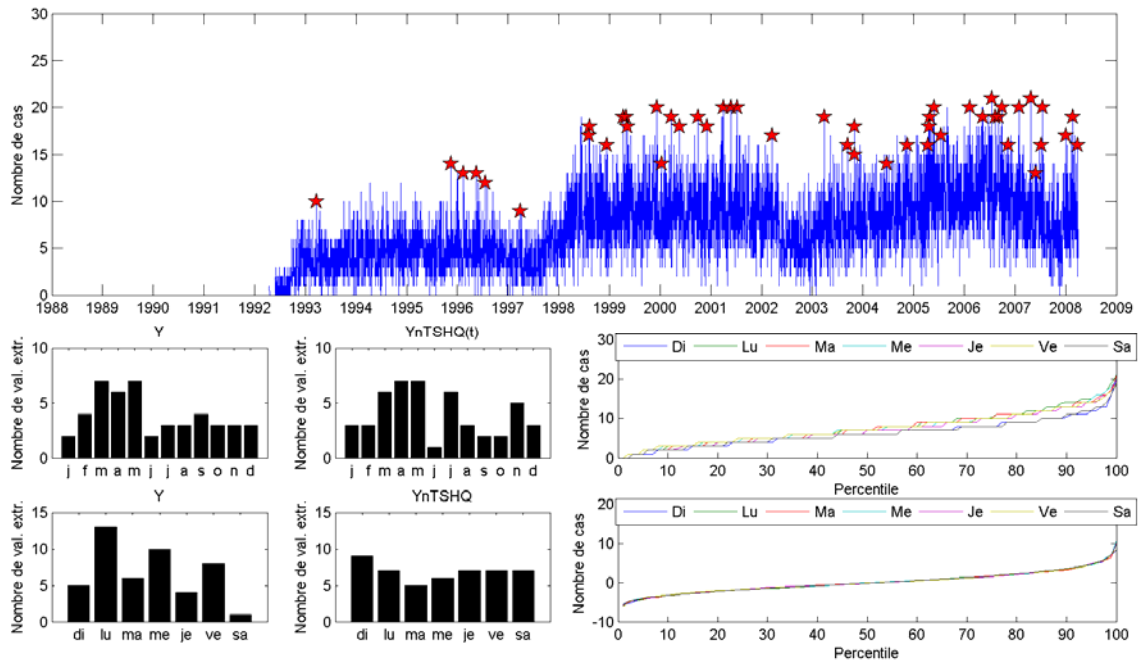
**Figure A-127 : Urgences troubles mentaux et psychosociaux
RSS3 (Capitale-Nationale)**



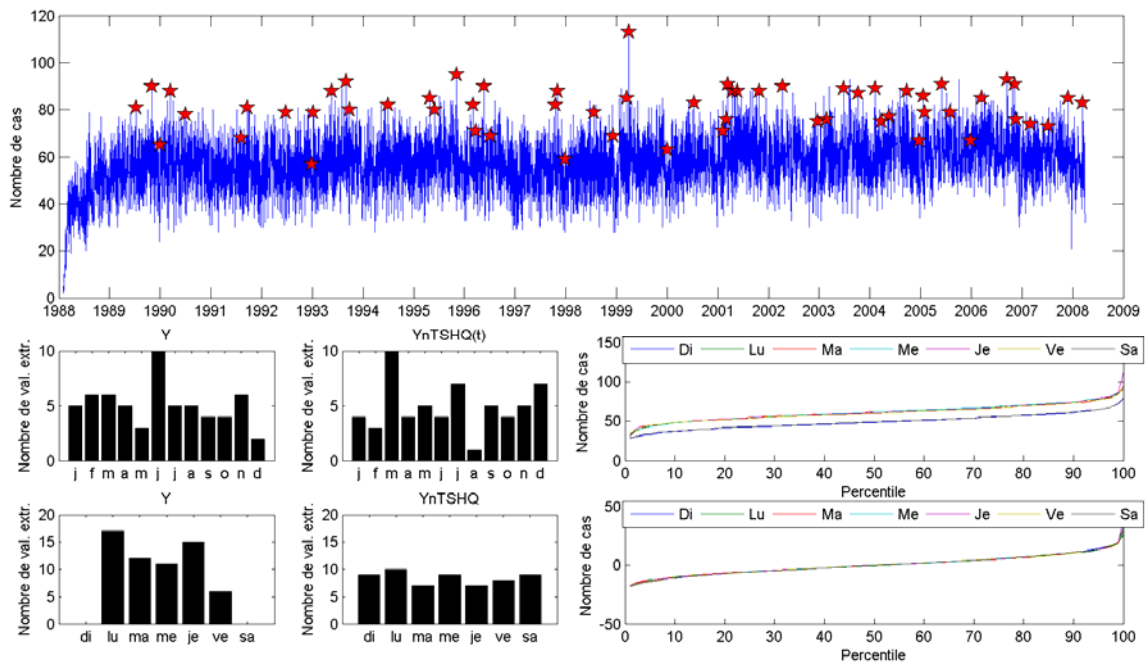
**Figure A-128 : Urgences troubles mentaux et psychosociaux
RSS4 (Mauricie et Centre-du-Québec)**



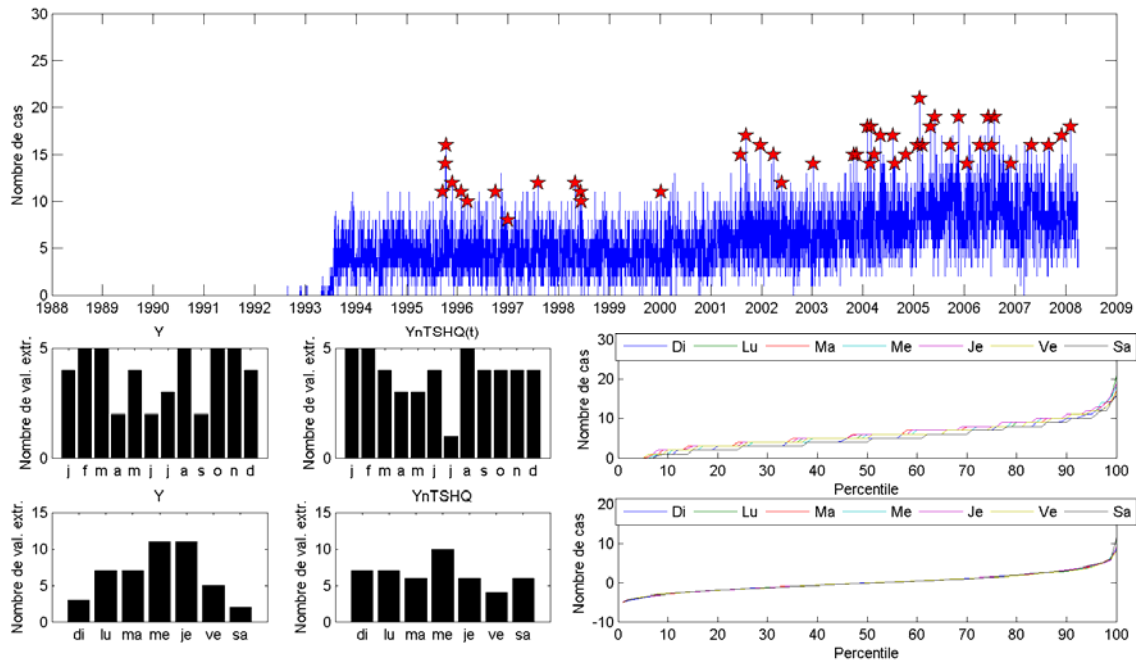
**Figure A-129 : Urgences troubles mentaux et psychosociaux
RSS5 (Estrie)**



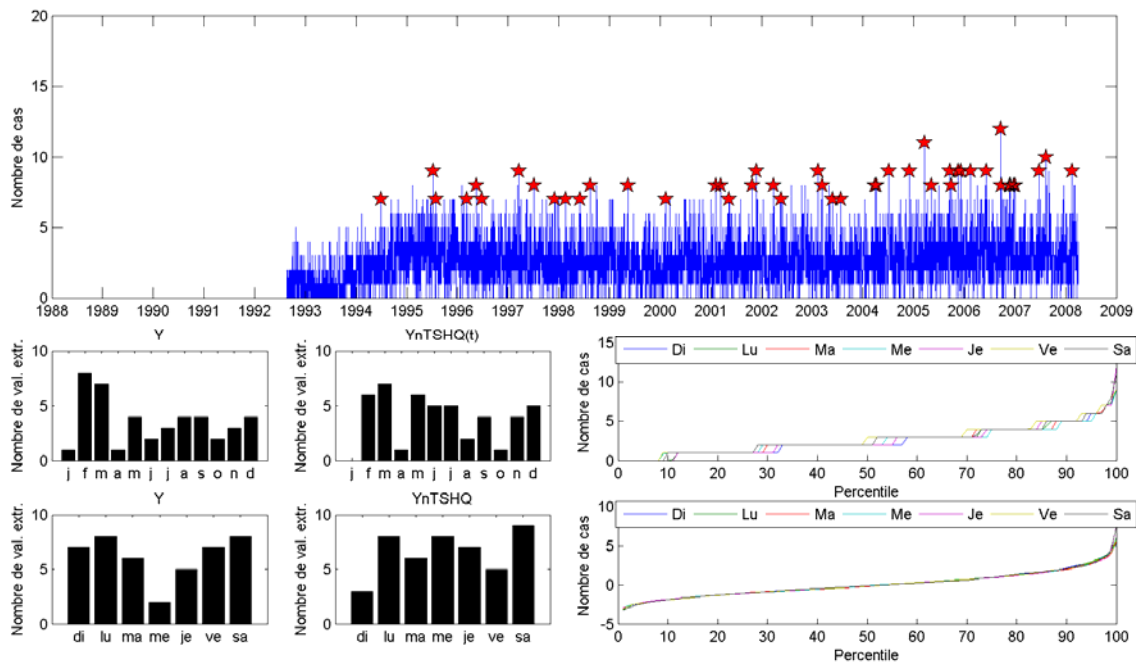
**Figure A-130 : Urgences troubles mentaux et psychosociaux
RSS6 (Montréal)**



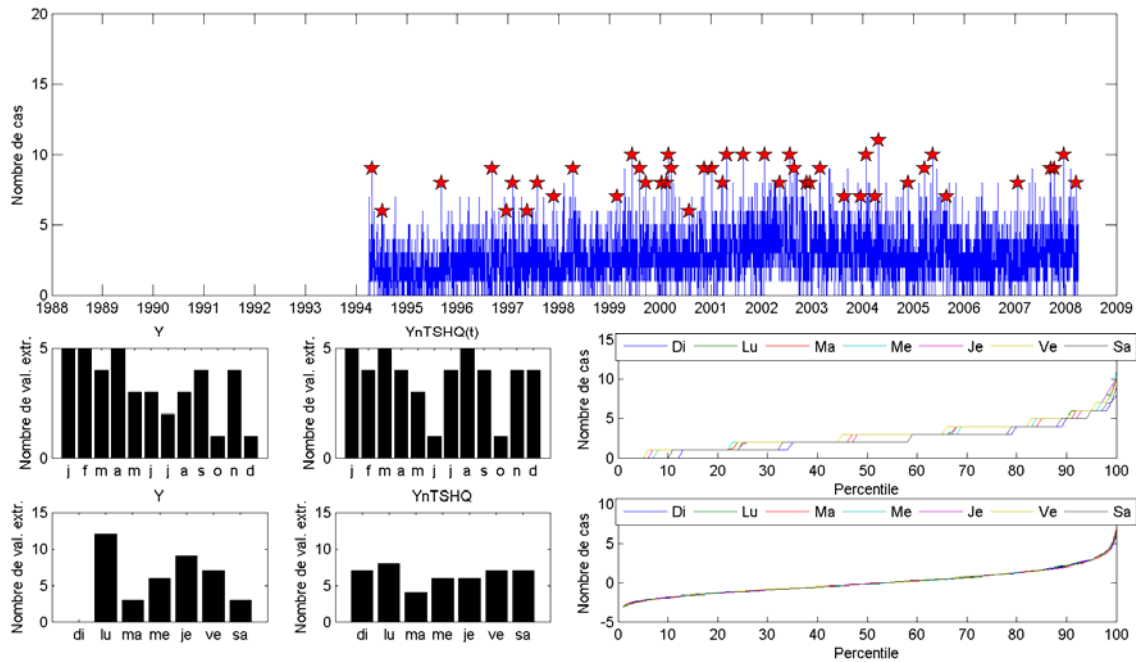
**Figure A-131 : Urgences troubles mentaux et psychosociaux
RSS7 (Outaouais)**



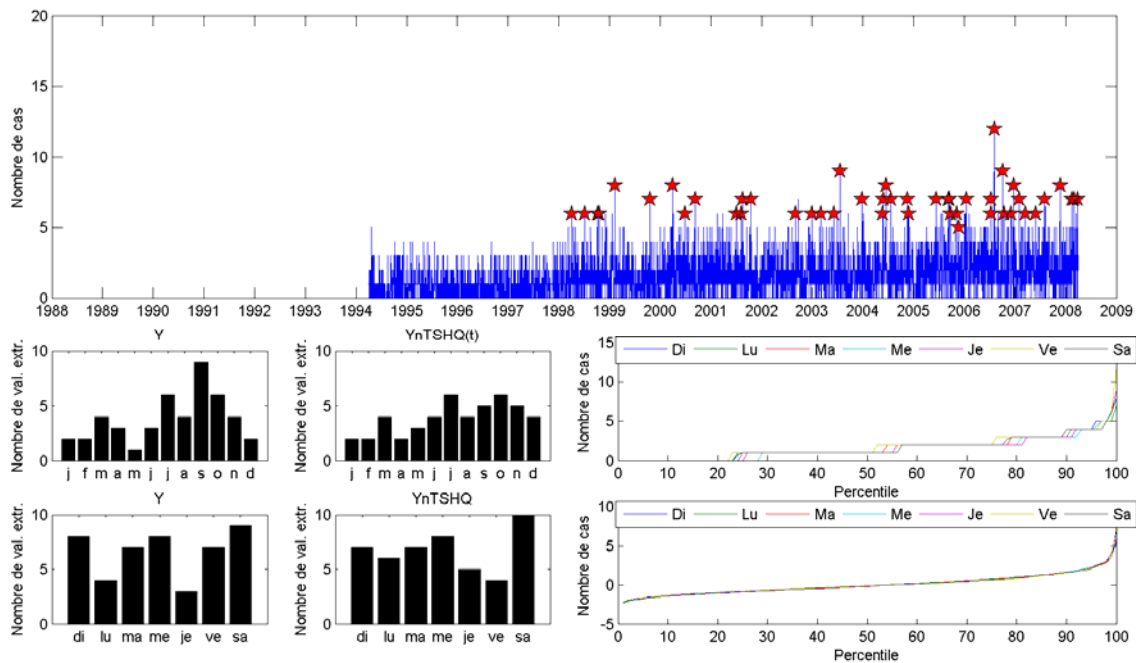
**Figure A-132 : Urgences troubles mentaux et psychosociaux
RSS8 (Abitibi-Témiscamingue)**



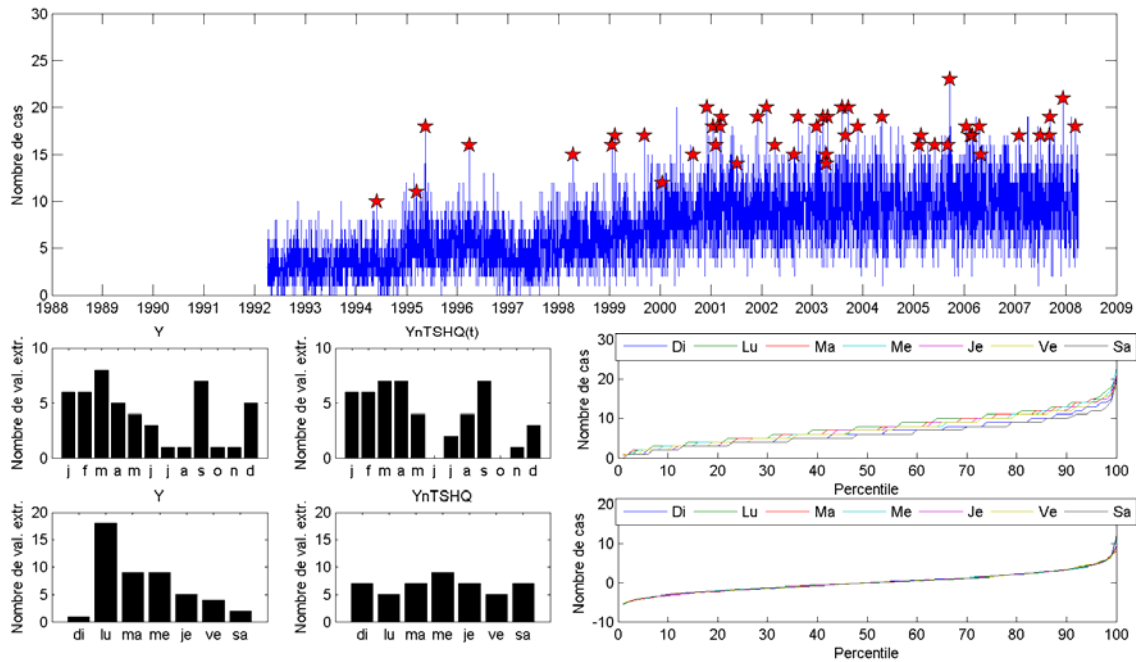
**Figure A-133 : Urgences troubles mentaux et psychosociaux
RSS9 (Côte-Nord)**



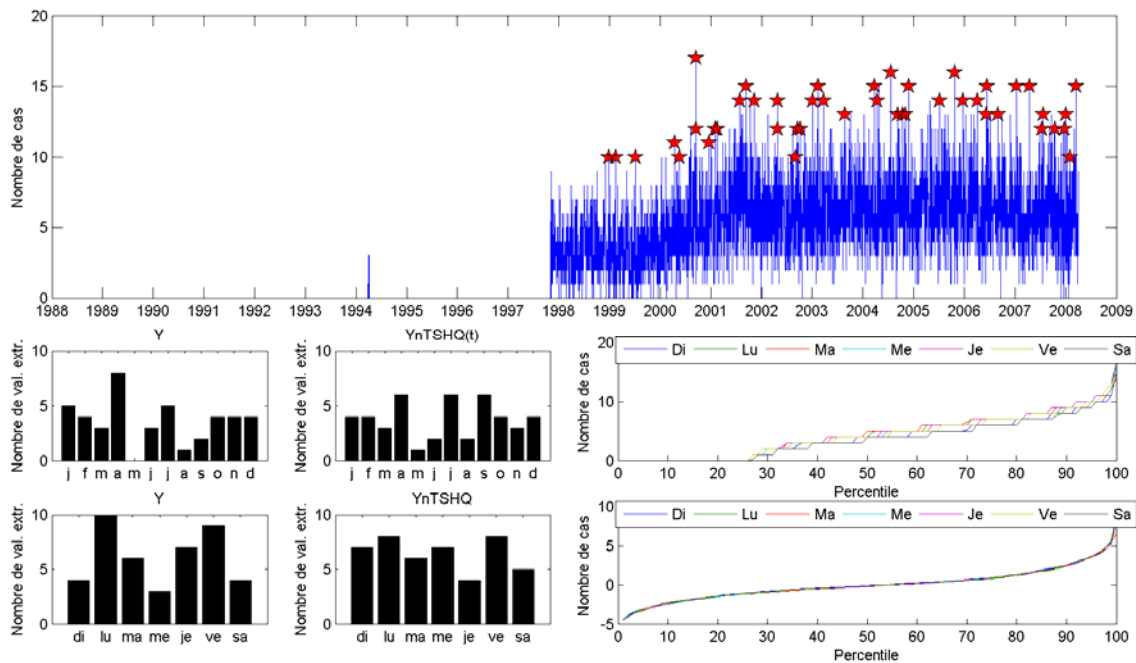
**Figure A-134 : Urgences troubles mentaux et psychosociaux
RSS11 (Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine)**



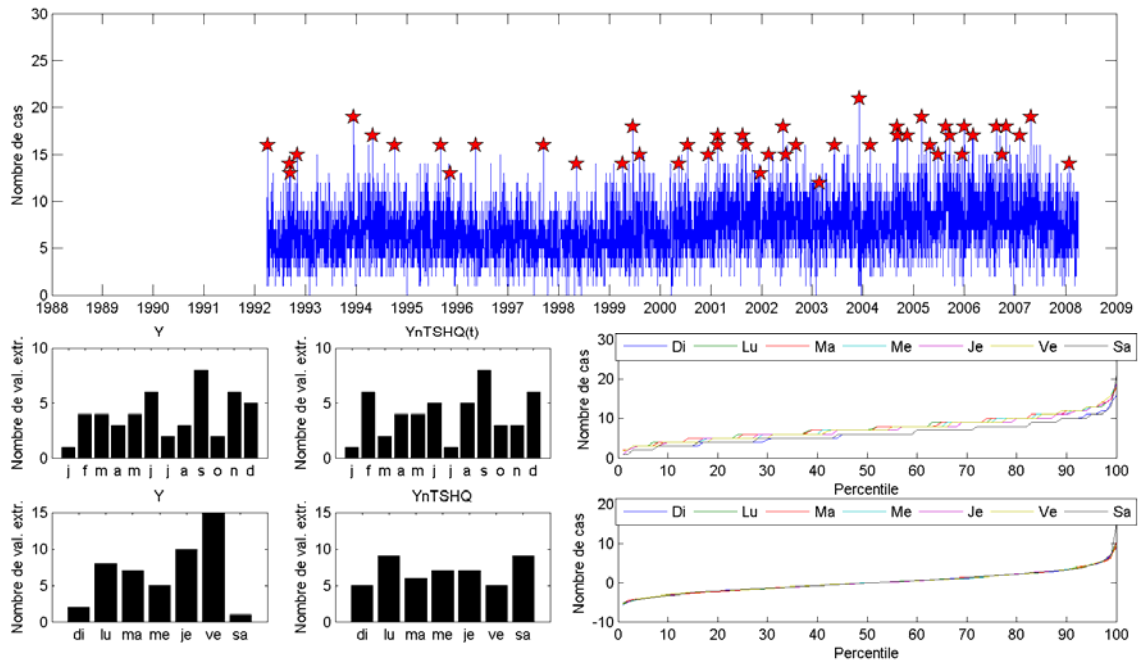
**Figure A-135 : Urgences troubles mentaux et psychosociaux
RSS12 (Chaudière-Appalaches)**



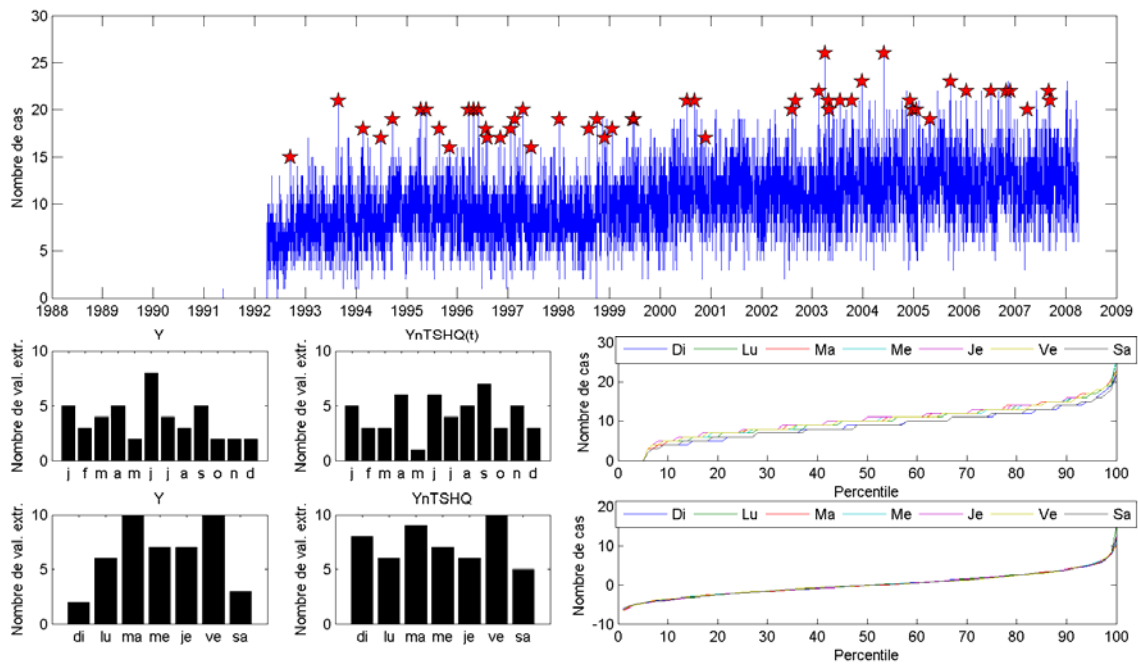
**Figure A-136 : Urgences troubles mentaux et psychosociaux
RSS13 (Laval)**



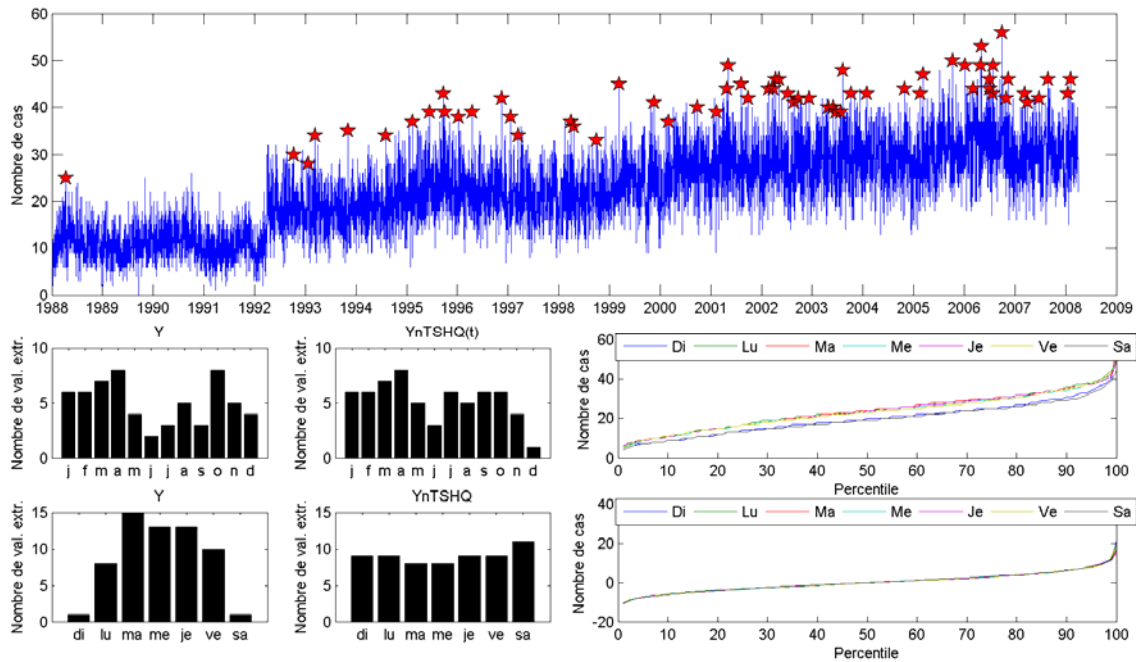
**Figure A-137 : Urgences troubles mentaux et psychosociaux
RSS14 (Lanaudière)**



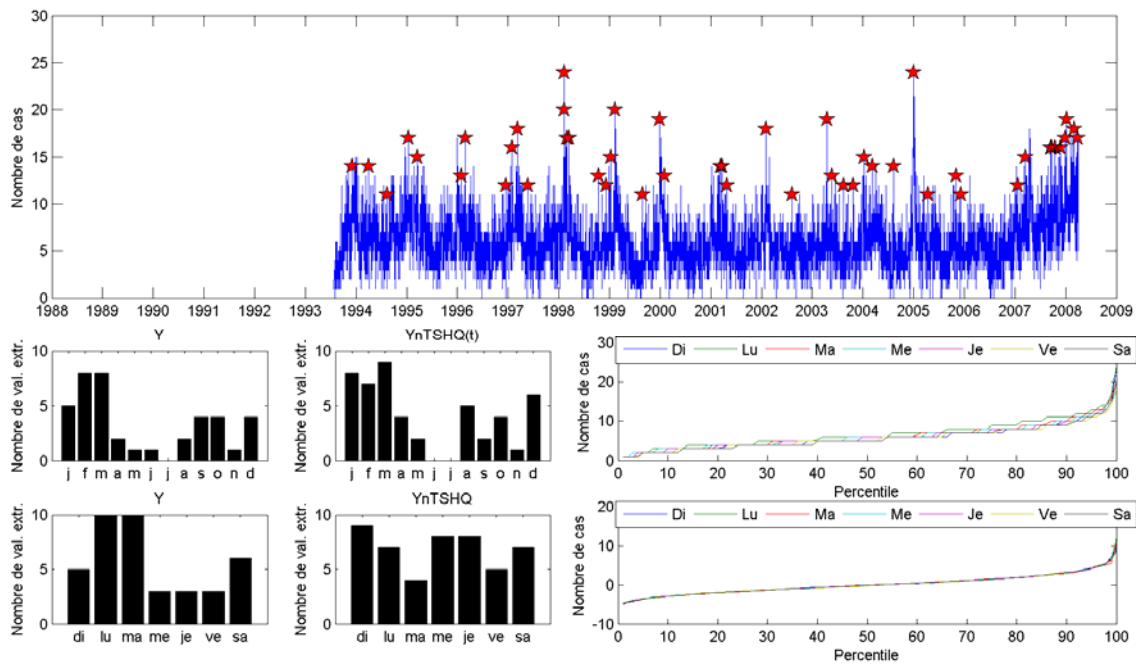
**Figure A-138 : Urgences troubles mentaux et psychosociaux
RSS15 (Laurentides)**



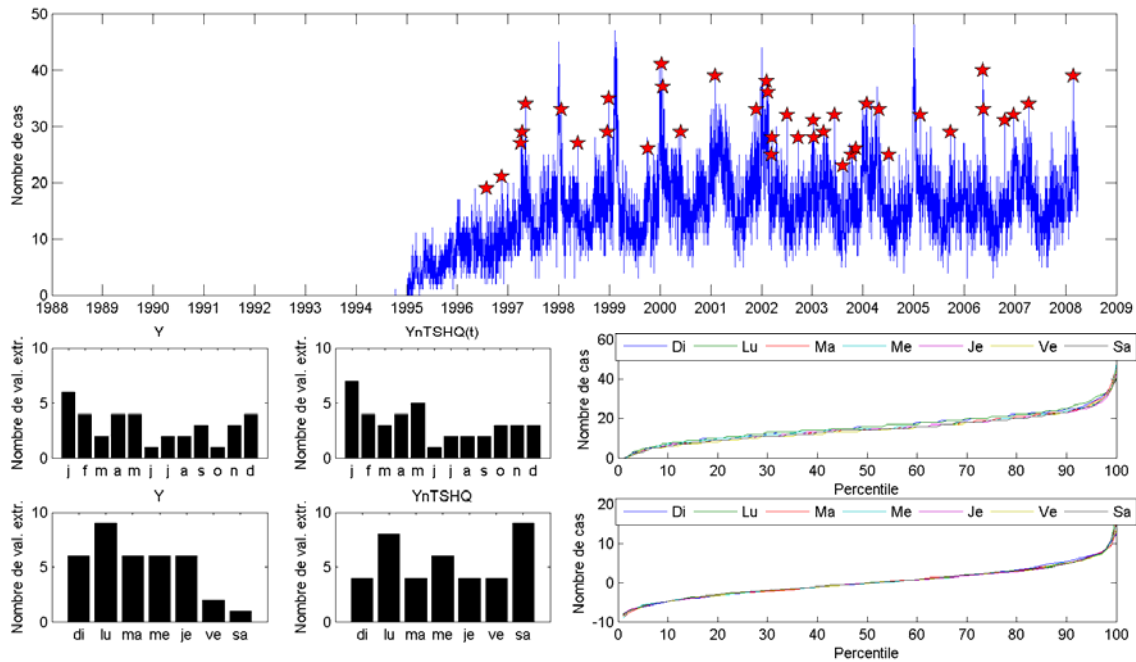
**Figure A-139 : Urgences troubles mentaux et psychosociaux
RSS16 (Monterégie)**



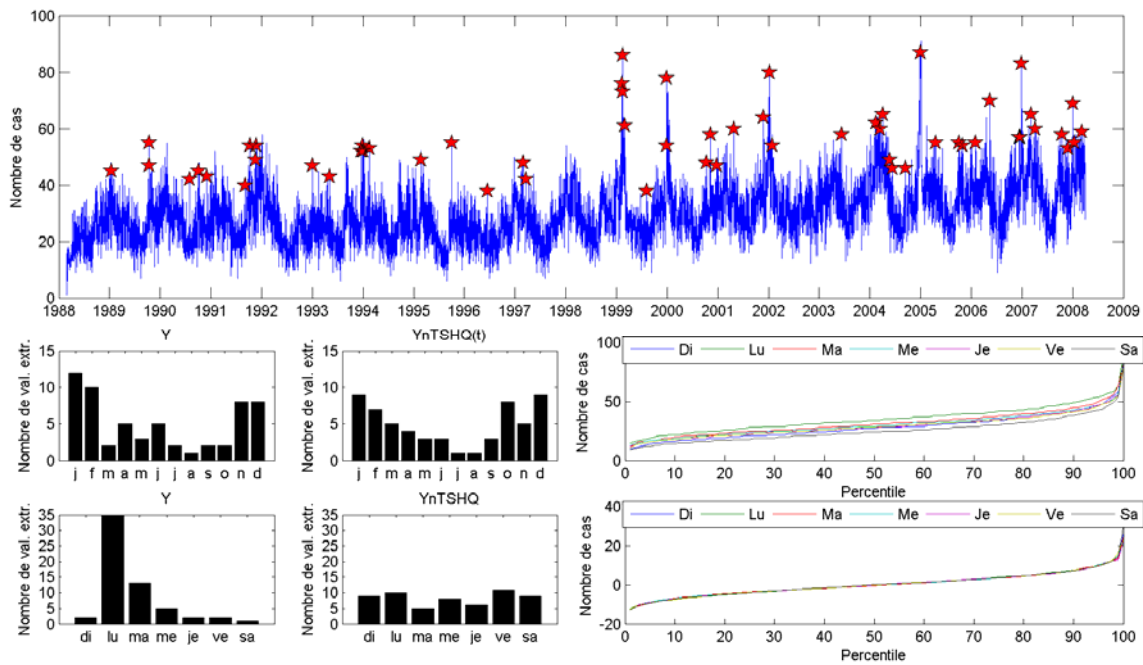
**Figure A-140 : Urgences troubles respiratoires
RSS1 (Bas-Saint-Laurent)**



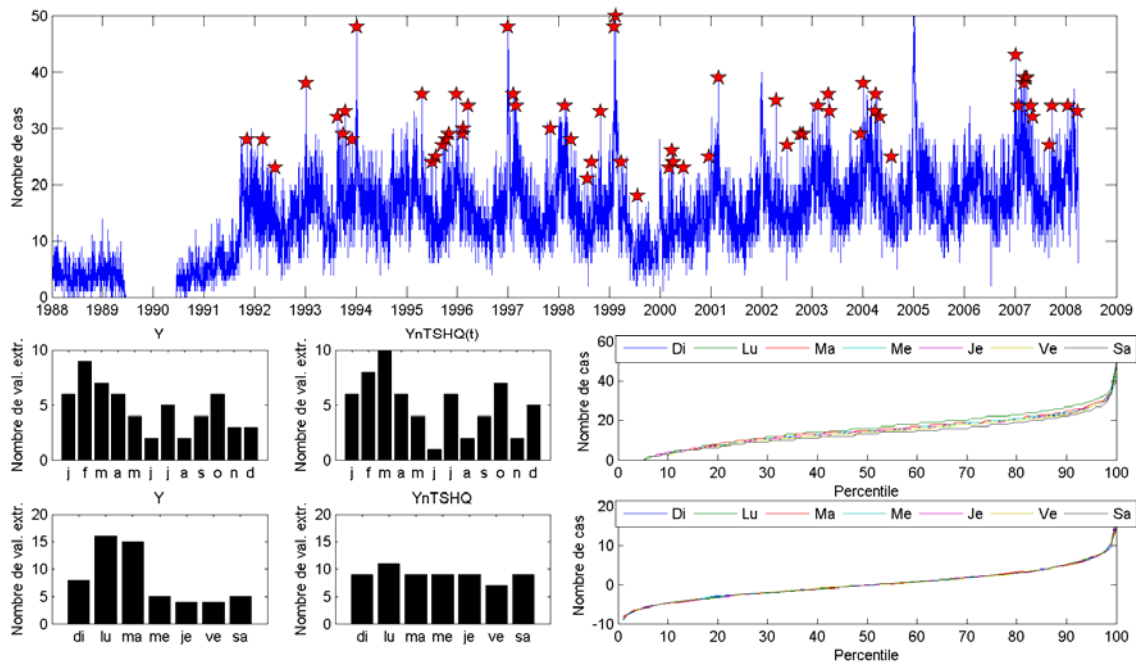
**Figure A-141 : Urgences troubles respiratoires
RSS2 (Saguenay-Lac-Saint-Jean)**



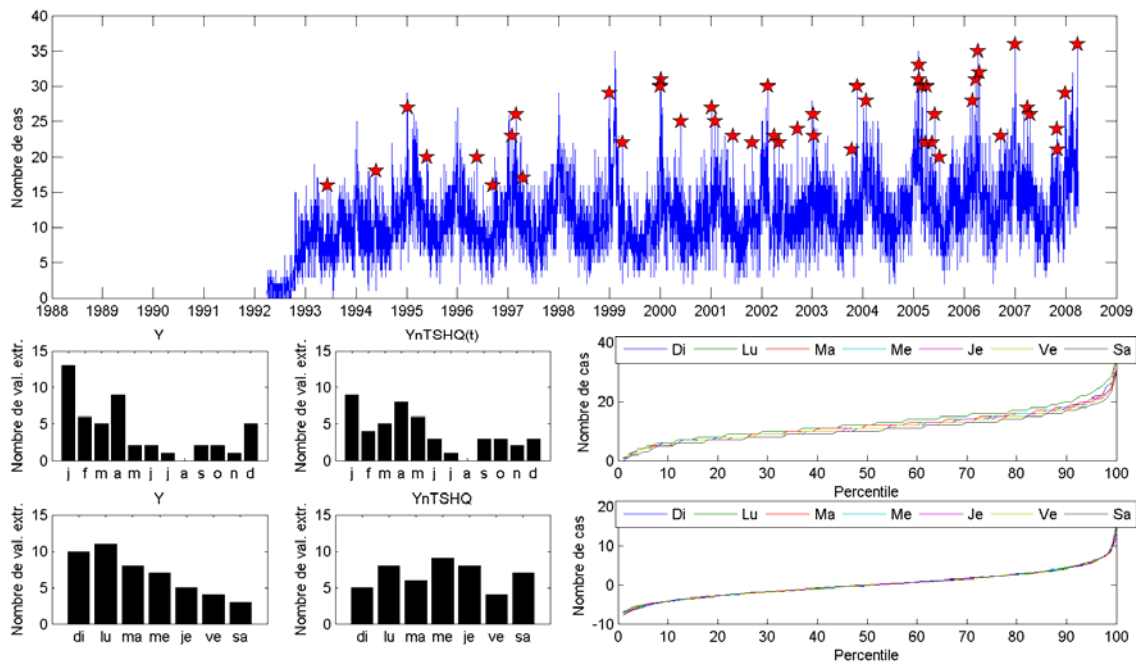
**Figure A-142 : Urgences troubles respiratoires
RSS3 (Capitale-Nationale)**



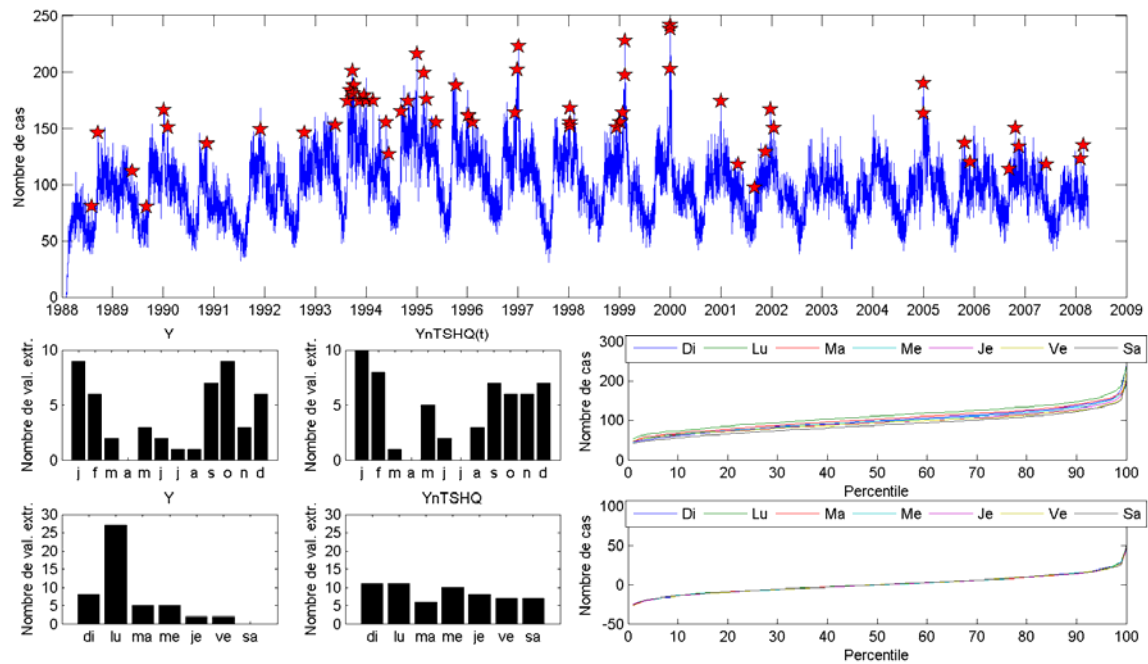
**Figure A-143 : Urgences troubles respiratoires
RSS4 (Mauricie et Centre-du-Québec)**



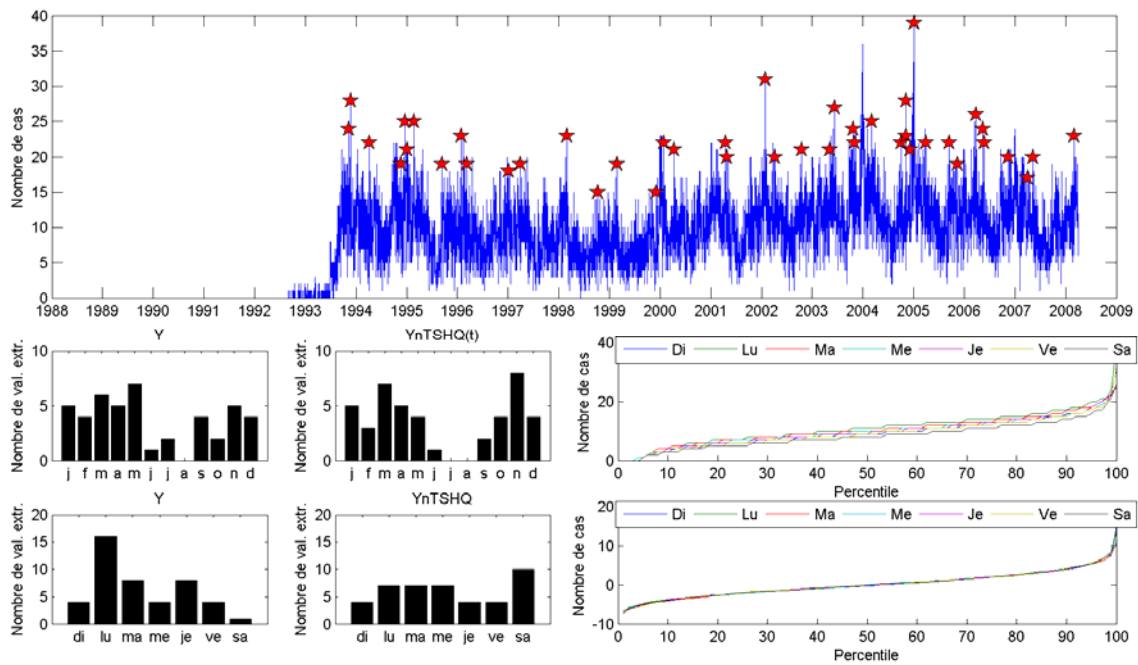
**Figure A-144 : Urgences troubles respiratoires
RSS5 (Estrie)**



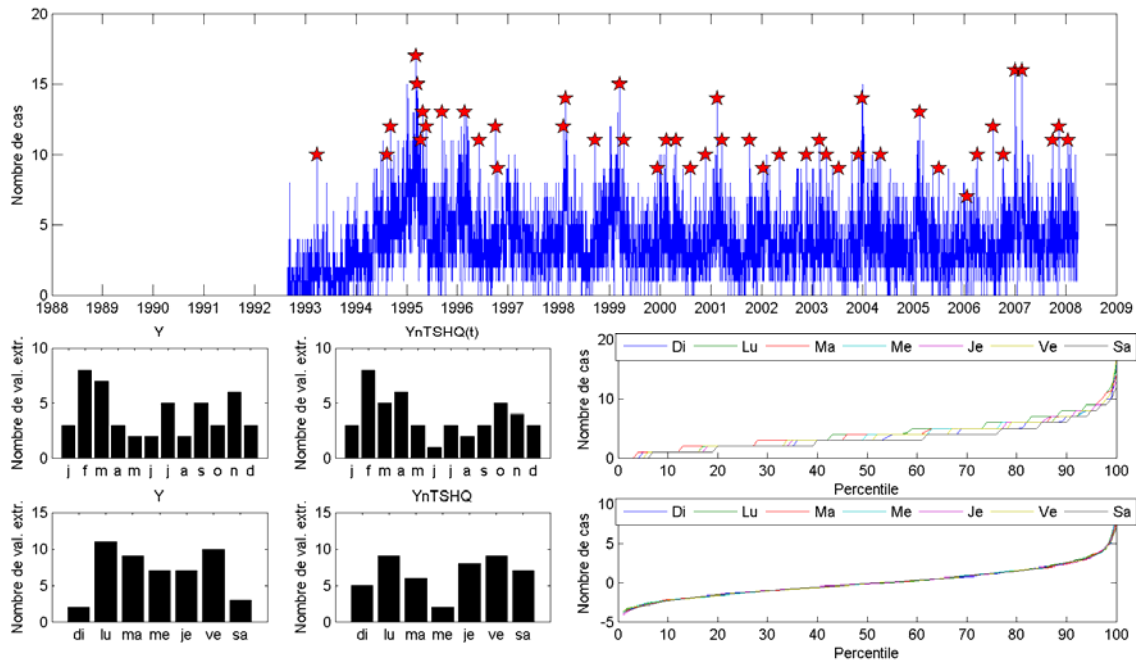
**Figure A-145 : Urgences troubles respiratoires
RSS6 (Montréal)**



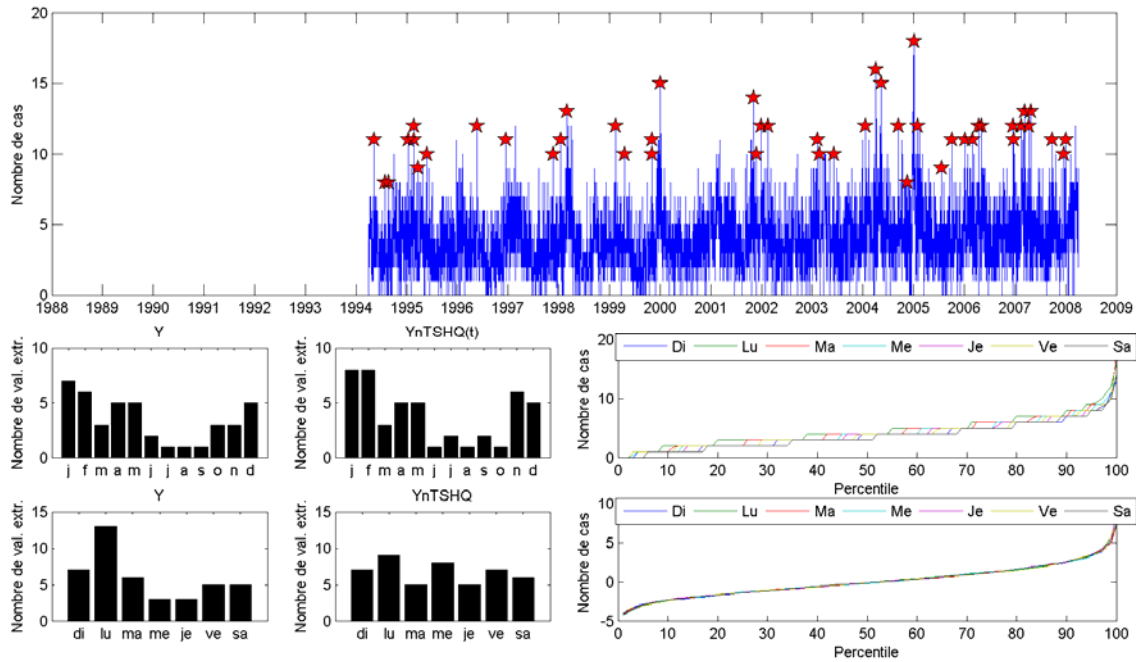
**Figure A-146 : Urgences troubles respiratoires
RSS7 (Outaouais)**



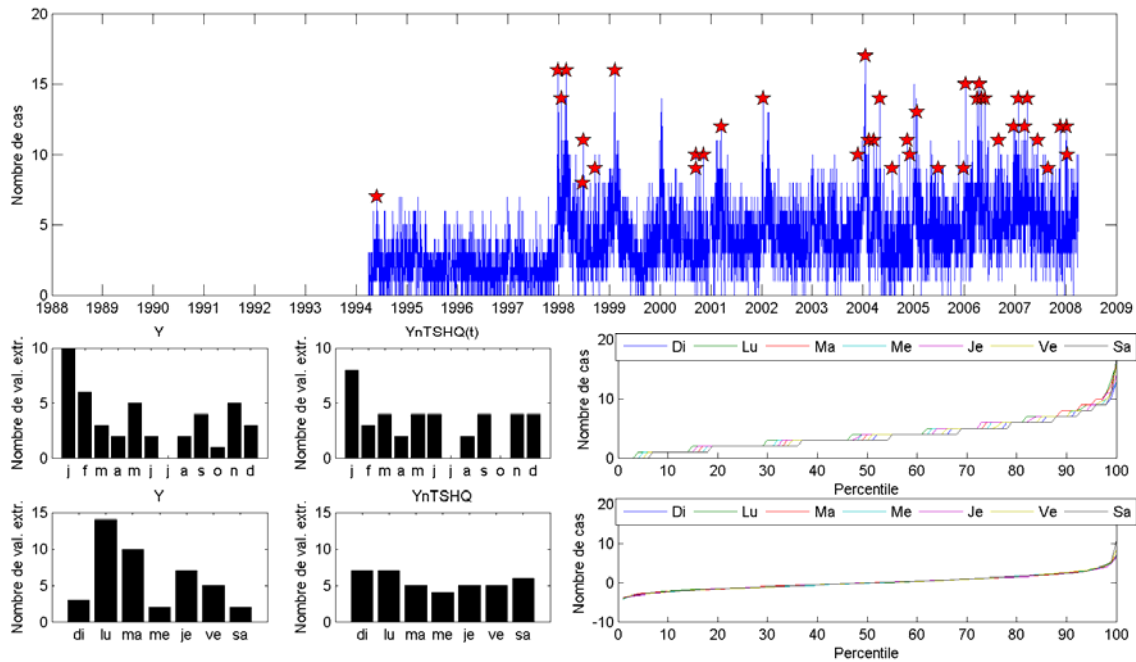
**Figure A-147 : Urgences troubles respiratoires
RSS8 (Abitibi-Témiscamingue)**



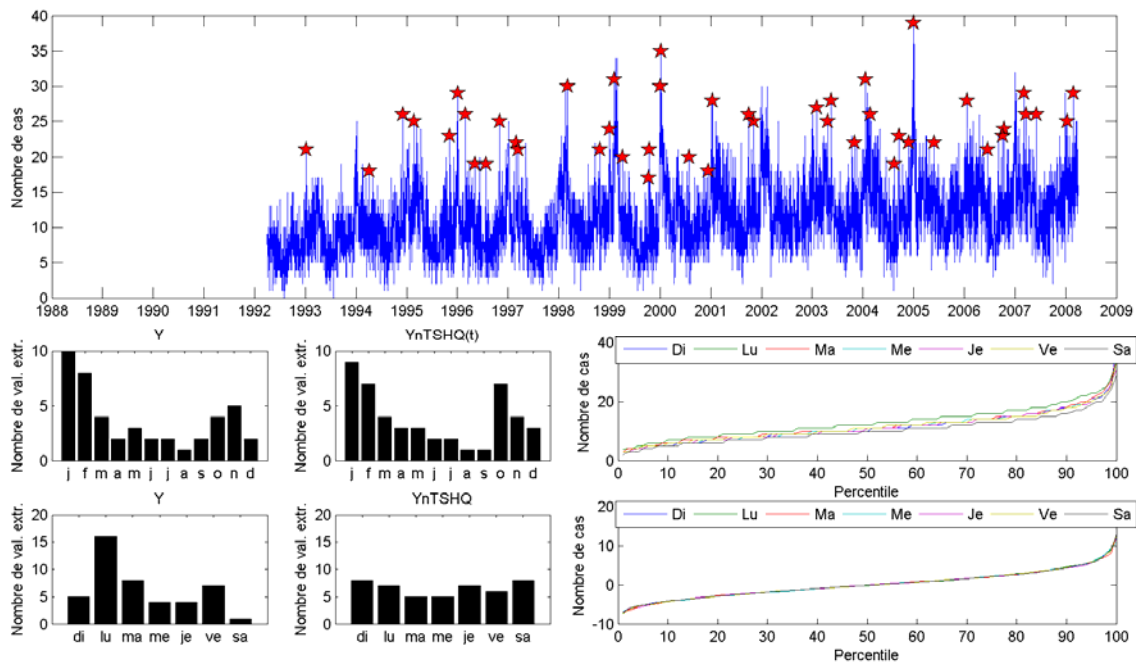
**Figure A-148 : Urgences troubles respiratoires
RSS9 (Côte-Nord)**



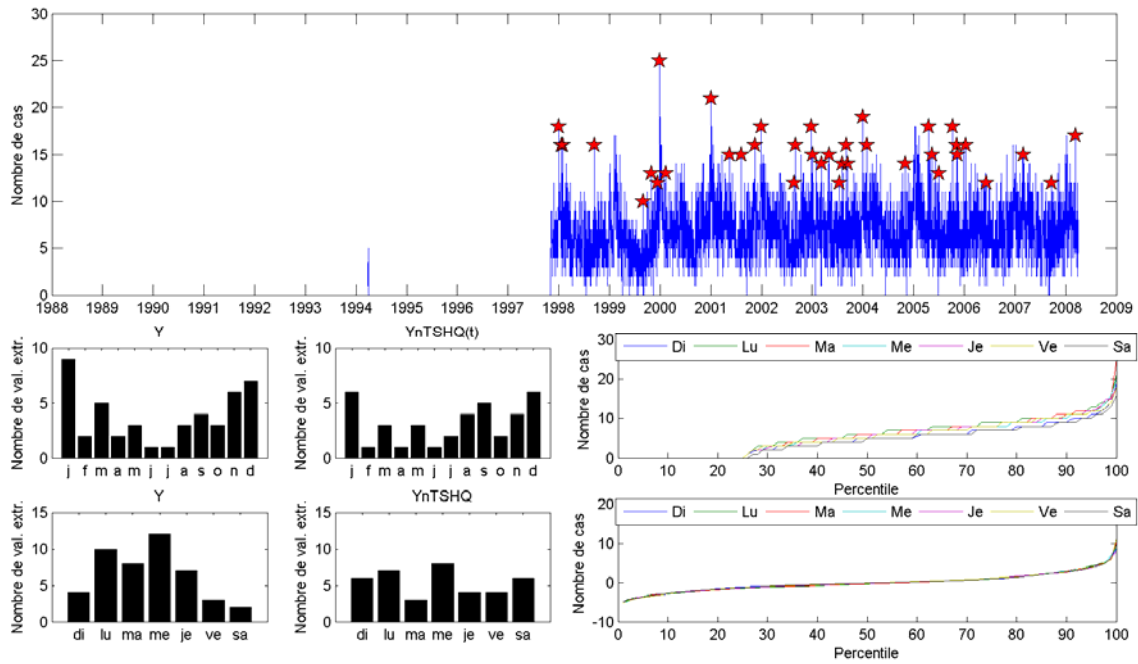
**Figure A-149 : Urgences troubles respiratoires
RSS11 (Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine)**



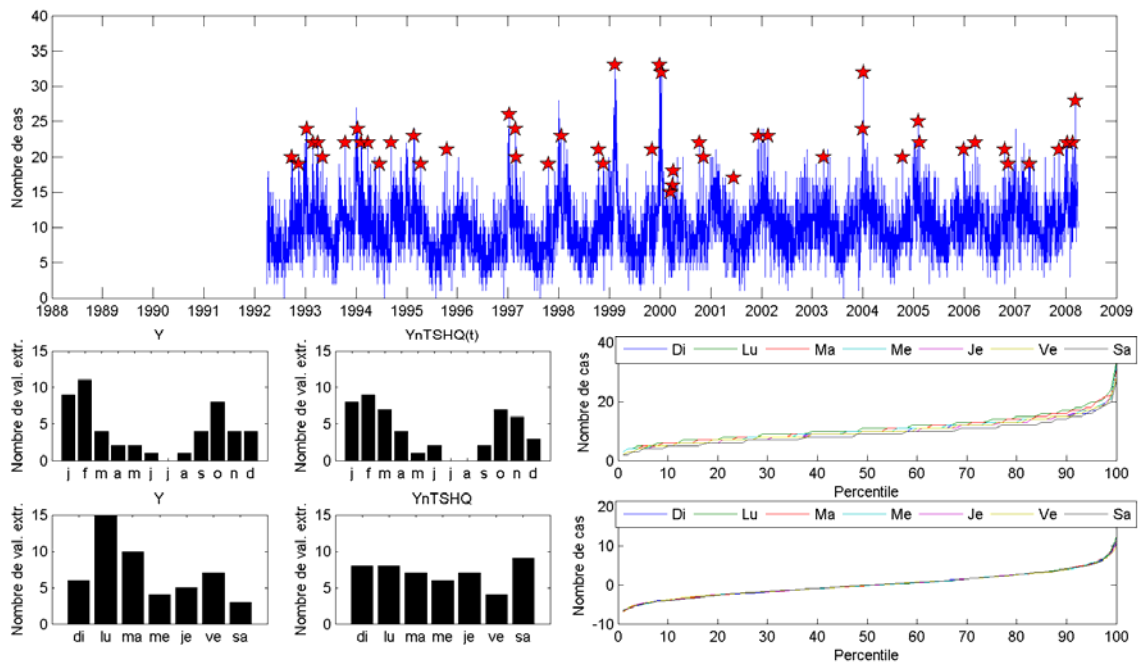
**Figure A-150 : Urgences troubles respiratoires
RSS12 (Chaudière-Appalaches)**



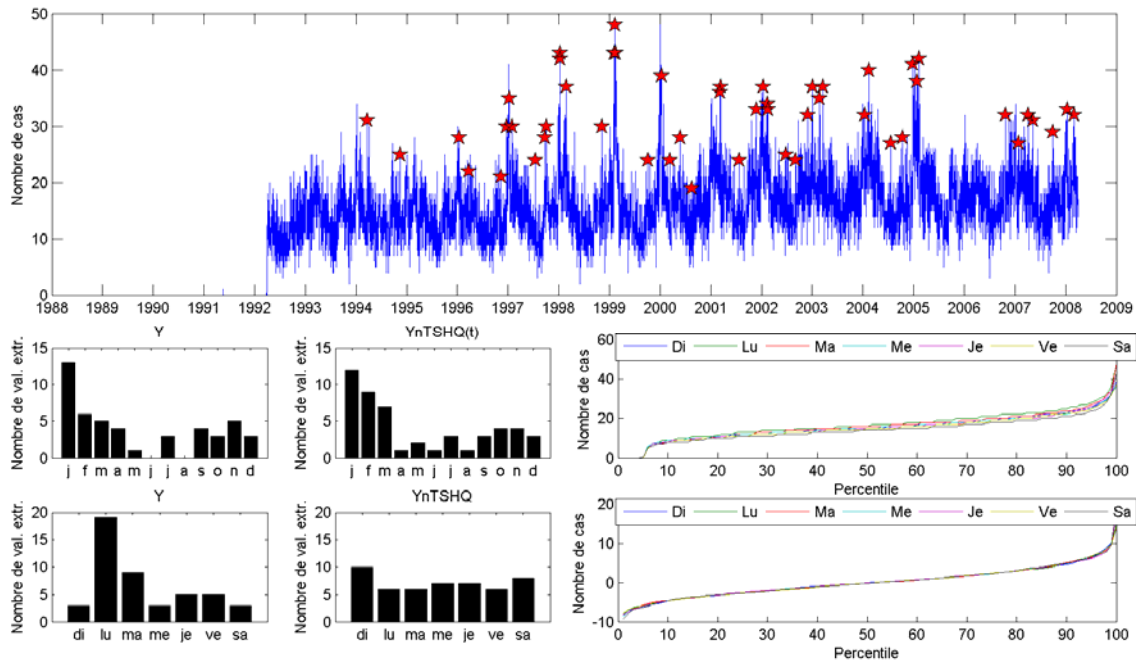
**Figure A-151 : Urgences troubles respiratoires
RSS13 (Laval)**



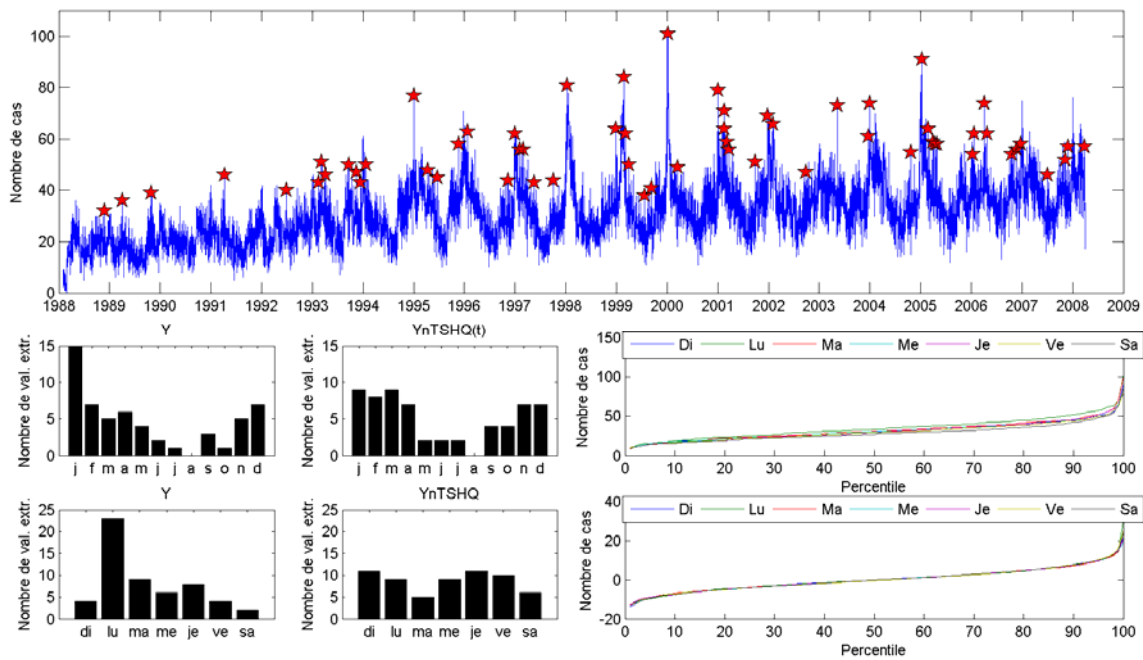
**Figure A-152 : Urgences troubles respiratoires
RSS14 (Lanaudière)**



**Figure A-153 : Urgences troubles respiratoires
RSS15 (Laurentides)**



**Figure A-154 : Urgences troubles respiratoires
RSS16 (Montérégie)**



**Annexe B : Résumé des modèles finaux pour les deux
catégories de maladies utilisées dans l'article**

Tableau B-1: Résumé des modèles *annuels* finaux pour urgences problèmes cardiaques

	Âge 25-64	Âge 65+	Tout
Homme	DEX = 5.8% Tmax_min_3 *** 0.917 Hmoy_lag_0 * 1.872 Hmax_min_3 ** 3.082	DEX = 2.8% Prec_max_3 *** 0.943	DEX = 1.5% Pmax_lag_3 . 2.049
Femme	DEX = 2.0% Hmoy_lag_1 ** 1.769	DEX = 0.5%	DEX = 1.9%
Tout	DEX = 5.1% Tmin_max_3 . 2.376 Hmoy_lag_1 *** 0.921 Hmax_min_3 . 2.081 Neige_lag_0 * 0.780	DEX = 1.5% Tmin_lag_0 * 0.831 Tmoy_lag_1 . 1.748	DEX = 5.3% Tmin_lag_3 *** 0.945 Pmax_lag_0 *** 0.941 Neige_lag_2 * 2.247

Tableau B-2 : Résumé des modèles étés finaux pour urgences problèmes cardiaques

	Âge 25-64	Âge 65+	Tout
Homme	DEX = 1.5%	DEX = 6.6% Prec_max_3 *** 1.515	DEX = 12.0% Hmax_lag_3 . 0.732 Prec_lag_2 . 1.750
Femme	DEX = 4.0% Hmoy_lag_1 . 1.608	DEX = 4.1% Prec_max_3 * 2.034	DEX = 4.7%
Tout	DEX = 7.7% Tmin_lag_1 . 2.325 Prec_lag_0 ** 0.857	DEX = 1.8% Tmin_lag_3 * 0.799	DEX = 9.5%

Tableau B-3 : Résumé des modèles *hivers* finaux pour urgences problèmes cardiaques

	Âge 25-64	Âge 65+	Tout
Homme	DEX = 8.5% Hmoy_lag_0 ** 0.917 Hmax_lag_3 * 2.100	DEX = 7.8% Tmoy_lag_0 * 0.829 Hmax_max_2 . 3.096 Prec_lag_1 ** 0.934	DEX = 3.0% Tmin_lag_0 . 1.850
Femme	DEX = 13.8% Hmoy_sum_2 . 3.469 Pmoy_max_2 * 2.841 Pmax_lag_0 ** 0.916	DEX = 4.9% Tmax_lag_1 . 3.038	DEX = 8.0% Tmin_max_5 * 2.931 Hmax_lag_1 . 0.804 Prec_max_3 . 1.649
Tout	DEX = 11.2% Tmoy_lag_7 . 1.525 Hmoy_lag_0 . 1.622 Hmax_lag_3 . 1.932 Prec_lag_1 * 0.843	DEX = 3.4% Tmin_lag_0 ** 0.905	DEX = 4.7% Pmax_lag_0 ** 0.883

Tableau B-4 : Résumé des modèles *annuels* finaux pour hospitalisations traumatismes, zones favorisées

	Âge 0-24	Âge 25-64	Âge 65+	Tout
Homme	DEX = 0.9% Prec_min_2 . 0.902	DEX = 1.8%	DEX = 2.1% Tmin_lag_0 *** 0.930	DEX = 4.0% Neige_max_2 ** 5.070
Femme	DEX = 0.6% Prec_lag_1 . 0.808	DEX = 3.7% Pmax_max_2 *** 0.939 Prec_min_3 ** 1.843	DEX = 8.2% Tmin_lag_0 * 0.836 Hmoy_lag_2 * 0.918 Pmin_lag_2 * 2.898 Pmax_sum_3 ** 3.594	DEX = 5.7% Hmoy_lag_3 . 1.362 Pmax_max_2 *** 0.972
Tout	DEX = 1.0% Prec_min_2 . 0.904	DEX = 7.0% Tmax_min_2 ** 2.833 Pmax_lag_1 ** 2.161	DEX = 3.7% Tmin_lag_1 *** 0.939 Hmoy_max_3 * 1.287	DEX = 12.5% Tmin_lag_0 *** 2.562 Pmoy_max_3 * 2.062 Pmax_max_3 *** 0.923 Prec_lag_0 * 1.923

Tableau B-5 : Résumé des modèles *annuels* finaux pour hospitalisations traumatismes, zones défavorisées

	Âge 0-24	Âge 25-64	Âge 65+	Tout
Homme	DEX = 0.5%	DEX = 3.7% Tmax_max_2 * 1.682 Hmoy_max_2 . 1.619 Hmax_min_2 * 1.877	DEX = 2.5% Tmax_max_3 . 1.513 Hmoy_lag_1 . 1.893	DEX = 0.4%
Femme	DEX = 2.9% Tmin_lag_0 * 1.683 Pmax_lag_3 . 0.792	DEX = 9.7% Tmax_max_3 ** 4.204 Hmax_lag_0 . 1.730 Pmax_lag_0 ** 0.908 Prec_max_2 *** 0.957	DEX = 1.9% Neige_max_2 ** 1.524	DEX = 3.6% Pmax_max_2 * 2.322 Prec_lag_1 ** 0.888
Tout	DEX = 2.6% Tmax_lag_0 ** 2.076	DEX = 2.4%	DEX = 0.7% Tmin_lag_0 . 0.7843	DEX = 8.1% Tmoy_sum_2 * 2.580 Tmax_min_3 * 2.785 Hmoy_lag_1 ** 0.902 Pmax_max_2 * 2.255

Tableau B-6 : Résumé des modèles *annuels* finaux pour hospitalisations traumatismes

	Âge 0-24	Âge 25-64	Âge 65+	Tout
Homme	DEX = 4.2% Tmax_lag_0 ** 0.889 Pmin_lag_0 . 1.818 Prec_lag_1 * 0.945	DEX = 2.8% Pmax_lag_0 . 3.600	DEX = 4.4% Tmin_lag_3 . 2.731 Pmin_lag_0 * 3.439	DEX = 7.9% Hmax_min_2 . 1.696 Pmax_max_3 . 1.921 Prec_min_2 * 1.022 Neige_sum_2 * 4.210
Femme	DEX = 5.4% Tmax_max_2 ** 1.997 Pmoy_max_2 * 2.309	DEX = 12.9% Tmin_sum_3 * 3.481 Tmoy_lag_0 ** 3.212 Hmoy_lag_0 * 0.838 Pmax_max_2 *** 0.942	DEX = 2.7% Pmax_sum_3 . 3.496	DEX = 5.1% Pmax_lag_1 *** 0.967
Tout	DEX = 4.4% Tmax_lag_0 * 1.878 Pmax_lag_0 * 1.863 Prec_lag_1 * 0.938	DEX = 5.03% Hmoy_min_3 . 1.869 Hmax_min_3 *** 0.933 Prec_lag_3 * 1.686	DEX = 3.2% Tmin_lag_0 *** 2.233	DEX = 14.2% Tmoy_lag_0 ** 3.028 Hmax_max_2 * 1.727 Pmoy_max_3 * 2.610 Pmax_max_3 ** 3.414

Tableau B-7 : Résumé des modèles étés finaux pour hospitalisations traumatismes, zones favorisées

	Âge 0-24	Âge 25-64	Âge 65+	Tout
Homme	DEX = 4.5% Tmoy_min_2 * 2.160	DEX = 4.8% Tmin_lag_0 ** 0.899 Tmax_lag_0 ** 0.890	DEX = 6.4%	DEX = 6.8%
Femme	DEX = 4.0% Tmin_lag_3 . 2.388	DEX = 22.4% Pmin_max_2 * 3.279 Pmax_lag_2 . 4.116	DEX = 7.2% Tmoy_lag_0 . 2.028	DEX = 3.4% Pmin_min_3 . 0.799
Tout	DEX = 9.0% Tmoy_min_3 * 2.254 Pmoy_max_2 * 1.553 Prec_min_2 . 0.996	DEX = 4.8%	DEX = 9.8% Prec_lag_1 * 3.087	DEX = 16.7%

Tableau B-8 : Résumé des modèles étés finaux pour hospitalisations traumatismes, zones défavorisées

	Âge 0-24	Âge 25-64	Âge 65+	Tout
Homme	DEX = 3.9%	DEX = 4.5% Hmoy_lag_1 * 2.744	DEX = 11.8%	DEX = 5.8% Tmax_lag_0 ** 0.896 Hmoy_min_2 * 1.705
Femme	DEX = 5.2%	DEX = 6.4% Prec_lag_0 * 1.927	DEX = 13.0%	DEX = 11.8% Tmax_lag_3 * 2.628 Prec_lag_1 *** 0.919
Tout	DEX = 2.1% Prec_min_2 * 0.963	DEX = 10.1% Prec_lag_0 * 2.747	DEX = 1.6% Hmax_lag_3 . 0.767	DEX = 7.0% Tmin_lag_1 ** 0.881 Tmax_min_3 * 2.405

Tableau B-9 : Résumé des modèles étés finaux pour hospitalisations traumatismes

	Âge 0-24	Âge 25-64	Âge 65+	Tout
Homme	DEX = 7.2%	DEX = 6.7%	DEX = 3.5% Hmax_min_3 * 0.862	DEX = 5.8% Pmoy_max_3 * 0.840
Femme	DEX = 5.2% Tmax_lag_3 ** 1.611	DEX = 21.8%	DEX = 9.2%	DEX = 16.1% Pmax_lag_0 ** 0.875
Tout	DEX = 3.9% Pmoy_lag_1 . 1.565 Prec_lag_1 * 0.974	DEX = 6.7%	DEX = 6.2%	DEX = 6.8%

Tableau B-10 : Résumé des modèles *hivers* finaux pour hospitalisations traumatismes, zones favorisées

	Âge 0-24	Âge 25-64	Âge 65+	Tout
Homme	DEX = 6.6% Hmax_lag_3 * 1.541 Prec_min_2 . 0.934	DEX = 4.7% Tmoy_min_3 * 2.704	DEX = 5.1% Prec_sum_3 . 2.157	DEX = 11.6% Hmoy_lag_3 * 2.658 Pmoy_lag_0 * 2.621 Pmax_lag_0 . 3.385
Femme	DEX = 3.6%	DEX = 2.4% Prec_lag_1 ** 0.965	DEX = 3.4% Hmax_sum_3 . 0.7581 Pmin_max_2 . 1.8415	DEX = 7.5% Hmoy_sum_3 * 2.743 Hmax_sum_3 * 0.844 Pmax_max_2 *** 0.929
Tout	DEX = 17.5% Hmax_lag_2 * 0.815 Pmax_sum_3 * 4.811	DEX = 16.4% Tmoy_lag_1 ** 2.994 Pmax_lag_1 * 1.805 Prec_lag_0 *** 2.037	DEX = 3.6%	DEX = 14.9% Tmin_lag_0 ** 2.355 Hmoy_lag_3 * 2.014 Pmax_sum_3 * 2.530 Prec_lag_0 * 1.966

Tableau B-11 : Résumé des modèles *hivers* finaux pour hospitalisations traumatismes, zones défavorisées

	Âge 0-24	Âge 25-64	Âge 65+	Tout
Homme	DEX = 3.0% Pmax_max_3 . 1.409	DEX = 9.7% Hmax_lag_3 . 4.149 Prec_lag_3 ** 0.907	DEX = 11.9% Tmin_sum_3 . 2.666 Pmax_min_2 . 3.154 Prec_sum_2 * 1.847	DEX = 2.4%
Femme	DEX = 4.8%	DEX = 11.1%	DEX = 4.6%	DEX = 3.8% Pmax_max_2 . 2.386
Tout	DEX = 9.0% Tmoy_min_3 * 0.8659	DEX = 8.3% Tmax_max_2 . 2.467 Hmax_min_3 * 0.861 Prec_lag_3 ** 1.613	DEX = 4.4% Tmin_lag_0 * 0.833 Hmoy_lag_0 . 2.268	DEX = 16.3% Tmoy_min_2 ** 2.456 Tmax_lag_2 * 3.694 Hmoy_lag_0 . 2.134 Pmoy_lag_0 * 1.425

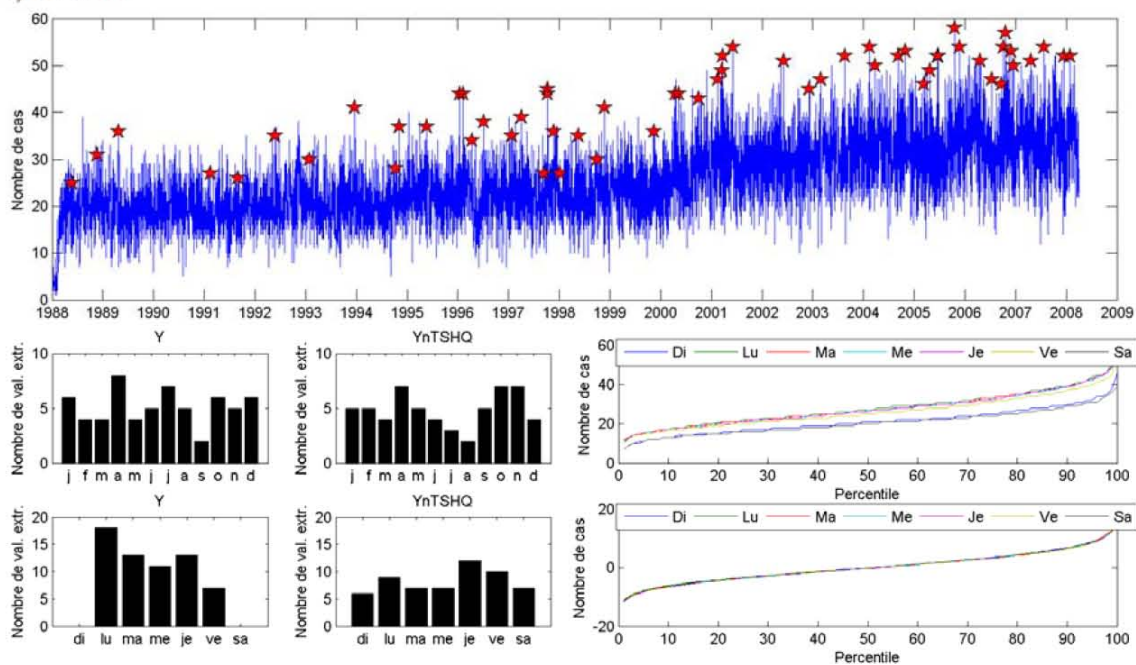
Tableau B-12 : Résumé des modèles *hivers* finaux pour hospitalisations traumatismes

	Âge 0-24	Âge 25-64	Âge 65+	Tout
Homme	DEX = 15.4% Tmin_lag_0 * 0.837 Pmax_lag_3 * 1.764	DEX = 11.6% Tmoy_lag_1 * 2.496 Tmax_max_2 * 2.609 Hmax_lag_0 . 0.945	DEX = 8.1% Tmin_lag_3 * 2.074 Pmin_lag_0 . 3.186 Pmax_min_2 . 0.760	DEX = 1.8% Pmax_max_3 * 0.835
Femme	DEX = 4.1% Neige_lag_3 . 1.829	DEX = 14.1% Tmin_min_3 ** 3.719 Tmax_min_3 * 0.844 Hmax_min_2 ** 0.887 Pmax_max_2 * 0.847 Prec_lag_0 ** 1.917	DEX = 5.5%	DEX = 4.9% Pmax_lag_1 *** 0.924 Prec_lag_0 . 1.742
Tout	DEX = 2.9% Pmax_lag_0 . 1.316	DEX = 11.1% Hmax_min_3 * 0.833 Pmin_min_3 ** 0.877 Pmax_max_2 * 0.854 Prec_lag_0 * 1.797	DEX = 4.8% Tmoy_min_3 * 0.839	DEX = 11.4% Tmoy_lag_0 * 2.208 Hmoy_lag_1 * 2.130 Hmax_lag_1 ** 0.905

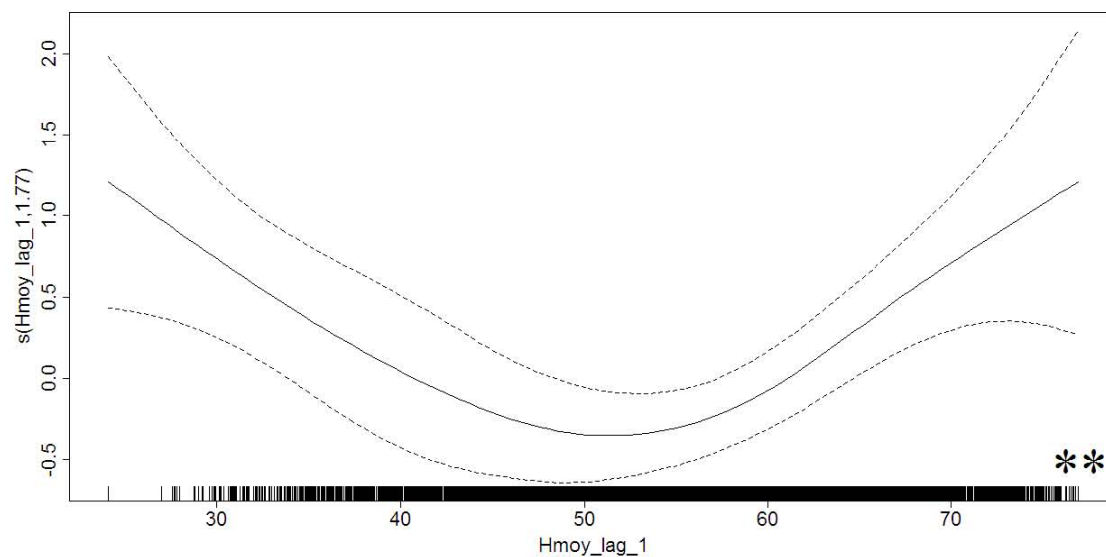
Annexe C : Séries chronologiques, valeurs extrêmes et modèles finaux pour les deux catégories de maladies considérées dans l'article

Figure C-1 : Urgences problèmes cardiaques, femmes, 25 à 64 ans

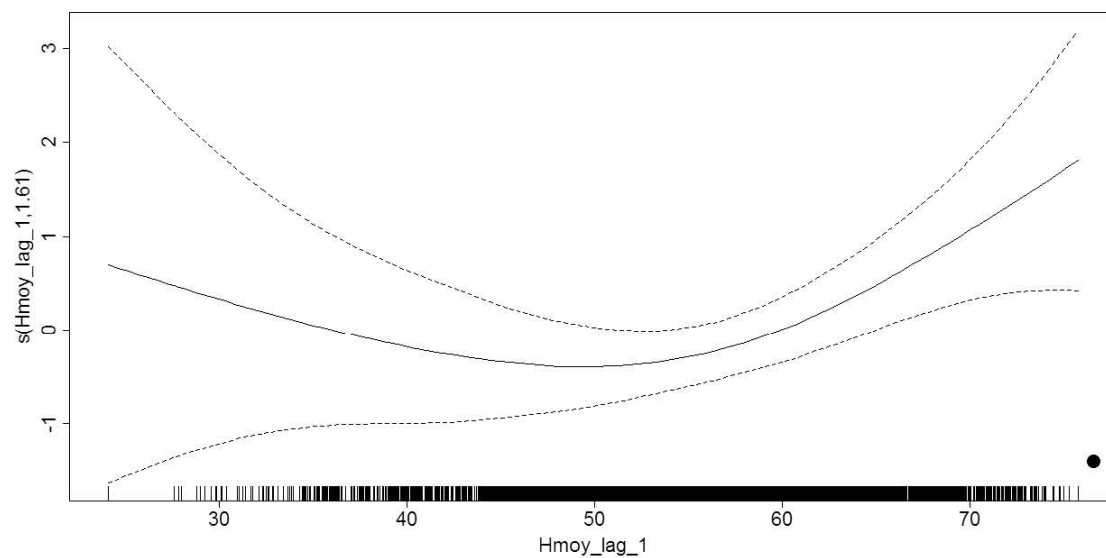
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

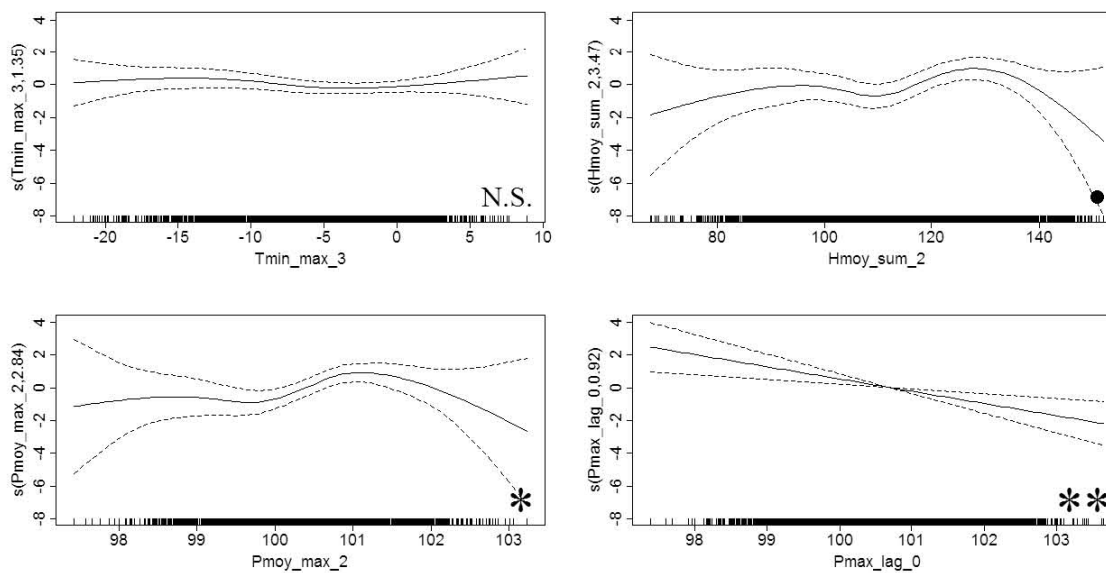
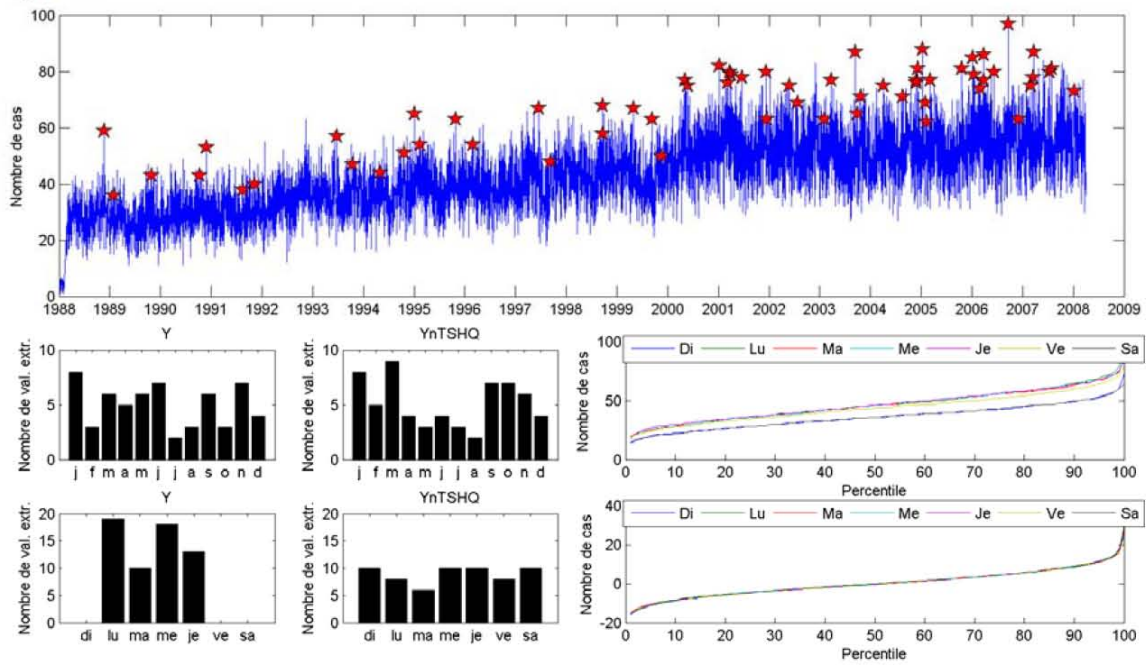
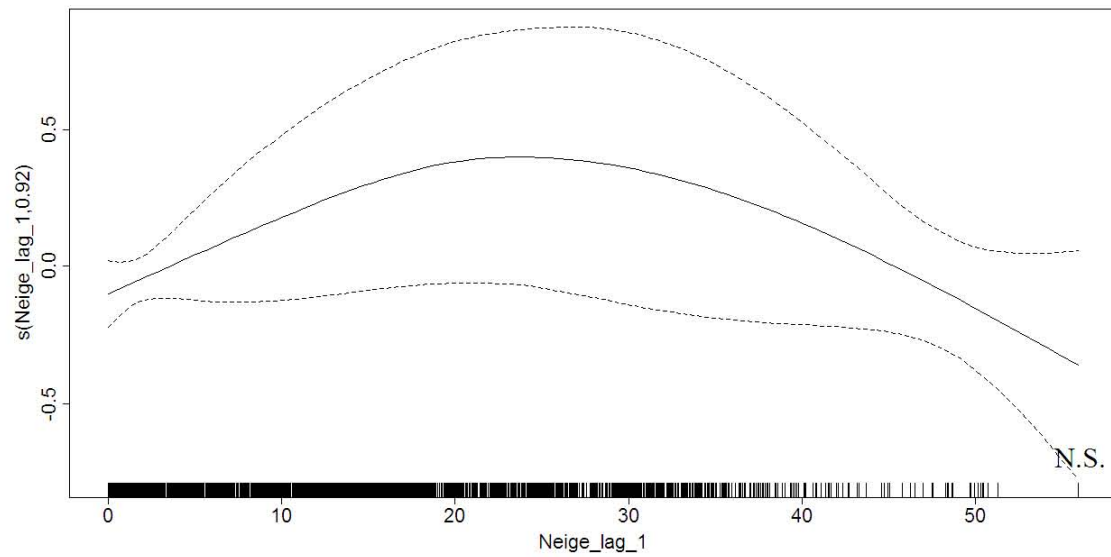


Figure C-2 : Urgences problèmes cardiaques, femmes, 65 ans et plus

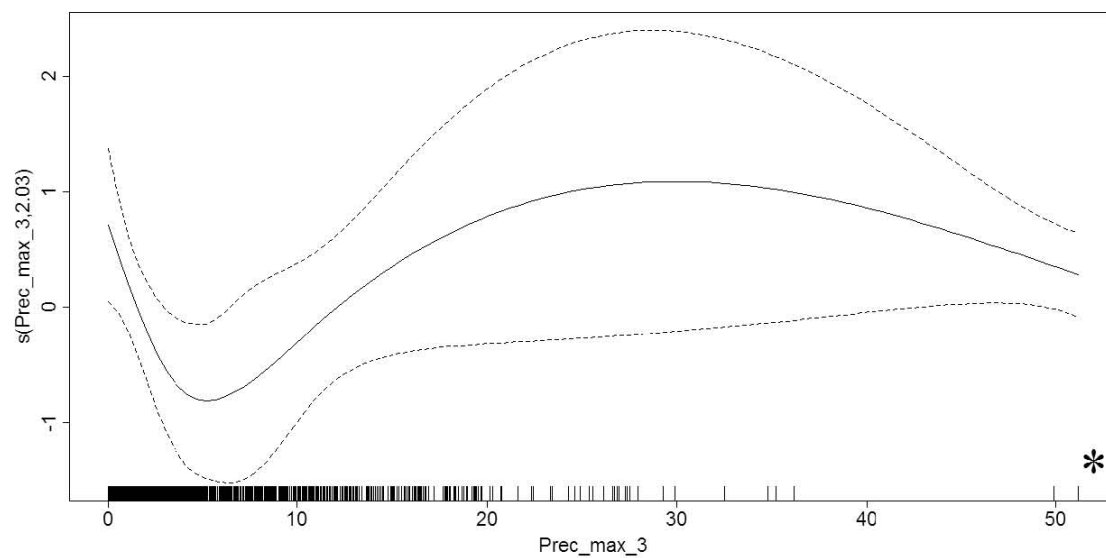
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

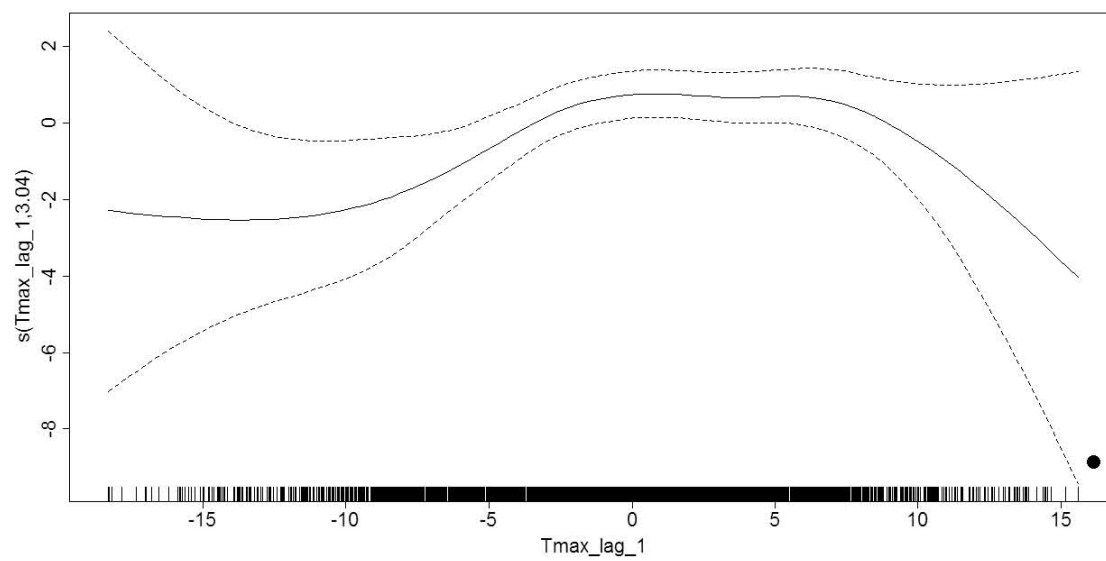
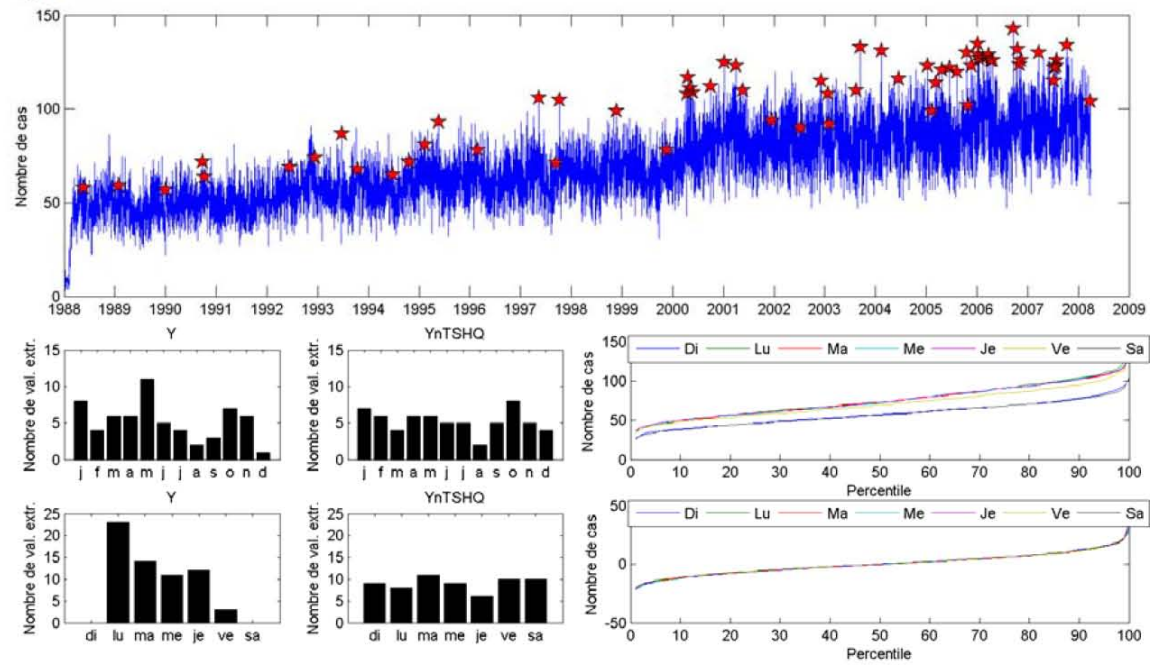
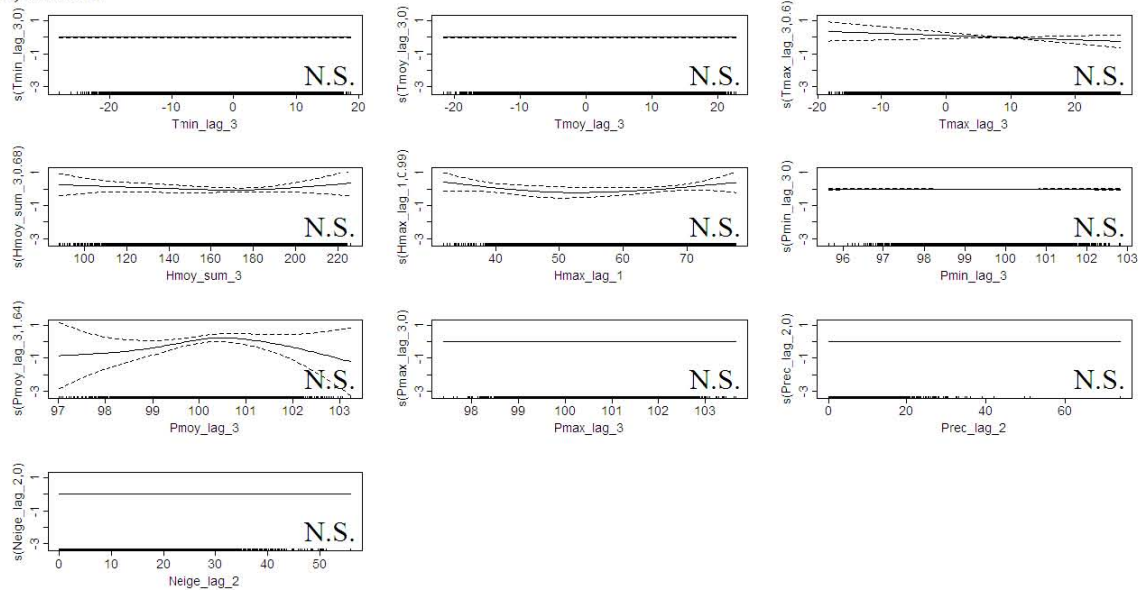


Figure C-3 : Urgences problèmes cardiaques, femmes

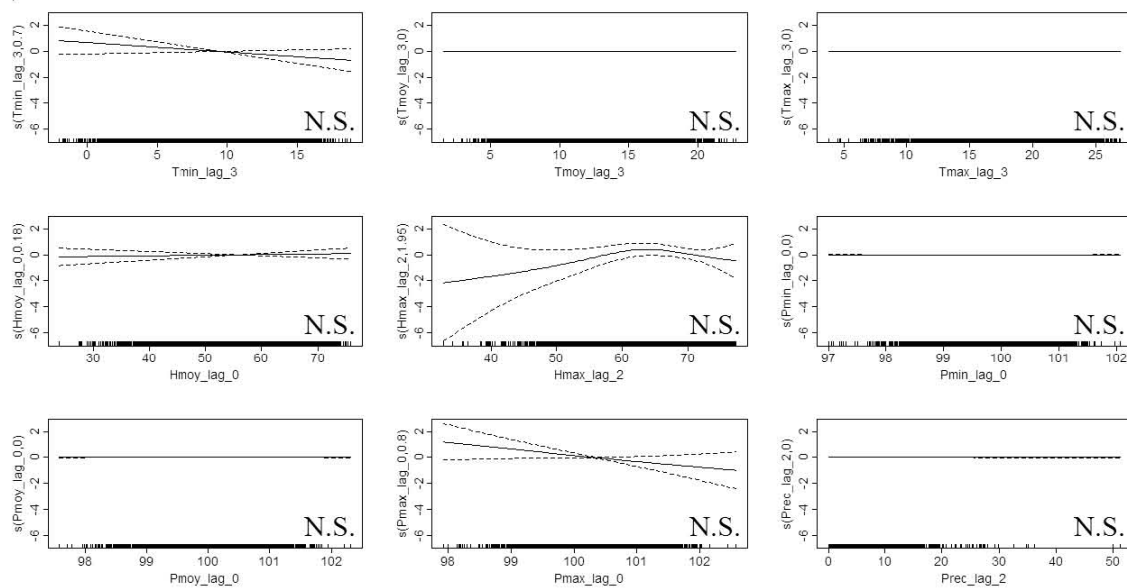
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

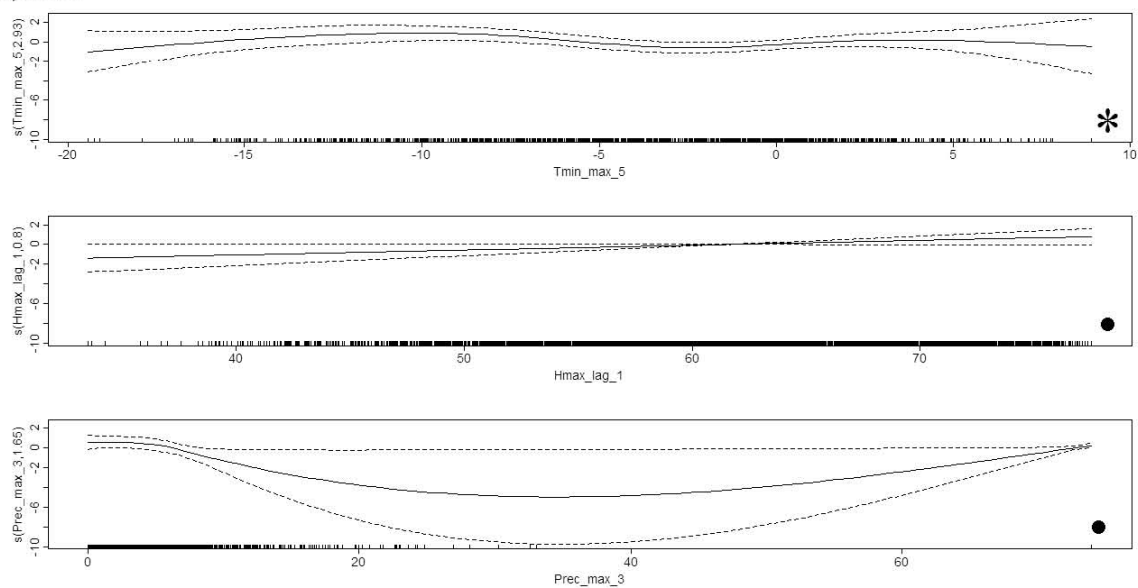
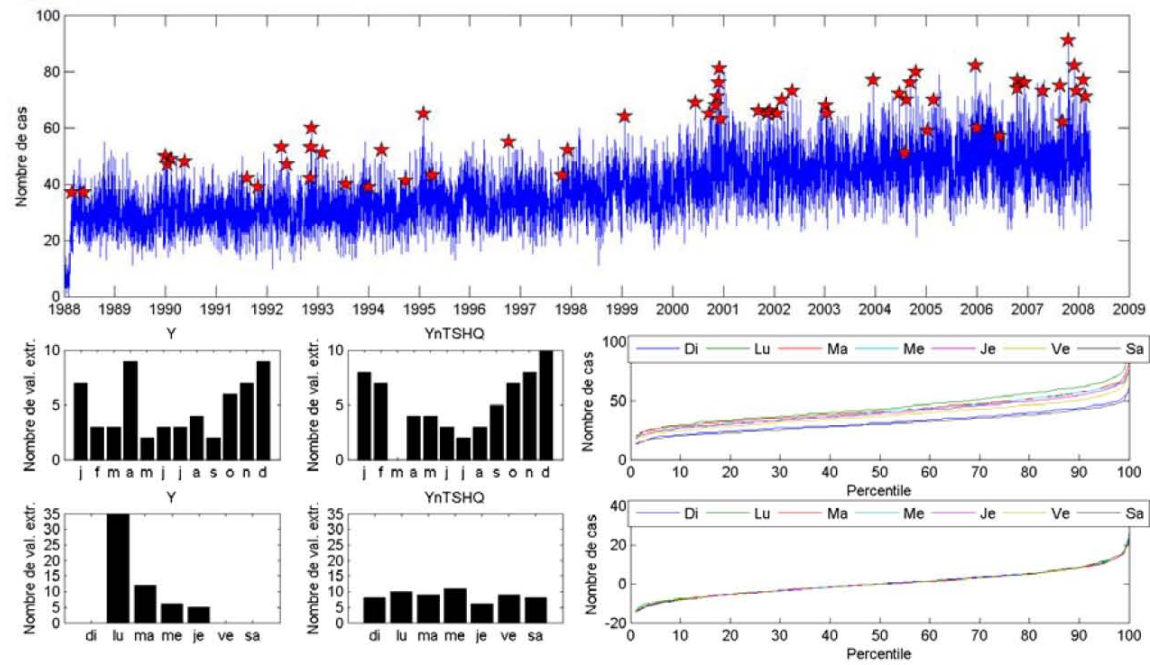
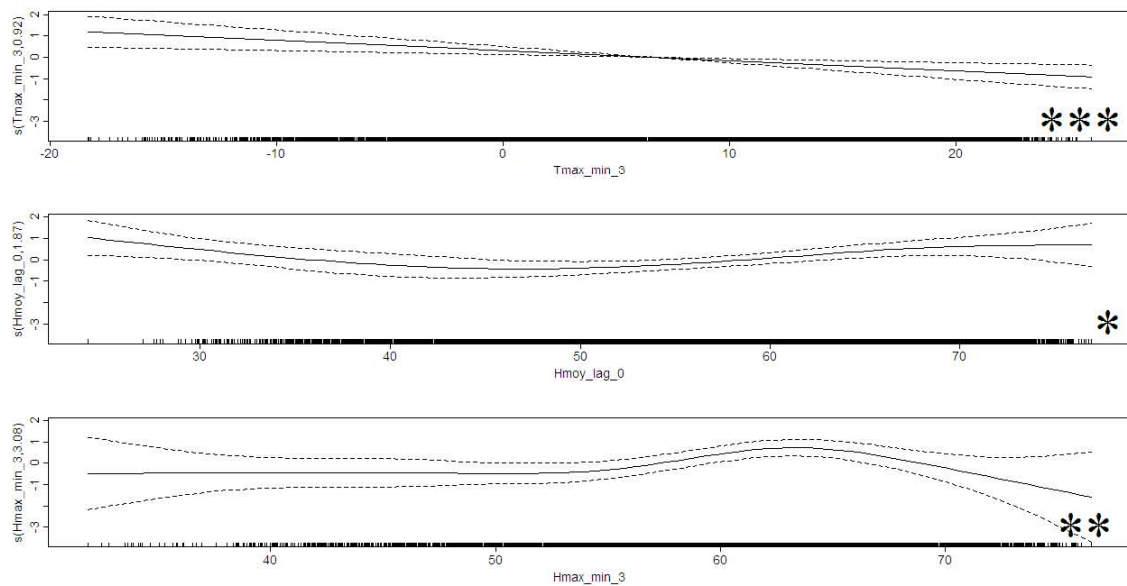


Figure C-4 : Urgences problèmes cardiaques, hommes, 25 à 64 ans

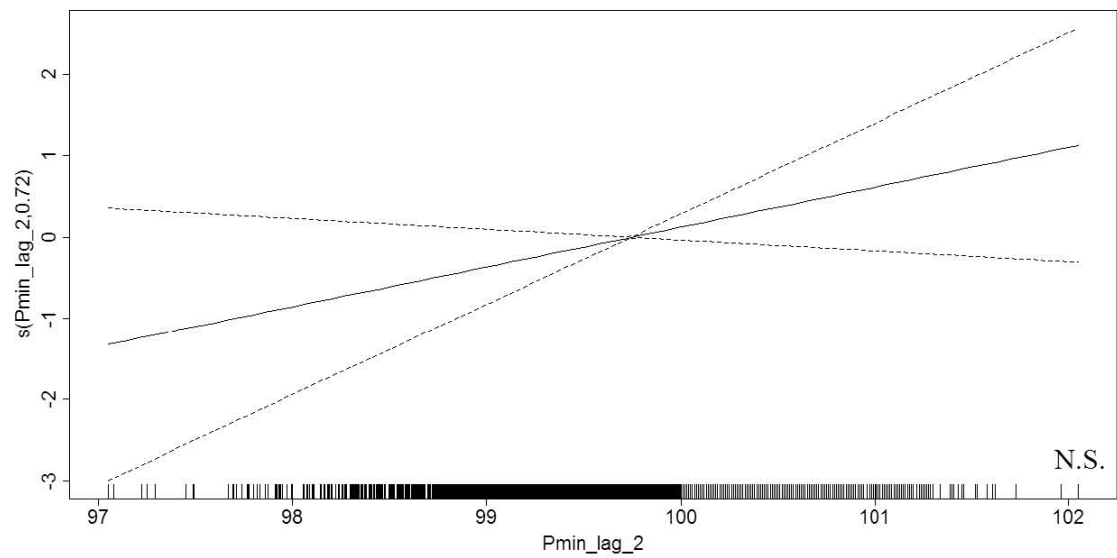
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

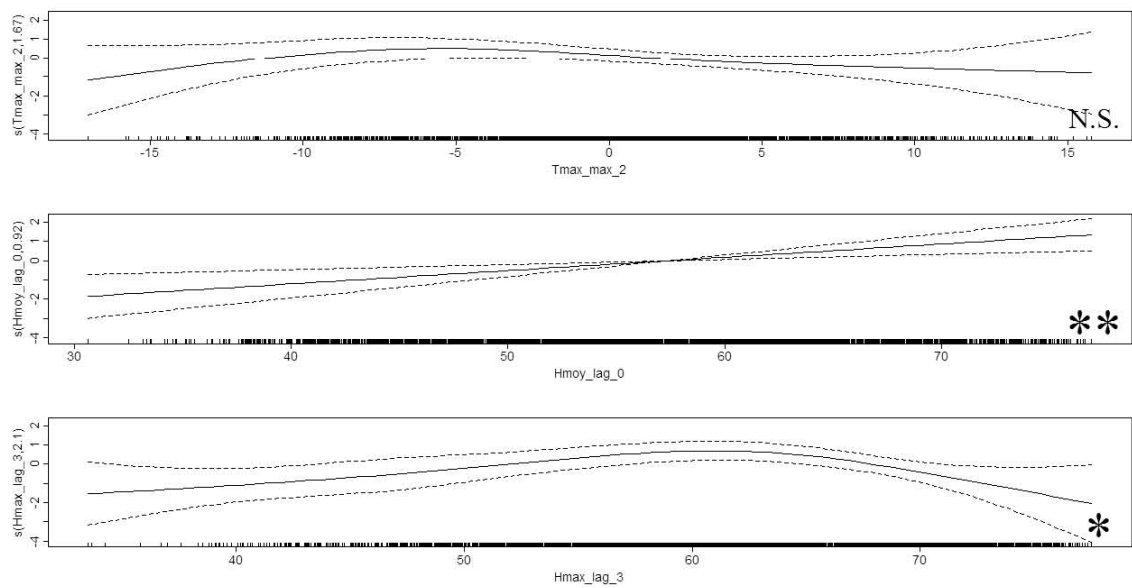
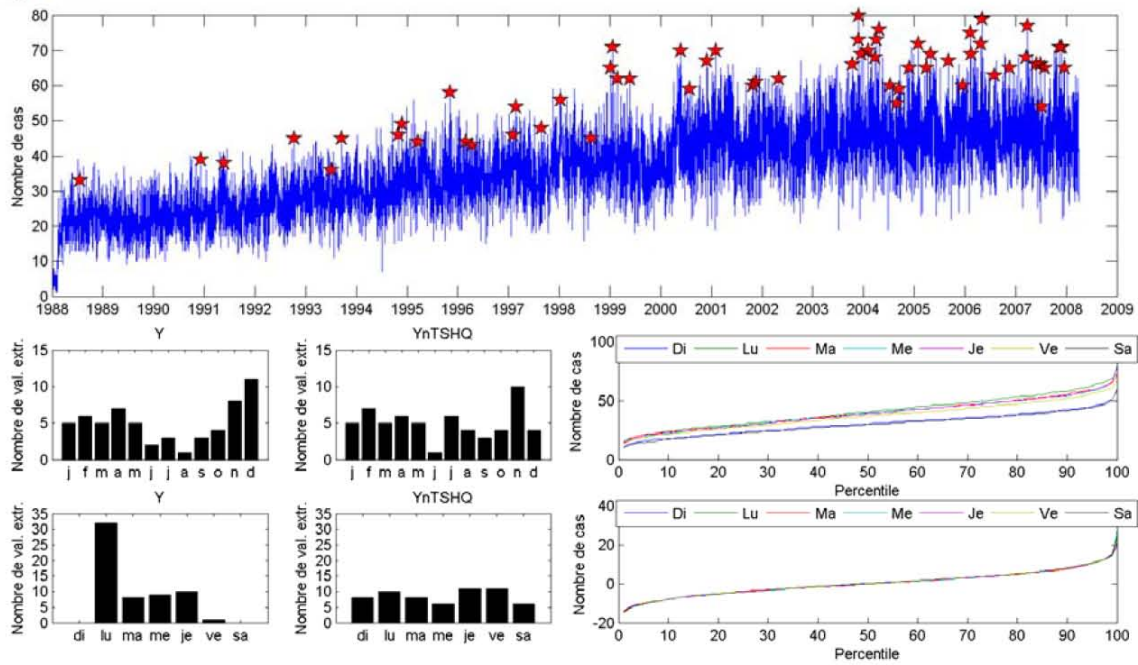
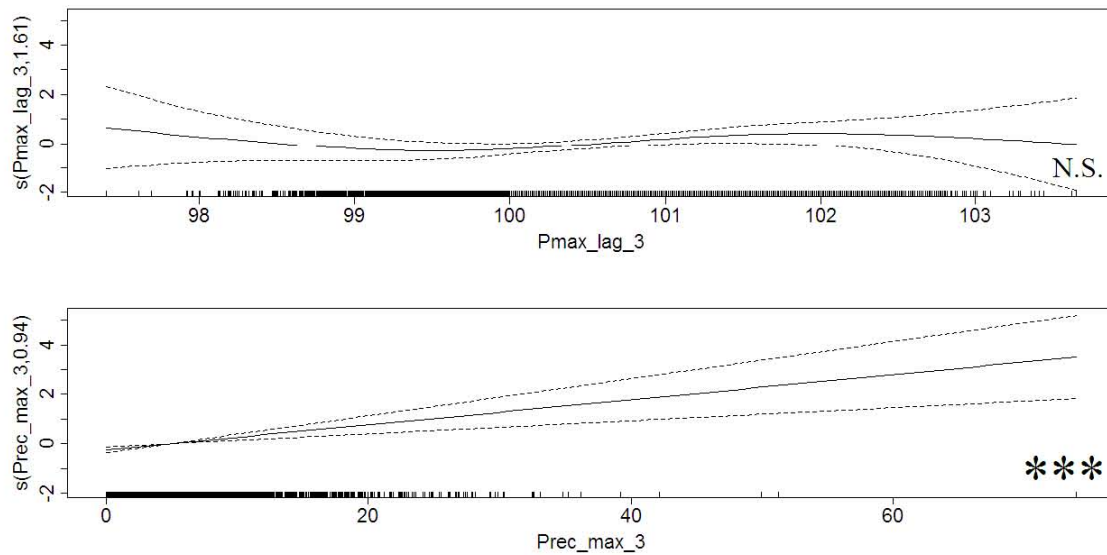


Figure C-5 : Urgences problèmes cardiaques, hommes, 65 ans et plus

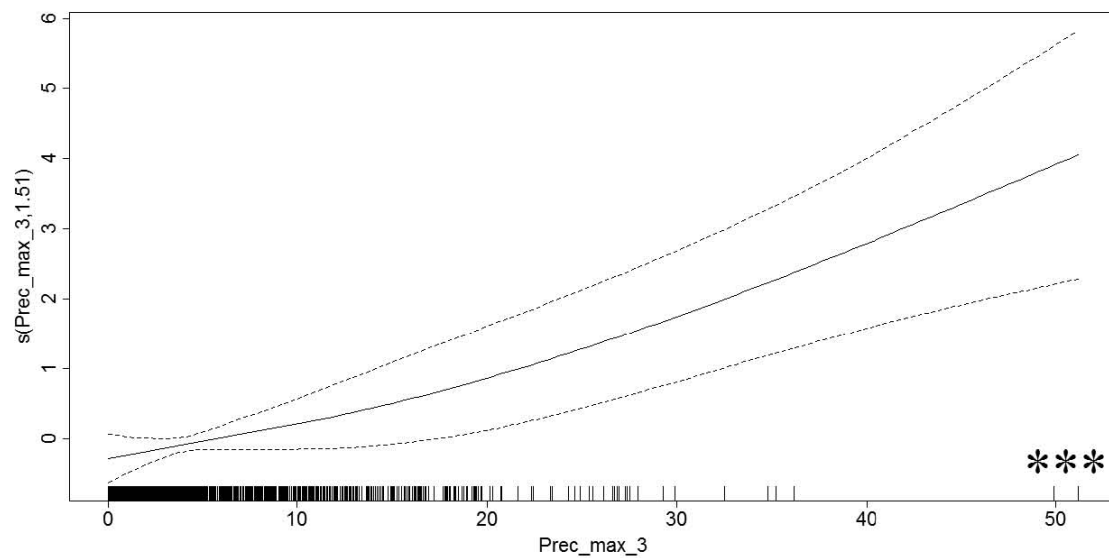
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

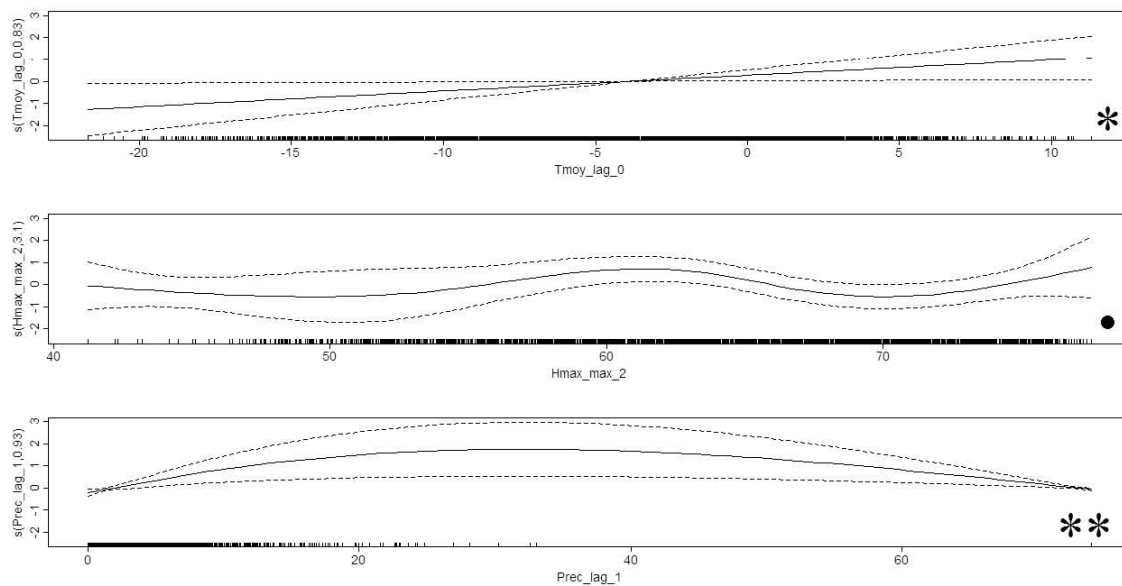
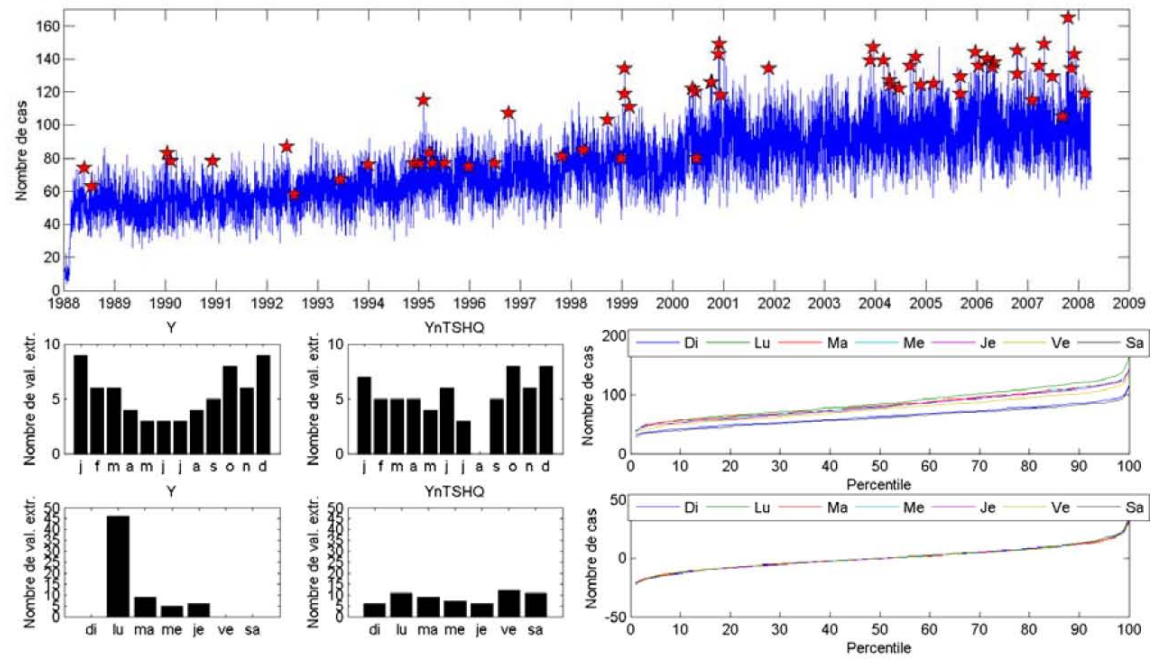
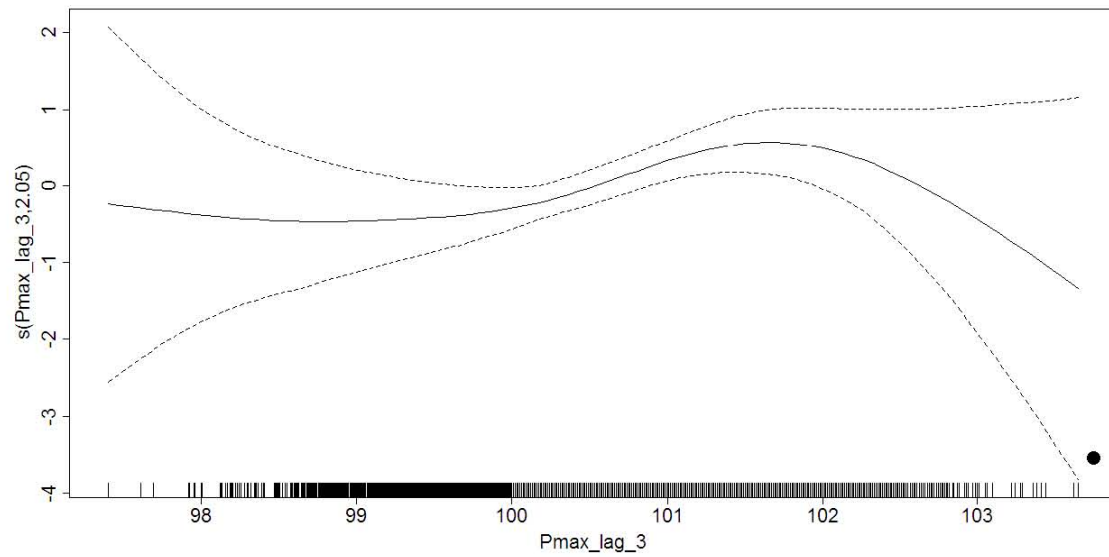


Figure C-6 : Urgences problèmes cardiaques, hommes

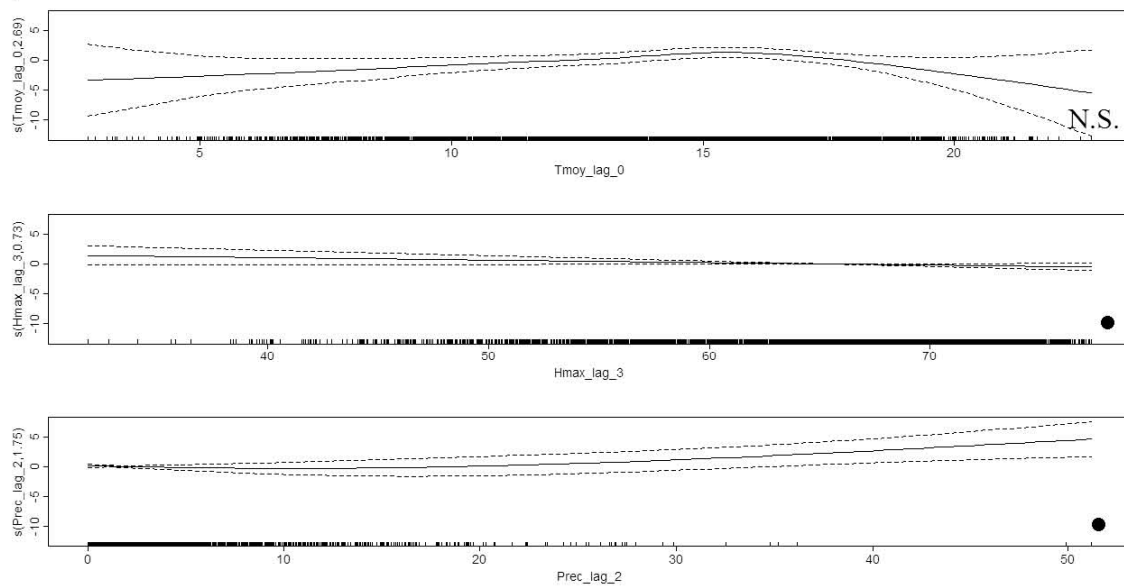
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

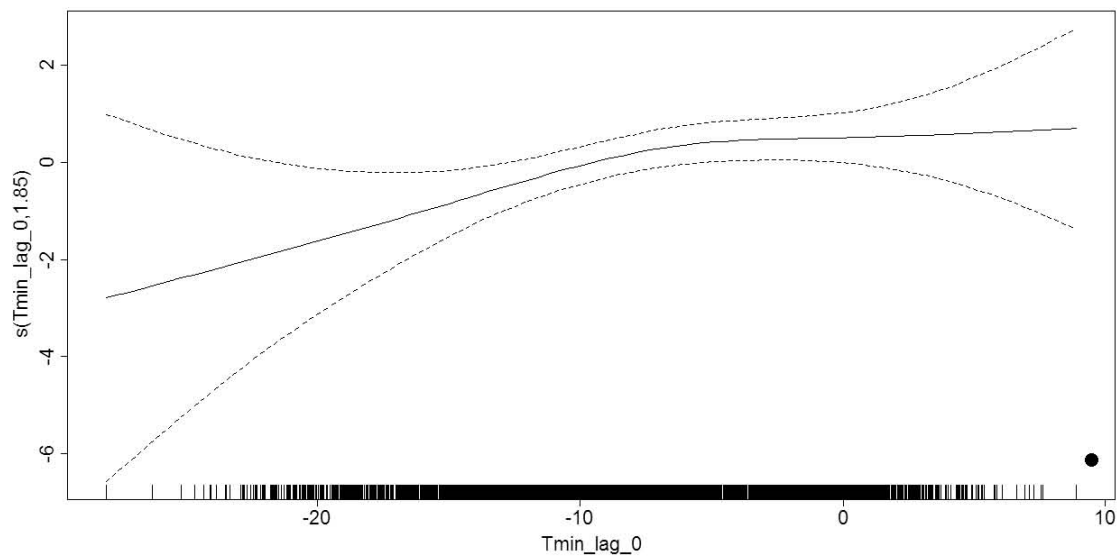
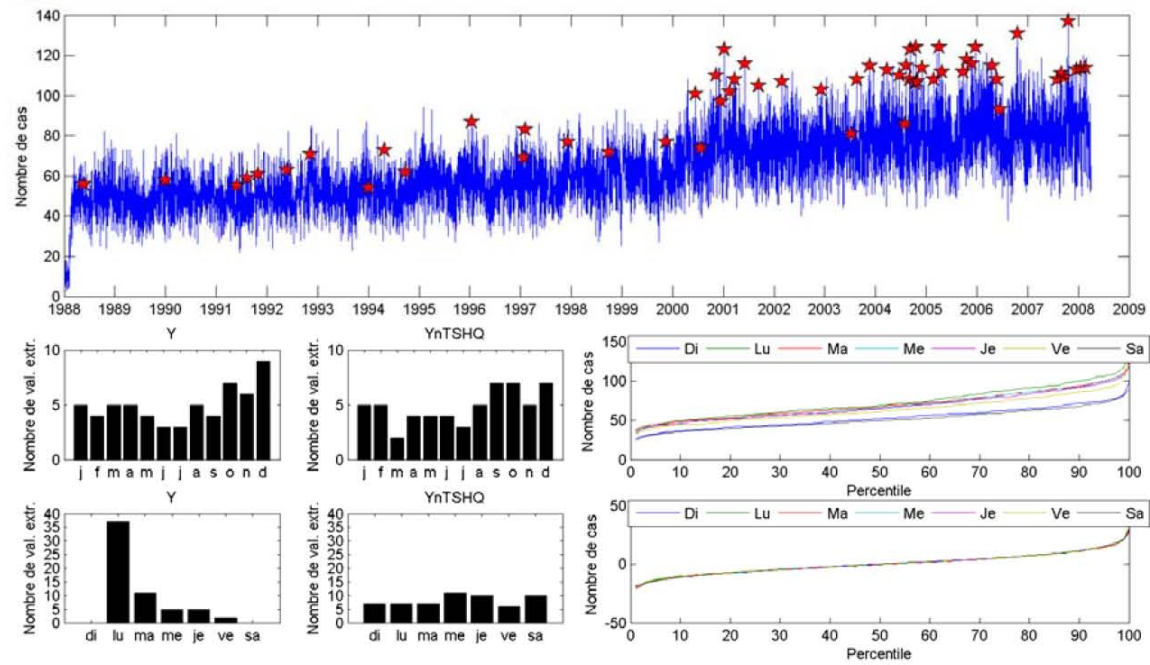
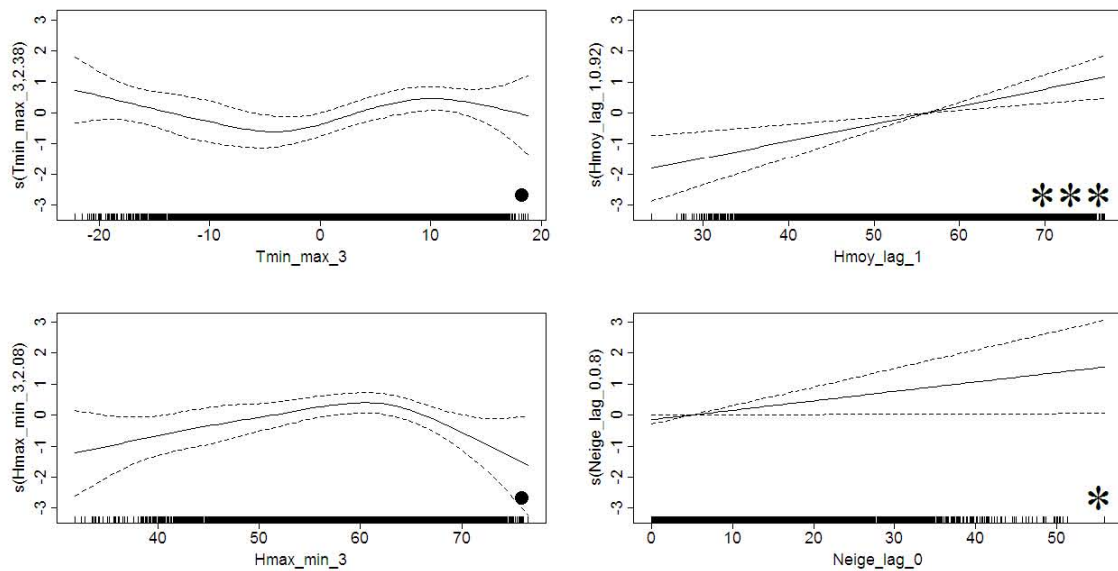


Figure C-7 : Urgences problèmes cardiaques, 25 à 64 ans

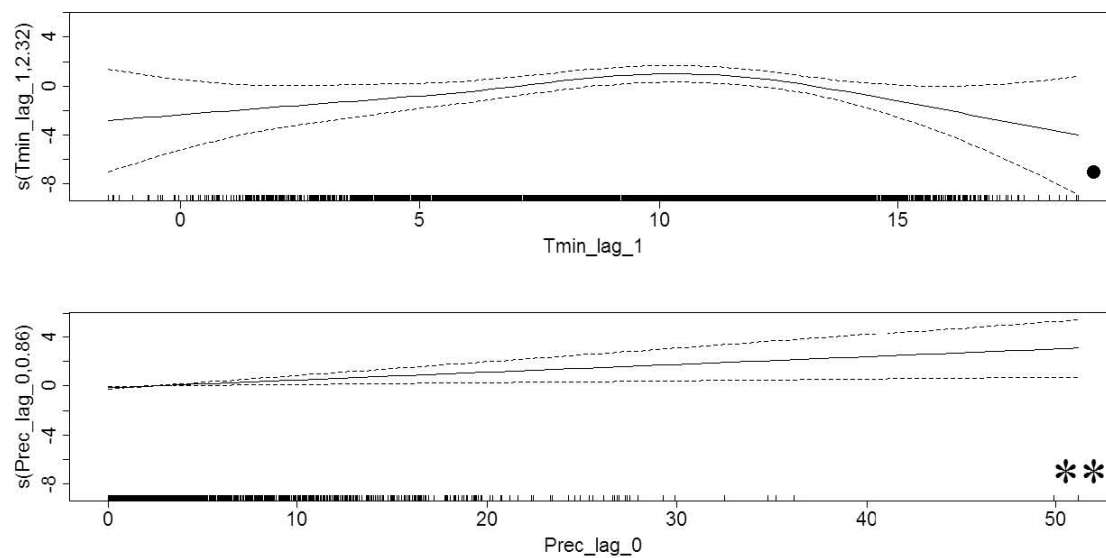
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

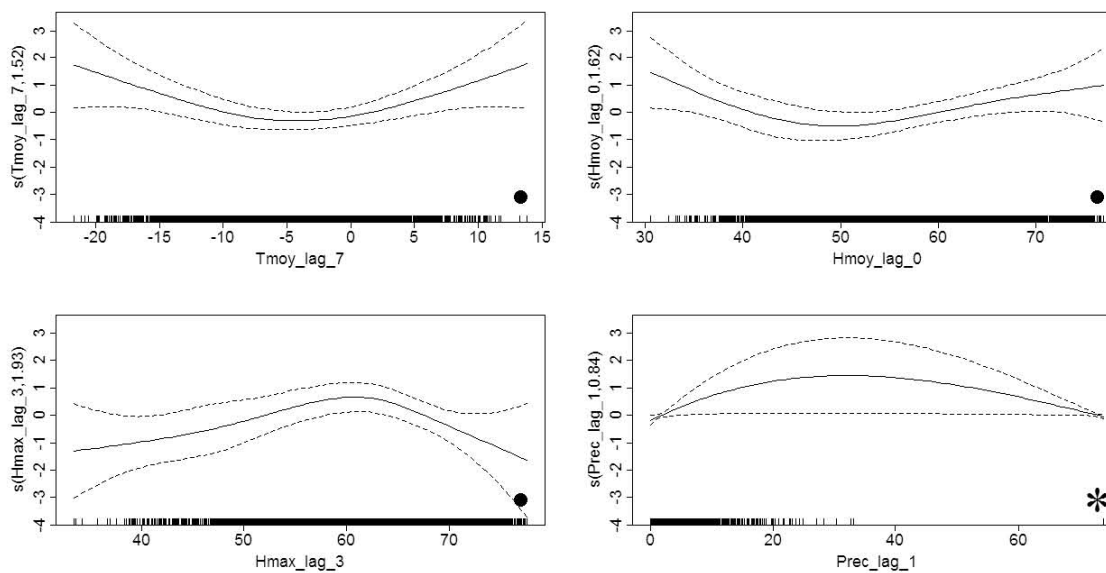
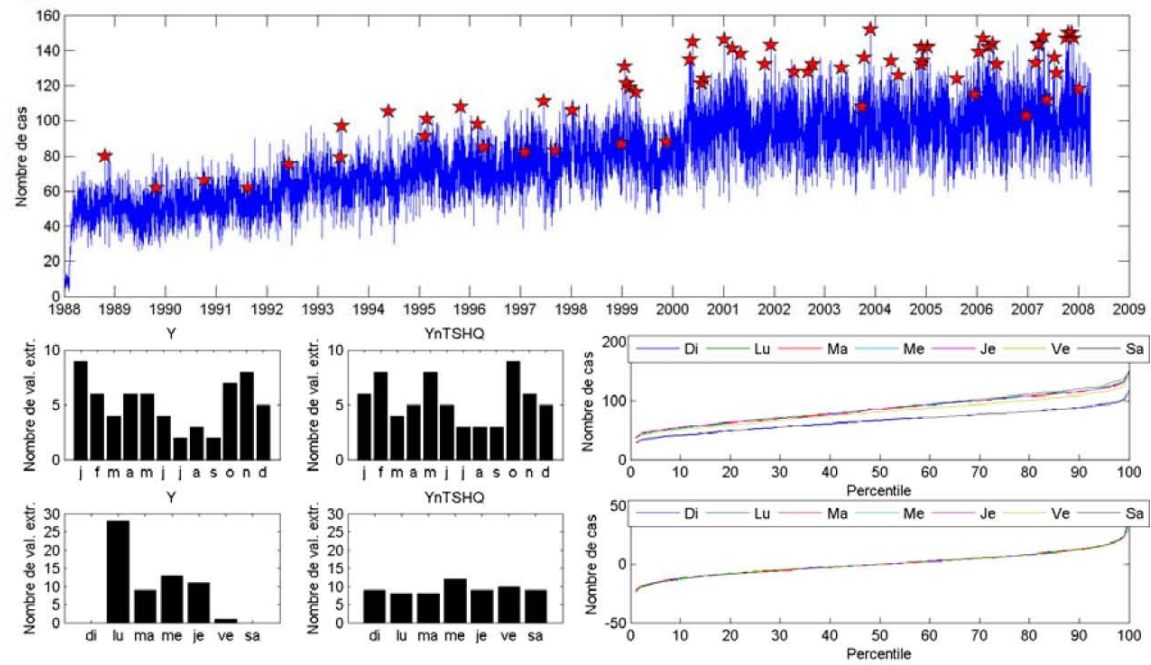
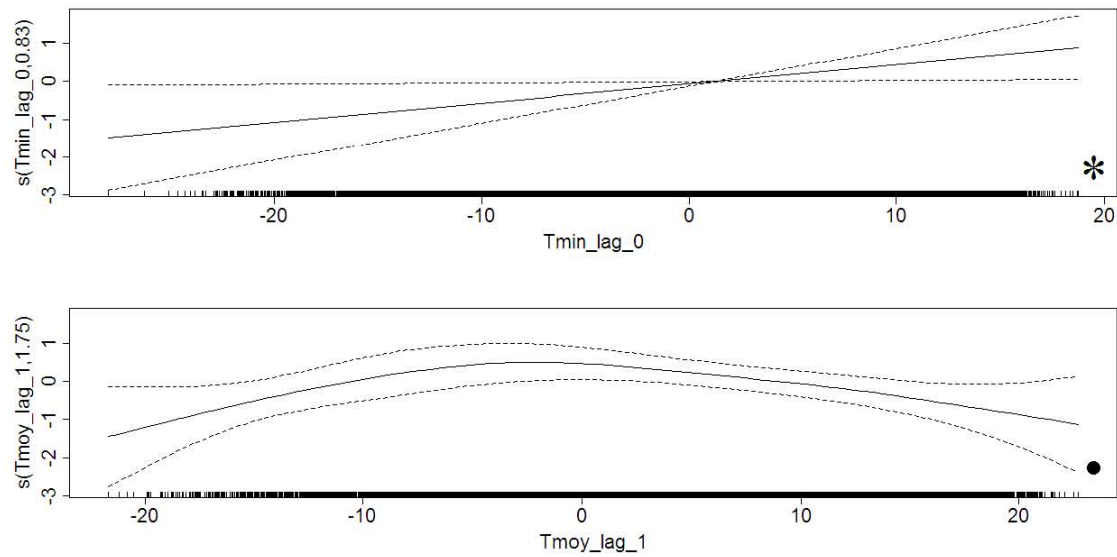


Figure C-8 : Urgences problèmes cardiaques, 65 ans et plus

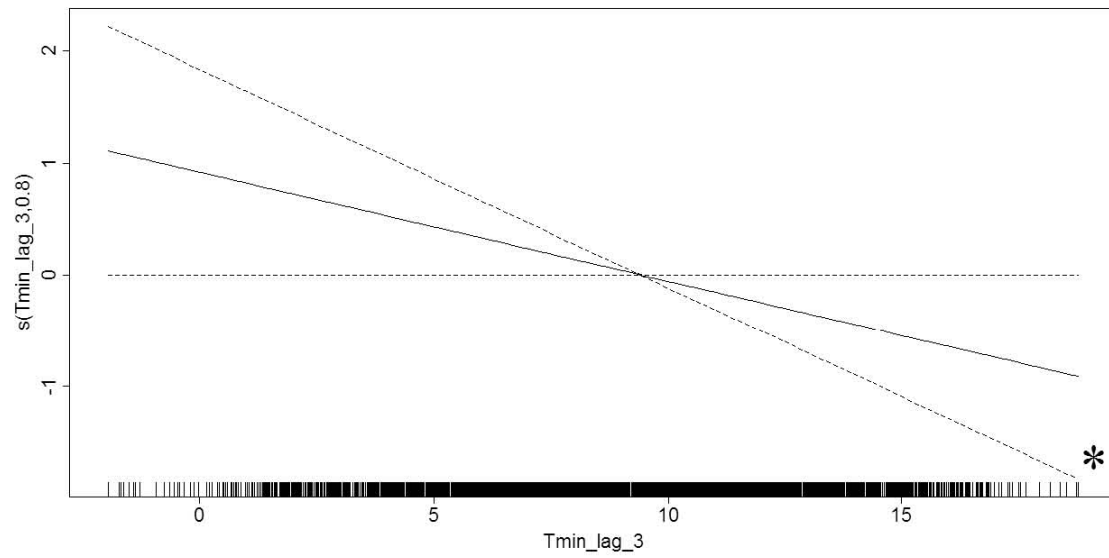
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

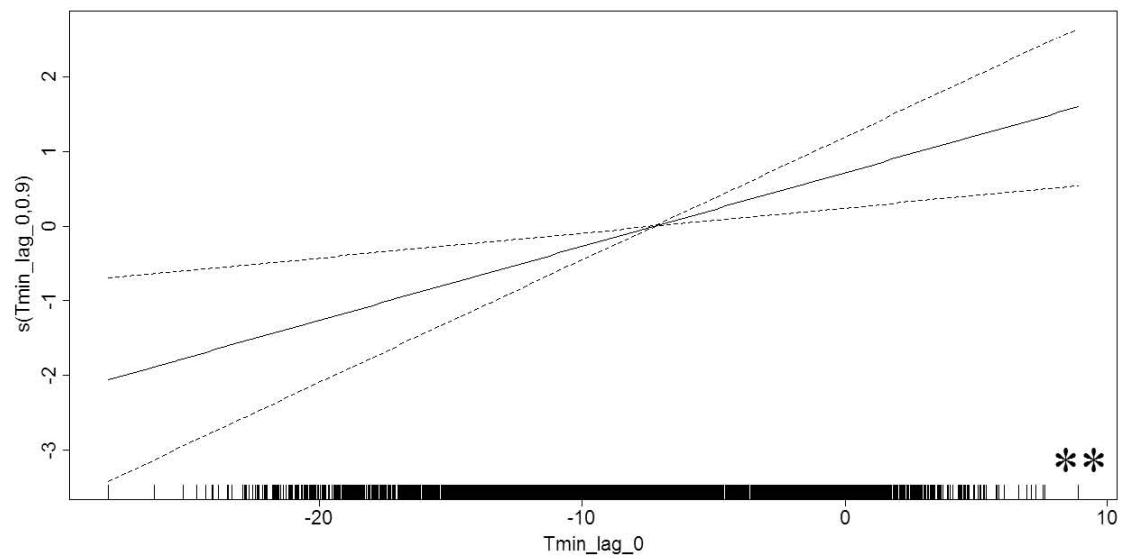
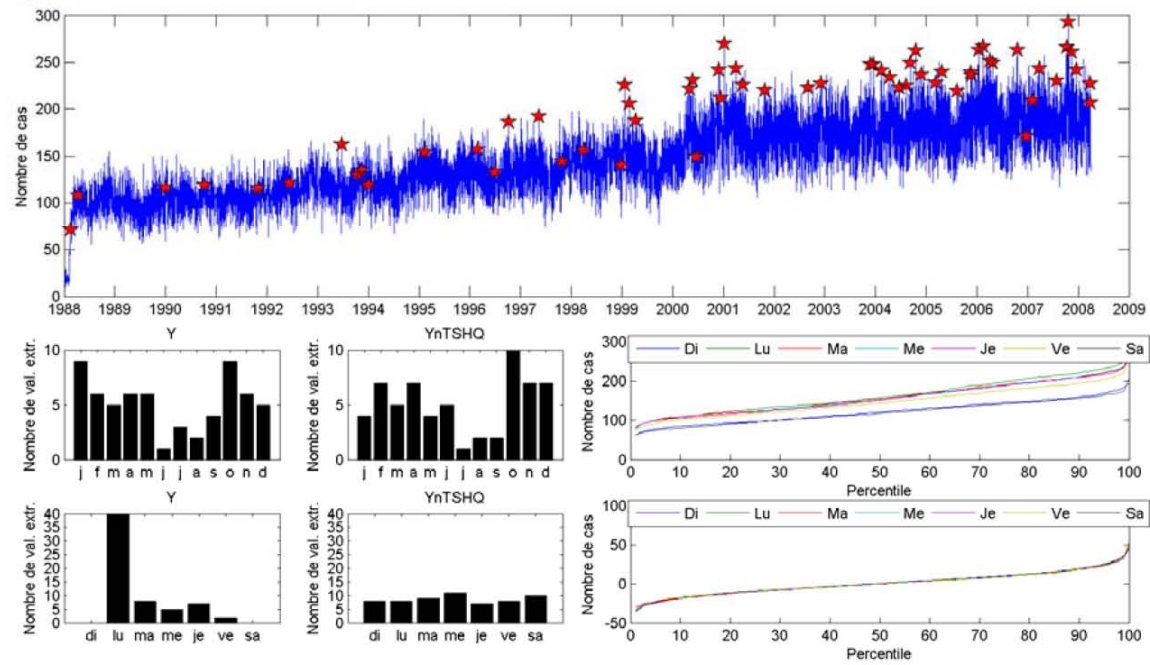
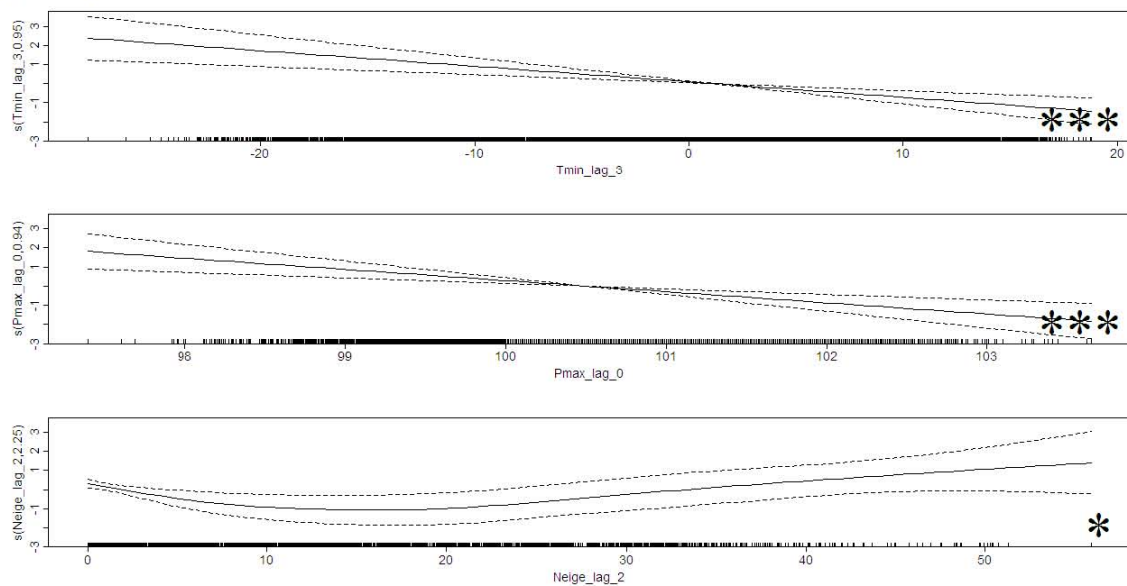


Figure C-9 : Urgences problèmes cardiaques

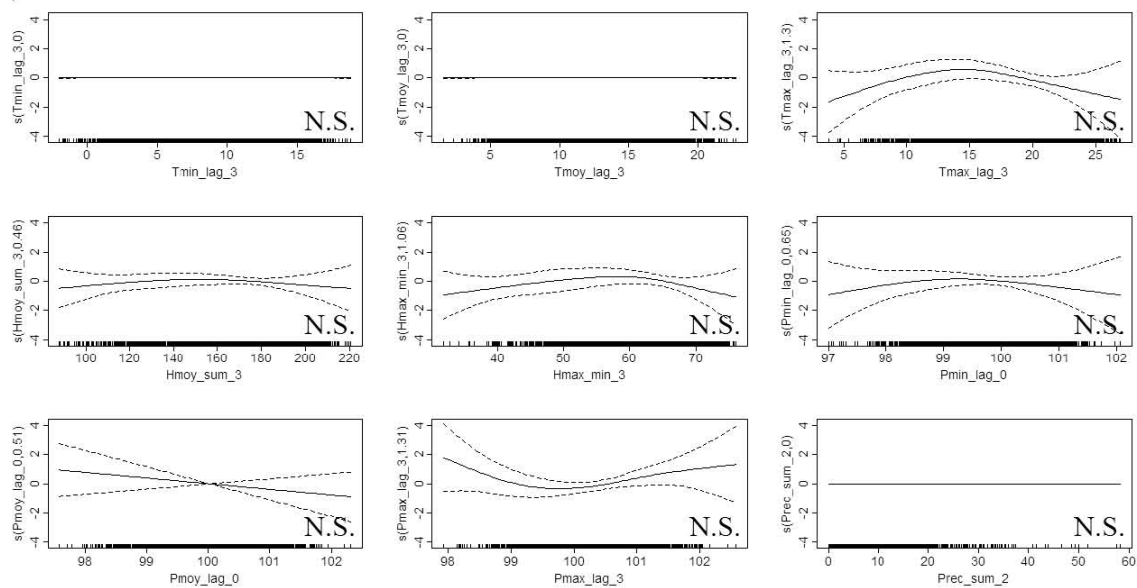
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

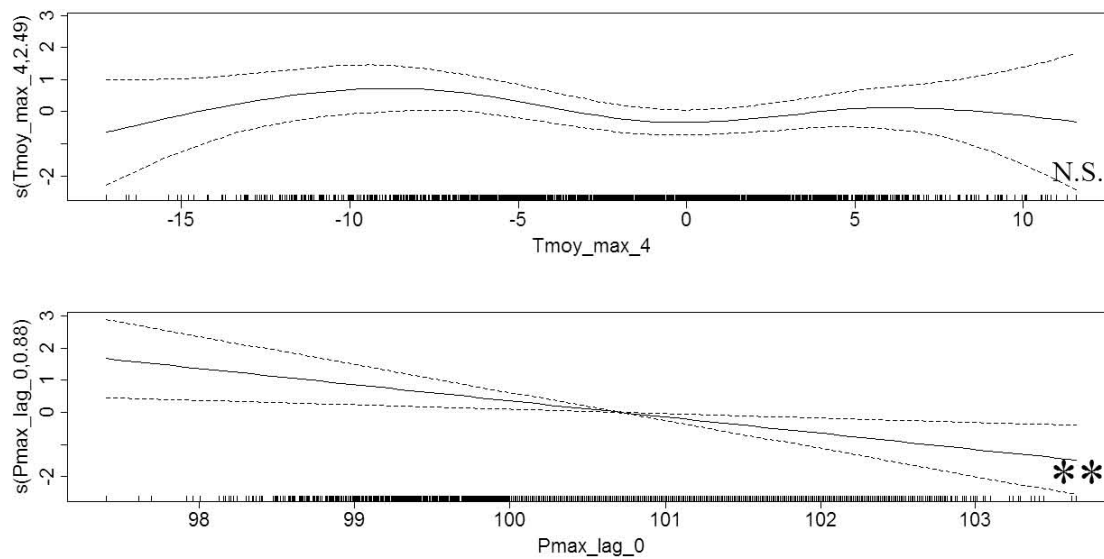
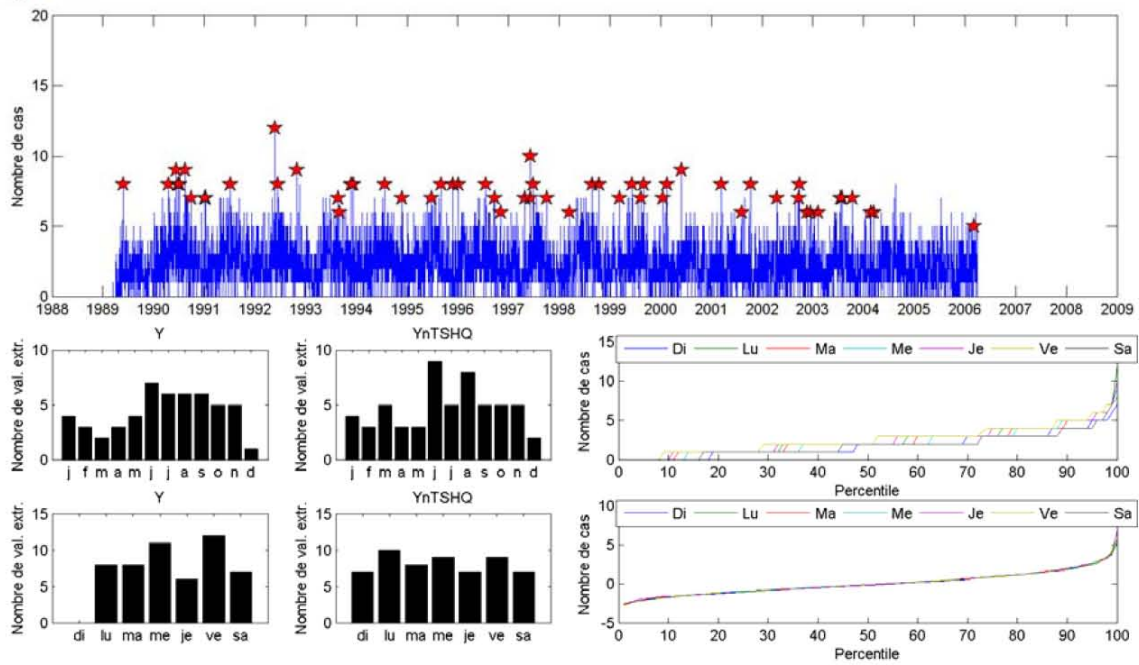
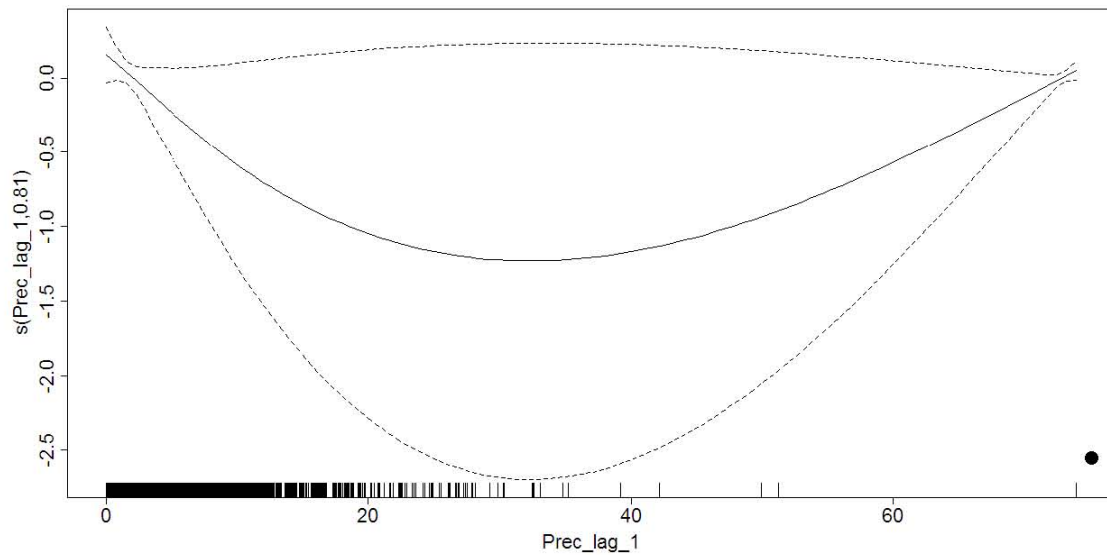


Figure C-10 : Hospitalisations traumatismes, femmes, 0 à 24 ans, zones favorisées

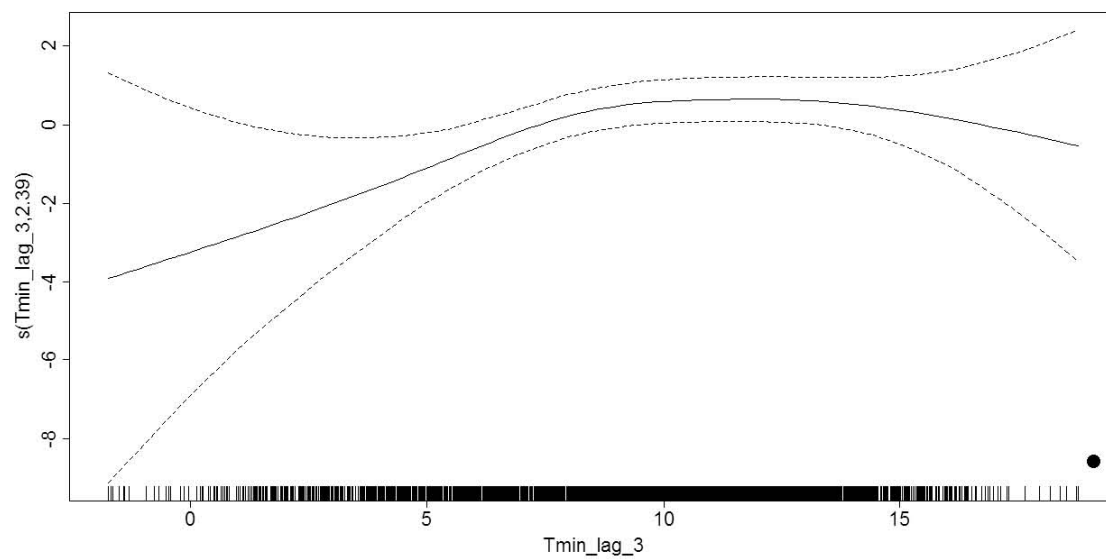
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

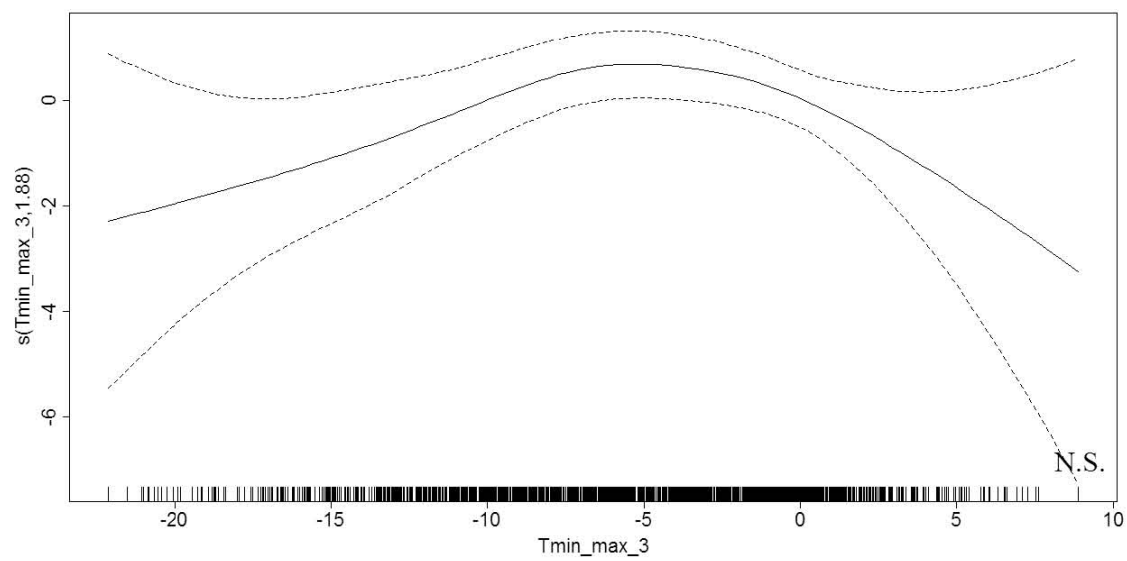
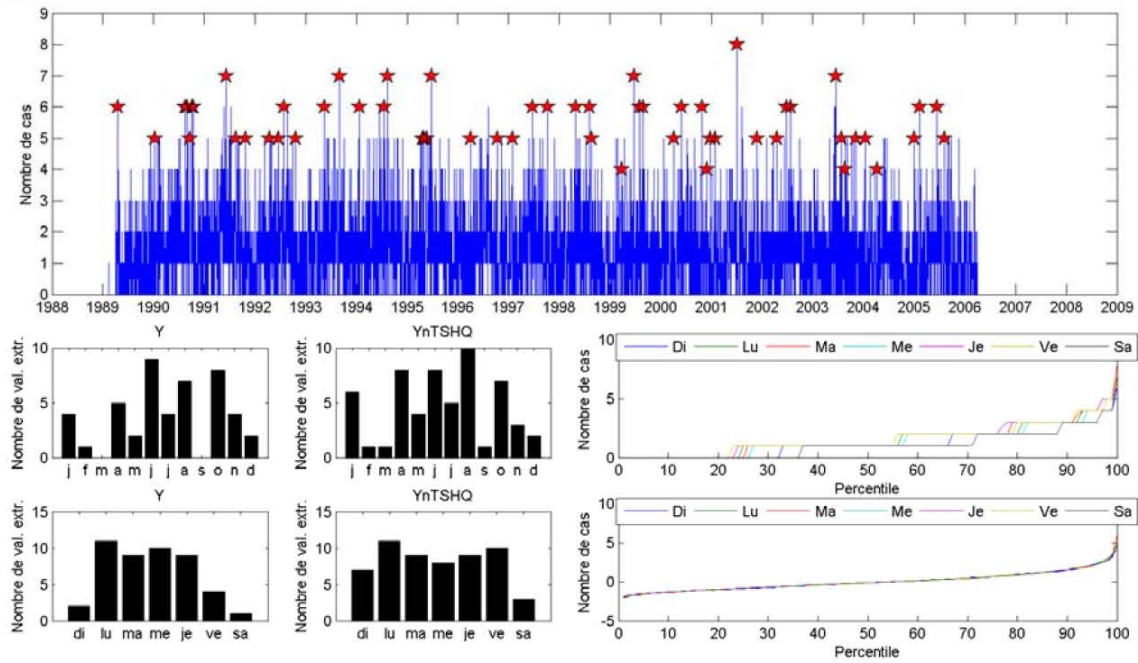
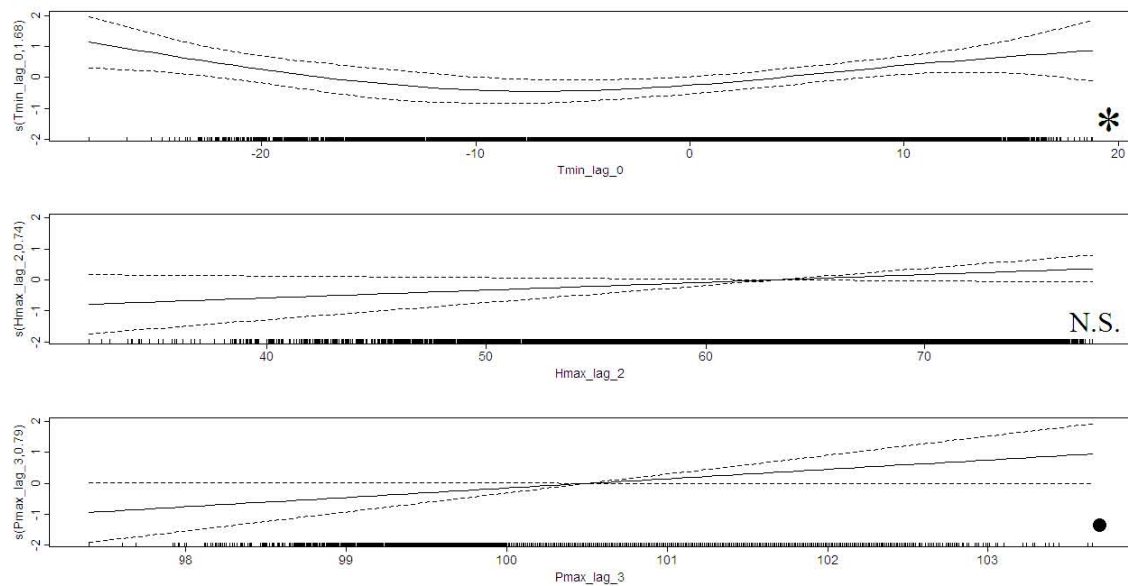


Figure C-11 : Hospitalisations traumatismes, femmes, 0 à 24 ans, zones défavorisées

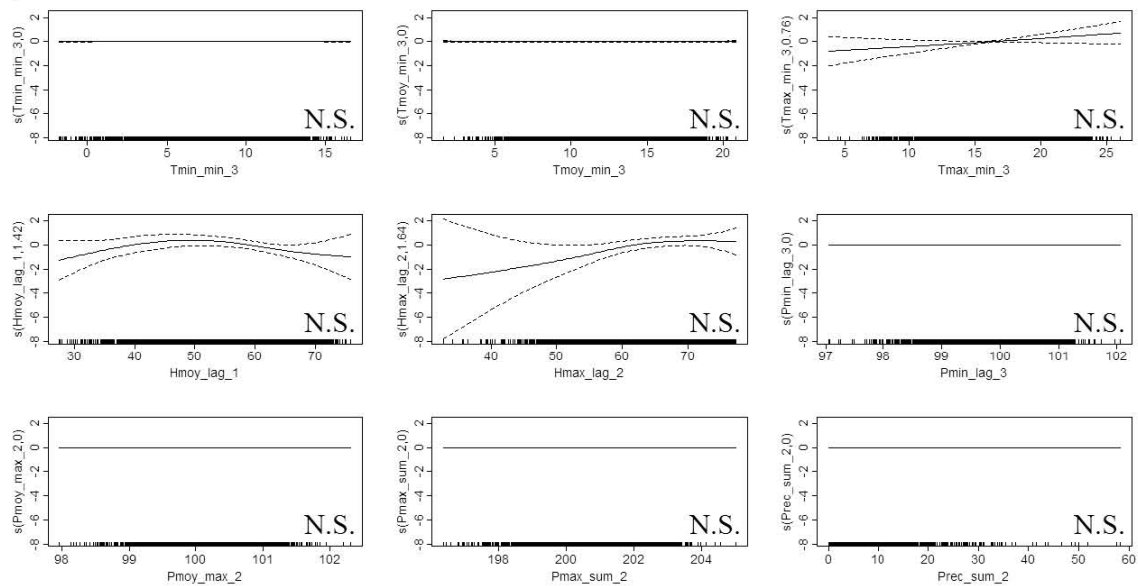
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

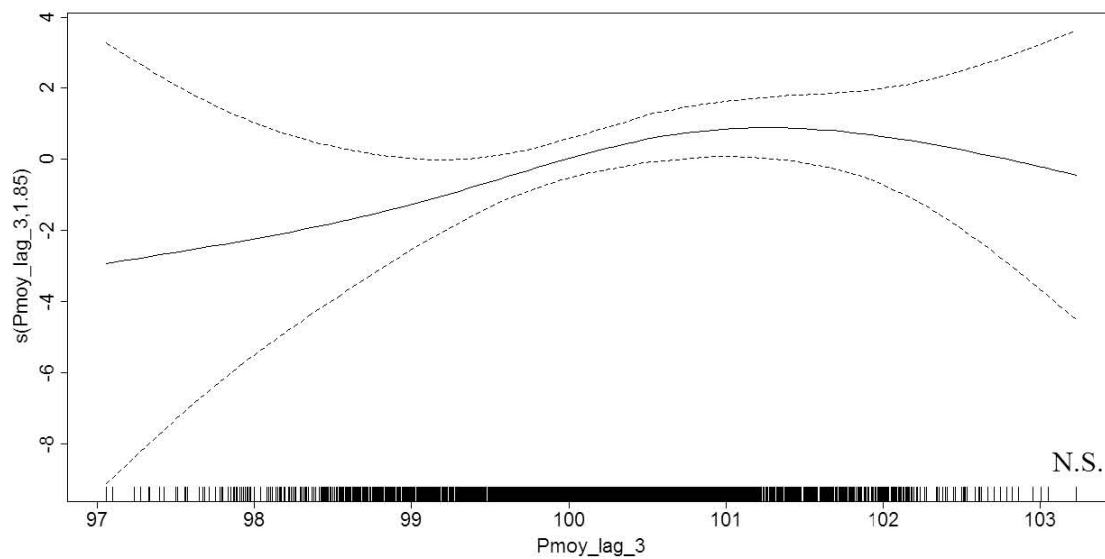
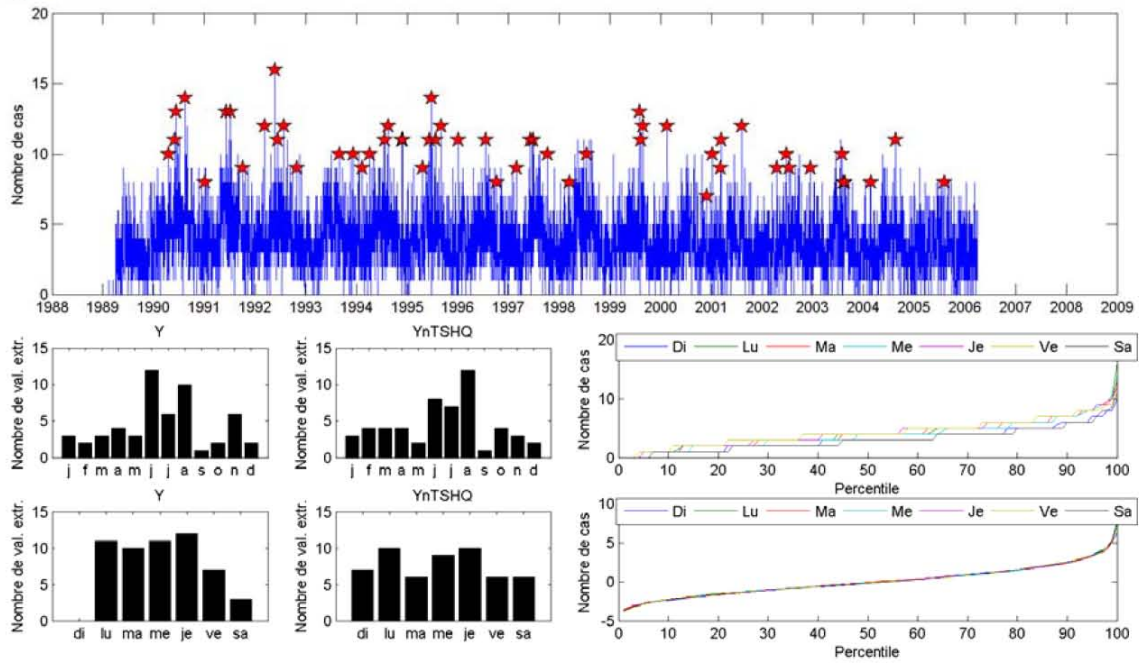
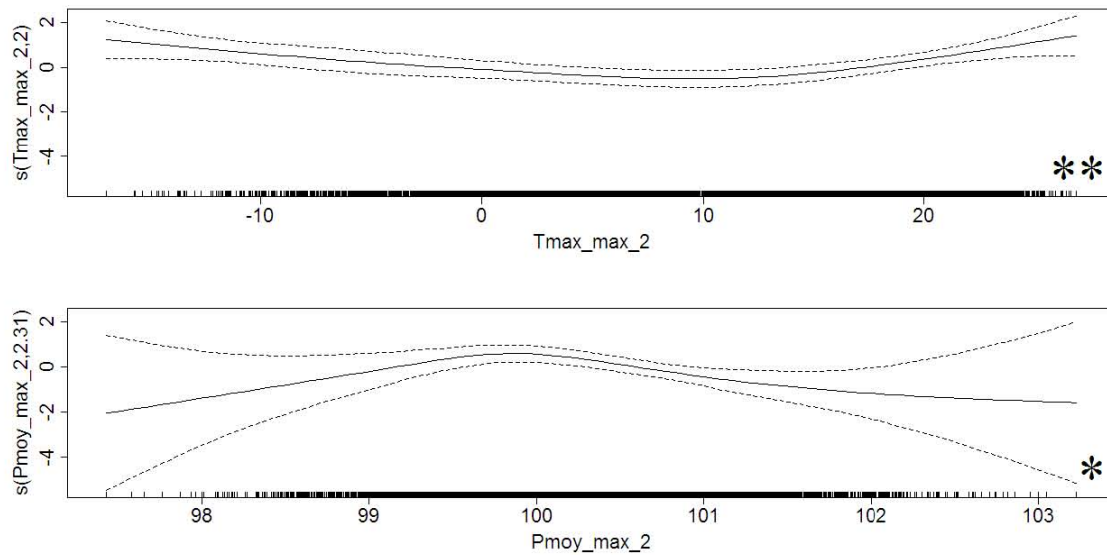


Figure C-12 : Hospitalisations traumatismes, femmes, 0 à 24 ans

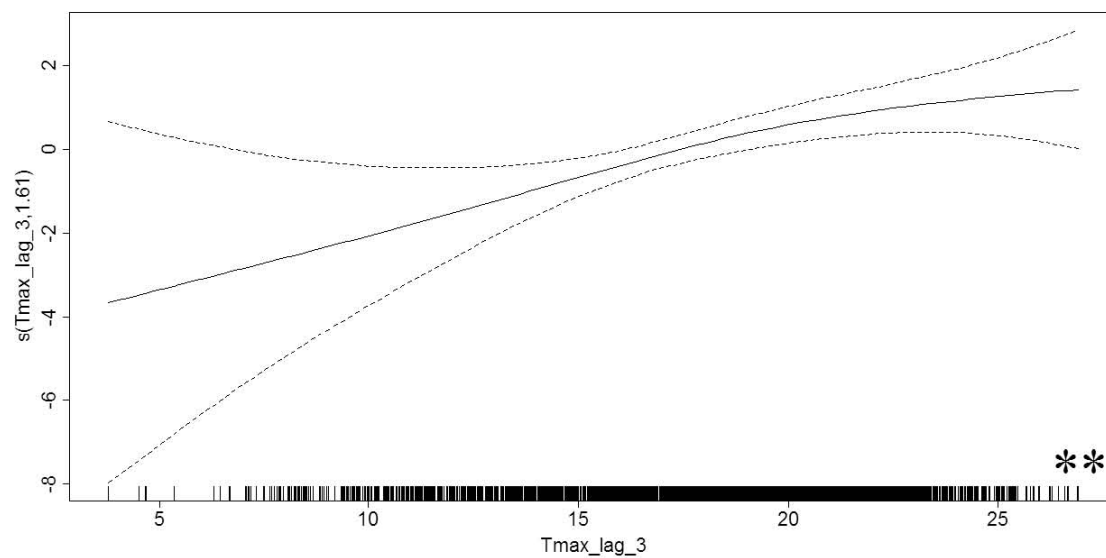
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

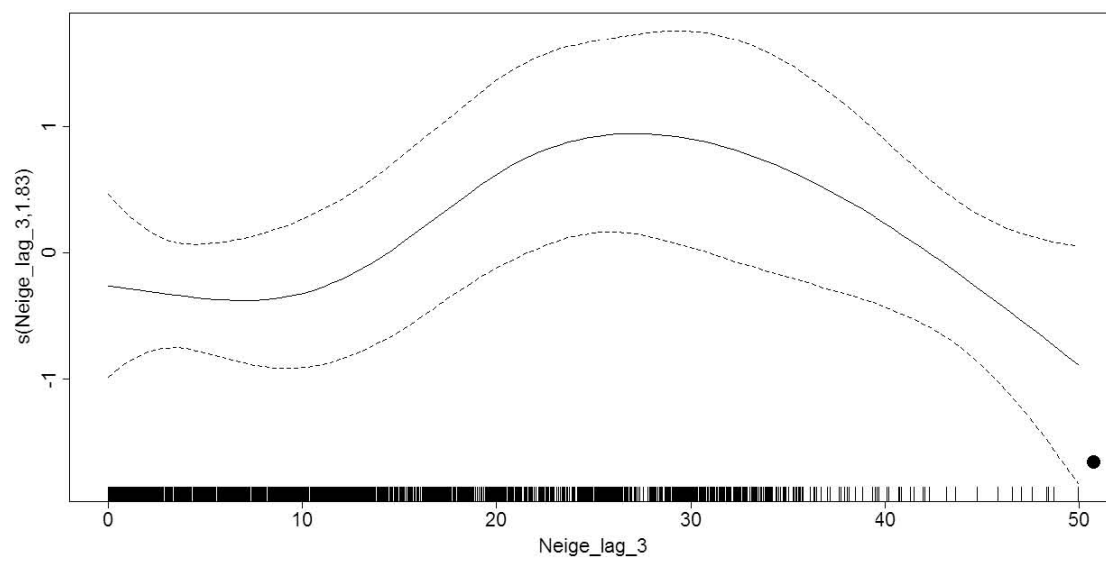
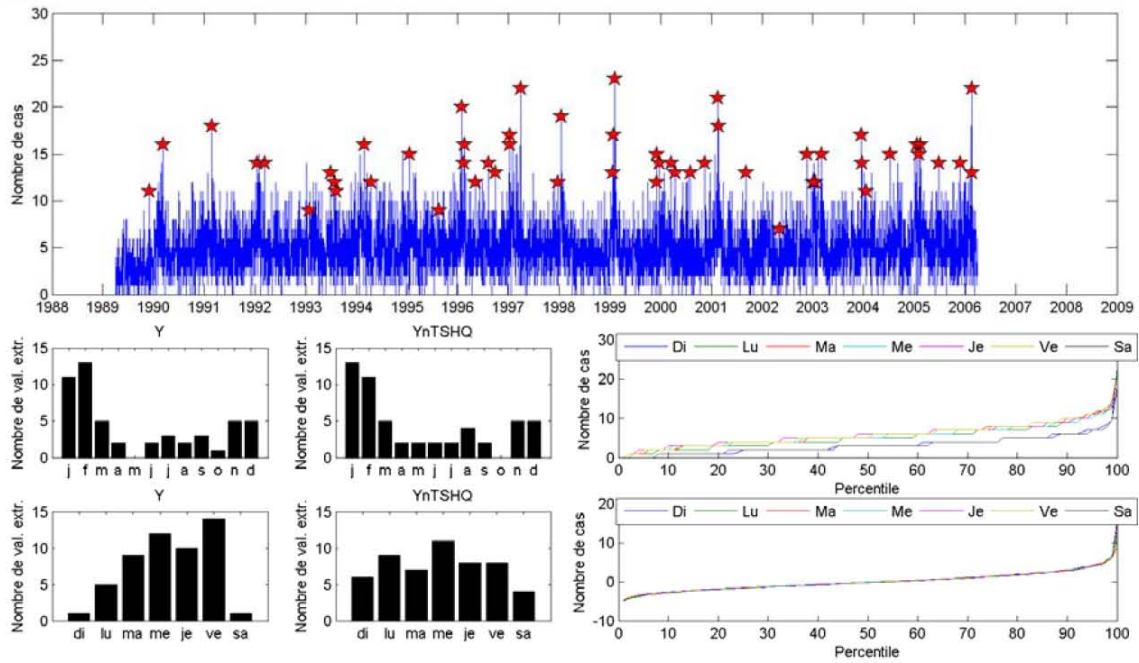
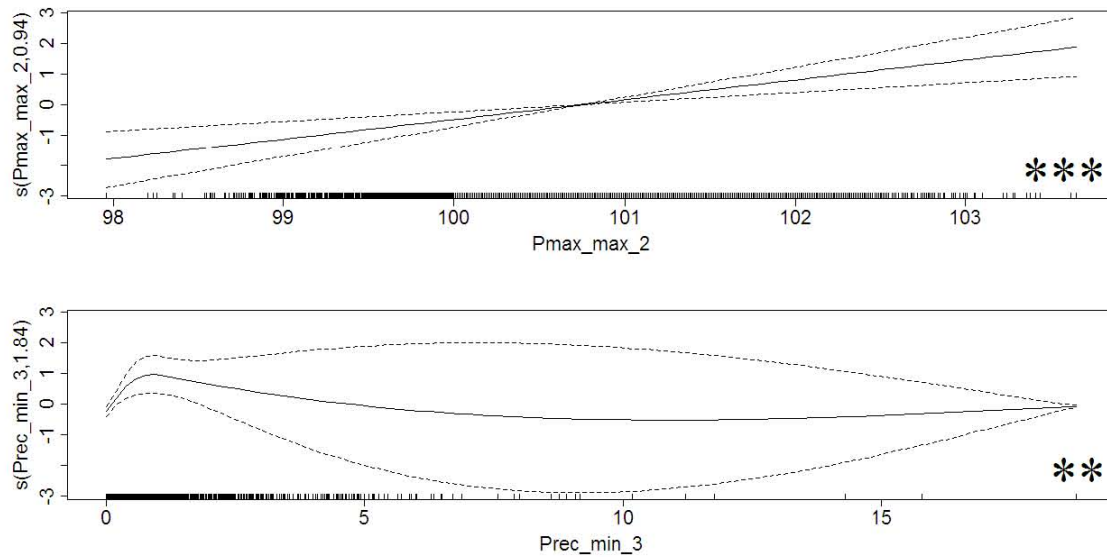


Figure C-13 : Hospitalisations traumatismes, femmes, 25 à 64 ans, zones favorisées

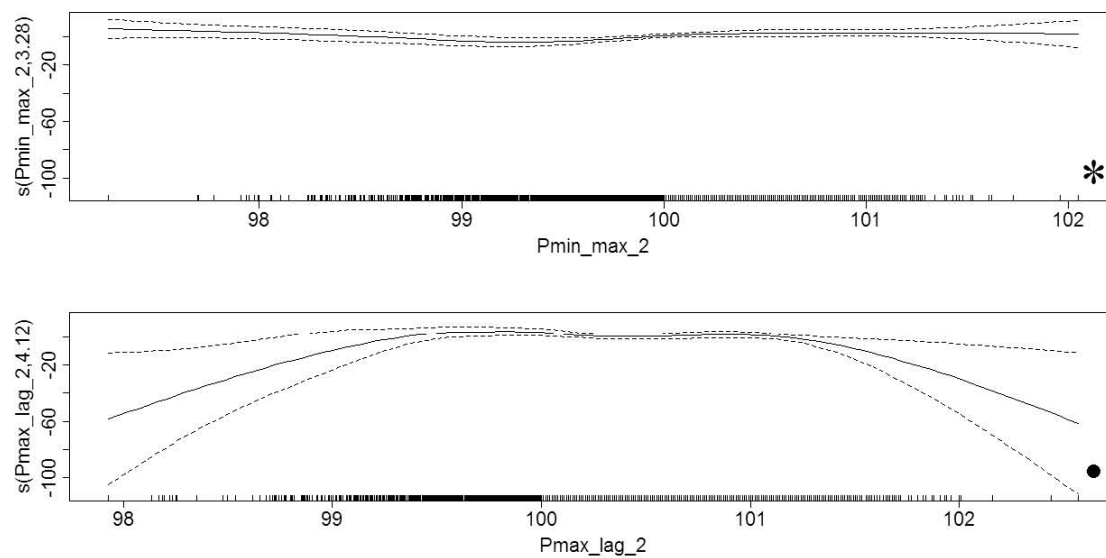
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

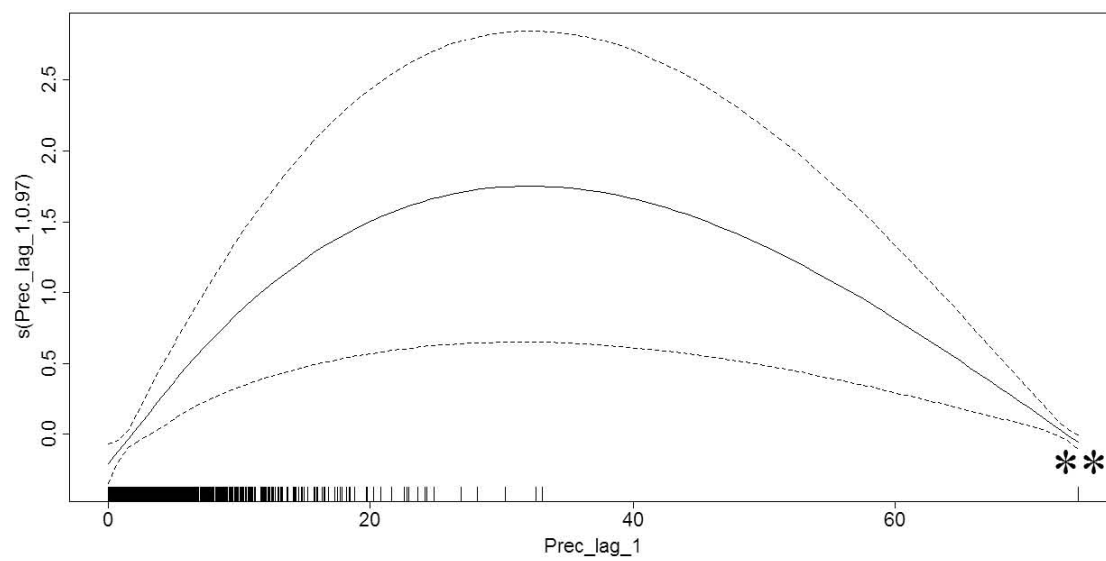
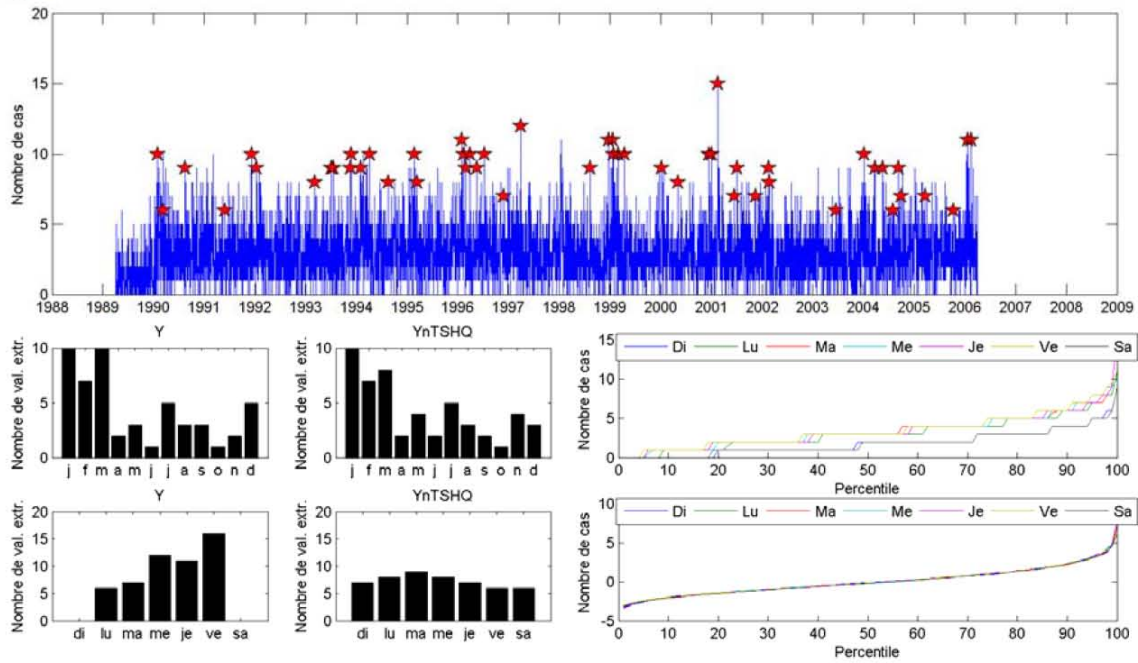
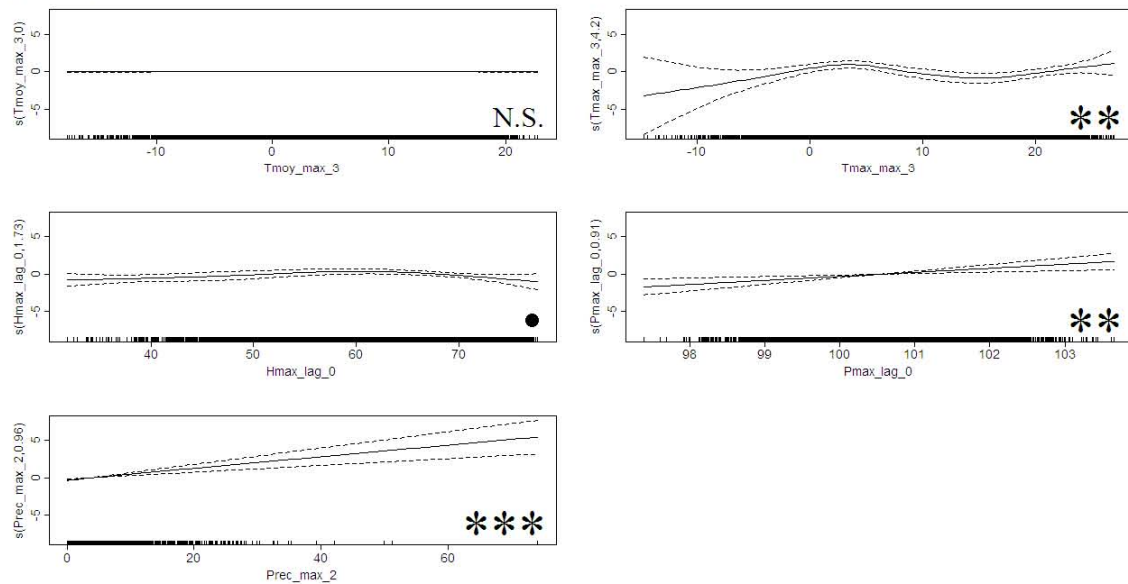


Figure C-14 : Hospitalisations traumatismes, femmes, 25 à 64 ans, zones défavorisées

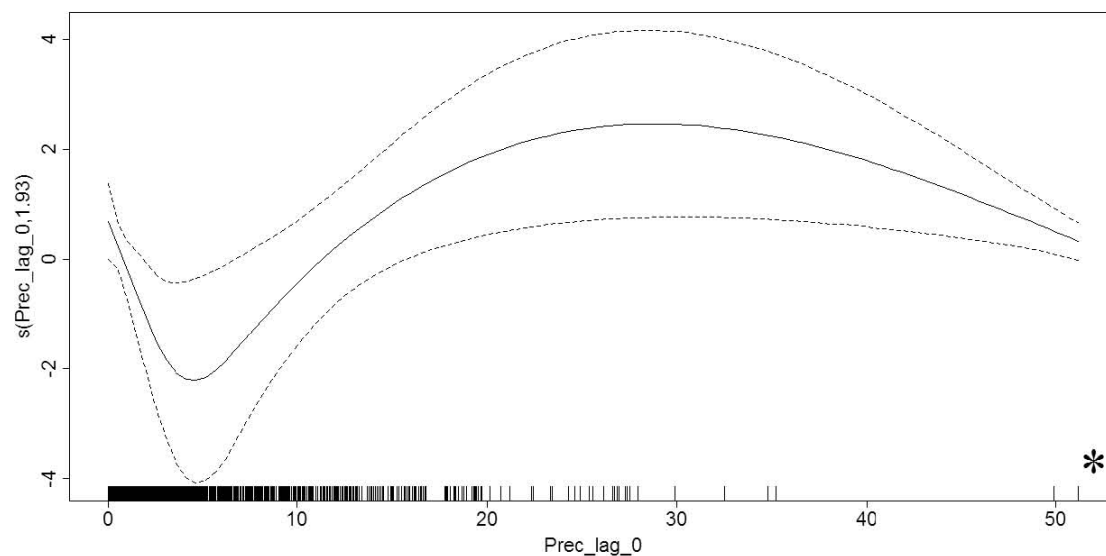
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

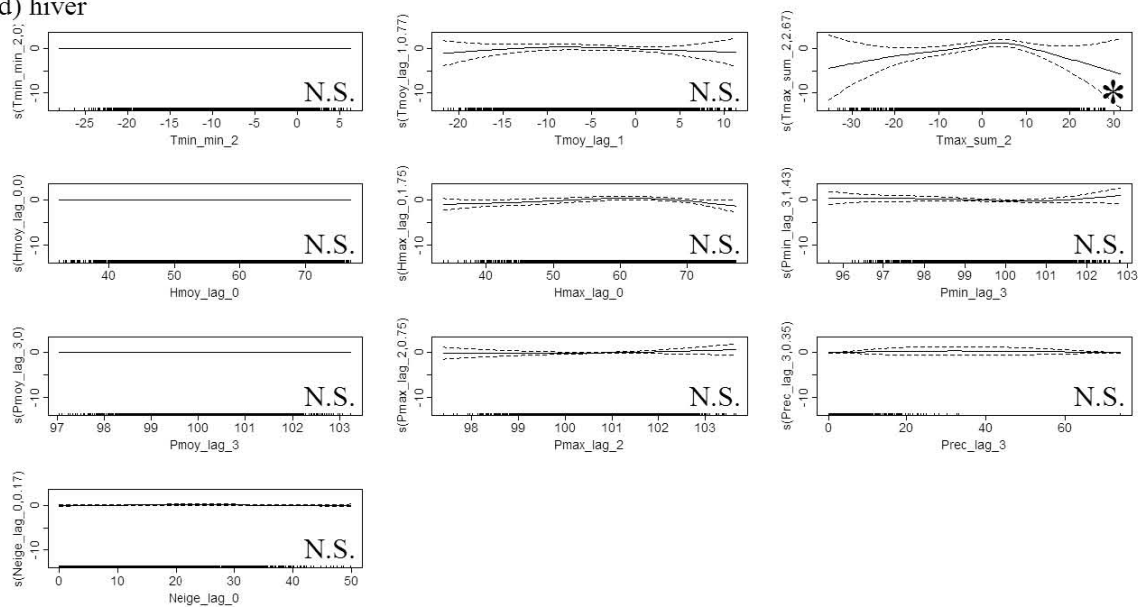
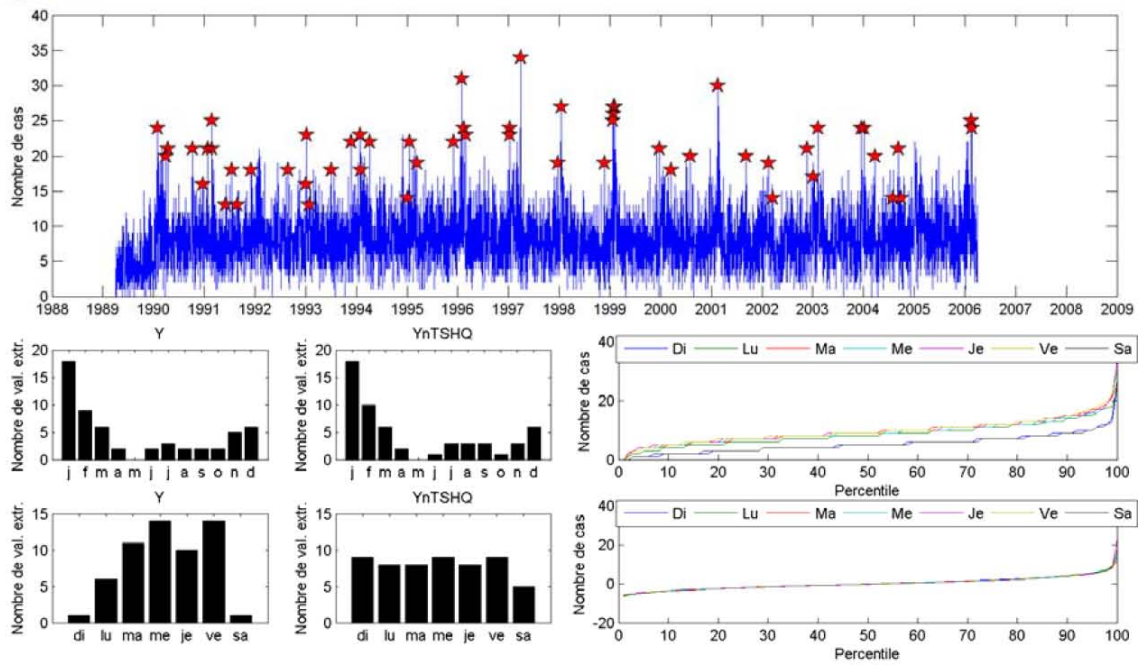
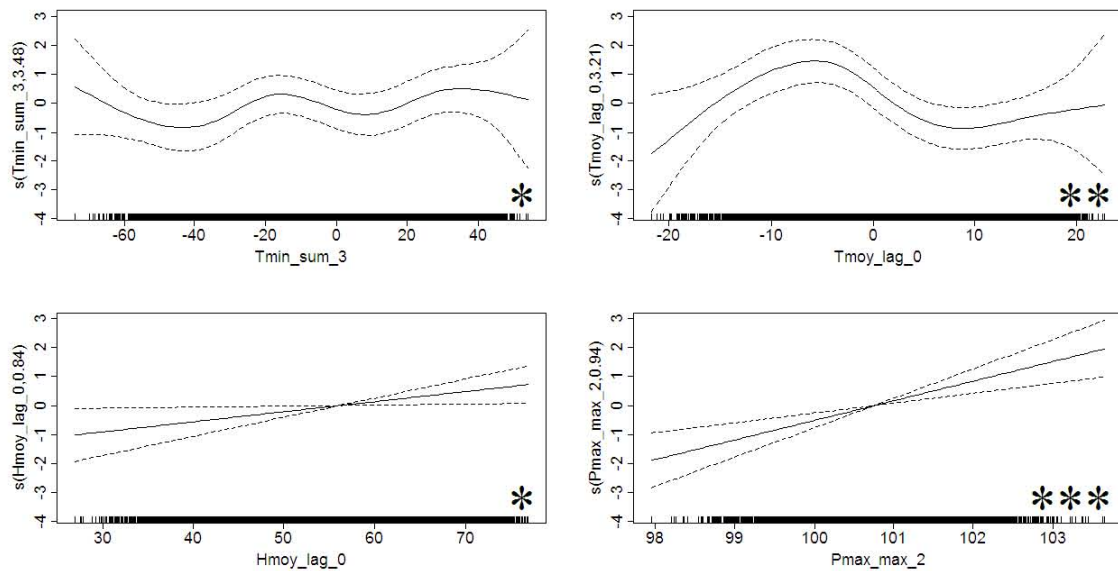


Figure C-15 : Hospitalisations traumatismes, femmes, 25 à 64 ans

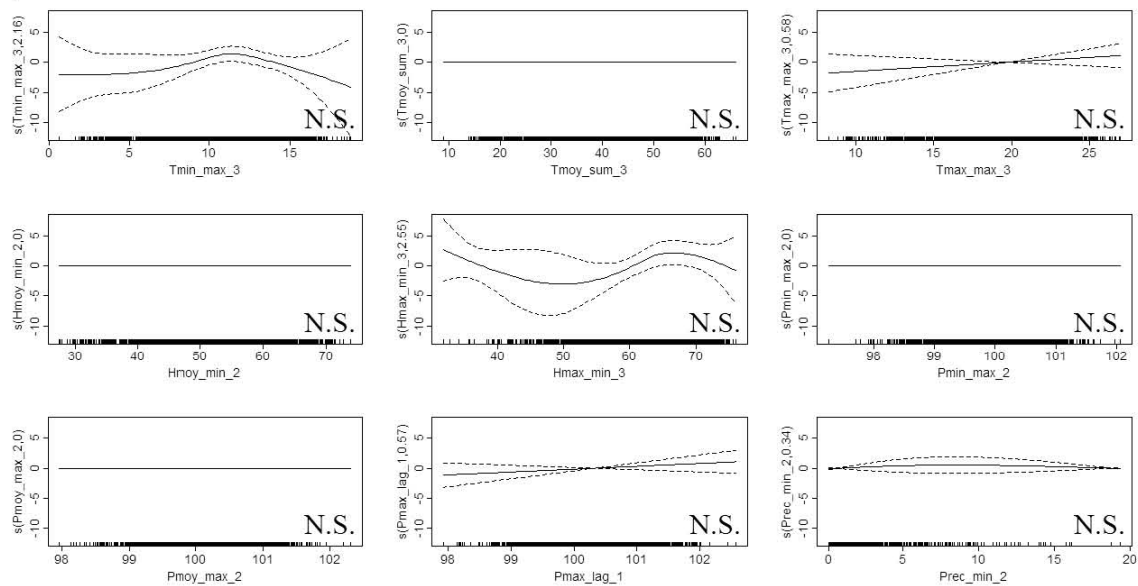
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

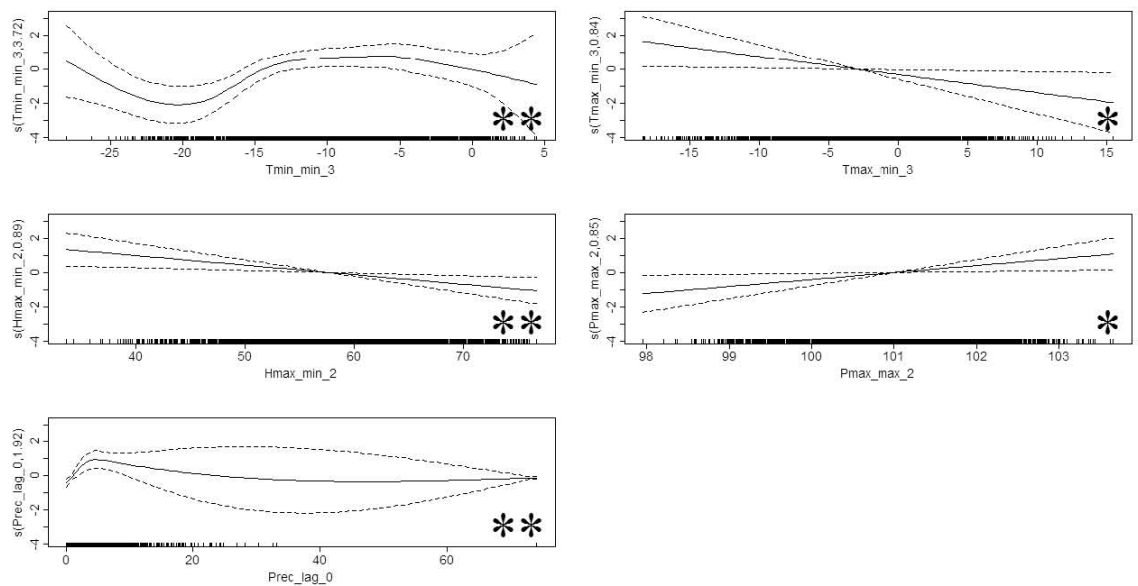
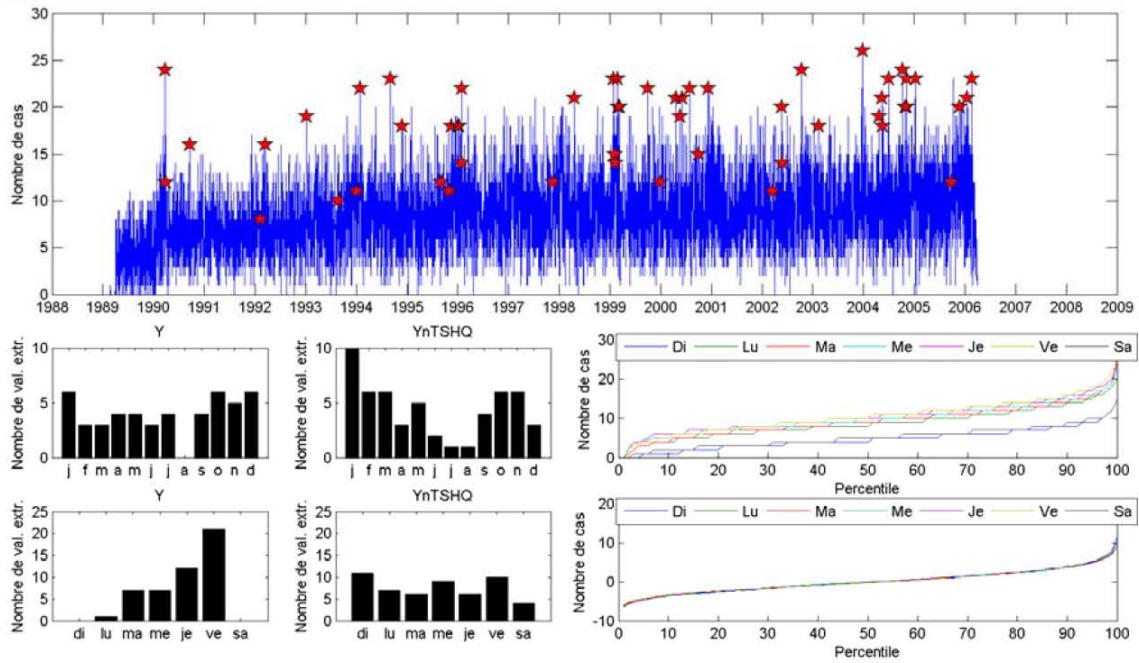
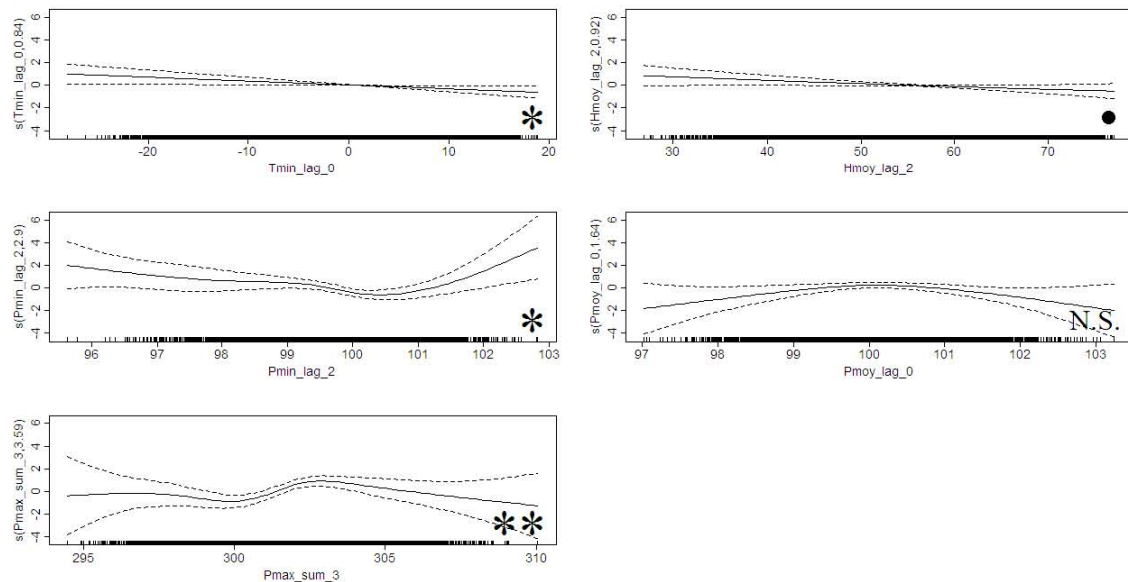


Figure C-16 : Hospitalisations traumatismes, femmes, 65 ans et plus, zones favorisées

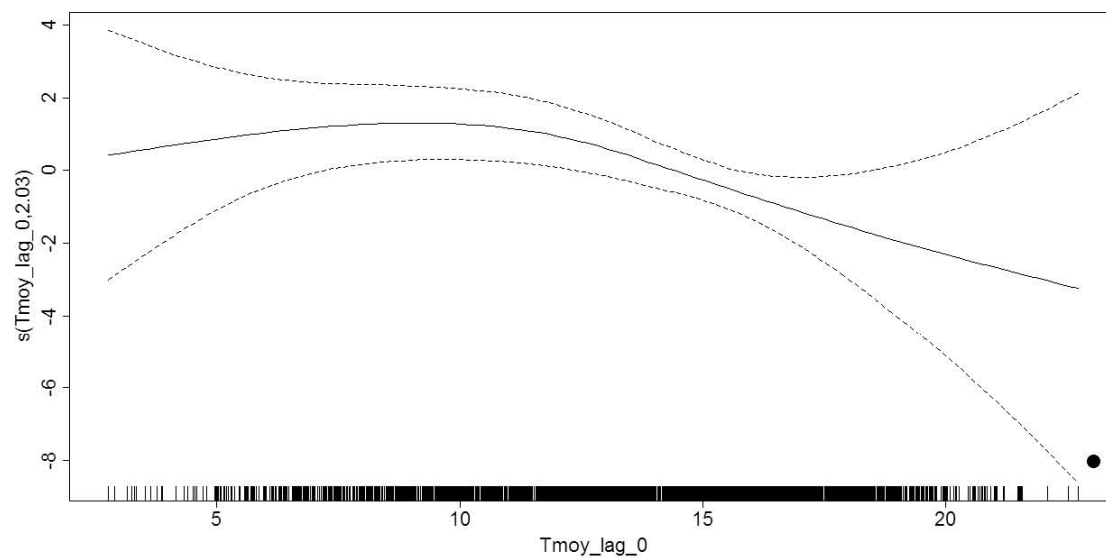
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

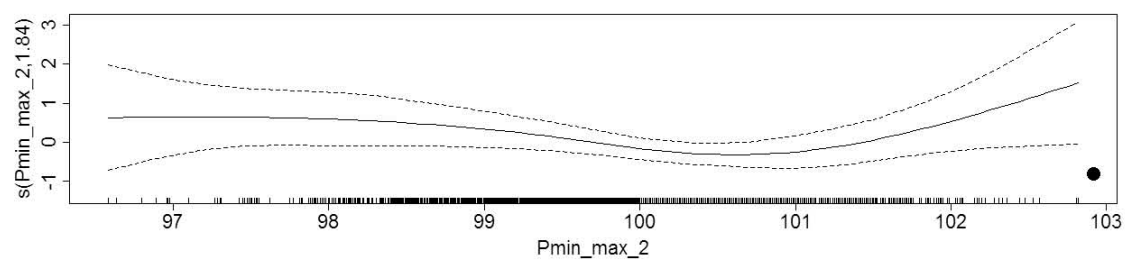
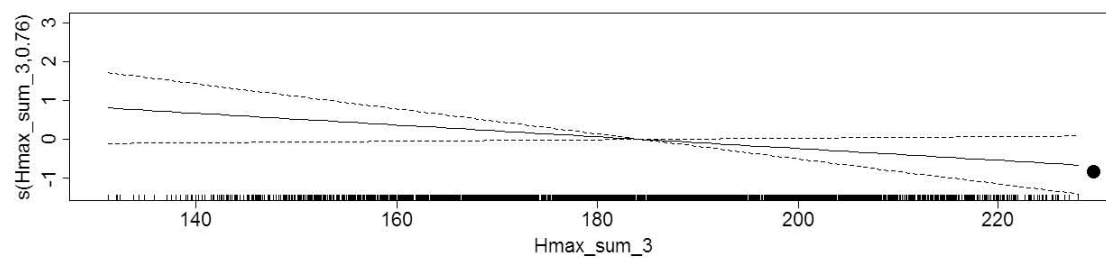
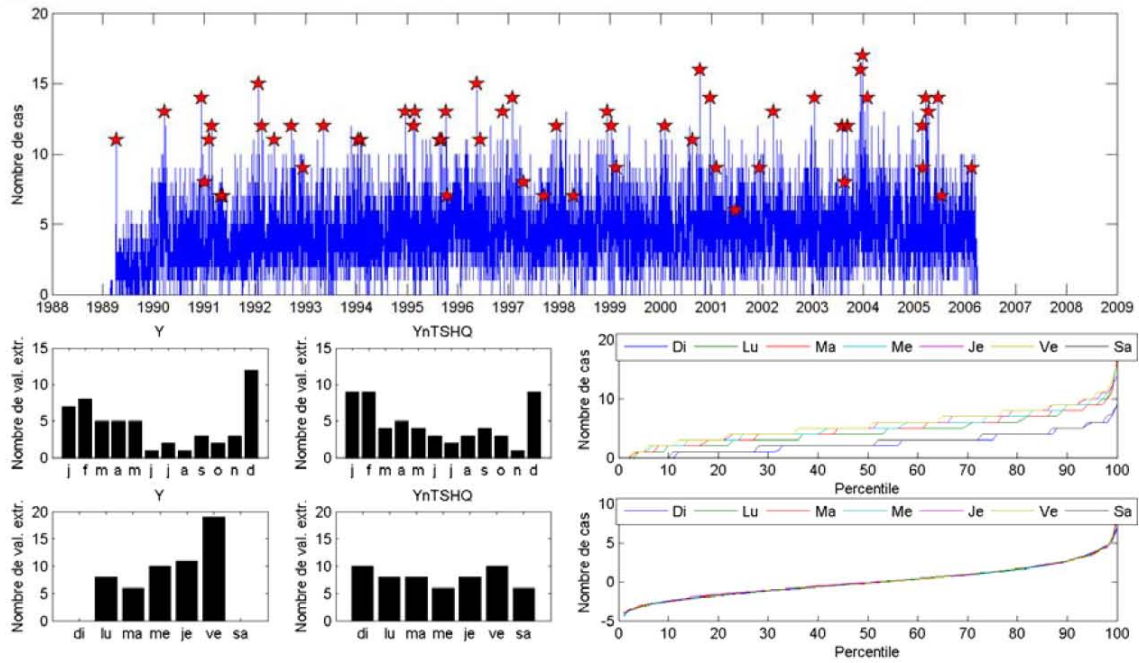
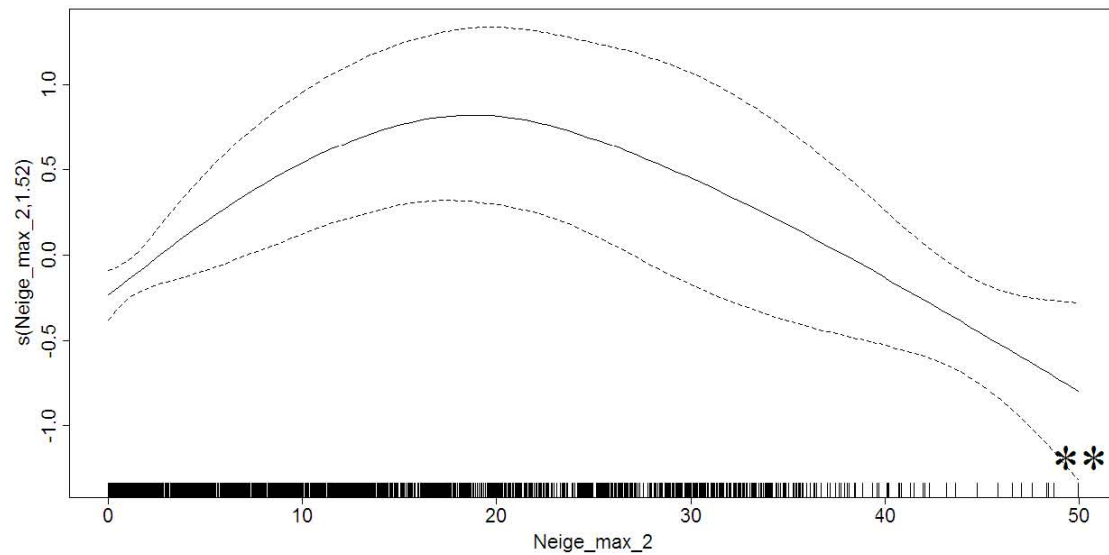


Figure C-17 : Hospitalisations traumatismes, femmes, 65 ans et plus, zones défavorisées

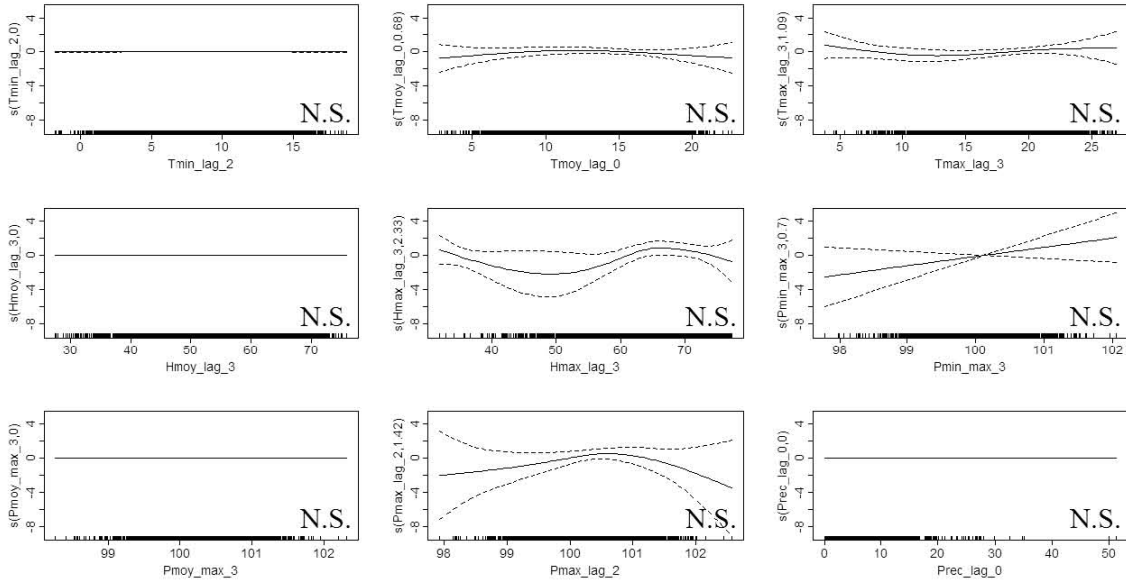
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

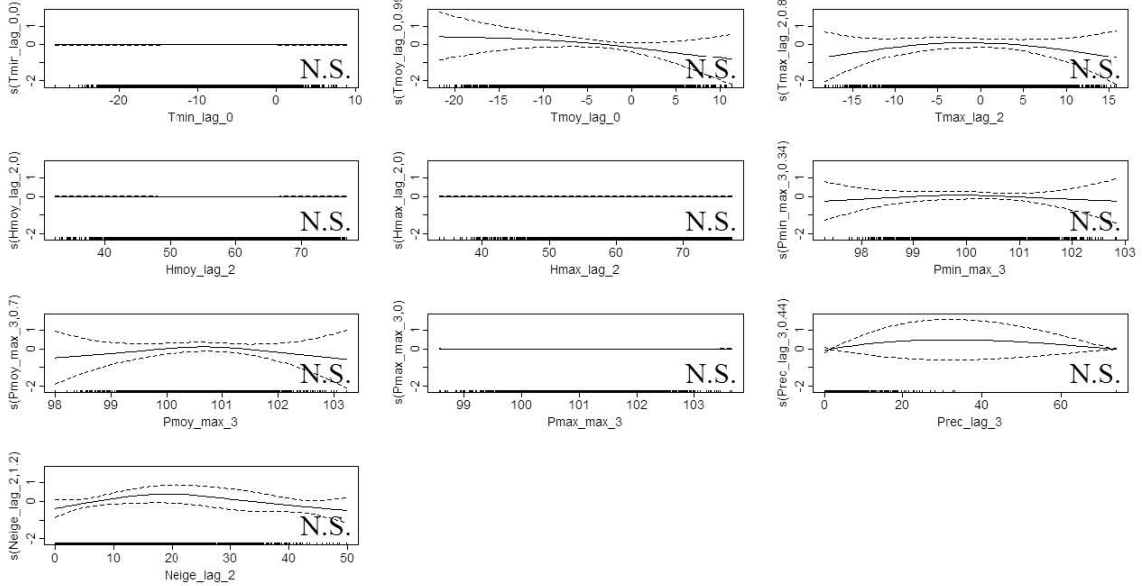
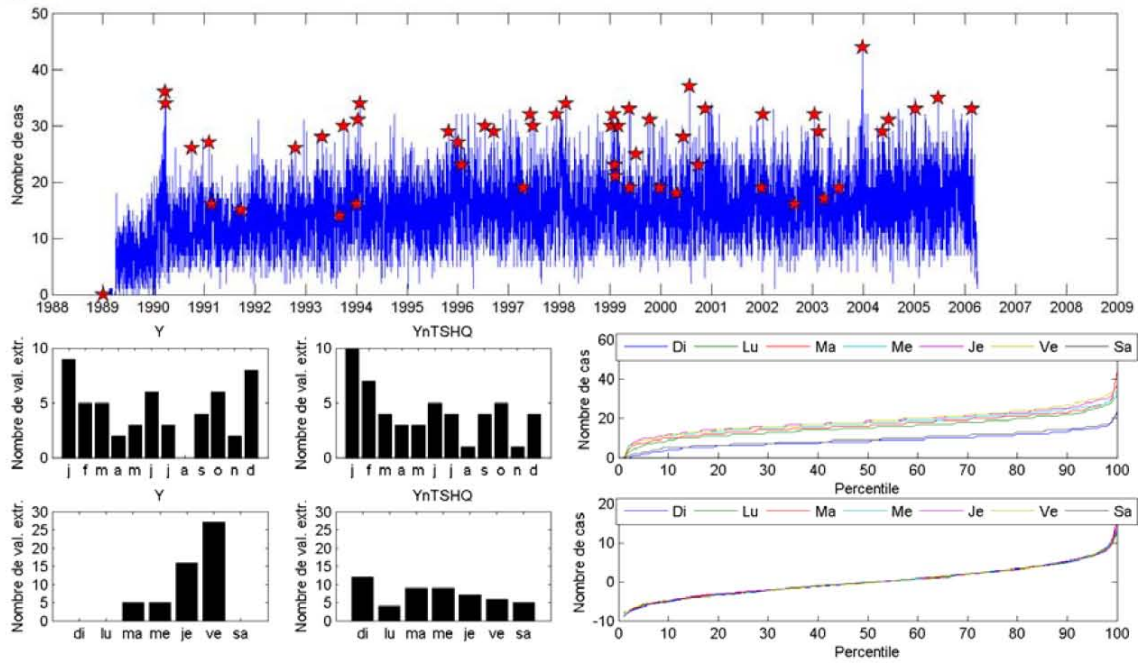
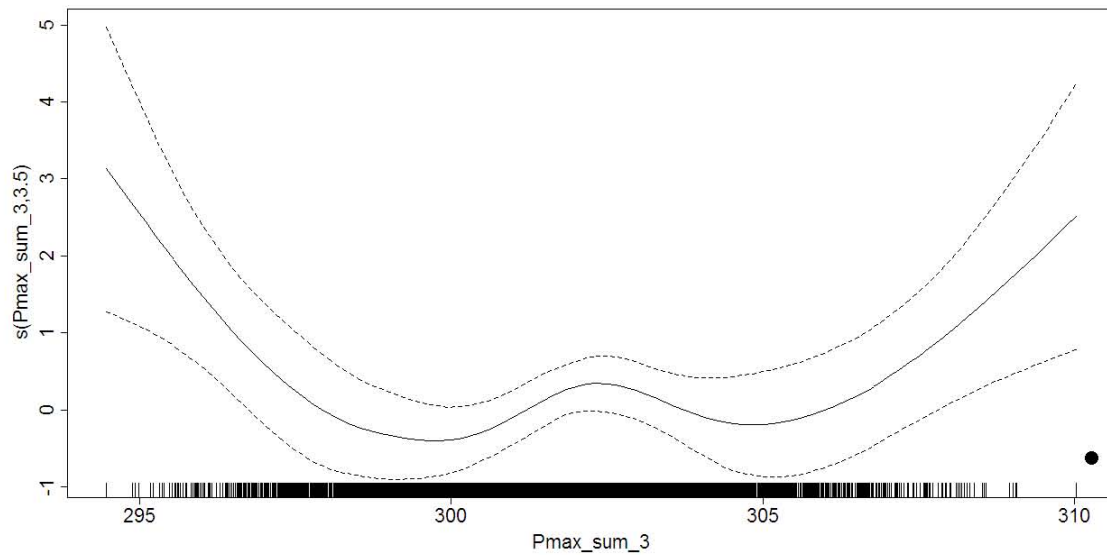


Figure C-18 : Hospitalisations traumatismes, femmes, 65 ans et plus

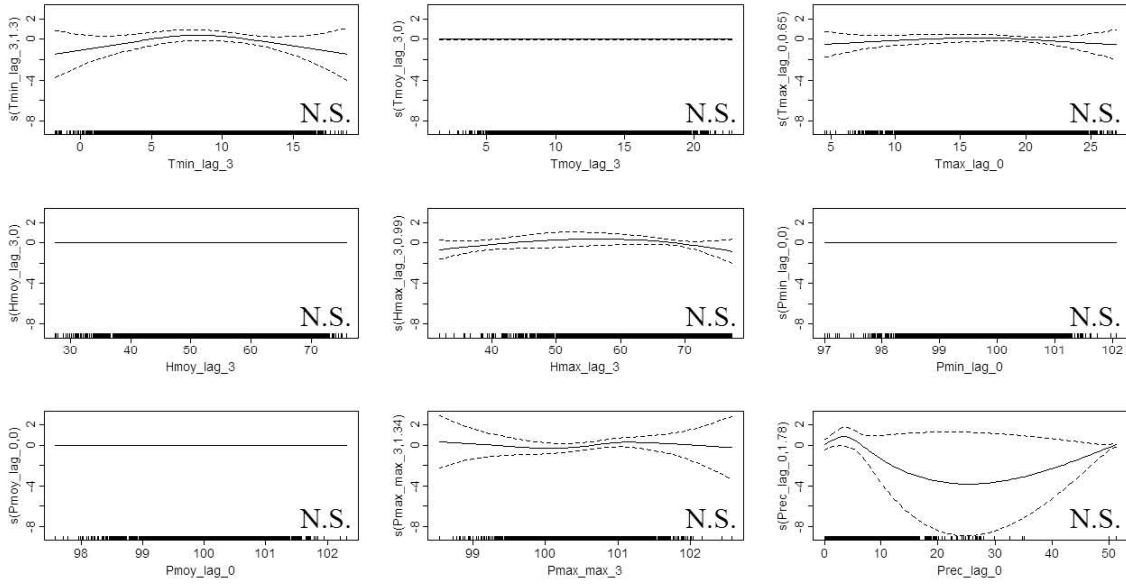
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

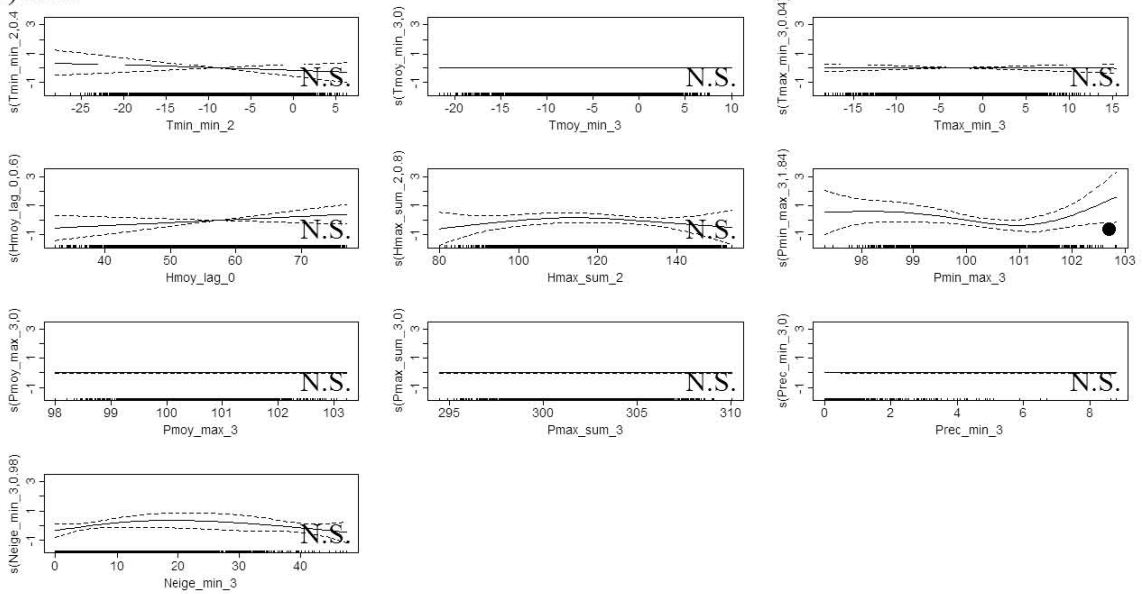
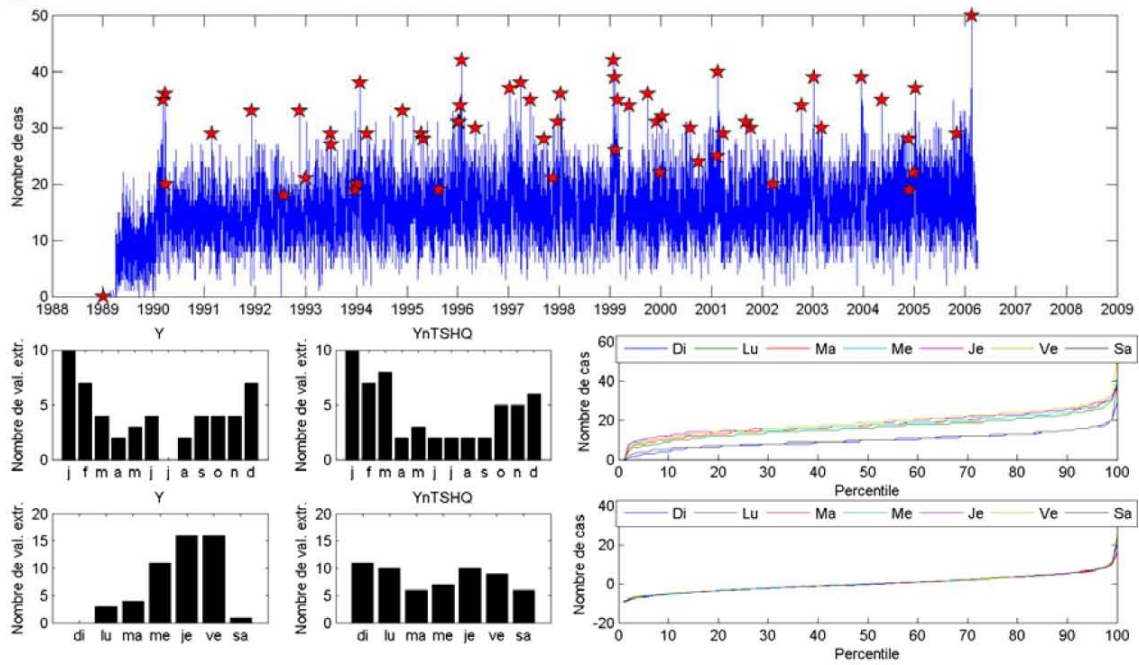
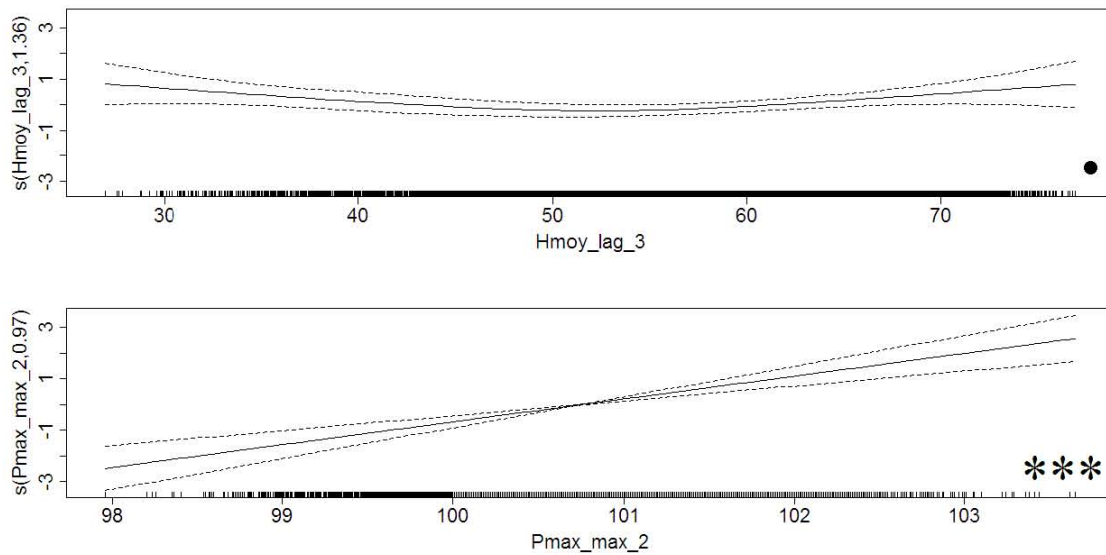


Figure C-19 : Hospitalisations traumatismes, femmes, zones favorisées

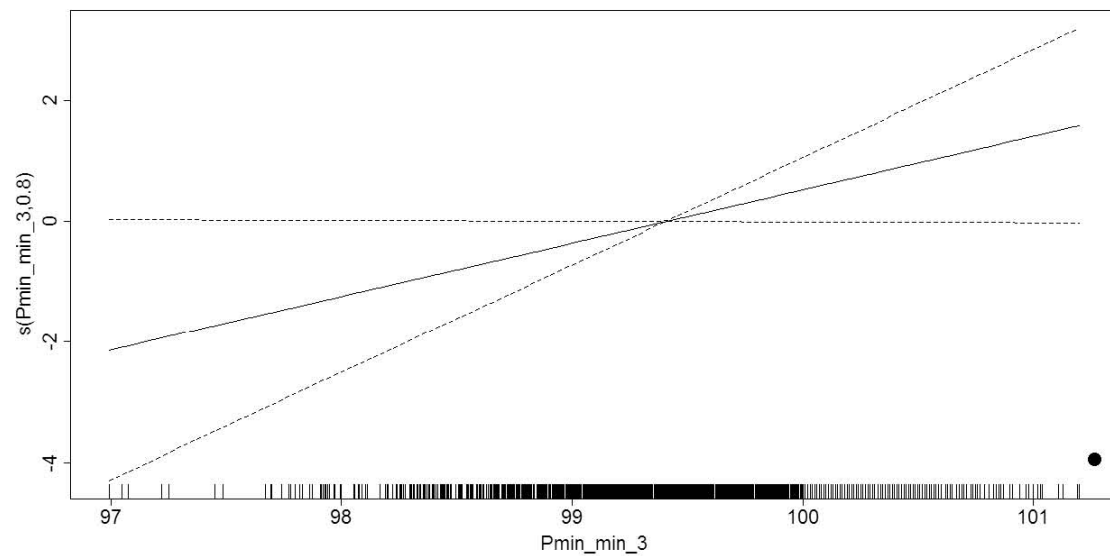
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

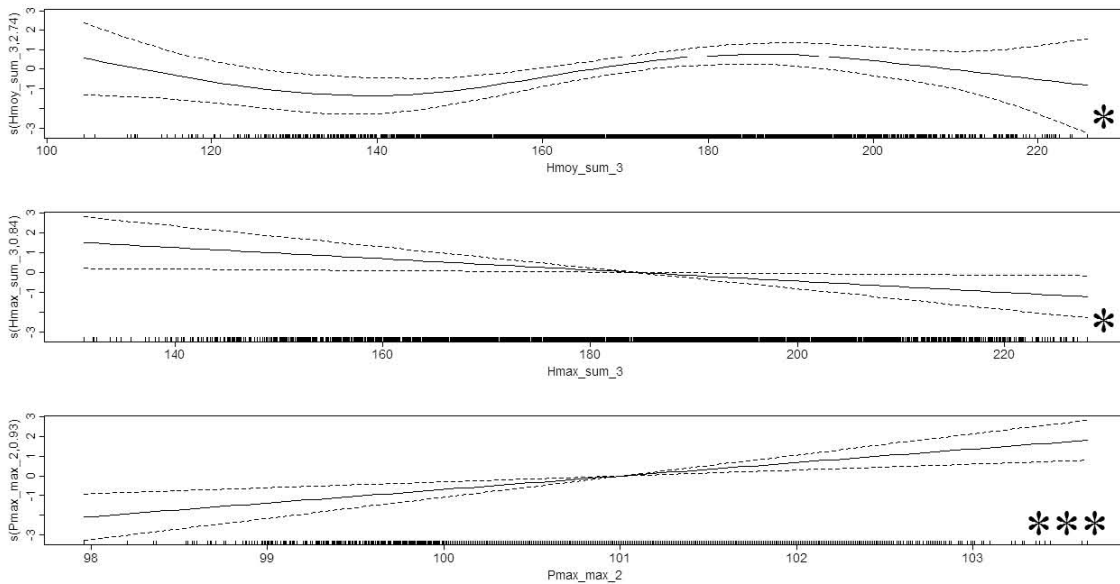
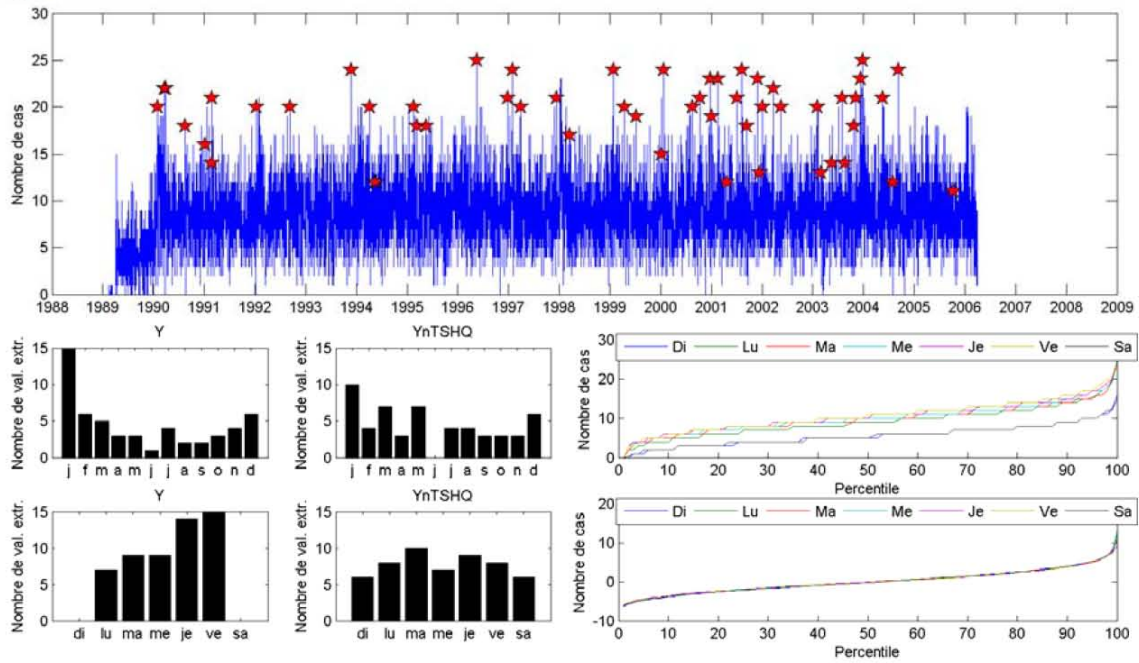
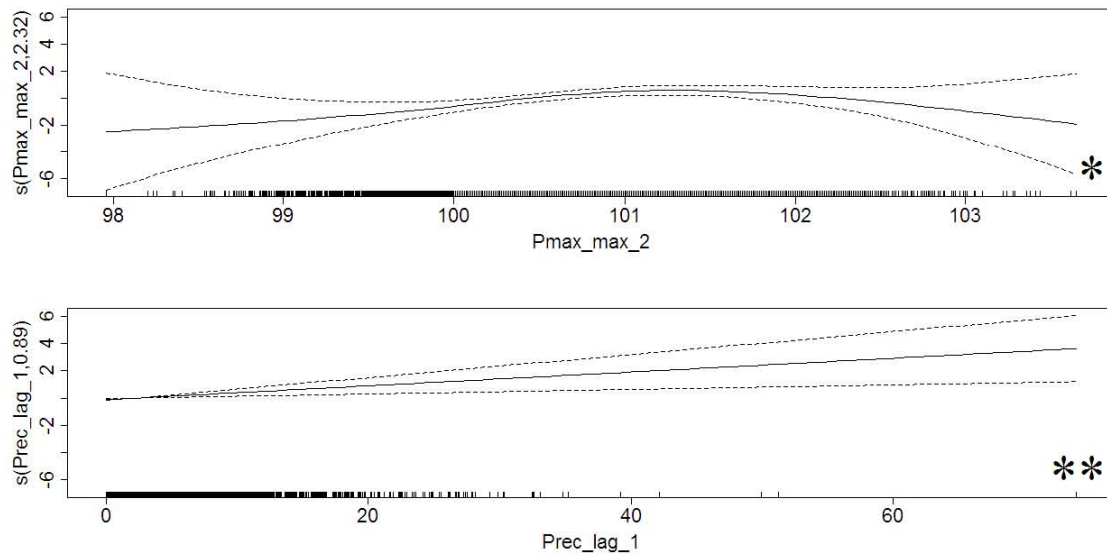


Figure C-20 : Hospitalisations traumatismes, femmes, zones défavorisées

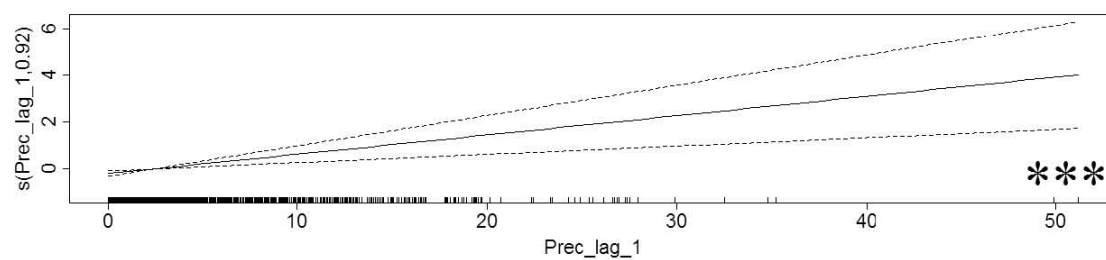
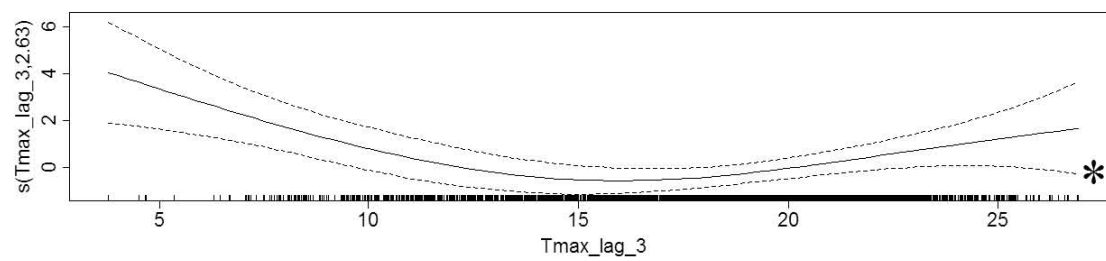
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

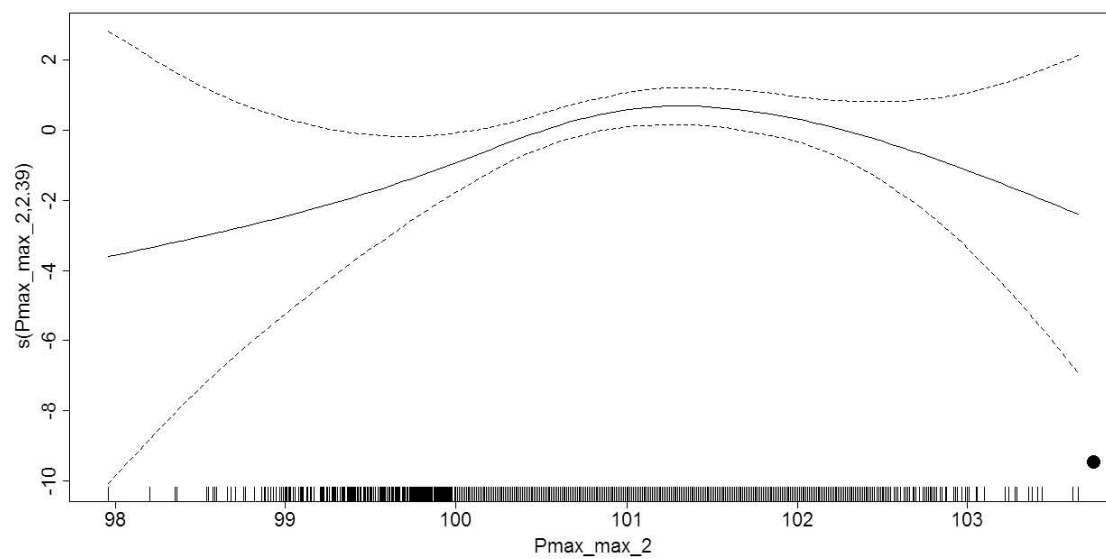
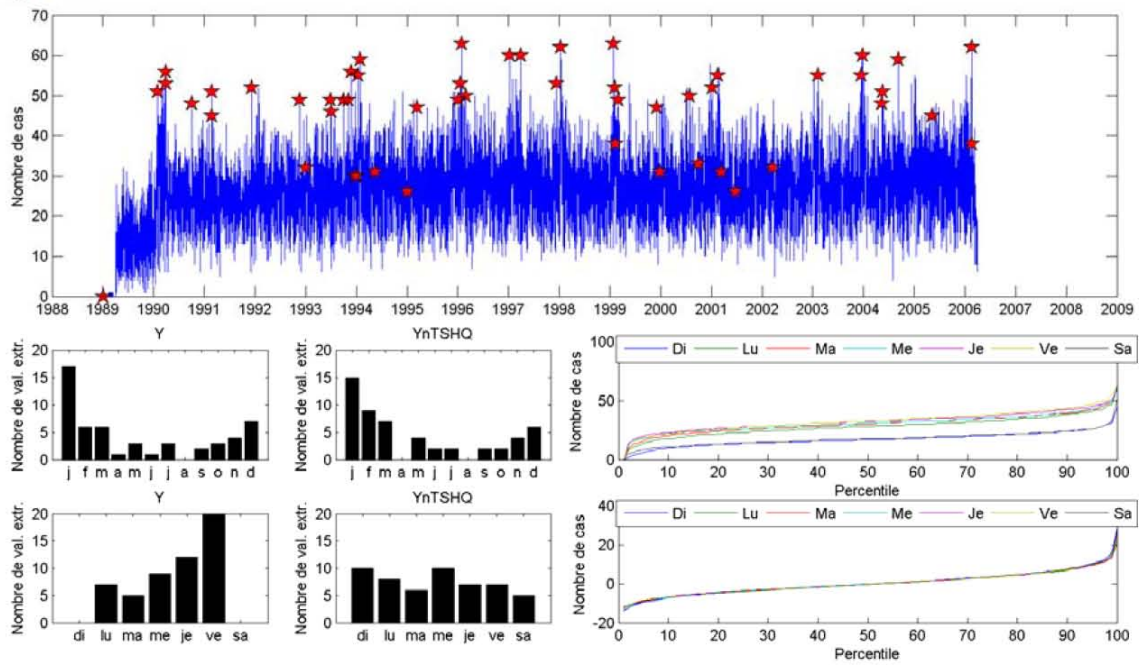
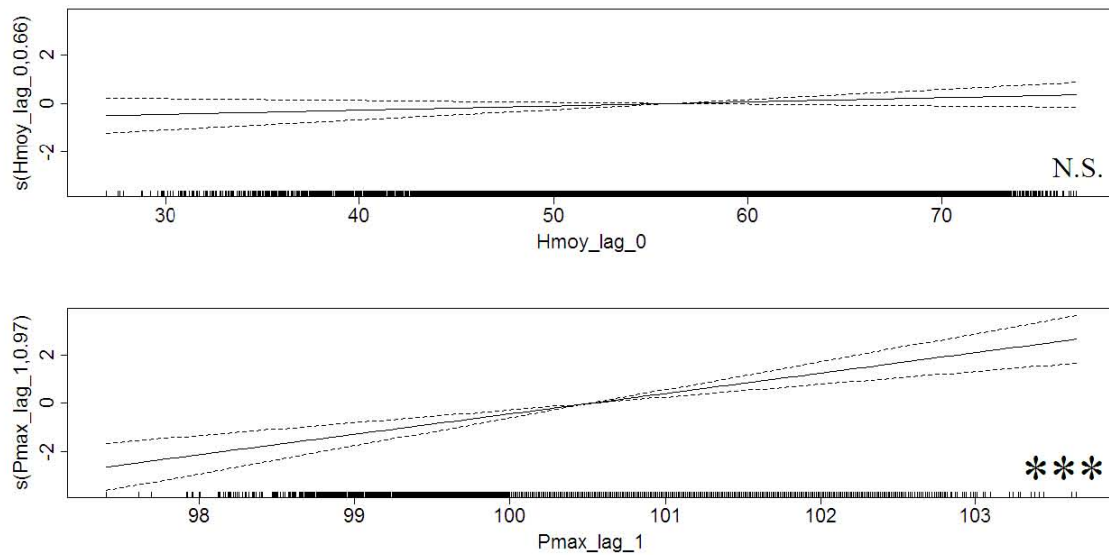


Figure C-21 : Hospitalisations traumatismes, femmes

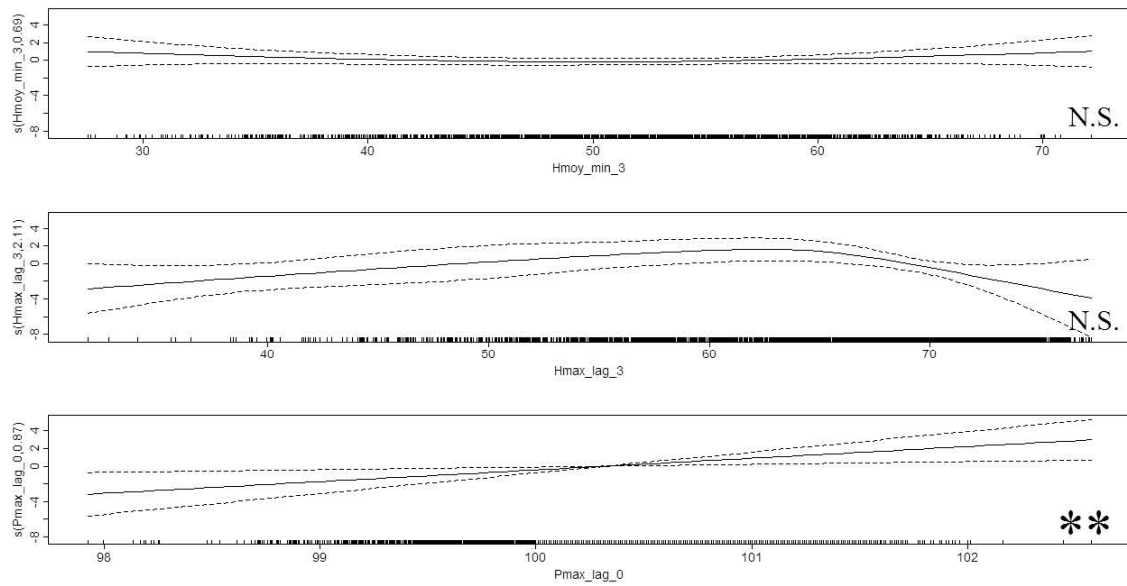
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

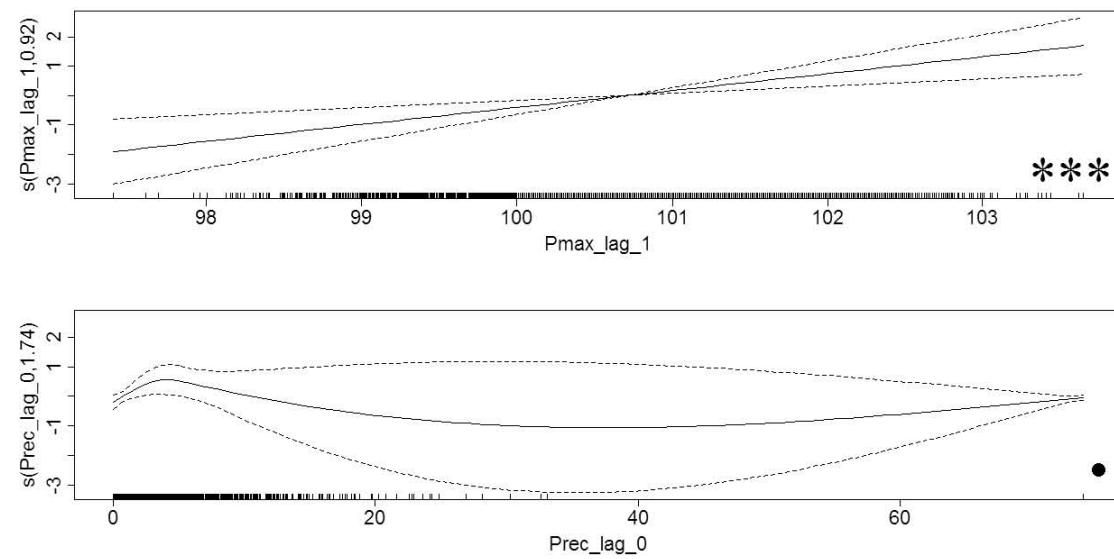
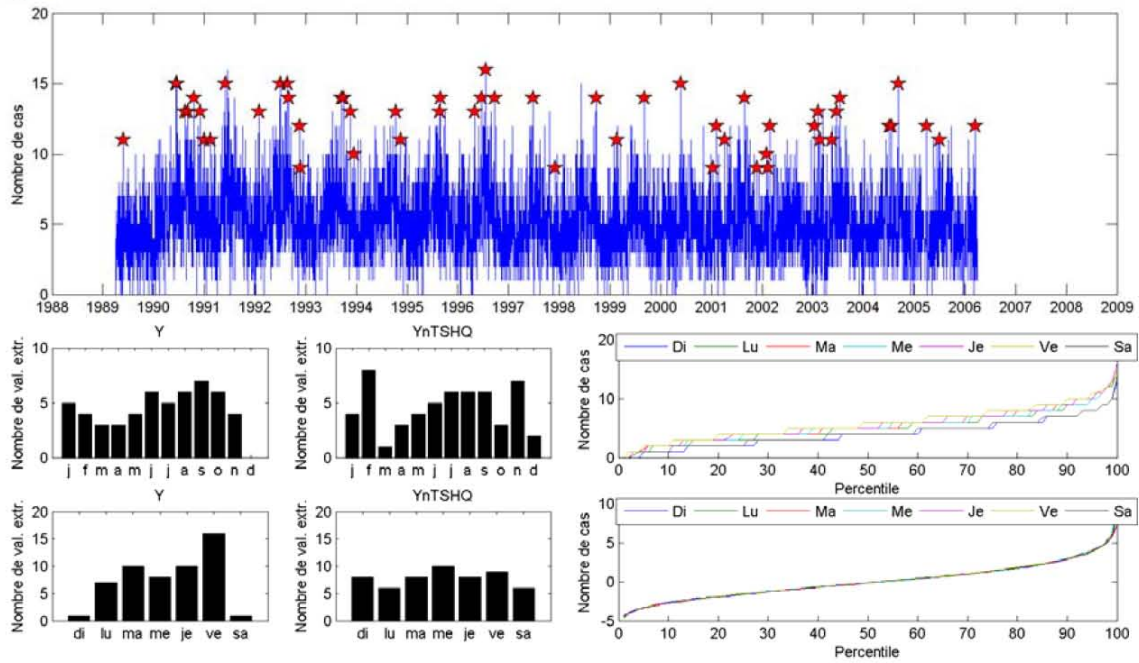
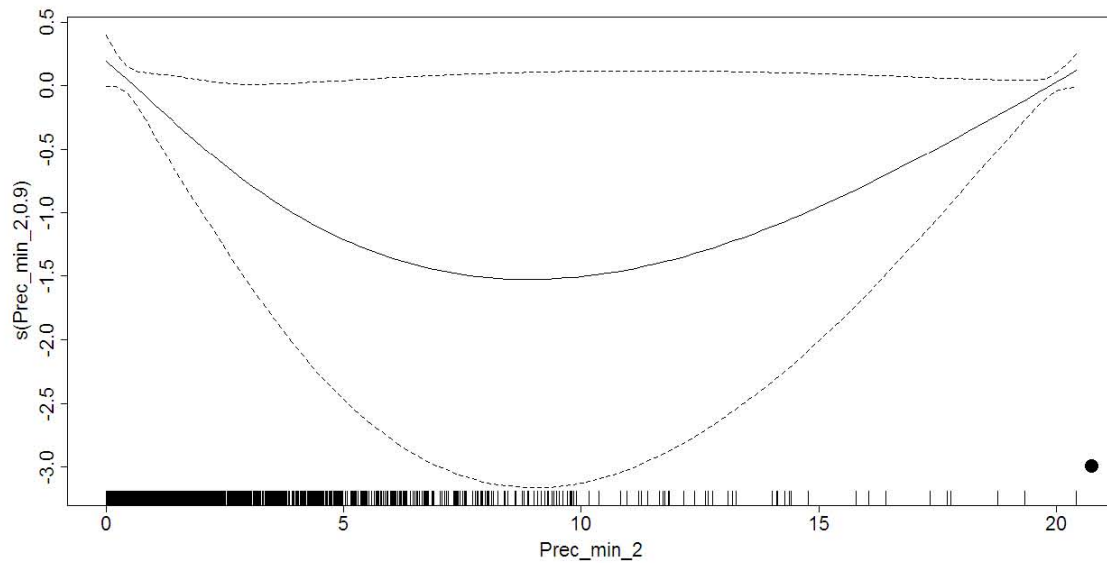


Figure C-22 : Hospitalisations traumatismes, hommes, 0 à 24 ans, zones favorisées

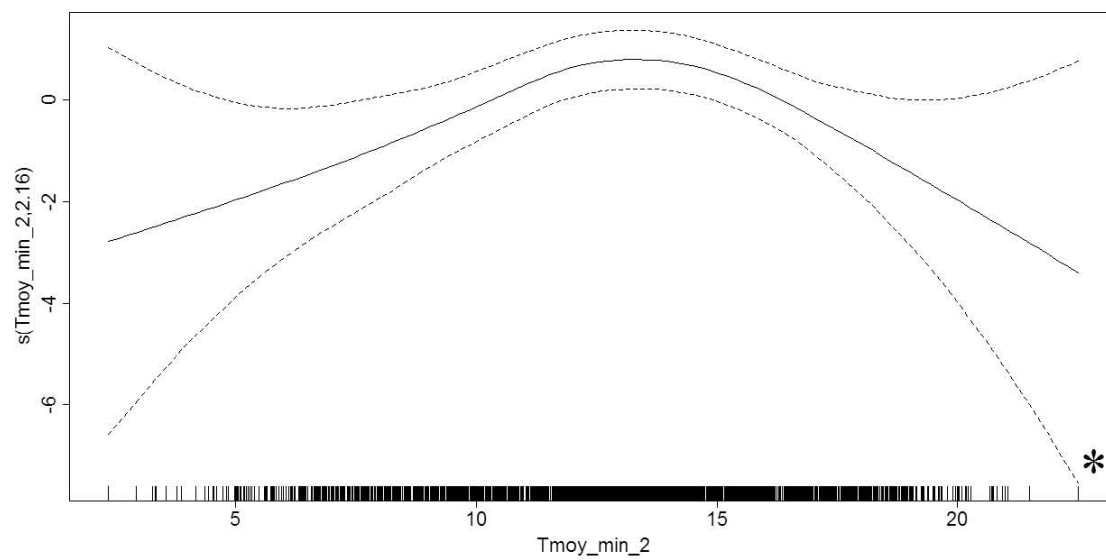
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

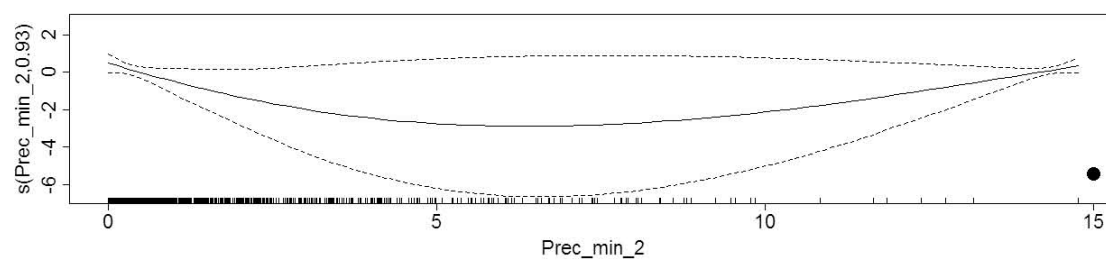
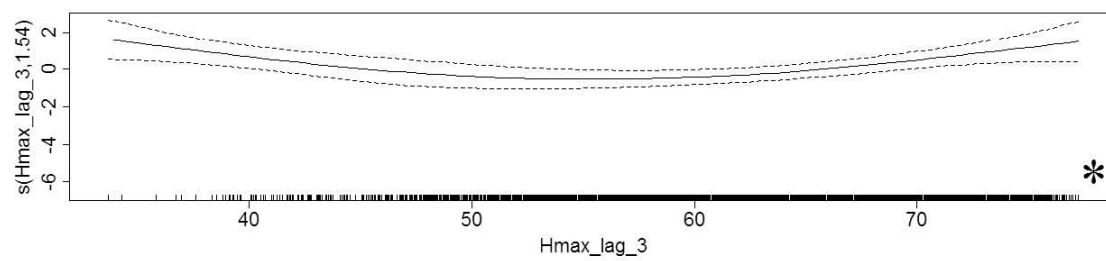
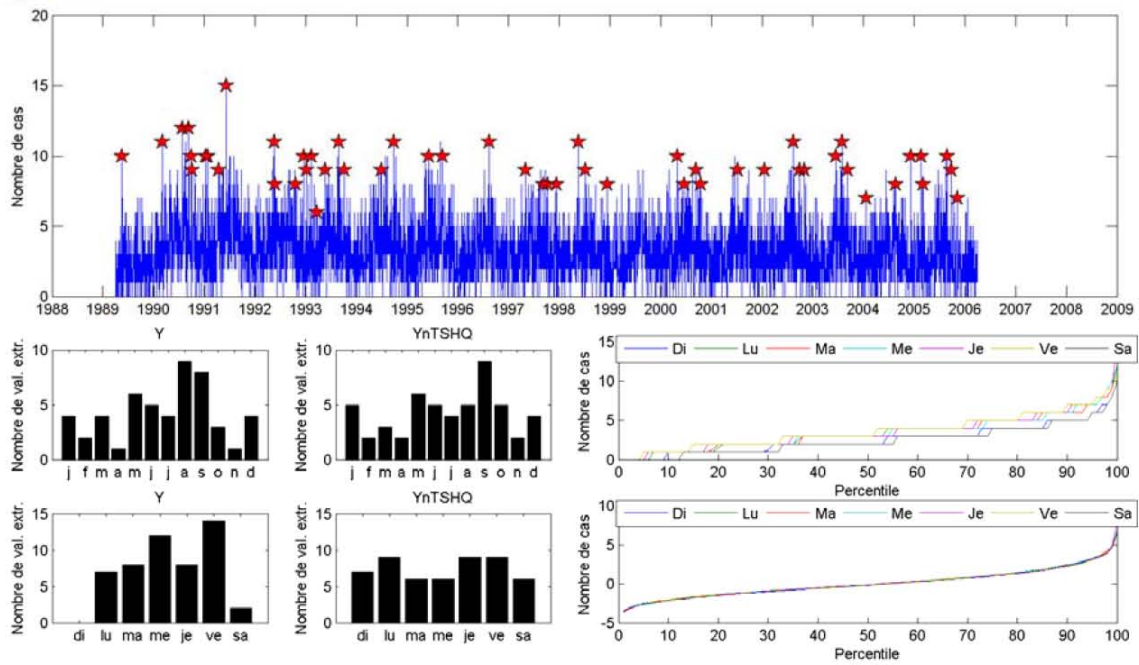
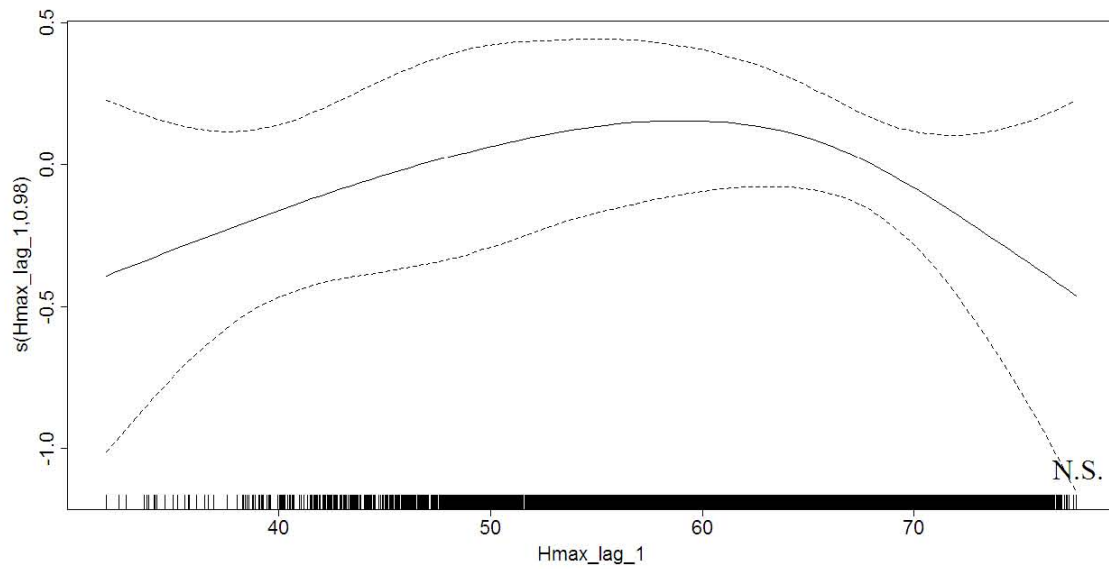


Figure C-23 : Hospitalisations traumatismes, hommes, 0 à 24 ans, zones défavorisées

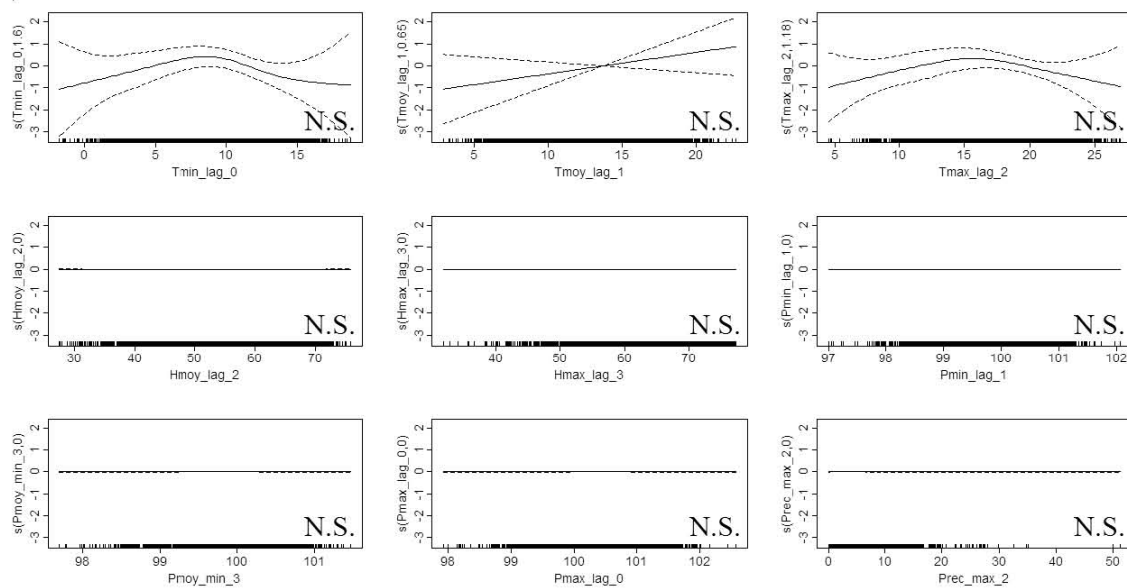
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

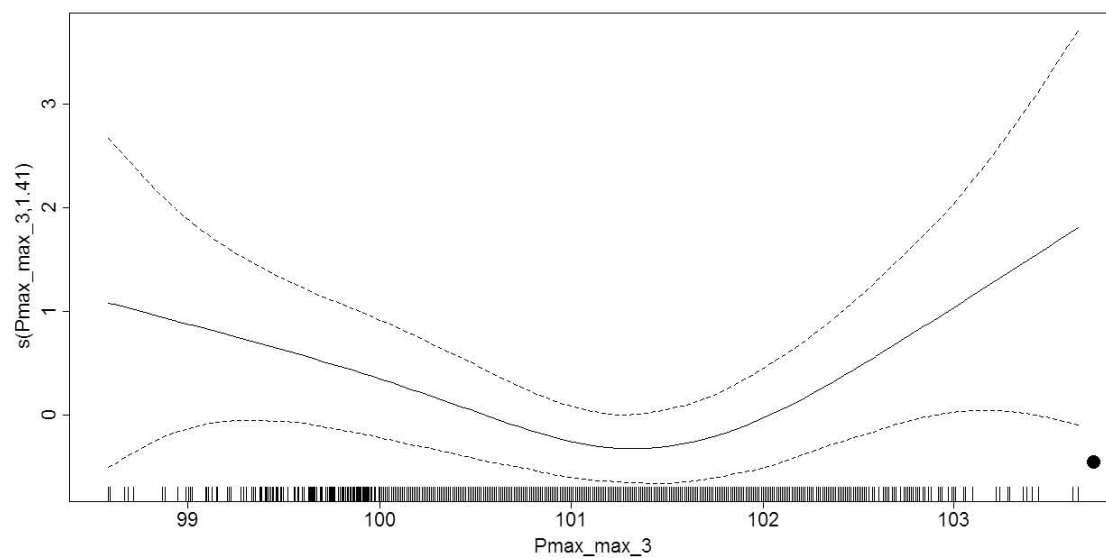
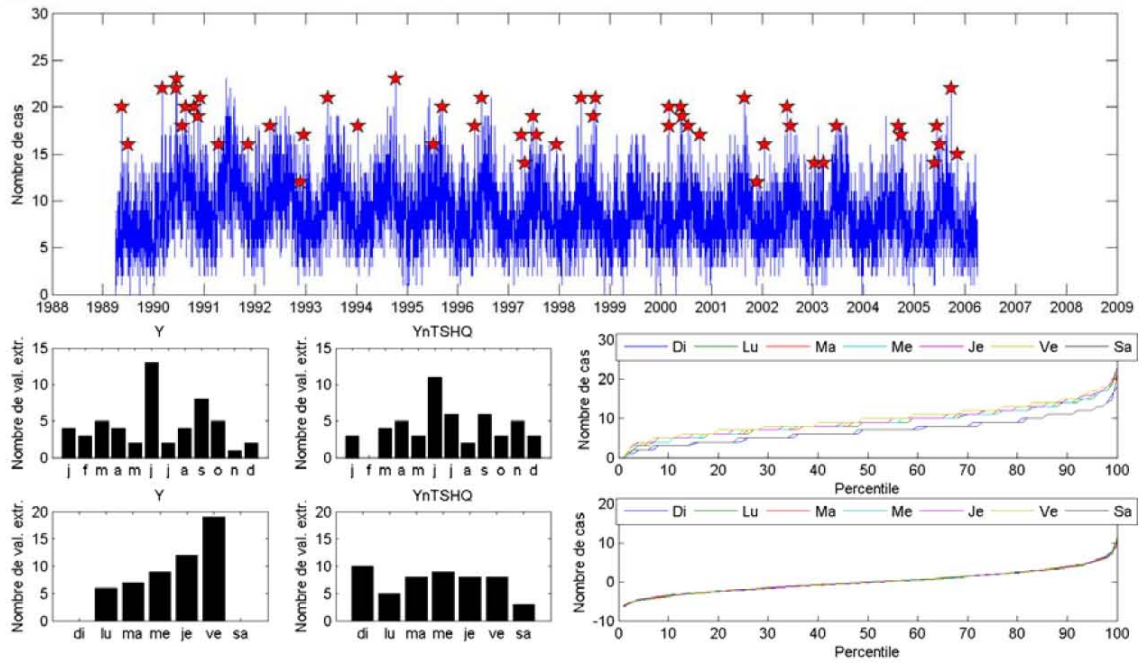
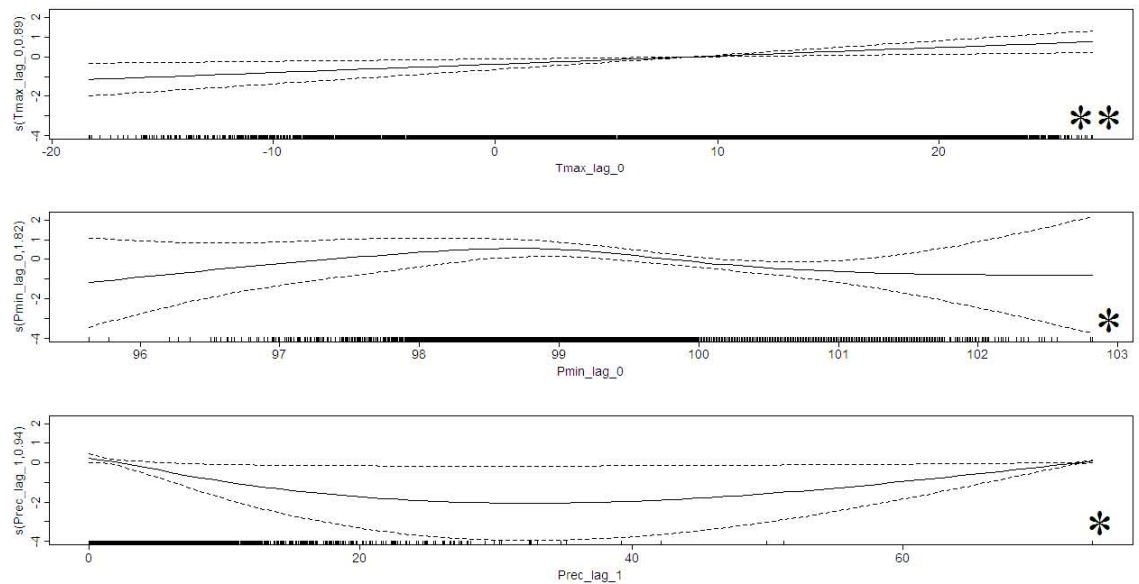


Figure C-24 : Hospitalisations traumatismes, hommes, 0 à 24 ans

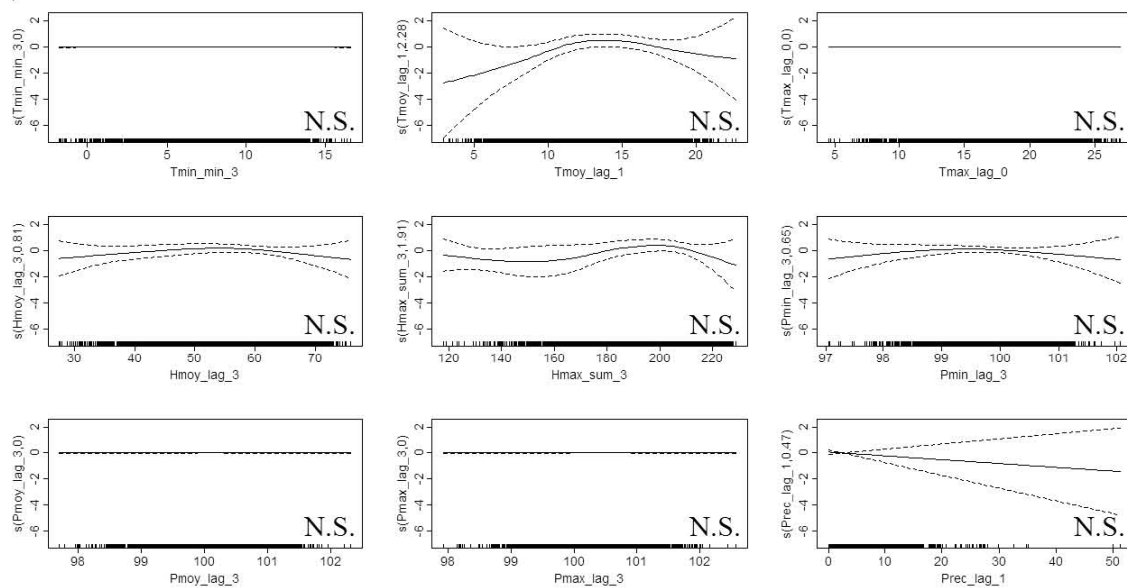
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

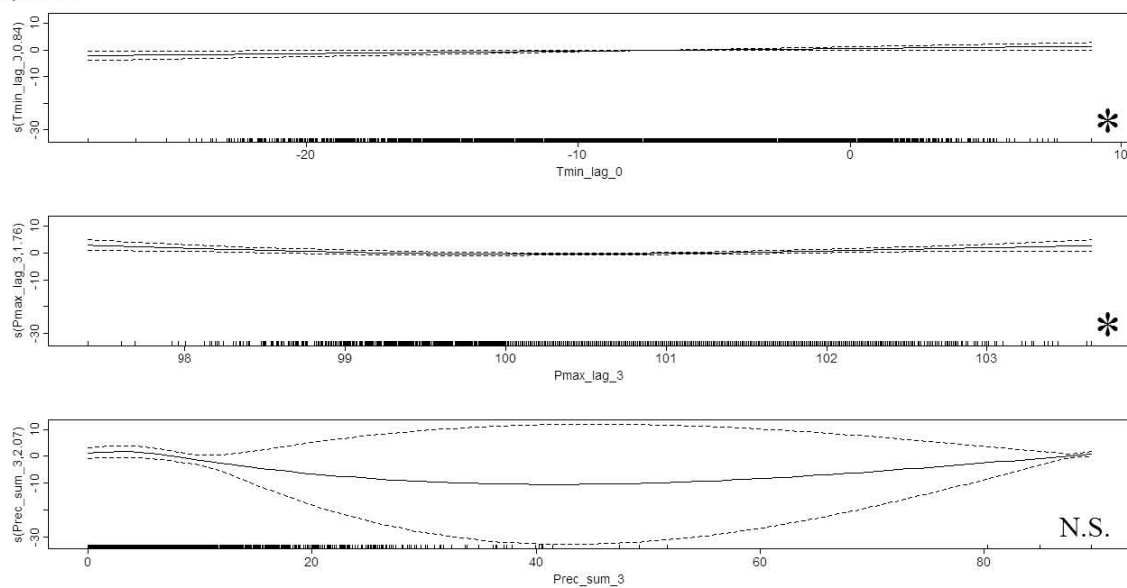
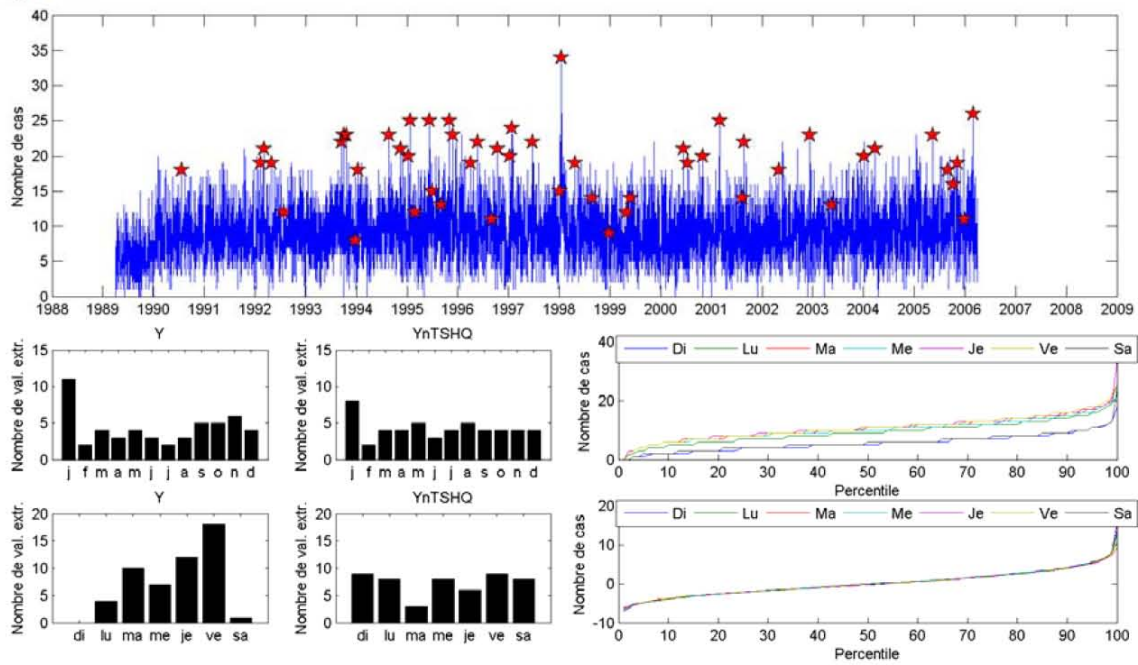
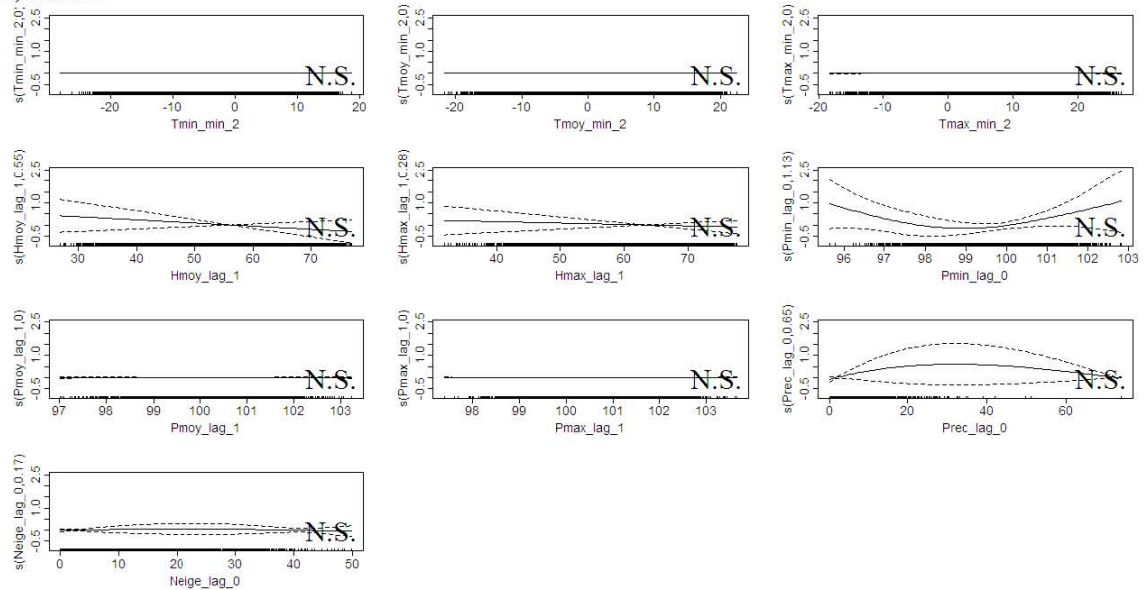


Figure C-25 : Hospitalisations traumatismes, hommes, 25 à 64 ans, zones favorisées

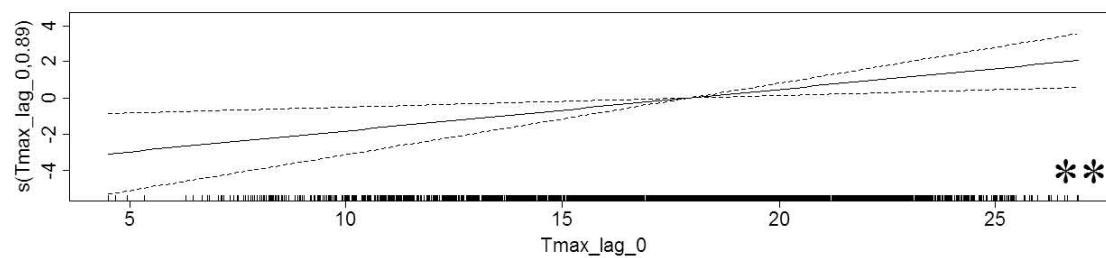
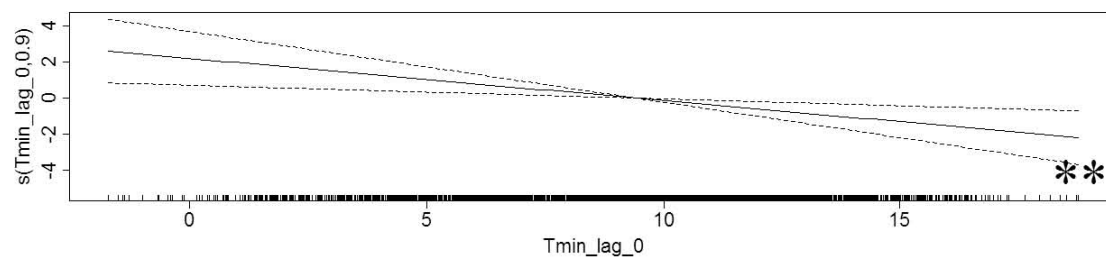
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

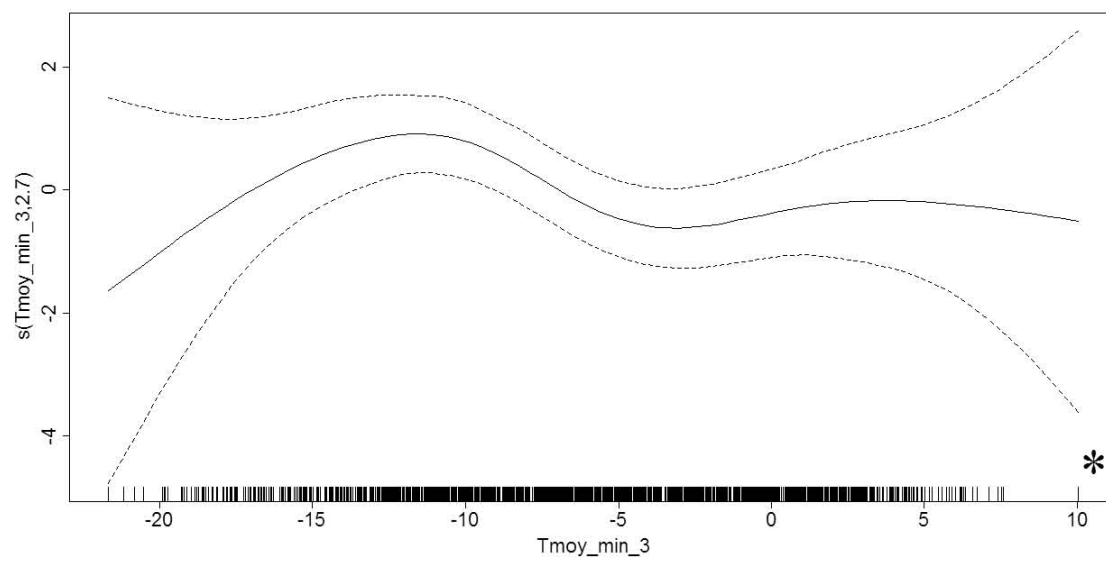
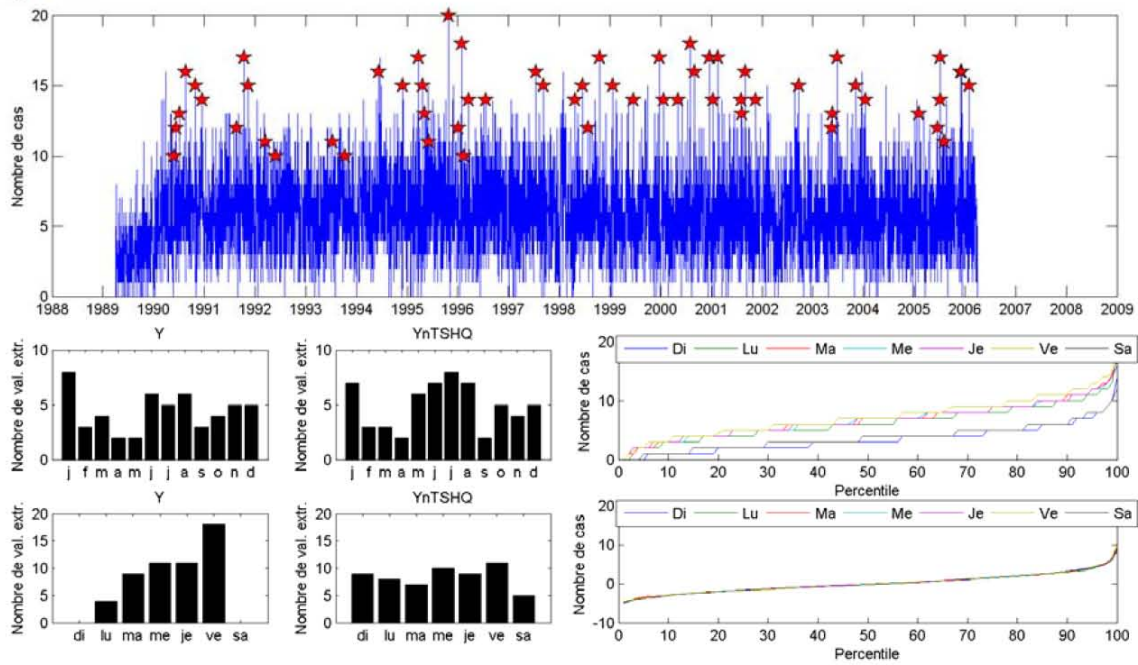
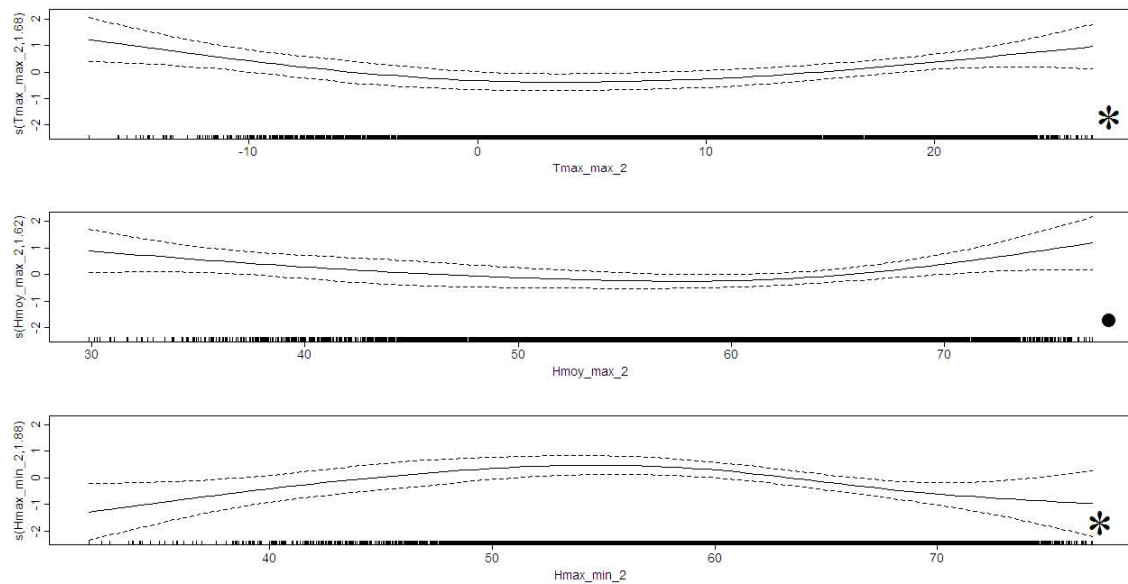


Figure C-26 : Hospitalisations traumatismes, hommes, 25 à 64 ans, zones défavorisées

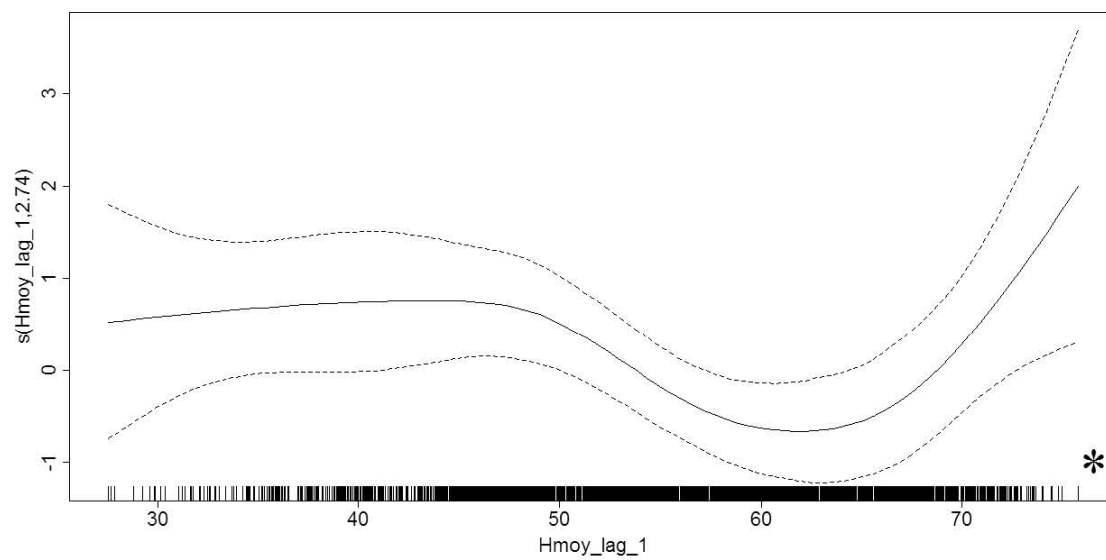
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

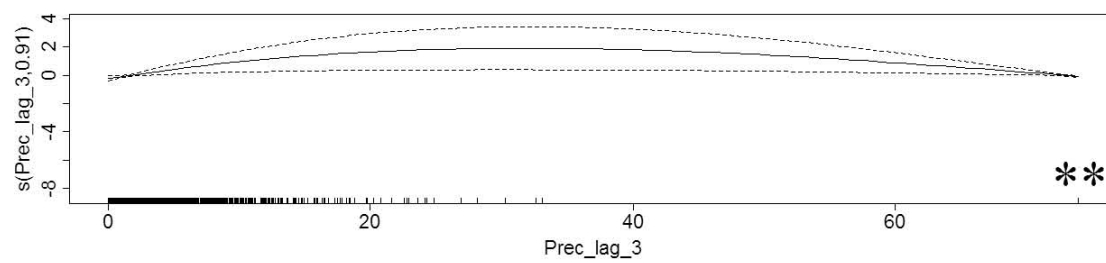
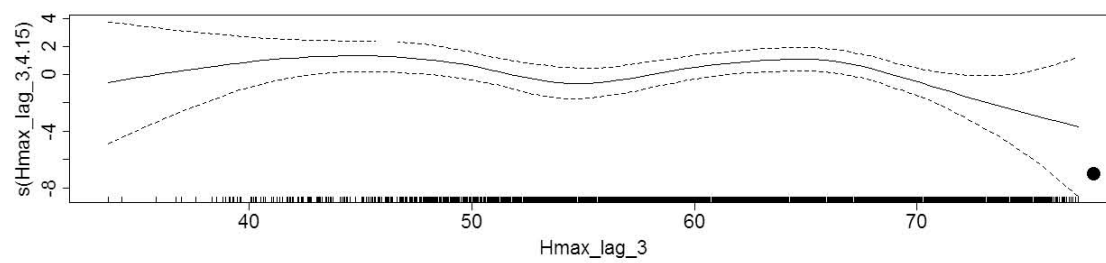
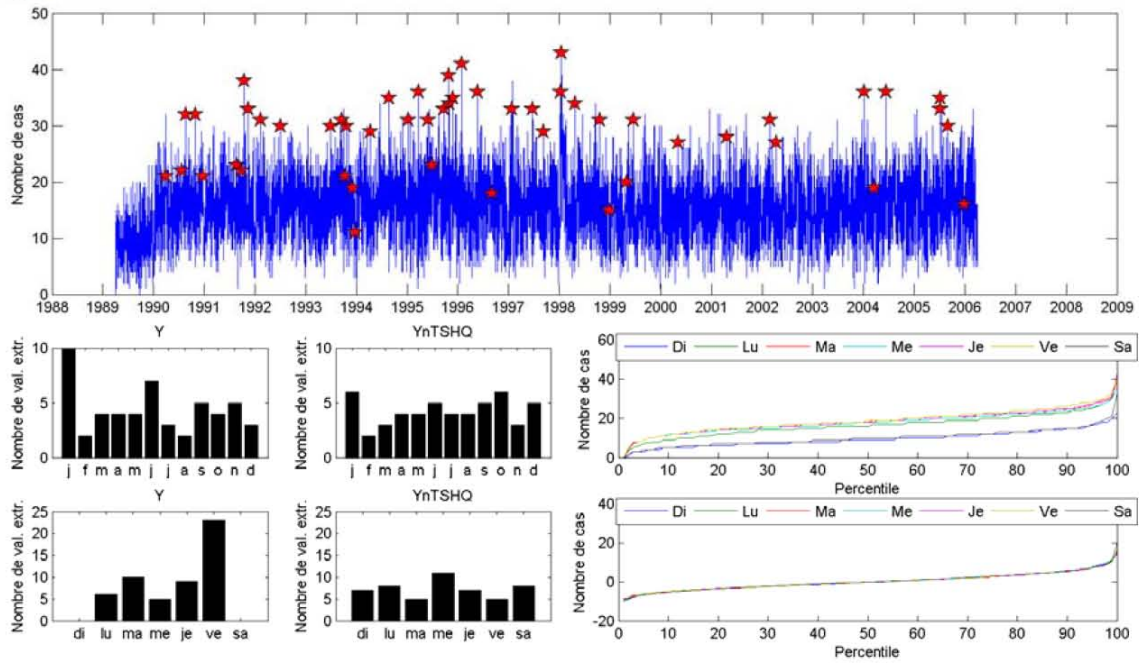
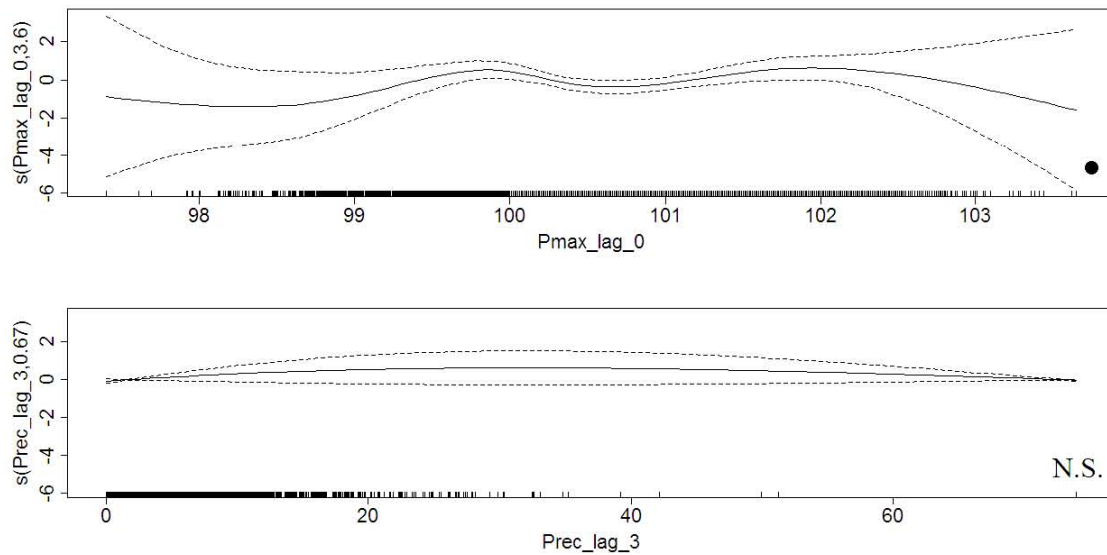


Figure C-27 : Hospitalisations traumatismes, hommes, 25 à 64 ans

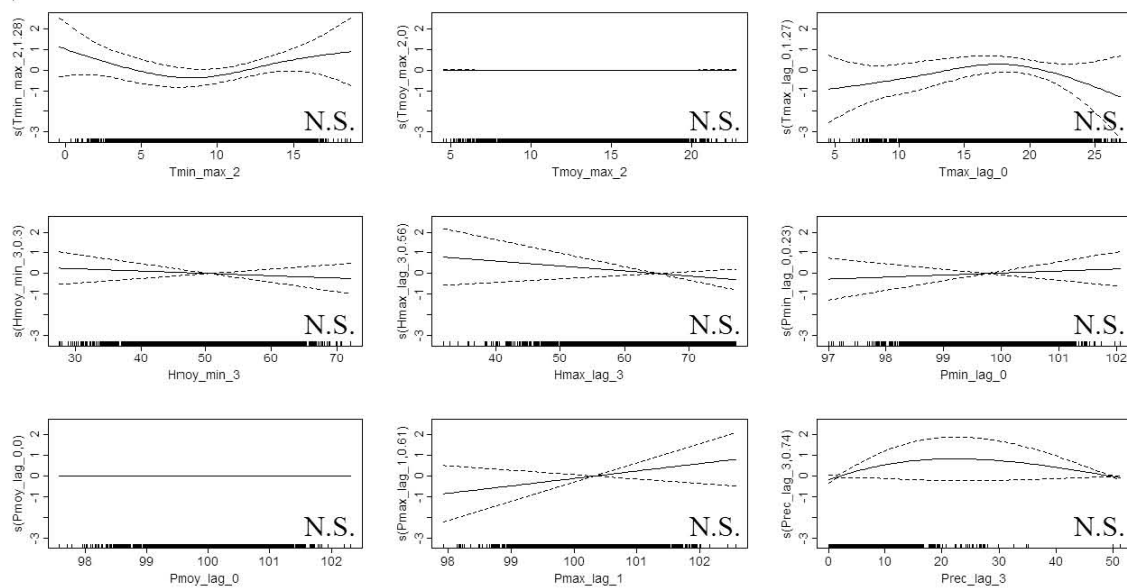
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

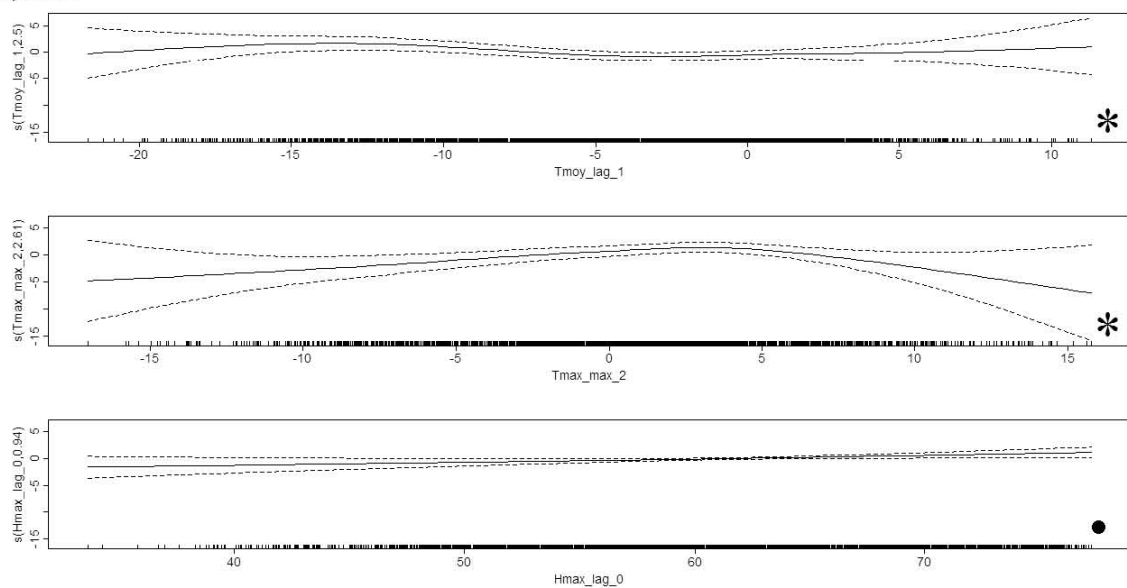
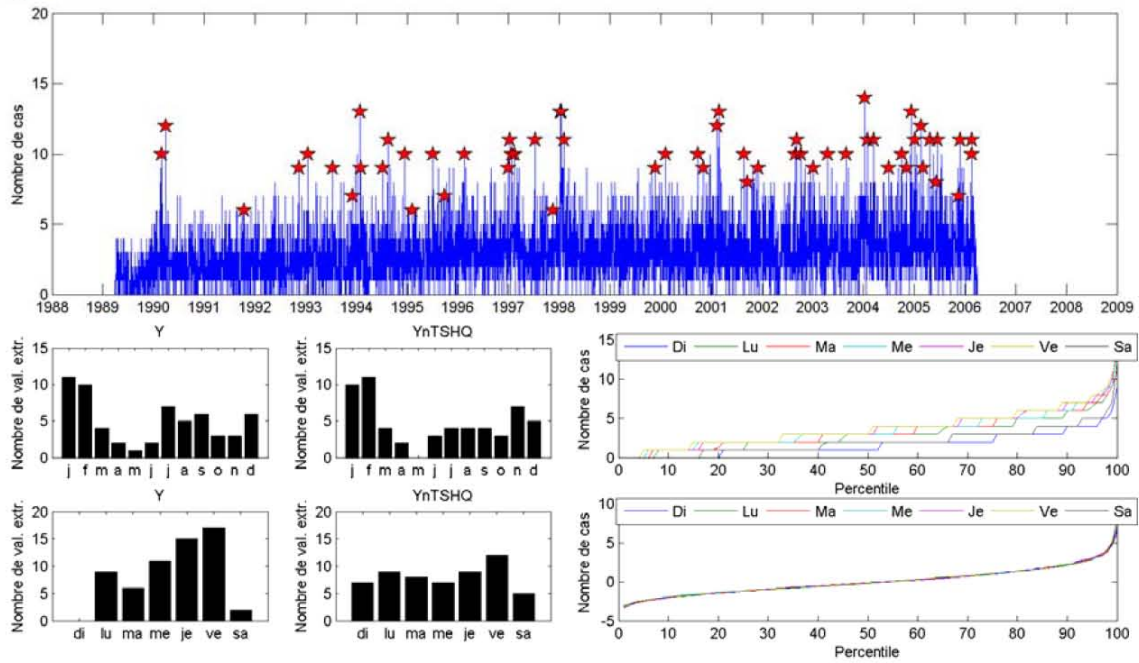
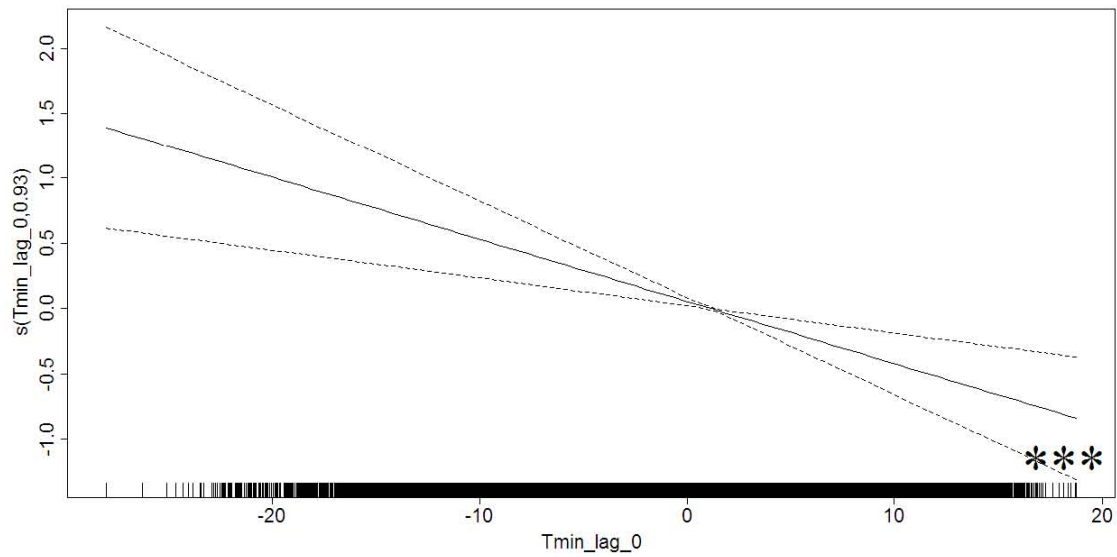


Figure C-28 : Hospitalisations traumatismes, hommes, 65 ans et plus, zones favorisées

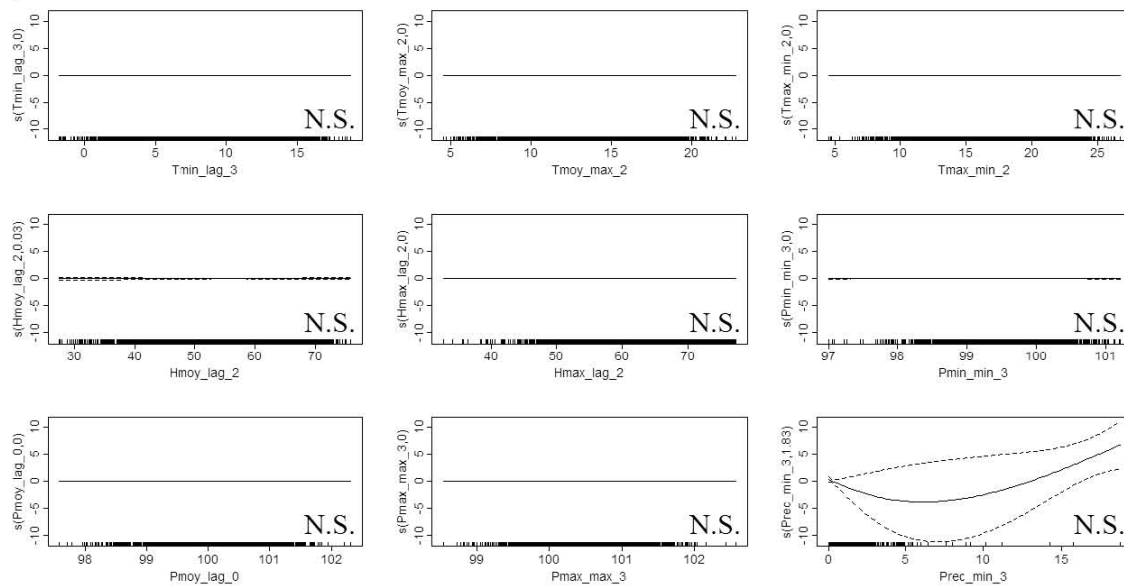
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

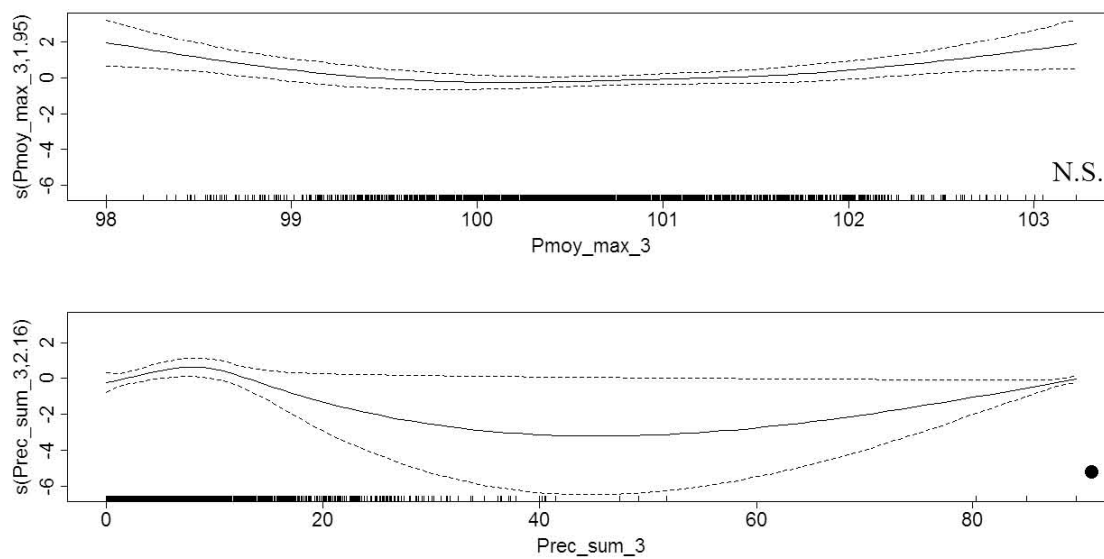
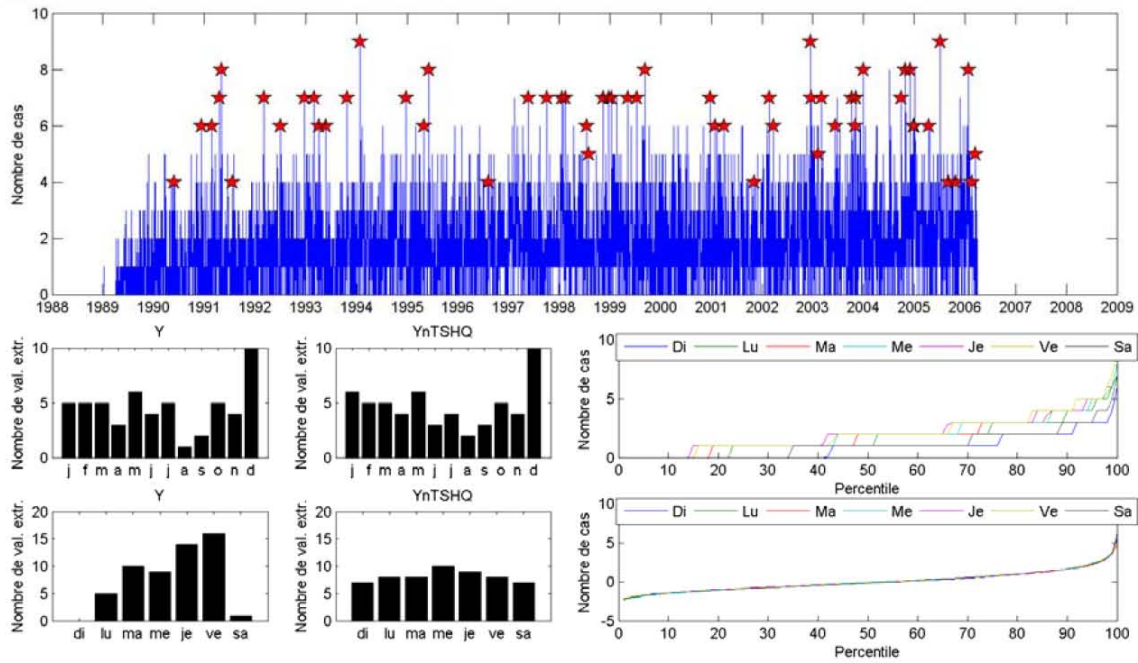
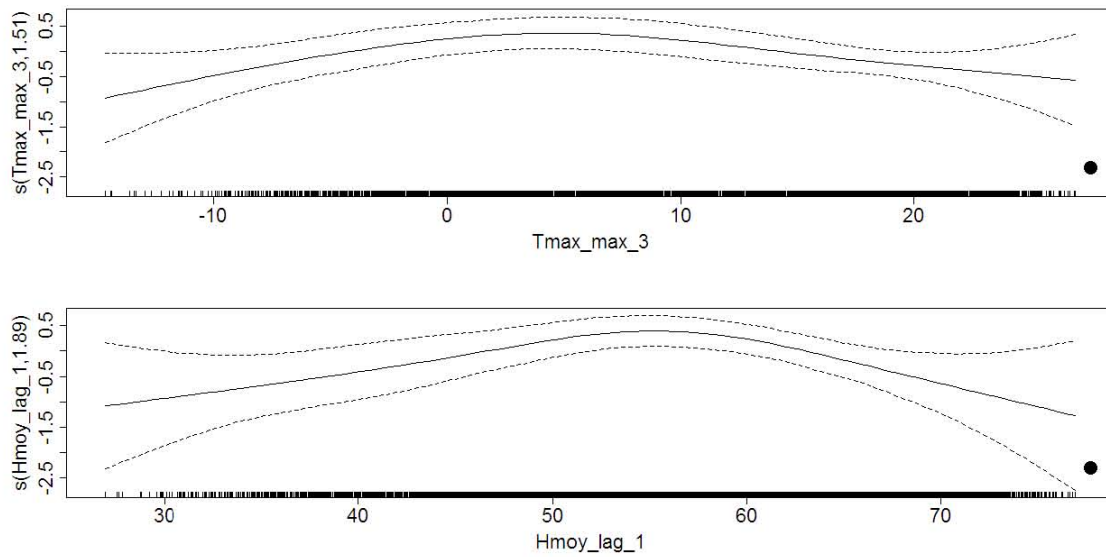


Figure C-29 : Hospitalisations traumatismes, hommes, 65 ans et plus, zones défavorisées

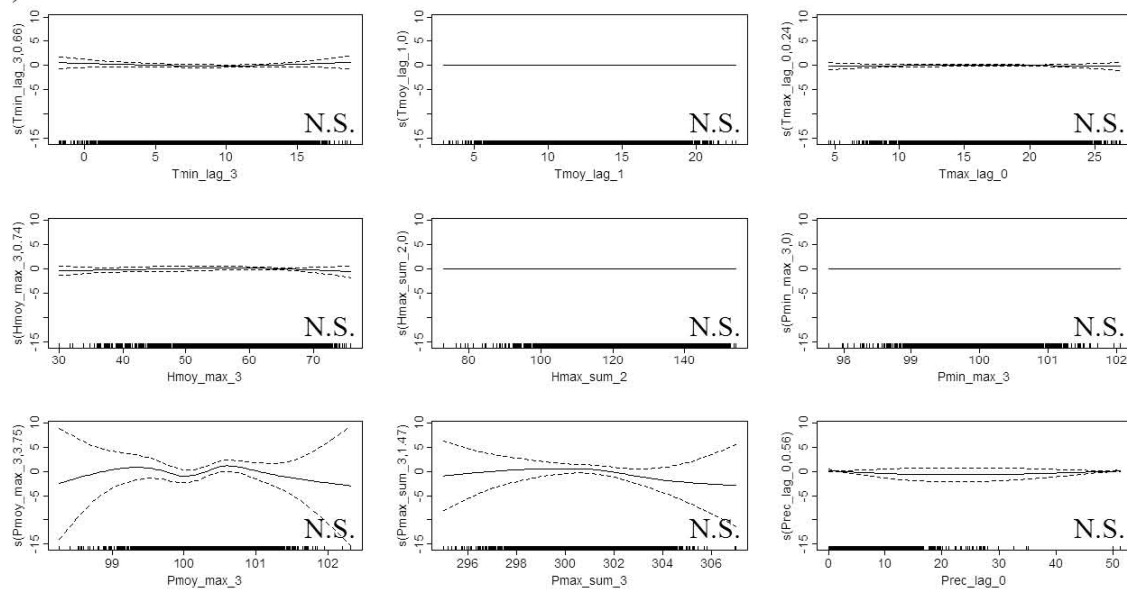
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

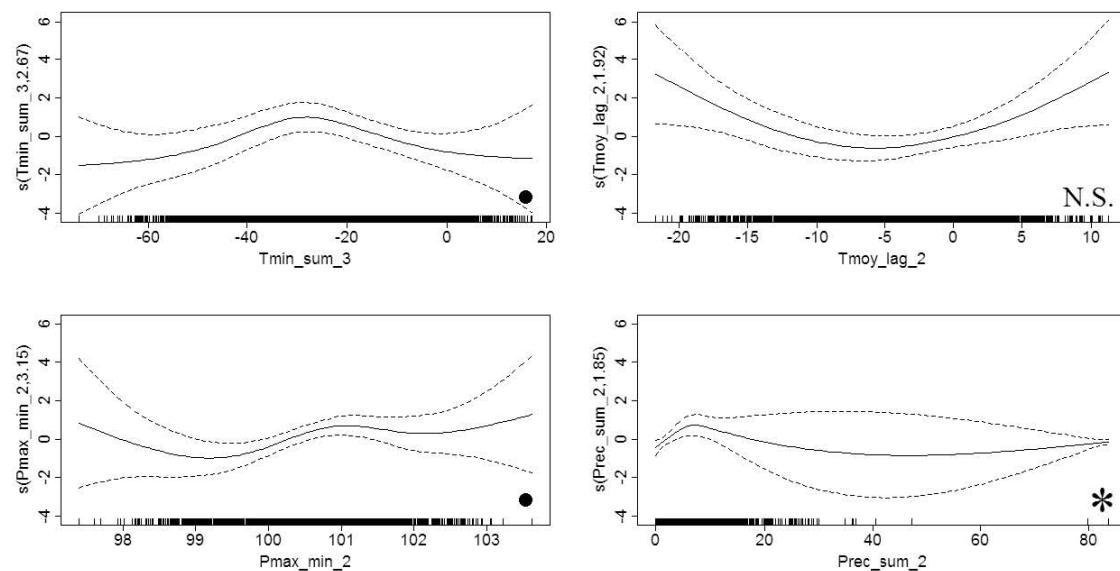
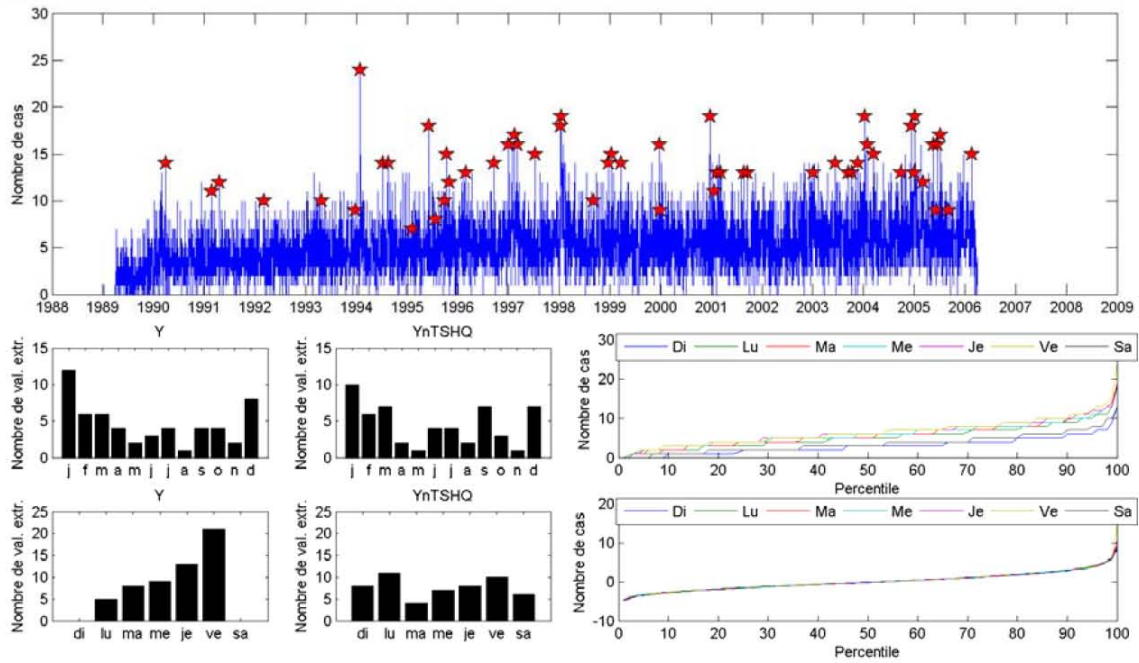
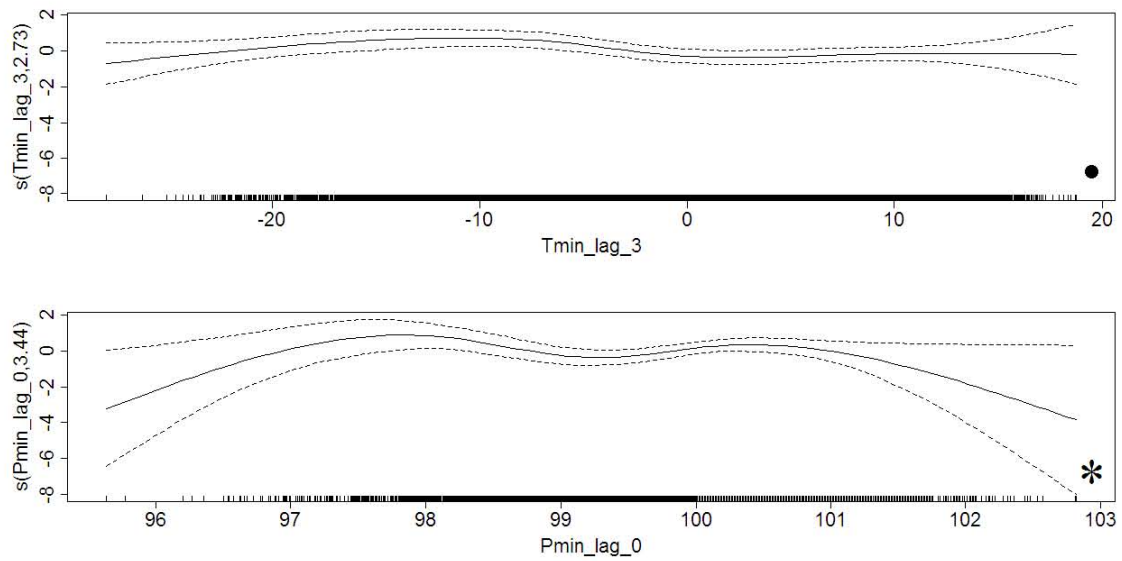


Figure C-30 : Hospitalisations traumatismes, hommes, 65 ans et plus

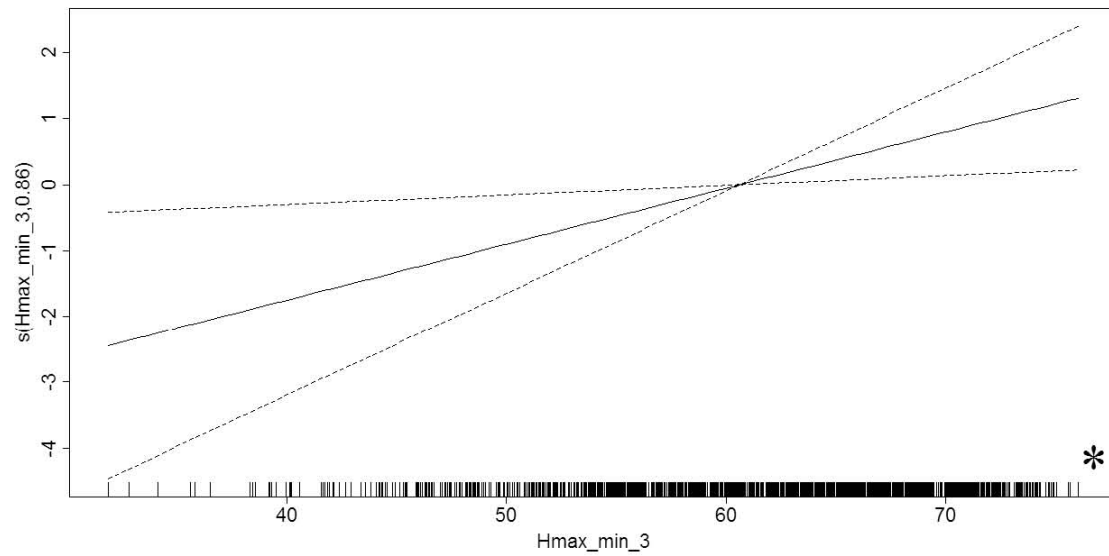
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

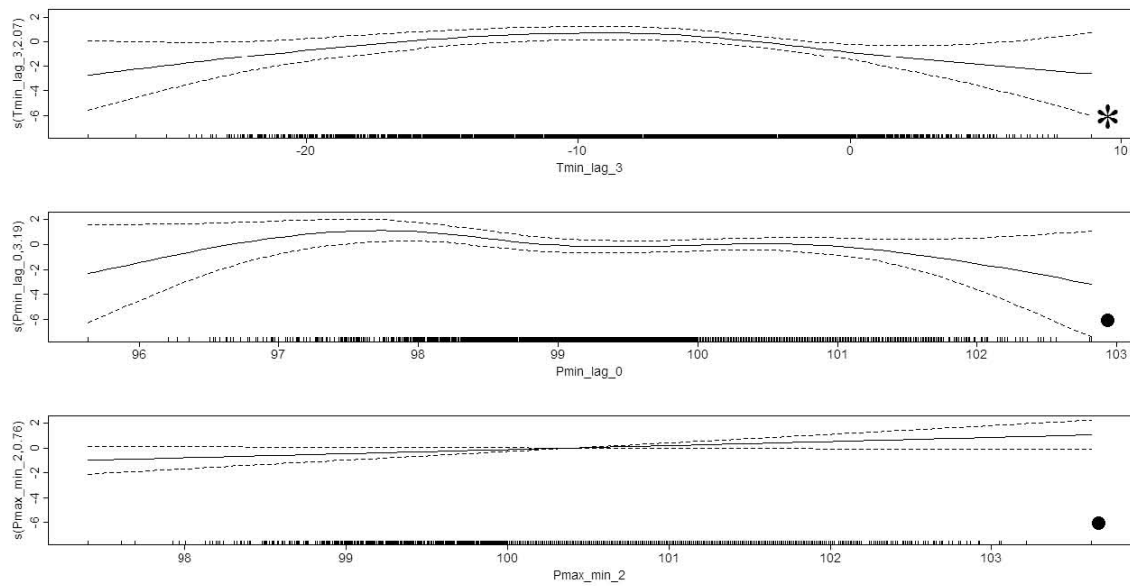
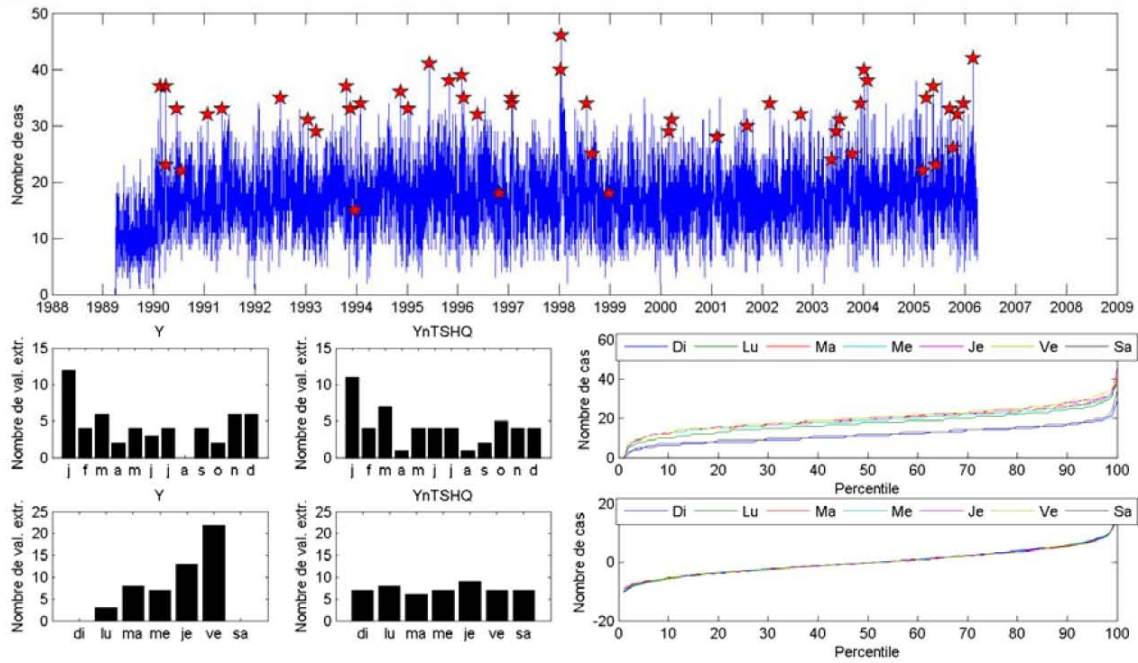
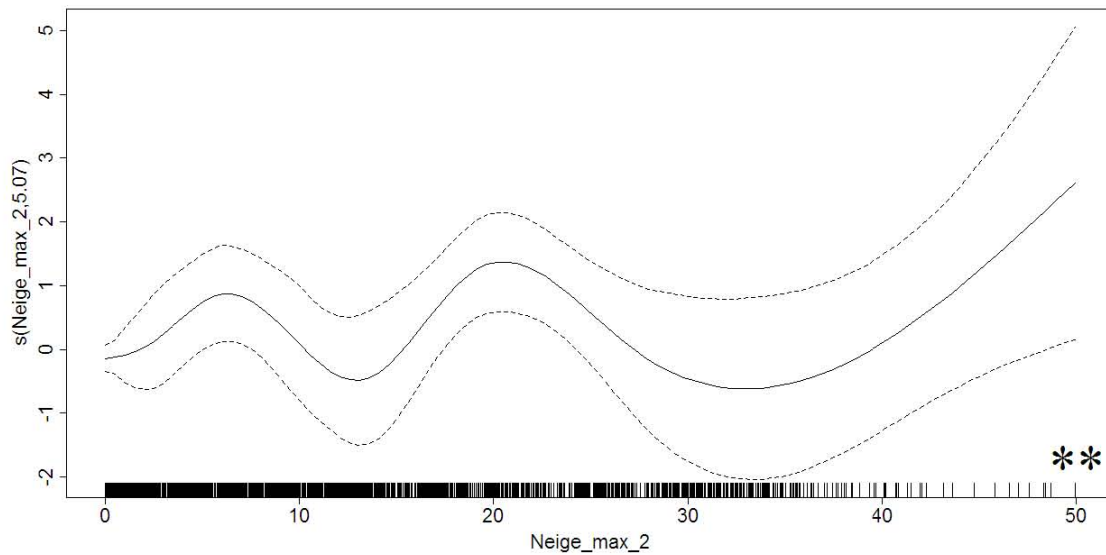


Figure C-31 : Hospitalisations traumatismes, hommes, zones favorisées

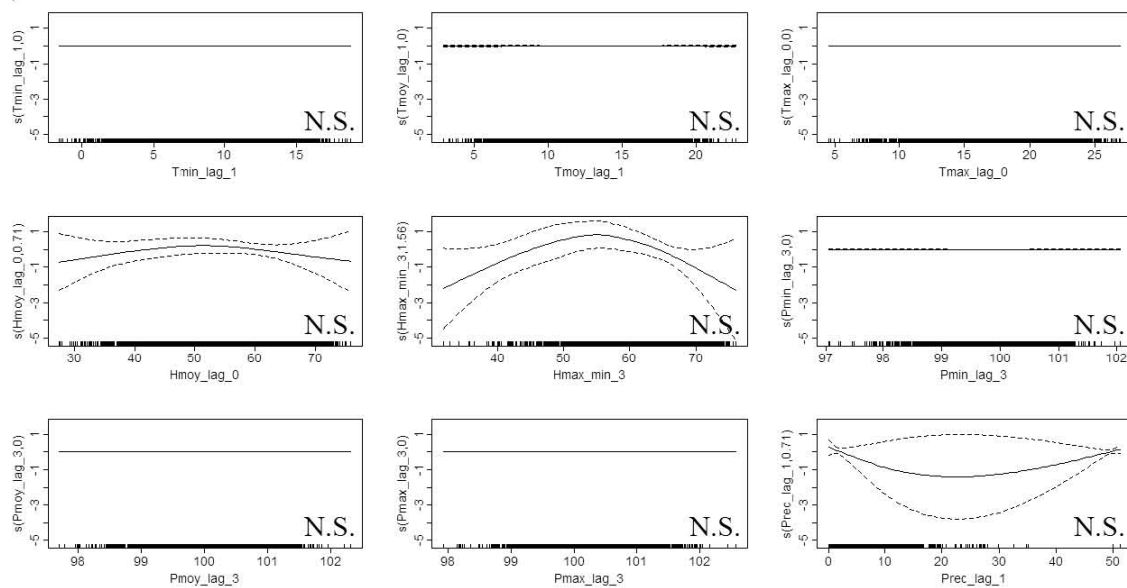
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

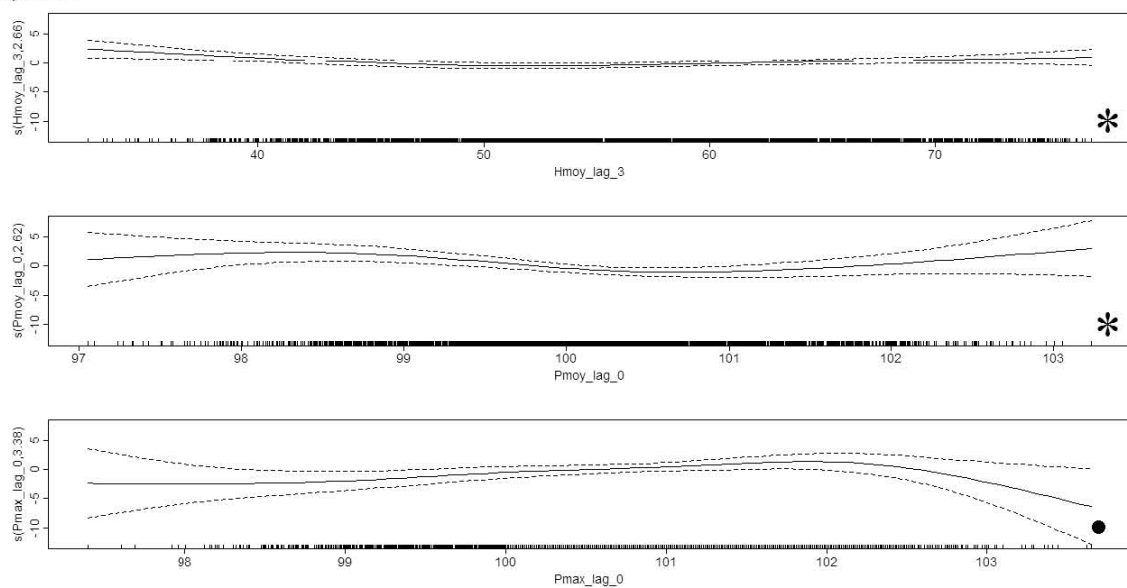
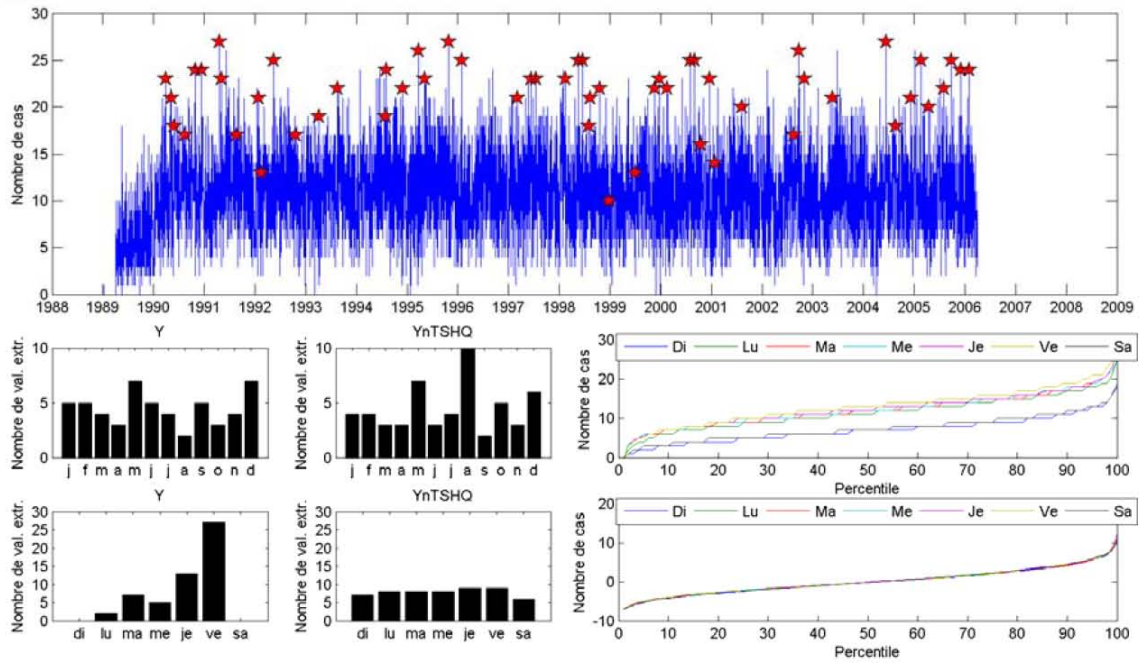
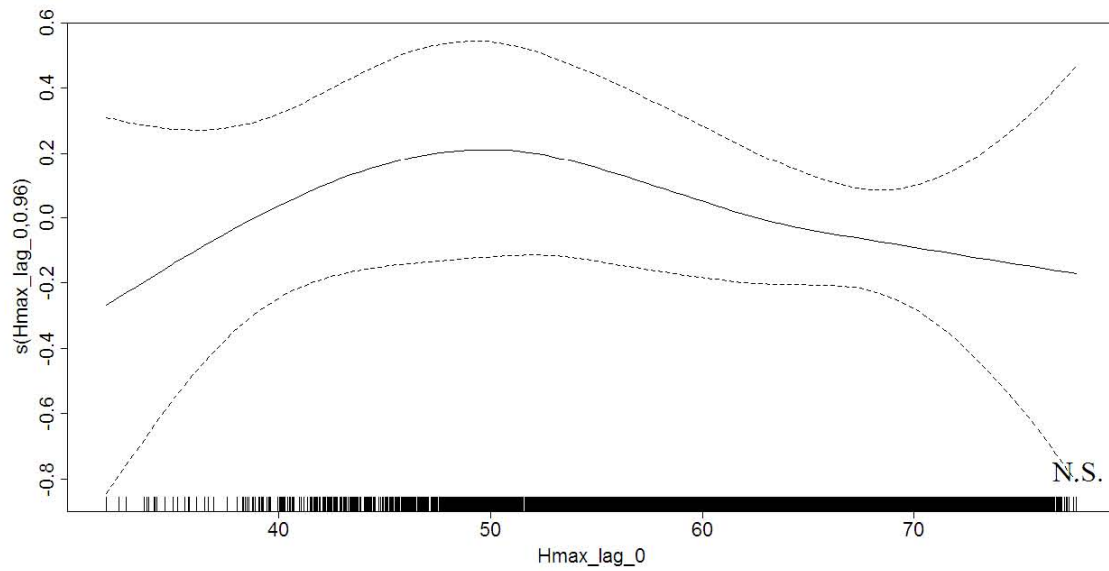


Figure C-32 : Hospitalisations traumatismes, hommes, zones défavorisées

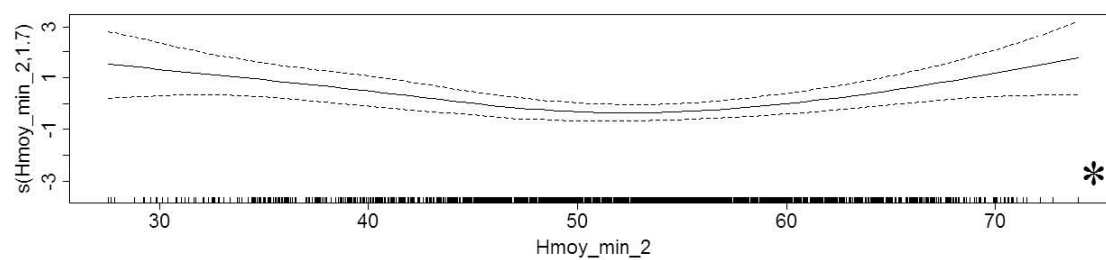
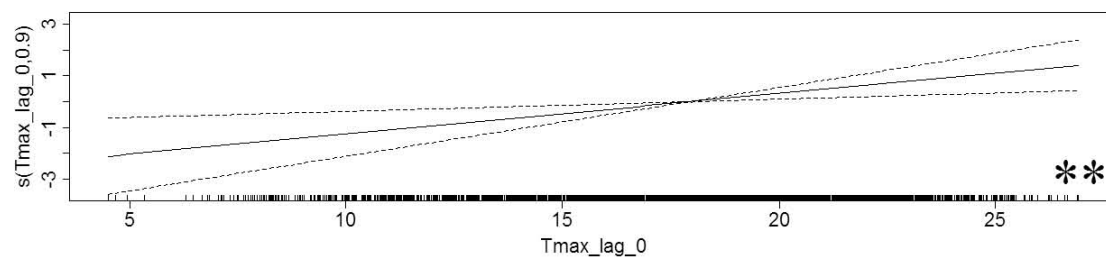
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

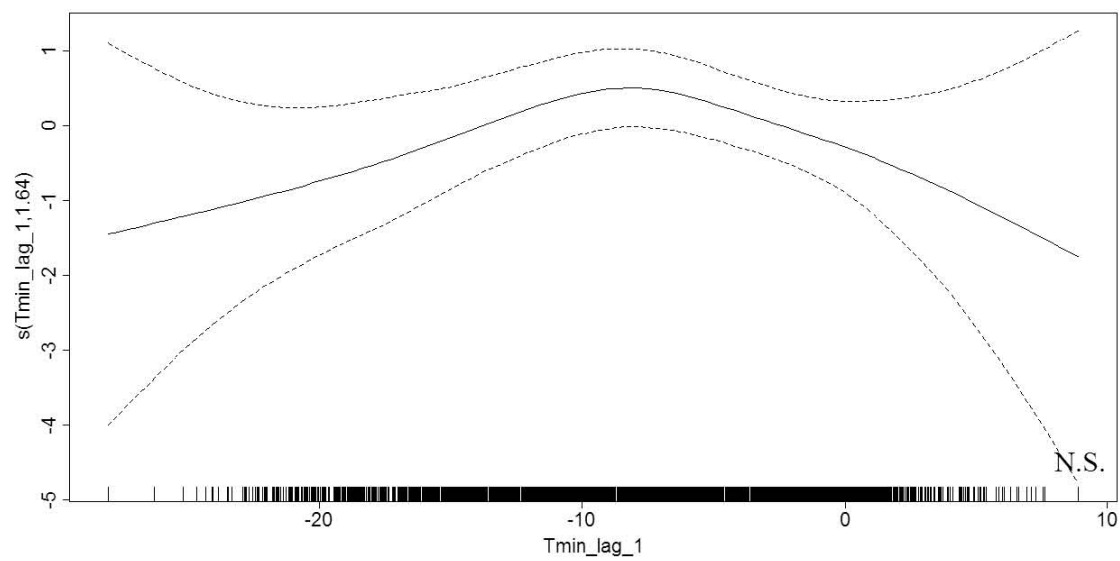
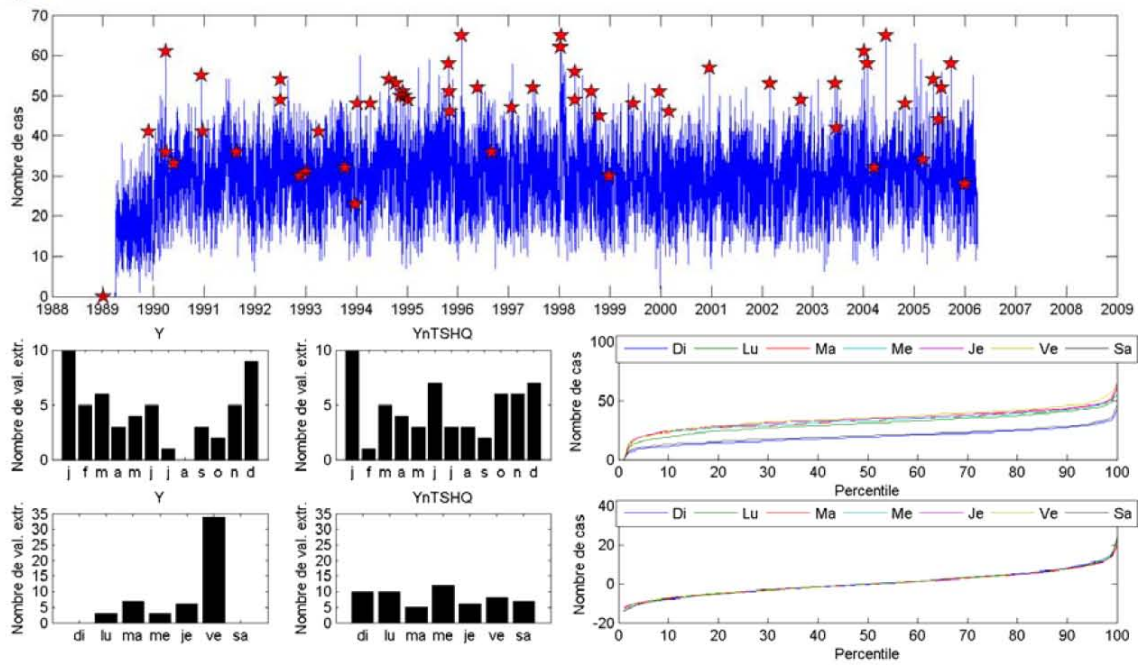
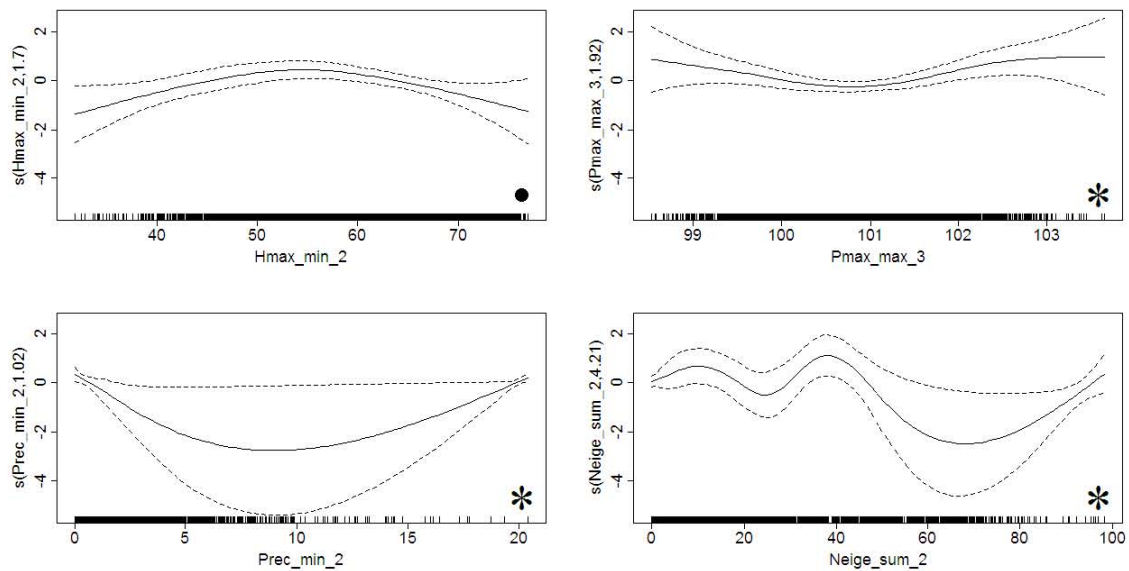


Figure C-33 : Hospitalisations traumatismes, hommes

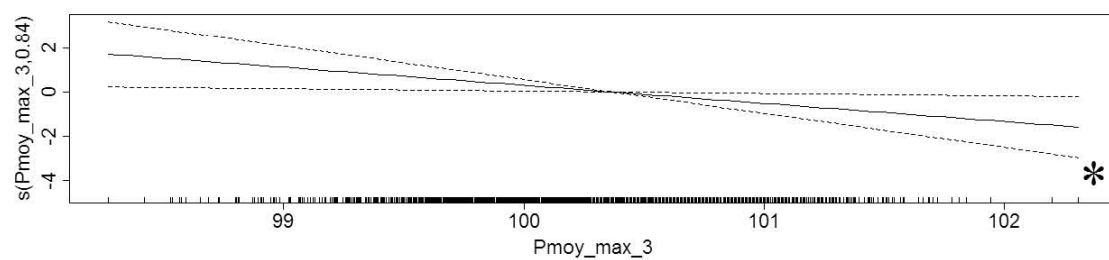
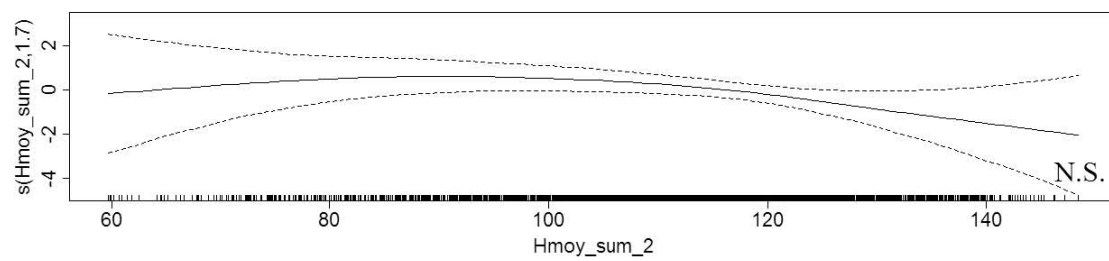
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

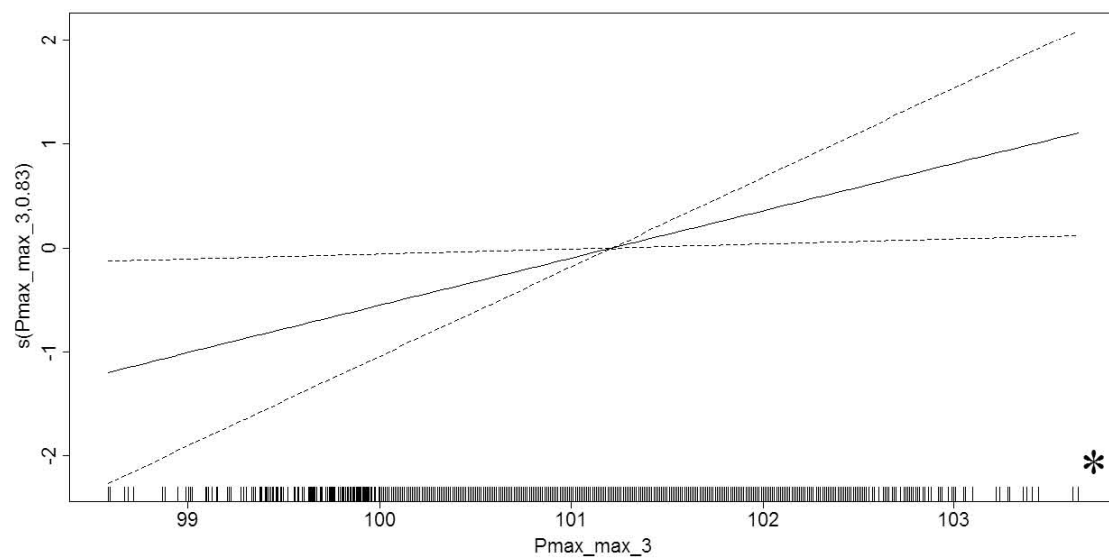
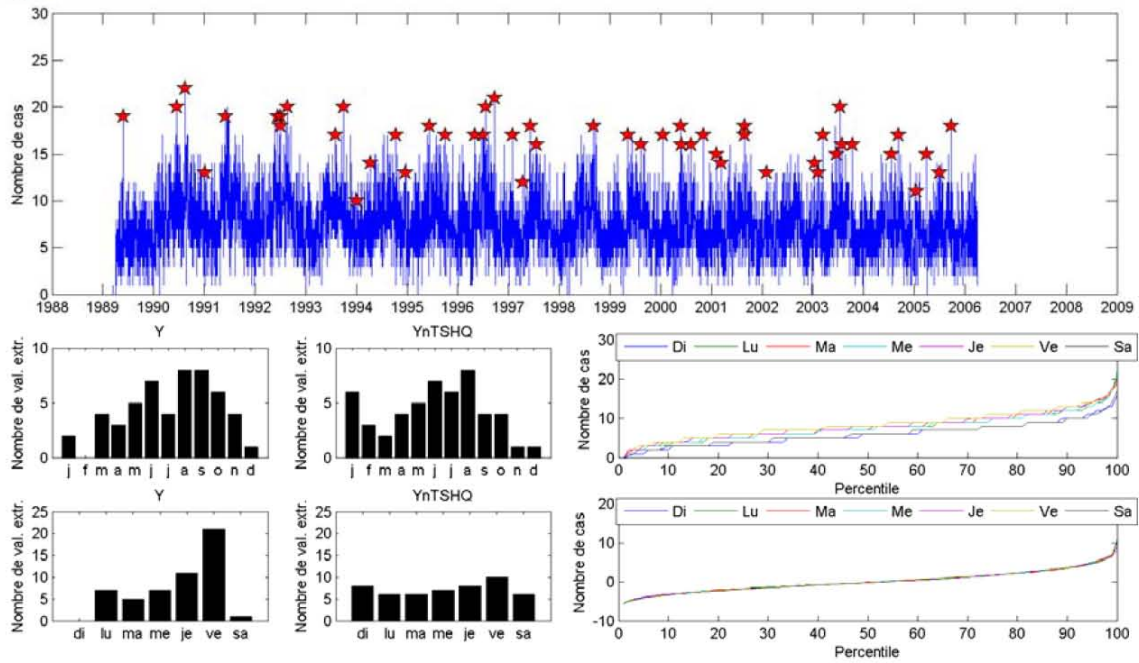
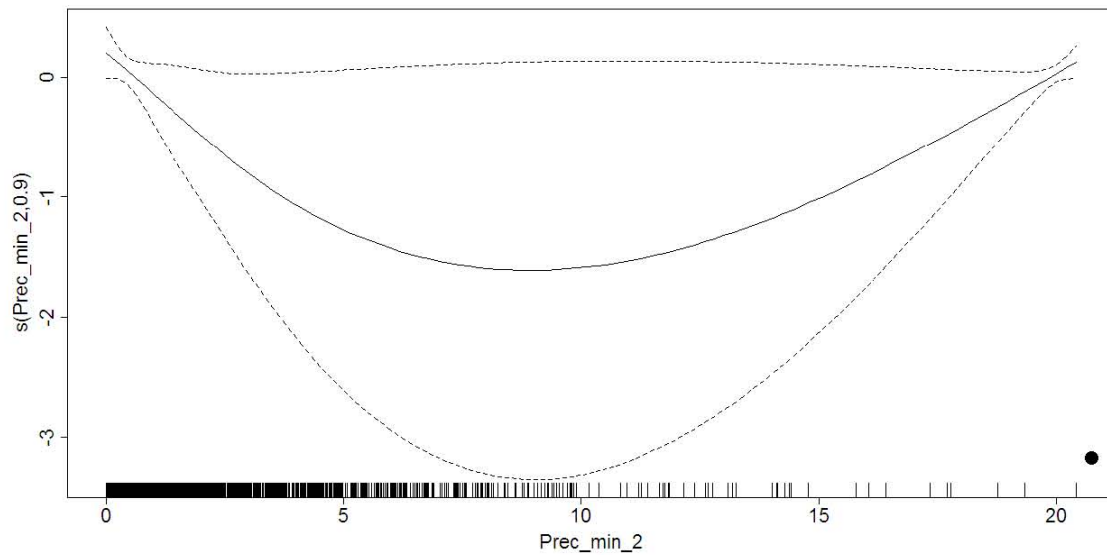


Figure C-34 : Hospitalisations traumatismes, 0 à 24 ans, zones favorisées

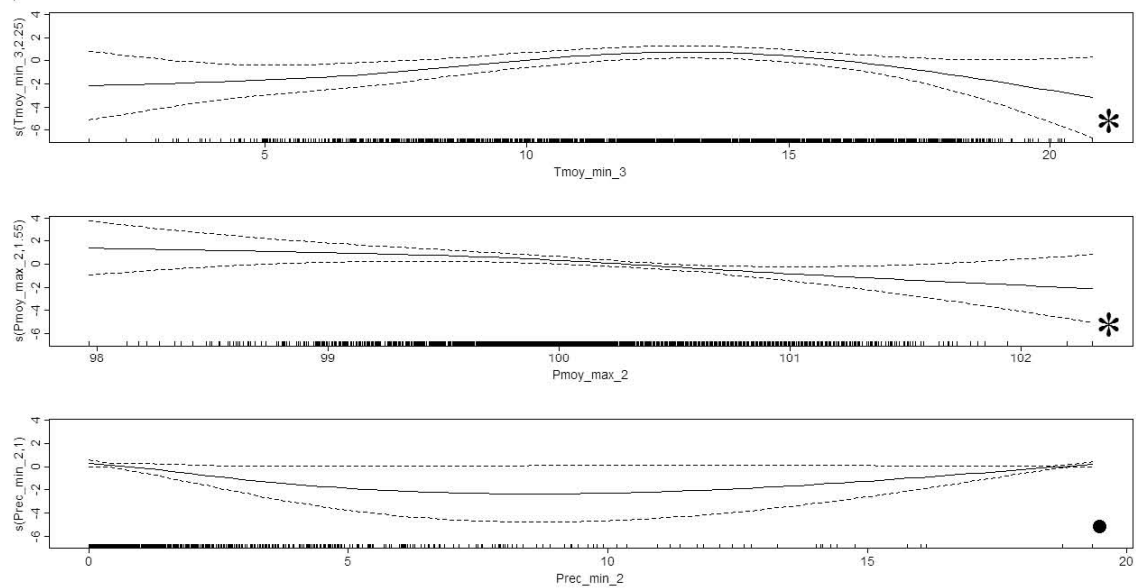
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

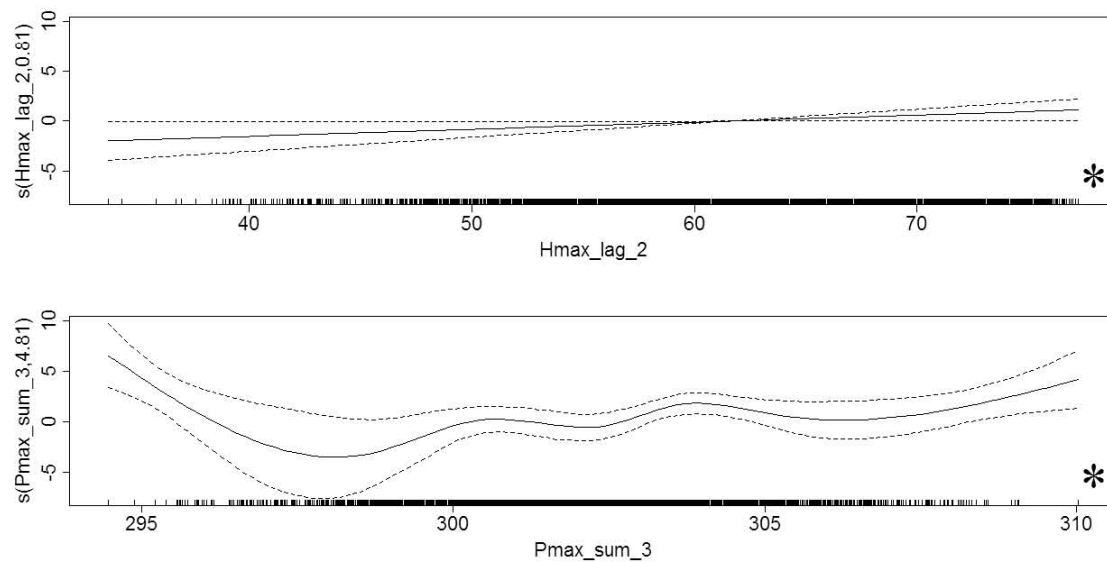
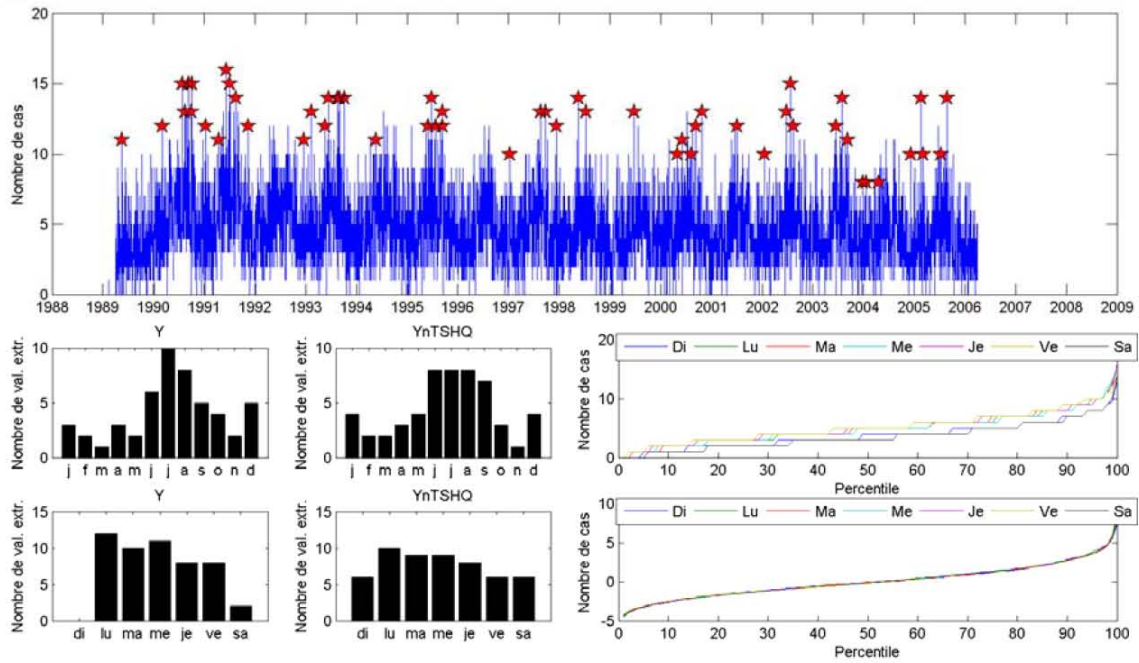
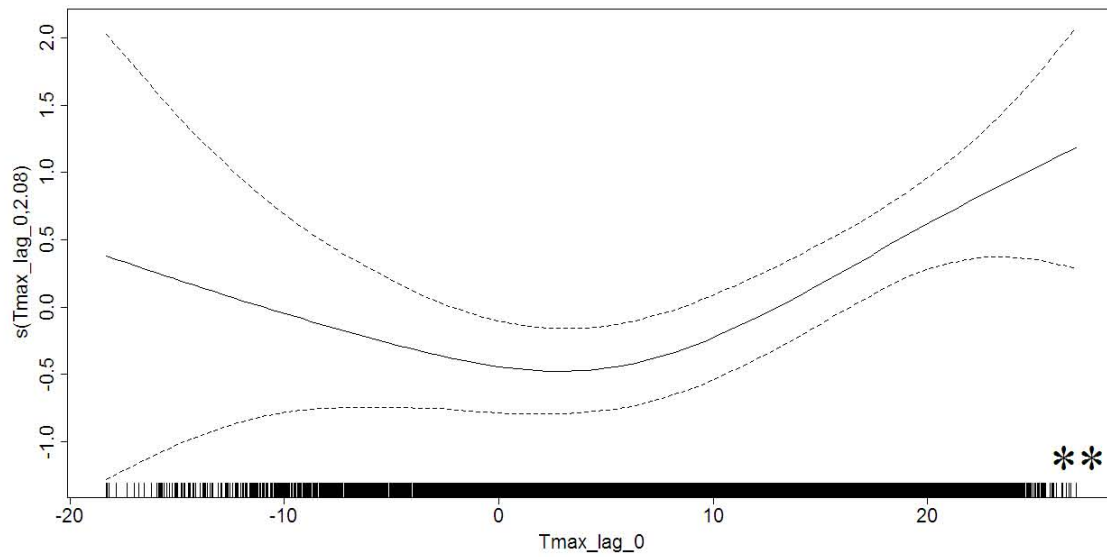


Figure C-35 : Hospitalisations traumatismes, 0 à 24 ans, zones défavorisées

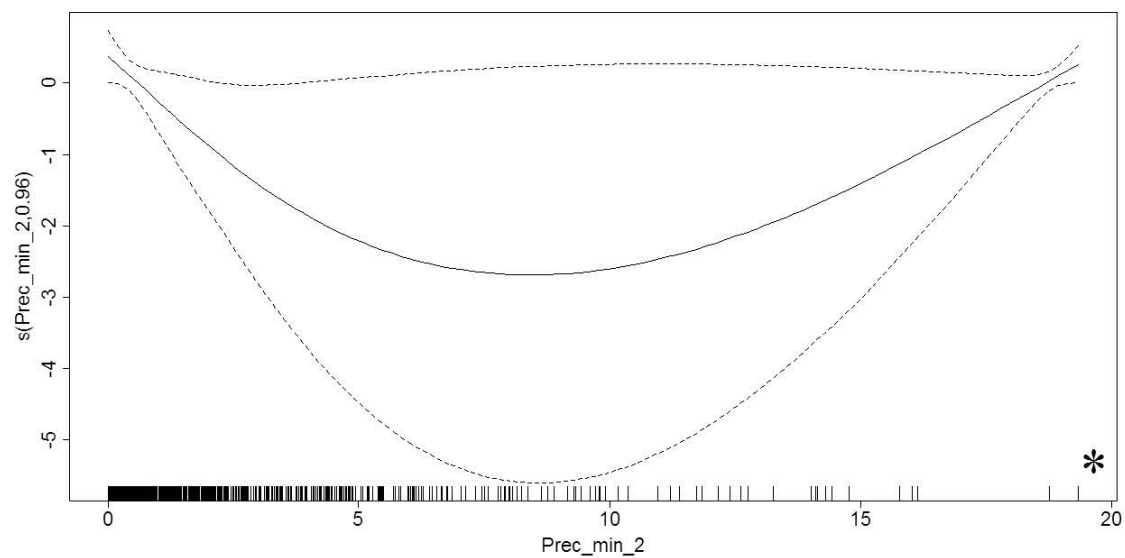
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

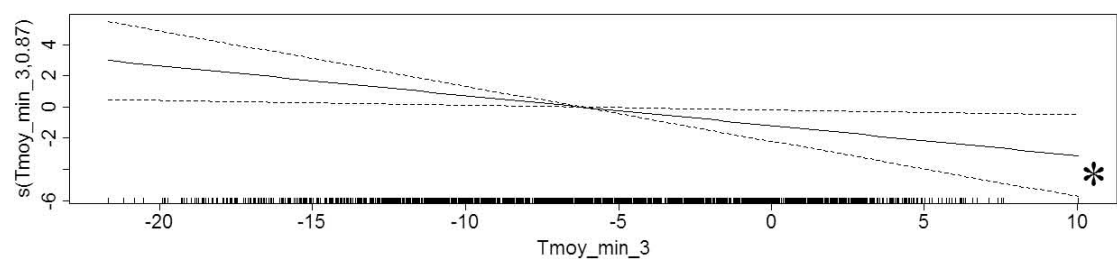
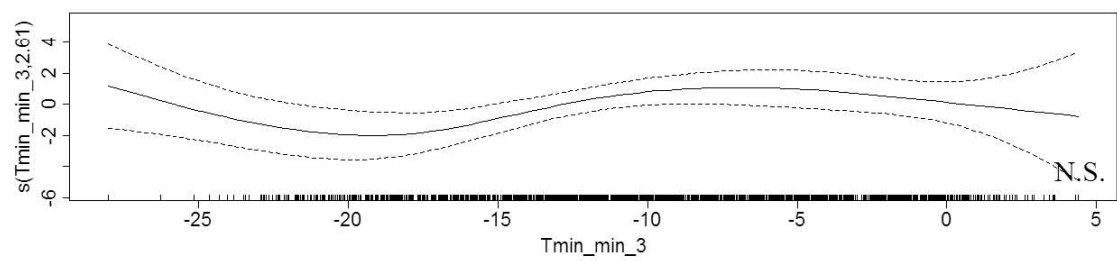
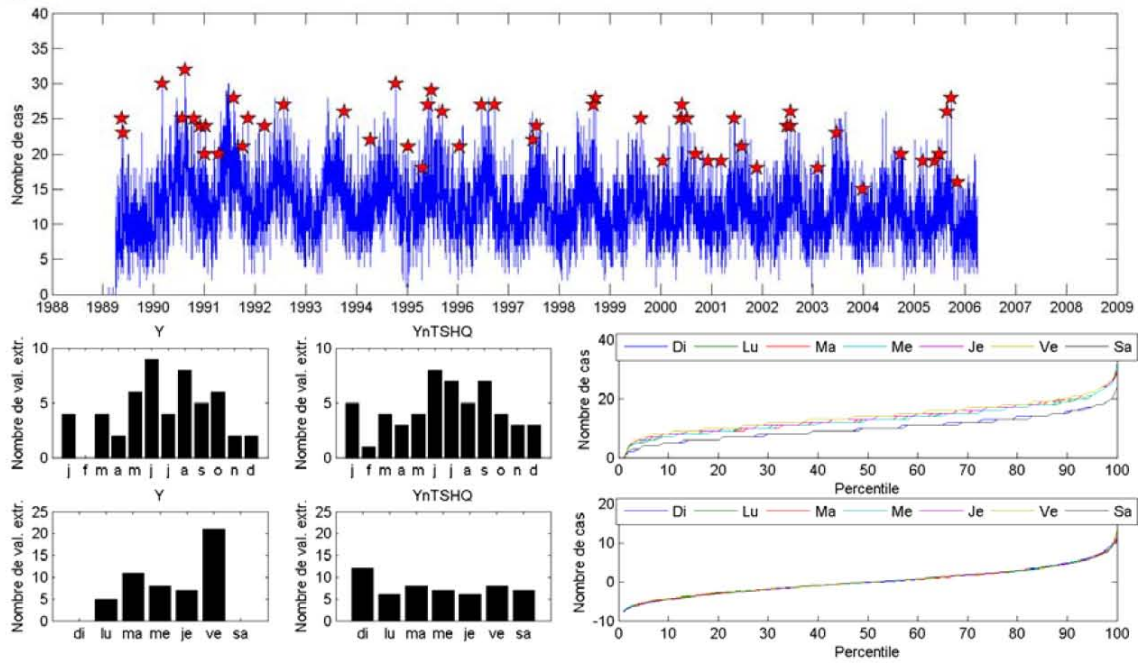
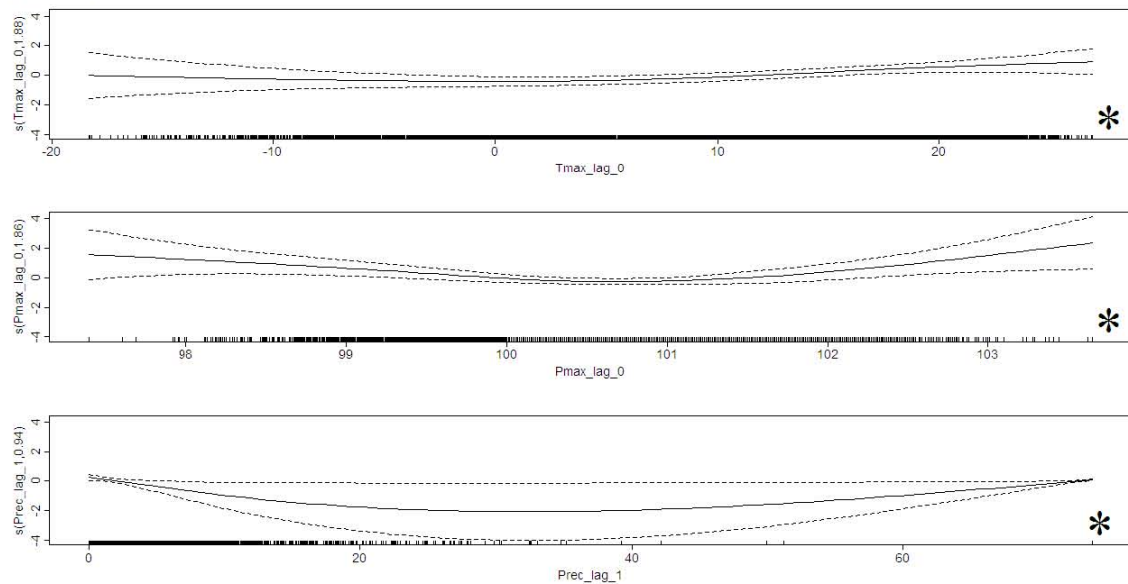


Figure C-36 : Hospitalisations traumatismes, 0 à 24 ans

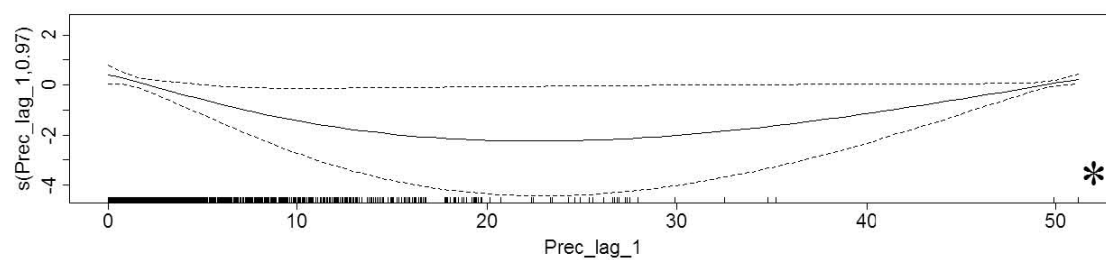
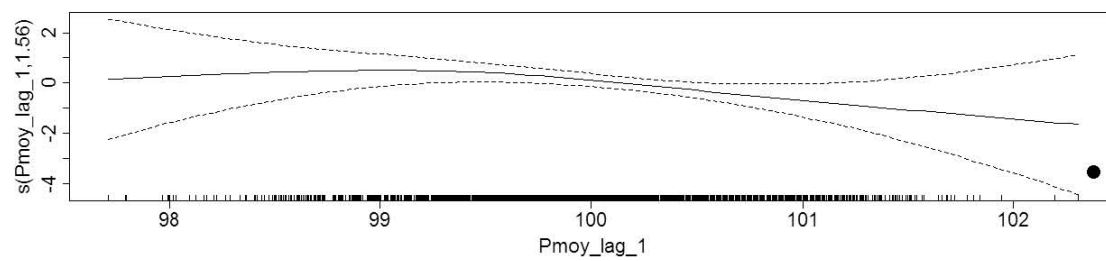
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

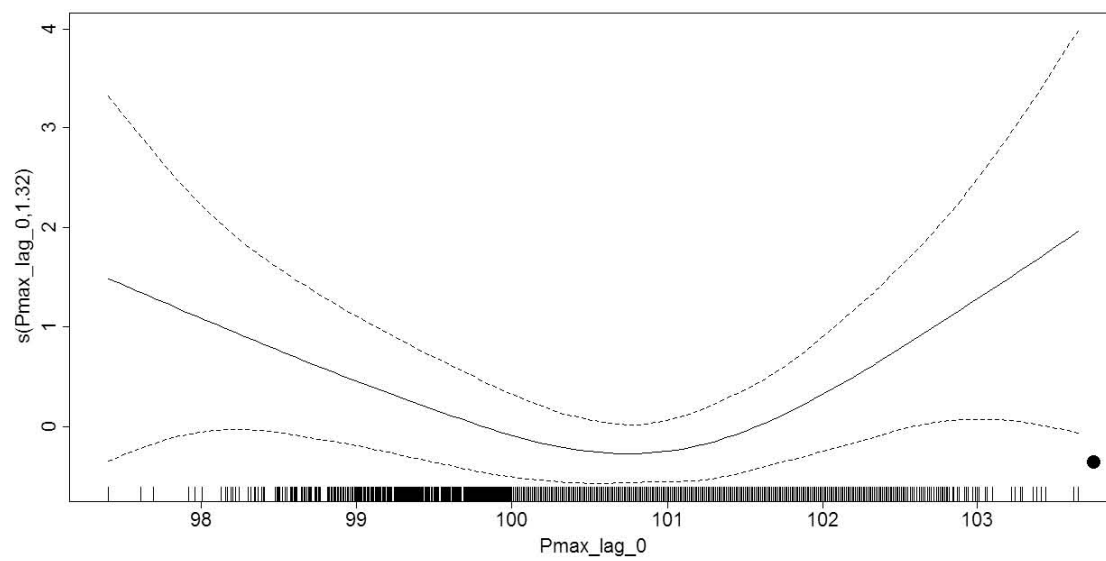
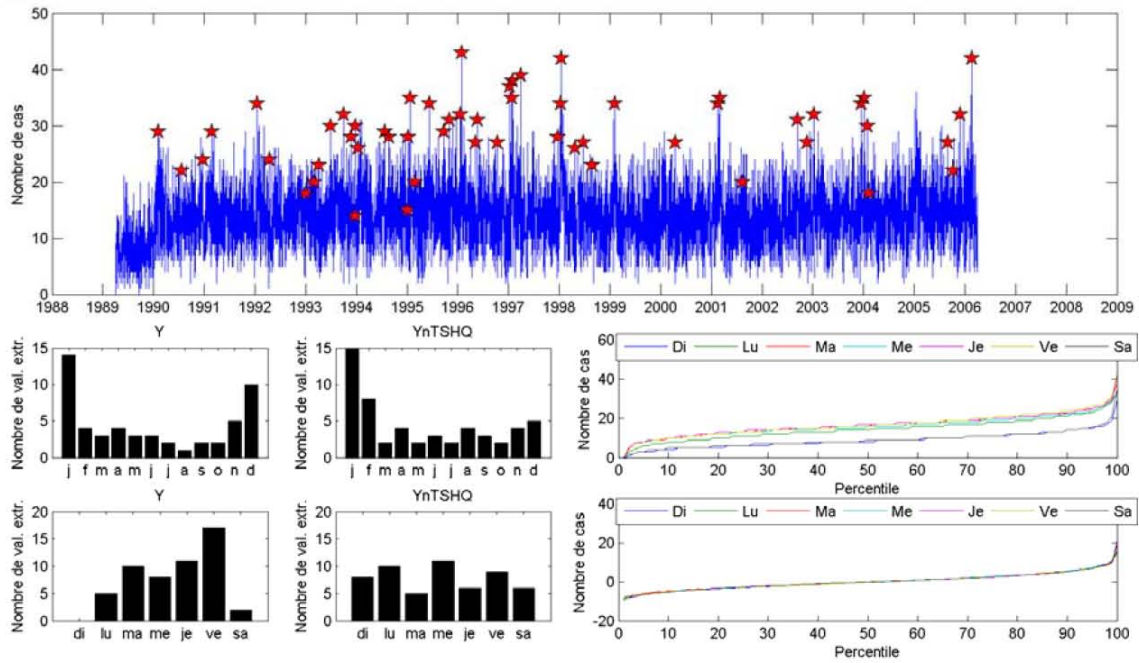
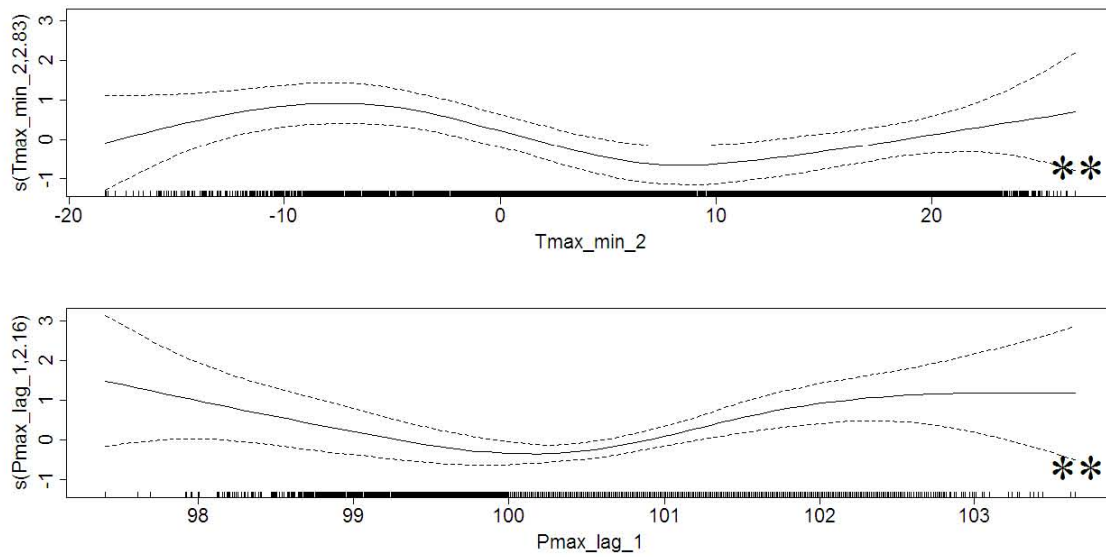


Figure C-37 : Hospitalisations traumatismes, 25 à 64 ans, zones favorisées

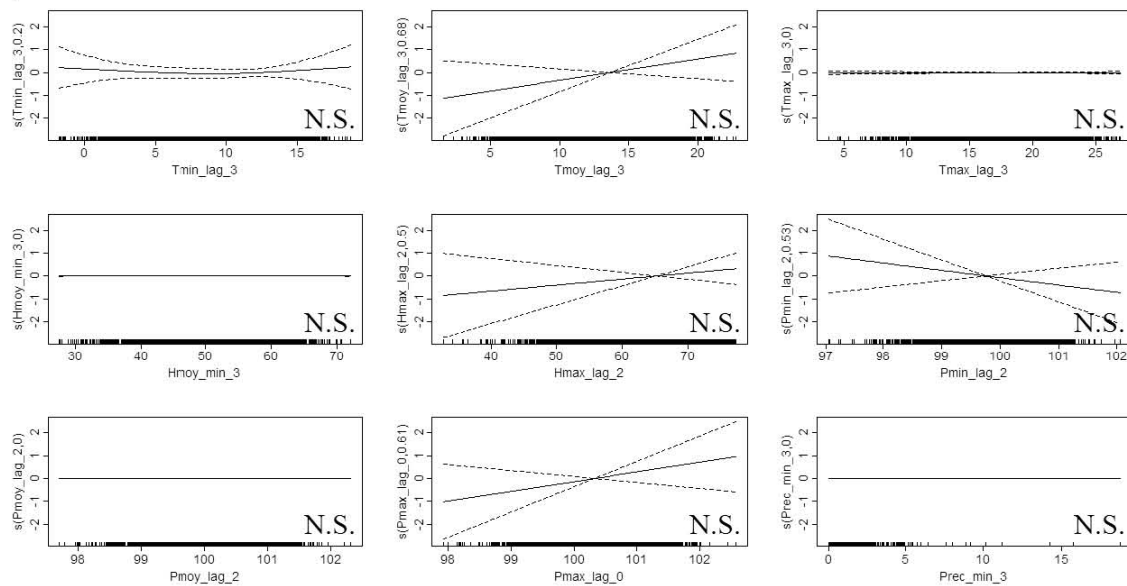
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

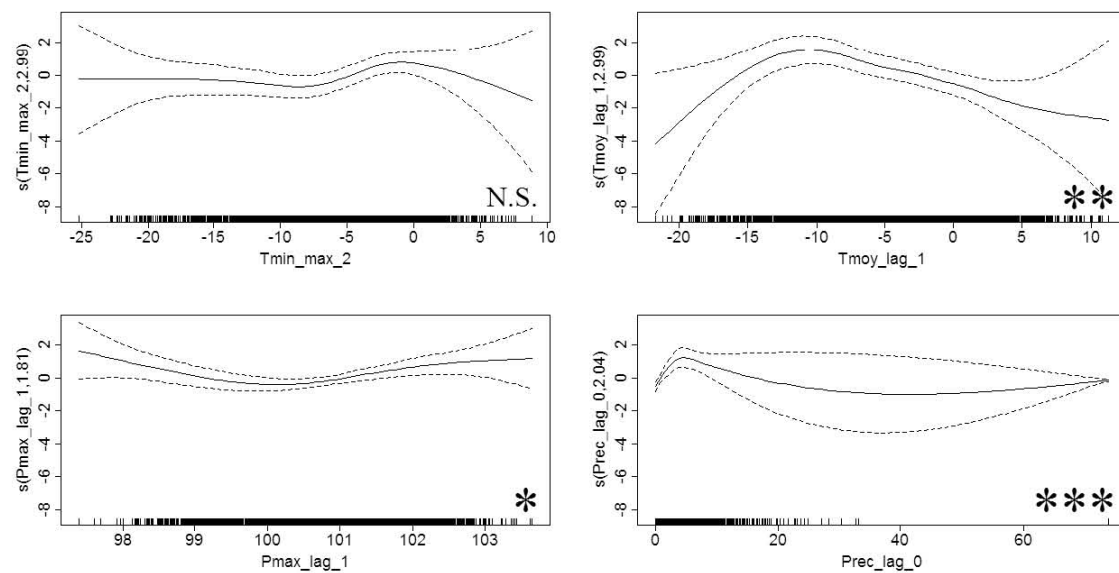
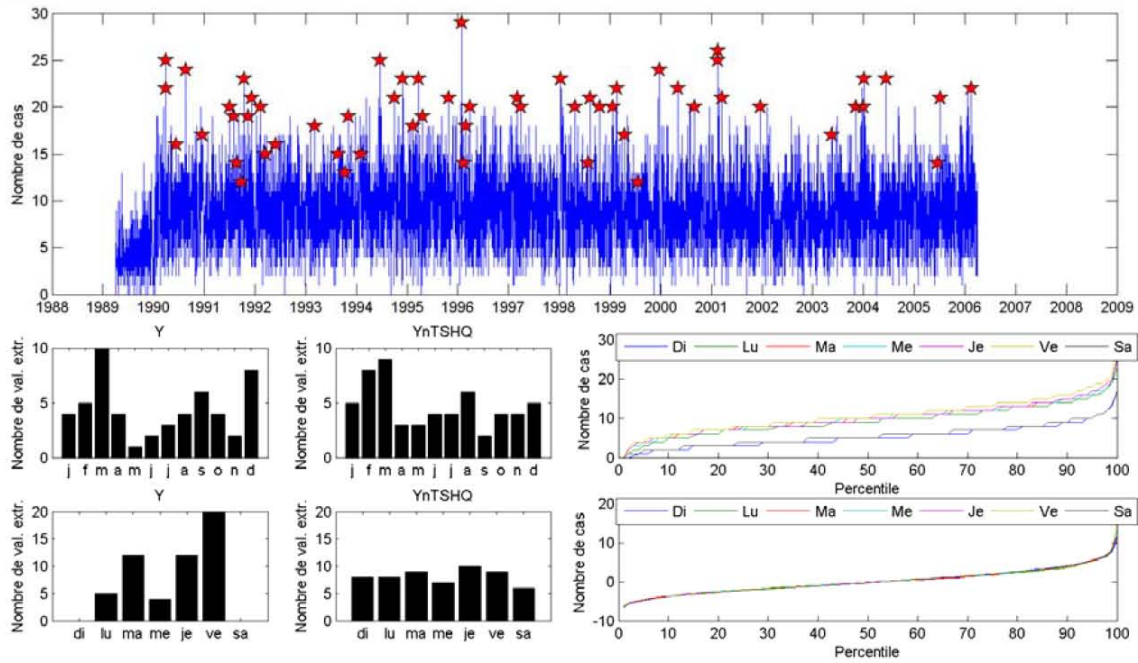
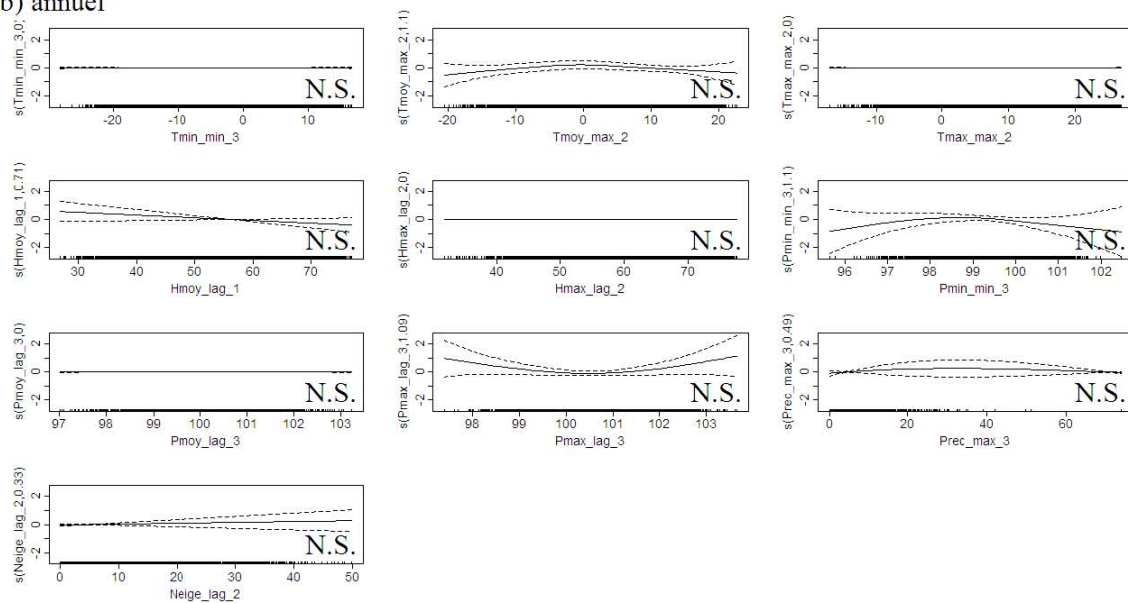


Figure C-38 : Hospitalisations traumatismes, 25 à 64 ans, zones défavorisées

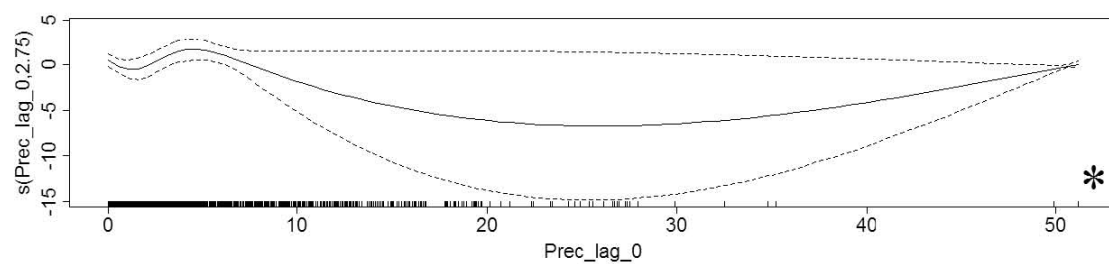
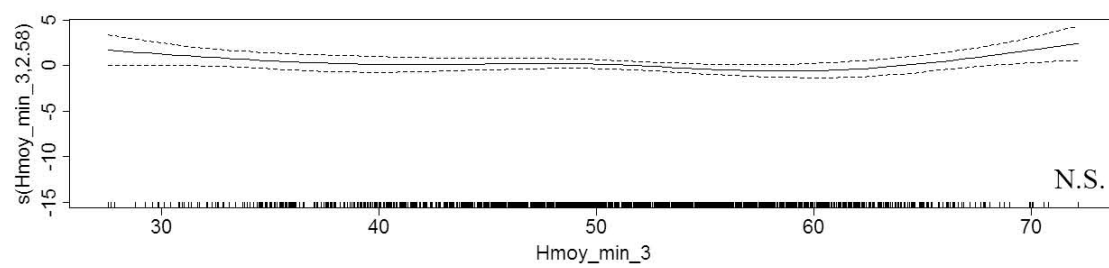
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

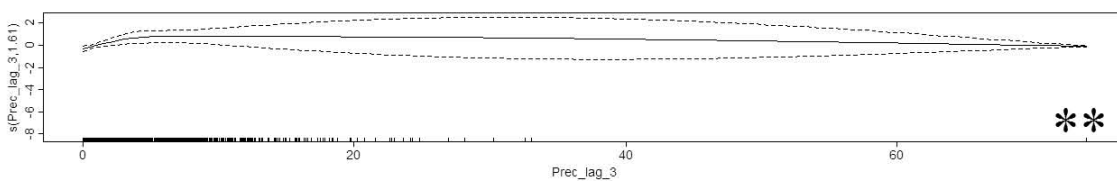
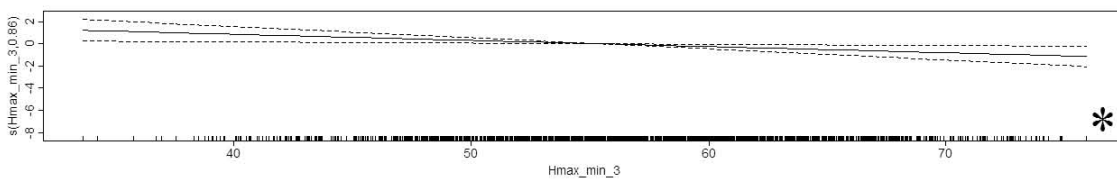
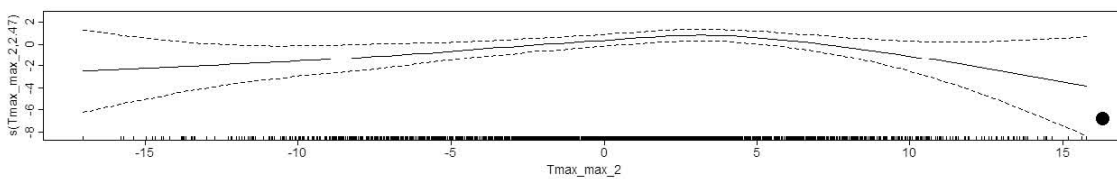
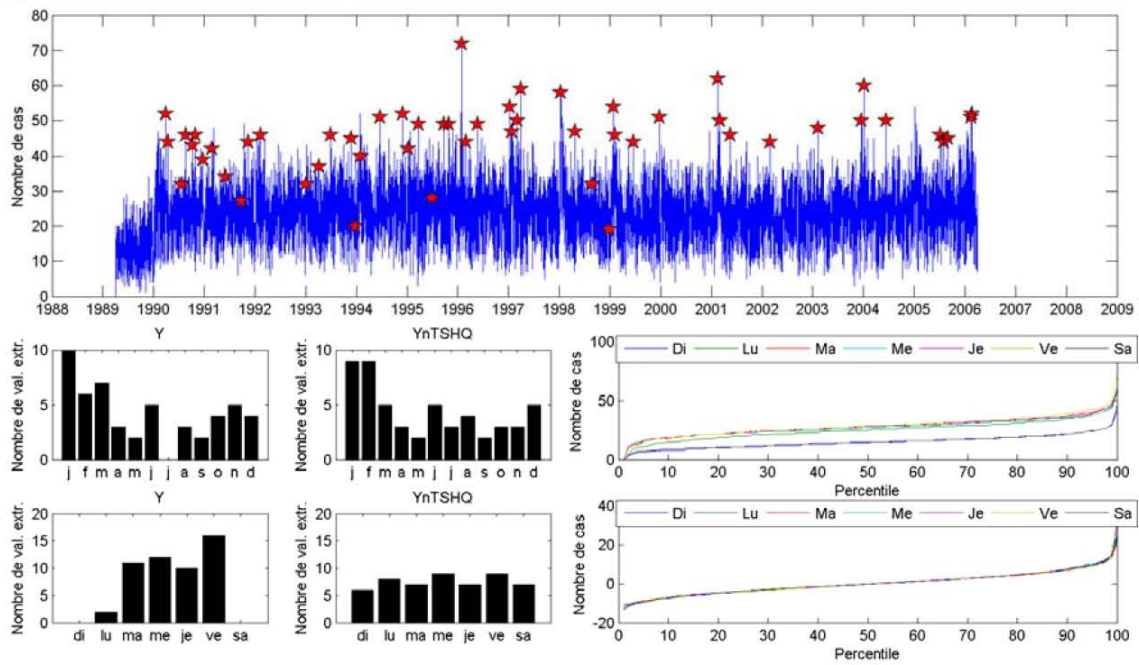
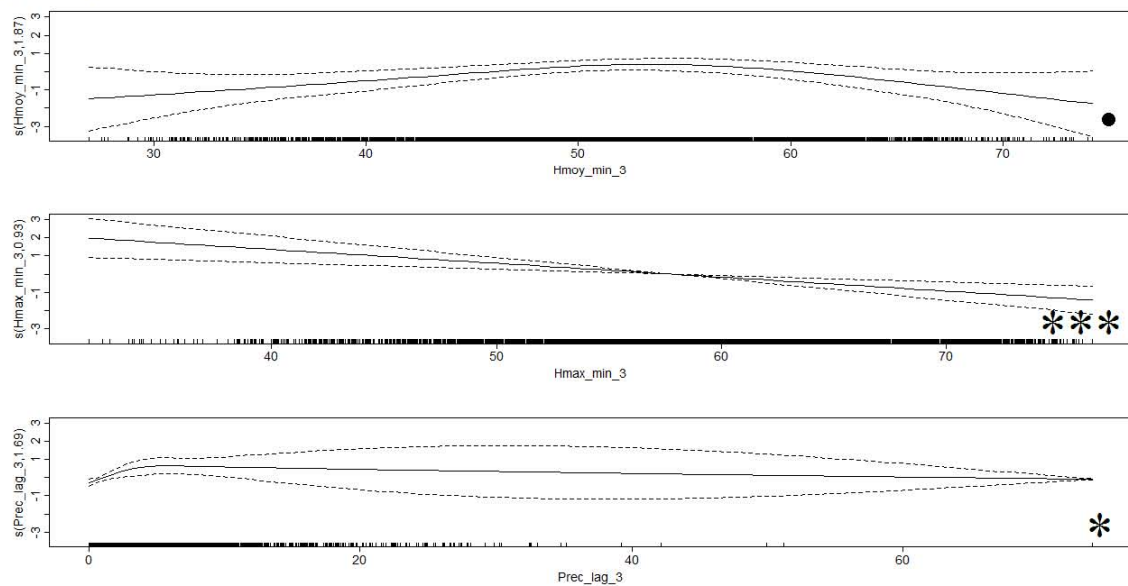


Figure C-39 : Hospitalisations traumatismes, 25 à 64 ans

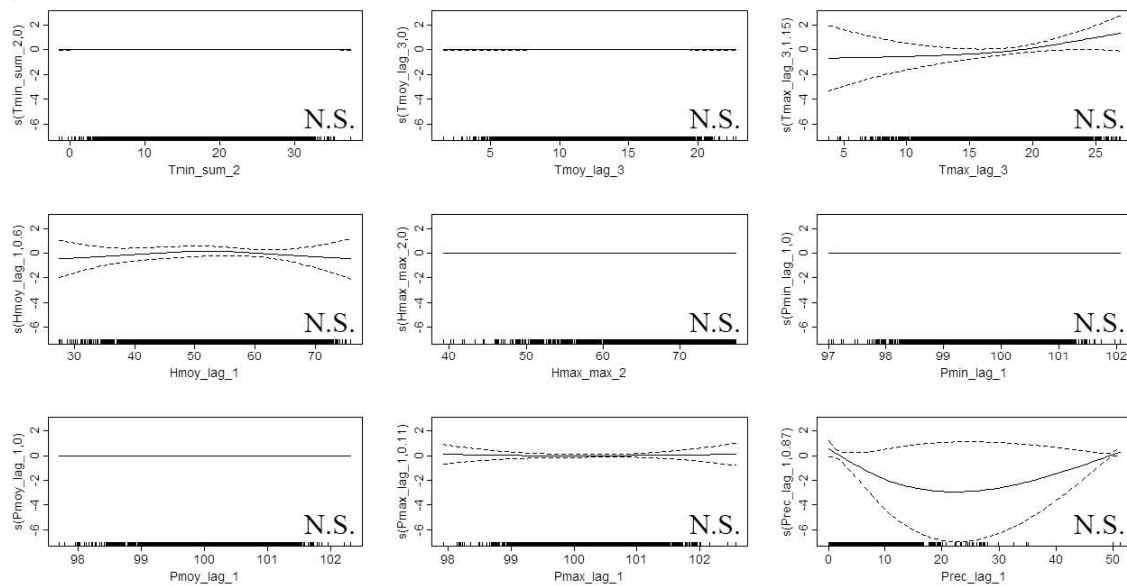
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

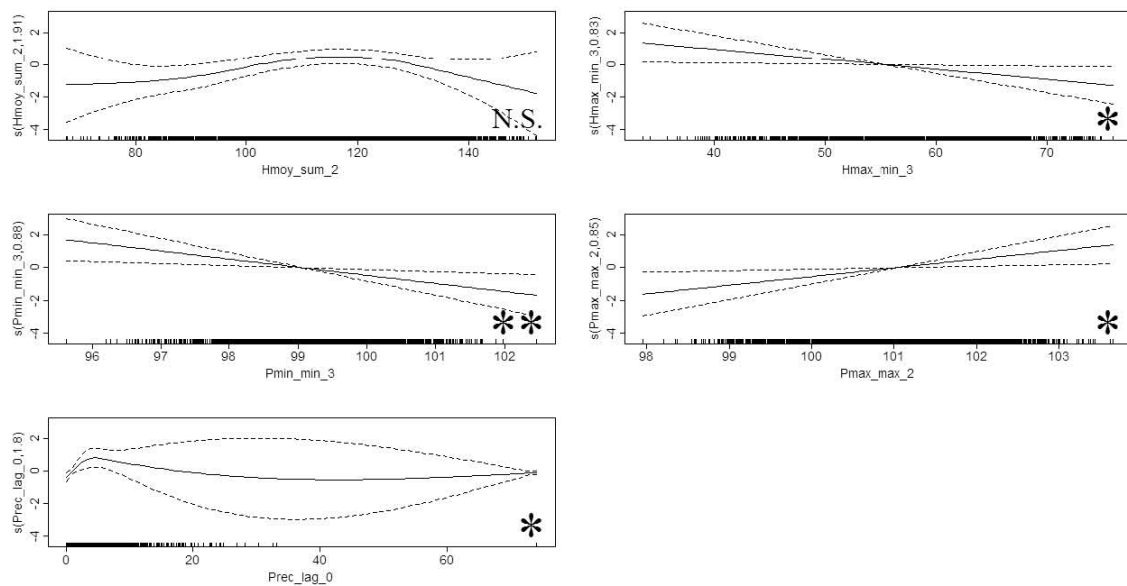
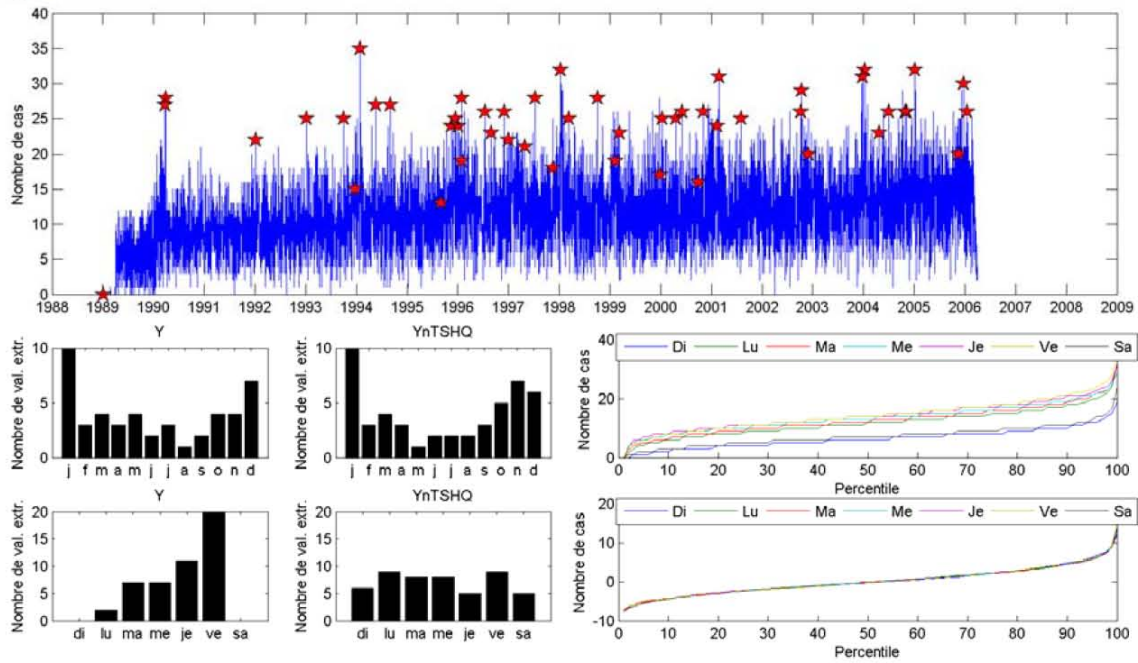
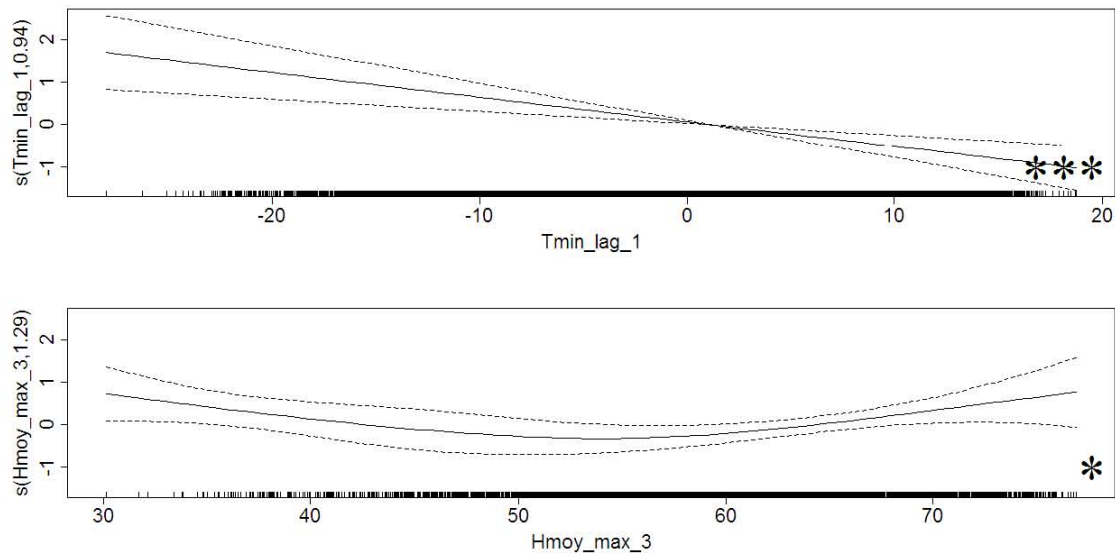


Figure C-40 : Hospitalisations traumatismes, 65 ans et plus, zones favorisées

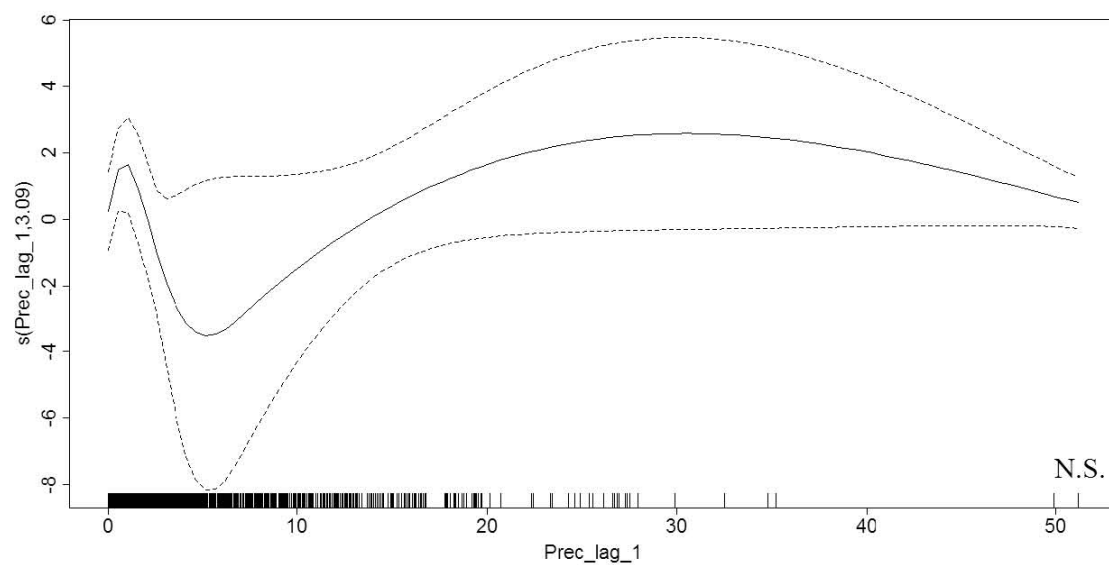
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

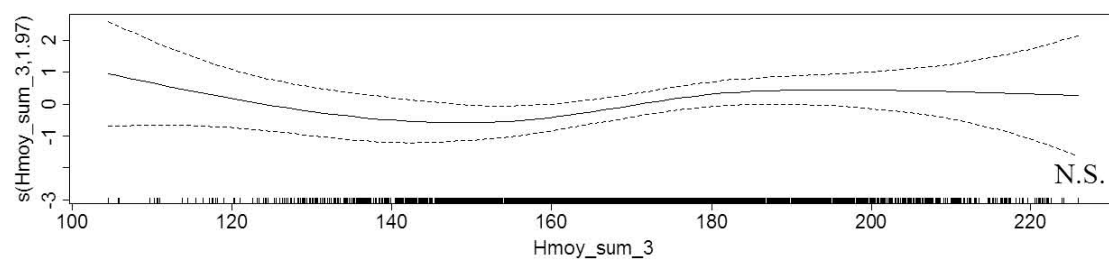
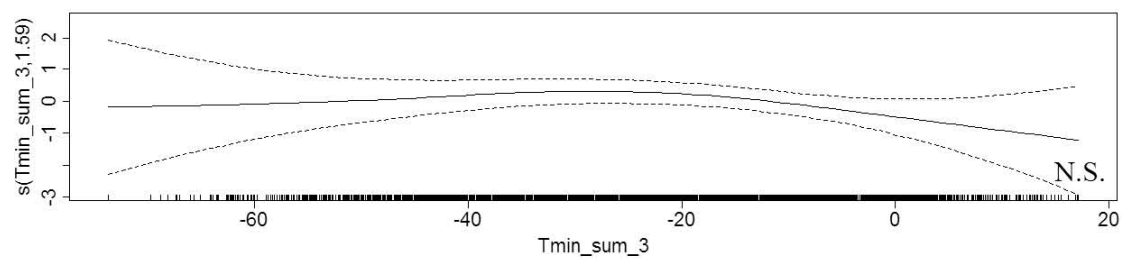
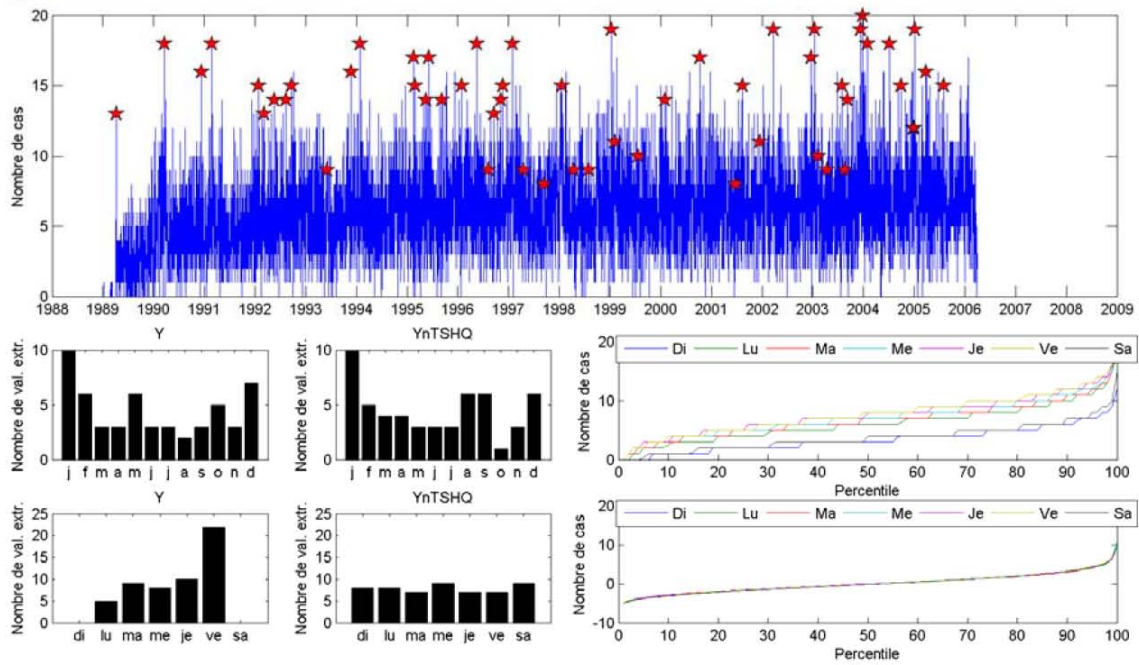
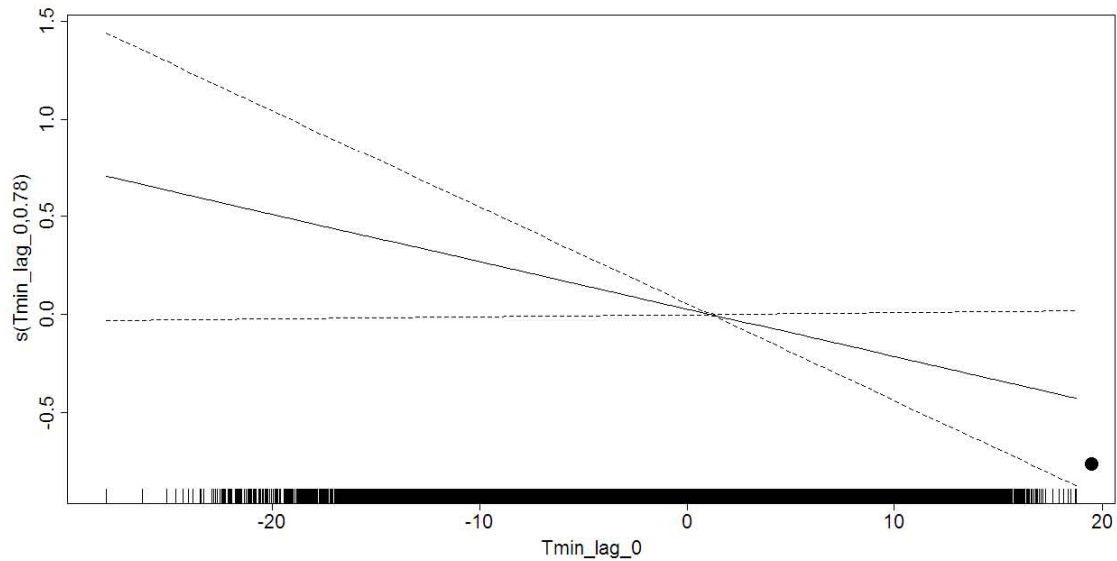


Figure C-41 : Hospitalisations traumatismes, 65 ans et plus, zones défavorisées

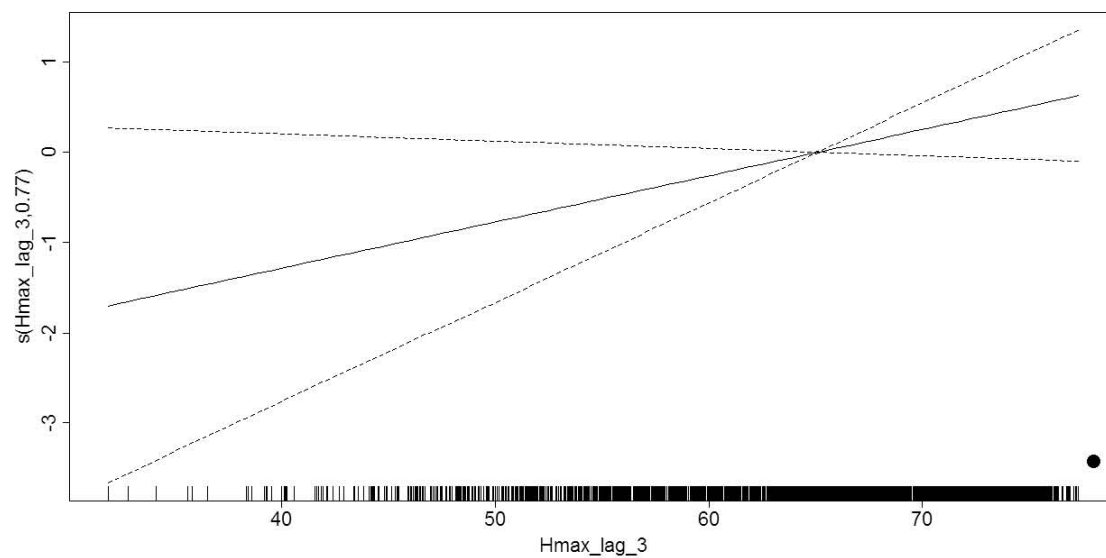
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

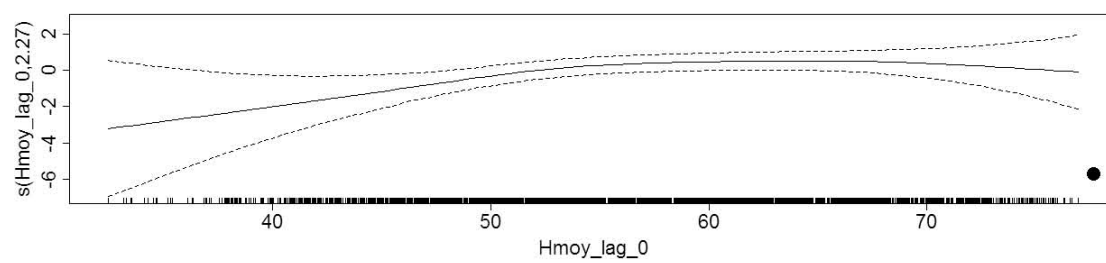
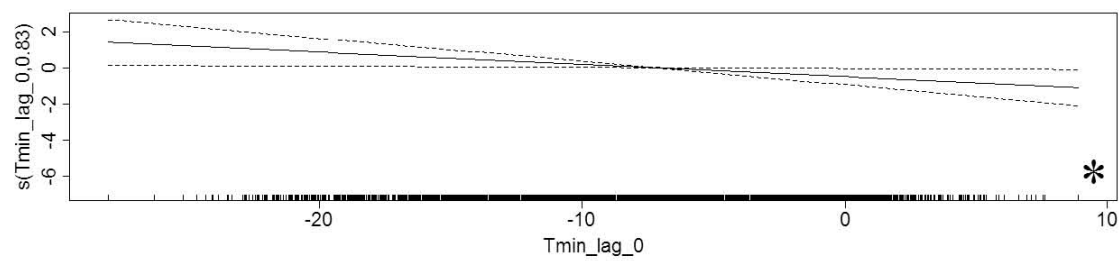
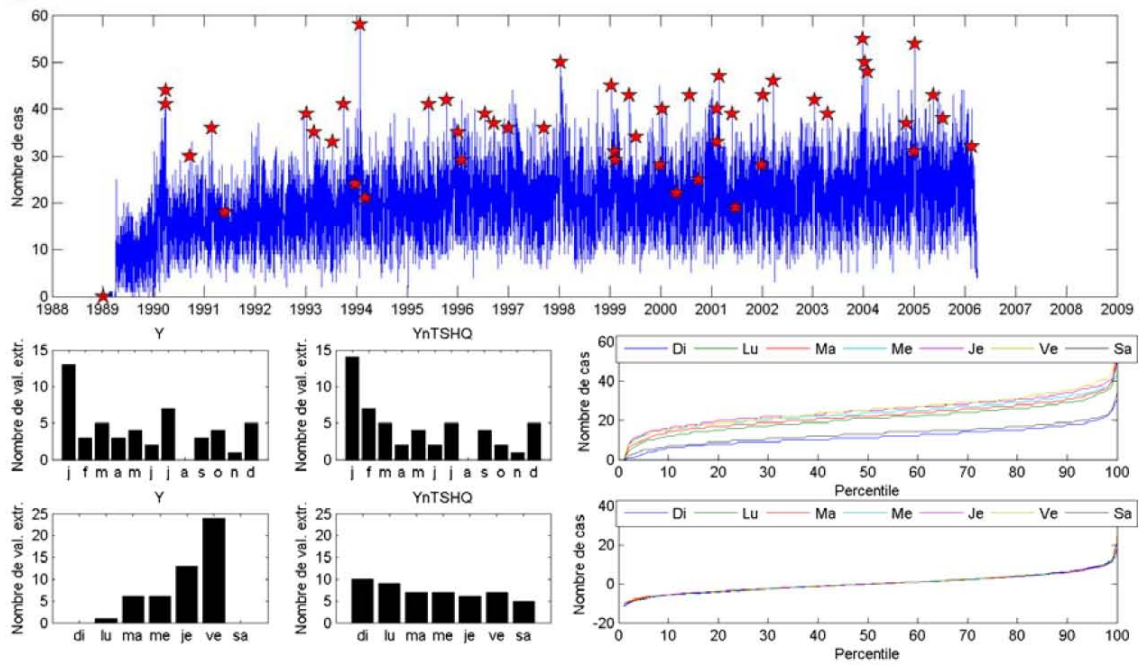
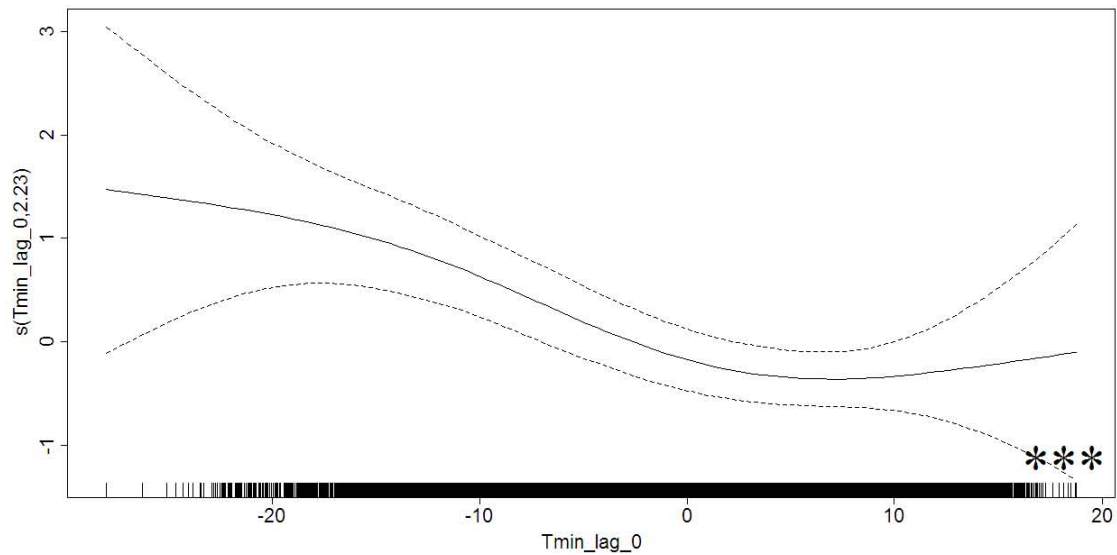


Figure C-42 : Hospitalisations traumatismes, 65 ans et plus

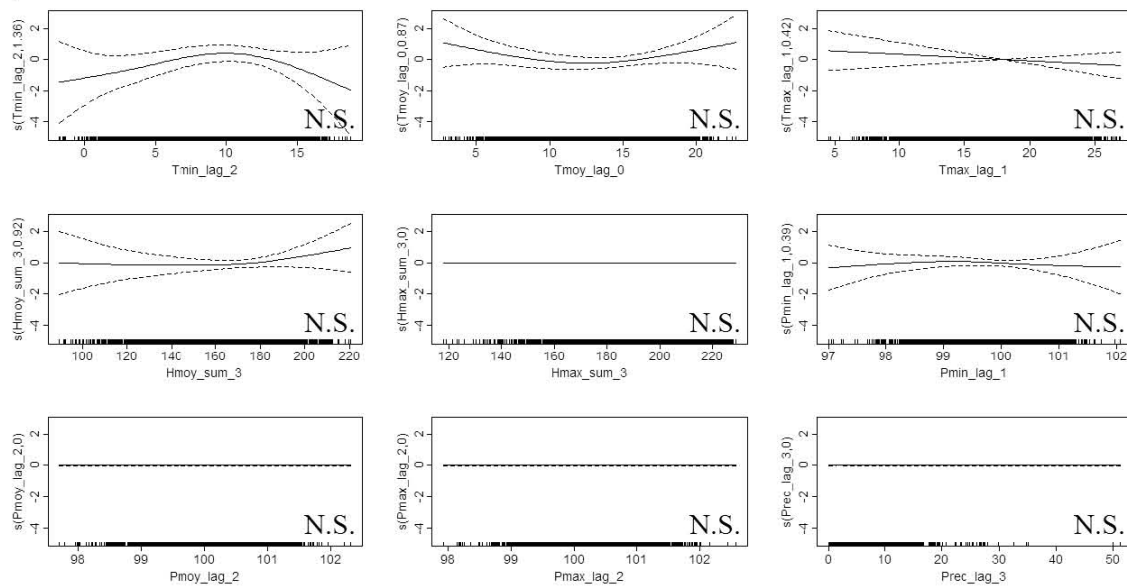
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

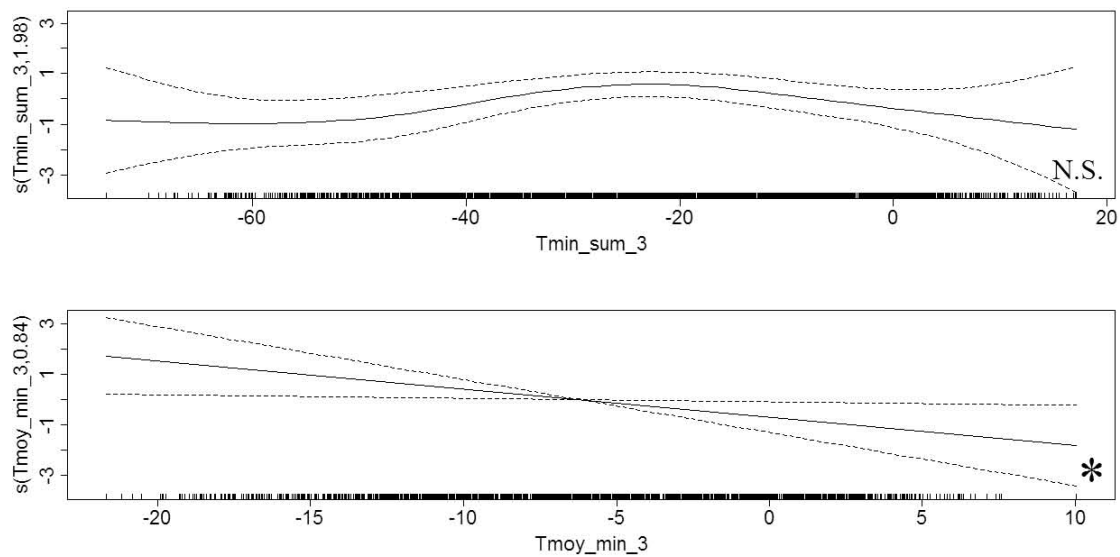
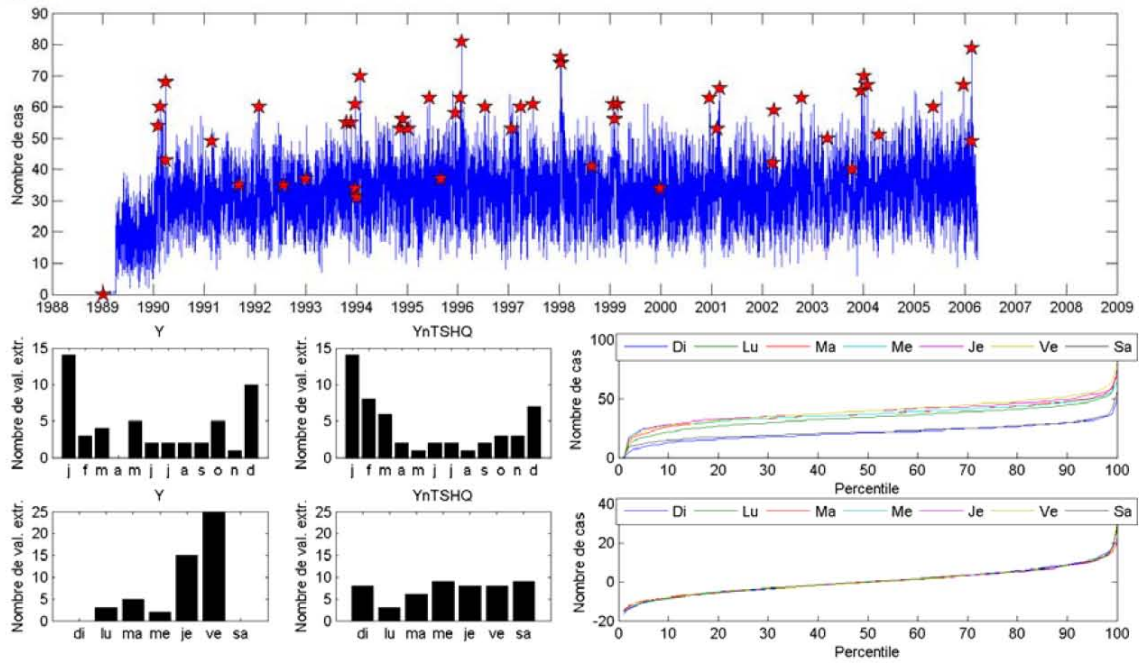
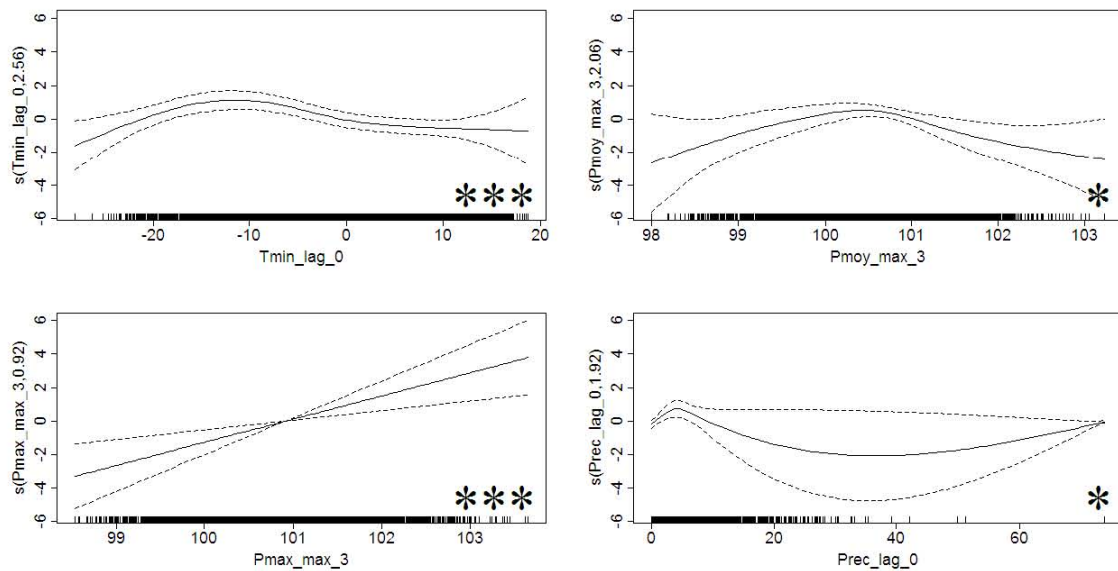


Figure C-43 : Hospitalisations traumatismes, zones favorisées

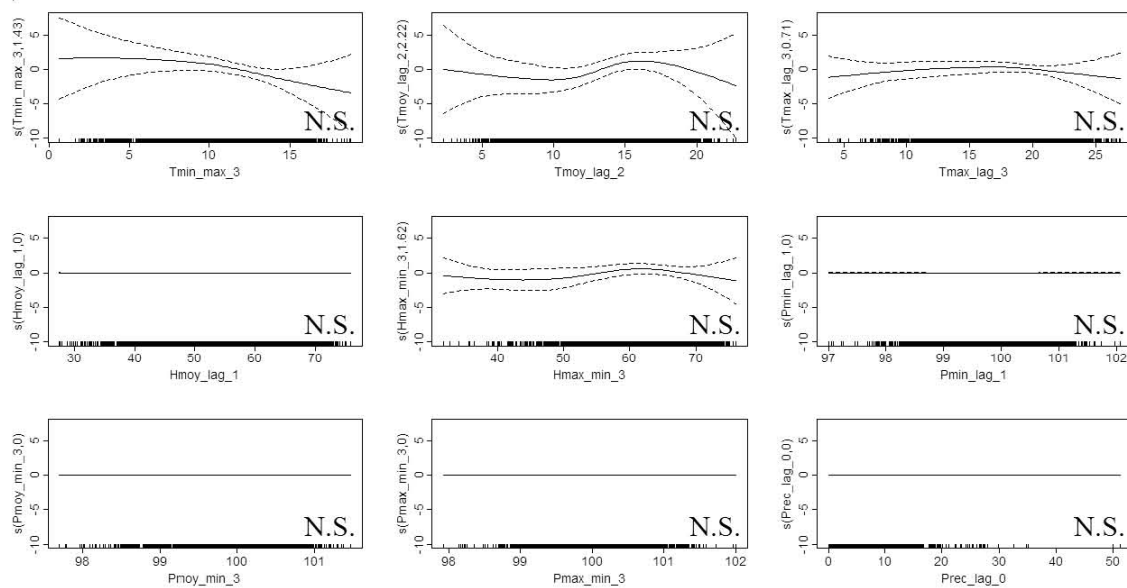
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

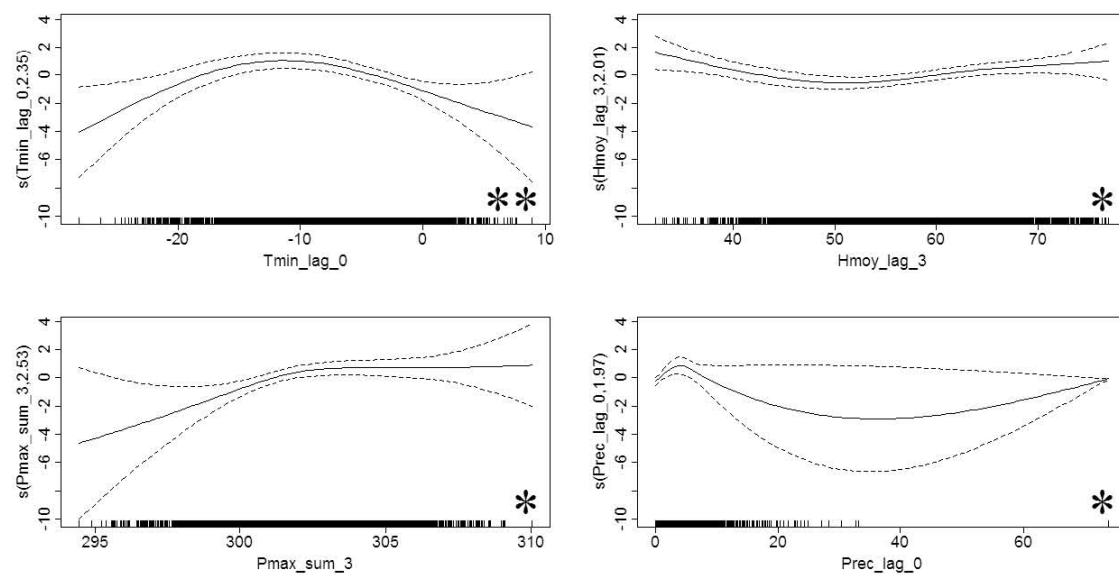
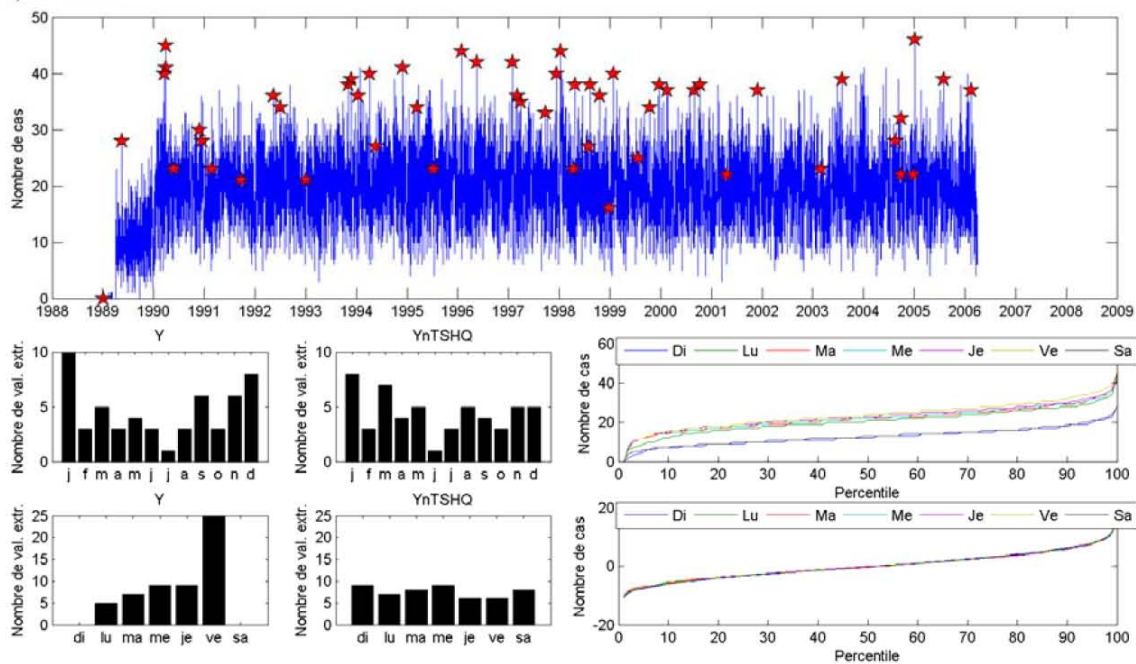
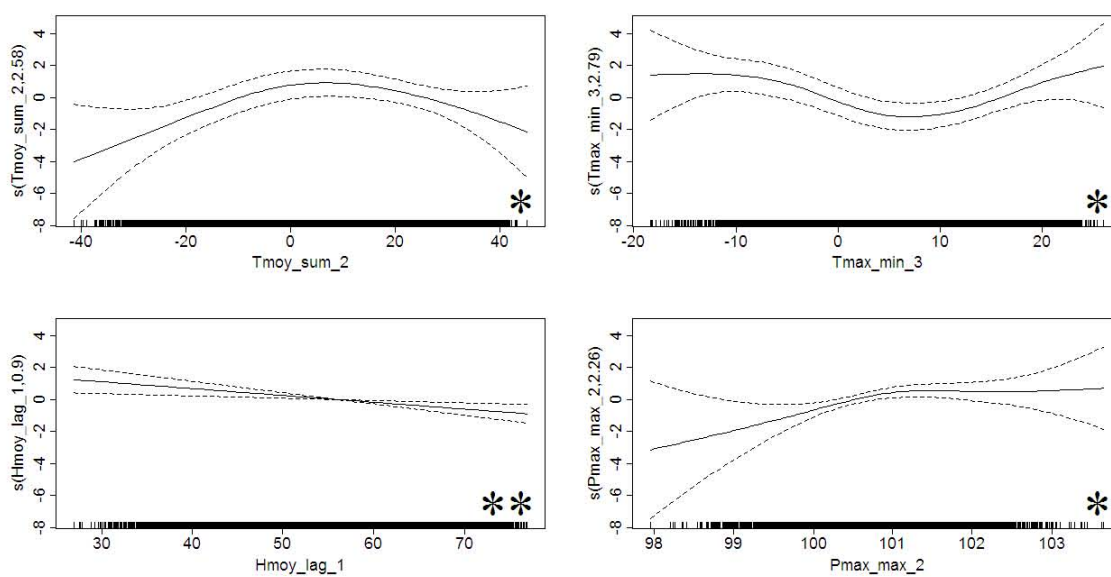


Figure C-44 : Hospitalisations traumatismes, zones défavorisées

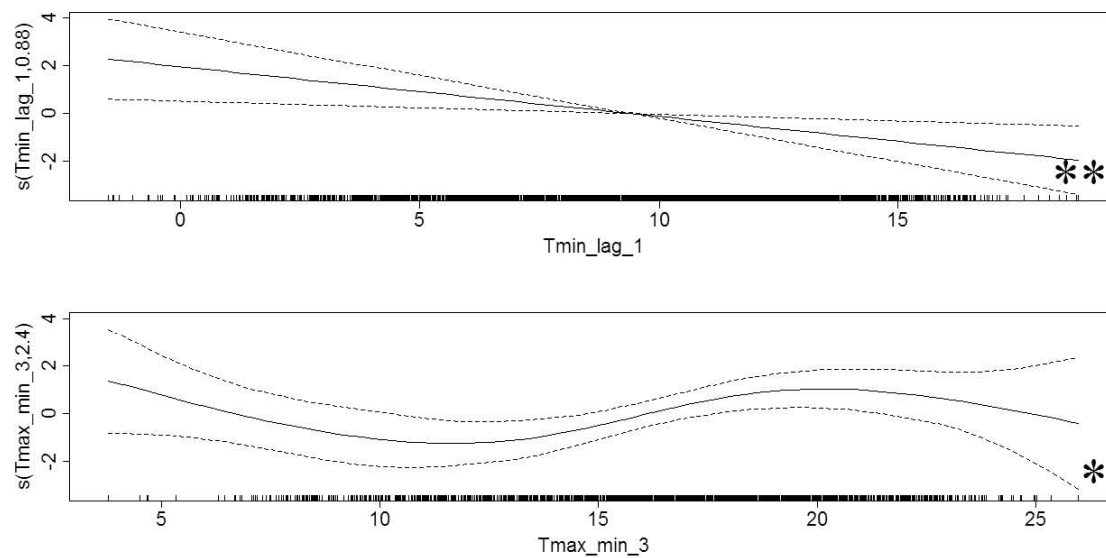
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

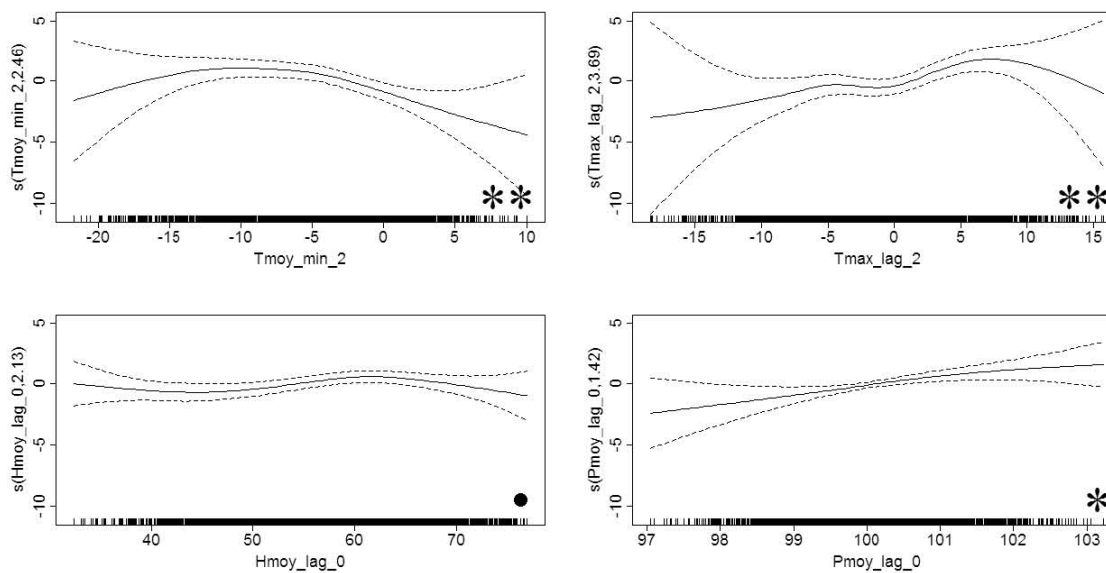
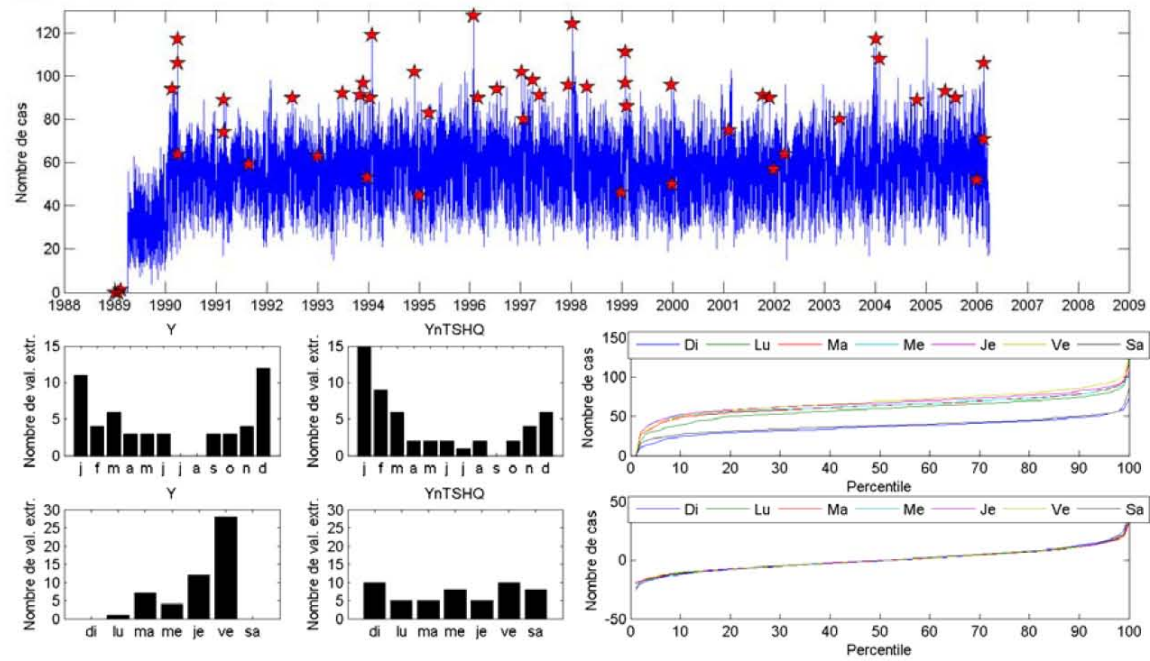
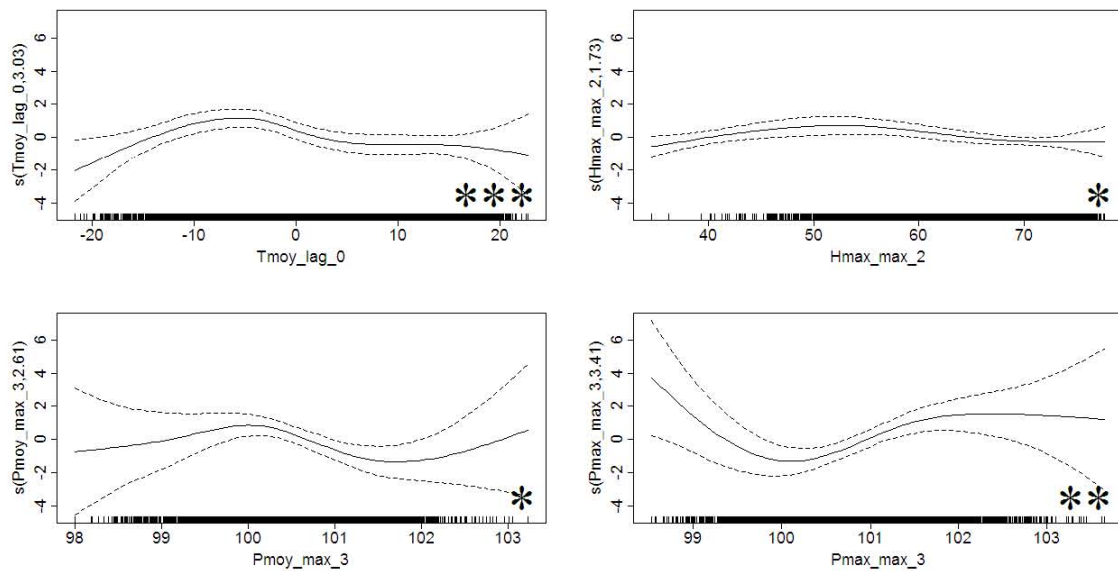


Figure C-45 : Hospitalisations traumatismes

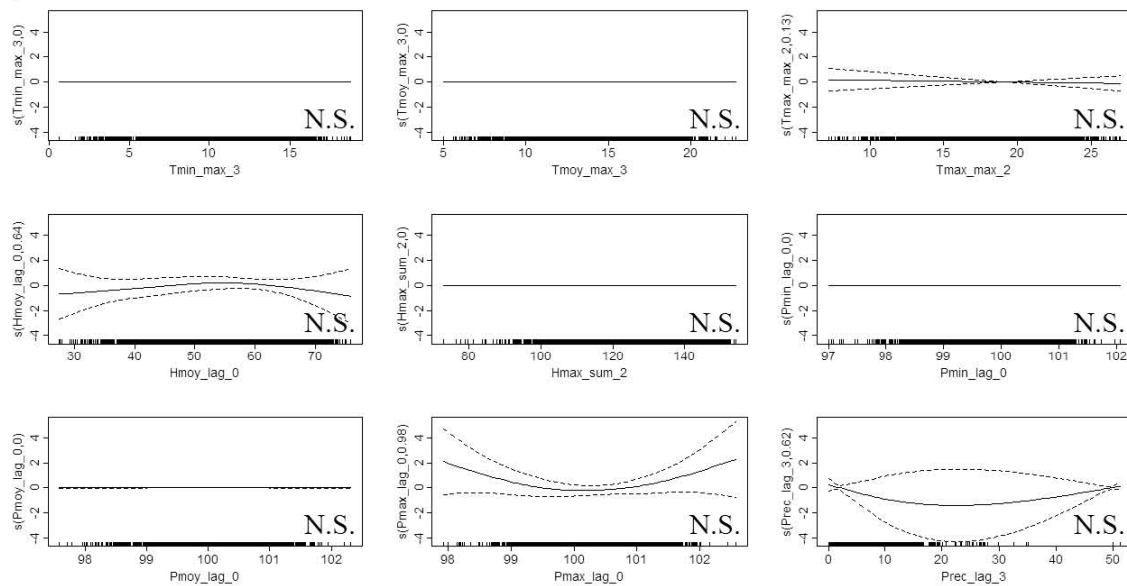
a) résumé



b) annuel



c) été



d) hiver

