



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

Evaluation des zones à risque de remontée de nappe dans le bassin versant de la Chiers et ses affluents

Rapport final

BRGM/RP-71344-FR

Version 1 du 11 octobre 2022

Étude réalisée dans le cadre des opérations de service public du BRGM

Chabart M., Bourouay O., Javaux B.

Vérificateur :

Nom : Hélène BESSIERE

Fonction : Hydrogéologue

Date : 25/07/2022

Signature :

Approbateur :

Nom : Nicolas KOEBERLE

Fonction : Directeur Régional Grand Est

Date : 22/08/2022

Signature :

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM
est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur et/ou les termes de la convention.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctq> ou par ce code :



Mots clés : Bassin versant, Chiers, piézométrie, mesure, niveau d'eau, sources, interpolation, inondation, Meuse, Meurthe-et-Moselle.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Chabart M., Bourouay O., Javaux B. (2022) – Evaluation des zones à risque de remontée de nappe dans le bassin versant de la Chiers et ses affluents. Rapport final V1. BRGM/RP-71344-FR, 189 p. 82 fig., 8 tab., 10 annexes.

© BRGM, 2022, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-21/09/2021

Synthèse

La Direction Départementale de la Meuse (DDT55) est en phase d'élaboration du Plan de prévention des risques inondation (PPRI) des cours d'eau de la Chiers et de ses affluents Thinte, Loison, Thonne, Ton et Othain. Afin d'intégrer les différents mécanismes contributeurs des crues, la DDT 55 a exprimé un besoin de connaissance et d'expertise face à l'aléa remontée de nappe sur ce secteur.

La carte de sensibilité des territoires au « risque d'inondation par remontée de nappe » à l'échelle nationale est insuffisante pour répondre à cette sollicitation. Il a donc été proposé par le BRGM la réalisation d'une étude locale selon une approche spécifique permettant d'évaluer la sensibilité des zones à risques de remontée de nappe et d'établir les recommandations associées, selon le tout récent guide méthodologique établi en 2020 par le BRGM.

Le programme, mis en œuvre pour répondre à ces objectifs, comprend les étapes suivantes :

- Synthèse des données disponibles (collecte et traitement) ;
- Estimation de la cote piézométrique maximale sur la base des données disponibles ;
- Réalisation d'une analyse géostatistique et interpolation de la surface piézométrique ;
- Etablissement de la carte de sensibilité aux remontées de nappe ;
- Etablissement de la carte des zones d'intérêt permettant de cibler les secteurs sur lesquels l'information est insuffisante et/ou la mise en place de mesures spécifiques est requise.

Le secteur d'étude s'est avéré très particulier à traiter nécessitant des adaptations régulières au rythme des traitements réalisés. La disponibilité d'informations fiables sur les niveaux des nappes du secteur étudié en situation de hautes, voire très hautes eaux s'est notamment avérée limitée, nécessitant le recours à une modélisation globale pour permettre la reconstitution de chroniques et le calcul de la cote piézométrique maximale (ZT100).

L'analyse géostatistique et l'interpolation par krigeage ordinaire de la surface piézométrique maximale ZT100 a conduit à dresser la cartographie des zones sensibles aux inondations par remontée de nappe (RN) selon quatre classes de sensibilité dépendantes de la profondeur de la nappe en situation de très hautes eaux.

La cartographie des indices de confiance confirme que le résultat est satisfaisant sur la majorité de la zone d'étude (58 %), l'indice de confiance est globalement moyen sur 34 % des mailles et insatisfaisant sur 8 % des mailles.

La cartographie des zones d'intérêt obtenue par combinaison des trois critères « indice de confiance », « fiabilité des points » et « anthropisation » a permis l'identification de secteurs homogènes sur lesquels un certain nombre d'actions peuvent être proposées ; citons à titre d'exemple la mise en œuvre d'un réseau de suivi des variations piézométriques.

L'approche géomatique mise en œuvre est soumise à des incertitudes, induisant des biais parfois importants dans certaines zones du bassin versant investigué. Il faut donc considérer ces limitations lorsqu'une exploitation de ce type de résultats est entreprise. Surtout, compte tenu des informations utilisées et de leurs échelles de validité, cette approche cartographique doit être considérée comme indicative. Elle ne doit pas être utilisée à une échelle inférieure à celle préconisée et se substituer à des études plus locales.

Sommaire

1. Introduction.....	11
1.1. Contexte.....	11
1.2. Objectifs de l'étude	11
2. Contexte hydrologique et hydrogéologique.....	13
2.1. Définitions et rappels sur le risque inondation	13
2.2. Contexte géographique et hydrographique.....	15
2.3. Contexte géologique et hydrogéologique	22
2.3.1. <i>Géomorphologie et géologie</i>	22
2.3.2. <i>Entités hydrogéologiques</i>	25
2.3.3. <i>Ressources aquifères et usage sur le périmètre</i>	29
2.4. Contexte de sensibilité aux remontées de nappe – carte nationale	31
3. Collecte des données et traitement.....	35
3.1. Rappels des objectifs de la collecte	35
3.2. Recensement des crues, phénomènes d'inondation et catastrophes naturelles	35
3.2.1. <i>Extraction de la base Gaspar au 17/12/2021</i>	35
3.2.2. <i>Crues historiques</i>	38
3.3. Réalisation d'une enquête spécifique « remontée de nappe » et visites de terrain	40
3.4. Extraction BSS et ADES	45
3.5. Analyse préliminaire concernant la répartition des points d'eau et leur principales caractéristiques.....	45
3.6. Analyse des données piézométriques disponibles	52
3.6.1. <i>Chroniques de mesures</i>	52
3.6.2. <i>Cartes piézométriques</i>	55
3.6.3. <i>Mesures ponctuelles et anciennes chroniques</i>	59
3.7. Préparation du jeu de données	64
4. Estimation de la cote piézométrique maximale	67
4.1. Rappel méthodologique	67
4.1.1. <i>Evaluation de la fiabilité</i>	67
4.1.2. <i>Mise en œuvre de l'analyse fréquentielle</i>	67
4.2. Analyse statistique et fréquentielle des points d'eau avec chronique piézométrique exploitable (point à fiabilité forte) – calcul du ZT100	68
4.3. Rattachement des points à fiabilité moyenne à faible – calcul du ZT100	74
4.3.1. <i>Rattachement des points à fiabilité moyenne à faible</i>	74
4.3.2. <i>Calcul du ZT100 pour les points à fiabilité moyenne</i>	77
4.3.3. <i>Calcul du ZT100 pour les points à fiabilité faible</i>	77
4.4. Conclusions sur les calculs des cotes piézométriques maximales et l'utilisation dans la cartographie.....	78
5. Analyse géostatistique et interpolation de la surface piézométrique.....	85
5.1. Rappel méthodologique	85
5.2. Histogramme des données	86
5.3. Variogramme et validation croisée – procédure itérative	88
5.3.1. <i>Variogramme</i>	88
5.3.2. <i>Validation croisée</i>	89
5.4. Interpolation et contrôles de cohérence.....	93
5.4.1. <i>Paramètres de l'interpolation</i>	93
5.4.2. <i>Resultats de l'interpolation</i>	94
5.4.3. <i>Ecart type et indice de confiance</i>	95

5.4.4.	<i>Coupes transversales au droit des points de contrainte de type « historique des remontées de nappe »</i>	96
5.5.	Calcul de la profondeur de la nappe et classe de sensibilité.....	100
5.6.	Contrôle de la cohérence des résultats.....	102
5.6.1.	<i>Par rapport à la cartographie nationale</i>	102
5.6.2.	<i>Par rapport aux points de calibrage et de contrainte</i>	102
6.	Limites de l'étude, zones d'intérêt et pistes d'action.....	107
6.1.	Limites de l'étude.....	107
6.1.1.	<i>Faiblesses et incertitudes</i>	107
6.1.2.	<i>Adaptations réalisées pour répondre aux difficultés rencontrées</i>	107
6.1.3.	<i>Retour d'expérience</i>	108
6.2.	Niveau de confiance et zones d'intérêt.....	108
6.2.1.	<i>Niveau de confiance et données disponibles</i>	108
6.2.2.	<i>Niveau de confiance et zones d'intérêt</i>	108
6.2.3.	<i>Zones d'intérêt</i>	109
6.2.4.	<i>Echelle d'utilisation</i>	109
6.3.	Pistes d'action proposées.....	115
7.	Conclusions.....	117
8.	Bibliographie.....	123

Liste des figures

Figure 1 – Illustration des différents types d'inondation.....	14
Figure 2 - Localisation du bassin versant étudié au nord du département de la Meuse.....	18
Figure 3 – Carte de localisation du secteur d'étude et intercommunalités concernées.....	19
Figure 4 - Carte de localisation des stations hydrométriques sur le secteur d'étude [partie nord].....	20
Figure 5 - Carte de localisation des stations hydrométriques sur le secteur d'étude [partie sud].....	21
Figure 6 – Vue 3D de la zone d'étude (bassin versant de la Chiers et affluents notamment Loison et Othain).....	23
Figure 7 – Paléoméandre de la Chiers Nepvant (55).....	24
Figure 8 – Paléoméandre de l'Othain à Marville (55).....	24
Figure 9 - Contexte géologique du bassin versant étudié.....	26
Figure 10 - Entités hydrogéologiques à l'affleurement sur le secteur d'étude (référentiel BDLISA).....	27
Figure 11 - Nature des entités hydrogéologiques et zones karstiques (référentiel BDLISA) couvrant le secteur d'étude.....	28
Figure 12 – Carte des prélèvements par communes et points sur le bassin versant de la Chiers.....	30
Figure 13 – Graphiques de répartition du nombre de points de prélèvement sur le bassin versant de la Chiers.....	31

Figure 14 – Extrait de la carte nationale de sensibilité aux remontées de nappe sur le périmètre d'étude.....	32
Figure 15 – Cartographies de l'incertitude de la carte nationale de sensibilité aux remontées de nappe sur le périmètre d'étude.....	33
Figure 16 – Fiabilité de la carte nationale de sensibilité aux remontées de nappe sur les critères « MNT » et « eaux souterraines » sur le périmètre d'étude	34
Figure 17 – Graphique de répartition du nombre de CATNAT par type sur le périmètre d'étude. Source : GASPAR.....	36
Figure 18 – Graphique de répartition du nombre de communes en fonction du nombre de CATNAT « inondations » sur le périmètre d'étude. Source : GASPAR.	36
Figure 19 – Cartographie du nombre de CATNAT « inondations » par commune sur le périmètre d'étude (hors CATNAT décembre 1999). Source : GASPAR.	37
Figure 20 – Graphiques de répartition du nombre de CATNAT « inondations » par rapport à la date de début de l'évènement et à la durée de l'évènement. Source : GASPAR.	38
Figure 21 – Les « bouillons » de Delut. Prises de vue du 30/05/2016 communiquées par la mairie de Delut.	43
Figure 22 – Carte de localisation des parcelles concernées par les remontées de nappe sur 8 communes du secteur d'étude	44
Figure 23 – Graphique de répartition des points d'eau par nappe captée	46
Figure 24 – Cartographie de répartition par carte géologique du nombre de points d'eau de la BSS sur le secteur d'étude selon le critère « nappe captée ».....	46
Figure 25 - Graphique de répartition des points d'eau par nature.....	47
Figure 26 – Cartographie de répartition par carte géologique du nombre de points d'eau de la BSS sur le secteur d'étude selon le critère « nature »	48
Figure 27 - Répartition du nombre de forages de la BSS sur le secteur d'étude selon le critère « gisement »	50
Figure 28 – Cartographie de répartition par carte géologique du nombre de forages de la BSS sur le secteur d'étude selon le critère « gisement »	50
Figure 29 – Carte de répartition des points d'eau sur le périmètre d'étude (extraction BSS)	51
Figure 30 – Carte de localisation du bassin versant de la Chiers et des stations de suivi des eaux souterraines et des eaux superficielles	52
Figure 31 – Evolution des niveaux piézométriques entre 2004 et 2021 sur deux ouvrages représentatifs des nappes du bassin versant de la Meuse et croisement avec les crues historiques	53
Figure 32 – Statistiques des cotes mensuelles minimales, moyennes et maximales des nappes pour deux piézomètres de suivi du bassin versant Meuse (d'après ADES). Identification des évènements exceptionnels en 2016, 2018, 2020 et 2021 ayant pu contribuer à des phénomènes d'inondation par remontée de nappe.....	54
Figure 33 – Cartes piézométriques disponibles pour les entités hydrogéologiques à l'affleurement du bassin versant de la Chiers	57
Figure 34 – Répartition du nombre de points d'eau disposant de mesure et du nombre de mesure	59
Figure 35 – Répartition des points d'eau par nappe	60

Figure 36 – Répartition des points d'eau avec mesure par type de gisement	61
Figure 37 – Répartition des mesures par trimestre pour rendre compte de la situation hydrogéologique en basses, moyennes ou hautes eaux.....	61
Figure 38 – Cartographie des points de mesure sur le bassin de la Chiers (ou à proximité) représentés selon le nombre de mesure (taille) et l'aquifère capté (couleur).	62
Figure 39 – Cartographie des points de mesure sur le bassin de la Chiers (ou à proximité) représentés selon le type de gisement	63
Figure 40 – Carte de répartition des sources sur le secteur d'étude	65
Figure 41 – Carte de répartition des zones humides sur le secteur d'étude.....	65
Figure 42 – Carte des cours d'eau sur le secteur d'étude	65
Figure 43 – Modèles Numériques de Terrain (MNT) sur le secteur d'étude	66
Figure 44 – Statistiques des cotes moyennes et extrêmes de la nappe des calcaires du Dogger à Stenay (https://ades.eaufrance.fr/).....	72
Figure 45 – Statistiques des cotes moyennes et extrêmes de la nappe des calcaires de l'Oxfordien à Vacherauville (https://ades.eaufrance.fr/)	72
Figure 46 – Résultats du traitement ESTHER : période de retour et intervalles de confiance obtenus après ajustement loi GEV	73
Figure 47 - Logigramme des différentes phases d'association des points (source : « Guide méthodologique pour l'établissement de carte de sensibilité aux remontées de nappe à l'échelle locale », Bessière et al., 2020).....	76
Figure 48 – Chroniques piézométriques des points à fiabilité forte et moyenne et valeurs maximales.....	79
Figure 49 – Distribution spatiale des points d'eau avec mesures de niveau d'eau sur le bassin versant de la Chiers selon leur fiabilité	80
Figure 50 - Distribution spatiale des points d'eau avec calcul de ZmaxT100 sur le bassin versant de la Chiers selon l'usage dans l'interpolation.....	81
Figure 51 – Distribution spatiale des autres points avec estimation ZmaxT100 sur le bassin versant de la Chiers selon leur fiabilité	82
Figure 52 - Distribution spatiale des autres points avec estimation de ZmaxT100 sur le bassin versant de la Chiers selon l'usage dans l'interpolation	83
Figure 53 – Principe des méthodes géostatistiques disponibles sous GDM et appliquées pour réaliser l'interpolation de la surface piézométrique maximale	86
Figure 54 – Histogrammes de distribution des valeurs de ZmaxT100. Résultats des traitements avec GDM © BRGM.....	87
Figure 55 – Variogramme des valeurs de ZmaxT100 pour la sélection finale. Résultats du traitement avec GDM © BRGM.....	89
Figure 56 – Comparaison de 3 variogrammes en fonction des sélections par type de points....	89
Figure 57 – Synthèse des résultats de la validation croisée et carte des points « non robuste » (NROB)	90
Figure 58 – Erreur réduite : Nuages de corrélation (Z^* , ERED) et (Z^* , Z).....	91
Figure 59 – Répartition des points utilisés dans l'analyse géostatistique	92

Figure 60 – Paramétrage du modèle de variogramme choisi pour l'interpolation	93
Figure 61 – Cote piézométrique maximale T100 interpolée : Résultat cartographique de l'interpolation avec GDM sur le jeu de données final du bassin de la Chiers.....	94
Figure 62 – Répartition de l'indice de confiance à l'échelle de la zone d'étude (statistiques par maille).....	95
Figure 63 – Indice de confiance pour l'interpolation des cotes piézométriques maximales T100 (statistiques par maille). D'après les résultats sur le jeu de données final du bassin de la Chiers	96
Figure 64 – Cote piézométrique maximale T100 interpolée : Traces des coupes réalisées au droit des sites historiques de remontée de nappe (▲).....	97
Figure 65 – Coupe 2D à travers quelques vallées ayant connue historiquement des remontées de nappe. Position relative des surfaces topographiques (MNT 5m) et surface piézométrique maximale T100 interpolée à l'échelle du bassin versant de la Chiers.....	99
Figure 66 - Détermination des zones de débordement de nappe par comparaison des surfaces topographique et piézométrique (interpolation des valeurs ZmaxT100)	100
Figure 67 - Cartographie des zones susceptibles d'être affectées par les remontées de nappe définies par classe de sensibilité. Application de la méthodologie « approche locale ».	101
Figure 68 - Cartographie des zones susceptibles d'être affectées par les remontées de nappe définies par classe de sensibilité. Application de la méthodologie « approche nationale ».	103
Figure 69 – Comparaison des cartes de sensibilité au risque remontée de nappe à l'échelle locale et à l'échelle nationale.....	103
Figure 70 – Graphiques illustrant l'évolution de la proportion des zones de sensibilité entre les cartographies nationale et locale sur le bassin versant de la Chiers	104
Figure 71 – Vérification de la cohérence entre les zones de sensibilité définies à l'échelle locale sur le bassin de la Chiers et les points avec des mesures piézométriques	105
Figure 72 – Vérification de la cohérence entre les zones de sensibilité définies à l'échelle locale sur le bassin de la Chiers et les sources.....	105
Figure 73 – Vérification de la cohérence entre les zones de sensibilité définies à l'échelle locale sur le bassin de la Chiers et les points d'observation « remontée de nappe historique ».....	105
Figure 74 – Vérification de la cohérence entre les zones de sensibilité définies à l'échelle locale sur le bassin de la Chiers et les points BDTOPAGE (cours d'eau et plan d'eau)	105
Figure 75 – Critère « fiabilité de points de mesures » discrétisé selon un maillage 100x100 m	110
Figure 76 – Critère « anthropisation » discrétisé selon un maillage 100x100 m.....	111
Figure 77 - Carte des zones d'intérêt dressée au terme de l'étude remontée de nappe sur le bassin de la Chiers (maillage 100x100 m)	112
Figure 78 - Carte simplifiée des zones d'intérêt dressée au terme de l'étude remontée de nappe sur le bassin de la Chiers (maillage 500x500 m)	113
Figure 79 – Cartographie finale des (1) zones susceptibles d'être affectées par les remontées de nappe définies par classe de sensibilité hors domaine imperméable (masque correspondant au périmètre de la nappe captive) et (2) zones d'intérêt.....	114
Figure 80 – Récapitulatif de la collecte et des adaptations réalisées.....	119

Figure 81 – Récapitulatif du processus suivi pour l'estimation de la cote piézométrique maximale	120
Figure 82 – Bilan de l'étude et pistes d'actions.....	121

Liste des tableaux

Tableau 1 – Liste des stations hydrométriques sur la Chiers (http://hydro.eaufrance.fr/)	15
Tableau 2 – Liste des stations hydrométriques sur le Ton (http://hydro.eaufrance.fr/)	16
Tableau 3 – Liste des stations hydrométriques sur l'Othain (http://hydro.eaufrance.fr/)	16
Tableau 4 – Liste des stations hydrométriques sur la Thonne (http://hydro.eaufrance.fr/)	17
Tableau 5 – Liste des stations hydrométriques sur le Loison (http://hydro.eaufrance.fr/)	17
Tableau 6 - Synthèse des différents événements historiques d'inondation intervenus sur le périmètre d'étude	40
Tableau 7 – Caractéristiques des piézomètres de suivi avec chronique de mesures sur et autour du bassin versant de la Chiers. (D'après MANCEAU et al, 2020)	71
Tableau 8 – Définition des classes de sensibilité au risque remontée de nappe	101

Liste des annexes

Annexe 1 - Liste des 82 communes de la zone d'étude	125
Annexe 2 - Liste des principales formations aquifères (A) et écrans imperméables (EI) rencontrées sur le secteur d'étude.....	131
Annexe 3 - Questionnaire d'enquête auprès des collectivités sur les aspects « remontée de nappe »	135
Annexe 4 – Tableau de synthèse du retour des questionnaires par les collectivités.....	141
Annexe 5 – Compte rendus des visites de terrain	145
Annexe 6 – Synthèse du jeu de données pour le bassin versant de la Chiers et évaluation de la fiabilité.....	153
Annexe 7 – Résultats de l'analyse statistique et fréquentielle menée avec ESTHER sur les chroniques de mesures observées des piézomètres de Stenay (55) et Vacherauville (55) ...	157
Annexe 8 – Résultats de la modélisation menée avec GARDENIA sur les piézomètres de Stenay (55) et Vacherauville (55)	171
Annexe 9 – Résultats de l'analyse statistique et fréquentielle menée avec ESTHER sur la chronique de valeurs simulées pour le piézomètre de Stenay (55)	177
Annexe 10 – Liste des points d'eau : fiabilités, rattachements et mesures associées	185

1. Introduction

1.1. CONTEXTE

La **Direction Départementale de la Meuse (DDT55)** est en phase d'élaboration du **Plan de prévention des risques inondation (PPRI)** des cours d'eau de la Chiers et de ses affluents Thinte, Loison, Thonne, Ton et Othain. Afin d'intégrer les différents mécanismes contributeurs des crues, la DDT 55 exprime un besoin de connaissance et d'expertise face à l'aléa remontée de nappe sur ce secteur.

Le BRGM qui travaille depuis de nombreuses années sur la thématique « remontée de nappe », a été sollicité en 2016 par le Ministère de la Transition écologique et solidaire afin de réviser la méthode de cartographie de la sensibilité des territoires au « risque d'inondation par remontée de nappe » à l'échelle nationale.

La [carte nationale de sensibilité aux remontées de nappes](#)¹ couvre le territoire métropolitain et permet de localiser les zones sensibles aux débordements par remontée de nappe. La méthodologie employée conserve toutefois de nombreuses incertitudes dues à une accumulation d'informations manquantes, incomplètes ou imprécises, à l'ordre de grandeur des valeurs recherchées et à la complexité des milieux. La carte ainsi réalisée n'est donc pas valide pour les zones karstiques (au comportement encore trop mal connu sur certains secteurs), les zones urbaines (pour lesquelles les aménagements modifient très probablement les écoulements souterrains) et les secteurs de l'après-mine (qui subissent des modifications des écoulements souterrains dues aux pompages des eaux d'exhaure ou à l'arrêt des pompages).

La limite d'utilisation de cette carte a été fixée, en l'état des connaissances, au 1/100 000^{ème} et ne peut pas être utilisée localement, à des fins de réglementation, sans mener des études ponctuelles détaillées.

Une nouvelle méthodologie pour la réalisation des cartes de remontée de nappe à l'échelle locale a été développée à partir de différentes études réalisées dans le cadre des conventions BRGM/DGPR et validée par un groupe d'experts. Le guide est disponible sur le site BRGM (BESSIERE H. et al., 2020).

Les limites de l'application de la méthodologie concernent certains contextes hydrogéologiques (karsts, zones imperméables) et quelques secteurs spécifiques (grands secteurs urbains ou très industrialisés, secteurs après mine).

1.2. OBJECTIFS DE L'ETUDE

La DDT55 souhaiterait disposer des connaissances nécessaires à l'estimation de la contribution de la nappe à la construction des écoulements de crue. Pour ce faire, la carte de sensibilité des territoires au « risque d'inondation par remontée de nappe » à l'échelle nationale est insuffisante et une étude locale plus détaillée est nécessaire. Il est donc envisagé une approche spécifique permettant d'évaluer les zones à risques de remontée de nappe (définition des zones les plus sensibles) et d'établir les recommandations associées (à minima des mesures de surveillance).

¹

<https://www.georisques.gouv.fr/articles-risques/inondations/les-inondations-par-remontee-de-nappe>

Il est donc proposé dans le cadre de la présente étude de suivre les différentes étapes préconisées dans le tout récent guide méthodologique (BESSIERE H. et al., 2020) pour établir la cartographie des zones sensibles aux inondations par remontée de nappe à l'échelle locale.

Le programme, qui sera mis en œuvre pour répondre à ces objectifs, se déroule en 5 étapes :

- Etape 1 : définir le contexte géologique, hydrologique et hydrogéologique, dresser la synthèse des données disponibles, collecter et traiter ces données (y compris les résultats des enquêtes récentes menées auprès des collectivités dans le cadre du PPRI en cours sur les aspects ruissellement et débordement de cours d'eau) afin de préparer le jeu de données nécessaire à la réalisation des étapes suivantes.

Cette étape intègre également une prise en contact (quelques jours de terrain si nécessaire) avec les collectivités pour vérifier certaines informations qui demanderait à être préciser. Le point d'avancement réalisé en fin d'étape 1 permettra en fonction des données disponibles de continuer sur la base des étapes 2 à 5 décrites ci-dessous ou d'ajuster l'étude afin d'inclure une nouvelle étape complémentaire si nécessaire.

- Etape 2 : estimer la cote piézométrique maximale sur la base des données disponibles ;
- Etape 3 : réaliser une analyse géostatistique et l'interpolation de la surface piézométrique ;
- Etape 4 : dresser la carte de sensibilité aux remontées de nappe valant zonage d'aléas d'inondations par remontées de nappes sur le périmètre d'étude, et la carte des zones d'intérêt² ;
- Etape 5 : proposer, notamment sur les zones d'intérêt, un programme d'action destiné à comprendre les causes et les impacts des inondations par remontées de nappe à l'échelle du territoire, dans le but de les prévenir ou d'en atténuer les effets.

² La cartographie des zones d'intérêt a pour objectif de cibler les secteurs sur lesquels l'information est insuffisante et/ou la mise en place de mesures spécifiques est requise : acquisition de données complémentaires, recommandations pour la mise en place d'un réseau piézométrique de suivi...

2. Contexte hydrologique et hydrogéologique

2.1. DEFINITIONS ET RAPPELS SUR LE RISQUE INONDATION

La plateforme « georisques.gouv.fr » est le site de référence sur les risques majeurs naturels et technologiques, qui permet de s'informer, d'accéder facilement aux données relatives aux risques naturels (Observatoire National des Risques Naturels – ONRN) et de créer une carte personnalisée de risque.

En France, le risque inondation est le premier risque naturel par l'importance des dommages qu'il provoque, le nombre de communes concernées, l'étendue des zones inondables et les populations résidant dans ces zones.

L'inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors de l'eau. Phénomène saisonnier qui trouve sa source dans des précipitations soutenues et durables, l'inondation peut aussi venir de la mer ou des eaux souterraines.

Le risque inondation correspond à la confrontation en un même lieu géographique d'un aléa (une inondation potentiellement dangereuse) avec des enjeux (humains, économiques, ou environnementaux) susceptibles de subir des dommages ou des préjudices.



Informations extraites du site « georisques.gouv.fr »

On distingue (Figure 1) les inondations par **débordement de cours d'eau**, par **ruissellement** et par **remontée de nappe** ; on oubliera sciemment la submersion marine sans objet en Grand-Est.

On parle d'**inondation par débordement de cours d'eau** lorsqu'un cours d'eau déborde de son lit habituel. Les inondations par débordement de cours d'eau découlent de crues lentes de plaine (le cours d'eau sort lentement de son lit mineur et envahit son lit moyen, voir son lit majeur) ou de crues rapides et torrentielles (à l'issue de précipitations intenses ou à la fonte des neiges, en zone montagneuse ou de relief marqué).

L'**inondation par ruissellement** se produit après un évènement climatique important, par exemple une pluie de très forte intensité ou un cumul important de pluie sur plusieurs jours lorsque les eaux de pluie ne peuvent pas ou plus s'infiltrer dans le sol. Elle se traduit par un écoulement d'eau important en dehors du réseau hydrographique (zones habituellement sèches ou dans des cours d'eau intermittents) et du réseau d'évacuation des eaux pluviales.

Les **inondations par remontée de nappe** se produisent lorsque le niveau d'une nappe phréatique libre dépasse le niveau topographique des terrains qui la renferment.

Les précipitations efficaces s'infiltrent dans le sous-sol et alimentent la nappe, dont le niveau présente en général des variations selon un cycle annuel voire pluriannuel. La différence entre les niveaux minimal (basses eaux) et maximal (hautes eaux) de la nappe détermine l'amplitude du « battement de la nappe ». Son identification passe généralement par une expertise hydrogéologique.

Caractéristiques des différents types d'inondation

Expertise

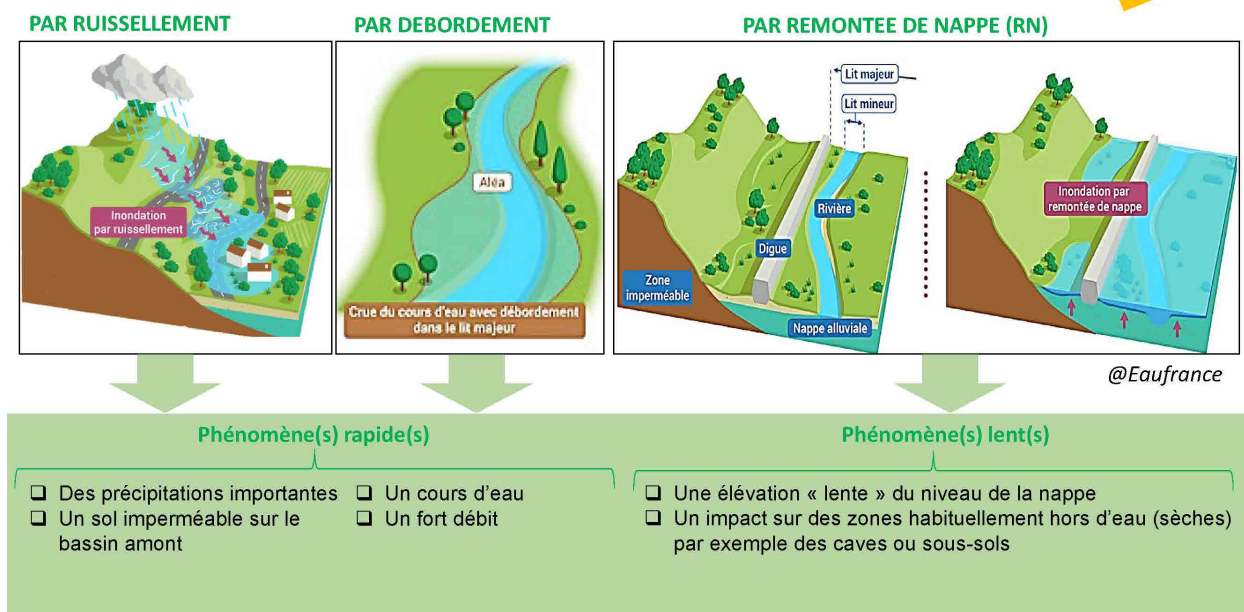


Figure 1 – Illustration des différents types d'inondation

La typologie des phénomènes de remontées de nappe est donc très dépendante du **contexte hydrogéologique** des aquifères concernés. On distingue généralement :

- Les nappes alluviales pour lesquelles la remontée de nappe correspond (1) à la transmission au milieu aquifère d'une onde d'inondation générée par la crue du cours d'eau ou (2) un écoulement du trop-plein de la nappe vers le cours d'eau après des précipitations abondantes sur une longue durée ;
- Les grandes nappes libres (hors domaine alluvial), à forte capacité de stockage et écoulement lent, pour lesquelles la remontée de nappe est générée par des pluies excédentaires sur une longue période (1 ou plusieurs cycles hydrologiques) conduisant à une recharge plus importante que la décharge naturelle par les rivières, jusqu'à aboutir au débordement de la nappe lors des périodes de très hautes eaux ;
- Les nappes d'extension plus limitée dans l'espace, mais où, en raison de la présence d'un substratum imperméable, le surplus d'eau est contraint de s'écouler en surface ;
- Les aquifères à caractéristiques hydrodynamiques particulières, tels que les aquifères karstiques ou les bassins miniers en région Grand Est ;
- Les nappes captives sont de fait exclues de l'étude.

2.2. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET HYDROGRAPHIQUE

La zone d'étude porte sur le bassin versant de **la Chiers et de ses affluents (Thinte, Loison, Thonne, Ton et Othain)**, soit une superficie de 808 km². Ce territoire, situé au nord du département de la Meuse à la frontière avec la Belgique (région wallonne) est couvert par 82 communes (71 communes concernées sur le département de la Meuse et 11 communes concernées sur le département de la Meurthe-et-Moselle – Annexe 1) et 6 intercommunalités (Figure 2 et Figure 3).

Trois communes au sud du périmètre d'étude sont concernées par le PPR minier (Boulogny, Eton, Dommery-Baroncourt - Figure 3). Cette spécificité n'a pas d'impact sur la méthodologie étant donné la profondeur des mines (200 m) et l'absence d'exhaure susceptible d'impacter les eaux souterraines et/ou superficielles.

La Chiers

A l'est du secteur d'étude, la Chiers prend sa source au Luxembourg, arrive en France au droit des trois frontières (Fr-B-Lux) à Longlaville (54), parcourt le Pays-Haut meurthe-et-mosellan jusqu'à Epiez-sur-Chiers (54). La Chiers devient meusienne et traverse le secteur d'étude jusqu'au département ardennais [Olizy sur Chiers (55) / La Ferté-sur-Chiers (08)]. La Chiers poursuit ensuite son parcours dans les Ardennes hors du secteur d'étude [Carignan, Douzy...] jusqu'à sa confluence avec le fleuve Meuse à Remilly-Aillicourt (08).

Sur son parcours meusien, la Chiers est classée en « basse vallée de plateaux calcaires et marno-calcaires » à dynamique assez importante à vallée assez large et à lit mineur très large et peu profond³. La Chiers dispose de plusieurs stations hydrométriques actives mais une seule dans le périmètre du secteur d'étude (Tableau 1 et Figure 4).

Code station	Libellé station	Département station	Hauteurs Données disponibles	Débits Données disponibles	Position secteur d'étude
B4001010	La Chiers à Longlaville	Meurthe-et-Moselle (54)	1996 - 2021	1996 - 2021	Amont (extérieur)
B4021010	La Chiers à Longwy	Meurthe-et-Moselle (54)	1993 - 2021	1993 - 2021	Amont (extérieur)
B4031010	La Chiers à Montigny-sur-Chiers	Meurthe-et-Moselle (54)	1968 - 2021	1968 - 2021	Amont (extérieur)
B4601010	La Chiers à Chauvency-le-Château	Meuse (55)	1964 - 2021	1961 - 2021	Centre (intérieur)
B4631010	La Chiers à Carignan	Ardennes (08)	1966 - 2021	1966 - 2021	Aval (extérieur)
B4660101	La Chiers à Brévilly	Ardennes (08)	2008 - 2021	2008 - 2021	Aval (extérieur)

Tableau 1 – Liste des stations hydrométriques sur la Chiers (<http://hydro.eaufrance.fr/>)

³ <http://syndicat-chiers.fr/le-bassin-versant-de-la-chiers/>

Affluent de rive droite : le Ton

Le parcours du Ton se fait essentiellement en Belgique entre Châtillon (où il prend sa source), à travers la région de Virton pour se jeter dans la Chiers peu après Écouvies (frontière franco-belge). La seule station hydrométrique se trouve à Écouvies (55) à l'est du secteur d'étude (Tableau 2 et Figure 4).

Code station	Libellé station	Département station	Hauteurs Données disponibles	Débits Données disponibles	Position secteur d'étude
B4224310	Le Ton à Écouvies	Meuse (55)	1976 - 2021	1976 - 2021	Amont (extérieur)

Tableau 2 – Liste des stations hydrométriques sur le Ton (<http://hydro.eaufrance.fr/>)

Affluent de rive gauche : l'Othain

Le linéaire du cours d'eau de l'Othain (67 km) est intégralement contenu dans le périmètre de l'étude depuis Gondrecourt-Aix (54) à l'extrémité sud-est jusqu'à Villécloye et Montmédy (55) où il se jette dans la Chiers. Sur les quatre stations inventoriées, deux sont encore actives (Tableau 3, Figure 4 et Figure 5).

Code station	Libellé station	Département station	Hauteurs Données disponibles	Débits Données disponibles	Position secteur d'étude
B4310200	L'Othain à Spincourt	Meuse (55)	2002 - 2021	2002 - 2021	Amont (intérieur)
B4312005	L'Othain à Dommary-Baroncourt	Meuse (55)	1985 - 1988	1985 - 1988	Amont (intérieur)
B4312010	L'Othain à Dommary-Baroncourt	Meuse (55)	non disponible	1985 - 1988	Amont (intérieur)
B4352010	L'Othain à Othe	Meurthe-et-Moselle (54)	1967 - 2021	1967 - 2021	Aval (intérieur)

Tableau 3 – Liste des stations hydrométriques sur l'Othain (<http://hydro.eaufrance.fr/>)

Le cours d'eau de l'Othain s'est trouvé impacté par l'exploitation minière (exhaures des mines de Piennes, de Joudreville et d'Amermont). Suite à l'arrêt des exhaures en 2003, un soutien d'étiage a été mis en place à partir du puits d'Amermont III (100 l/s) jusqu'en 2004 (arrêt suite à des problèmes de sulfatation des eaux au niveau des zones de pompage AEP pour St-Laurent-sur-Othain, Montmédy).

Affluent de rive droite : la Thonne

La Thonne prend sa source en Belgique (commune de Meix-devant-Virton), traverse le village de Sommethonne, franchi la frontière, s'oriente vers l'ouest après Thonne-la-Long, puis se dirige vers le sud à partir de Thonnelle, jusqu'à la confluence avec la Chiers à Thonne-les-Près, en aval de Montmédy. L'essentiel de son parcours se fait en France et sur le périmètre de l'étude (11.4 km sur une longueur totale de 15.2 km). Il n'existe plus de station hydrométrique opérationnelle sur ce cours d'eau (Tableau 4 et Figure 4).

Code station	Libellé station	Département station	Hauteurs Données disponibles	Débits Données disponibles	Position secteur d'étude
B4253010	La Thonne à Thonne-les-Près	Meuse (55)	1973 - 1992	1973 - 1991	Aval (intérieur)

Tableau 4 – Liste des stations hydrométriques sur la Thonne (<http://hydro.eaufrance.fr/>)

Affluent de rive gauche : le Loison

Le linéaire du Loison (53 km), est orienté comme l'Othain du sud-est vers le nord-ouest et traverse intégralement le périmètre de l'étude. Il prend sa source à Loison (55) et conflue avec la Chiers en rive gauche à l'ouest de Montmédy (55). Il possède plusieurs affluents en rive gauche, notamment : Azanne, Brévonte, Thinte ou Braconrupt. On recense sur le périmètre de l'étude une ancienne station abandonnée et deux stations actives, dont une avec plus de 50 ans de suivi (Tableau 5, Figure 4 et Figure 5).

Code station	Libellé station	Département station	Hauteurs Données disponibles	Débits Données disponibles	Position secteur d'étude
B4402010	Le Loison à Billy-sous-Mangiennes	Meuse (55)	1984 - 1992	1984 - 1992	Amont (intérieur)
B4530001	Le Loison à Vittarville	Meuse (55)	2019 - 2021	2019 - 2021	Centre (intérieur)
B4572010	Le Loison à Han-lès-Juvigny	Meuse (55)	1969 - 2021	1969 - 2021	Aval (intérieur)

Tableau 5 – Liste des stations hydrométriques sur le Loison (<http://hydro.eaufrance.fr/>)

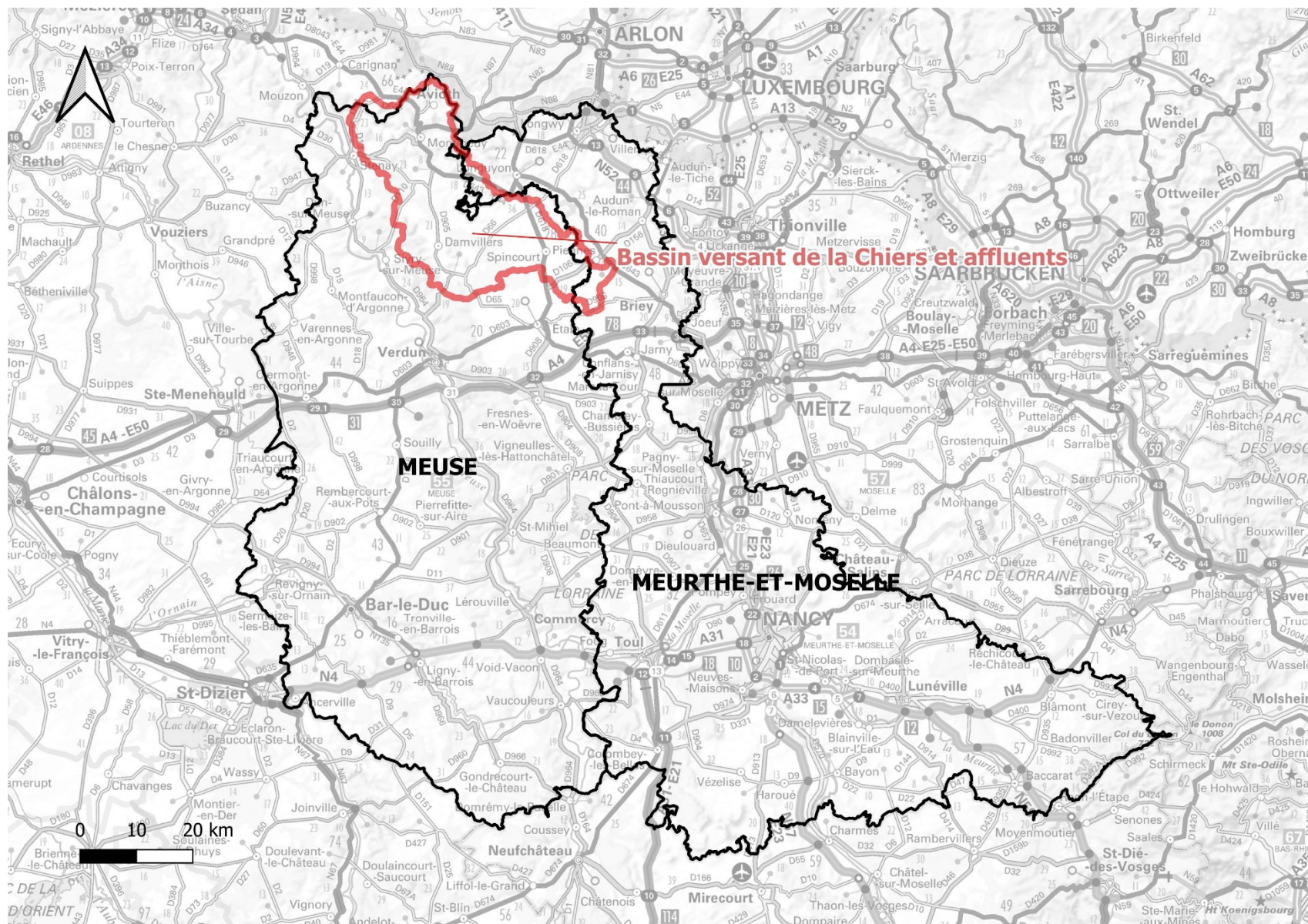
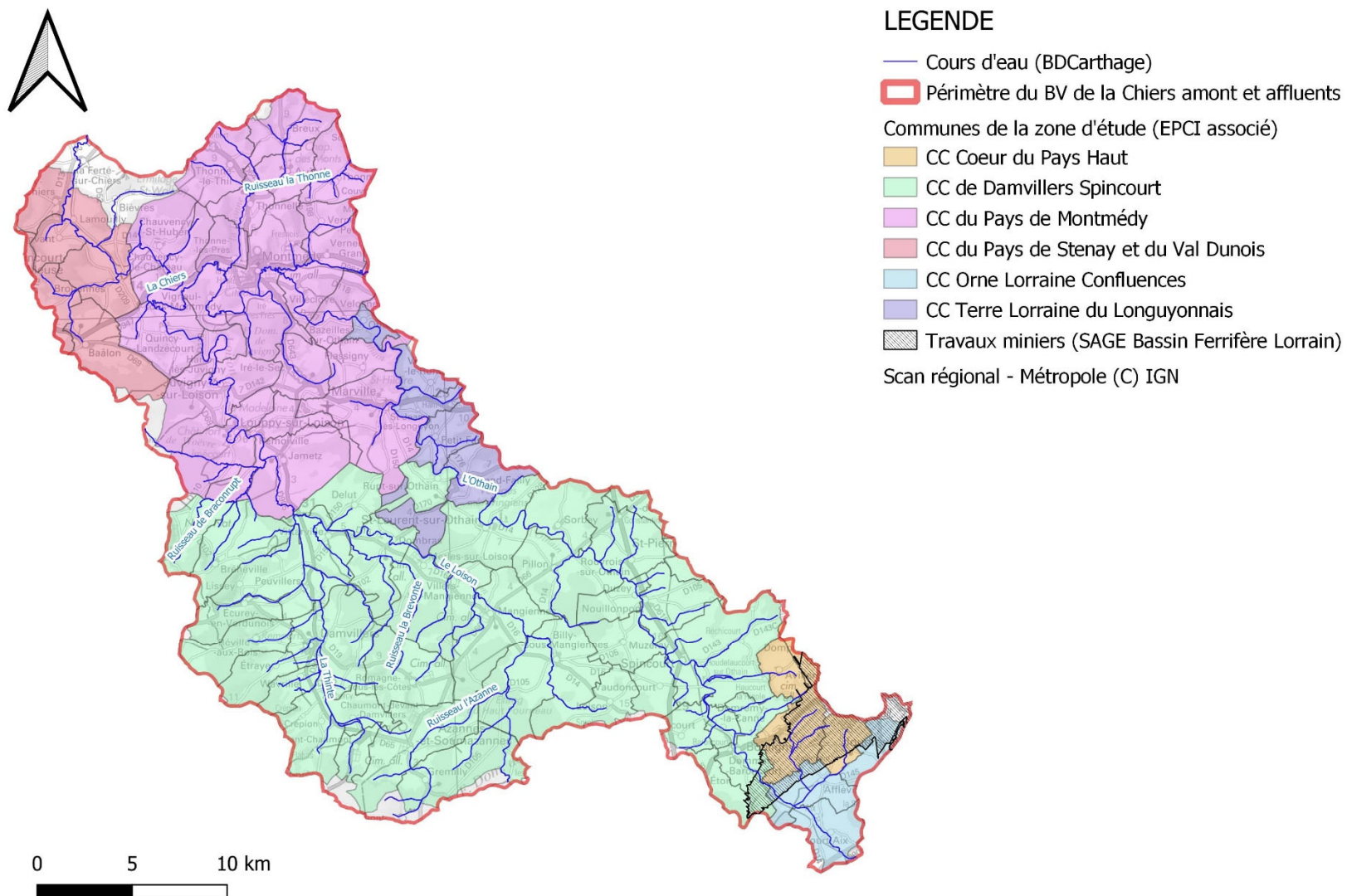


Figure 2 - Localisation du bassin versant étudié au nord du département de la Meuse



Evaluation des zones à risque de remontée de nappe dans le bassin versant de la Chiers et ses affluents

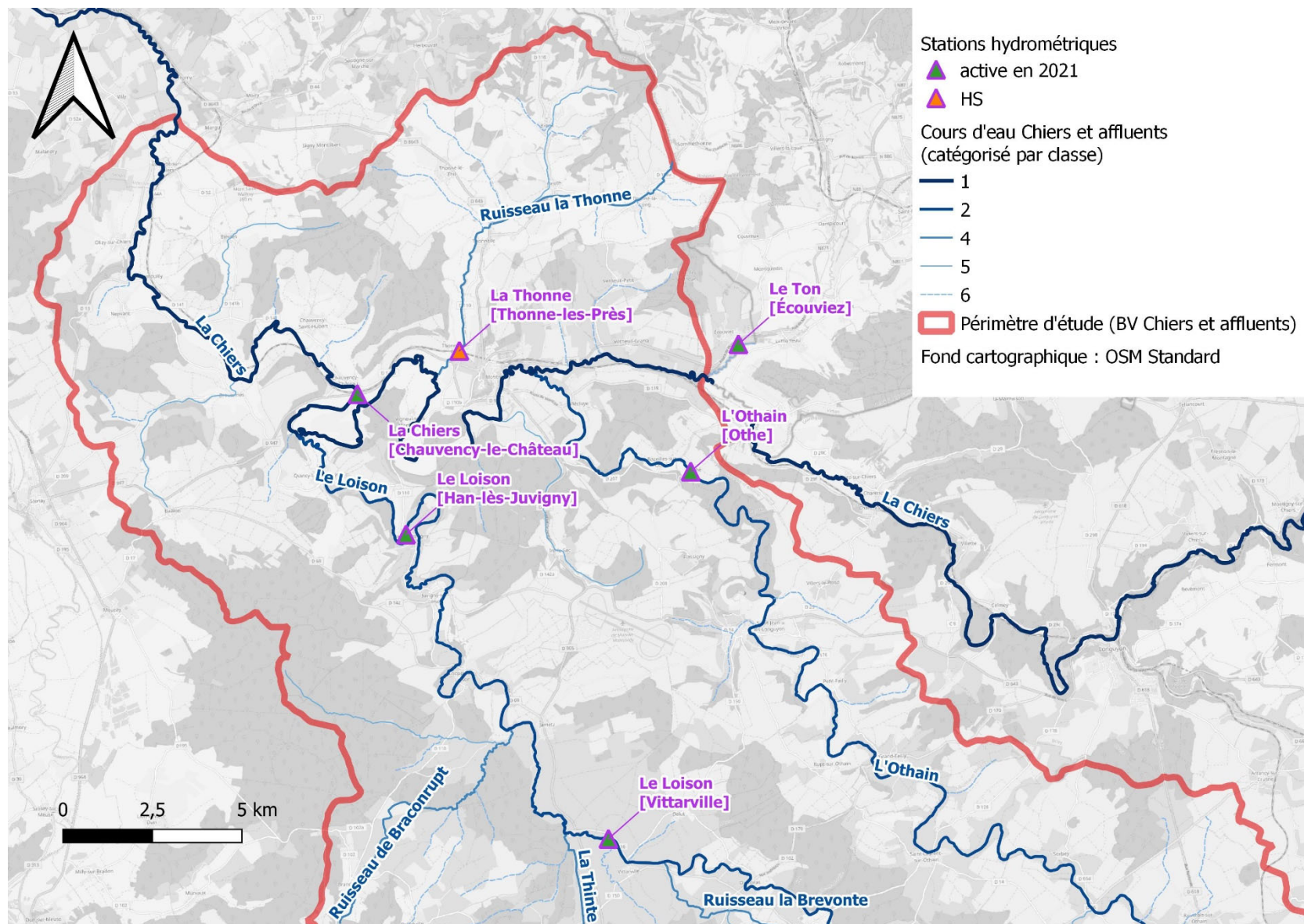
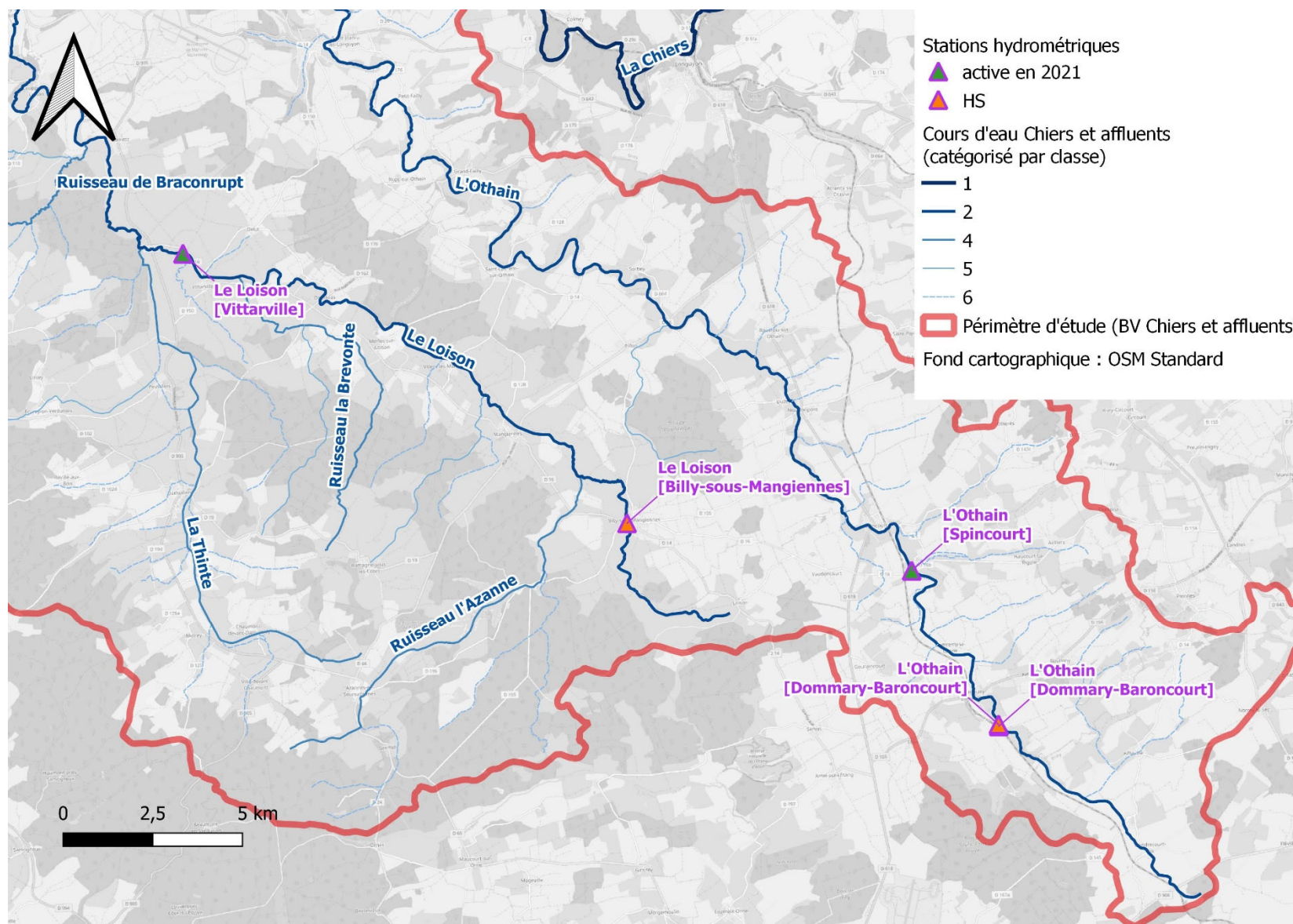


Figure 4 - Carte de localisation des stations hydrométriques sur le secteur d'étude [partie nord]



2.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

2.3.1. Géomorphologie et géologie

La zone d'étude est couverte par 8 cartes géologiques (cf. référence dans le chapitre bibliographie § 8) :

N°	NOM
88	MONTMEDY
89	GORCY
111	STENAY
112	LONGUYON
113	LONGWY-AUDUN
135	VERDUN
136	ETAIN
137	BRIEY

Le secteur d'étude (Figure 6 et Figure 9) se trouve à l'extrémité orientale des auréoles de formations jurassiques dans la succession des terrains sédimentaires emboîtés du Bassin de Paris et s'adosse aux formations primaires du socle ardennais au nord-ouest de la zone (nord de la carte de Montmédy).

La partie sud-est du bassin (BV amont du Loison), en limite est de la plaine alluviale de la Meuse, appartient à l'unité géomorphologique dite des **côtes de Meuse** ou **Hauts de Meuse** (revers de côte constitué du plateau calcaire de l'Oxfordien) à laquelle succède en contrebas du front de côte vers le nord-est la plaine argileuse de la **Woëvre** (argiles du callovien).

La partie est du bassin (rive droite du BV de l'Othain) appartient à l'unité géomorphologique dite du **Pays Haut** (entre la Woëvre et le front des côtes de Moselle), vaste plateau calcaire du Batho-Bajocien entaillé par les cours d'eau et structuré en cuestas (revers des côtes de Moselle).

L'extrémité nord du bassin (rive droite de la Chiers) est constituée à l'affleurement de formations de grès et calcaires du Lias inférieur (relief de cuesta se prolongeant jusqu'en Belgique).

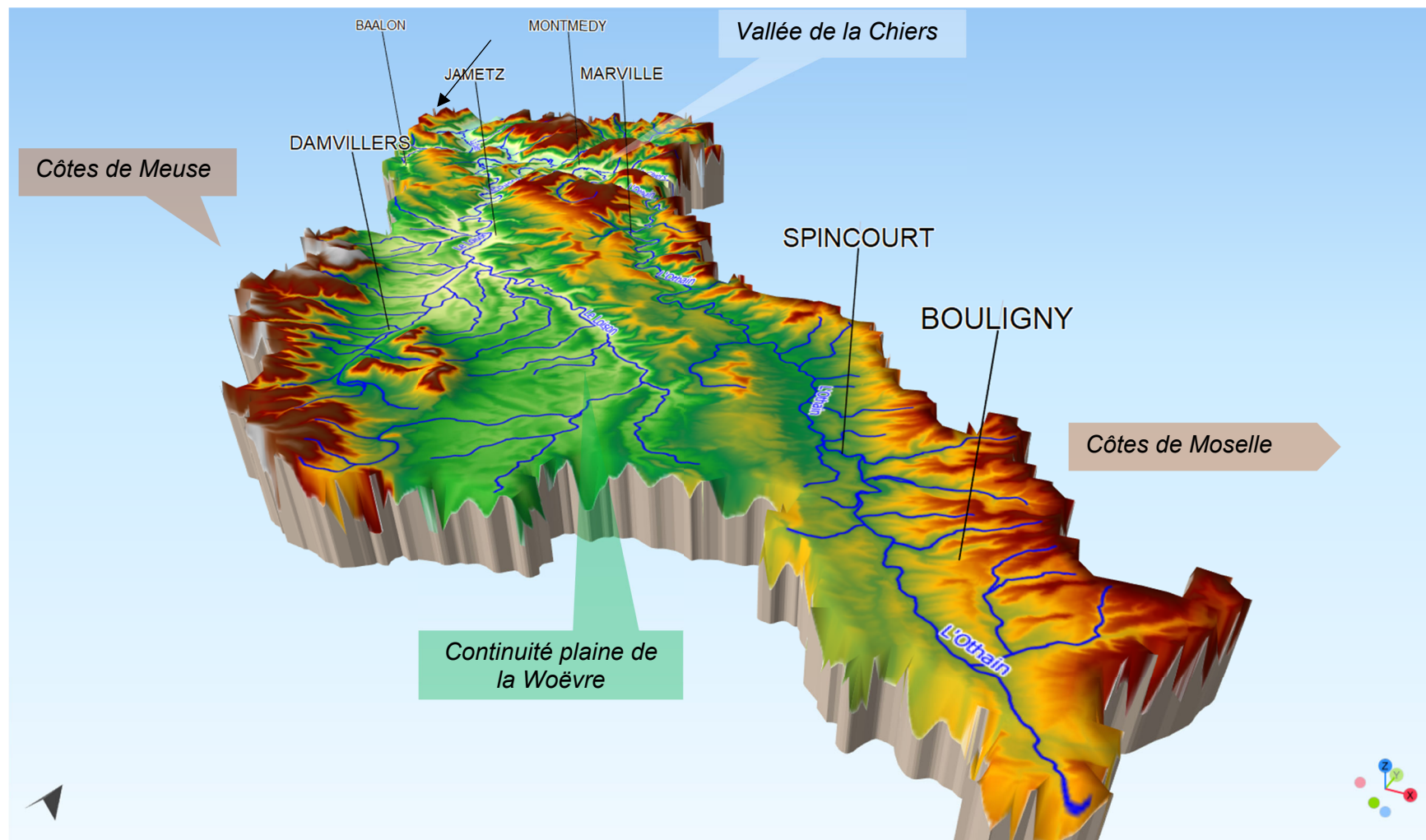


Figure 6 – Vue 3D de la zone d'étude (bassin versant de la Chiers et affluents notamment Loison et Othain)

La Chiers traverse le nord du périmètre de l'étude d'est en ouest (Figure 9) et s'écoule principalement sur des formations calcaires et marneuses. Au droit du paléoméandre⁴ de Nepvant (Figure 7), le cours de la Chiers s'oriente au nord.

L'Othain s'écoule à travers la zone d'étude du sud-est vers nord-ouest (Figure 9). De Spincourt à Sorbey, il coule en plaine sur les formations alluviales sus-jacentes à la Dalle d'Etain (Bathonien supérieur). A partir de Sorbey, le tracé de l'Othain a tendance à former des méandres de plus en plus encaissés, tout particulièrement dans sa partie aval, entre Marville et sa confluence avec la Chiers (Villécloye), résultants du passage des calcaires tendres du Bathonien à ceux plus résistants du Bajocien. On notera également l'existence d'un paléoméandre au nord de Marville (Figure 8).

Le Loison suit, à travers la zone d'étude, la même orientation que l'Othain et coule sur les formations alluviales sus-jacentes au Callovien inférieur (Argiles de la Woèvre) jusqu'à Jametz (Figure 9). Ensuite le cours d'eau forme des méandres de plus en plus prononcés jusqu'à sa confluence avec la Chiers.

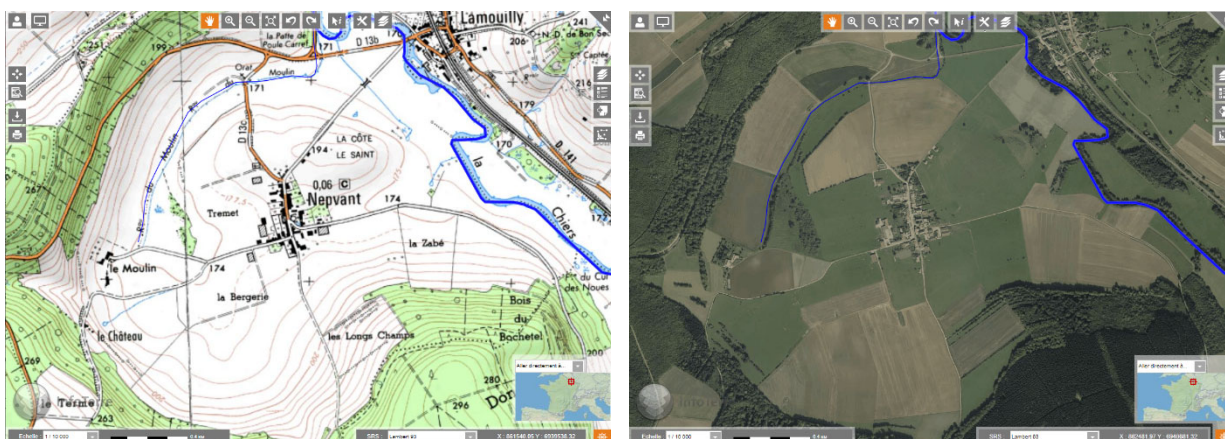


Figure 7 – Paléoméandre de la Chiers Nepvant (55)

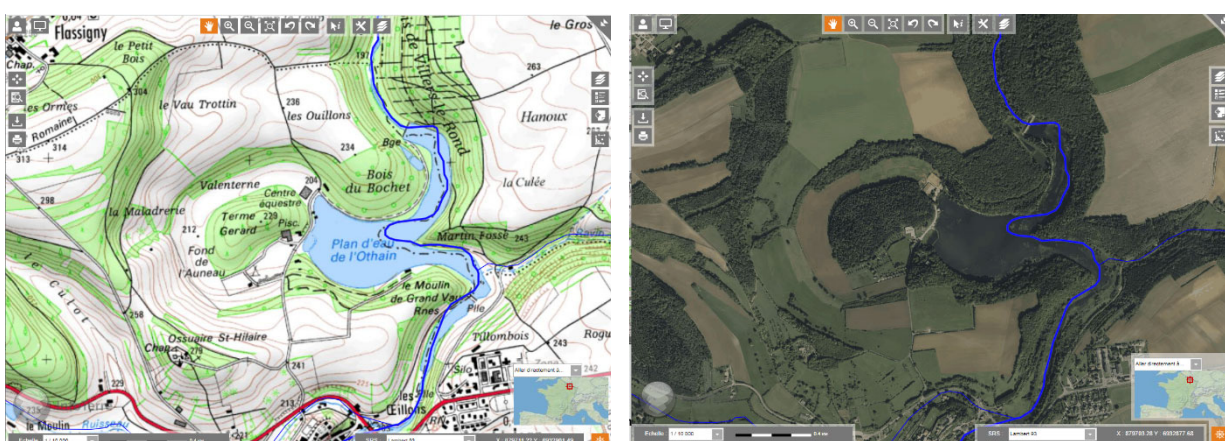


Figure 8 – Paléoméandre de l'Othain à Marville (55)

⁴ Méandre fossile ou abandonné lorsque le cours d'eau s'est tracé un nouveau lit plus court.

2.3.2. Entités hydrogéologiques

La Base de Donnée des Limites des Systèmes Aquifères ([BDLISA](#)) est le référentiel cartographique national (Système d'Information sur l'Eau) décrivant les entités hydrogéologiques selon différentes propriétés (aquifère ou imperméable, écoulements libres ou captifs, milieu poreux, fracturé, karstique...).

Les entités hydrogéologiques sont emboîtées au sein de trois échelles spatiales pour offrir différents niveaux de consultations et d'utilisation de la BDLISA :

- Le niveau national NV1 : il est utilisable pour la mise en œuvre des politiques publiques ou pour des projets à échelle nationale. La gamme d'échelles d'utilisation varie du 1/500 000 au 1/1 000 000.
- Le niveau régional NV2 : il est utilisable pour la réalisation d'atlas hydrogéologiques régionaux ou pour l'évaluation des ressources en eau souterraine à l'échelle régionale. La gamme d'échelles d'utilisation varie du 1/150 000 au 1/500 000.
- Le niveau local NV3 : L'échelle locale permet d'appuyer des études comme la réalisation de cartes piézométriques ou la modélisation d'un aquifère par exemple. La gamme d'échelles d'utilisation varie du 1/50 000.

Le périmètre d'étude est constitué à l'affleurement (Figure 10) de 10 entités hydrogéologiques de niveau 2 (formations jurassiques principalement). L'entité alluviale correspond uniquement aux alluvions de la Chiers. Les alluvions des cours d'eau de l'Othain et du Loison ne sont pas identifiés comme des réservoirs à fort potentiel aquifère et ne sont donc pas différenciés des formations sous-jacentes.

Les entités hydrogéologiques de nature « aquifère » (Figure 11) se situent en aval du bassin et à la limite sud-ouest, les 2/3 amont se partageant entre entités « semi-perméables » et « imperméables ». Les zones karstiques sont présentes à l'affleurement au nord et à l'extrême sud-ouest du bassin (Figure 11) et sous couverture sur quasi l'intégralité du périmètre de l'étude. Une attention toute particulière sera portée aux zones karstiques et aux zones imperméables, la méthodologie nationale n'étant pas adaptée à ces contextes spécifiques.

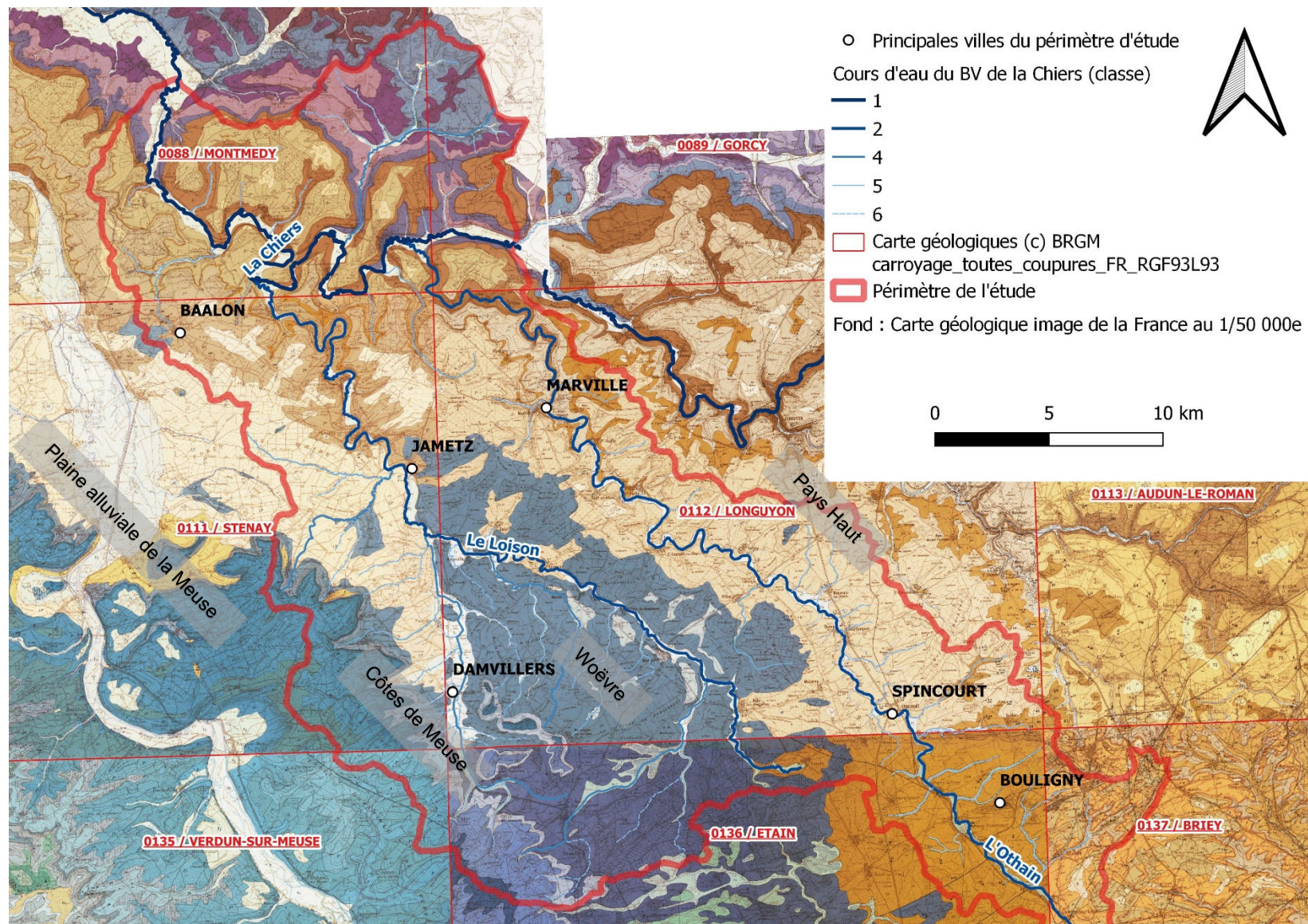


Figure 9 - Contexte géologique du bassin versant étudié

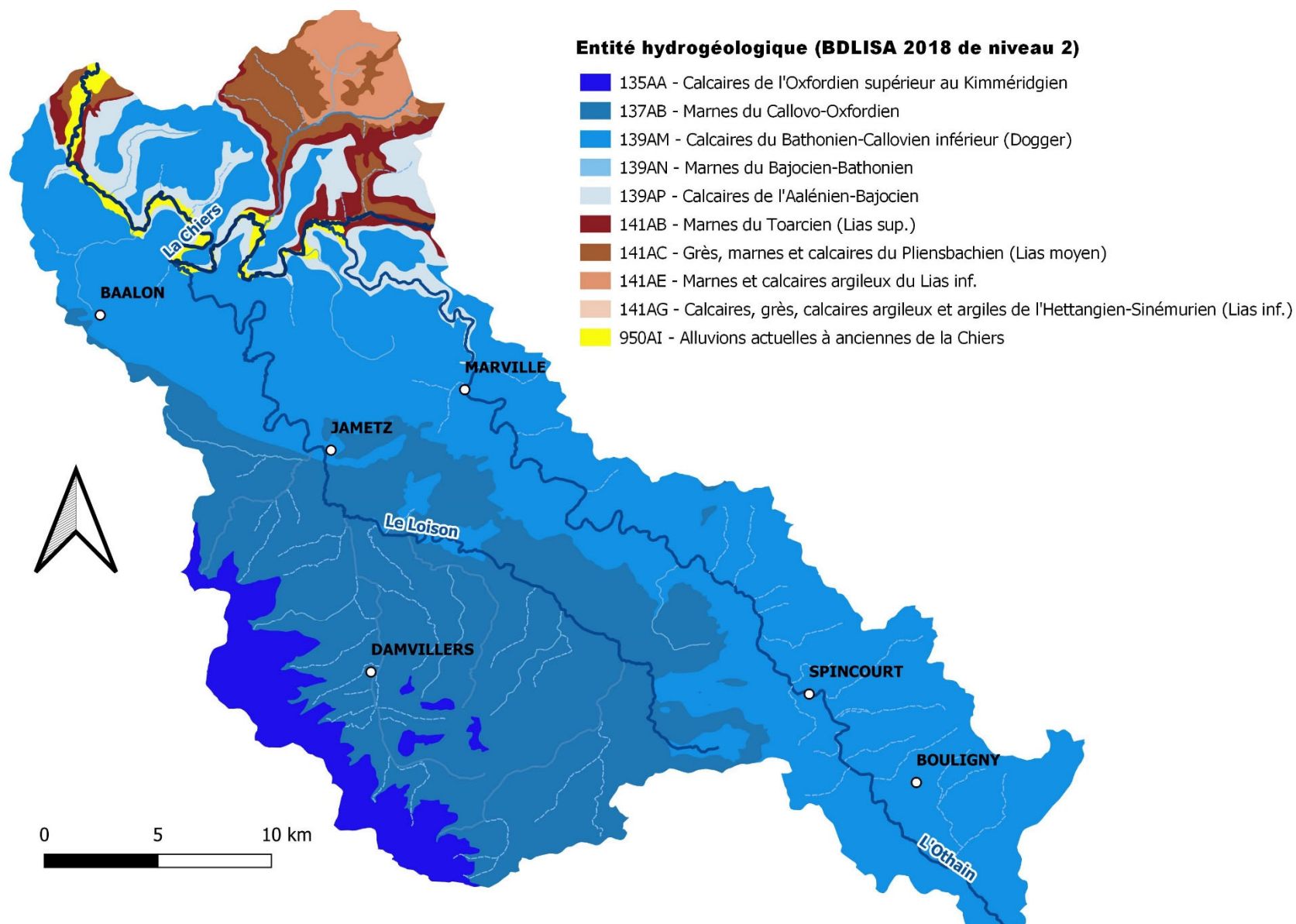


Figure 10 - Entités hydrogéologiques à l'affleurement sur le secteur d'étude (référentiel [BDLISA](#))

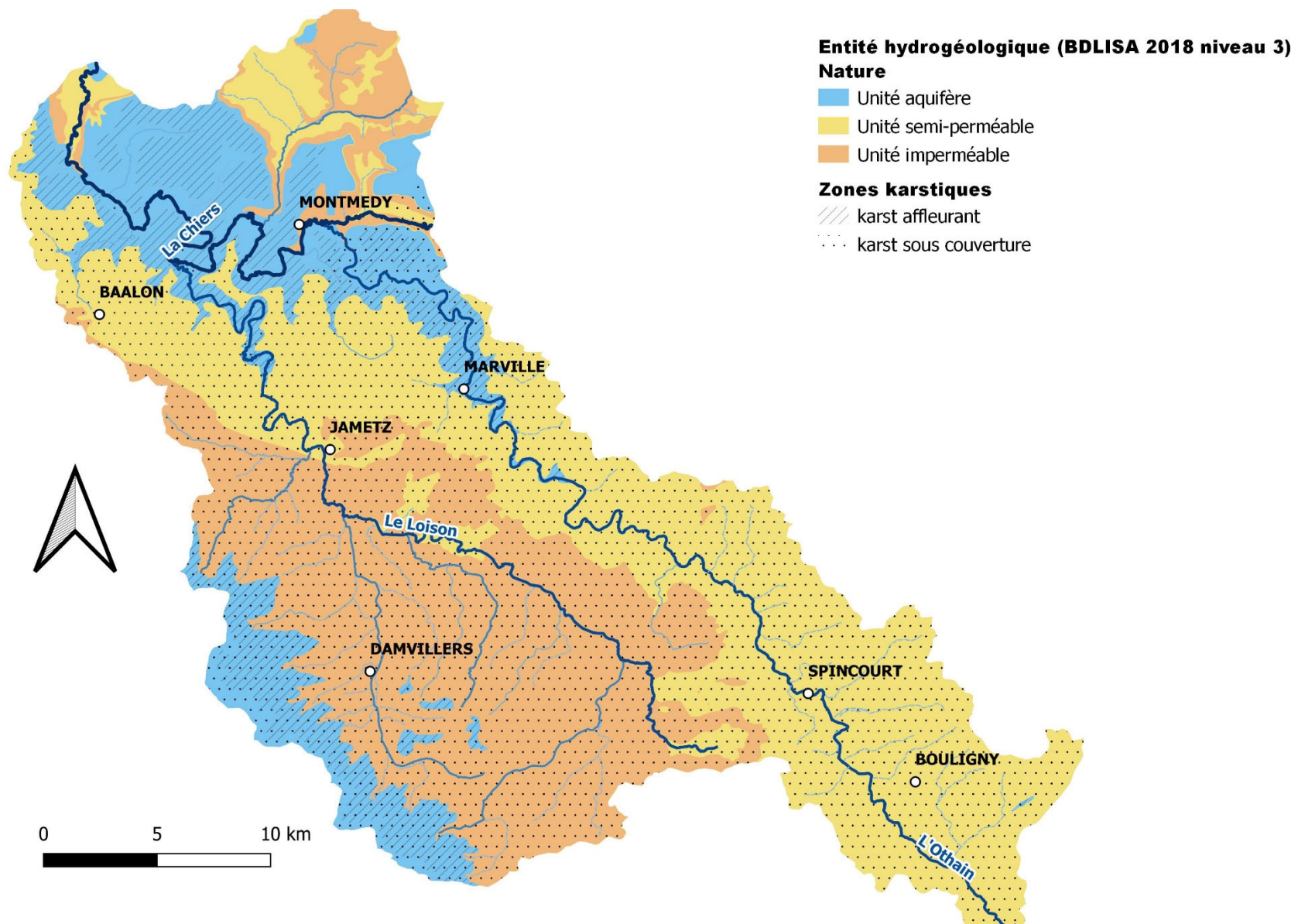


Figure 11 - Nature des entités hydrogéologiques et zones karstiques (référentiel [BDLISA](#)) couvrant le secteur d'étude

2.3.3. Ressources aquifères et usage sur le périmètre

On identifie sur le secteur d'étude 15 aquifères (Annexe 2) d'importance variable et inégalement répartis géographiquement. Certaines nappes ne sont pas connues de par leur extension réduite et leur grande profondeur d'accès (formation du Trias). Dans la suite de l'étude on s'attachera à déterminer celles dont la contribution aux inondations par remontée de nappe est envisageable (caractéristiques et retour d'expérience).

L'extraction de la Banque Nationale des Prélèvements quantitatifs en Eau ([BNPE](#)) réalisée en 2021, fournit des informations sur les volumes annuels directement prélevés sur la ressource en eau déclinées par localisation et catégorie d'usage de l'eau (issues de la gestion des redevances par les agences et offices de l'eau).

Concernant les eaux souterraines, les données 2012-2019 sont disponibles sur 32 communes de la zone d'étude⁵, soit 40 % du nombre total de commune (Figure 12). Sans information précise sur l'exhaustivité de l'inventaire BNPE, on considèrera donc que les communes restantes (49 hormis Stenay) ne disposent pas de point de prélèvement déclarés. Les points de prélèvements sont identifiés par un indice dans la banque nationale [BSS](#) à 87 % et 98 % des points de prélèvements sont destinés à l'AEP (Figure 13).

Trois communes présentent des volumes prélevés supérieurs 150 000 m³/an : Saint-Laurent-sur-Othain dans la vallée de l'Othain, Montmédy dans la vallée de la Chiers et Ville-devant-Chaumont au sud du BV.

⁵ La commune de Stenay en limite nord-ouest du bassin n'est pas prise en compte compte-tenu de la localisation hors bassin versant de ses points de prélèvement.

Evaluation des zones à risque de remontée de nappe dans le bassin versant de la Chiers et ses affluents

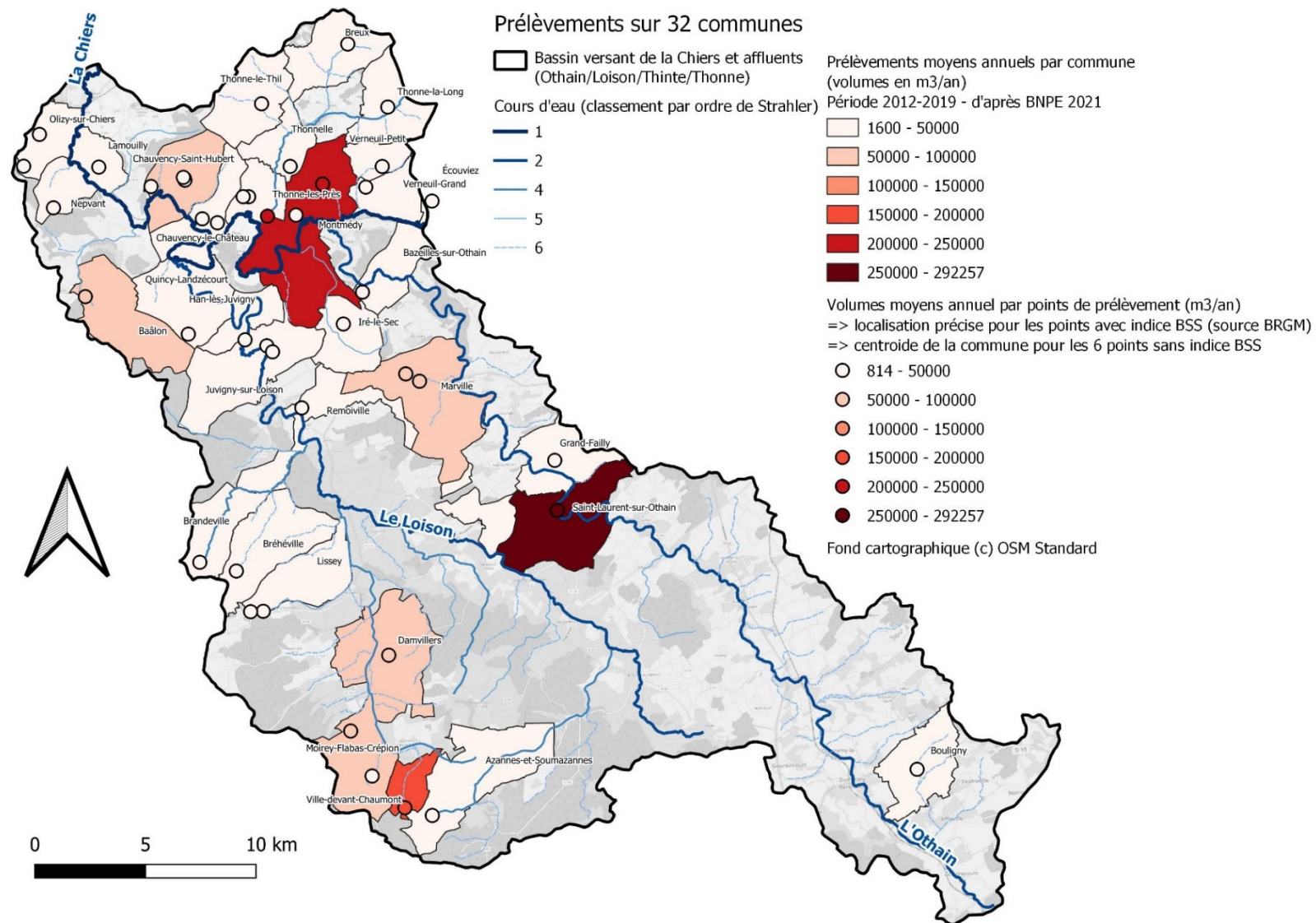


Figure 12 – Carte des prélèvements par communes et points sur le bassin versant de la Chiers

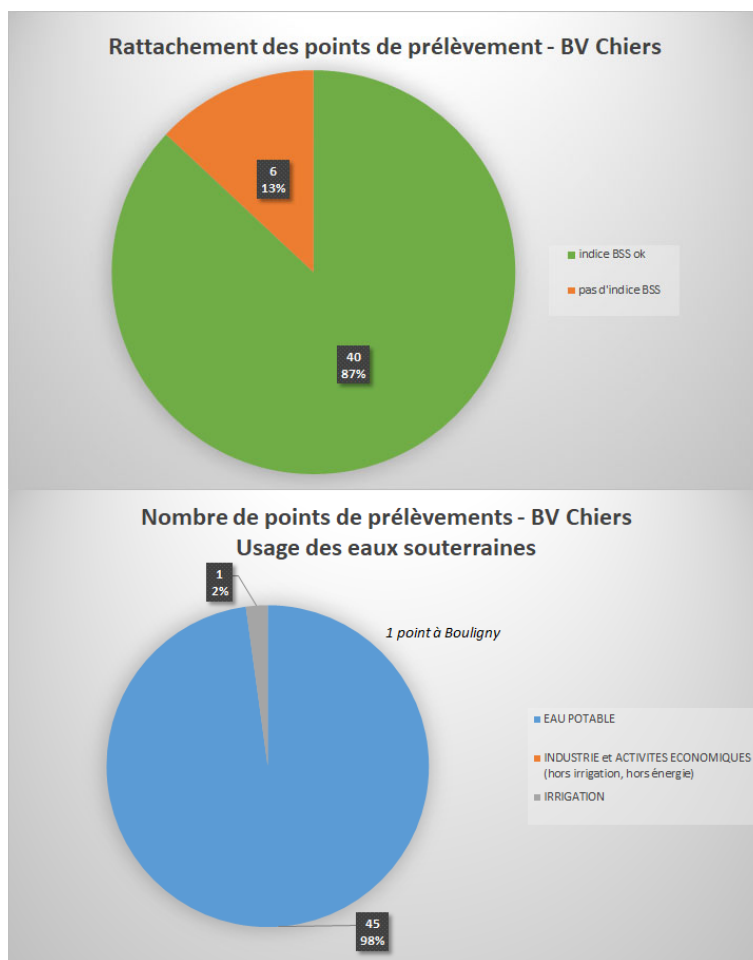


Figure 13 – Graphiques de répartition du nombre de points de prélèvement sur le bassin versant de la Chiers

2.4. CONTEXTE DE SENSIBILITE AUX REMONTEES DE NAPPE – CARTE NATIONALE

Par rapport à la [carte nationale de sensibilité aux remontées de nappe](#) dressée en 2017, le bassin versant se caractérise majoritairement par l'absence de zone de débordement de nappe ou d'inondation de cave (Figure 14) à l'exception des zones proches des cours d'eau, à l'amont notamment.

Du point de vue de l'incertitude de la carte nationale, la fiabilité est très majoritairement faible sur le bassin versant à l'exception de la partie aval qualifiée de moyenne (Figure 15).

La fiabilité sur le critère eaux souterraines est globalement faible sur l'ensemble du bassin et sur le critère MNT faible sauf à l'aval où elle est forte (Figure 16).

Des marges de progression d'une étude à l'échelle locale par rapport à la carte nationale (collecte de données complémentaires notamment niveaux piézométrique et MNT au pas de 1 m) sont ainsi plus importantes sur les secteurs où la fiabilité des données utilisées à l'échelle nationale est faible.

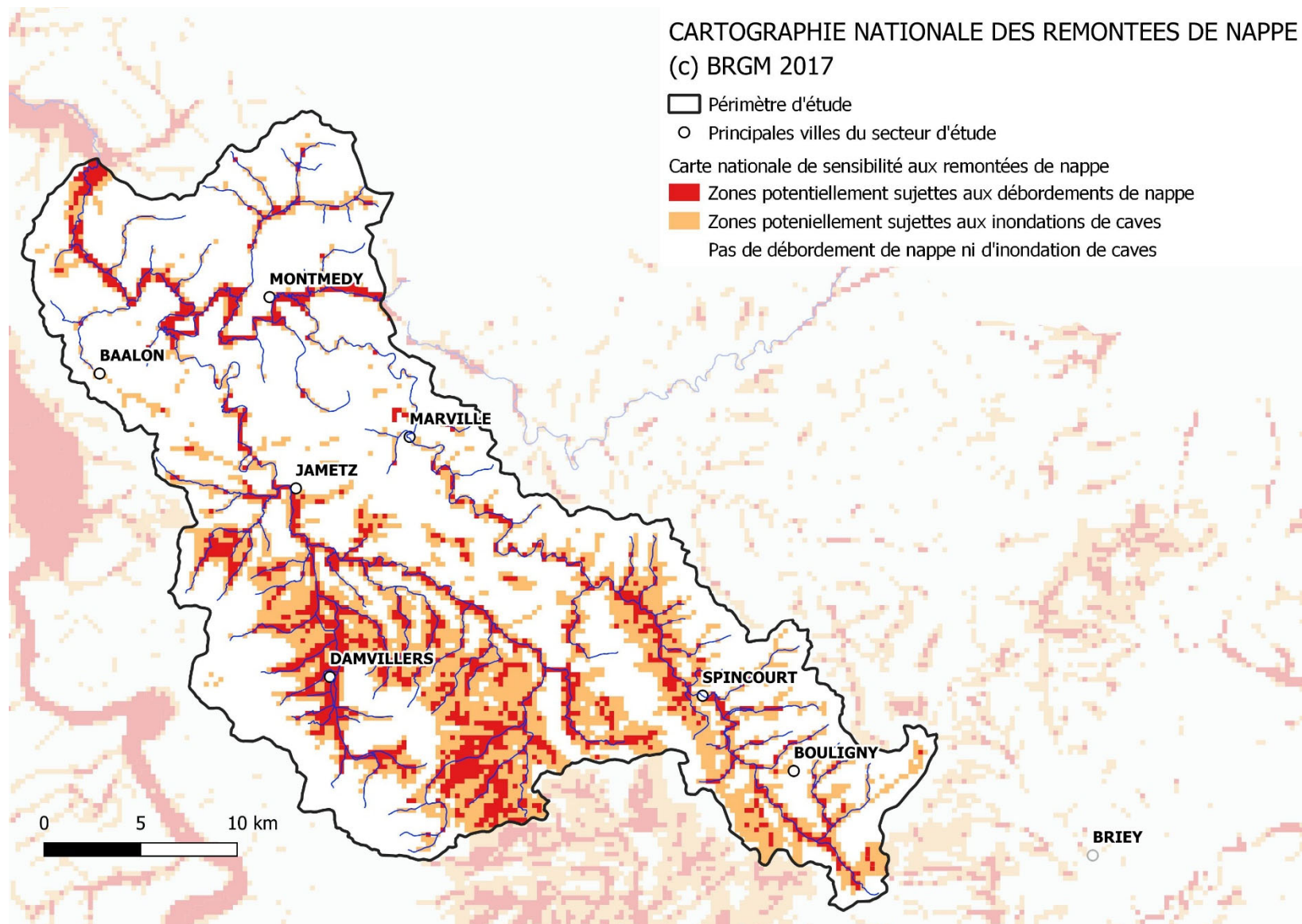


Figure 14 – Extrait de la carte nationale de sensibilité aux remontées de nappe sur le périmètre d'étude

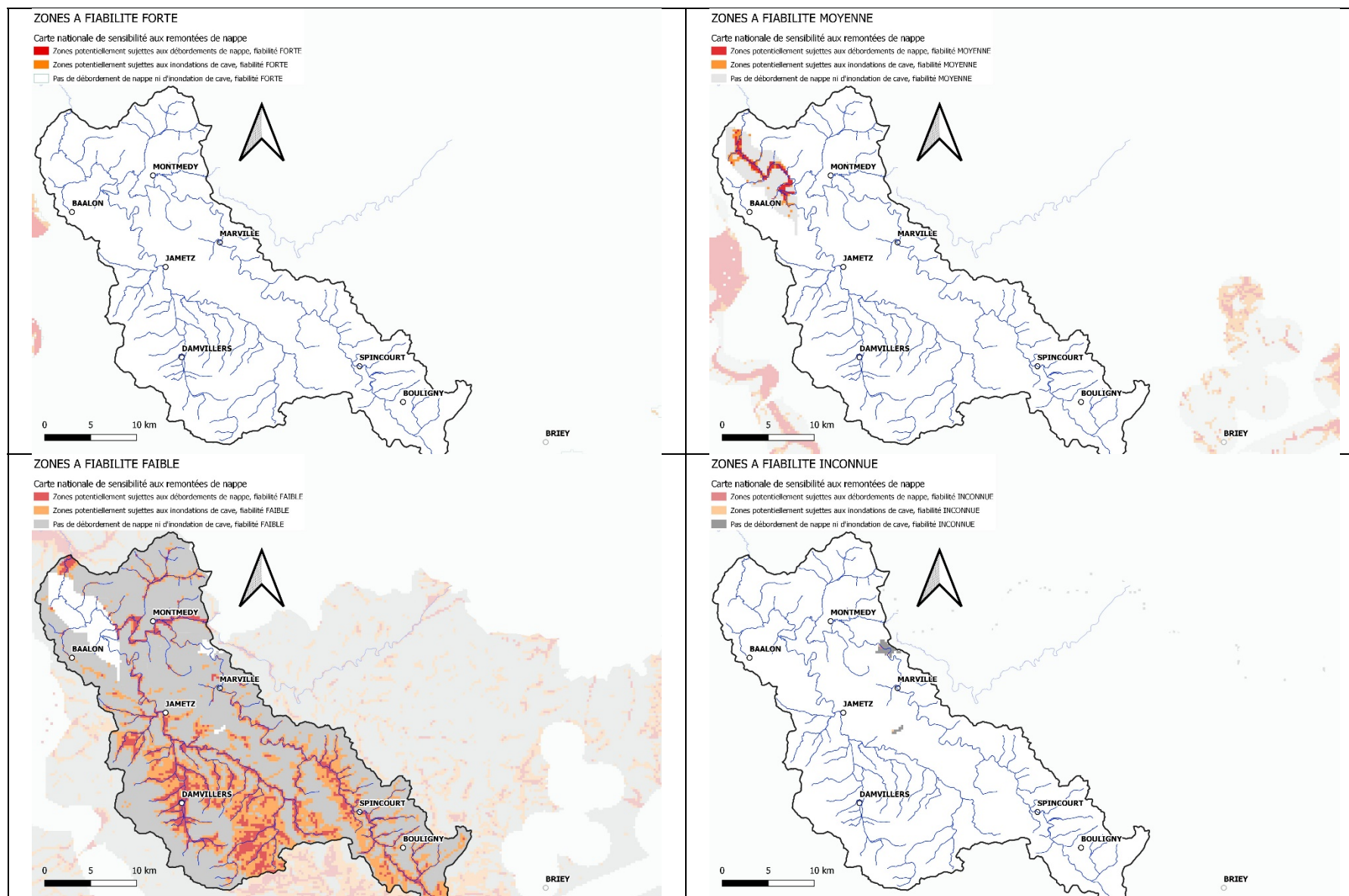


Figure 15 – Cartographies de l'incertitude de la carte nationale de sensibilité aux remontées de nappe sur le périmètre d'étude

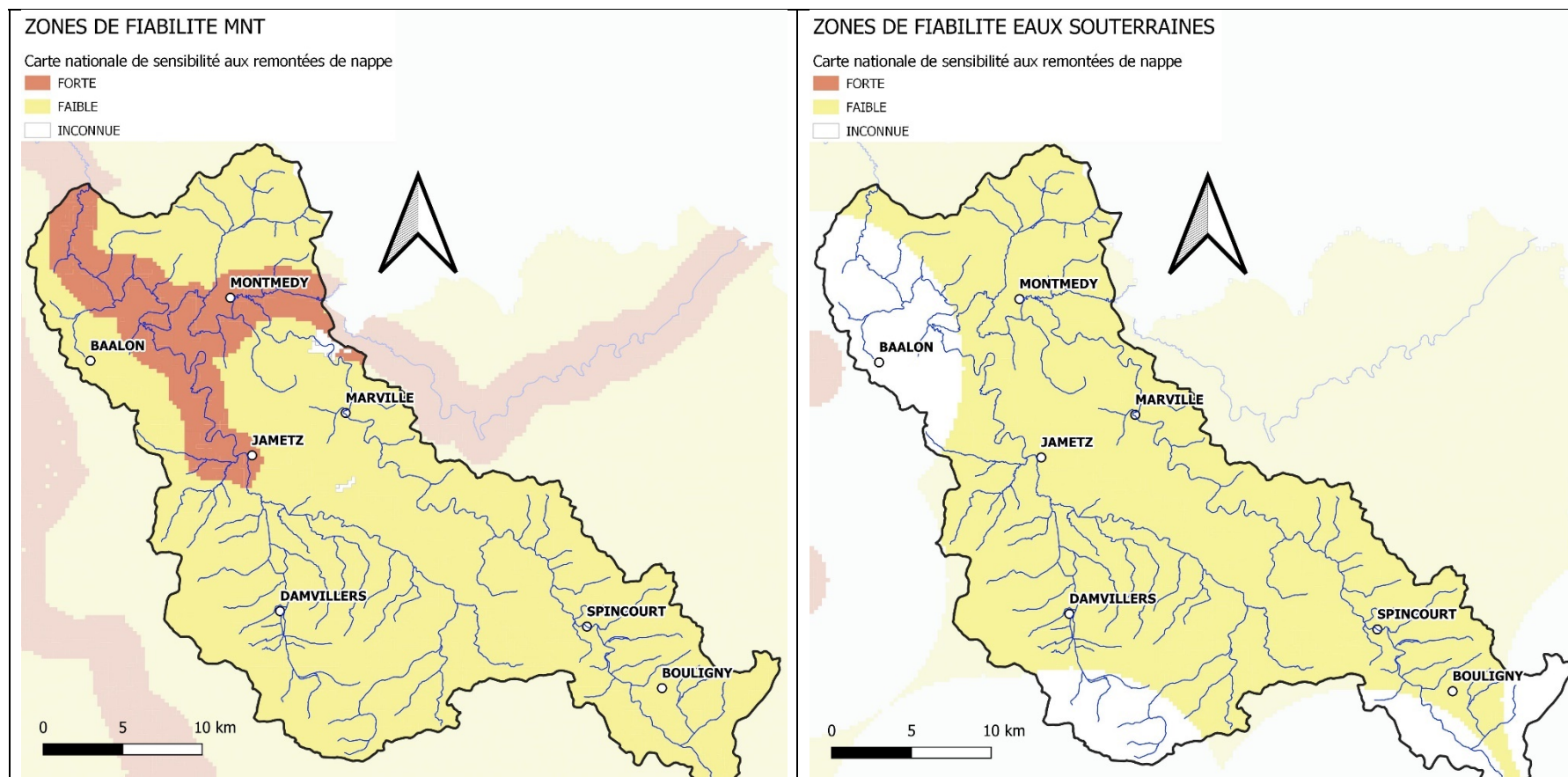


Figure 16 –Fiabilité de la carte nationale de sensibilité aux remontées de nappe sur les critères « MNT » et « eaux souterraines » sur le périmètre d'étude

3. Collecte des données et traitement

3.1. RAPPELS DES OBJECTIFS DE LA COLLECTE

Afin de réaliser une cartographie des risques de remontée de nappe la plus précise possible, il convient de dresser préalablement la **synthèse des données disponibles** sur la zone d'étude pour chaque aquifère, susceptible de générer des inondations par remontée de son niveau. Le fait de travailler à l'échelle locale, à partir de contextes hydrogéologiques mieux connus et identifiés, permet d'adapter la sélection du jeu de données en fonction des hypothèses prises en compte sur le secteur d'intérêt (par exemple connexion nappe-rivière avérée).

Cette étape a donc consisté principalement au recensement, au catalogage et au traitement des données ponctuelles, des chroniques ou des couches cartographiques disponibles sur la zone d'étude pour chaque aquifère étudié : nature des formations, limites des réservoirs aquifères, modes d'écoulement, relations nappe/nappe ou nappe/rivière, paramètres hydrodynamiques, niveaux de nappe (chroniques et niveau ponctuel), données historiques d'inondation (phénomènes d'inondation et/ou remontée de nappe déjà observés dont ceux ayant fait l'objet de déclarations CATNAT...), débits de sources voire chroniques, débits des cours d'eau y compris chroniques.

3.2. RECENSEMENT DES CRUES, PHENOMENES D'INONDATION ET CATASTROPHES NATURELLES

3.2.1. Extraction de la base Gaspar au 17/12/2021

La base de données [GASPAR](#), mise à jour directement par les services instructeurs départementaux, contient le jeu de données correspondant aux procédures administratives relatives aux risques et notamment les reconnaissances de catastrophe naturelle dite « CATNAT » (demandes faites par les communes et reconnues par la publication d'un arrêté).

L'extraction réalisée sur le secteur d'étude en décembre 2021 montre sur la période allant de décembre 1982 à juillet 2021 (soit près de 40 ans), 263 CATNAT (Figure 17). En excluant l'arrêté pris lors de la tempête de 1999 [25/12/1999 au 29/12/1999] pour toutes les communes du département et qui n'a généré aucune inondation, on tombe à 181 CATNAT dont 91% pour inondation ou coulée de boue.

L'aléa risque naturel « inondation par remontée de nappe » n'a jamais été identifié dans les CATNAT sur le périmètre d'étude. Ceci ne signifie pas qu'il n'existe pas ; il est probablement passé inaperçu, supplanté et masqué par l'aléa « débordement de cours d'eau ».

69 communes de la zone d'étude ont été touchées entre 1983 et 2021 par au moins une inondation et 7% de ces communes entre 5 et 7 fois (Figure 18). Il s'agit des communes de VIGNEUL-SOUS-MONTMEDY, BOULIGNY, LOUPPY-SUR-LOISON, QUINCY-LANDZECOURT et SAINT-JEAN-LES-LONGUYON (Figure 19).

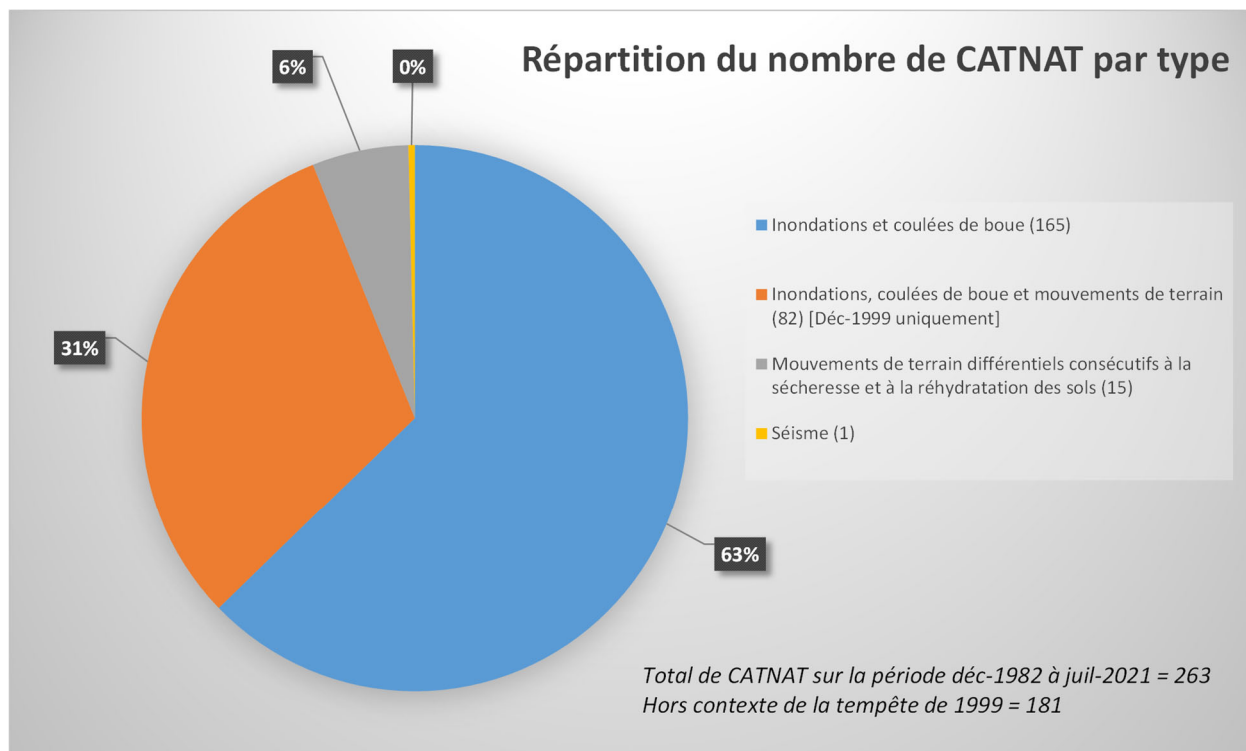


Figure 17 – Graphique de répartition du nombre de CATNAT par type sur le périmètre d'étude.
Source : [GASPAR](#).

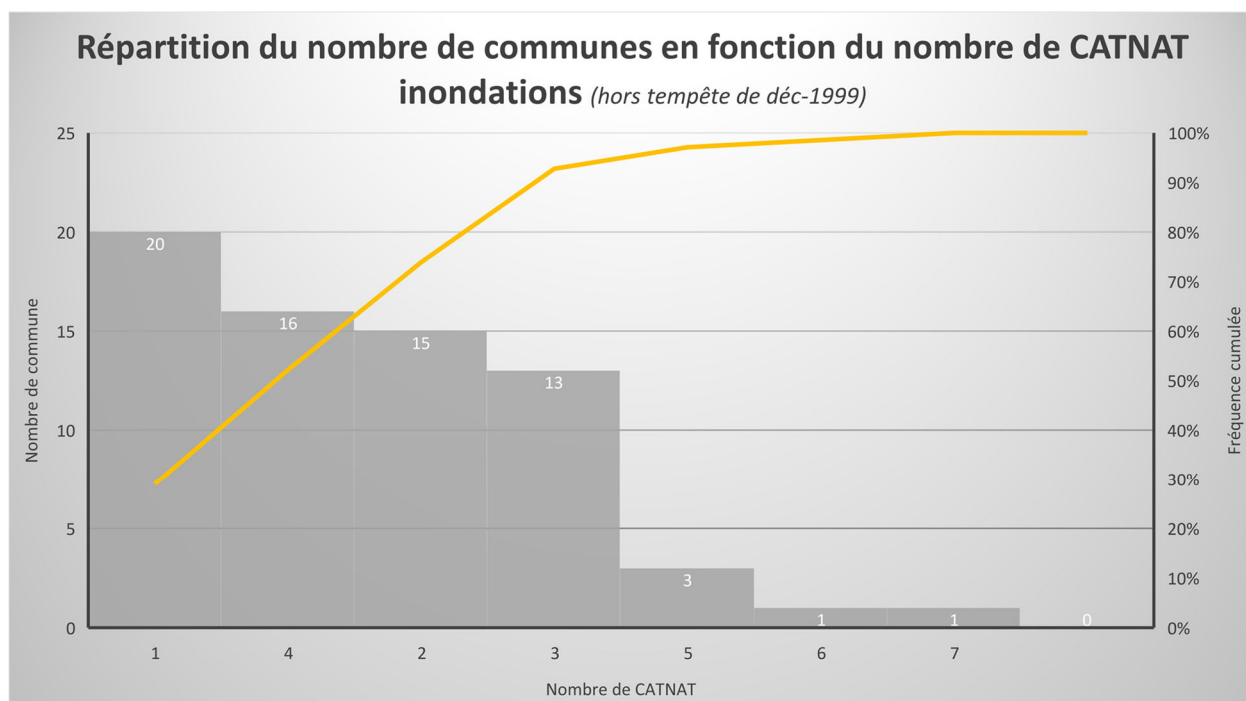


Figure 18 – Graphique de répartition du nombre de communes en fonction du nombre de CATNAT « inondations » sur le périmètre d'étude. Source : [GASPAR](#).

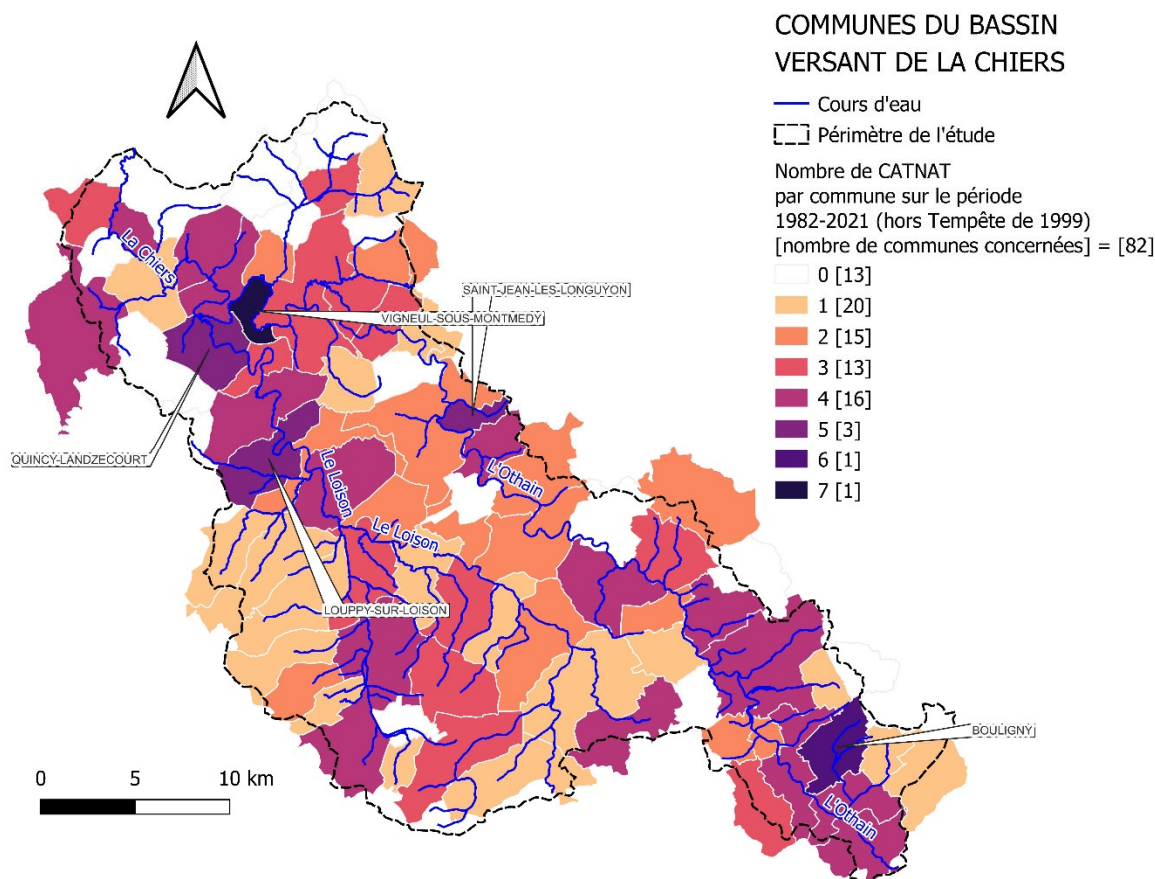


Figure 19 – Cartographie du nombre de CATNAT « inondations » par commune sur le périmètre d'étude (hors CATNAT décembre 1999). Source : [GASPAR](#).

La base de donnée GASPAR précise également pour chaque CATNAT la date de début d'évènement et la date de fin de l'évènement. L'analyse statistique réalisée (hors CATNAT de déc-1999 - Figure 20) montre que la majorité des d'évènements (56%) commence en hiver (décembre à février) ou à la fin du printemps début d'été (mai à juillet → 43 %). La période reconnue comme étant celles des hautes eaux pour les nappes souterraines (janvier-février-mars) n'est que partiellement impactée (quasi aucun phénomène en février et mars).

Sur le bassin de la Chiers, les durées d'inondations sont généralement moyennes avec une majorité de phénomènes entre 5 et 10 jours (51%). Dans 91% des cas la période est inférieure à 15 jours. Les durées les plus longues qui pourraient (selon toute vraisemblance mais sans certitude) caractériser la contribution des eaux souterraines aux phénomènes d'inondation ne représente que 9 % des CATNAT reconnues (14 communes⁶).

⁶ Affléville, Bazeilles-sur-Othain, Gondrecourt-Aix, Grand-Failly, Jametz, Juvigny-sur-Loison, Louppy-sur-Loison, Norroy-le-Sec, Othe, Petit-Failly, Quincy-Landécourt, Saint-Jean-lès-Longuyon, Vigneul-sous-Montmédy, Villers-le-Rond.

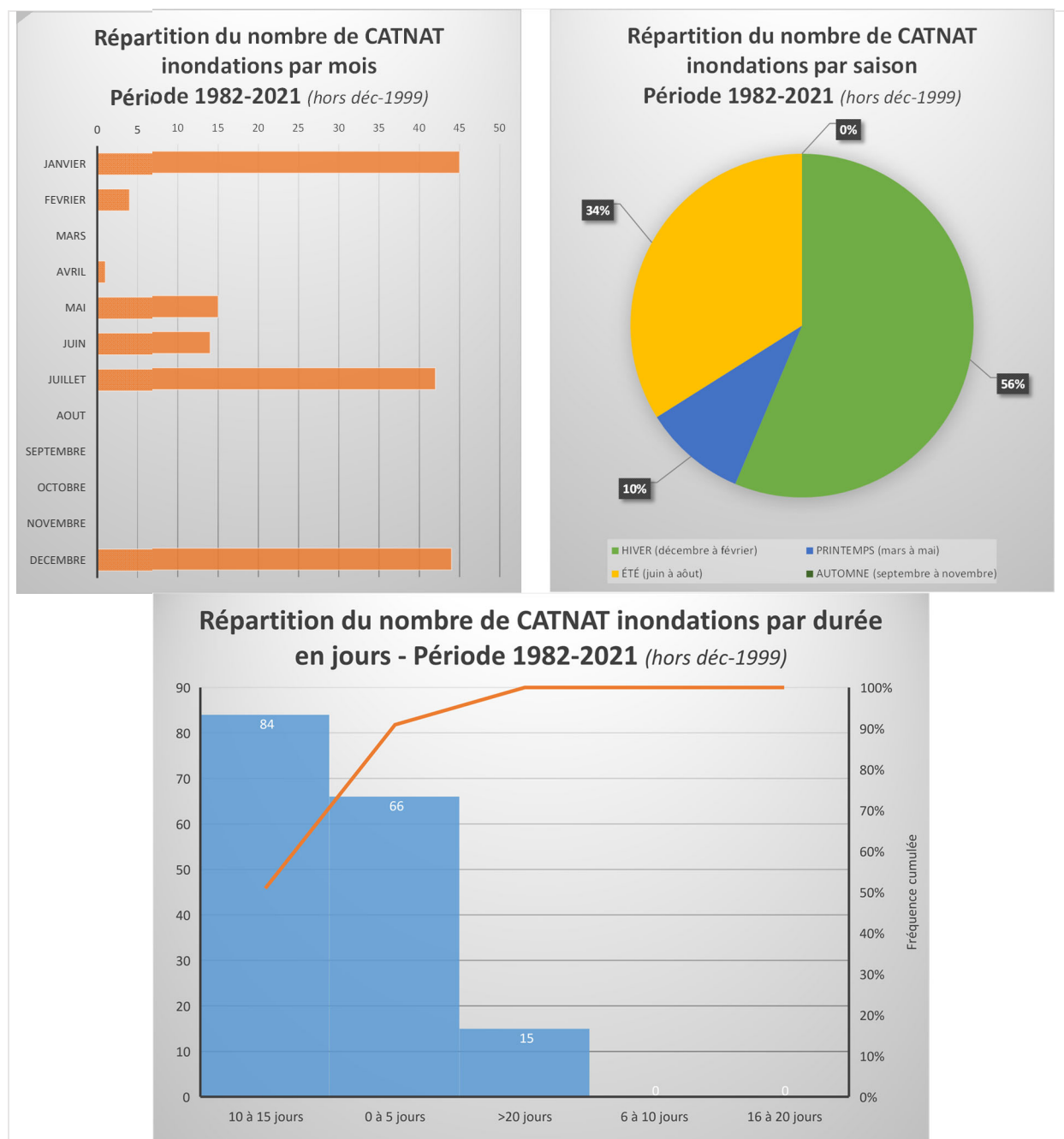


Figure 20 – Graphiques de répartition du nombre de CATNAT « inondations » par rapport à la date de début de l'évènement et à la durée de l'évènement. Source : [GASPAR](#).

3.2.2. Crues historiques

En parallèle à la présente étude « remontée de nappe » menée par le BRGM, La direction départementale des territoires de la Meuse (DDT55), conjointement avec la DDT54, a lancé depuis 2020 des études de qualification des aléas inondation débordement de cours d'eau et ruissellement rural et urbain, sur les vallées de la Chiers, du Loison, de l'Othain, de la Thinte, de la Thonne et du Ton. Les archives et rapports relatifs aux inondations sur le périmètre d'étude ont ainsi été mises à disposition du BRGM.

La synthèse des différents événements historiques d'inondation intervenus sur le périmètre d'étude au sens large (BV Meuse) a ainsi pu être établie par le BRGM et comprend 19 dates :

Date de début de l'évènement	Type d'évènement	Descriptif synthétique de l'évènement
juil-1889		Inondation vallée du Loison : forte crue dans le cours inférieur de Jametz à Juvigny Inondation vallée de la Thinte : forte crue de Damvillers à Jametz aucune mesure hydrométrique (sur rivière) ou piézométrique (sur nappe).
janv-1926		Inondation de la Meuse à Verdun et en aval dans les Ardennes ainsi que Chiers et Loison ; pas de dommage.
déc-1947	Débordement de cours d'eau : crues simples à prédominance amont	Inondation fin décembre 1947- janvier 1948 sur le nord-est de la France avec beaucoup de dégâts. La crue de la Meuse fait suite à des précipitations soutenues qui affectent d'abord les bassins amonts. La période de retour est estimée supérieure ou égale à 100 ans (niveau exceptionnel) sur la Meuse amont et moyenne. Alors qu'elle ne dépasse pas 5 ans sur la Meuse aval, la Chiers et la Semoy.
déc-1966		Crue de la Chiers à caractère exceptionnel - Inondation Vigneul-sous-Montmedy
déc-1967		Crue de la Chiers - Inondation Vigneul-sous-Montmedy
août-1972		Montée rapide des cours d'eau suite à un violent orage et des trombes d'eau. Plusieurs communes concernées sur le bassin de la Chiers telles que Juvigny-sur-Loison ou Louppy-sur-Loison (parcelles agricoles).
oct-1981		Crue historique sur la Chiers, l'Othain et le Loison suite à de fortes précipitations. Caves inondées.
déc-1982		Signalement de quelques déclarations de sinistres à cause de la crue de la Chiers suite à de fortes précipitations.
mai-1983	Débordement de cours d'eau : crues simples à prédominance amont	Inondations d'avril et mai 1983 suite à une pluviométrie importante (plutôt rare à cette période de l'année) causant d'importants dégâts. La période de retour est comprise entre 15 et 65 ans sur la partie médiane, entre 3 et 5 ans sur la partie aval et à 10 ans sur la Chiers .
janv-1993		Crue de la Chiers : inondations et coulée de boue avec dommages sur notamment les communes de Louppy sur Loison, Quinzy-Landzécourt, Vigneul-sur-Montmedy
déc-1993	Débordement de cours d'eau : crues simples à prédominance aval	Inondations fortes dans les Ardennes sur la partie aval de la Meuse occasionnant d'importants dommages (CATNAT sur 131 communes meusiennes) ; les parties amont et médiane contribuent peu à la crue. Générée par des précipitations intenses et des cumuls de pluie importants sur la Chiers et le massif ardennais ; aggravée par des sols déjà en partie saturés par les précipitations d'automne. L'épisode de crue s'est poursuivi en janv-1994. La période de retour est comprise entre 2 et 5 ans sur la Meuse médiane, entre 15 et 25 ans sur la Meuse aval et à 30 ans sur la Chiers .
juil-1994		Un violent orage s'est abattu sur la commune de Damvillers suite à de fortes précipitations inondant plusieurs maisons. Les hauteurs d'eau relevées tout à fait exceptionnelles ont entraîné des ruissellements très inhabituels.

Date de début de l'évènement	Type d'évènement	Descriptif synthétique de l'évènement
• janv-1995	Débordement de cours d'eau et ruissellement : crues multiples généralisées	Inondations avec plusieurs ondes de crues, catastrophiques sur la partie aval de la Meuse (dépt Ardennes) ; aggravées par du ruissellement urbain dans certains secteurs et l'imperméabilisation des sols par le gel. La période de retour est estimée à 50 ans pour la Meuse aval. Crue du Loison.
• oct-1998		La crue du 24 octobre 1998 (qui a duré pendant 19 jours) a essentiellement concerné la partie Ardennaise de la Meuse et ces principaux affluents dont la Chiers (en particulier secteurs amonts) avec une période de retour comprise en 5 et 10 ans . Les autres cours d'eau surveillés ont connu une crue comprise entre la biennale et la quinquennale.
• juil-1999		Crue survenue suite aux précipitations orageuses des 6 et 7 juillet 1999 ; plusieurs communes concernées par des dégâts, dont Saint-Laurent-sur-Othain (BV Chiers).
• déc-2001	Débordement de cours d'eau : crues simples à prédominance amont	Inondations de décembre 2001 et janvier 2002 intenses sur la partie amont de la Meuse ; fortes précipitations combinées à la fonte des neiges. Crue de forte intensité sur la Meuse amont et peu importante en aval de Verdun ou sur le bassin de la Chiers . La période de retour est centennale en amont de Verdun et inférieure à la décennale à l'aval de Stenay.
• oct-2006	Débordement de cours d'eau : crues simples à prédominance amont	Inondations forte sur la Meuse amont provoquées par plusieurs épisodes pluvieux. Crue de courte durée et intense intervenant après un épisode pluvieux important et des sols saturés en eau sur la partie vosgienne de la Lorraine.
• mai-2016		Plusieurs communes meusiennes notamment sur le BV de la Chiers ont été reconnues en état de CATNAT (Chauvencu-Saint-Hubert, Loison, Mangiennes, Merles-sur-Loison, Nouillonpont, Pillon, Spincourt) suite aux événements de mai et juin 2016.
• févr-2020		L'étude hydrologique menée par le BE Design Hydraulique & Energie sur le BV de la Chiers, a conduit à identifier et suivre la crue de février 2020 (biennale à quinquennale).

Tableau 6 - Synthèse des différents événements historiques d'inondation intervenus sur le périmètre d'étude

3.3. REALISATION D'UNE ENQUETE SPECIFIQUE « REMONTEE DE NAPPE » ET VISITES DE TERRAIN

Il n'était pas prévu initialement dans le cahier des charges de mener d'enquête spécifique sur les phénomènes de remontées de nappe auprès des collectivités. En effet les collectivités ont déjà été sollicités à maintes reprises sur les volets « ruissellement » et « débordement cours d'eau » dans le cadre de l'étude PPRI en cours.

Le BRGM a donc, dans un premier temps, exploité les réponses aux questionnaires déjà collectées dans le cadre des études précédentes, analysé les données et ciblé les collectivités pour lesquelles des compléments d'informations s'avèreraient nécessaires :

- **Delut (55)** avec mention suivante indiquée par la collectivité dans le retour du questionnaire : « *remontée des eaux (nappe)* » ;
- **Avioth (55)** avec la mention suivante indiquée par la collectivité dans le retour du questionnaire : « *montée de la nappe phréatique et inondation chez un particulier au 15 rue des Comtes de Chiny* » ;
- **Chauvency-Le-Château (55), Quincy-Landzécourt (55) et Vigneul-sous-Montmedy (55)** avec la mention « *les riverains évoquent des inondations de caves et venues d'eau dans des garages en période hivernale hors débordement spécifique de leurs cours d'eau respectifs qui pourraient s'apparenter à des phénomènes de remontées de nappe ou infiltrations par arrivées en pied de coteau calcaires après des épisodes particulièrement pluvieux* ».

L'analyse effectuée à partir de ces questionnaires orientés sur les aspects « ruissellement » et « débordement de cours d'eau » s'avère au final insuffisante. Il n'est généralement pas possible de distinguer dans les réponses des collectivités les phénomènes qui relèvent du débordement de cours d'eau de ceux qui relèvent des remontées de nappe. De plus la notion de « remontée de nappe » n'est pas suffisamment expliquée, comprise et assimilée pour espérer avoir des données précises (notamment cartographique) sans échange avec les intervenants locaux et des visites de terrain.

Le BRGM et la DDT55 se sont donc concertés pour proposer une action complémentaire d'information et d'enquête auprès des 82 collectivités concernées pour collecter de nouvelles données (diffusion d'un questionnaire en présentiel lors de réunions de restitution du volet ruissellement ou par mail – Annexe 3)

Après le dépouillement des retours questionnaires (cf. tableau de synthèse de l'Annexe 4), une campagne de terrain a été organisée en août 2021 (2 communes) et en octobre 2021 (2 communes), afin de vérifier quelques données et lever certaines incertitudes (cf. comptes rendus en Annexe 5).

Parmi les 30 communes qui ont répondu à l'enquête (taux de participation de 35 %), 5 communes du secteur d'étude présentent localement et ponctuellement des phénomènes de remontée de nappe (Annexe 4). Les visites de terrain organisées ont permis de recenser au total 8 communes concernées par les remontées de nappe :

- **Delut (55)** : visite organisée le 6 août 2021 suite à la demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle pour les événements du 14 juillet 2021. Après échanges avec la collectivité (confrontée régulièrement au phénomène) et consultation des rapports hydrogéologiques, on identifie l'origine des inondations par la mise en charge du réseau karstique amont, activation de plusieurs résurgences au cœur du village (Figure 21) et remontées des niveaux suite à des épisodes de précipitations intenses → contribution de la nappe karstique au phénomène de remontée de nappe.
- **Thonne-la-Long (55)** : visite organisée le 5 août 2021 qui permet d'identifier avec la collectivité des phénomènes de remontées de nappe dans le cimetière (sépultures ennoyées lors des enterrements) et de l'autre côté de la rue au niveau de l'étable de la ferme en face du cimetière.
- **Villecloye (55)** : pas de visite organisée. Les informations de la commune sont relatives à un phénomène de remontée de nappe signalé sur une parcelle agricole à la confluence Chiers-Othain, avec pour origine complémentaire le débordement de l'Othain.

- **Avioth (55)** : visite organisée le 4 octobre 2021, qui permet d'identifier avec la collectivité plusieurs parcelles avec remontée de nappe (caves des bâtiments ou jardins touchés lors d'épisodes pluvieux importants) ;
- **Nepvant (55)** : Visite organisée le 4 octobre 2021, qui permet d'identifier avec la collectivité à l'ouest de l'agglomération une parcelle agricole avec remontée de nappe ;
- Les communes de **Chauvency-Le-Château (55)**, **Quincy-Landzécourt (55)** et **Vigneul-sous-Montmedy (55)** ont été maintenues dans la liste des communes potentiellement impactées même en l'absence de réponse sur la localisation précise des phénomènes de remontée de nappe.

La cartographie des parcelles concernées (Figure 22) sera utilisée pour valider localement la carte des zones susceptibles d'être affectées par les remontées de nappe issue de l'analyse géostatistique. On notera que la majorité des phénomènes sont situés au nord du bassin versant et concerne les formations du Lias (Avioth, Thonne-la-Long, Villecloye également concerné par les formations alluviales) et du Dogger dans la vallée de la Chiers ou du Loison (Nepvant, Chauvency-Le-Château, Quincy-Landzécourt et Vigneul-sous-Montmedy). Delut est affecté de phénomènes de remontée de nappe mettant en jeu la nappe des calcaires du Dogger avec la particularité de mobiliser un réseau karstique reconnu et étudié notamment par l'Université de Metz - CEGUM (Patrice GAMEZ, 1977, 1983, 1992).

Extrait de GAMEZ P. 1992 : « *L'originalité karstique du bassin de Delut peut également s'évoquer en termes plus pittoresques, par des manifestations au premier rang desquelles les « Bouillons » ont acquis une renommée locale certaine.*

Ces jaillissements d'eau boueuse pouvant atteindre 1 à 2 mètres de hauteur, se produisent en périodes de fortes précipitations, au cœur du village, au travers d'un regard aménagé dans la chaussée.

Ils progressent latéralement, perçant le macadam, défonçant les trottoirs, inondant la partie basse du village transformée en « petite Venise lorraine ». Ces dégorgeoirs de crue témoignent d'une saturation des drains karstiques. ».



Figure 21 – Les « bouillons » de Delut. Prises de vue du 30/05/2016 communiquées par la mairie de Delut.

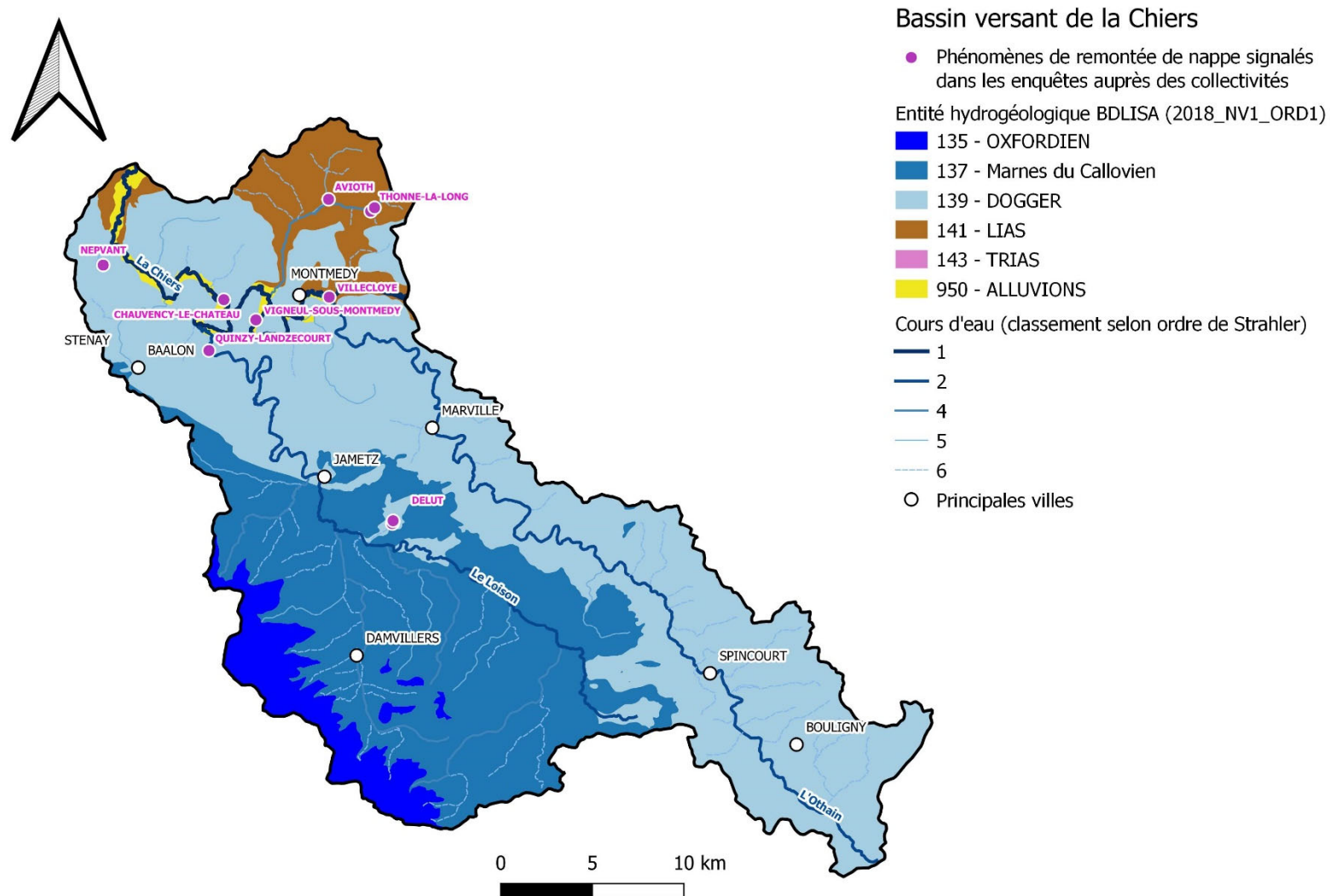


Figure 22 – Carte de localisation des parcelles concernées par les remontées de nappe sur 8 communes du secteur d'étude

3.4. EXTRACTION BSS ET ADES

L'ensemble des ouvrages situés sur le périmètre d'étude ont été extraits le 15/09/2020, de la banque d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines ([ADES](#)) et de la Banque de Données du Sous-sol ([BSS](#)).

Les informations extraites comprennent notamment, pour chaque ouvrage :

- le « code BSS », un identifiant unique pour chaque ouvrage ;
- les coordonnées géographiques en Lambert 93 ;
- la nature du point ;
- la masse d'eau et l'entité hydrogéologique captée ;
- le mode de gisement ;
- les mesures de niveaux d'eau ;
- les dates auxquelles ces mesures ont été réalisées ;
- dans le cas de chronique : la longueur des chroniques piézométriques en années et le nombre moyen de mesures par an ;
- les informations relatives au nivellement de chaque ouvrage (cote NGF au droit du point et précision de la mesure).

Sur un total de près de **657 ouvrages dans la zone d'étude**, on compte **573 points d'eau** (cf. carte de répartition - Figure 29). Ces points sont soumis à une analyse préliminaire afin de déterminer leurs caractéristiques et leur représentativité, d'identifier les points disposant de mesures ponctuelles ou de chroniques de mesures, de procéder à des vérifications afin d'identifier, corriger ou écarter d'éventuelles anomalies.

3.5. ANALYSE PRELIMINAIRE CONCERNANT LA REPARTITION DES POINTS D'EAU ET LEUR PRINCIPALES CARACTERISTIQUES

Les données utilisées pour cette analyse préliminaire sont extraites de la Banque de données du Sous-Sol ([BSS](#)) gérée par le BRGM. Certains critères ont été mis à jour dans le cadre de la présente étude après interprétation et recoupement des informations bibliographiques (nature, nappe captée, gisement). Il demeure que les documents disponibles en BSS sont généralement anciens (datant de la création de l'ouvrage) et que le BRGM n'a pas toujours la possibilité de pouvoir actualiser les dossiers au fur et à mesure de l'évolution de l'état ou de l'usage des différents points d'eau (par manque de transmission des informations pertinentes).

Critère nappe captée

La répartition par nappe du nombre de points d'eau sur le secteur d'étude (soit 573 points de l'extraction BSS) et du nombre de captages pour l'alimentation en eau potable ou AEP (soit 85 points dans l'inventaire de l'Agence Régionale de Santé ou ARS d'octobre 2020) montre une **prédominance de l'utilisation des formations du Dogger (Bathonien et Bajocien)** avec 75 % des ouvrages dont la nappe est connue (Figure 23).

La **répartition géographique du nombre de points d'eau de BSS selon le critère « nappe »** (Figure 24) est cohérente avec la cartographie des formations géologiques à l'affleurement : au nord les points d'eau captant le Bajocien et le Lias sont majoritaires ; au centre et au sud-est les points d'eau captant le Bathonien sont prépondérants ; au sud et sud-ouest l'oxfordien est tout particulièrement exploité.

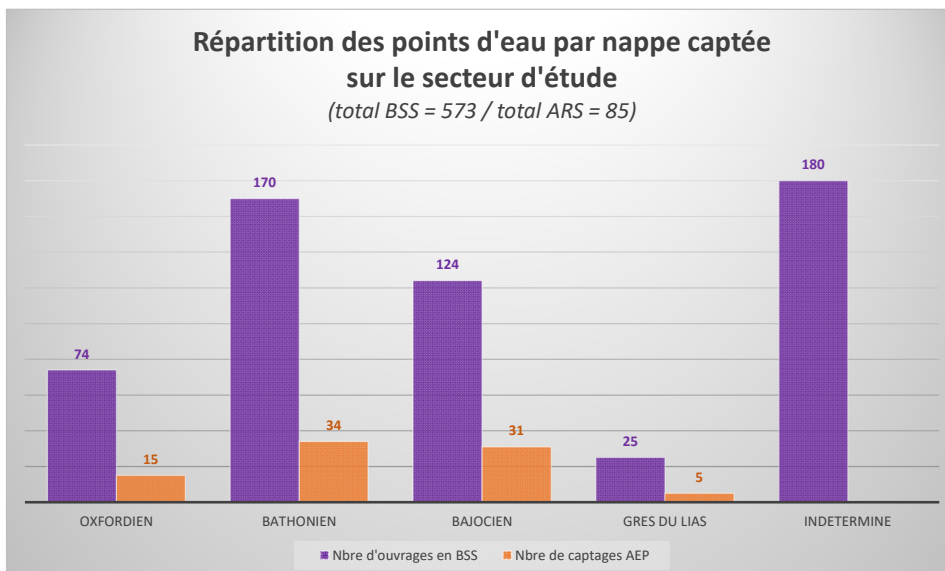


Figure 23 – Graphique de répartition des points d'eau par nappe captée

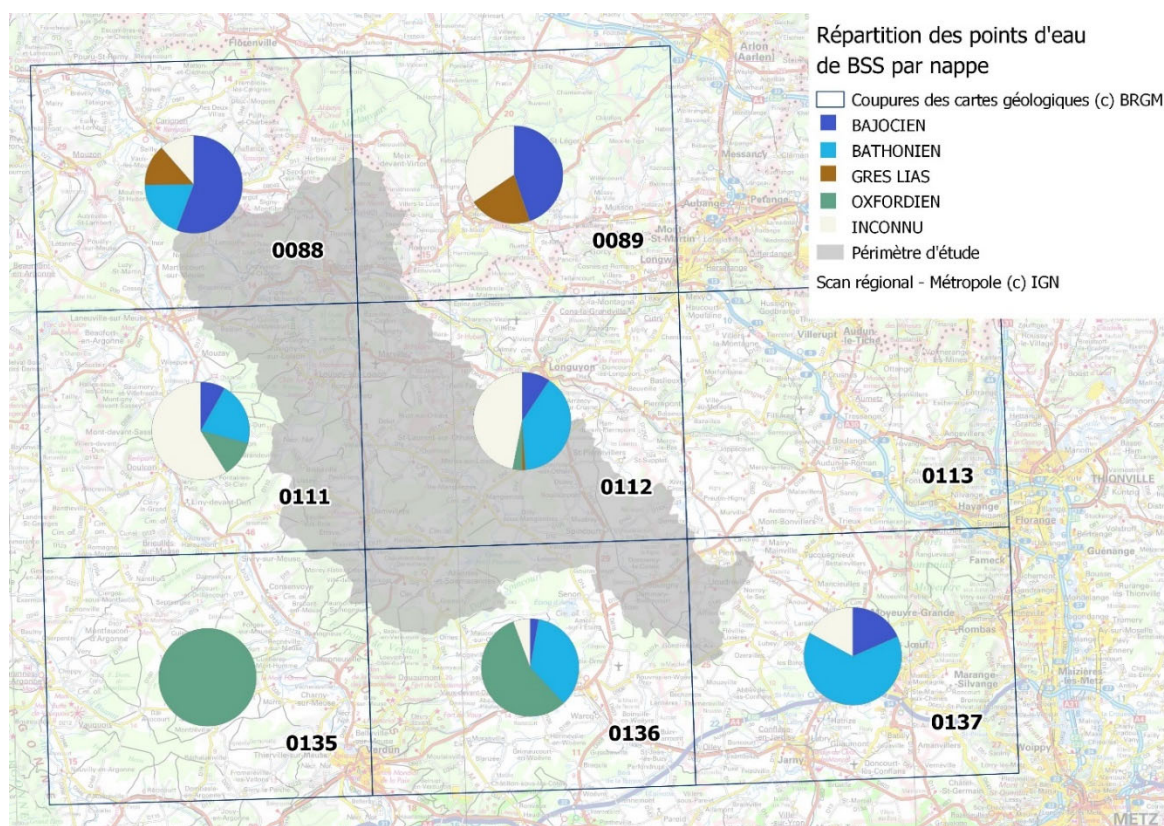


Figure 24 – Cartographie de répartition par carte géologique du nombre de points d'eau de la BSS sur le secteur d'étude selon le critère « nappe captée »

Critère nature

Un [point d'eau](#) est un point d'accès naturel (source) ou artificiel (forage, drain, puits...) aux eaux souterraines. Cette caractéristique constitue le critère dit de « **nature** » en BSS et se révèle être un concept clef à partir duquel des données techniques sont recueillies pour suivre la qualité et la quantité des ressources en eaux souterraines.

L'analyse effectuée sur les 573 points d'eau de BSS et les 85 captages AEP montre que **les sources sont majoritaires** et représentent 77 % des points d'eau recensés en BSS et 87 % des captages pour l'AEP (Figure 25).

La **répartition géographique du nombre de points d'eau de BSS selon le critère « nature »** (Figure 26) montre que les sources sont prépondérantes sur tout le territoire. Les forages sont néanmoins plus nombreux au centre et au sud-est de la zone d'étude qu'au nord et à l'ouest. Cette observation est en cohérence avec les formations géologiques rencontrées : ressources aquifères (potentiellement karstiques) à l'affleurement à l'ouest et au nord et sous recouvrement argileux à l'est et au sud.

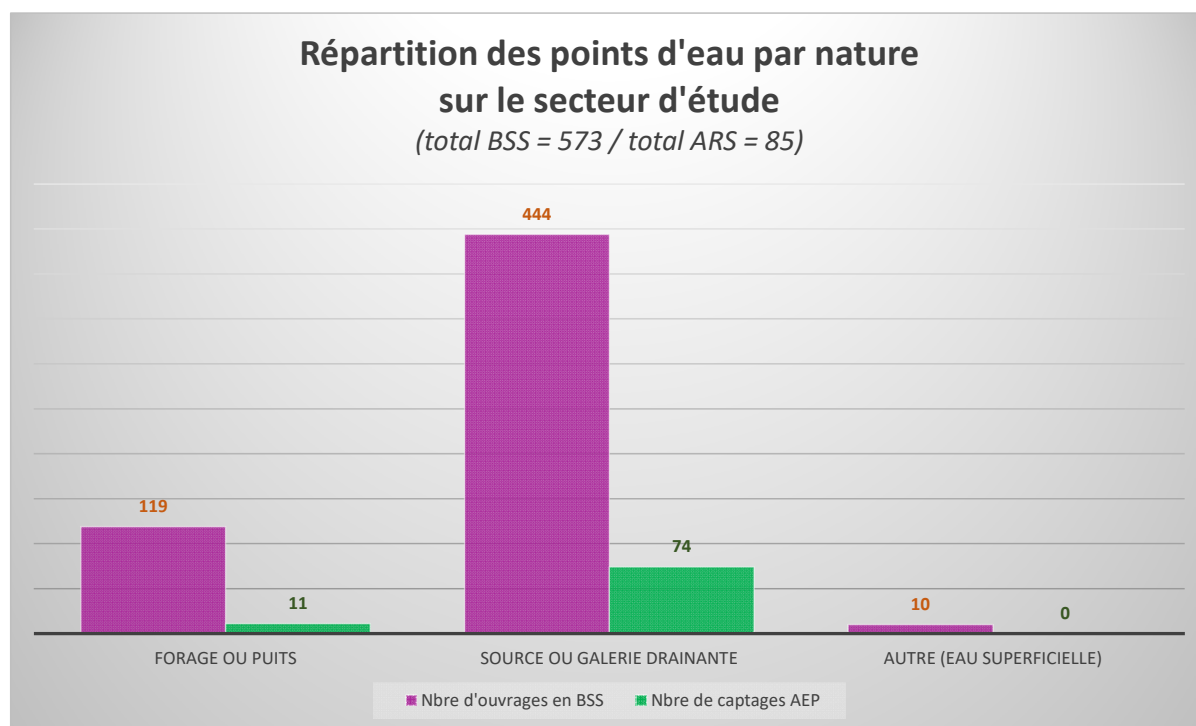


Figure 25 - Graphique de répartition des points d'eau par nature

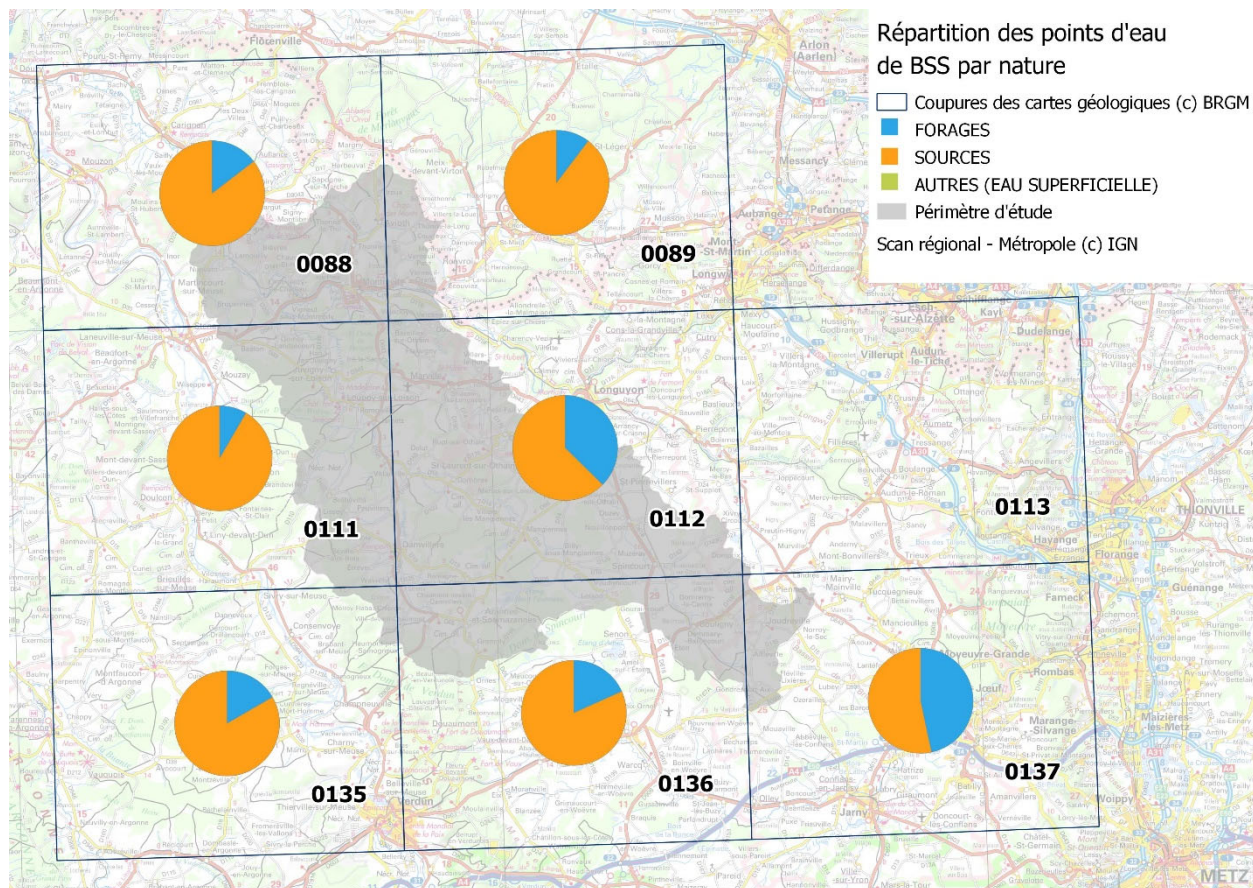


Figure 26 – Cartographie de répartition par carte géologique du nombre de points d'eau de la BSS sur le secteur d'étude selon le critère « nature »

Critère gisement

En fonction de la position relative des cotes du niveau d'eau⁷, du toit du réservoir aquifère et du sol, on caractérise une nappe selon quatre modes de gisement :

- Mode de gisement « libre » : la surface piézométrique coïncide avec la surface libre de la nappe, qui est surmontée par une zone non saturée de caractéristiques semblables à celles de la zone saturée ;
- Mode de gisement « captif » : le réservoir aquifère est surmonté par une formation peu (ou pas) perméable. La nappe (sans surface libre) est soumise en tous points à une pression supérieure à la pression atmosphérique et la surface piézométrique est supérieure au toit de l'aquifère. Quand on réalise un forage dans une telle nappe, l'eau remonte brusquement dans l'ouvrage lorsqu'on crève le toit imperméable de la nappe dite « confinée » ;
- Mode de gisement « artésien » : si dans une nappe captive, la pression de confinement est suffisante pour que le niveau d'eau soit supérieur au toit de l'aquifère et supérieur au niveau du sol, on parle de nappe artésienne ou de forage artésien. Il est à signaler que l'artésianisme peut disparaître avec le temps suite à l'exploitation de la ressource par diminution progressive de la charge dans l'aquifère ;
- Mode de gisement « semi-captif » : Une même nappe peut être libre ou captive en fonction du changement de faciès, de lacunes de sédimentation ou de discontinuités des formations semi-perméables ou imperméables en recouvrement. On parle de nappe semi-captive ;
- Mode de gisement « inconnu » : l'inventaire des points d'eau en BSS n'apporte pas toujours l'information minimale nécessaire à la caractérisation du mode de gisement (coupe géologique et technique, profondeur du niveau d'eau...).

La méthodologie permet de retenir comme représentatif les forages correspondant à un mode de gisement « libre » voir « semi-captif » uniquement.

Sur les 119 forages inventoriés en BSS sur le secteur d'étude, on compte une proportion équivalente de gisement libre et de gisement semi-captif, captif ou artésien (Figure 27). Pour 20 % des forages, cette caractérisation n'est pas possible faute d'informations suffisantes.

La **répartition du nombre de forages de BSS selon le critère « gisement »** (Figure 28) montre la prédominance du mode « libre » au nord, à l'ouest et au sud-est du territoire, tandis qu'au centre de la zone d'étude, la majorité des forages s'avèrent captifs (carte géologique n°112).

⁷ La surface de la nappe est appelée niveau piézométrique ou charge hydraulique. Elle est mesurée en relevant le niveau d'eau dans les puits et piézomètres, ou le niveau topographique à l'emplacement d'une source (qui correspond à une résurgence de la nappe)

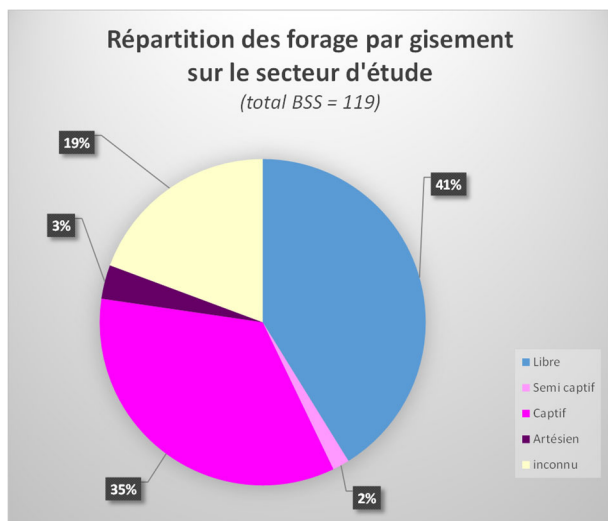


Figure 27 - Répartition du nombre de forages de la BSS sur le secteur d'étude selon le critère « gisement »

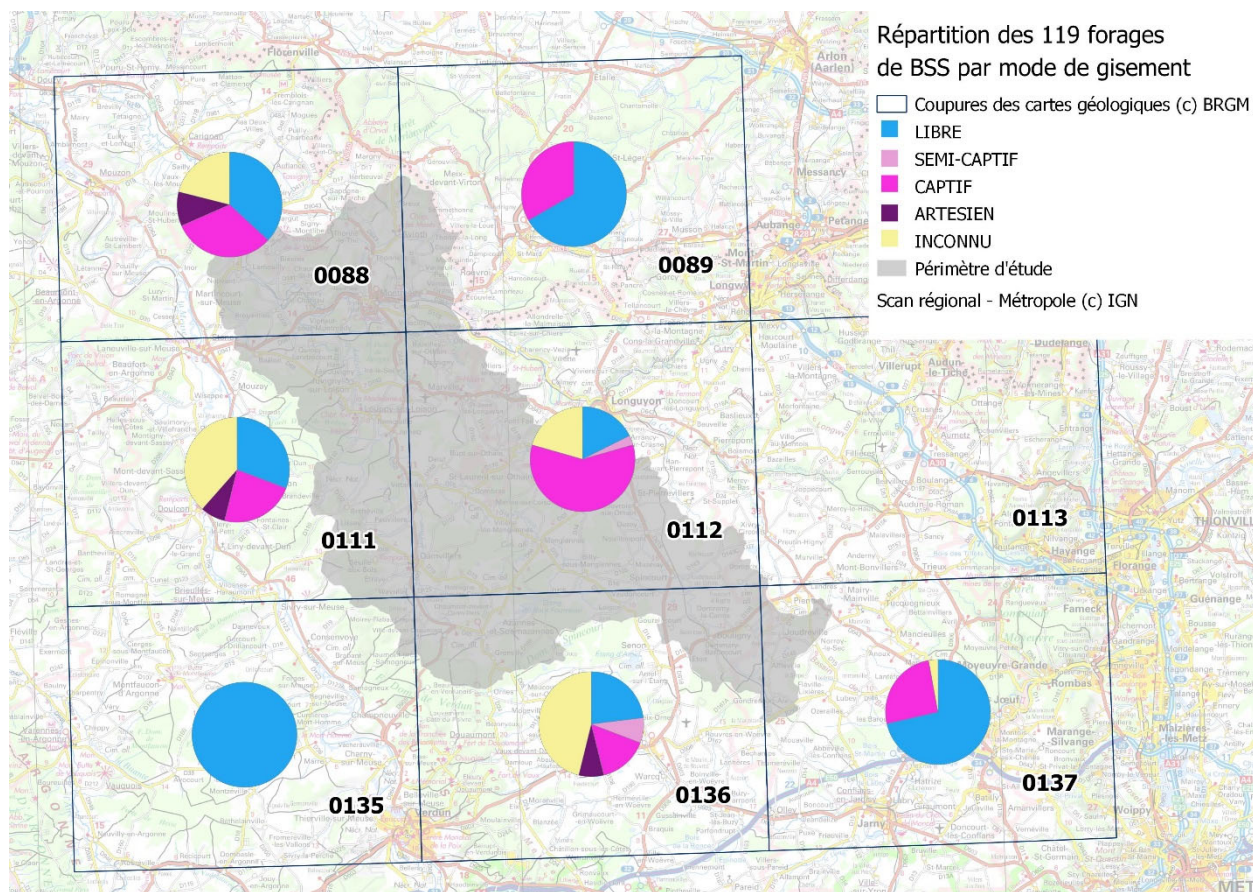


Figure 28 – Cartographie de répartition par carte géologique du nombre de forages de la BSS sur le secteur d'étude selon le critère « gisement »

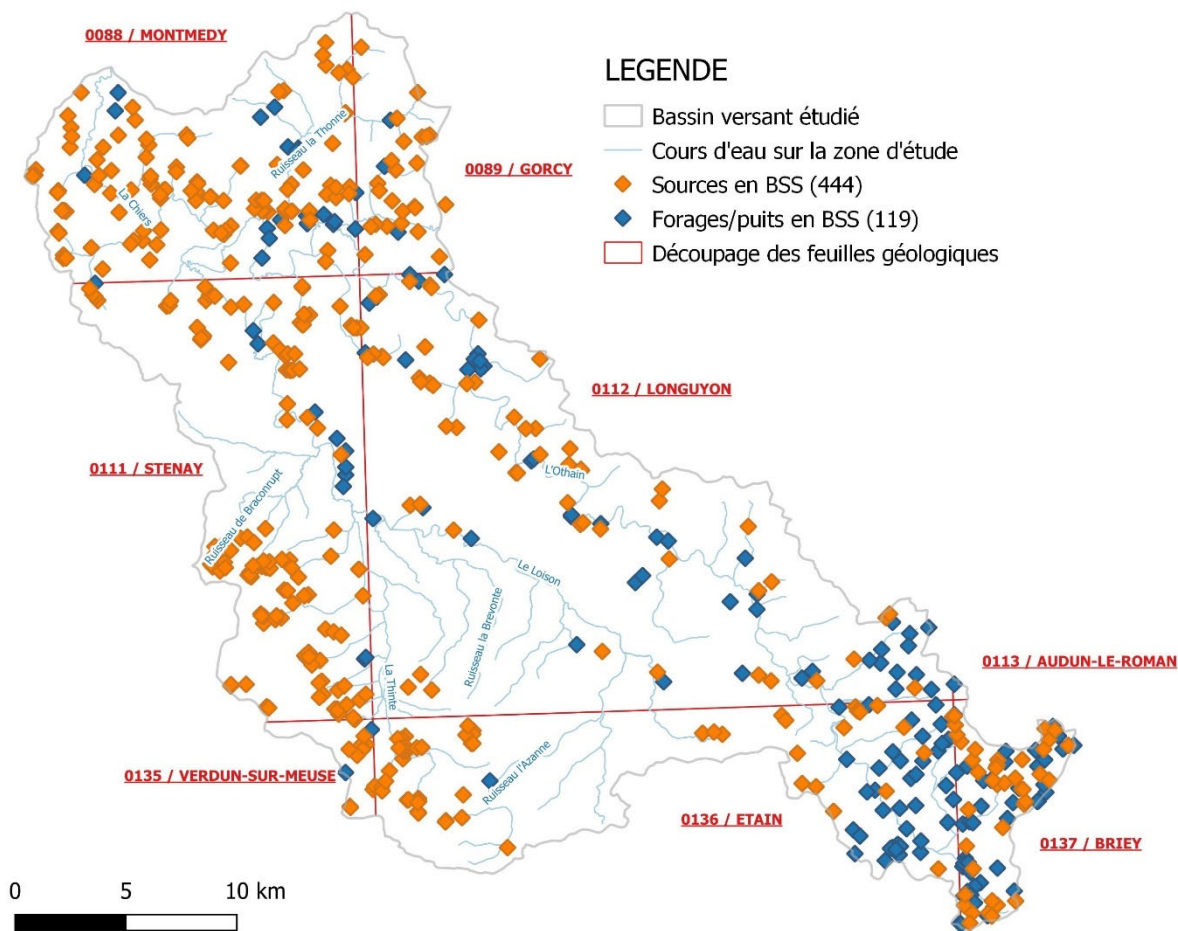


Figure 29 – Carte de répartition des points d'eau sur le périmètre d'étude (extraction BSS)

3.6. ANALYSE DES DONNEES PIEZOMETRIQUES DISPONIBLES

3.6.1. Chroniques de mesures

On recense une seule station piézométrique active⁸ sur le secteur d'étude à [Jametz-55](#) (BSS000HNJU) (Figure 30) mais elle est représentative des calcaires du Dogger sous couverture (nappe captive). L'utilisation des données pour la cartographie des zones à risque de remontée de nappe n'est donc pas envisageable. Hors du périmètre d'étude mais à proximité du bassin de la Chiers (Figure 30), on recense plusieurs autres ouvrages représentatifs des :

- Calcaires du Dogger (nappe libre) à [Stenay-55](#) (BSS000HNEE) ;
- Calcaires de l'Oxfordien (nappe libre) à [Vacherauville-55](#) (BSS000KLNE) ;
- Calcaires de l'Oxfordien à [Les Cléry-55](#) (BSS000HNYS) ;
- Alluvions de la Meuse à [Charny-sur-Meuse-55](#) (BSS000KLVK).

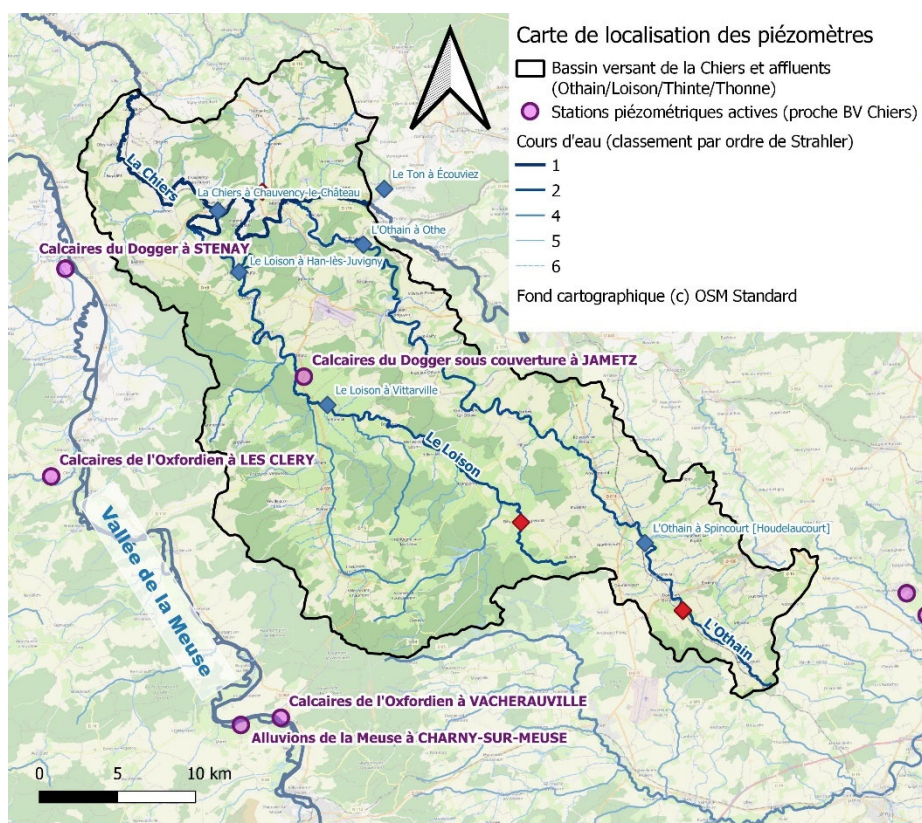


Figure 30 – Carte de localisation du bassin versant de la Chiers et des stations de suivi des eaux souterraines et des eaux superficielles

Afin d'évaluer la représentativité de ces chroniques, un recoupement a été mené avec les crues historiques (recensement d'après la base GASPARD § 3.2.1, les archives § 3.2.2 et le retour des enquêtes communales § 3.3). On observe une bonne correspondance entre les crues historiques de 2016, 2018, 2019, 2021 et les montées brutales et très inhabituelles des niveaux de la nappe alluviale et/ou de la nappe des calcaires du Dogger à l'affleurement (Figure 31 et Figure 32).

⁸

Gérée dans le cadre de la convention nationale de coopération BRGM/OFB.

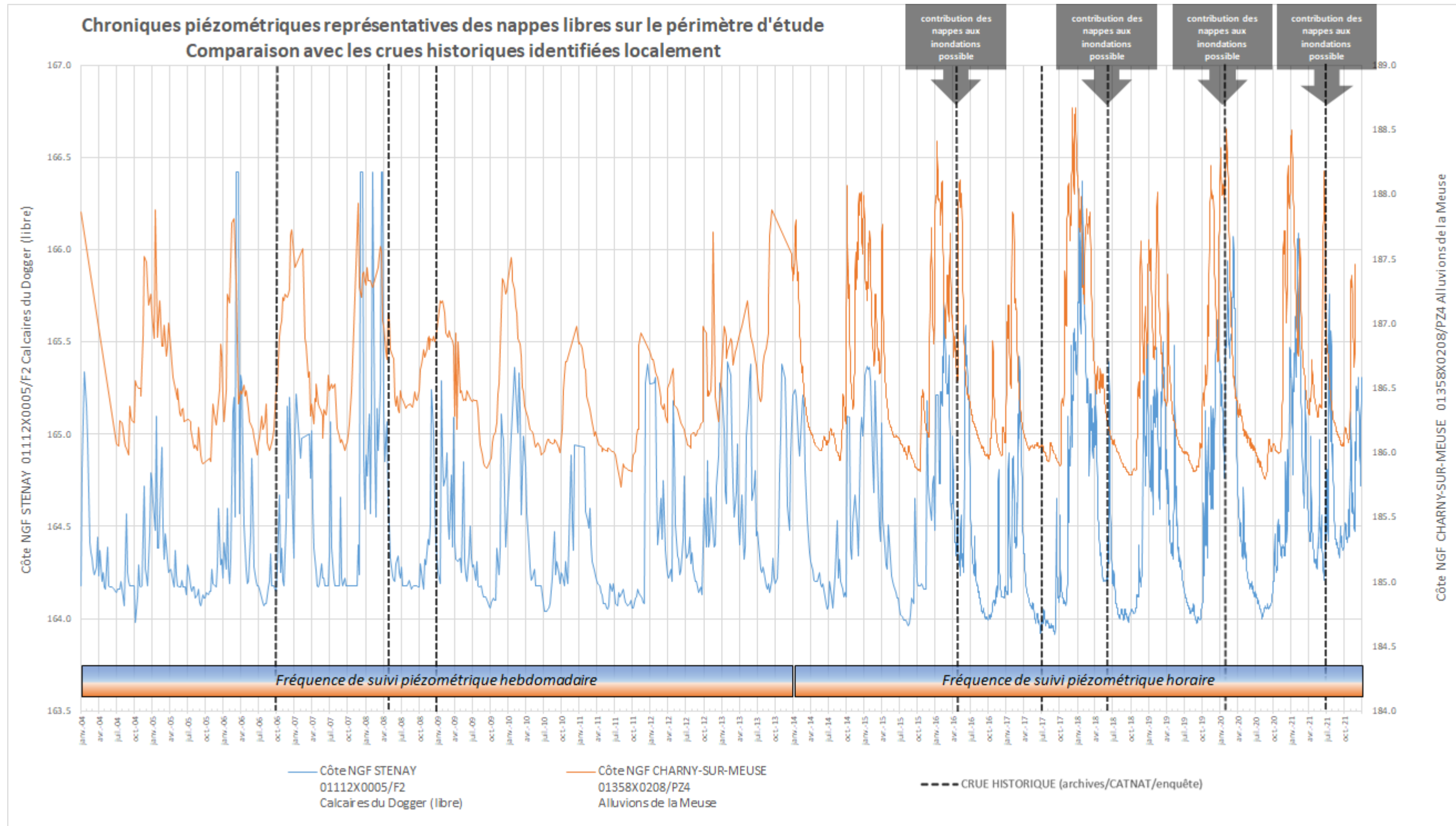


Figure 31 – Evolution des niveaux piézométriques entre 2004 et 2021 sur deux ouvrages représentatifs des nappes du bassin versant de la Meuse et croisement avec les crues historiques

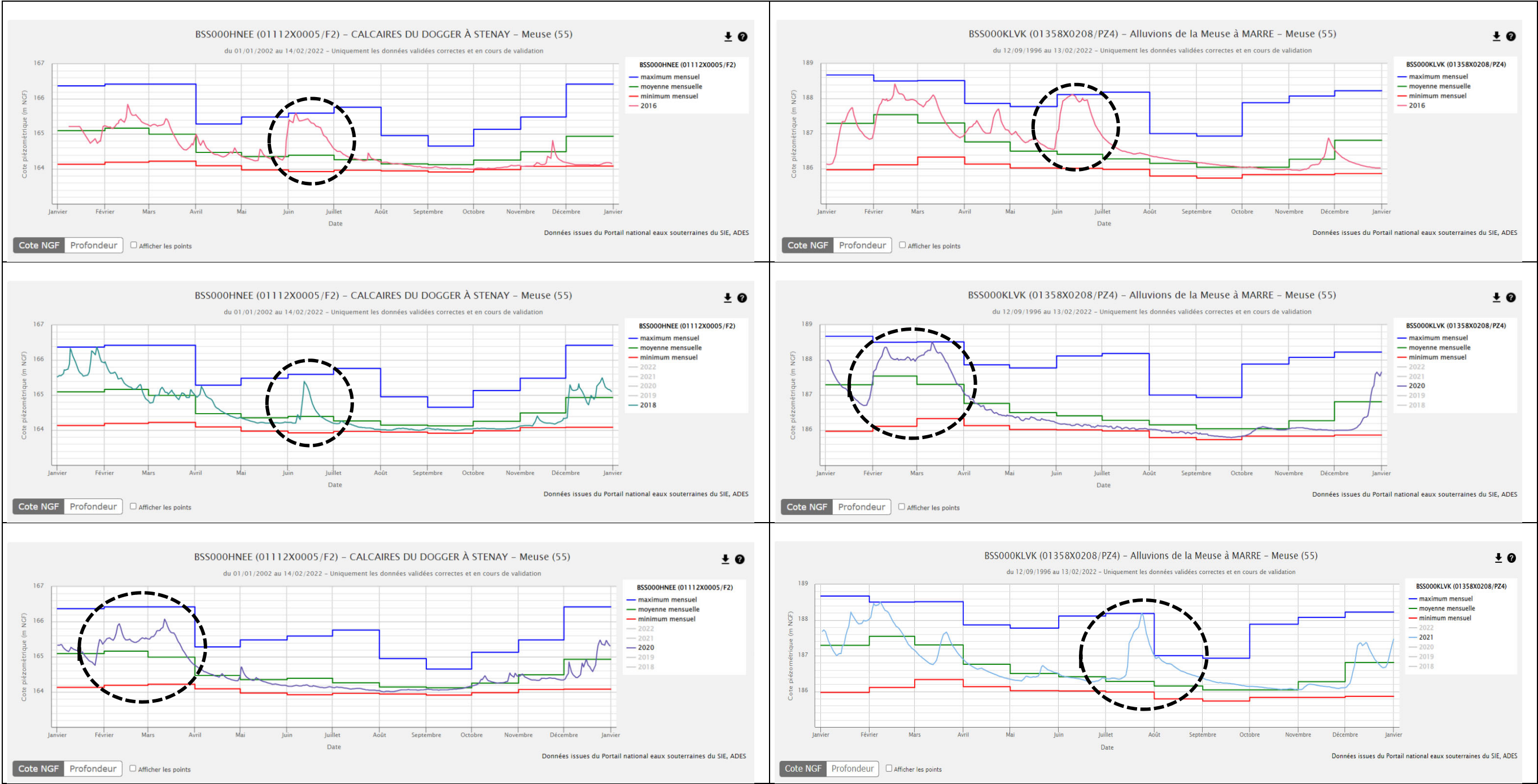


Figure 32 – Statistiques des cotes mensuelles minimales, moyennes et maximales des nappes pour deux piézomètres de suivi du bassin versant Meuse (d’après [ADES](#)). Identification des événements exceptionnels en 2016, 2018, 2020 et 2021 ayant pu contribuer à des phénomènes d’inondation par remontée de nappe

Cette synchronisation pourrait indiquer une contribution des eaux souterraines aux évènements d'inondation par débordement de cours d'eau concernés.

Aucune correspondance n'a pu être faite entre les crues historiques antérieures à 2004 et les chroniques piézométriques des deux piézomètres ; les remontées de nappe ne contribuent pas aux inondations (l'évènement est uniquement dû aux débordements de cours d'eau). Mais on notera que la fréquence de mesure antérieure à 2004 était trop faible (hebdomadaire) pour pouvoir suivre une évolution brutale des niveaux piézométriques ; ainsi la contribution des eaux souterraines aux crues n'est pas à exclure même si aucun élément ne permet de le confirmer.

3.6.2. Cartes piézométriques

Le secteur d'étude est couvert par plusieurs cartes piézométriques régionales pour les principales formations aquifères :

- La carte piézométrique des **calcaires de l'Oxfordien** (niveau moyen interannuel de la nappe) réalisée à l'échelle de tout le grand système aquifère, en utilisant des mesures piézométriques levées au cours de trois décennies à partir de 1961 (LE NINDRE, 1995).
- La carte de la piézométrie moyenne interannuelle des **calcaires du Dogger** avant l'envoie du bassin ferrifère issue de la synthèse cartographique à l'échelle 1/250 000 des réservoirs aquifères du bassin Rhin-Meuse (LE NINDRE, 1995).
- La carte piézométrique des **grès du Luxembourg** ou nappe des **grès du Lias inférieur**, comprenant principalement les Grès d'Hettange mais également les grès du Rossignol (Hettangien basal), les grès de Metzert (Hettangien), les grès d'Orval et de Florenville (Sinémurien), les grès de Virton (Lotharingien). La plupart des mesures proviennent d'une campagne de mai 1977 (BOULY S., 1977, annexe VI). La piézométrie établie diffère de celle du rapport par la prise en compte du drainage par les cours d'eau. La représentation de la piézométrie a été corrigée dans sa partie occidentale dans les limites d'existence des données (courbes à 225, 200, 170 et 160 m). La carte donne l'extension de l'aquifère potentiel (productif) et la limite eau douce/eau salée. Il n'y a aucune donnée en nappe captive.
- Les **alluvions** (ressource en générale assez limitée) n'ont pas fait l'objet localement de campagne de mesure en vue de dresser la carte piézométrique.

Cartographiquement, on prendra comme référence les entités hydrogéologiques de niveau 1 et d'ordre 1 (à l'affleurement), les seules a priori susceptibles de donner lieu à des inondations par remontée de nappe. Les cartes suivantes (Figure 33) mettent en perspective les tracés des isopièzes (ligne d'égale valeur de cote piézométrique) et les entités BDLISA à l'affleurement correspondantes. Seules trois cartes pourront localement être exploitées (Dogger, Oxfordien, Lias), les formations du Trias sont toutes sous couverture et la nappe est captive.

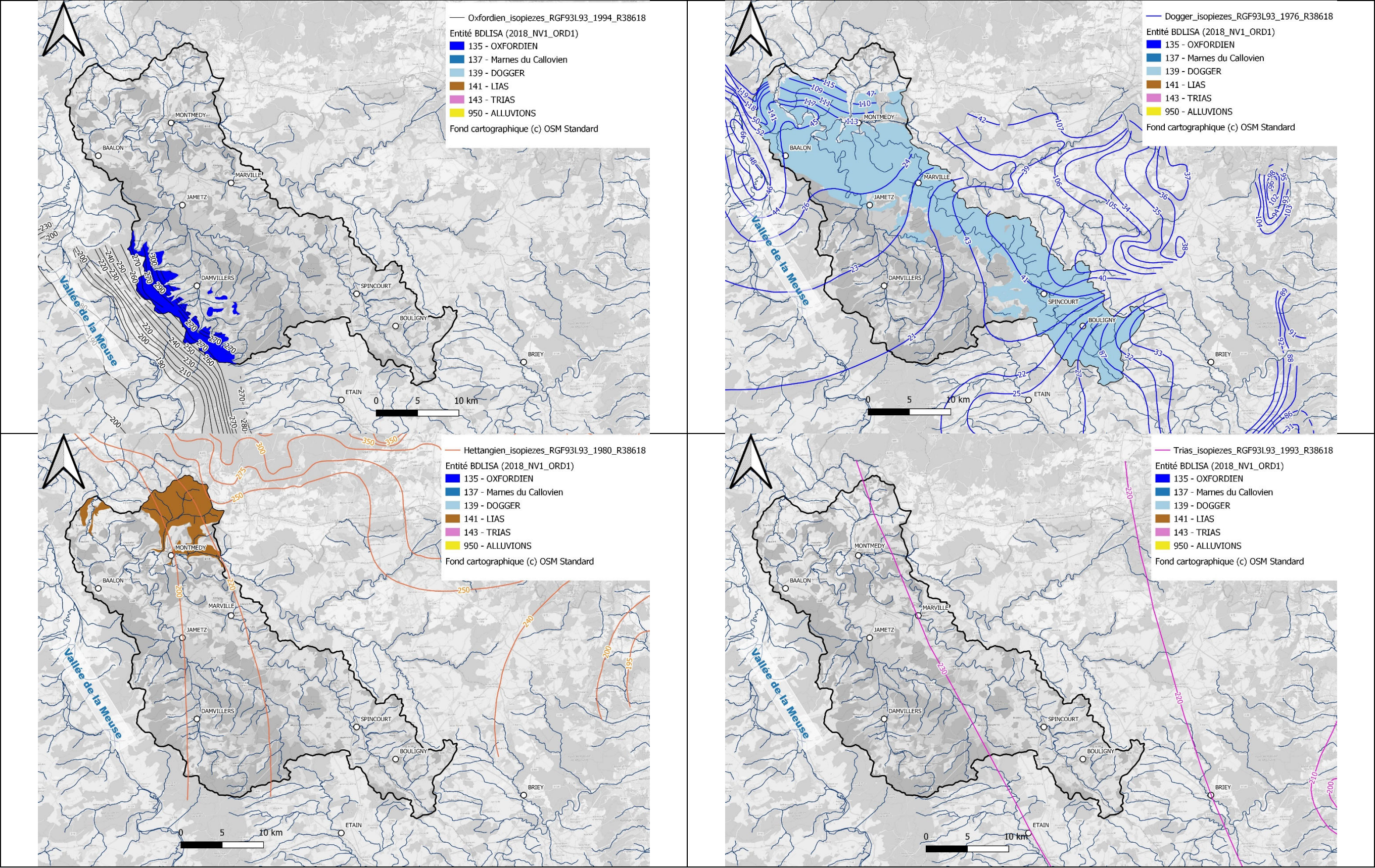


Figure 33 – Cartes piézométriques disponibles pour les entités hydrogéologiques à l’affleurement du bassin versant de la Chiers

3.6.3. Mesures ponctuelles et anciennes chroniques

La collecte des données de niveau d'eau dans les bases nationales (BSS sur Infoterre ou ADES ; y compris chroniques) et la saisie de mesures complémentaires trouvées dans la bibliographie a conduit à établir une base locale disposant de 10131 mesures sur 117 points d'eau parmi les 119 forages recensés (Figure 34). Les mesures ponctuelles représentent une minorité (2 % des mesures) mais pour une majorité de points d'eau (75 %).

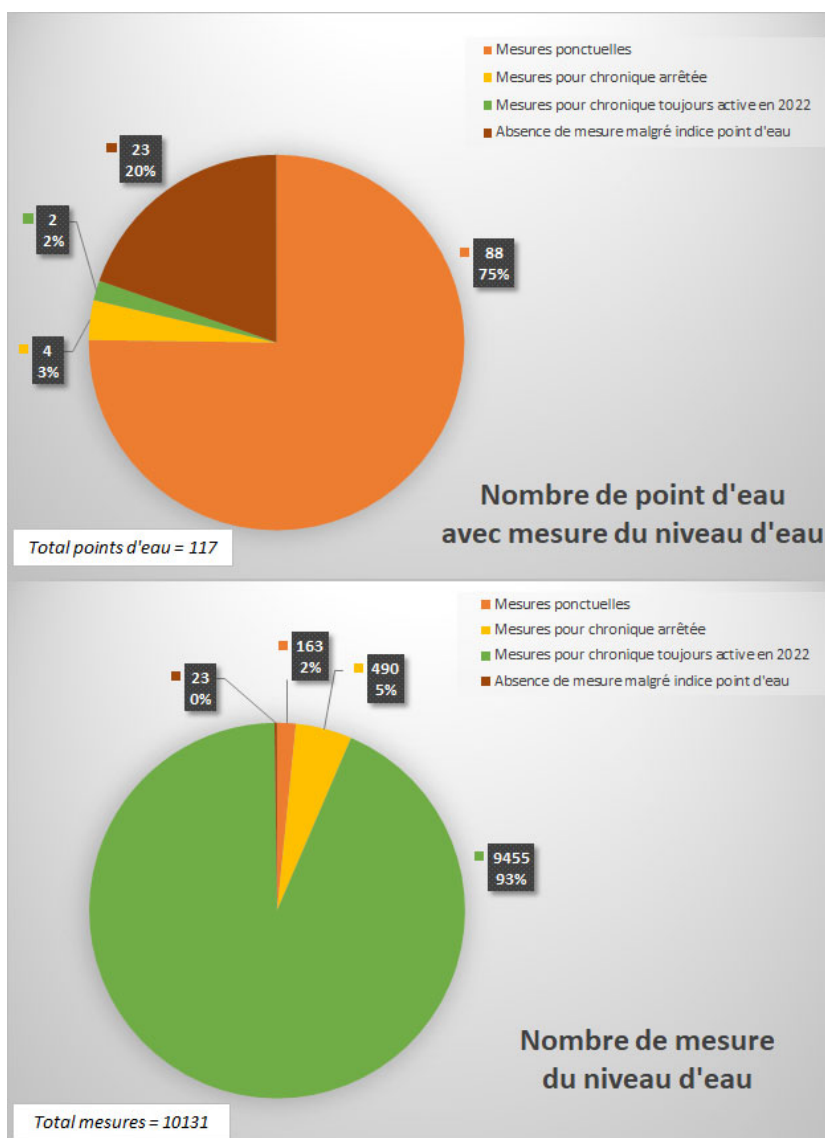


Figure 34 – Répartition du nombre de points d'eau disposant de mesure et du nombre de mesure

La majorité des points d'eau disposant de mesures capte les formations du Dogger (77 %). Les formations du Lias représentent 9 % des mesures (11 points d'eau) tandis que les alluvions sont très peu représentées avec seulement 4 points d'eau avec mesure (Figure 35 et Figure 38).

Les mesures exploitables dans le cadre de l'étude (Figure 36 et Figure 39) représentent seulement 43 % des mesures totales pour répondre la nécessité de représentativité des nappes libre (3147 mesures sur 50 points d'eau) ; les points d'eau et mesures en nappe captive, semi captive ou artésienne sont exclus de l'analyse.

Les 50 points d'eau en nappe libre captent quasi exclusivement les formations du Dogger (90 % avec 45 points d'eau) et localement les formations du Lias (3 points d'eau) et de l'Oxfordien (2 points d'eau).

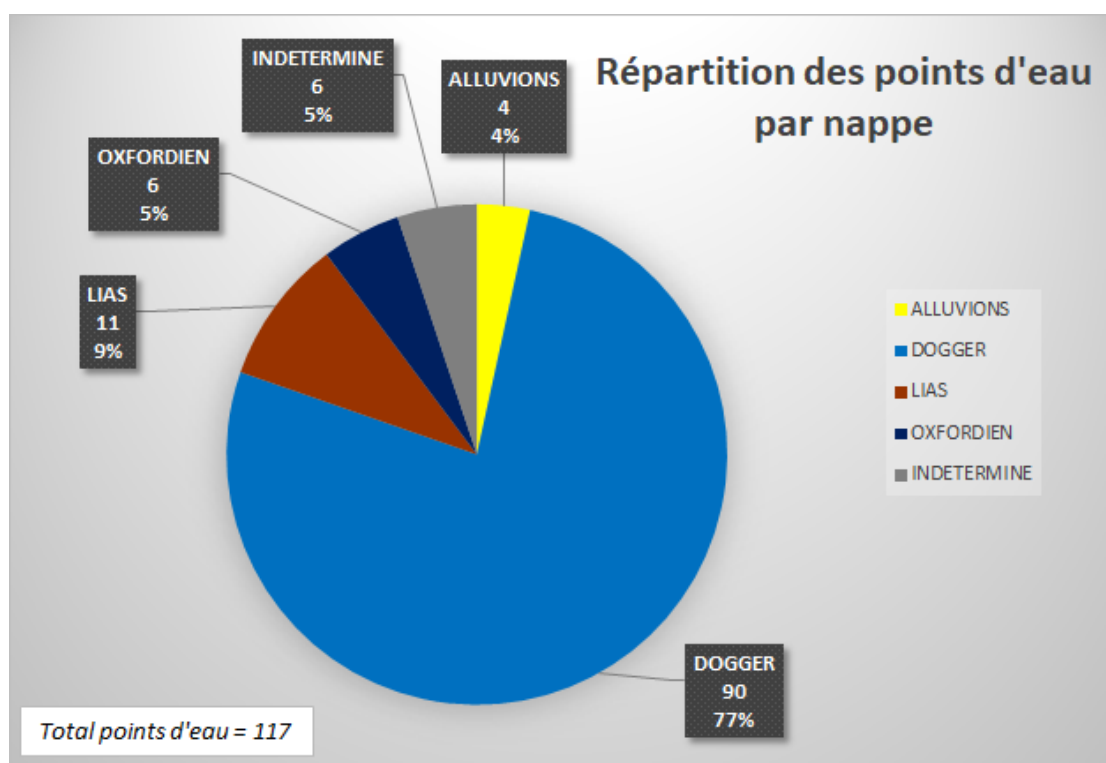


Figure 35 – Répartition des points d'eau par nappe

L'examen des chroniques sur les nappes libres du secteur permet de situer en général la période des hautes eaux sur le premier trimestre (soit janvier à mars) et la période des basses eaux sur le troisième trimestre (soit juillet à septembre). Les mesures sont généralement issues de campagnes en moyennes eaux (Figure 37), correspondant aux trimestres 2 et 4 (49 %).

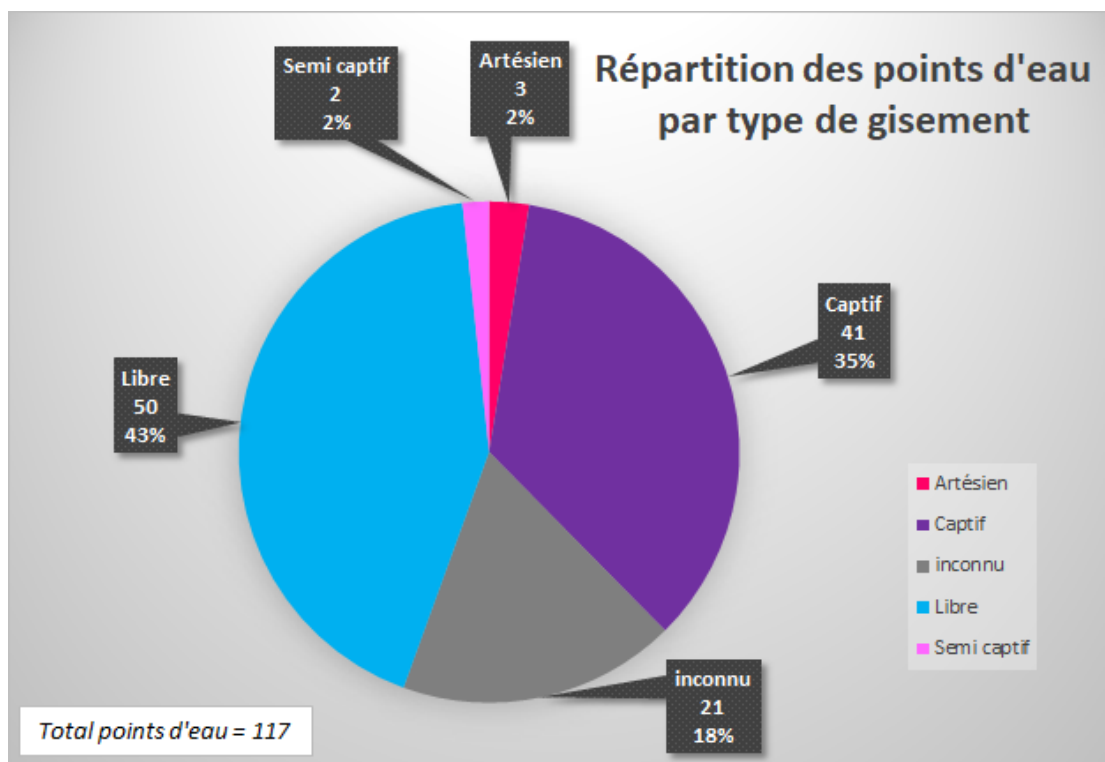


Figure 36 – Répartition des points d'eau avec mesure par type de gisement

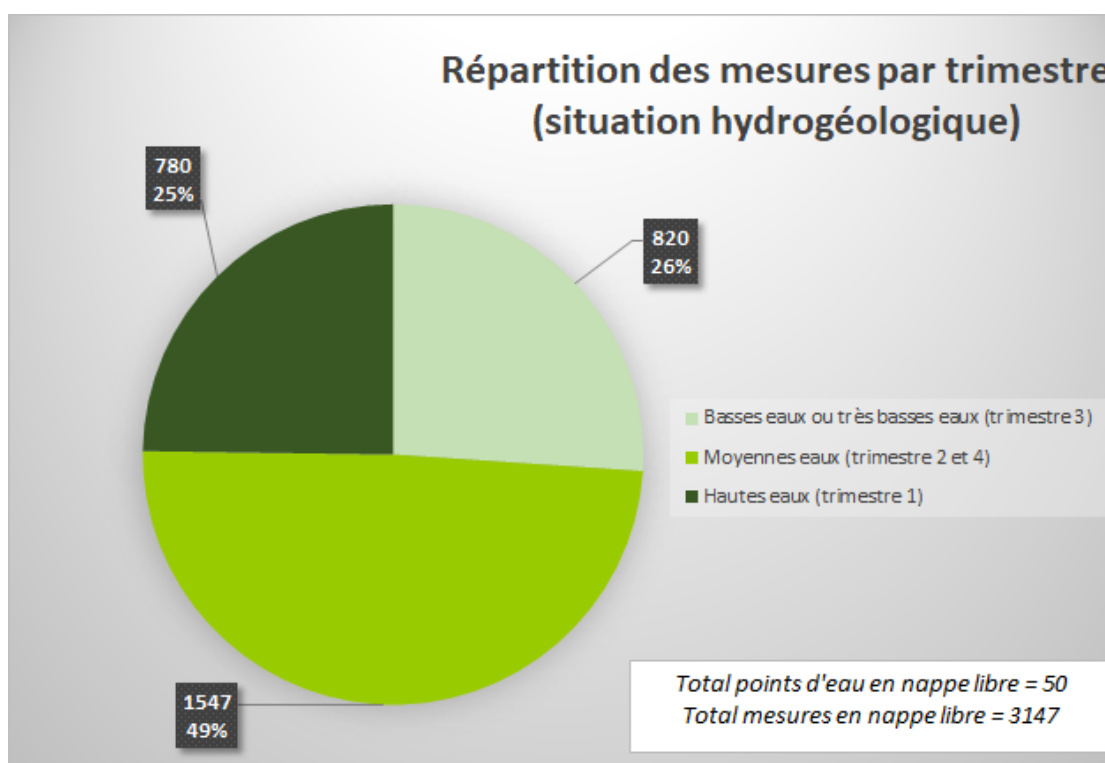


Figure 37 – Répartition des mesures par trimestre pour rendre compte de la situation hydrogéologique en basses, moyennes ou hautes eaux

Evaluation des zones à risque de remontée de nappe dans le bassin versant de la Chiers et ses affluents

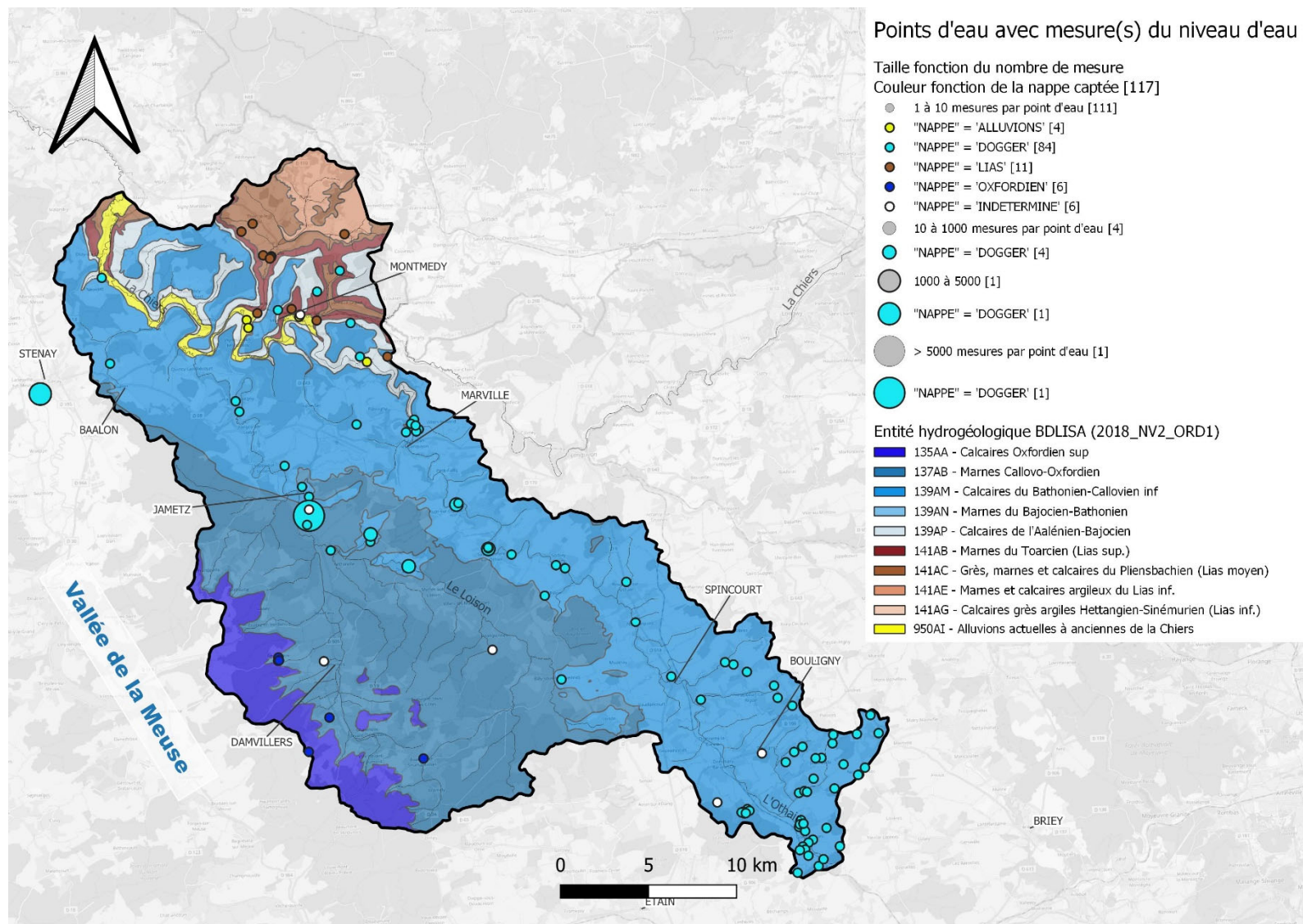


Figure 38 – Cartographie des points de mesure sur le bassin de la Chiers (ou à proximité) représentés selon le nombre de mesure (taille) et l'aquifère capté (couleur).

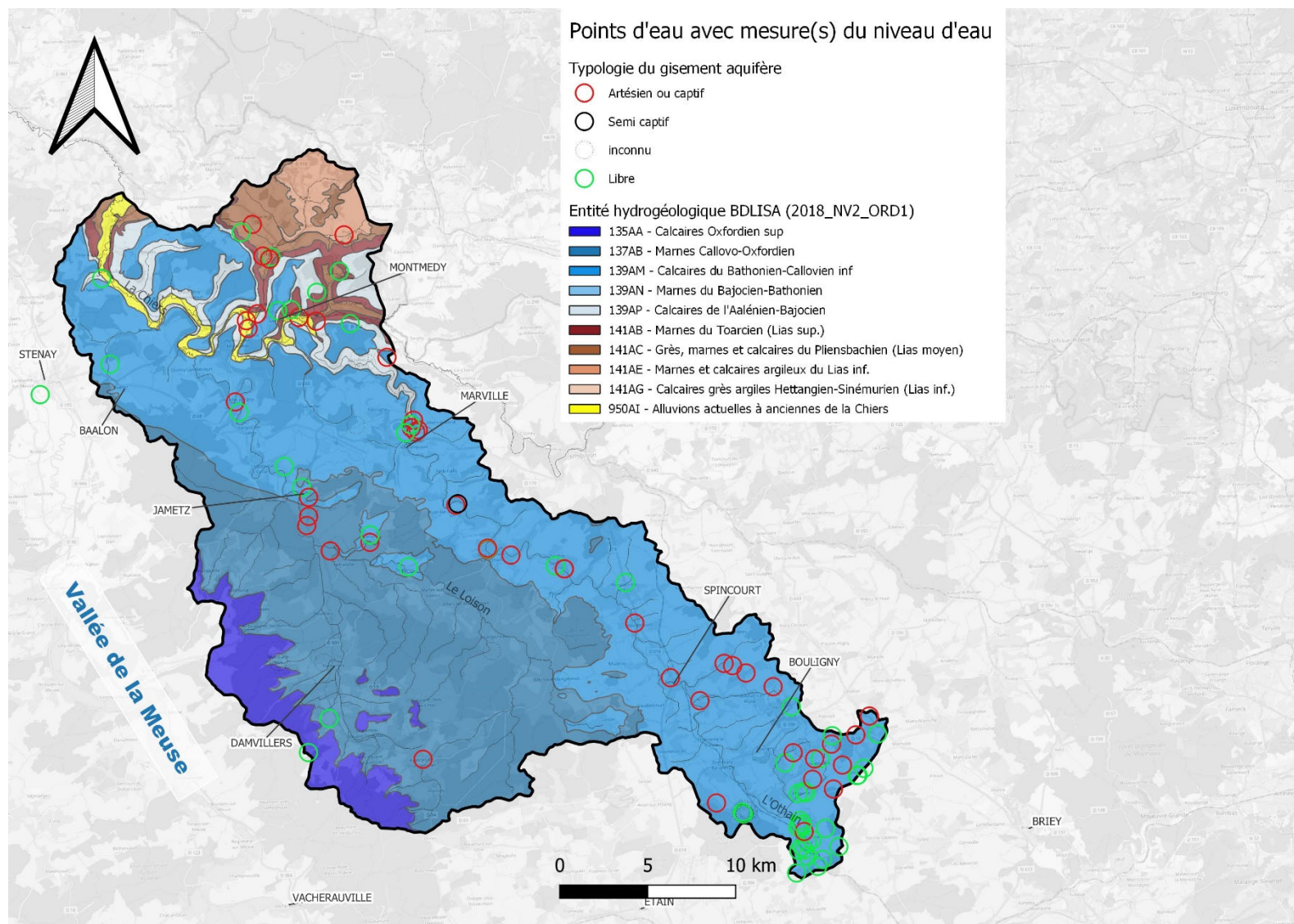


Figure 39 – Cartographie des points de mesure sur le bassin de la Chiers (ou à proximité) représentés selon le type de gisement

3.7. PREPARATION DU JEU DE DONNEES

Le résultat final et les moyens à mettre en œuvre sont totalement conditionnés par la **disponibilité des données** notamment celles concernant les **niveaux des nappes** sur les points d'eau du secteur étudié, de préférence en situation de hautes eaux, voire très hautes eaux. Les efforts ont porté spécifiquement sur la bancarisation de ces données, l'évaluation de leur fiabilité (cf. § 4.1 - fiabilité **forte**, **moyenne** ou **faible**) et le rattachement des points d'eau (masse d'eau, entité BDLISA, type de gisement...). Les objectifs étaient de regrouper les points d'eau au sein de secteurs homogènes du point de vue des caractéristiques hydrodynamiques et temporelles de la nappe étudiée et **d'obtenir le jeu de données nécessaire au déroulement des étapes suivantes de la méthodologie**.

La **qualification de la fiabilité des données** permet de guider l'analyse géostatistique prévue à l'étape suivante. Cette évaluation est faite d'un point de vue hydrogéologique et se base soit sur les chroniques piézométriques disponibles, soit sur la pertinence et la précision des autres types de données. Dans l'objectif de calculer une cote maximale piézométrique (étape 2), il est nécessaire d'avoir des chroniques piézométriques suffisantes pour effectuer le calcul d'interpolation et minimiser l'erreur de mesure.

Dans le cas du bassin versant de la Chiers, la cartographie des points de mesure sur forage apparaît très hétérogène : 5 piézomètres de suivi avec des chroniques plus ou moins exploitables sur le bassin ou à proximité mais hors bassin (cf. § 4.2) et 117 points d'eau avec les mesures ponctuelles ou des mini-chroniques dont 37 % en nappe captive ou artésienne qui ne pourront pas être valorisées dans l'interpolation (utilisation uniquement des mesures pour les gisements en nappe libre ou semi-captive voire inconnu).

La méthodologie nécessite donc de considérer des données complémentaires à celles des mesures de niveau d'eau sur forage telles que :

- L'altitude des sources, majoritaires en terme d'ouvrages inventoriés en BSS avec 444 points sur le secteur d'étude (Figure 40) ;
- L'altitude de la surface des zones humides d'après la cartographie 2013⁹ (Figure 41) ;
- L'altitude de la surface des cours d'eau et des plans d'eau (Figure 42).

Les données linéaires et surfaciques sont discrétisées à partir d'un traitement sur SIG (QGIS), afin de générer des points selon un maillage régulier (centroïde du pixel de la couche MNT 25 m).

Chaque point est ensuite affecté de l'altitude extraite des modèles numériques de terrain, disponibles sur la zone d'étude (Figure 43) au pas de 1 m (campagne de 2013 et 2015), au pas de 25 m et au pas de 5 m. Après une première phase d'interpolation c'est la cartographie au pas de 5 m qui a été retenue ; elle présente l'avantage d'une grille homogène à l'échelle de la zone d'étude et d'une précision suffisante au regard des mesures piézométriques collectées.

⁹ ELEMENT CINQ - Chevalier et al, 2012

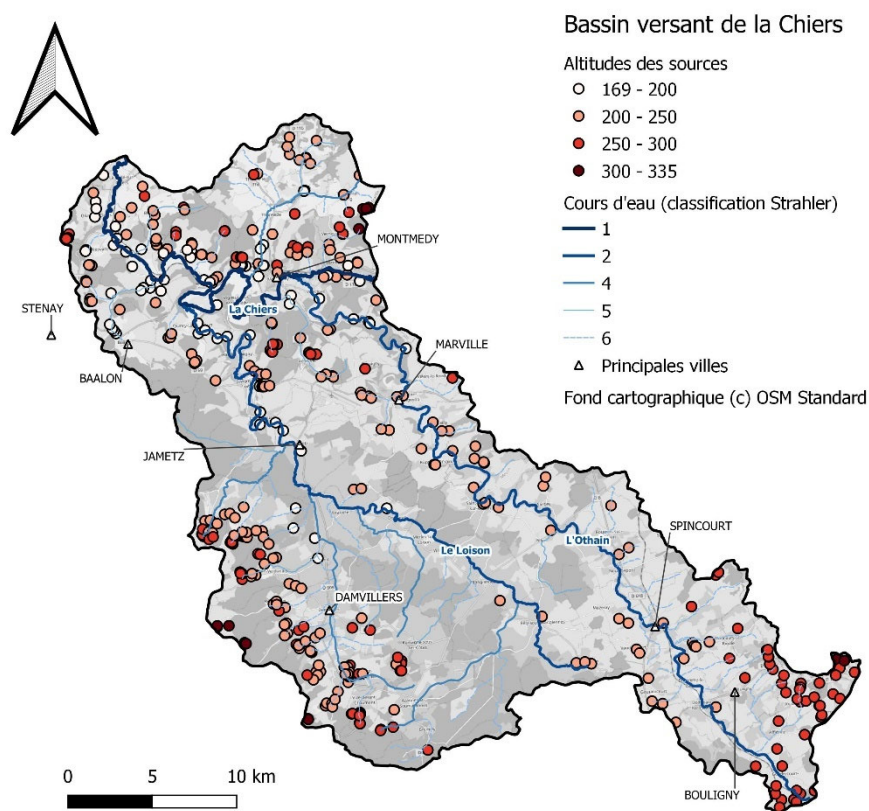


Figure 40 – Carte de répartition des sources sur le secteur d'étude

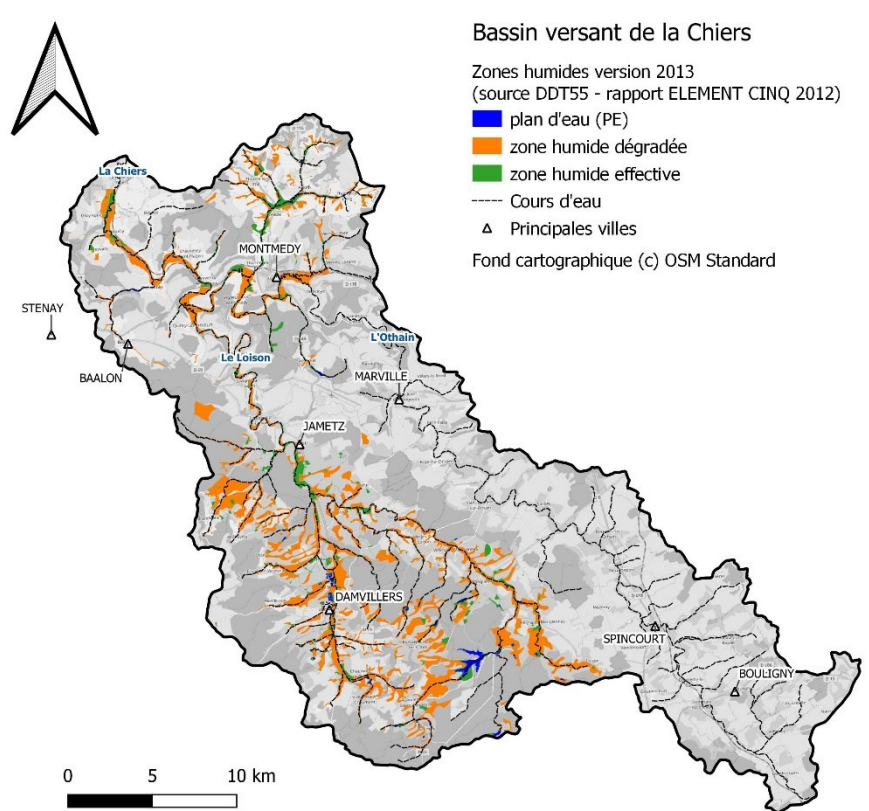


Figure 41 – Carte de répartition des zones humides sur le secteur d'étude

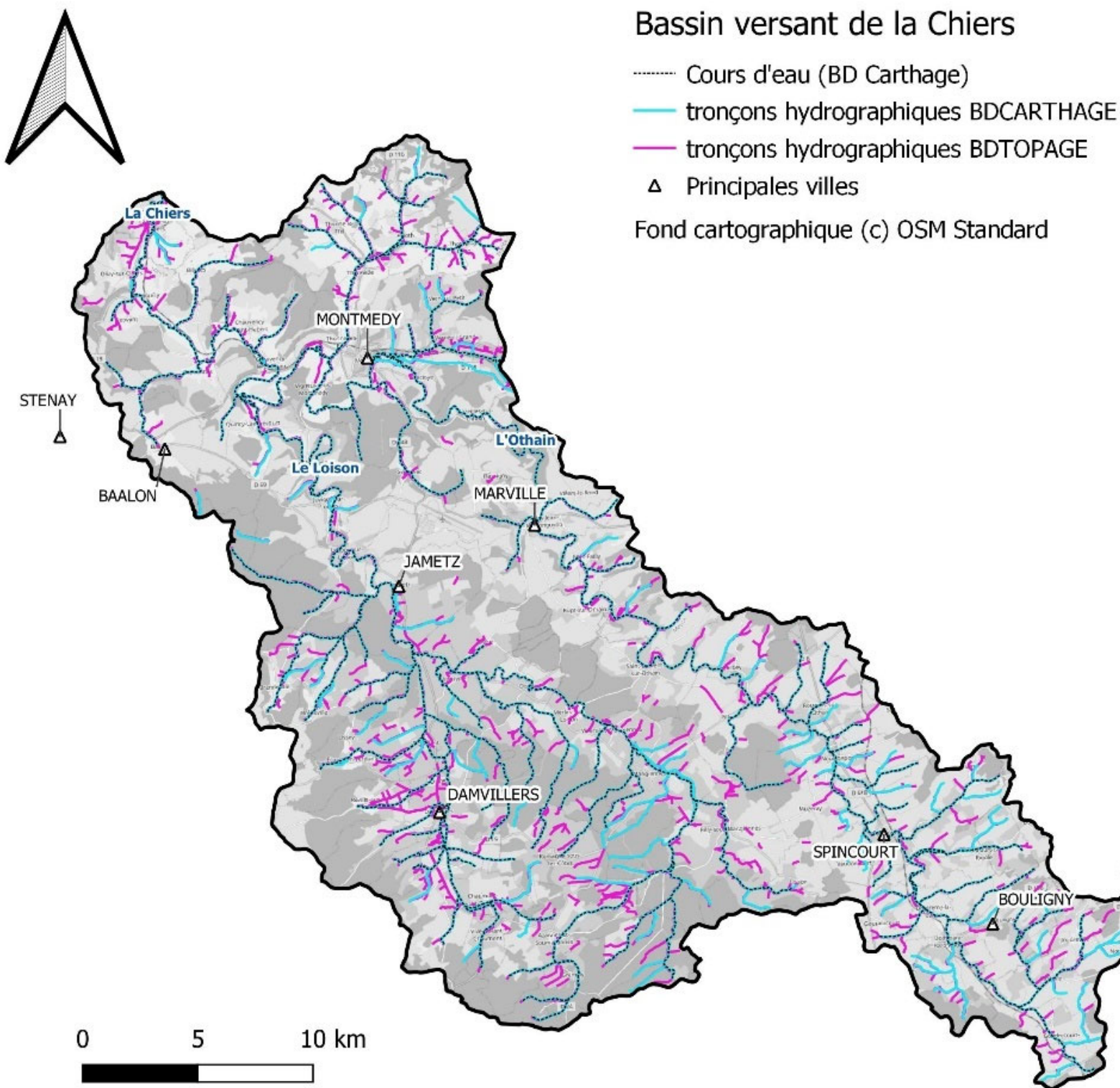


Figure 42 – Carte des cours d'eau sur le secteur d'étude

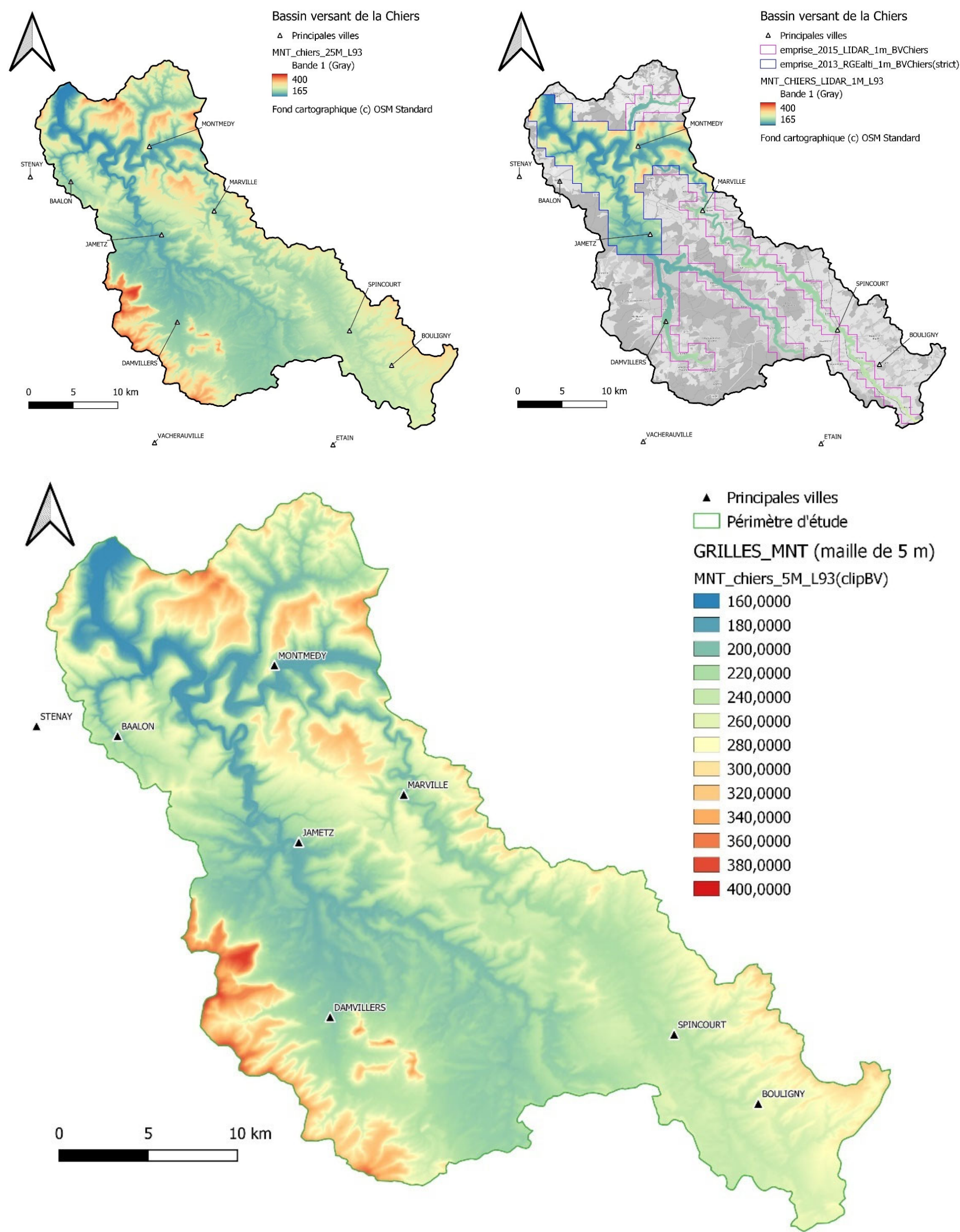


Figure 43 – Modèles Numériques de Terrain (MNT) sur le secteur d'étude

4. Estimation de la cote piézométrique maximale

4.1. RAPPEL METHODOLOGIQUE

4.1.1. Evaluation de la fiabilité

Dans l'objectif de calculer une **cote maximale piézométrique** (ZT100)¹⁰, la méthodologie est adaptée en fonction des niveaux de fiabilité définis au sein du jeu de données. On distingue les points d'eau à :

- **Fiabilité forte** : il s'agit des points ayant des chroniques suffisamment longues et bien échantillonnées permettant de fournir une valeur de ZT100 calculée à partir de lois statistiques des valeurs extrêmes (cf. § 4.2) ;
- **Fiabilité moyenne** : il s'agit des points ayant (1) des chroniques qui ne sont pas suffisamment longues et bien échantillonnées pour satisfaire aux lois statistiques, mais qui possèdent tout de même une longueur de chronique intéressante pour tenter une estimation du ZT100 ; (2) des mesures ponctuelles issues des campagnes piézométriques en hautes eaux ou très hautes eaux (HE ou THE) ; (3) des chroniques courtes ayant une valeur pendant les HE ou les THE ;
- **Fiabilité faible** : il s'agit des autres points d'eau ayant des valeurs maximales mesurées (valeur unique ou valeur au sein d'une chronique très courte) qui peuvent servir de borne inférieure au-dessus de laquelle la surface ZT100 calculée à partir des autres de données devra passer (point de contrainte utilisé dans l'algorithme de calcul → méthode de krigeage avec conditions d'inégalités).

Les données complémentaires à celles des mesures de niveau d'eau sur point d'eau (type forage), telles que l'altitude des sources, l'altitude des surfaces des zones humides ou des plans d'eau discrétisée et l'altitude des linéaires de cours d'eau discrétisée, sont également affectées d'une fiabilité qualifiée de forte pour les surfaces ou les écoulements naturels (non aménagés) et de faible pour les surfaces ou les écoulements artificialisés. Les sources sont également associées à une fiabilité forte.

Le tableau de l'Annexe 6 récapitule le jeu de données acquises et utilisées pour l'étude du bassin versant de la Chiers et l'évaluation des fiabilités associées.

4.1.2. Mise en œuvre de l'analyse fréquentielle

La prédétermination des crues souterraines exceptionnelles repose sur une **analyse fréquentielle des niveaux piézométriques maximaux**. Le principe consiste à mettre en relation les maximas à leur probabilité d'occurrence via l'ajustement d'une loi de probabilité appropriée.

¹⁰ ZT100 : notation pour la cote piézométrique maximale assimilable à une période de retour de 100 ans

La démarche à suivre, consiste à enchaîner les différentes tâches suivantes :

- Sélection des chroniques piézométriques avant ajustement (points à fiabilité forte) ;
- Constitution d'un échantillon significatif, c'est-à-dire représentatif des événements de crues souterraines maximales, à partir d'une série de données suffisamment longue (en l'occurrence, la chronique piézométrique journalière reconstituée). A partir des points à fiabilité forte, il s'agit d'extraire les valeurs dites « extrêmes » correspondant à des niveaux piézométriques hauts ;
- Contrôle des hypothèses statistiques (homogénéité, stationnarité et indépendance des événements successifs) ;
- Ajustement d'une loi de probabilité sur l'échantillon des valeurs maximales constitué. Cette loi statistique fait partie des lois dites « extrêmes » (loi GEV, loi de Gumbel, loi log Pearson, etc.) ;
- Calcul des niveaux piézométriques centennaux et intervalles de confiance.

Afin d'automatiser l'ensemble de ces traitements, un script R a été spécifiquement développé par le BRGM (outil ESTHER) et offre la possibilité d'utiliser différents ajustements statistiques, basé sur la loi des valeurs extrêmes, pour estimer le niveau piézométrique extrême (ou associé à une période de retour donnée).

Pour ce faire, il est nécessaire de disposer d'une série de données suffisamment longue pour constituer un échantillon de maxima significatif (« points à fiabilité forte »). Un nombre important de données constitue en effet la base de toute analyse fréquentielle.

Afin de pallier au manque de données disponibles sur des « points à fiabilité forte », une méthode d'évaluation moins pessimiste de la cote piézométrique extrême pour les « points à fiabilité moyenne ou faible » est proposée dans la méthodologie et sera appliquée sur le bassin versant de la Chiers. Elle consiste à appliquer une surcote adaptée selon la date de mesure de la valeur maximale.

4.2. ANALYSE STATISTIQUE ET FREQUENTIELLE DES POINTS D'EAU AVEC CHRONIQUE PIEZOMETRIQUE EXPLOITABLE (POINT A FIABILITE FORTE) – CALCUL DU ZT100

Les piézomètres sur et autour du bassin versant étudié (Figure 30) sont au nombre de 5, comme précisé dans le chapitre §3.6.1. **L'analyse statistique préliminaire** des différentes chroniques de mesure démontre un intérêt certain pour deux des piézomètres (Tableau 7) : [Stenay pour les calcaires du Dogger](#) et [Vacherauville pour les calcaires de l'Oxfordien](#). Les autres piézomètres ne sont pas retenus notamment pour des critères relevant du mode de gisement (captif), du manque de représentativité (Les Chery) ou de suivi trop court (Charny-sur-Meuse).

Les principales caractéristiques de ces deux piézomètres font état d'un **cycle annuel dominant**¹¹ et d'une **variabilité des niveaux moyenne**. Le **battement maximal**¹² est de 2.91 m pour Stenay et 4.29 m pour Vacherauville (Tableau 7).

L'analyse statistique et fréquentielle¹³ réalisée ensuite avec le logiciel ESTHER ne porte que sur les chroniques des piézomètres retenus de Stenay et Vacherauville, réduites aux parties les plus denses en nombre de mesures (Figure 44 et Figure 45).

L'outil ESTHER (Etude de Séries Temporelles en Hydrogéologie avec le logiciel R) a été développé par le BRGM afin de disposer d'un outil permettant de réaliser des traitements probabilistes sur des chroniques de niveaux piézométriques et de débits de cours d'eau : ajustements de lois de probabilité et calculs d'intervalles de confiance. Outre ces aspects spécifiques, ESTHER permet d'analyser des chroniques de niveaux, de débits, de pluies et de réaliser des études croisées pluies-débits-niveaux, apportant ainsi une aide à la détermination d'indicateurs piézométriques, à la prédétermination d'étiages et de crues (débits/niveaux), à la détection de tendances et, plus généralement, à l'analyse de la dynamique d'une nappe alimentée en connexion hydraulique avec des cours d'eau.

Les résultats de l'analyse statistique, présentées en Annexe 7, montrent que :

- Le piézomètre de Stenay est inapte à l'analyse probabiliste ou fréquentielle : la chronique n'est pas assez dense (fréquence de mesure journalière seulement à partir de 2016), présente une tendance à la hausse et une rupture en 2011 → les tests ne sont pas satisfaisants ;
- Le piézomètre de Vacherauville est quand à lui apte à l'analyse fréquentielle : les conditions sont remplies pour satisfaire aux tests de tendance, de rupture, d'homogénéité, d'indépendance et autocorrélation.

Afin d'exploiter au mieux les données et répondre au besoin de rattachement de la plupart des points d'eau avec mesure de fiabilité faible à moyenne (93% sont rattachés à Stenay), une adaptation méthodologique a été proposée : il s'agit de mettre en œuvre un **modèle « pluie-niveau »**, à l'aide du **logiciel GARDENIA** afin de simuler correctement la série de mesure sur le piézomètre de Stenay et d'utiliser cette chronique reconstituée pour lancer une nouvelle analyse statistique et fréquentielle avec ESTHER.

Le logiciel GARDENIA (Modèle Global À Réservoirs pour la simulation de DÉbits et de Niveaux Aquifères), développé par le BRGM, est un modèle hydrologique global à réservoirs : Il simule les principaux mécanismes du cycle de l'eau dans un bassin versant (pluie, évapotranspiration, infiltration, écoulement) par des lois physiques simplifiées correspondent à un écoulement à travers une succession de réservoirs. A partir de chroniques de paramètres climatologiques, de niveaux piézométriques et de débits des cours d'eau, il permet d'établir le bilan hydrologique et d'estimer la recharge de la nappe sous-jacente. Une fois calibré, le modèle GARDENIA va permettre de simuler les variations du niveau de nappe ou de débit de cours d'eau à partir de chroniques climatologiques effectivement observées, de prolonger par des scénarios climatologiques

¹¹ Une **cyclicité annuelle** très marquée se traduira par une alternance de niveaux hauts et de niveaux bas atteints chaque année mais durant un temps limité ; à l'inverse une **cyclicité pluriannuelle** très marquée se traduira par des niveaux absolus bas atteints seulement pour certaines années mais durant un temps beaucoup plus long (plusieurs mois voire années).

¹² C'est la différence entre les niveaux piézométriques historiques maximum et minimum.

¹³ Méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné (hydrologique ou autre), afin d'en définir les probabilités d'apparition future.

prévisionnels les termes du bilan et d'appréhender de grandes tendances concernant l'impact du changement climatique sur la ressource en eau souterraine.

Les **résultats de modélisation**, présentés en Annexe 8, montrent :

- Une bonne restitution des valeurs observées pour le piézomètre de Stenay → coefficient d'ajustement dit coefficient de Nash¹⁴ de 0.956 ;

Caractéristiques des Niveaux de nappe sur la période observée (uniquement)		
	Observé	Calculé
Niveau mini.	163.910	164.006 m NGF
Niveau maxi.	165.840	165.817 m NGF
Niveau moyen	164.430	164.430 m NGF (erreur moyenne = 0.000)
Écart-type	0.482	0.460 m

- Une bonne restitution des valeurs observées pour le piézomètre de Vacherauville → coefficient d'ajustement dit coefficient de Nash de 0.922

Caractéristiques des Niveaux de nappe sur la période observée (uniquement)		
	Observé	Calculé
Niveau mini.	185.330	185.592 m NGF
Niveau maxi.	189.490	189.594 m NGF
Niveau moyen	186.433	186.433 m NGF (erreur moyenne = -0.000)
Écart-type	0.807	0.744 m

- La possibilité d'utiliser pour le piézomètre de Stenay la chronique reconstituée à partir de 1975 afin de mettre en œuvre l'analyse fréquentielle.

Pour les deux chroniques statistiquement compatibles (série observée pour Vacherauville et série simulée pur Stenay), l'ajustement du modèle fréquentiel est effectué selon la **loi des extrêmes généralisées de Gumbel (GEV)**¹⁵, fréquemment utilisée en hydrologie, pour modéliser les événements extrêmes. Elle permet d'estimer les périodes de retour 100 ans pour les deux piézomètres étudiés ainsi que les intervalles de confiance à 70 % et 95 % (Figure 46 et Annexe 9).

¹⁴ Le coefficient de Nash restitue au terme des simulations la qualité de la simulation (similitude entre les valeurs observées et simulées)

¹⁵ La distribution des valeurs extrêmes provenant de n'importe quelle distribution converge vers la loi des extrêmes généralisées (generalized extreme value ou GEV). Seuil de risque appliqué = 5 %.

Evaluation des zones à risque de remontée de nappe dans le bassin versant de la Chiers et ses affluents

NOM_PIEZO	STENAY (55)	JAMETZ (55)	LES CLÉRY (55)	VACHERAUVILLE (55)	CHARNY SUR MEUSE (55)
CODE BSS	01112X0005/F2	01114X0042/S	01116X0138/F1	01358X0035/PC1	01358X0208/PZ4
EH BDLISA	139AM03	139AM19 ;139AP99	135AA61	135AA61	950AE05
Cyclicité_Nouvelle	Cycle annuel dominant		Cycle annuel dominant	Cycle annuel dominant	Cycle annuel dominant
Variabilité_Niveaux	moyenne	fort	fort	moyenne	moyenne
Vitesse_Décharge_Nouvelle	très rapide		assez rapide	assez rapide	très rapide
Sensibilité_secheresse	moyenne - lien CE		forte	moyenne	moyenne - lien CE
Analyse_Indiv	peu sensible aux secheresses	Captif	peu ou moins représentatif autre piezo	semble pertinent	historique trop court
Nappe_captee	CALCAIRES DU DOGGER	CALCAIRES DU DOGGER SOUS COUVERTURE	CALCAIRES DE L'OXFORDIEN	CALCAIRES DE L'OXFORDIEN	ALLUVIONS DE LA MEUSE
Commentaires	peu d'historique (non exploitable jusque 2002) / très réactif / cycle annuel / suivi des débits à proximité	artésien / 2 courbes différentes avt la reprise et après / traitement sur la partie 2 de la chronique depuis 2002 / seul dans ce secteur géographique mais pas d'intérêt pour la secheresse / captif	belle courbe de décharge mieux de Vacherauville / capte 2 niveaux des calcaires Rauraciens et Oxfordien (70m) /priorité 2 après 01358X0035/PC1	suivi intéressant / courbe décharge ok 26 jours / idem Les Cléry	historique trop court (début en août 2004, mais données régulières qu'à partir de 2009) / équipement récent
x_lamb_93	857771	873031	856858	871556	868997
y_lamb_93	6933942	6927024	6920635	6905179	6904719
graphe_pe	Lien graph Stenay	Lien graph Jametz	Lien graph Les Cléry	Lien graph Vacherauville	Lien graph Charny
Date_Deb	10/04/1975	09/04/1975	10/04/1975	19/11/1963	05/08/2004
Date_Fin	(suivi toujours actif)	(suivi toujours actif)	(suivi toujours actif)	(suivi toujours actif)	(suivi toujours actif)
Durée chronique	47 ans	47 ans	47 ans	58 ans	25 ans
Durée réellement exploitable	20 ans			47 ans	
Altitude repère mesure	166.42 m			192.48 m	
Diff_Max_Min (Bat_max)	2.91		5.45	4.29	2.94
Med_Bat_An	1.34		3.16	2.52	1.91

Tableau 7 – Caractéristiques des piézomètres de suivi avec chronique de mesures sur et autour du bassin versant de la Chiers.
(D'après MANCEAU et al, 2020)

Evaluation des zones à risque de remontée de nappe dans le bassin versant de la Chiers et ses affluents

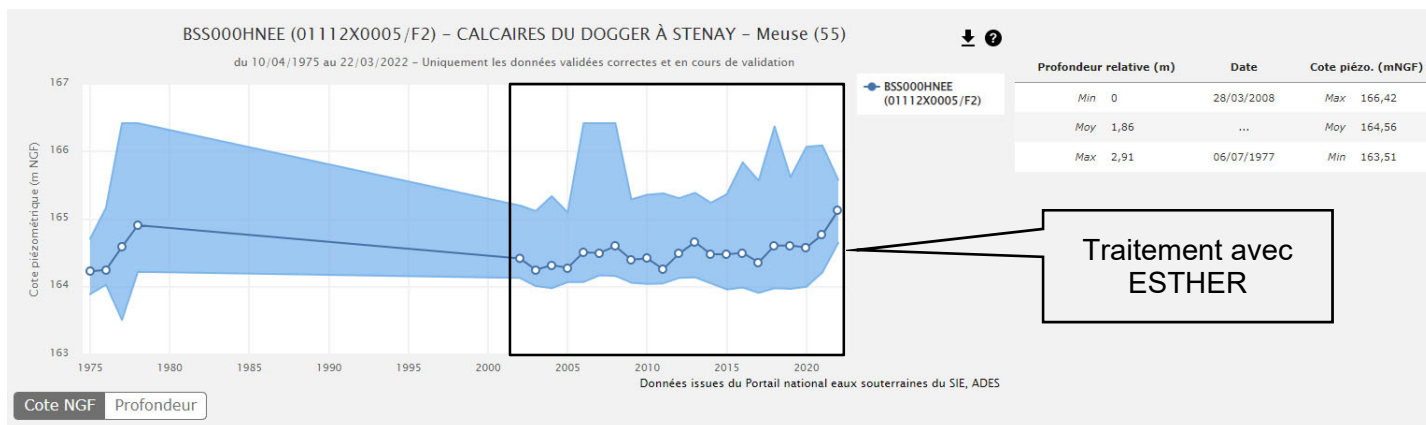


Figure 44 – Statistiques des cotes moyennes et extrêmes de la nappe des calcaires du Dogger à Stenay (<https://ades.eaufrance.fr/>)

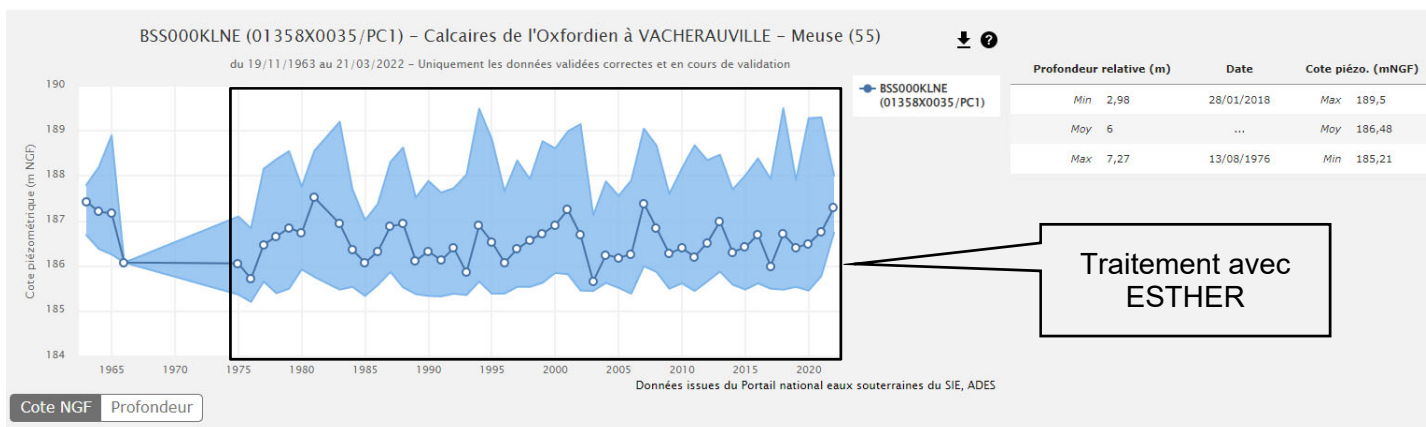


Figure 45 – Statistiques des cotes moyennes et extrêmes de la nappe des calcaires de l'Oxfordien à Vacherauville (<https://ades.eaufrance.fr/>)

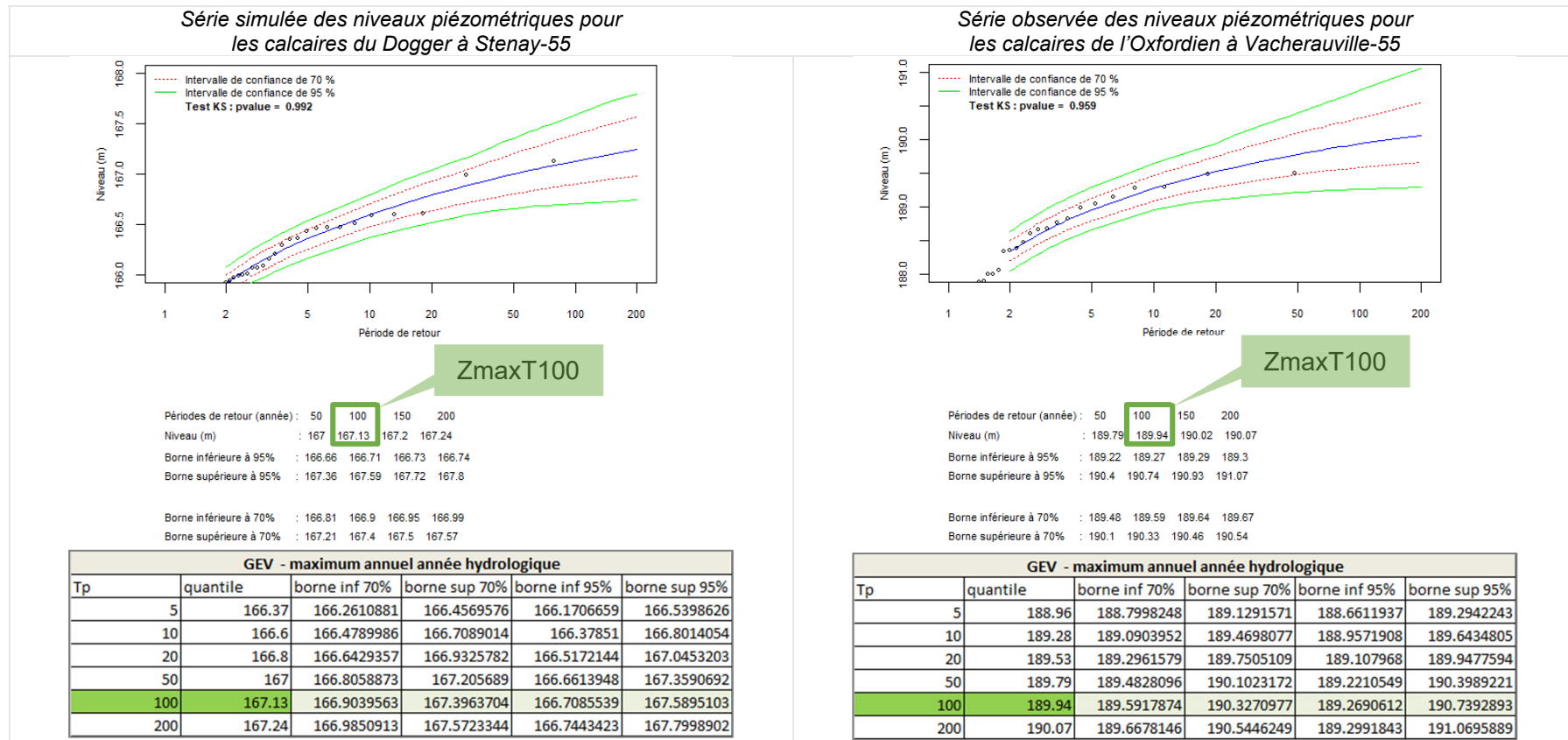


Figure 46 – Résultats du traitement ESTHER : période de retour et intervalles de confiance obtenus après ajustement loi GEV

4.3. RATTACHEMENT DES POINTS A FIABILITE MOYENNE A FAIBLE – CALCUL DU ZT100

4.3.1. Rattachement des points à fiabilité moyenne à faible

Le postulat de départ est le suivant : au sein d'une même zone homogène, il est supposé un comportement hydrogéologique homogène et synchrone des points respectifs plus ou moins fiables. Les points d'eau ayant une fiabilité moyenne à faible peuvent donc être associés à des points d'eau à fiabilité forte pour la cartographie des zones sensibles aux remontées de nappes, de manière à augmenter le nombre de points utiles pour l'interpolation de la cote piézométrique extrême. Selon la méthodologie nationale, cette association s'appuie sur des informations en lien avec les contextes hydrogéologiques et topographiques caractérisant chaque point : aquifère capté via BDLISA, cours d'eau à proximité, bassins versants et distance entre les points à rattacher. Le processus de rattachement se décline en 6 phases successives, du plus précis, en phase 1, au moins précis, en phase 6 (Figure 47).

- Phase 1 : Rattachement des points captant la même entité BDLISA, proche du même cours d'eau et distants de moins de 5 km ;
- Phase 2 : Rattachement des points proches du même cours d'eau et distants de moins de 5 km (l'entité BDLISA peut être différente) ;
- Phase 3 : Rattachement des points captant la même entité BDLISA, appartenant au même bassin versant (le cours d'eau peut être différent) et distants de moins de 5 km ;
- Phase 4 : Rattachement des points appartenant au même bassin versant (l'entité BDLISA et le cours d'eau peuvent être différents) et distants de moins de 5 km ;
- Phase 5 : Rattachement des points captant la même entité BDLISA (le cours d'eau et le bassin versant peuvent être différents) et distants de moins de 5 km ;
- Phase 6 : Rattachement des points les plus proches (l'entité BDLISA, le cours d'eau et le bassin versant peuvent être différents).

Dans le cas du bassin versant de la Chiers, les données collectées ne permettent pas de satisfaire complètement aux critères de sélection des phases 1 à 5 : la distance entre les points à associer étant systématiquement supérieure à 5 km à l'exception d'un seul point d'eau sur 118 points d'eau disposant de mesure.

Une **adaptation de la méthodologie** a été réalisée afin de satisfaire au mieux à la nécessité de rattachement entre les points d'eau à forte fiabilité (Stenay et Vacherauville) et ceux à fiabilité faible ou moyenne.

- Critère « Bassin versant » → ce critère apparaît non pertinent dans le cadre de l'étude car tous les points d'eau sont situés dans le bassin de la Chiers à l'exception des deux points d'eau à fiabilité forte disposant des chroniques exploitables et situés à l'extérieur du bassin versant (entre 3 et 6 km de la limite ouest et sud du BV).
- Critère « BDLISA » → Etant donné le manque de données disponibles il a été choisi de tenir compte des entités BDLISA de niveau 1 et d'ordre 1 (version 2018) et d'associer chaque point d'eau à une « nappe » : Oxfordien (BDLISA = 135) ; Dogger (BDLISA = 139), Lias (BDLISA = 141) et Alluvions (BDLISA = 950).

- Critère « cours d'eau le plus proche » → Chaque point est associé au cours d'eau le plus proche. On compte 37 % de points rattachés à l'Othain ; 14 % rattachés à un affluent amont de l'Othain Le Breuil ; 9 % rattachés au Loison et 7 % à la Chiers.
- Critère « gisement » → Même si le débordement n'est pas possible, certains points dont le gisement a été qualifié de captif ont été néanmoins pris en compte après vérification de la cohérence de la cote piézométrique (mesure ponctuelle) avec la carte piézométrique de la nappe concernée (isopièzes).

La phase 6 a été redéfinie pour créer la succession suivante :

- Phase 6 : Rattachement des points captant la même entité BDLISA et distants de plus de 5 km (quelques soient le cours d'eau ou le bassin versant).
- Phase 7 : Rattachement des points proche du même cours d'eau et distants de plus de 5 km (quelques soient l'entité BDLISA ou le bassin versant).
- Phase 8 : Rattachement des points appartenant au même bassin versant et distants de plus de 5 km (quelques soient l'entité BDLISA ou le cours d'eau).
- Phase 9 : Rattachement des points à fiabilité faible ou moyenne au point à fiabilité forte le plus proche (quelques soient l'entité BDLISA, le cours d'eau ou le bassin versant).

Parmi les 116 points d'eau référencés sur le bassin versant de la Chiers (à l'exception des 2 points à fiabilité forte), le rattachement est possible pour 71 points d'eau à fiabilité faible et moyenne (Annexe 10) selon la hiérarchisation suivante :

- En phase 1 → 1 point ;
- En phase 6 → 61 points ;
- En phase 9 → 9 points.

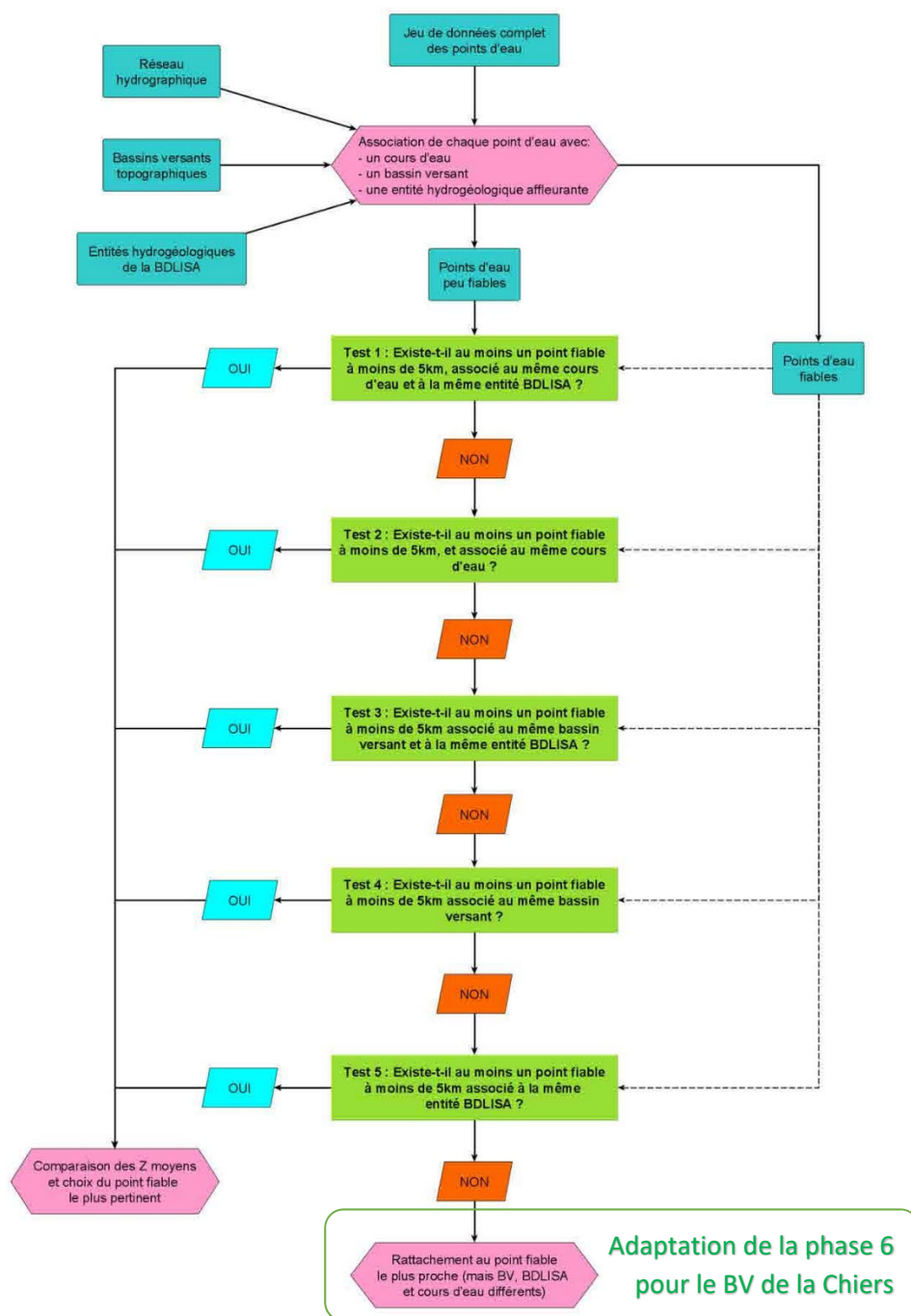


Figure 47 - Logigramme des différentes phases d'association des points (source : « Guide méthodologique pour l'établissement de carte de sensibilité aux remontées de nappe à l'échelle locale », Bessièrre et al., 2020)

4.3.2. Calcul du ZT100 pour les points à fiabilité moyenne

La méthodologie nationale prévoit l'**application d'une surcote** aux points à fiabilité moyenne (chronique trop courte pour être exploitée et associée à une fiabilité forte). Il s'agit d'une modulation de la différence entre la cote piézométrique extrême du point à fiabilité forte (période de retour 100 ans) et sa cote piézométrique observée à la même date que la cote maximale du point à fiabilité moyenne par le ratio des battements des 2 chroniques (point à fiabilité moyenne et point à fiabilité forte). La formule proposée pour l'estimation du Zmax de période de retour 100 ans (ZmaxT100) pour les points à fiabilité moyenne est la suivante :

$$Z_{max}(T100)_{fiabMoy} = Z_{max}(T0)_{fiabMoy} + (Z_{max}(T100)_{fiabForte} - Z(T0)_{fiabForte}) \times \frac{Z_{max}_{fiabMoy} - Z_{min}_{fiabMoy}}{2 \times (Z_{max}_{fiabForte} - Z_{moy}_{fiabForte})}$$

Avec

- $Z_{max}(T100)_{fiabMoy}$ Cote piézométrique extrême du point à fiabilité moyenne
- $Z_{max}(T0)_{fiabMoy}$ Cote piézométrique maximale du point à fiabilité moyenne
- $Z_{max}(T100)_{fiabForte}$ Cote piézométrique extrême du point associé à fiabilité forte
- $Z(T0)_{fiabForte}$ Cote piézométrique du point associé à fiabilité forte à la date T0.
- $Z_{max}_{fiabMoy}$ Cote piézométrique maximale mesurée du point à fiabilité moyenne
- $Z_{min}_{fiabMoy}$ Cote piézométrique minimale du point à fiabilité moyenne
- $Z_{max}_{fiabForte}$ Cote piézométrique maximale mesurée du point associé à fiabilité forte
- $Z_{moy}_{fiabForte}$ Cote piézométrique moyenne du point associé à fiabilité forte

On notera que :

- pour les points à fiabilité forte, ce n'est pas exactement le battement qui a été pris en compte mais $2 \times (Z_{max} - Z_{moy})$ afin de s'affranchir de l'influence éventuelle des pompages à proximité du piézomètre ;
- pour obtenir $Z(T0)_{fiabForte}$ la mesure du niveau piézométrique du point à fiabilité forte à la date de la mesure du niveau piézométrique maximal du point à fiabilité moyenne, il faut utiliser le travail de rattachement et pointer la mesure au plus proche de la date T0 tout en sachant que les chroniques des points à fiabilité forte et moyenne ne sont pas forcément concordantes au niveau de la période de mesure. Seules les mesures à l'intérieur d'un intervalle de 7 jours seront sélectionnées.

Après vérification (Figure 48), aucun des 3 points d'eau à fiabilité moyenne ne dispose de mesure du niveau d'eau dans l'intervalle de suivi du point à fiabilité forte (rattachement au piézomètre de Stenay captant la même entité BDLISA – phase 6).

Deux possibilités pour le traitement de ces 3 points : dégrader la fiabilité de moyenne à faible ou rattacher ces points à la chronique de Vacherauville (point à fiabilité forte le plus proche – phase 9). C'est la deuxième option qui est retenue.

4.3.3. Calcul du ZT100 pour les points à fiabilité faible

Pour les points à valeur unique de cote piézométrique (fiabilité faible), un coefficient correctif a été appliqué qui s'appuie encore une fois sur les mesures des points d'eau à fiabilité forte associés, de la manière suivante :

$$Z_{max}(T100)_{fiabFaible} = Z_{max}(T0)_{fiabFaible} \times \frac{Z_{max}(T100)_{fiabForte}}{Z_{max}_{fiabForte}}$$

Avec

- $Z_{\max}(T100)_{\text{fiabFaible}}$ Cote piézométrique extrême du point peu fiable
- $Z_{\max}(T0)_{\text{fiabFaible}}$ Cote piézométrique maximale mesurée du point peu fiable
- $Z_{\max}(T100)_{\text{fiabForte}}$ Cote piézométrique extrême du point fiable associé
- $Z_{\max}_{\text{fiabForte}}$ Cote piézométrique maximale mesurée du point fiable associé

Cette formule a été appliquée au 68 points d'eau caractérisés par une fiabilité faible dont 66 rattachés à Stenay et 2 rattachés à Vacherauville.

4.4. CONCLUSIONS SUR LES CALCULS DES COTES PIEZOMETRIQUES MAXIMALES ET L'UTILISATION DANS LA CARTOGRAPHIE

On distingue trois types d'utilisation des cotes piézométriques maximales ZT100 dans la cartographie territorialisée (extension des valeurs estimées à d'autres points inconnus sur l'ensemble du territoire de l'étude) en fonction de la fiabilité attribuée :

- Les **points à fiabilité forte et moyenne** qui seront utilisés directement dans l'algorithme de calcul par interpolation (méthode de krigeage ordinaire) → **point de calibrage** ;
- Les **points à fiabilité faible disposant de mesure en hautes eaux** qui seront également utilisés dans l'algorithme de calcul par interpolation (méthode de krigeage ordinaire) → **point de calibrage** ;
- Les **points à fiabilité faible ne disposant pas de mesure en hautes eaux** qui seront utilisés dans un premier temps comme valeur de contrainte : les valeurs maximales estimées sur ces points servent de borne inférieure au-dessus de laquelle la surface ZT100 calculée à partir des autres types de données devra passer. Dans un second temps et après validation, ces valeurs de contrainte pourront être intégrées dans l'algorithme de calcul (méthode de krigeage avec conditions d'inégalités) → **point de contrainte**.

A ce stade, on dispose de 34 valeurs de $Z_{\max}T100$ utilisées pour le calibrage et de 39 valeurs de $Z_{\max}T100$ utilisés comme point de contrainte (Figure 49 et Figure 50). A cet inventaire se rajoutent les autres points complémentaires tels que : les historiques de remontées de nappe, les sources, les cours d'eau et plans d'eau, les zones humides et les isopièzes. Les Figure 51 et Figure 52 illustrent la fiabilité attribuée à chacun de ces points de calage ou de contrainte qui seront utilisés lors de l'interpolation.

Au total, on dispose pour initier l'interpolation sur l'ensemble du périmètre d'étude de 114 474 points avec estimation de $Z_{\max}T100$ dont 68 % de points calibrage et 32 % de points de contrainte.

Evaluation des zones à risque de remontée de nappe dans le bassin versant de la Chiers et ses affluents

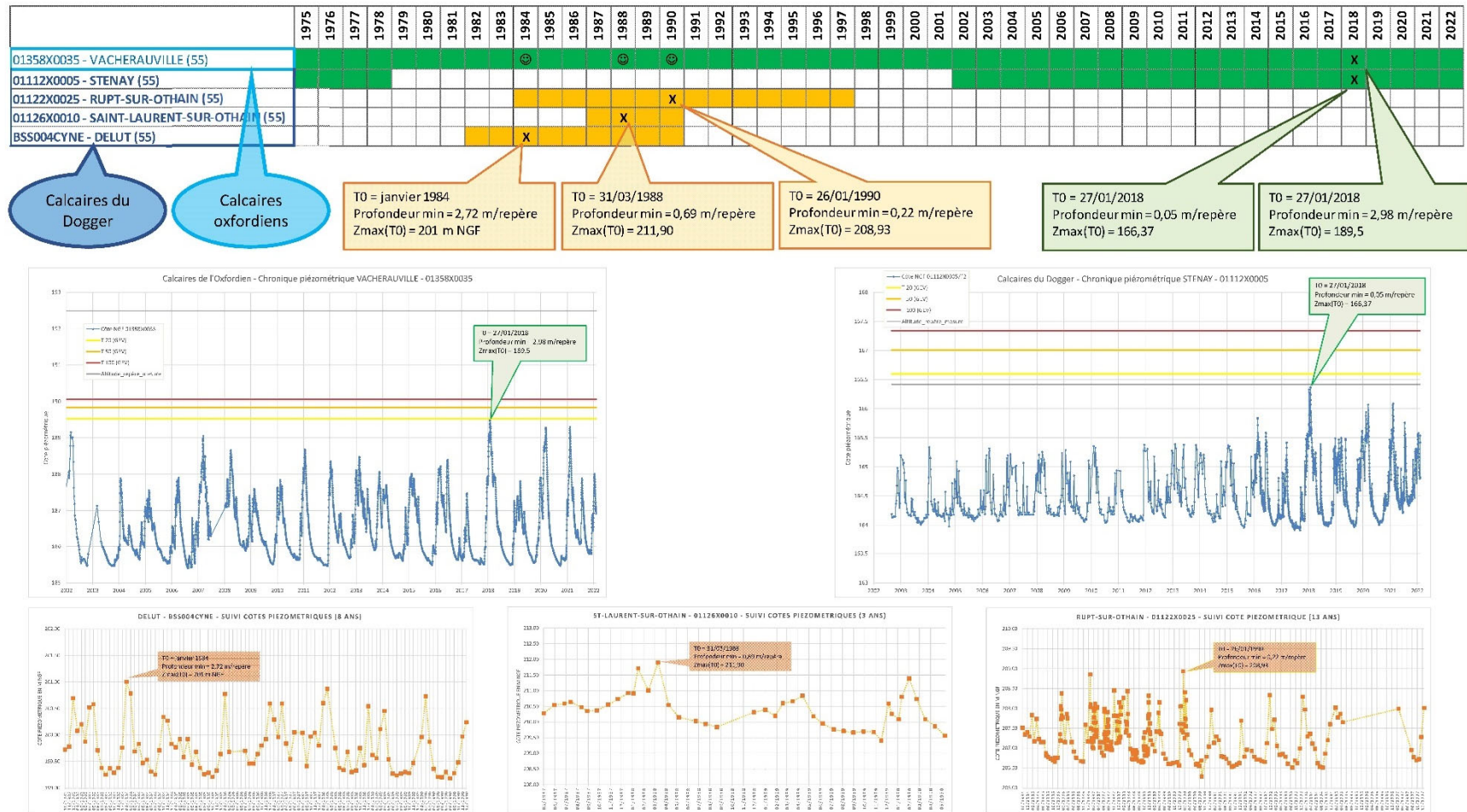


Figure 48 – Chroniques piézométriques des points à fiabilité forte et moyenne et valeurs maximales

Evaluation des zones à risque de remontée de nappe dans le bassin versant de la Chiers et ses affluents

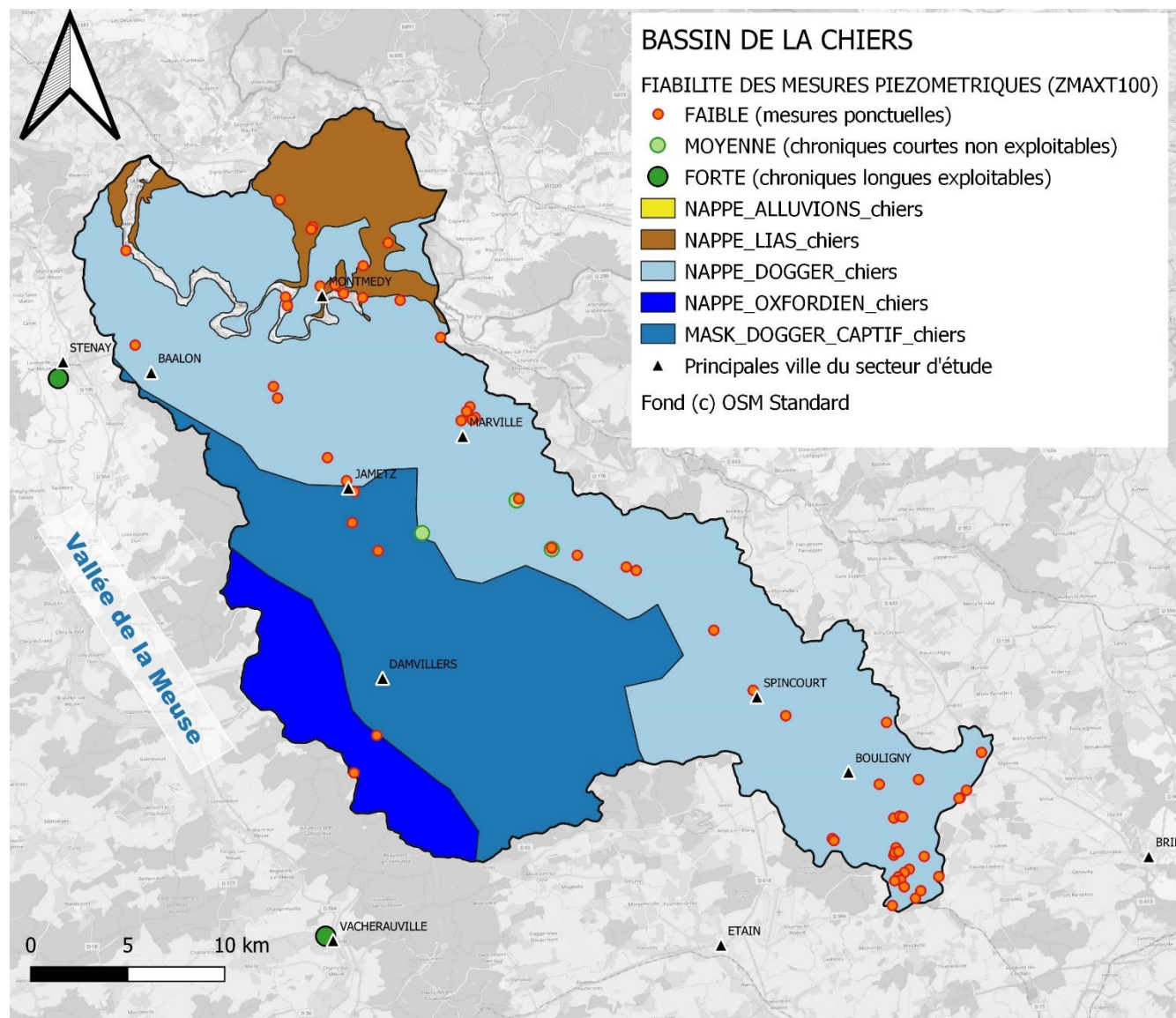


Figure 49 – Distribution spatiale des points d'eau avec mesures de niveau d'eau sur le bassin versant de la Chiers selon leur fiabilité

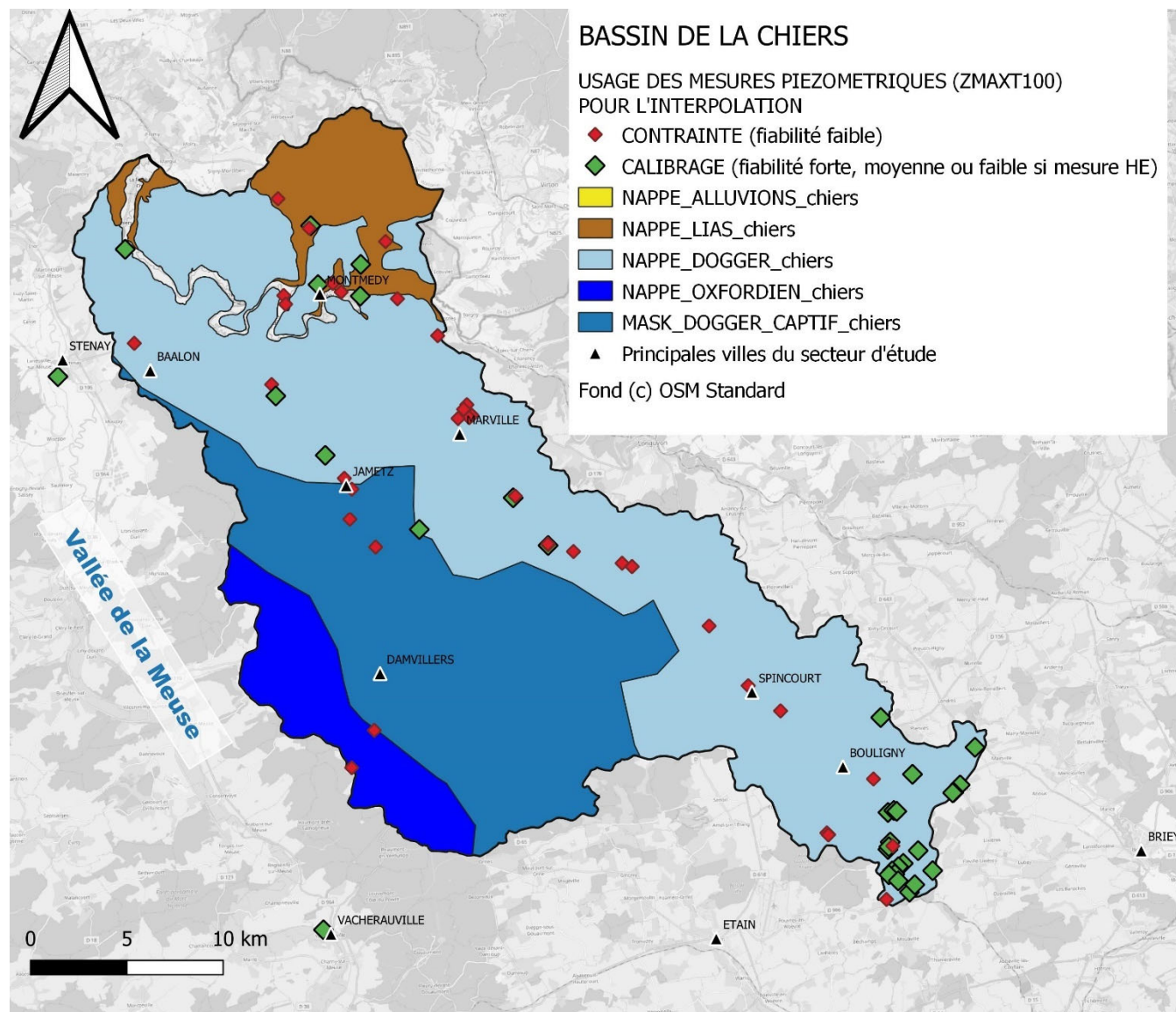


Figure 50 - Distribution spatiale des points d'eau avec calcul de ZmaxT100 sur le bassin versant de la Chiers selon l'usage dans l'interpolation

Evaluation des zones à risque de remontée de nappe dans le bassin versant de la Chiers et ses affluents

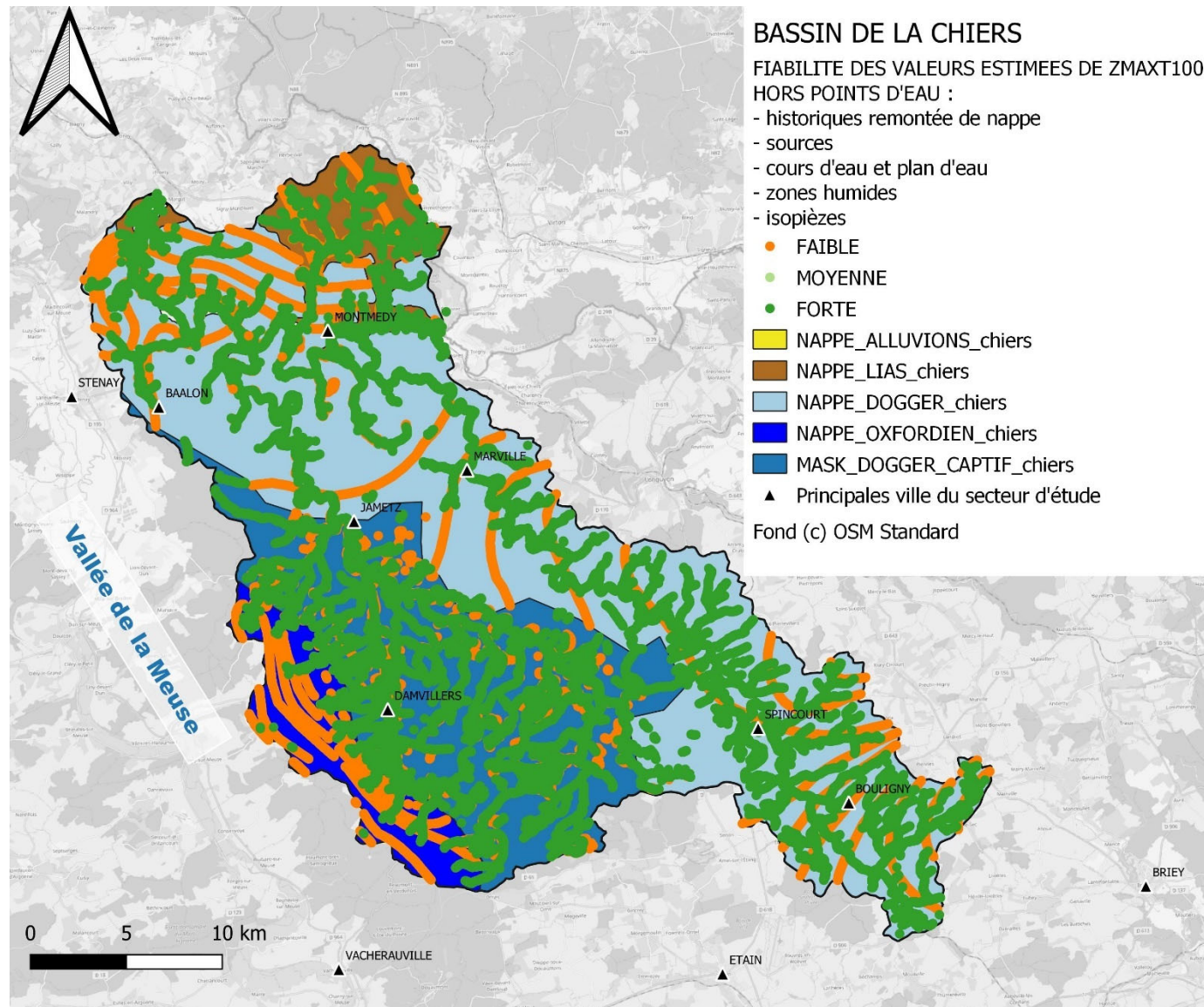


Figure 51 – Distribution spatiale des autres points avec estimation ZmaxT100 sur le bassin versant de la Chiers selon leur fiabilité

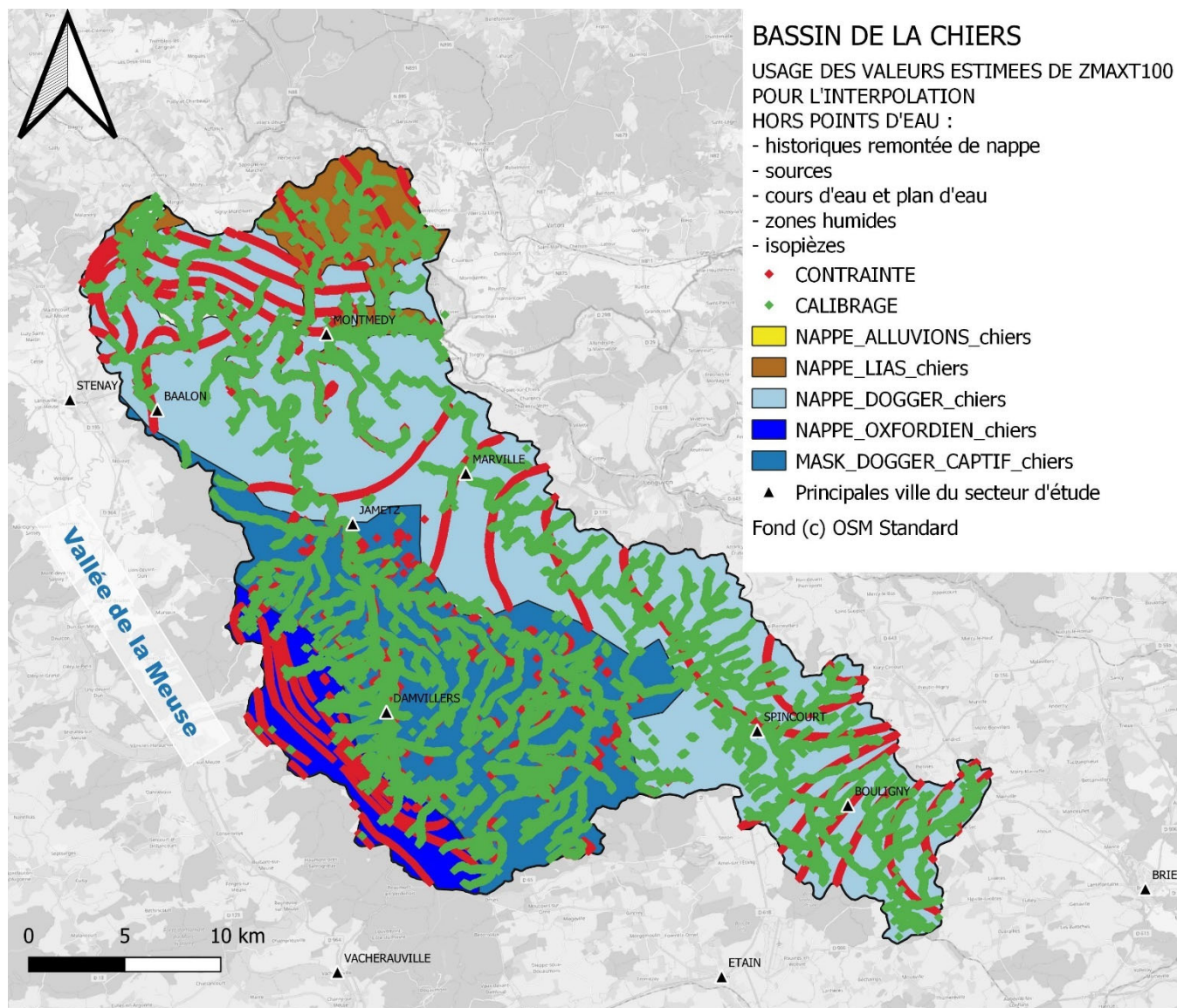


Figure 52 - Distribution spatiale des autres points avec estimation de ZmaxT100 sur le bassin versant de la Chiers selon l'usage dans l'interpolation

5. Analyse géostatistique et interpolation de la surface piézométrique

5.1. RAPPEL METHODOLOGIQUE

L'objectif de la méthodologie est de pouvoir restituer, sans modèle hydrogéologique spécifique et à partir des seules données collectées, numérisées et traitées, une **cartographie de sensibilité aux remontées de nappe** dans le bassin versant de la Chiers. Il s'agit donc de cartographier les zones susceptibles de subir une inondation par remontées de nappe (dans le cas d'un événement ayant une période de retour de 100 ans), c'est-à-dire les zones où le niveau de la nappe phréatique ZT100 sera soit supérieur à la cote topographique ZTopo, soit susceptible d'inonder des caves ou parkings souterrains. Le guide méthodologique (BESSIERE et al., 2020) envisage les deux approches suivantes :

- Approche « directe » par interpolation des surfaces. Les deux surfaces topographiques (ZTopo) et piézométrique (ZT100) sont interpolées sur une grille commune. On en déduit les zones de débordement par comparaison des deux surfaces interpolées ;
- Approche « indirecte » par « épaisseurs » de la zone non saturée. On interpole directement la variable ZNS_T100 correspondant à la différence entre topographie ZTopo (ou une version lissée de ZTopo) et la surface piézométrique ZT100 (analogie avec l'épaisseur de la Zone Non Saturée). La zone de débordement sera alors donnée par une valeur interpolée négative. On ne calcule donc pas explicitement la surface piézométrique en elle-même.

Dans le cadre de l'étude sur le bassin versant de la Chiers, c'est la première approche dite « directe » qui a été retenue en distinguant les 4 étapes suivantes :

- Dans le cadre de l'**analyse géostatistique** portant sur la cote piézométrique maximale, le **variogramme**, doit définir s'il sera possible d'appliquer diverses méthodes géostatistiques en vue d'obtenir la surface piézométrique « extrême » la plus probable. Si les données le permettent, des simulations géostatistiques conduiront au calcul de la probabilité que la nappe atteigne un certain niveau pour une période de retour donnée. Des tests de sensibilité et des calculs d'incertitude seront réalisés en fonction de la qualité du MNT et du nombre de données disponibles ;
- L'**interpolation de la surface piézométrique** doit aboutir à la réalisation d'une grille de surface piézométrique « extrême », dont la résolution finale dépendra de la densité du jeu de données. La méthode utilisée est celle du krigeage standard qui donne les meilleurs résultats pour les eaux souterraines ;
- Le **calcul de la profondeur de la nappe** (ou la hauteur potentielle de submersion) est réalisé après le krigeage, en retranchant la cote piézométrique maximale à la cote topographique (MNT) ;
- Les résultats sont finalement classés pour estimer un **niveau de sensibilité aux remontées de nappe**.

Les étapes méthodologiques relatives à l'analyse géostatistique et l'interpolation présentées ci-dessus ont été traitées avec le [logiciel GDM](#) (Figure 53).

Les données d'entrées (points de calibrage et de contraintes géoréférencés) ont été préparées avec le logiciel QGIS¹⁶ afin d'être directement exploitables par GDM pour l'interpolation du niveau piézométrique maximal probable (ZmaxT100). Les résultats en sortie (valeurs de la cote piézométrique maximale interpolée et écart-type du krigeage) ont été traités également avec le logiciel QGIS pour le calcul de la profondeur de la nappe selon une grille de mailles de 100 m x100 m.

La suite logicielle GDM¹⁷ développée et éditée par le BRGM offre aux professionnels des géosciences et de l'aménagement un outil de modélisation, d'exploitation et de valorisation des données géo-scientifiques. Elle permet en autres la création de modèles géologiques 3D à partir des données géologiques (forages, cartes géologiques, coupes de terrain, profils géophysiques interprétés...) ; l'analyse géostatistique et interpolation de variables telles que le toit ou le mur d'une formation, la cote piézométrique ou la concentration en polluant ; le contrôle de cohérence des données ; la représentation des données et des modèles avec des documents graphiques de type log de sondage, carte, coupe et vue 3D.

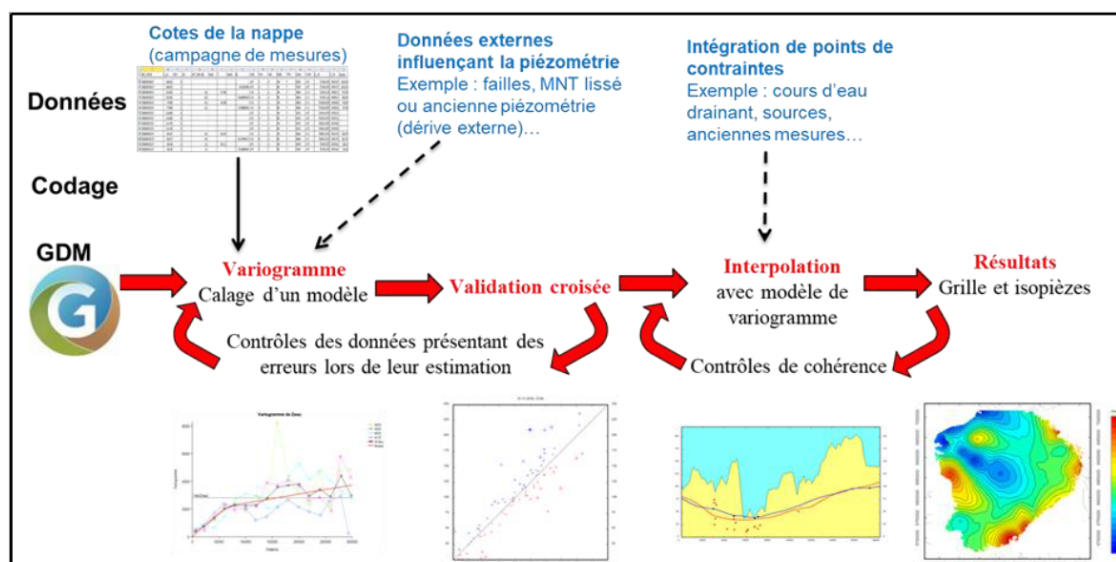


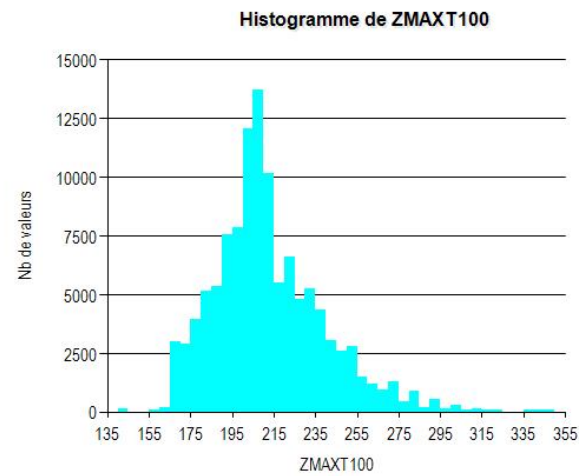
Figure 53 – Principe des méthodes géostatistiques disponibles sous GDM et appliquées pour réaliser l'interpolation de la surface piézométrique maximale

5.2. HISTOGRAMME DES DONNEES

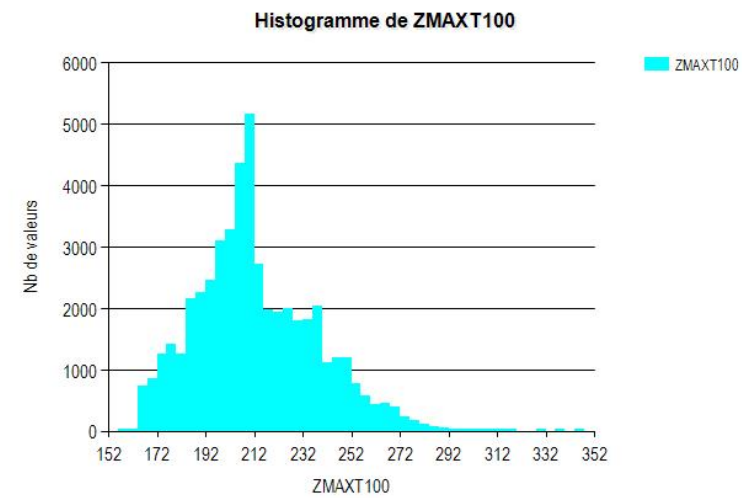
Les valeurs de ZmaxT100 définies selon la fiabilité attribuée aux points considérés (114 474 points – cf. Annexe 6) ont une distribution en forme de cloche centrée sur l'altitude de 200 m et asymétrique à droite (Figure 54). Cet outil « visuel » ne permet pas de détecter d'anomalie singulière ; elle conduit donc à poursuivre la démarche méthodologique avec l'analyse du variogramme et l'analyse croisée.

¹⁶ Système d'Information Géographique Libre et Open Source (version utilisée 3.16.6)

¹⁷ Qui comprend les applications suivantes : GDM Standard, GDM MultiLayer, GDM Viewer, GDM ArcGIS , GDM Web Services.



Toutes les données (114 474 points)



Sélection des données du variogramme final (49 439 points)

Figure 54 – Histogrammes de distribution des valeurs de ZmaxT100. Résultats des traitements avec GDM © BRGM

5.3. VARIOGRAMME ET VALIDATION CROISEE – PROCEDURE ITERATIVE

Le variogramme et l'analyse croisée sont mis en œuvre selon une **procédure itérative** prenant en compte en priorité les données de calibrage de type « mesure piézométrique », puis en y ajoutant successivement à chaque passage les autres types « source », « historique de remontée de nappe », « cours d'eau et plan d'eau » et les points de contraintes. Au terme de chaque passage les points aberrants sont écartés et les résultats comparés entre eux. Au final après différents tests, vérification des données et sélection des points désignés comme « robustes », le variogramme et l'analyse croisée sont réalisés sur 49 439 points (cf. Figure 54) et conduisent à l'interprétation décrite dans les paragraphes suivants.

5.3.1. Variogramme

Le variogramme permet de caractériser la structure spatiale des niveaux piézométriques à l'échelle de la zone d'étude et de mesurer la corrélation par rapport à la distance (norme et direction) entre les points de mesure. La procédure itérative mise en œuvre s'est donc également appuyée sur plusieurs tests notamment concernant l'échelle à prendre en compte : pas de calcul entre 2000 m et 250 m (échelle locale). Les variogrammes directionnels obtenus montrent des valeurs qui augmentent généralement avec la distance sans atteindre forcément de palier et une variabilité en fonction de la direction (anisotropie). Cette observation est à mettre en relation avec le type de mesure : il s'agit en effet de niveaux piézométriques décroissants de l'amont à l'aval de la surface concernée.

Au-delà de 17 km de distance (Figure 55) on observe un décrochage entre les différentes valeurs calculées, notamment pour la direction nord 45° (variabilité maximale) par rapport à la direction nord 135° (variabilité minimale) ; ce comportement peut s'expliquer par les directions d'écoulement des nappes. On parle d'anisotropie « tournante » selon que les points considérés se situent en limite de la zone d'étude ou au centre. Cette dernière étant difficile à modéliser avec les outils géostatistiques, on tient compte d'un ajustement des paramètres du variogramme sur la direction moyenne (hypothèse isotropie) pour un pas de calcul adapté à l'échelle locale, une dérive de degré 1 et d'un modèle sphérique à une composante (Figure 55).

La Figure 56 permet d'illustrer l'intérêt d'une démarche géostatistique progressive qui permet d'améliorer au fur et à mesure les résultats et adapter l'échantillon des points sur lesquels portera l'interpolation pour viser le résultat le plus juste, c'est-à-dire avec le moins d'incertitude possible compte tenu des données disponibles – nature et densité). Notez l'amélioration des variogrammes entre les différentes sélections dites KEEP1 (uniquement les mesures piézométriques → trop peu nombreuses pour donner un résultat satisfaisant) et KEEP3 (intégrant tous les points de calibrage).

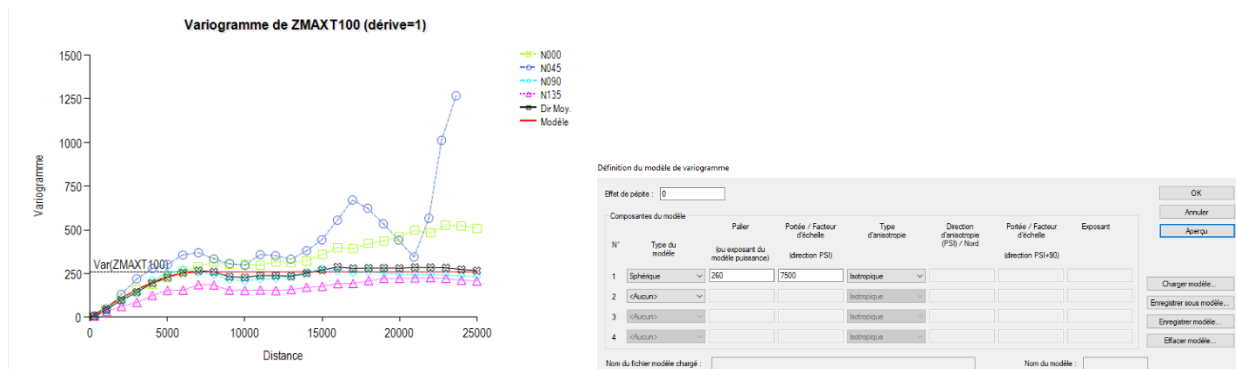


Figure 55 – Variogramme des valeurs de $Z_{maxT100}$ pour la sélection finale. Résultats du traitement avec GDM © BRGM

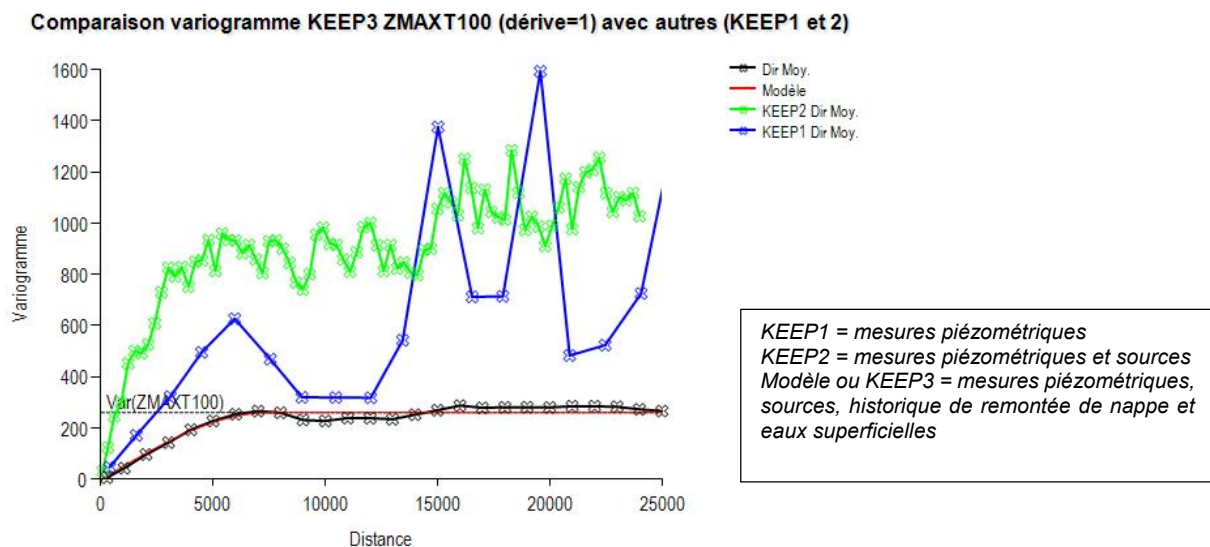


Figure 56 – Comparaison de 3 variogrammes en fonction des sélections par type de points

5.3.2. Validation croisée

La validation croisée, opération statistique qui suit la mise en œuvre du variogramme expérimental, permet de tester la robustesse du modèle choisi (reproduction correcte de la surface piézométrique) et d'identifier les points aberrants, également nommés « non robuste ». Elle consiste à réaliser de façon itérative et automatique (via le logiciel GDM), en chaque point de donnée P, un krigeage à partir du variogramme expérimental et des points de données dans le voisinage. Ainsi en chaque point de donnée P on connaît à la fois la valeur mesurée ($Z_{maxT100}$), la valeur estimée par krigeage ($Z_{maxT100}^*$) à partir des données voisines (en faisant comme si P n'était pas connu), l'erreur d'estimation par le biais de l'écart-type de krigeage $\sigma_k(P)$ au point P et l'erreur normalisée au point P :

$$\text{Erreur d'estimation au point } P : \text{Erreur}(P) = Z_{maxT100}^*(P) - Z_{maxT100}(P)$$

$$\text{Erreur normalisée ou réduite au point } P : \text{Ered}(P) = \text{Err}(P) / \sigma_k(P)$$

Des statistiques sont effectuées sur les deux variables Erreur(P) et Ered(P). En supposant que la distribution des erreurs de krigeage est gaussienne (ce qui n'est pas rigoureusement le cas, mais cela permet d'obtenir des ordres de grandeur), on peut vérifier si l'estimation est non biaisée (en moyenne l'erreur doit être nulle) et si les amplitudes des erreurs de krigeage sont bien estimées (en moyenne l'écart-type de Ered(P) doit tendre vers 1).

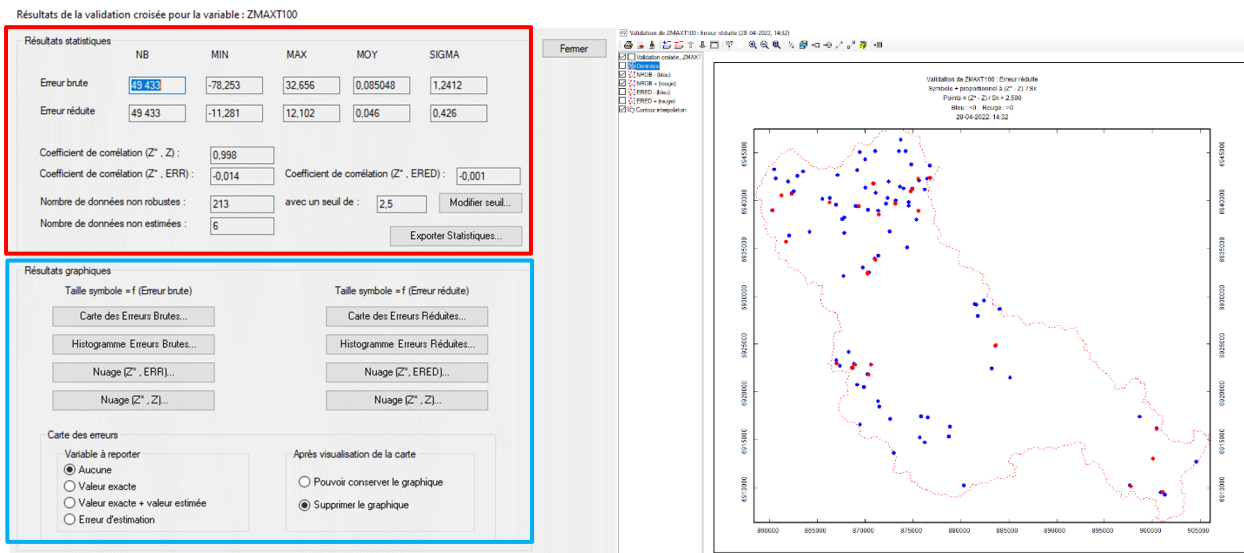


Figure 57 – Synthèse des résultats de la validation croisée et carte des points « non robuste » (NROB)

- La tableau de synthèse ci-dessus (Figure 57) présente, dans sa partie supérieure, les erreurs d'estimation brute et réduite moyennes qui sont proches de zéro (respectivement 0.085 et 0.046), ce qui montre le non biais global de l'estimation.
- L'écart-type de l'erreur réduite (SIGMA) est inférieur à 1 ; cette valeur devrait correspondre dans l'idéal à une distribution gaussienne des erreurs.
- Les valeurs minimale et maximale de l'erreur réduite sont compris entre -11 et +12, ce qui est une fourchette moyenne relativement satisfaisante.
- Le nombre de données non robustes correspond au nombre de points pour lesquels l'erreur réduite (erreur brute divisée par l'écart-type de krigeage) est inférieur à -2.5 ou supérieure à +2.5, soit 213 points et 0.4% de l'effectif total (Figure 59). Dans le cas d'une distribution gaussienne des erreurs, ce nombre devrait être au maximum de l'ordre de 1 %, soit environ 494 points ; les résultats sont donc satisfaisants.
- Les deux coefficients de corrélation (Z^* , ERR) et (Z^* , ERED) sont proches de zéro (respectivement 0.014 et 0.001) et le coefficient de corrélation (Z^* , Z), est proche de 1 (0.998). Ces résultats illustrent une fois de plus la bonne représentativité du modèle choisi au regard du panel des valeurs sélectionnées.
- Dans sa partie inférieure, le tableau de synthèse (Figure 57) permet de tracer des graphiques (cartes, histogrammes et nuages de points), illustrant la validation croisée. Si l'on considère l'erreur réduite, le nuage de corrélation (Z^* , ERED) démontre l'absence de corrélation entre l'erreur réduite et la valeur estimée (Figure 58 (a)). Les points non robustes en dehors des bornes -2.5 et +2.5 sont symbolisés, respectivement, par un rond bleu (-) et rouge (+). Le nuage de corrélation (Z^* , Z) démontre également l'absence de biais systématique dans l'estimation (Figure 58 (b)), les points robustes se répartissant symétriquement de part et d'autre de la bissectrice. Comme dans le précédent graphique, les points non robustes sont symbolisés par un rond à distance de la droite.

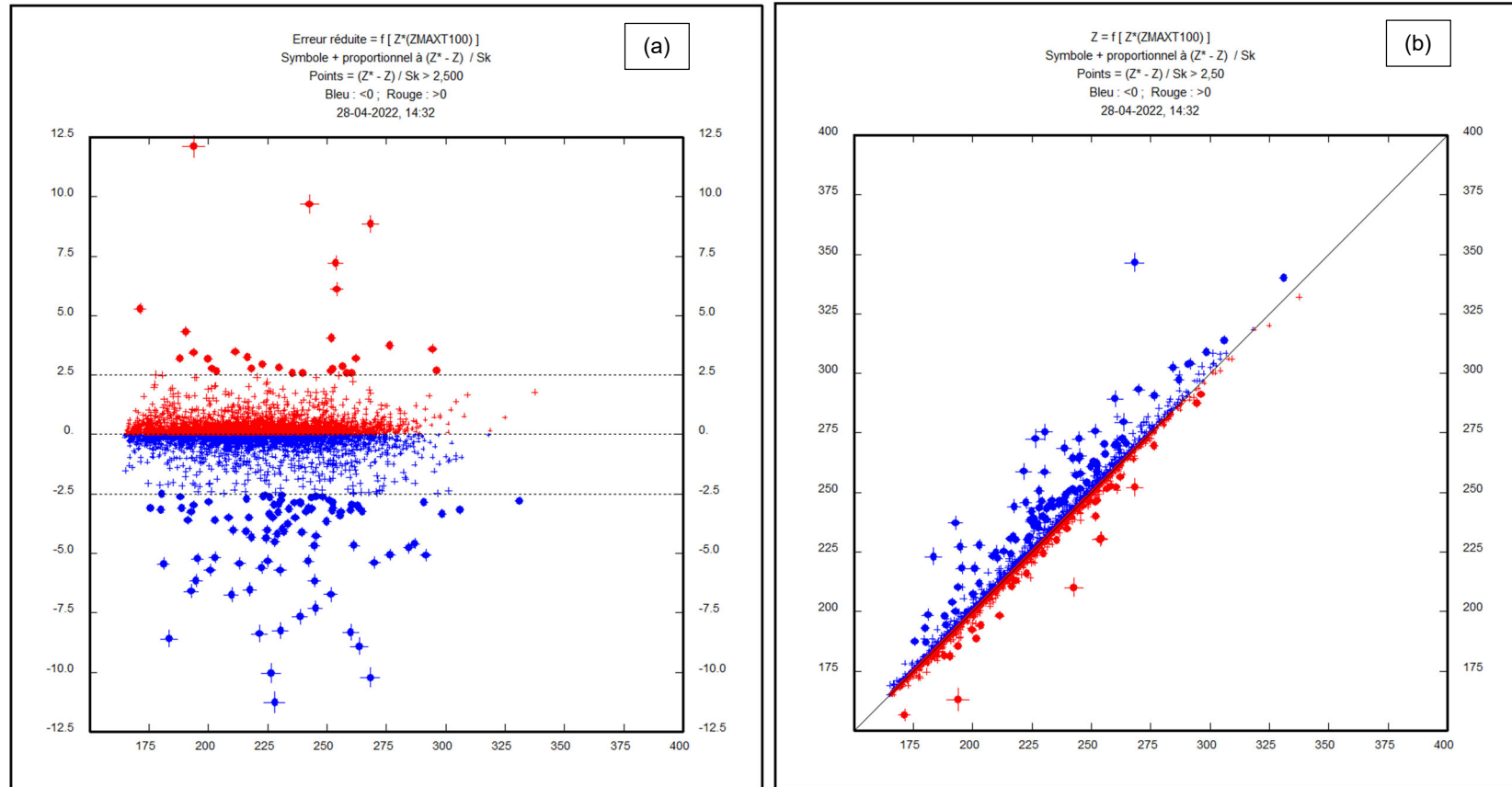


Figure 58 – Erreur réduite : Nuages de corrélation (Z^* , ERED) et (Z^* , Z)

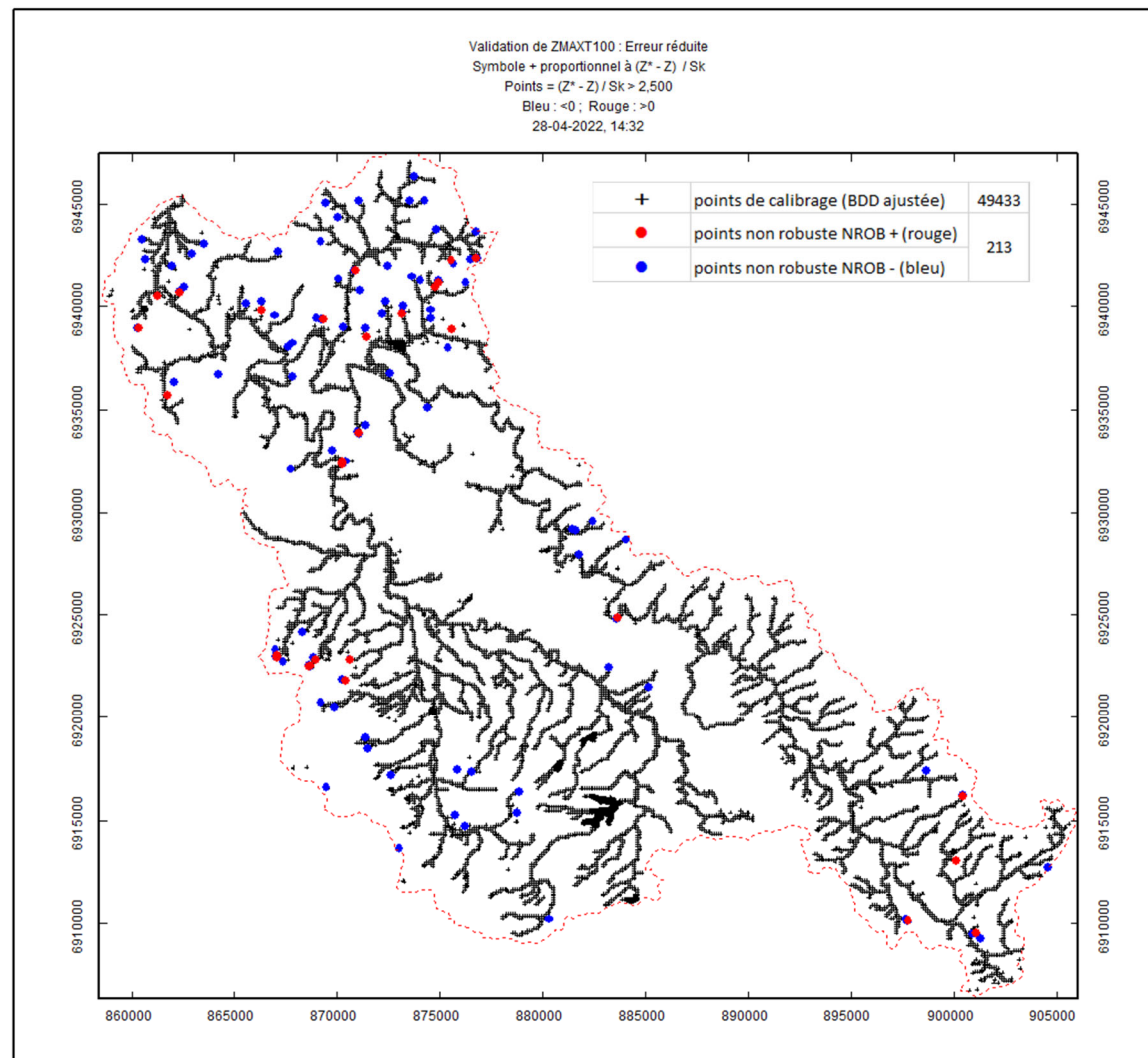


Figure 59 – Répartition des points utilisés dans l'analyse géostatistique

5.4. INTERPOLATION ET CONTROLES DE COHERENCE

5.4.1. Paramètres de l'interpolation

Au terme de la procédure itérative d'analyse statistique, il a été choisi de caler le **modèle de variogramme** sur une sélection de points robustes de type « mesures piézométriques », « sources » et points de référence des « izopièzes » → soit 563 points (dont 6 points non robustes). Le pas de calcul (valeur = 300 m et nombre = 80) est adapté à l'échelle locale et à la répartition des données considérée et prend en compte une dérive de degré 1. Le modèle calé est de type sphérique à double composante (Figure 60). Les résultats de la validation croisée sont satisfaisants (Figure 60) et permettent d'envisager favorablement l'interpolation qui portera quant à elle, sur un nombre supérieur de points (49 488 – cf. Annexe 6) puisque l'on ajoutera aux 563 points considérés précédemment les points correspondant aux données historiques de remontée de nappe et à BDTOPAGE (cours d'eau et plan d'eau).

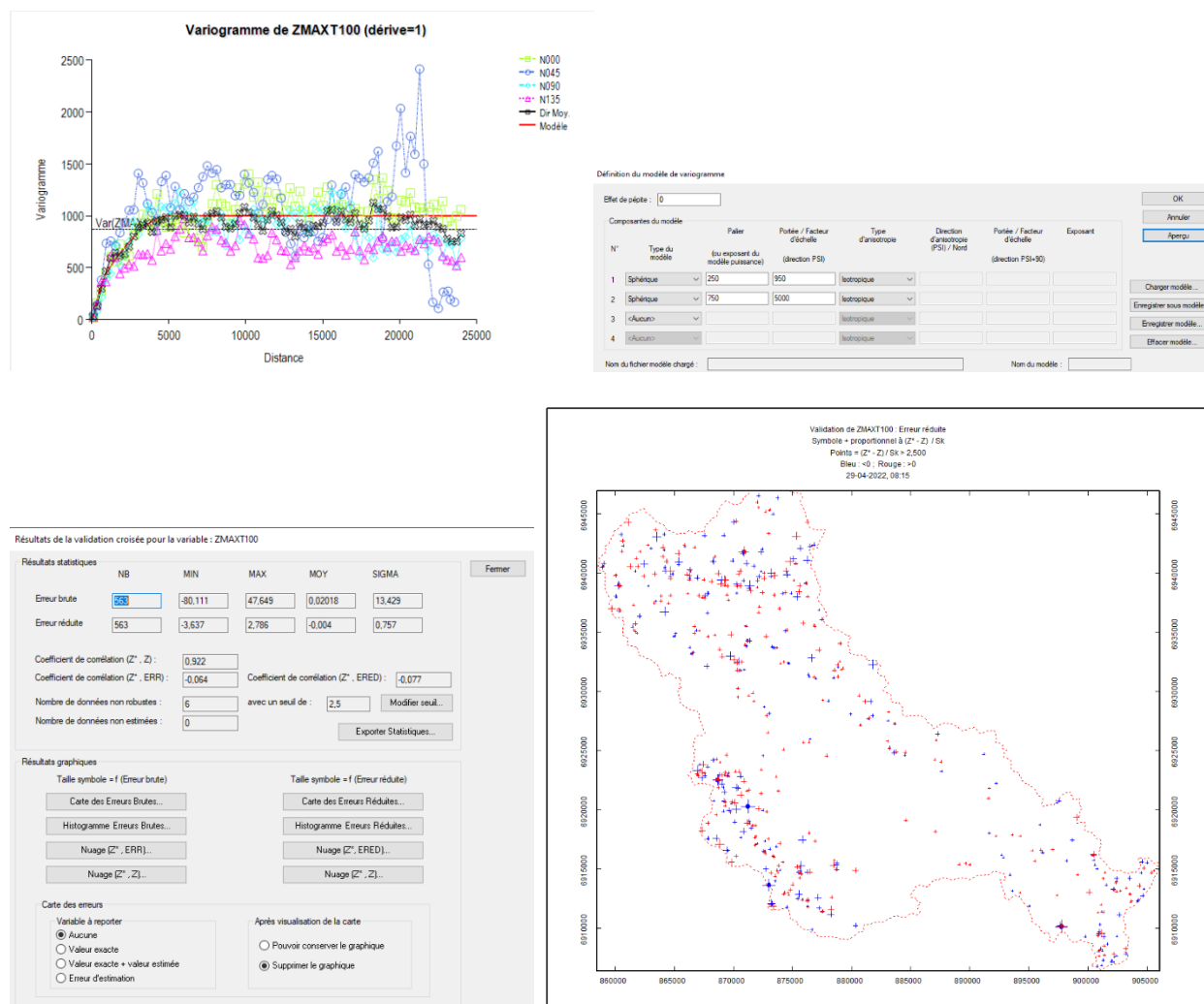


Figure 60 – Paramétrage du modèle de variogramme choisi pour l'interpolation

5.4.2. Resultats de l'interpolation

Le jeu de données final comprend 49 488 points, dont seulement 9 894 sont utilisés par le logiciel GDM pour l'interpolation (krigeage ordinaire avec modèle de variogramme comme défini précédemment) selon une grille de mailles carrées de 100 m x 100 m (Figure 61).

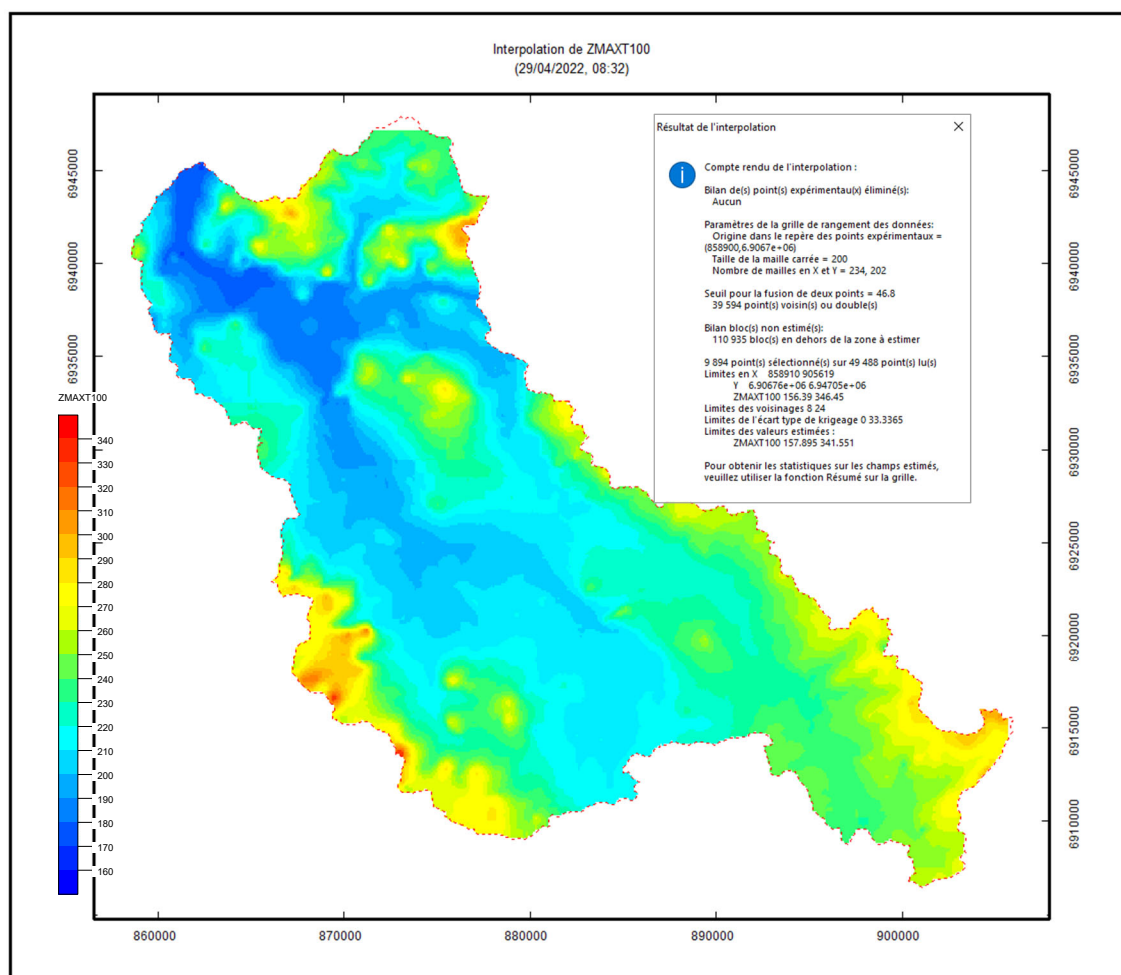


Figure 61 – Cote piézométrique maximale T100 interpolée : Résultat cartographique de l'interpolation avec GDM sur le jeu de données final du bassin de la Chiers

5.4.3. Ecart type et indice de confiance

L'écart-type de krigeage caractérise la précision du résultat d'interpolation si le comportement de la variable est spatialement homogène. Il est possible de dresser la carte d'indice de confiance représentant l'écart type de krigeage normé par le palier du modèle géostatistique. Pour chaque maille de la grille, l'écart-type de krigeage est divisé par la racine carrée de l'écart-type du palier du variogramme (dans notre cas $250+750 = 1000$).

On définit les 5 classes suivantes :

- 0 à 0,25 : très bon (bonne à très bonne confiance) ;
- 0,25 à 0,5 : bon (confiance assez bonne) ;
- 0,5 à 0,75 : moyen (confiance moyenne) ;
- 0,75 à 1 : mauvais (confiance faible) ;
- 1 à 1,25 ou plus : très mauvais (confiance très faible).

Sur la Figure 63, les zones bleues indiquent les secteurs où l'interpolation est jugée fiable du fait de la bonne densité de points pris en compte. Ensuite, plus la couleur tend vers le rouge, moins l'interpolation est fiable. A l'échelle du secteur d'étude, on note une prédominance (58 % des mailles) d'indices de confiance bon à très bon (Figure 62).

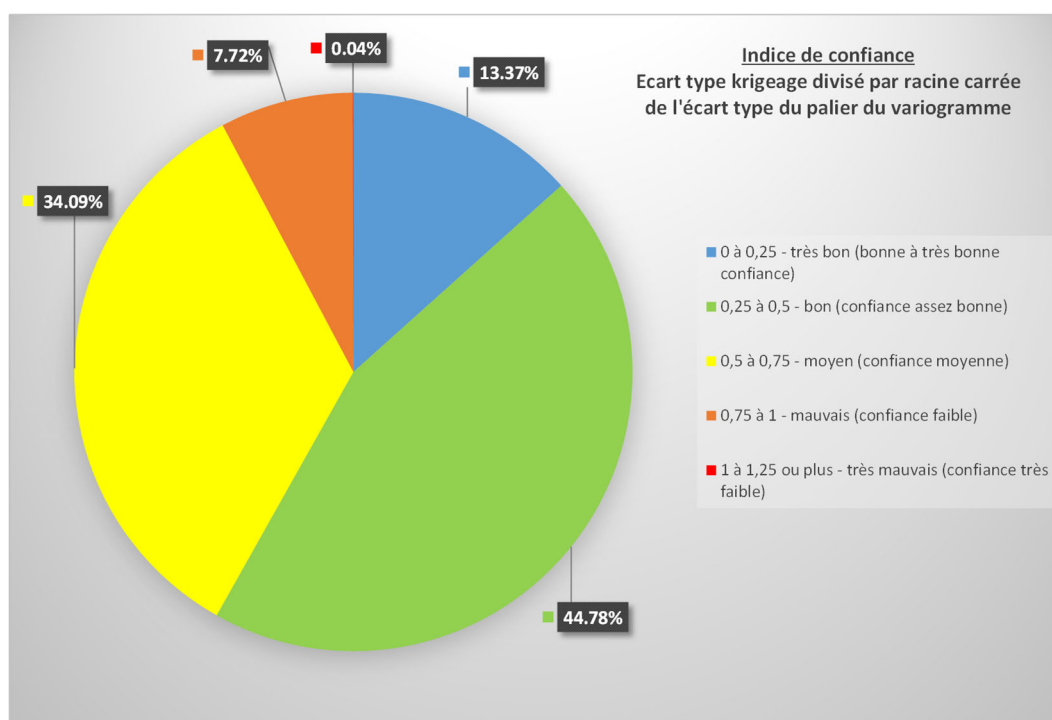


Figure 62 – Répartition de l'indice de confiance à l'échelle de la zone d'étude (statistiques par maille)

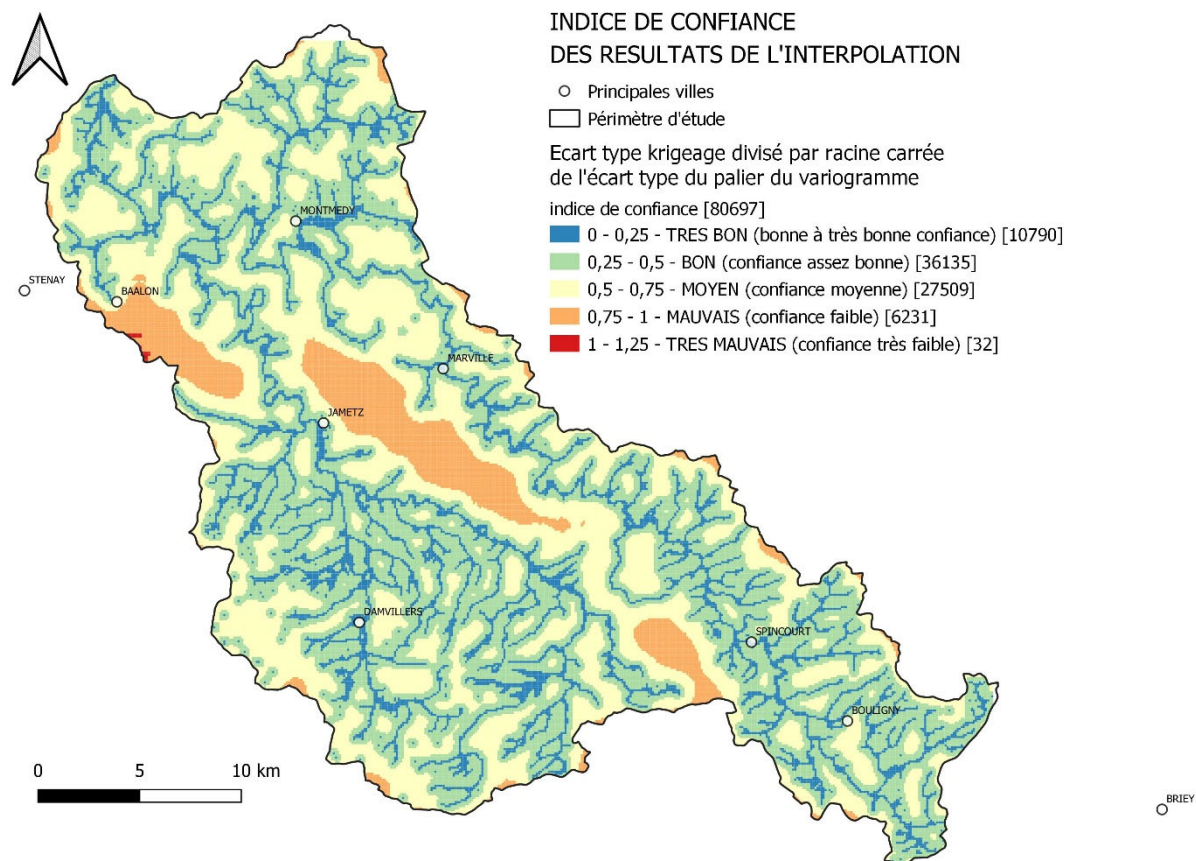


Figure 63 – Indice de confiance pour l'interpolation des cotes piézométriques maximales T100 (statistiques par maille). D'après les résultats sur le jeu de données final du bassin de la Chiers

5.4.4. Coupes transversales au droit des points de contrainte de type « historique des remontées de nappe »

L'outil GDM permet la réalisation de coupes au travers des vallées afin de vérifier la position relative de la surface topographique (dans notre cas MNT 5 m) et de la surface piézométrique maximale T100 calculée par interpolation. L'application au bassin versant de la Chiers (Figure 64) donne visuellement de bons résultats (Figure 65) au droit des secteurs historiquement connus pour des phénomènes de remontée de nappe.

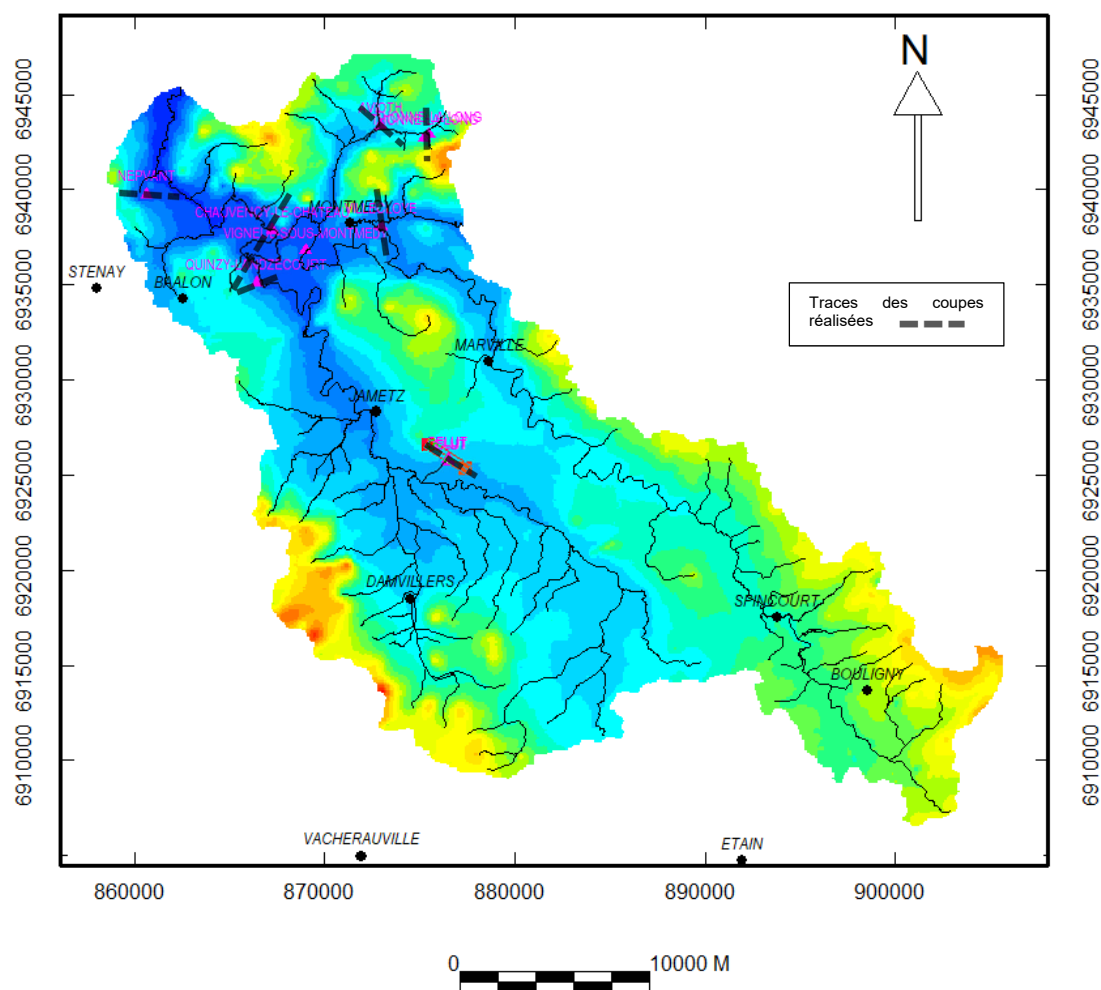
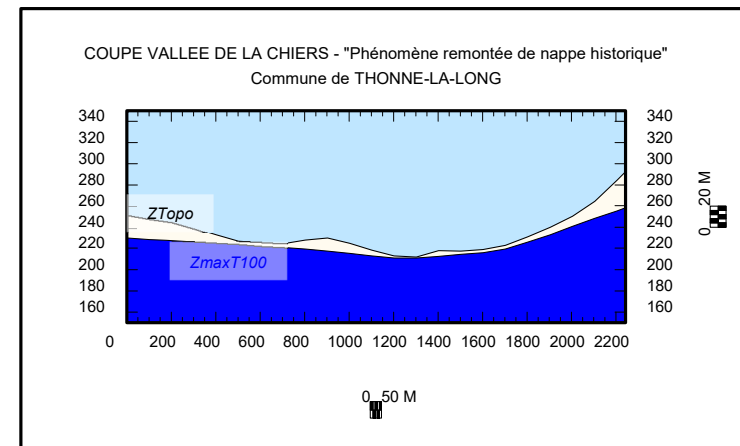
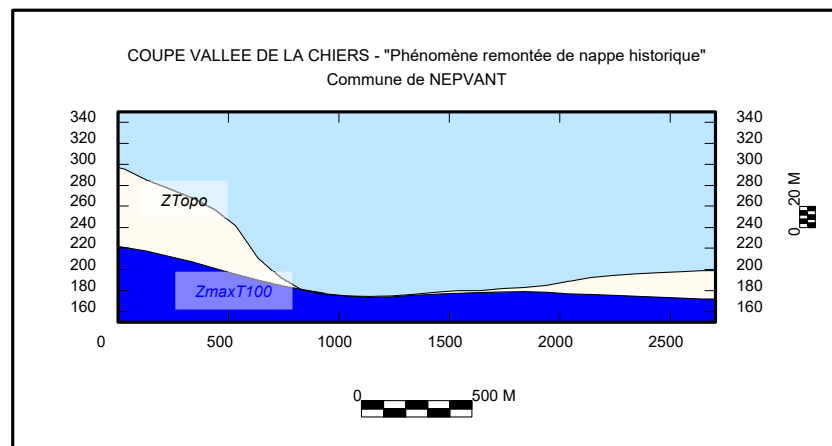
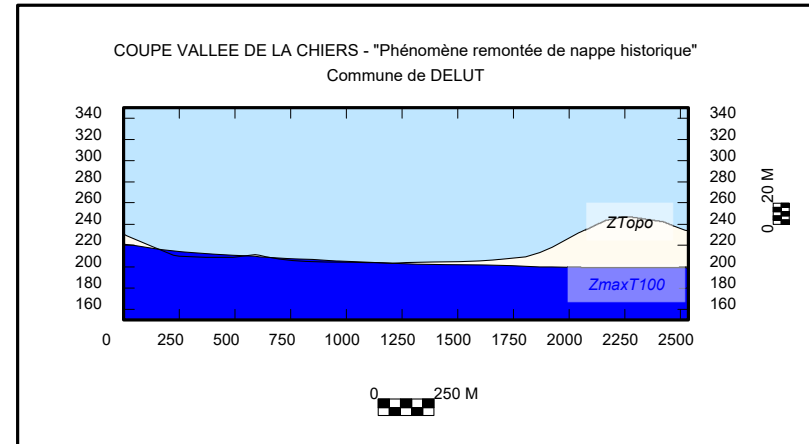
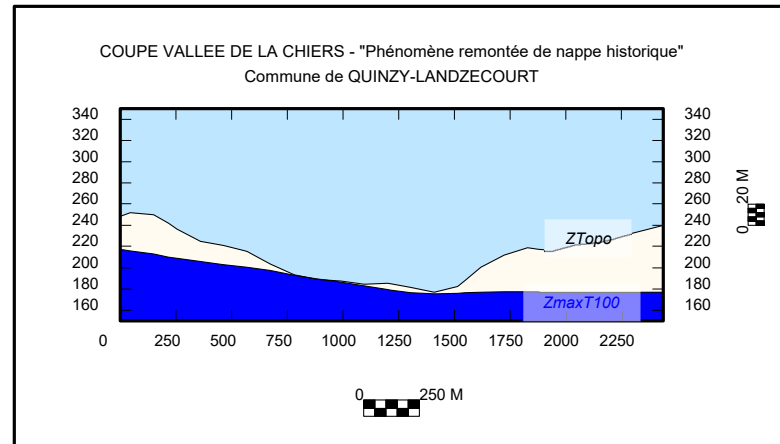


Figure 64 – Cote piézométrique maximale T100 interpolée : Traces des coupes réalisées au droit des sites historiques de remontée de nappe (▲)

Evaluation des zones à risque de remontée de nappe dans le bassin versant de la Chiers et ses affluents



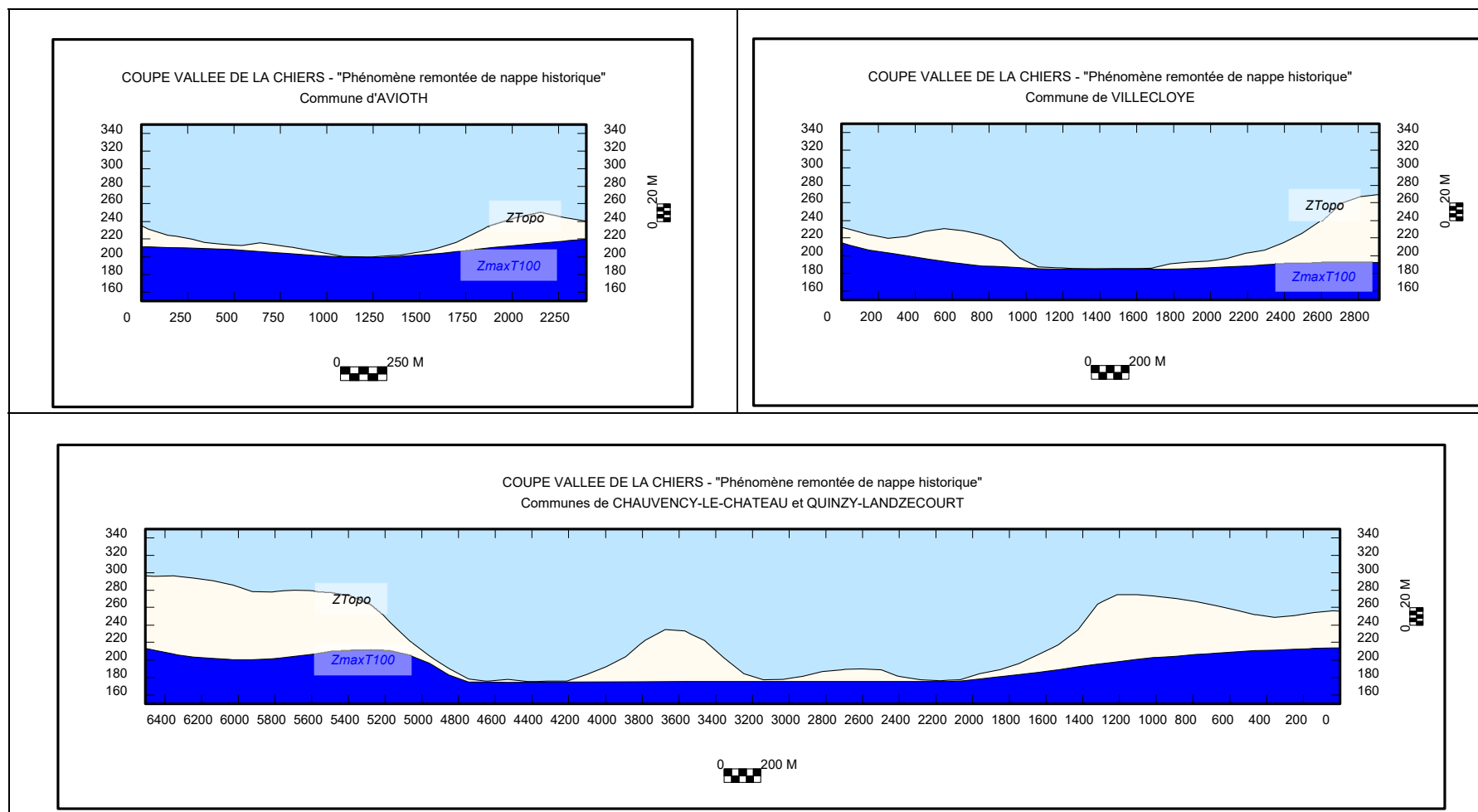


Figure 65 – Coupe 2D à travers quelques vallées ayant connue historiquement des remontées de nappe. Position relative des surfaces topographiques (MNT 5m) et surface piézométrique maximale T100 interpolée à l'échelle du bassin versant de la Chiers

5.5. CALCUL DE LA PROFONDEUR DE LA NAPPE ET CLASSE DE SENSIBILITE

Les calculs de profondeur peuvent se faire directement sous GDM ou en exportant les résultats sur un Système d'information Géographique (SIG). Dans le cadre du bassin de la Chiers, il a été choisi de travailler sur QGIS, afin de mieux gérer le ré-échantillonnage du MNT 5 m dans une grille identique à celle de l'interpolation des cotes piézométriques (outil « statistique de zone » en retenant la cote topographique minimal par maille de 100 m x 100 m).

Le résultat se présente sous forme de grille correspond aux **zones potentielles de débordement** calculées maille par maille selon la formule suivante (Figure 66) :

$$\text{Zones potentielles de débordement} = Z_{\text{topo}} - Z_{\text{maxT100}}$$

Avec

- Z_{topo} Cote altimétrique minimale du MNT 5 m ramené à la maille de 100x100 m
- Z_{maxT100} Cote piézométrique maximale pour une période de retour 100 ans interpolée à la maille de 100x100 m

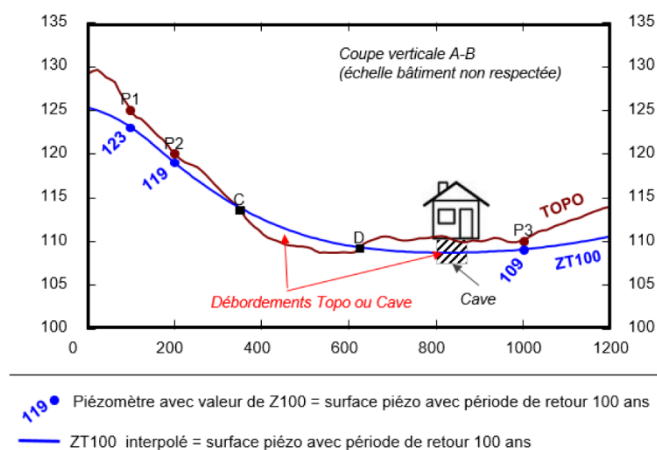


Figure 66 - Détermination des zones de débordement de nappe par comparaison des surfaces topographique et piézométrique (interpolation des valeurs Z_{maxT100})

Cette étape conduit à dresser la **carte des zones susceptibles d'être affectées par les remontées de nappe** (Figure 67), en tenant compte d'un niveau de risque dépendant d'une profondeur par rapport aux infrastructures souterraines existantes. La **définition des classes de sensibilité** au risque de remontée de nappe est adaptée à la qualité des résultats obtenus et cohérente avec la méthodologie nationale (Tableau 8).

Calcul des zones potentielles de débordement	Situation extrême T100	Définition des classes de sensibilité au risque remontée de nappe	
Si Ztopo - ZT100 < 0	Débordement de nappe au dessus de la surface du sol	Susceptibilité forte Zone très sensible	Red
Si Ztopo-ZT100 compris entre 0 et +2.5 mètres	Phénomène de remontée de nappe dans les caves et sous-sols	Susceptibilité moyenne Zone sensible	Orange
Si Ztopo-ZT100 compris entre +2.5 et +5 mètres		Susceptibilité faible Zone peu sensible	Yellow
Si Ztopo-ZT100 > +5 mètres	Absence de phénomène de remontée de nappe significatif	Susceptibilité très faible Zone non sensible	Blue

Tableau 8 – Définition des classes de sensibilité au risque remontée de nappe

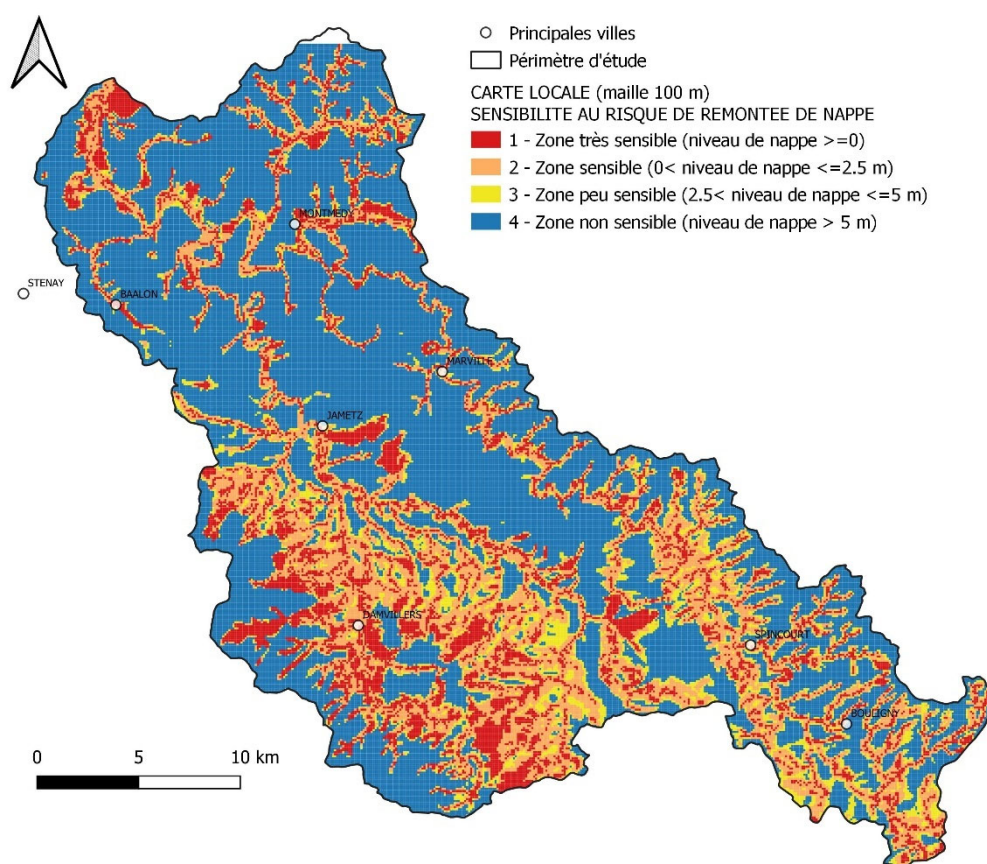


Figure 67 - Cartographie des zones susceptibles d'être affectées par les remontées de nappe définies par classe de sensibilité. Application de la méthodologie « approche locale ».

- ≤ 0 Susceptibilité forte pour la remontée de nappe – zone très sensible

Les **zones en rouge** démontrent un risque fort de remontée de nappe car le niveau piézométrique est égal ou supérieur à la topographie. Il s'agit principalement des zones de vallées sur le bassin de la Chiers et des parcelles ayant fait historiquement l'objet de remontée de nappes.

- [0 à 2.5] : Susceptibilité moyenne pour la remontée de nappe – zone sensible

Les **zones en orange** montrent un risque moyen de remontée de nappe du fait de la faible épaisseur de la zone non saturée (≤ 2.5 m de profondeur).

- [2.5 à 5] : Susceptibilité faible pour la remontée de nappe – zone peu sensible

Les **zones en jaune** indiquent les zones avec un risque faible de remontée de nappes ($2.5 \text{ m} < \text{ZNS} \leq 5 \text{ m}$).

- [>5] : Susceptibilité très faible pour la remontée de nappe – zone très peu sensible

Les **zones en bleu** correspondent à un risque très faible de remontée de nappe ($\text{ZNS} > 5 \text{ m}$).

5.6. CONTROLE DE LA COHERENCE DES RESULTATS

5.6.1. Par rapport à la cartographie nationale

Pour mémoire, la carte suivante (Figure 68) présente un extrait, sur le bassin versant de la Chiers, de la cartographie de sensibilité au phénomène de remontée de nappe établie en 2017 à l'échelle nationale. La Figure 69 présente une superposition des 2 cartographies afin de mieux distinguer les différences. La cartographie « locale » présente une continuité des zones de sensibilité par rapport aux axes d'écoulement superficiel et moins de zones sensibles aléatoirement réparties et isolées ; en ce sens elle présente plus de cohérence. Certaines zones sont plus étendues en tête de bassin, c'est l'influence d'une prise en compte des tronçons hydrographiques BDTOPAGE au lieu des EAIP (Enveloppes Approchées d'Inondation Potentielles) considérées dans la cartographie nationale, ainsi que du MNT 5 m au lieu du MNT 25 m dans la cartographie nationale.

Globalement à l'échelle du bassin de la Chiers, la proportion des zones de sensibilité au phénomène de remontée de nappe évolue nettement entre la version nationale et la version locale (Figure 70) : on observe ainsi une **réduction des zones de sensibilité forte** de près de 50 %, tandis que la **proportion des zones non sensibles augmente** de plus de 30 %. Les zones sensibles et peu sensibles (catégories intermédiaires sujettes aux inondations de caves) présentent une évolution à la hausse de 18 %.

5.6.2. Par rapport aux points de calibrage et de contrainte

Les cartes, des Figure 71, Figure 72, Figure 73, Figure 74, présentant en superposition les zones de sensibilité définies à l'échelle locale sur le bassin de la Chiers et les points de calibration ou de contrainte, démontrent une bonne cohérence globale.

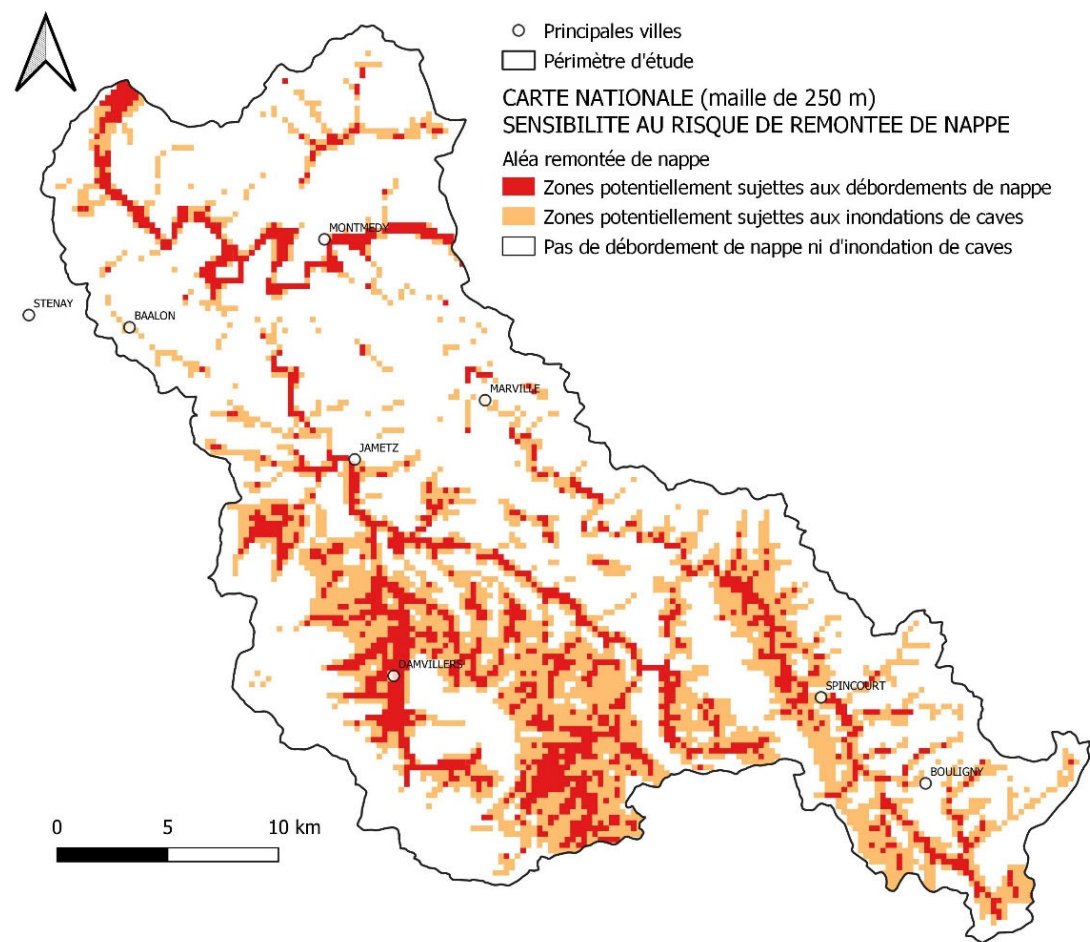


Figure 68 - Cartographie des zones susceptibles d'être affectées par les remontées de nappe définies par classe de sensibilité. Application de la méthodologie « approche nationale ».

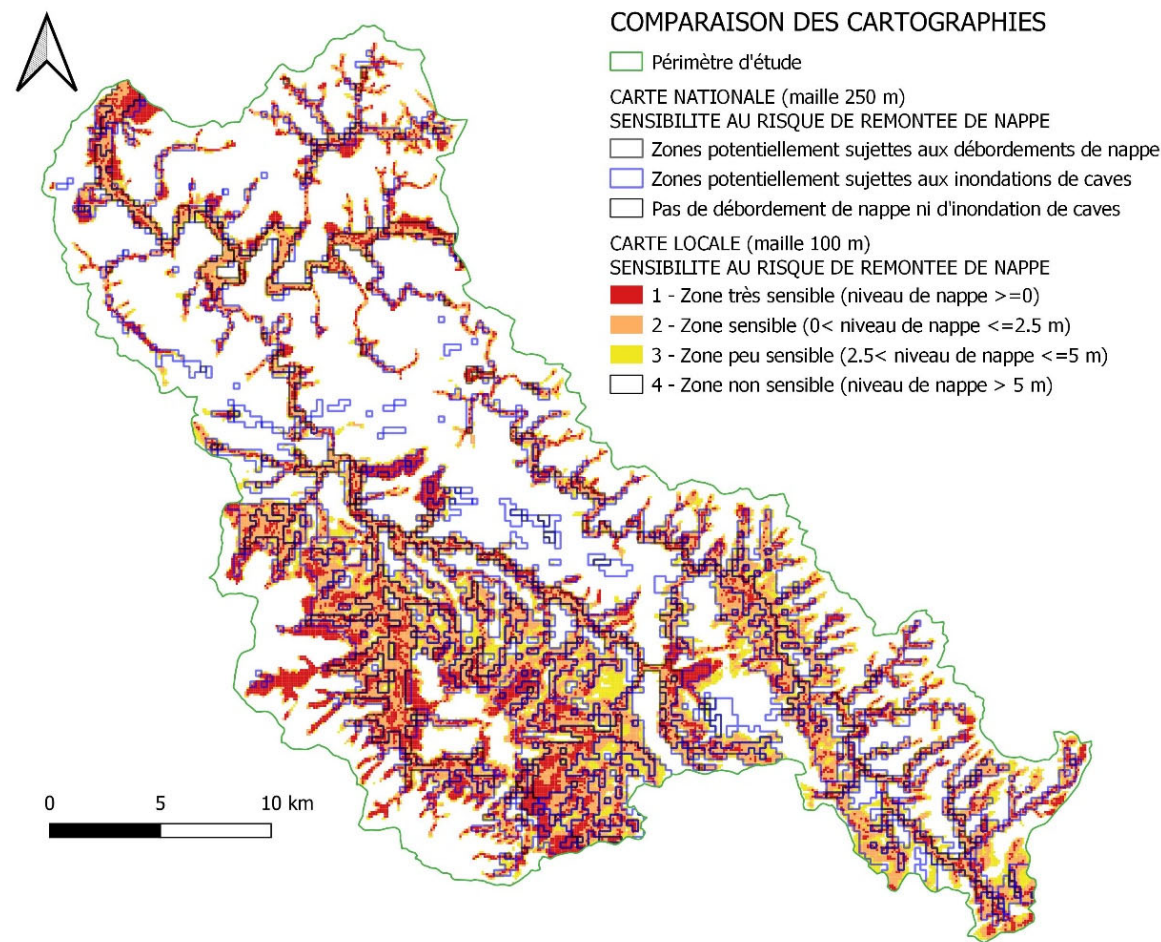
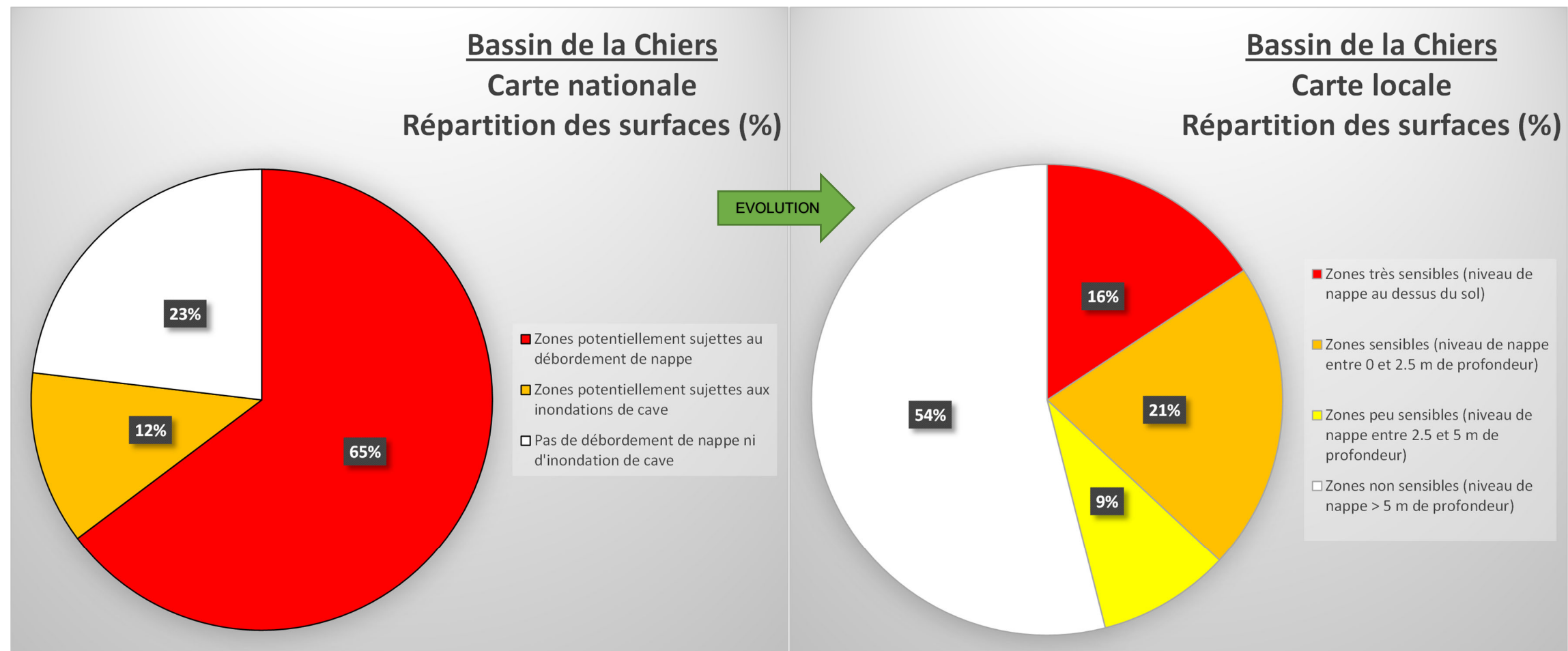


Figure 69 – Comparaison des cartes de sensibilité au risque remontée de nappe à l'échelle locale et à l'échelle nationale



Code couleur sur les cartes et les graphiques	Carte locale	Carte nationale	Carte locale		Carte nationale		Evolution avec la carte locale
			nombre de maille (carte locale)	% maille (carte locale)	surface maille km2 (carte nationale)	% surface maille (carte nationale)	
	Zones très sensibles (niveau de nappe au dessus du sol)	Zones potentiellement sujettes au débordement de nappe	12690	16%	523	65%	 -49%
	Zones sensibles (niveau de nappe entre 0 et 2.5 m de profondeur)	Zones potentiellement sujettes aux inondations de cave	17123	21%			 18%
	Zones peu sensibles (niveau de nappe entre 2.5 et 5 m de profondeur)		7328	9%	98	12%	
	Zones non sensibles (niveau de nappe > 5 m de profondeur)	Pas de débordement de nappe ni d'inondation de cave	43556	54%	187	23%	 31%
			80697	100%	808	100%	 0%

Figure 70 – Graphiques illustrant l'évolution de la proportion des zones de sensibilité entre les cartographies nationale et locale sur le bassin versant de la Chiers

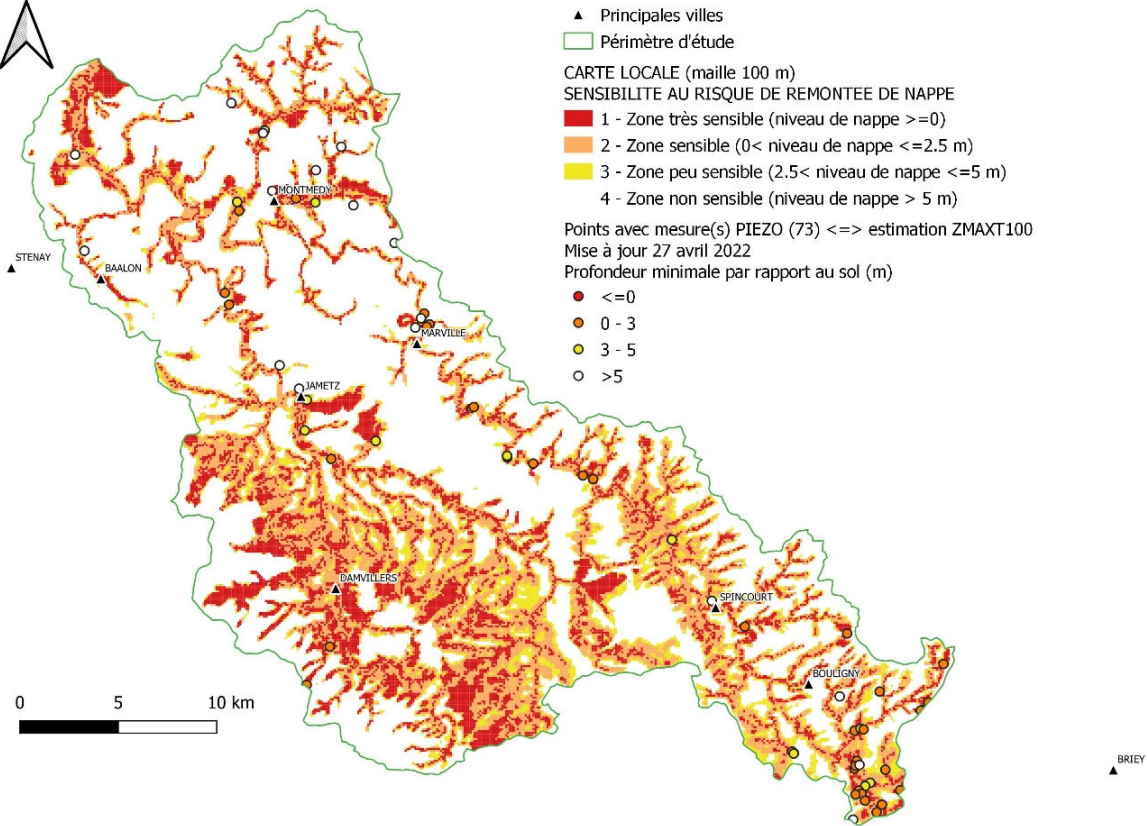


Figure 71 – Vérification de la cohérence entre les zones de sensibilité définies à l'échelle locale sur le bassin de la Chiers et les points avec des mesures piézométriques

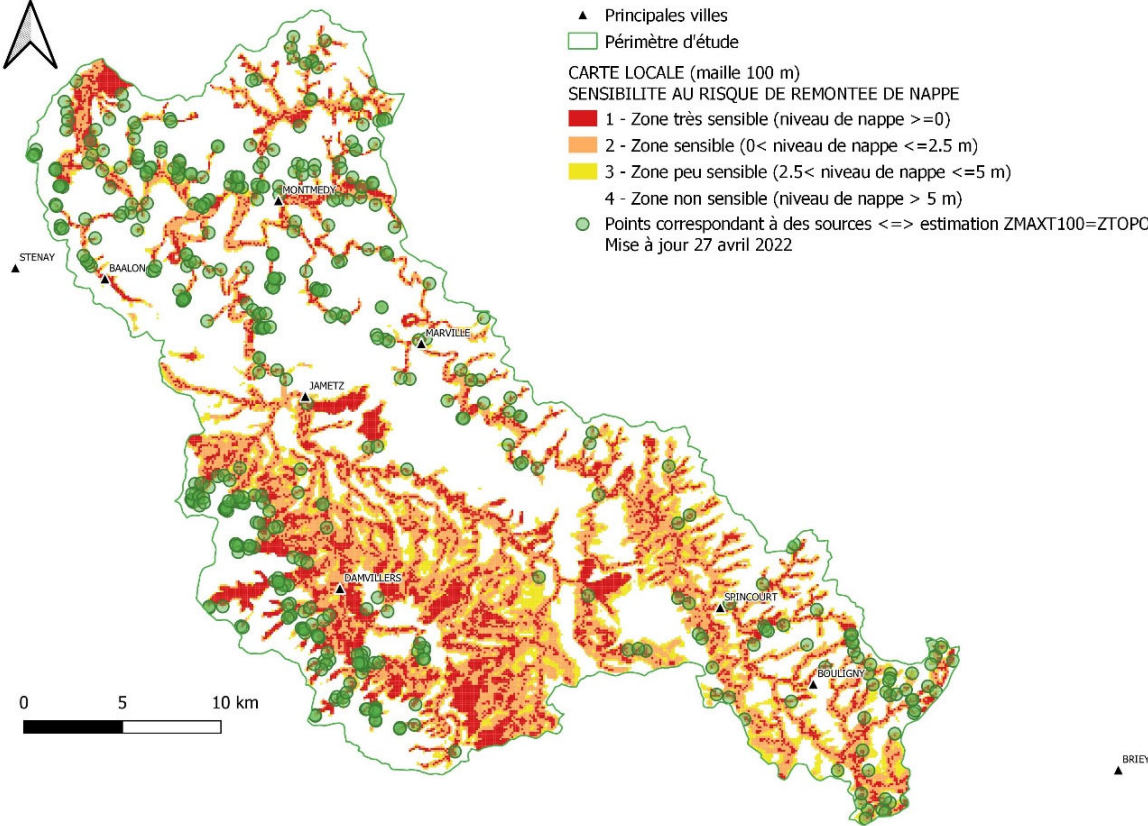


Figure 72 – Vérification de la cohérence entre les zones de sensibilité définies à l'échelle locale sur le bassin de la Chiers et les sources

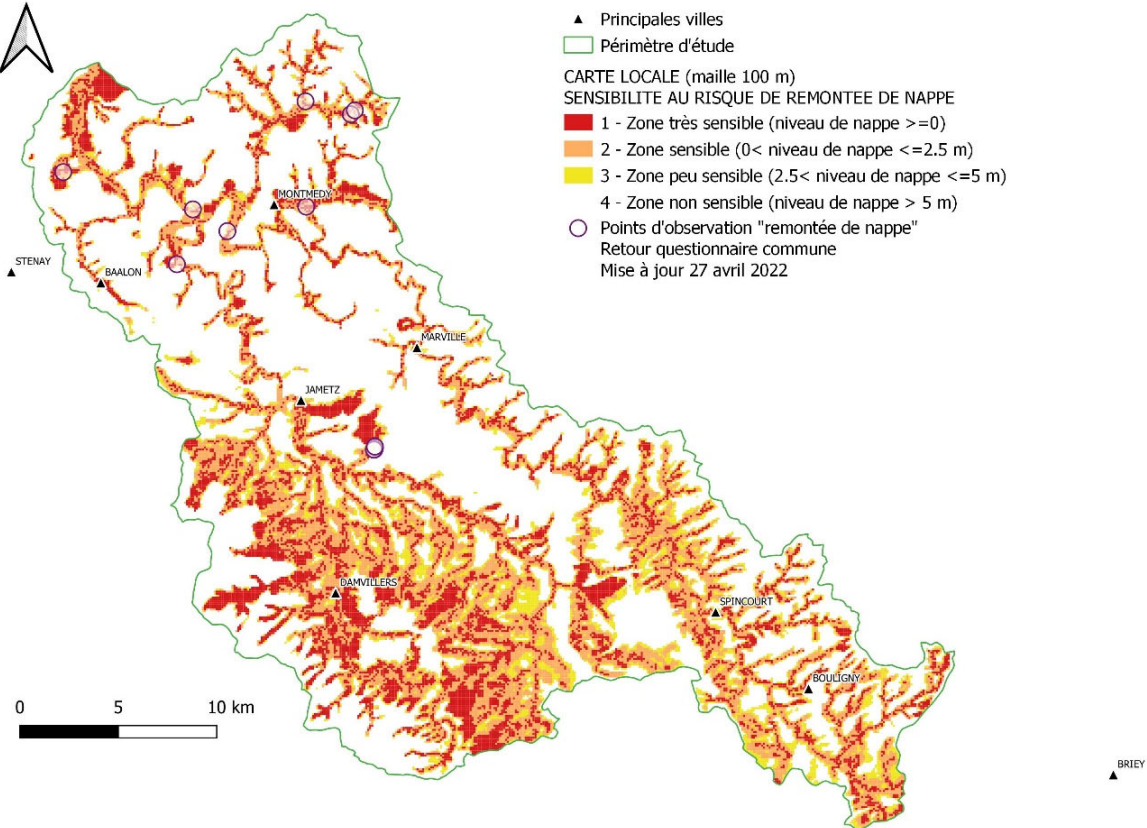


Figure 73 – Vérification de la cohérence entre les zones de sensibilité définies à l'échelle locale sur le bassin de la Chiers et les points d'observation « remontée de nappe historique »

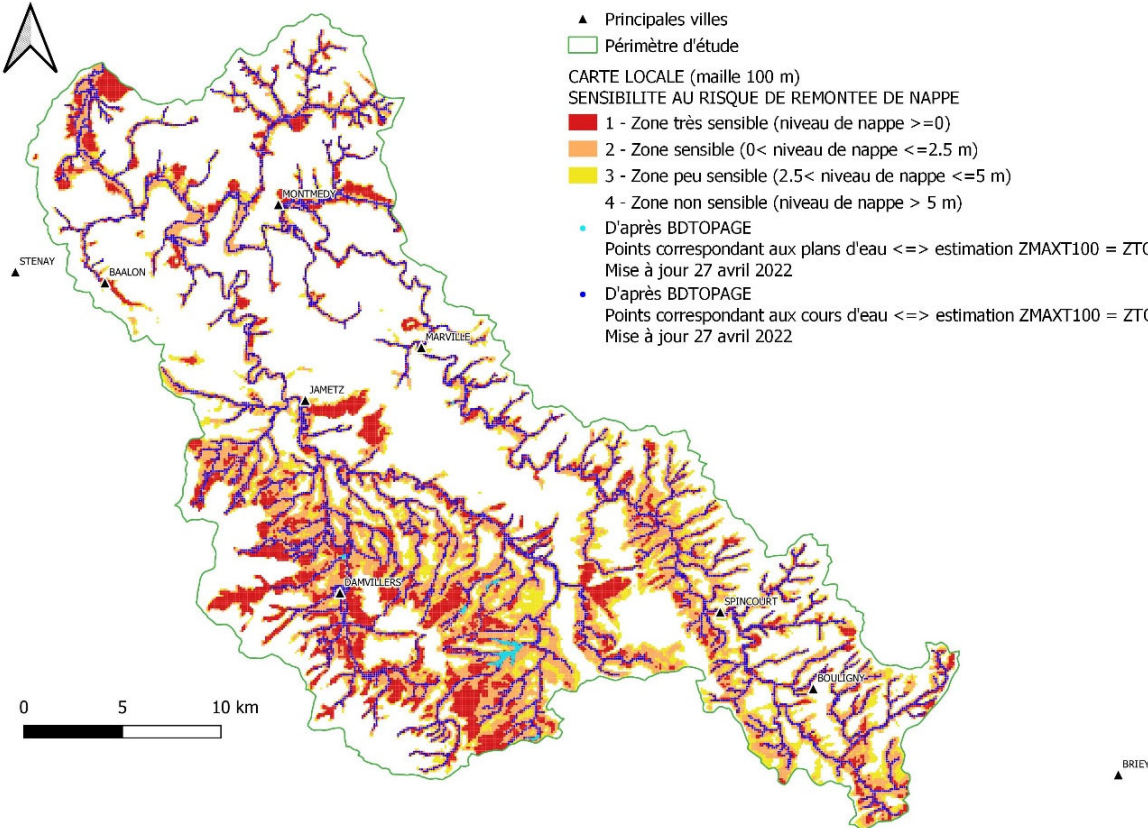


Figure 74 – Vérification de la cohérence entre les zones de sensibilité définies à l'échelle locale sur le bassin de la Chiers et les points BDTOPAGE (cours d'eau et plan d'eau)

6. Limites de l'étude, zones d'intérêt et pistes d'action

6.1. LIMITES DE L'ETUDE

6.1.1. Faiblesses et incertitudes

L'étude menée n'a pas permis de collecter un nombre suffisant de mesure en hautes eaux (HE) sur les points d'eau, qui sont très inégalement répartis sur le bassin. Les mesures collectées sont généralement effectuées en période basses eaux (BE) notamment pour le suivi sécheresse.

La fiabilité des points a été définis comme faible à moyenne (points avec chronique de mesure sur une durée limitée de quelques jours à quelques mois). Le seul point de mesure, situé à Jametz, disposant d'une chronique de mesure suffisamment longue pour être exploitée en tant que point fort, capte la nappe captive et n'est donc pas recevable pour appliquer la méthodologie.

On dispose dans les archives et en BSS de très peu d'indications sur les repères de mesure et leur altitude (nivellement incertain).

Les informations relatives aux forages agricoles communiquées par la DDT55 se sont avérées non exploitables (notamment aucune mesure de niveau d'eau).

L'utilisation de BDTopage s'avère finalement déterminante dans le cadre de l'étude pour fixer les points de calibrage de cote zéro mais elle suppose l'existence d'échange nappe-rivière (hypothèse prise par défaut sur l'intégralité des tronçons).

6.1.2. Adaptations réalisées pour répondre aux difficultés rencontrées

En l'absence de points à fiabilité forte sur le bassin versant de la Chiers, les recherches se sont portées dans un second temps sur les piézomètres de surveillance à l'extérieur du secteur d'étude, représentatifs des nappes libres étudiées et disposant de chroniques exploitables.

L'analyse des chroniques s'est avérée plus complexe que prévue et a nécessité la mise en œuvre d'une modélisation hydrodynamique de type GARDENIA pour reconstituer les valeurs manquantes. On a ainsi pu disposer de deux points à fiabilité forte pour le rattachement des points d'eau situés sur le bassin.

Les cartes piézométriques disponibles n'ont pas pu être utilisées avec succès lors des interpolations (calculs biaisés non satisfaisants). La méthodologie préconise d'ailleurs l'utilisation des points de mesures de la campagne piézométriques plutôt que les courbes d'isovaleurs résultant du krigeage associé. La localisation de ces points de mesure pour les cartes piézométriques du bassin de la Chiers était connue mais sans valeur de mesure. Pour pallier à ce manque il a été procédé à une reconstitution des valeurs au droits de points de mesures afin de pouvoir utiliser des points de calibrage supplémentaires.

Très vite après le démarrage de l'étude, il s'est avéré nécessaire de mener des enquêtes ciblées sur la thématique remontée de nappe afin de compléter les informations déjà disponibles (retour questionnaire sur la thématique débordement de cours d'eau). Le prérequis à cette action est la sensibilisation des acteurs à l'identification des phénomènes de remontée de nappe et la différence avec les débordements de cours d'eau. Les quelques visites de terrain menées s'avèrent à cet effet particulièrement productives pour pouvoir identifier les zones historiques de remontée de nappe.

Toute une partie de la zone d'étude se situe en domaine imperméable, où la notion de remontée de nappe ne pourra s'appliquer. Il conviendra donc de superposer un masque sur la cartographie finale selon les limites de l'entité BDLISA imperméable à l'affleurement.

6.1.3. Retour d'expérience

Pour pallier certains manques de données sur le bassin versant de la Chiers, des tests ont été réalisés dans le cadre méthodologique défini ou pas. Ce retour d'expérience permettra de guider les futures études, notamment en Grand Est :

- En l'absence d'information précise sur les relations avec eaux souterraines, il est préférable de ne pas utiliser la **cartographie des zones humides** notamment comme points de contrainte ;
- Concernant les résultats des **campagnes piézométriques**, il est apparu préférable de collecter et d'exploiter les points de mesure plutôt que les isopièzes comme points de calibrage ;
- Concernant l'utilisation des données sur les **sources en domaine karstique**, elle s'avère impossible à réaliser à l'échelle du bassin de la Chiers. Les tests de collecte et de traitement (calculs surfaces contributives) réalisés indiquent que les données sont rares, dispersées, non bancarisées et le temps consacré à cette tâche demeurent trop long au regard du gain espéré.

6.2. NIVEAU DE CONFIANCE ET ZONES D'INTERET

6.2.1. Niveau de confiance et données disponibles

Les zones pour lesquelles l'indice de confiance semble le plus élevé sont les zones de vallée. Ce résultat est à nuancer du fait qu'il s'appuie globalement sur des points de surface, considérés comme à fiabilité forte et répartis de façon homogène. Les secteurs en périphérie et en interfluve ont un indice de confiance faible, qui s'explique par la faible densité de données piézométriques disponibles.

6.2.2. Niveau de confiance et zones d'intérêt

La carte des indices de confiance devrait permettre l'identification des zones nécessitant une cartographie plus fine et plus locale. Cependant, avant de mener cette réflexion, il convient de s'attacher au contexte local (nature des nappes et ressource disponible), aux enjeux (besoins des collectivités et autres acteurs) ainsi qu'à la répartition des points d'eau.

6.2.3. Zones d'intérêt

La carte des zones d'intérêt a été dressée à partir de la combinaison des trois critères en utilisant un coefficient de pondération qui permet de minimiser les biais en lien avec la répartition des données utilisées et leur fiabilité :

- Indice de confiance avec un coefficient de pondération de 1 (Figure 63) ;
- Fiabilité des points de calibration ou contrainte avec un coefficient de pondération de 2 (Figure 75) ;
- Anthropisation donnée par l'occupation du sol (Corine Land Cover 2014) avec un coefficient de pondération de 3 (Figure 76).

La cartographie obtenue (Figure 77) montre, moyennant l'application d'un masque correspondant aux formations imperméables sur lesquelles la méthodologie est inadaptée, que les résultats très morcelés se prêtent difficilement à une gestion opérationnelle. Il est ainsi proposé une sectorisation sur la base des connaissances globales à l'échelle du secteur d'étude (nappes exploitées) en 4 zones relativement homogènes (Figure 78) :

- ❶ La zone en amont du bassin versant au sud-ouest, caractérisée par les calcaires de l'Oxfordien à l'affleurement, présente assez peu d'enjeux (peu artificialisé) et se prête moins au phénomène de remontée de nappe (versant de coteau, nappe profonde, absence de phénomène historique) → l'intérêt pour une gestion opérationnelle est faible ;
- ❷ La zone centrale du bassin de la Chiers où l'artificialisation est plus importante (zones urbanisées et cultures). De plus ce secteur intègre une partie de la zone de bordure entre nappe captive et nappe à l'affleurement où des phénomènes de remontée de nappe karstiques se manifestent régulièrement (Delut) → l'intérêt pour une gestion opérationnelle est fort ;
- ❸ La zone de confluence de la Chiers de de ces principaux affluents où l'artificialisation est plus importante (zones urbanisées et cultures). Sur ce secteur plusieurs phénomènes de remontée de nappe ont été signalés → l'intérêt pour une gestion opérationnelle est fort ;
- ❹ Le reste du bassin est moyennement artificialisé (zones agricoles et peu de zones urbanisées) → l'intérêt pour une gestion opérationnelle est moyen.

6.2.4. Echelle d'utilisation

L'approche géomatique mise en œuvre est quasi-systématiquement soumise à une somme d'incertitudes d'origines diverses (§6.1), induisant des biais parfois importants dans certaines zones du bassin versant investigué. Il faut donc considérer ces limitations lorsqu'une exploitation de ce type de résultats est entreprise. Surtout, compte tenu des informations utilisées et de leurs échelles de validité, cette approche cartographique doit être considérée comme indicative. Elle ne doit pas être utilisée à une échelle inférieure à celle préconisée et se substituer à des études plus locales.

L'échelle d'utilisation préconisée de la carte élaborée est le 1/100 000 voire 1/50 000 sur les secteurs présentant le moins d'incertitudes.

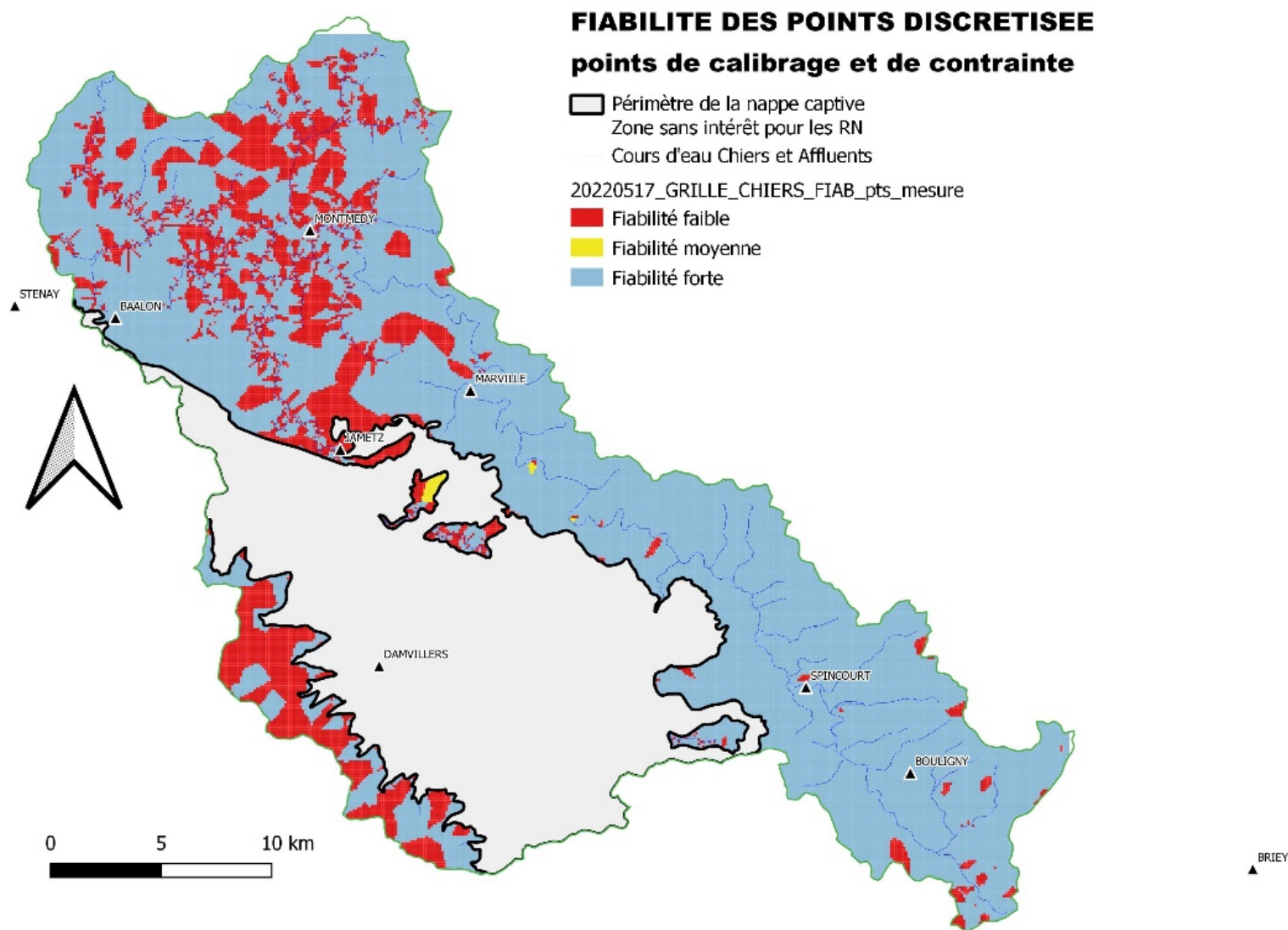


Figure 75 – Critère « fiabilité de points de mesures » discrétisé selon un maillage 100x100 m

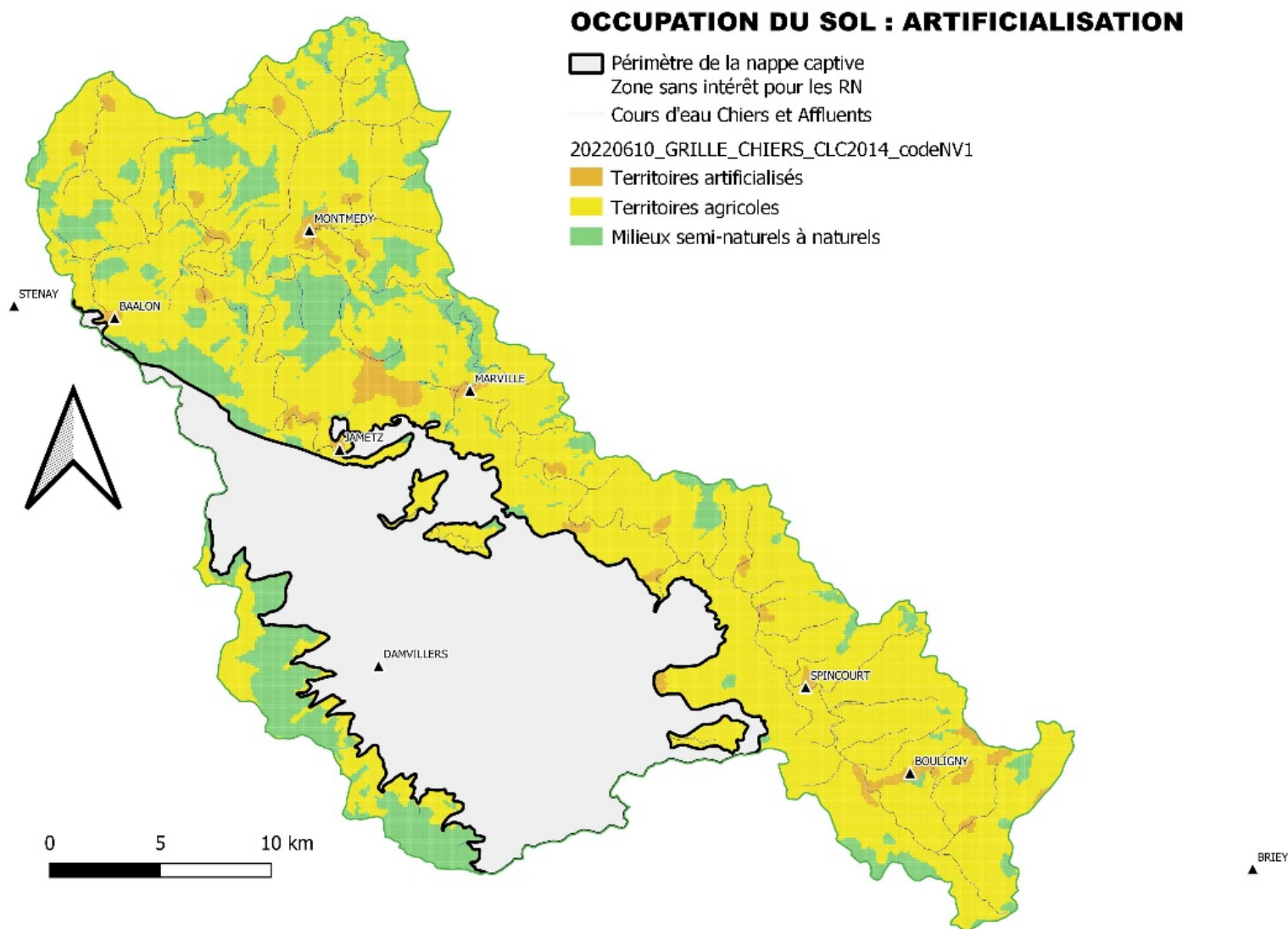


Figure 76 – Critère « anthropisation » discrétisé selon un maillage 100x100 m

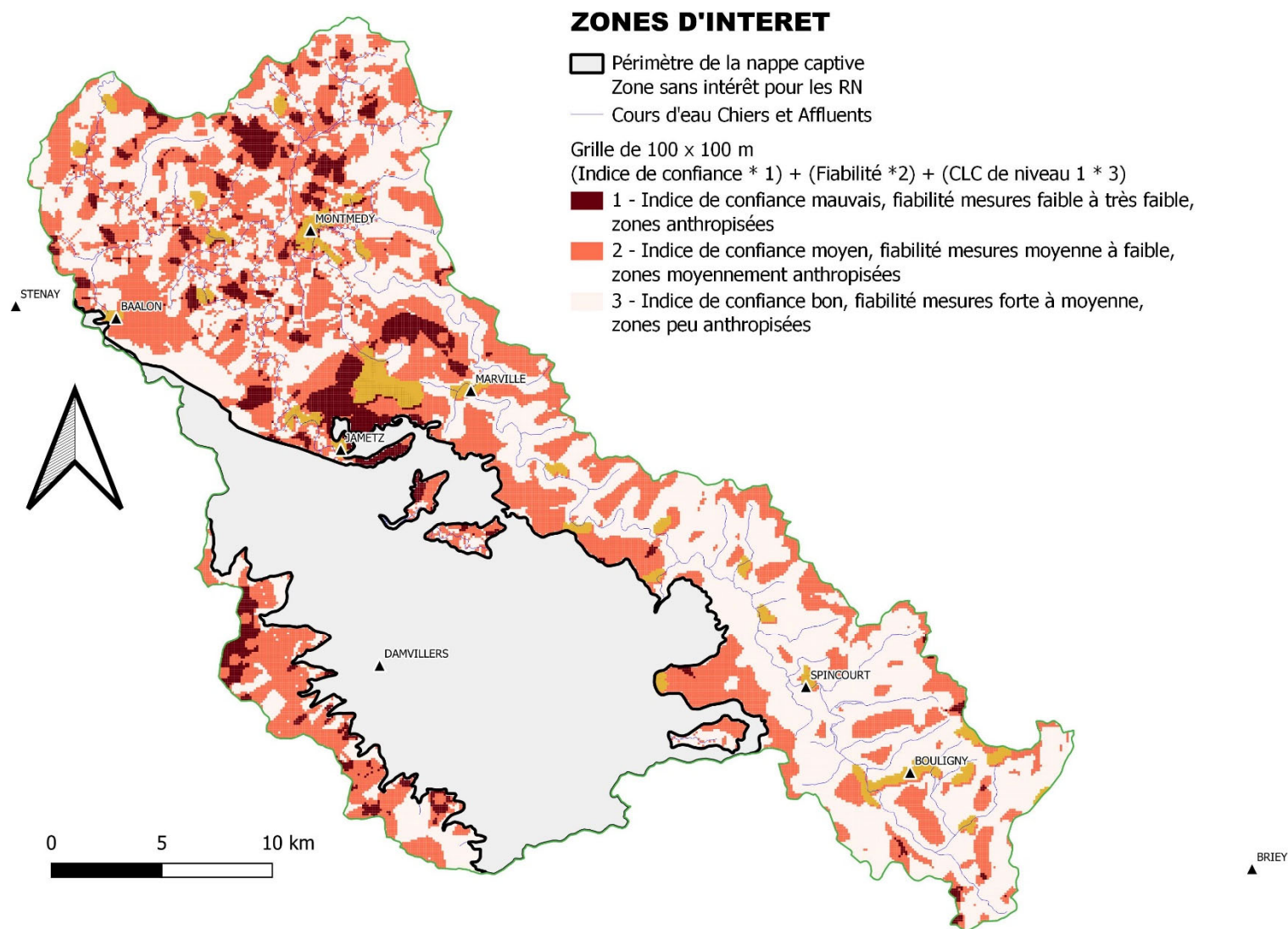


Figure 77 - Carte des zones d'intérêt dressée au terme de l'étude remontée de nappe sur le bassin de la Chiers (maillage 100x100 m)

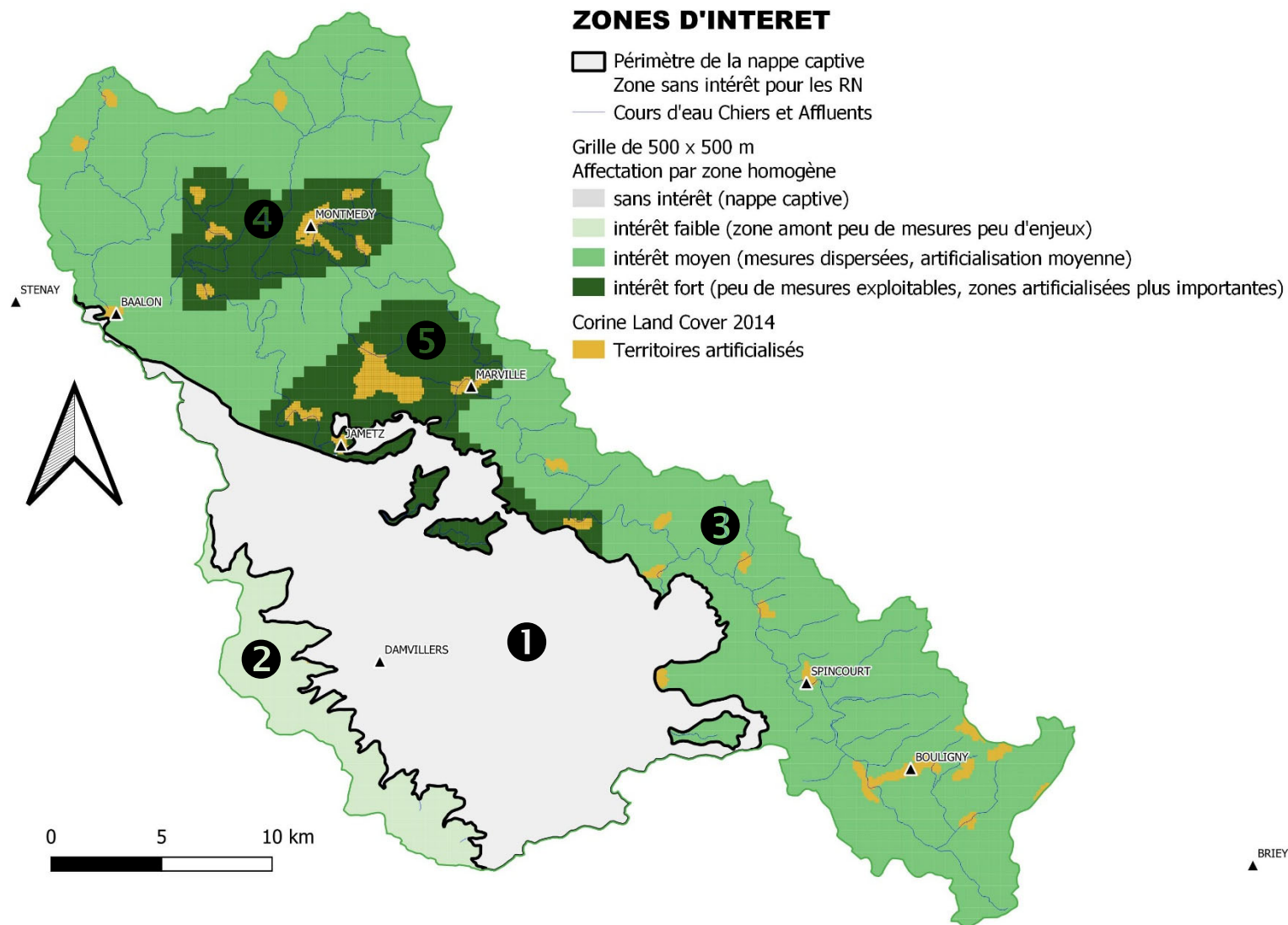


Figure 78 - Carte simplifiée des zones d'intérêt dressée au terme de l'étude remontée de nappe sur le bassin de la Chiers (maillage 500x500 m)

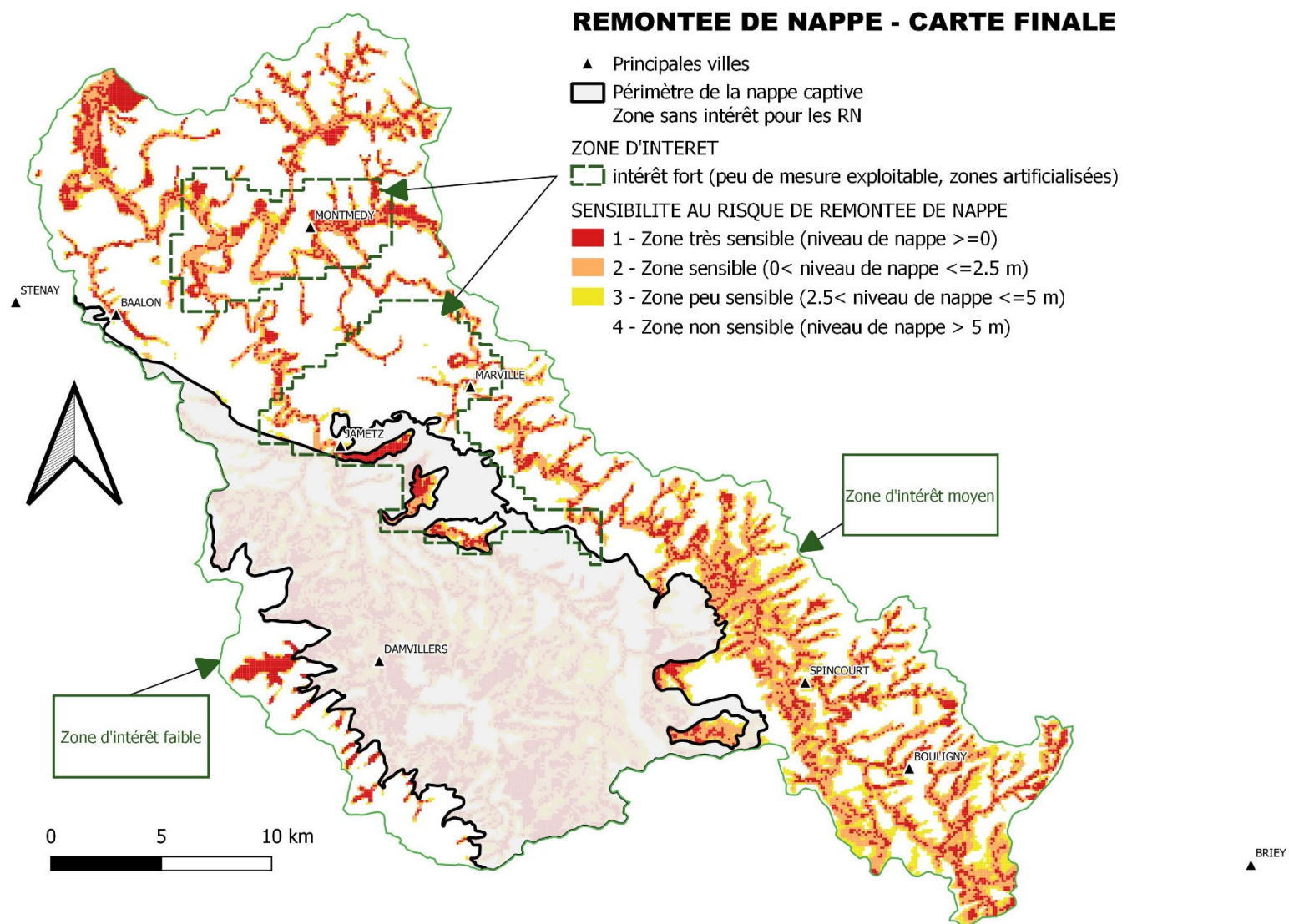


Figure 79 – Cartographie finale des (1) zones susceptibles d'être affectées par les remontées de nappe définies par classe de sensibilité hors domaine imperméable (masque correspondant au périmètre de la nappe captive) et (2) zones d'intérêt

6.3. PISTES D'ACTION PROPOSEES

Sur la base des données collectées et de la cartographie des zones d'intérêt présentée ci-dessus, il est proposé un programme d'actions destiné à approfondir les connaissances concernant les inondations par remontée de nappe (causes et impacts potentiels) à l'échelle de la zone d'étude, dans un objectif de prévention ou d'atténuation des effets.

Parmi les propositions, qui permettront de confronter la cartographie proposée à l'expertise locale et de réestimer à l'avenir localement les résultats, on pourra envisager notamment dans les zones d'intérêt fort à moyen :

- Inventaire systématique des forages et puits avec possibilité de mesure des niveaux d'eau ;
- Nivellement des repères de mesure sur une sélection de points de mesure ;
- Réalisation d'une campagne piézométrique synchrone afin de disposer de points de validation supplémentaires sur des zones ciblées en fonction des incertitudes des calculs géostatistiques ;
- Actions de sensibilisation auprès des acteurs locaux en particulier des collectivités sur le phénomène de remontée de nappe et l'importance d'identifier et de localiser les phénomènes survenus ;
- Inventaire systématique à l'avenir des phénomènes de remontée de nappe même sans déclaration de catastrophe naturelle (procédure CATNAT) et bancarisation des informations (base de données descriptive du phénomène, cartographie précise et hauteurs) ;
- Mise en place d'un réseau piézométrique de suivi des nappes libres en fonction des enjeux. Un jeu de 3 à 4 piézomètres judicieusement implantés (réutilisation d'ouvrages existant ou créations d'ouvrages spécifiques) paraît être une proposition acceptable (techniquement et financièrement) au regard de la problématique et des enjeux locaux. Le suivi pourra faire l'objet d'une mise à disposition sur le portail national d'accès aux données sur les eaux souterraines, site public [ADES](#). La prise en charge pourrait être assurée par une collectivité ; le BRGM restant disponible dans le cadre de ses missions de service public pour apporter le conseil nécessaire.

7. Conclusions

La réalisation de la cartographie de sensibilité aux remontées de nappe sur le bassin versant de la Chiers et de ses affluents Thinte, Loison, Thonne, Ton et Othain, s'est appuyée sur le « **Guide méthodologique pour l'établissement de carte de sensibilité aux remontées de nappe à l'échelle locale** » (BESSIERE et al., 2020).

Le secteur d'étude s'est avéré très particulier à traiter nécessitant des **adaptations régulières** au rythme des traitements réalisés (Figure 80 et Figure 82). La disponibilité d'informations sur les niveaux des nappes du secteur étudié en situation de hautes, voire très hautes eaux s'est avérée limitée. Les chroniques piézométriques de longue durée étaient disponibles mais uniquement à l'extérieur du bassin de la Chiers. Ces chroniques piézométriques se sont avérées insuffisamment denses (fréquence d'acquisition des données trop grande à certaine période) pour réaliser des traitements géostatistiques prévus. La **modélisation globale mise en œuvre avec GARDENIA** a finalement permis de pallier le problème, et d'associer les points de mesures entre eux pour calculer la cote maximale dite ZT100 (Figure 81). Parmi les autres données prises en compte, on note la localisation des sources, les données historiques de remontée de nappe, issues des enquêtes menées auprès des collectivités, et la BD Topage pour les eaux superficielles.

Les **niveaux de fiabilité** attribués à chaque type de données (faible, moyen, fort) ont servi de base à l'analyse géostatistique pour l'interpolation par krigeage ordinaire de la surface piézométrique maximale ZT100. Cette **interpolation** a été réalisée sur des points de calibrage éprouvés par des tests de cohérence itératifs, dont la validation croisée, de sorte à identifier puis supprimer les données aberrantes. Les points de contraintes n'ont pas été utilisés (résultats des tests non satisfaisants).

La carte des valeurs interpolées de la cote piézométriques maximale a permis par soustraction au MNT au pas de 5 m d'obtenir la **carte des profondeurs du niveau de nappe en situation de très hautes eaux**.

La **cartographie des zones sensibles aux inondations par remontée de nappe (RN)** sur le bassin de la Chiers (Figure 79) comprend quatre classes de sensibilité dépendantes de la profondeur de la nappe en situation de très hautes eaux :

- Zones très sensibles aux inondations par RN : niveau de nappe au-dessus du sol ;
- Zones sensibles aux inondations par RN : niveau de nappe entre 0 et 2,5 m de profondeur ;
- Zones peu sensibles aux inondations par RN : niveau de nappe entre 2,5 et 5 m de profondeur ;
- Zone non sensibles aux inondations par RN : niveau de nappe à plus de 5 m de profondeur.

La cartographie des **indices de confiance** confirme que le résultat est satisfaisant sur la majorité de la zone d'étude (58%), l'indice de confiance est globalement moyen sur 34% des mailles et insatisfaisant sur 8% des mailles. Des incertitudes subsistent dans certaines zones, notamment sur les plateaux en bordure de la zone d'étude ou les interfluves (par exemple Loison-Othain) liées à l'absence de points de calibration hors cours d'eau.

La cartographie des **zones d'intérêt** obtenue par combinaison des trois critères « indice de confiance », « fiabilité des points » et « anthropisation » a permis l'identification de secteurs homogènes (zones d'intérêt fort à moyen) sur lesquels un certain nombre d'actions ont été proposées (Figure 82) :

- Inventaire systématique des forages et puits avec possibilité de mesure des niveaux d'eau ;
- Nivellement des repères de mesure sur une sélection de points de mesure ;
- Réalisation d'une campagne piézométrique synchrone afin de ne disposer de points de validation supplémentaires sur des zones ciblées en fonction des incertitudes des calculs géostatistiques ;
- Actions de sensibilisation auprès des acteurs locaux en particulier des collectivités sur le phénomène de remontée de nappe et l'importance d'identifier et de localiser les phénomènes survenus ;
- Inventaire systématique à l'avenir des phénomènes de remontée de nappe même sans déclaration de catastrophe naturelle (procédure CATNAT) et bancarisation des informations (base de données descriptive du phénomène, cartographie précise et hauteurs) ;
- Mise en place d'un réseau piézométrique de suivi des nappes libres en fonction des enjeux (3 à 4 piézomètres judicieusement implantés).

L'approche géomatique mise en œuvre est quasi-systématiquement soumise à une somme d'incertitudes d'origines diverses (Figure 82), induisant des biais parfois importants dans certaines zones du bassin versant investigué. Il faut donc considérer ces limitations lorsqu'une exploitation de ce type de résultats est entreprise. Surtout, compte tenu des informations utilisées et de leurs échelles de validité, cette approche cartographique doit être considérée comme indicative. Elle ne doit pas être utilisée à une échelle inférieure à celle préconisée et se substituer à des études plus locales.

L'échelle d'utilisation préconisée de la carte élaborée est le 1/100 000 voire 1/50 000 sur les secteurs présentant le moins d'incertitudes.

On notera pour finir qu'une grande partie du territoire est concerné par des formations calcaires et localement des systèmes karstiques qui contribue également aux phénomènes de remontée de nappe (à Delut par exemple). Les approches méthodologiques envisagées pour tenir compte de ce facteur ne sont pas avérées satisfaisantes faute de données suffisantes.

En conclusion, la carte de sensibilité aux remontées de nappe élaborée sur le bassin de la Chiers apporte des éléments de connaissance dans la perspective d'élaboration d'un Plan de Prévision de Risque. Pour ce faire, il est nécessaire de se reporter à la carte des zones d'intérêt qui précise les secteurs où la fiabilité est suffisamment bonne pour envisager une utilisation au 1/50 000 et les secteurs où la fiabilité est insuffisante pour envisager une utilisation à une échelle plus fine que 1/100 000 et où l'acquisition de données complémentaires sera nécessaire localement. La cartographie constitue en ce sens un bon indicateur pour définir les secteurs favorables à l'établissement d'un PPR.

Bassin de la Chiers

Bilan de la collecte et adaptation

- Points de mesure sur forage peu nombreux
- Mesures généralement effectuées en période BE
- 1 seule chronique suffisamment robuste mais inexploitable (nappe captive à Jametz) → recherche de points hors BV

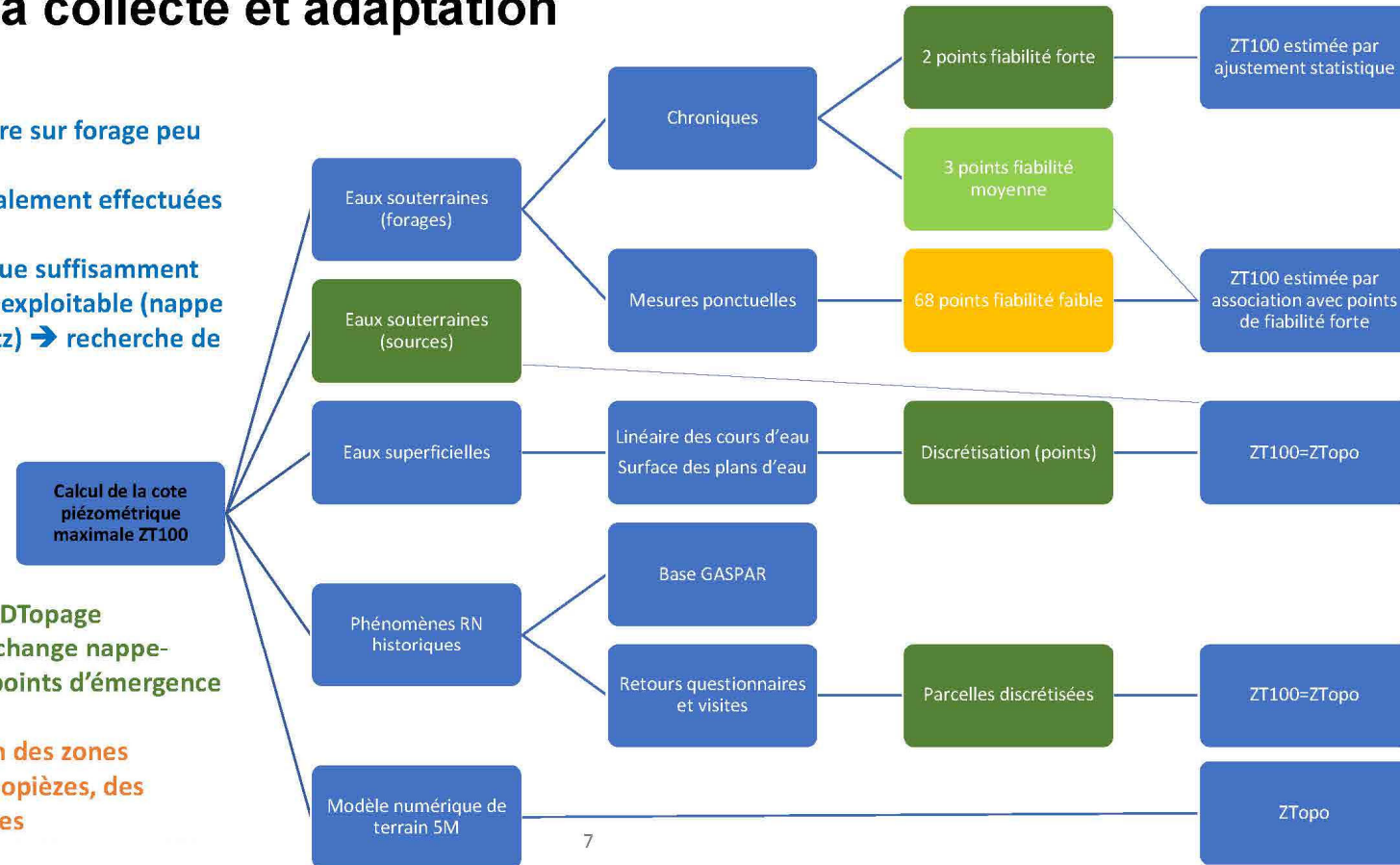


Figure 80 – Récapitulatif de la collecte et des adaptations réalisées

Bassin de la Chiers

Estimation de la cote piézométrique maximale et ajustement méthodologique

ANALYSE STATISTIQUE ET FREQUENTIELLE DES CHRONIQUES AVEC LOGICIEL ESTHER

- **Piézomètre de Vacherauville**
 - Les conditions sont remplies pour satisfaire aux tests de tendance, de rupture, d'homogénéité, d'indépendance et autocorrélation
 - ➔ Analyse sur la chronique observée et calcul du niveau piézométrique pour période de retour 100 ans
- **Piézomètre de Stenay**
 - Les conditions ne sont pas remplies ➔ nécessité de reconstituer la chronique par modélisation hydrodynamique
 - ➔ Analyse sur la chronique simulée et calcul du niveau piézométrique pour période de retour 100 ans

BRGM — SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL — WWW.BRGM.FR

9

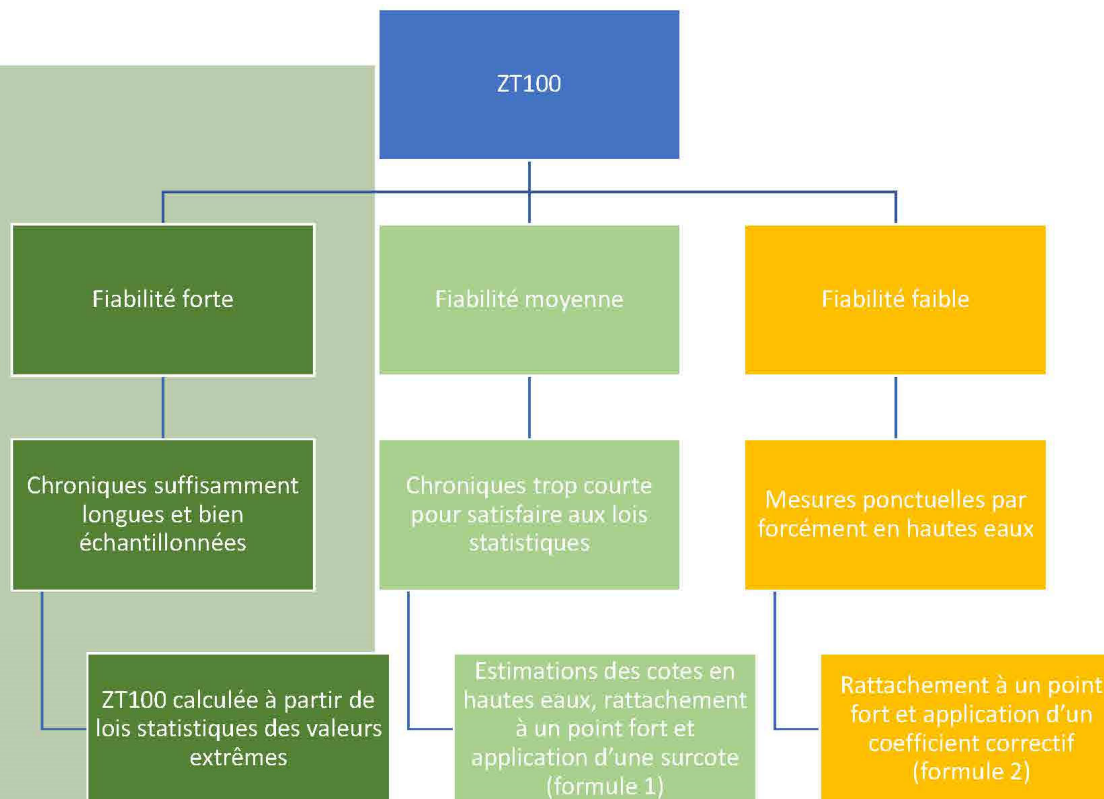


Figure 81 – Récapitulatif du processus suivi pour l'estimation de la cote piézométrique maximale

Faiblesses et incertitudes

- Peu de points de mesure des niveaux d'eau et inégalement répartis
- Mesures généralement effectuées en période BE pour suivi sécheresse et très peu de mesure en HE → fiabilité faible à moyenne
- Peu d'indications sur les repères de mesure et leur altitude → nivellement incertain
- 1 seule chronique suffisamment robuste mais inexploitable (nappe captive à Jametz)
- Utilisation déterminante de BDTopage pour les points de calibrage → hypothèse d'échange nappe-rivière

Adaptations

- Recherche de piézomètres de surveillance (nappe libre) avec chroniques hors BV
- Reconstitution de chroniques par modélisation hydrodynamique → fiabilité forte pour rattachement
- Reconstitution de points de mesures pour les isopièzes en moyennes eaux et utilisation comme points de calibrage
- Réalisation d'enquêtes et de visites de terrain pour pouvoir identifier les zones historiques de RN
- Application d'un masque sur les zones imperméables (nappe captive)

Feedback

- Pas d'utilisation des zones humides comme points de contrainte → manque information sur les relation avec ESO
- Pas d'utilisation des isopièzes comme points de calibrage → sauf si disponibles pour les hautes eaux avec les points de mesure avant interpolation
- Pas d'utilisation des débits sur les sources → manque d'information pour déterminer la surface contributive

Pistes d'actions

- Inventaire systématique des forages avec niveau d'eau
- Nivellement des repères de mesure
- Réalisation d'une campagne piézo synchrone en HE
- Actions de sensibilisation → vulgarisation concept RN
- Inventaire systématique des futurs phénomènes (BDD, cartographie)
- Mise en place d'un réseau piézométrique de suivi des nappes libres en fonction des enjeux

Figure 82 – Bilan de l'étude et pistes d'actions

8. Bibliographie

ALLIER D. TORMO F. BRUGERON A. et al. (2012) – Evaluation préliminaire du risque d'inondations par remontées de nappes. Rapport final BRGM/RP-59890-FR. 75 p. 43 illustrations, 4 annexes.

ALLIER D., BRUGERON A., MARDHEL V. (2018) - Cartographie préliminaire de l'épaisseur moyenne de la zone non saturée, à l'échelle du 1/100 000 ème sur la France Métropolitaine. BRGM/RP-68354-FR, 20 p.

<https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-68354-FR.pdf>

ARNAUD L., PAPAGEORGIOU E., ASSY Y., FOUMELIS M., BRUGERON A., MANCEAU JC., DUPAIGNE T. (2020) - Cartographie de sensibilité aux remontées de nappes à l'échelle des bassins de la Seine Amont et Moyenne. Rapport final. BRGM/RP-69607-FR, 89 p., 2 ann.

<https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-69607-FR.pdf>

BESSIERE H., BRUGERON A., BOURGINE B., PAPAGEORGIOU E., FOUMELIS M. (2020) – Guide méthodologique pour l'établissement de carte de sensibilité aux remontées de nappe à l'échelle locale. Rapport final. BRGM/RP-69653-FR.

<http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-69653-FR.pdf>

BESSIERE H., TILLER T., BOURGINE B., BRUGERON A., FOUMELIS M. (2019) – Mise en place d'une méthodologie de cartographie de risque d'inondation par remontée de nappe à l'échelle locale – Application à la nappe d'Alsace au Sud de Strasbourg. Rapport final. BRGM/RP-68600-FR, 86 p., 41 fig., 9 tabl.

<http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-68600-FR.pdf>

BOULY S. (1977) - Les ressources en eau des Grès du Luxembourg et Calcaires de Romery en Ardennes. Rapport ENSG de juillet 1977, 32 p., 28 ann.

BRUGERON, A. ; BESSIERE, H. ; BOURGINE, B. ; STOLLSTEINER, P. (2018) - Etude méthodologique pour l'amélioration de la cartographie de sensibilité aux remontées de nappes et réalisation d'une carte nationale. BRGM/RP-65452-FR, 116 p.

<https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-65452-FR.pdf>

BRUGERON.A., BESSIERE.H., BOURGINE.B., STOLLSTEINER.P. (2018) - Etude méthodologique pour l'amélioration de la cartographie de sensibilité aux remontées de nappes et réalisation d'une carte nationale. BRGM/RP-65452-FR, 116 p.

<infoterre.brgm.fr/rapports/RP-65452-FR.pdf>

CETE NORD PICARDIE (2012) – Dossier 2012-119 (affaire 110300235). Directive Inondation - Cartographie. Mission n°6 « remontée de nappe ». 71 p.

CHEVALIER J., DARAGON M. (2012) - Etude de recensement des plans d'eau et zones humides de l'Unité Hydrographique Chiers-Meuse. Rapport final ELEMENT CINQ Version 3 de Décembre 2012.

DGPR/SRNH/BRM (2012) - Mise en œuvre de la directive européenne relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondations. Recommandations techniques pour l'élaboration de la cartographie des surfaces inondables et des risques. Circulaire relative à la mise en œuvre de la phase « cartographie » de la directive inondation - ANNEXE 3.

<http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-65452-FR.pdf>

DONSIMONI M. (2007) - Carte géologique harmonisée du département de la Meuse, notice géologique. Rapport final. BRGM/RP-55513-FR, 106 p. 1 ann., 7 pht.
<https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-55513-FR.pdf>

GAMEZ P. (1977) - Etude géomorphologique d'un bassin versant karstique : les « bouillons » de Delut (Meuse). Mémoire de maîtrise. Université de Metz, CEGUM, Metz, France. 64 p.

GAMEZ P. (1983). – Morphologie karstique du bassin de Delut (Meuse). Bulletin de la Société d'histoire naturelle des Ardennes tome 73, Société d'histoire naturelle des Ardennes, Charleville-Mézières, p. 37-44.

GAMEZ P. (1992) - Hydrologie et karstologie du bassin du Loison (Woëvre septentrionale - Lorraine). Paléontologie. Université Paul Verlaine – Metz. 331 p.

LE NINDRE Y-M. (1995) - Synthèse cartographique à 1/250 000 des réservoirs aquifères du bassin Rhin-Meuse. Rapport final. BRGM/RR-38618-FR, 36 p. 2 pht.
<https://infoterre.brgm.fr/rapports/RR-38618-FR.pdf>

MACHARD DE GRAMONT H., MARDHEL V. et al. (2006) - Atlas des remontées de nappes en France métropolitaine. Rapport BRGM/RP-54414-FR.
<http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-54414-FR.pdf>

MANCEAU JC, ALLIER D, BUSCARLET E (2020) – Analyse de la sécheresse hydrogéologique dans la région Grand Est – Phase 2 : amélioration des indicateurs de gestion. Rapport final. BRGM/RP-69867-FR, 336 p., 29 ill., 3 tabl., 5 ann., 1 CD.
<https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-69867-FR.pdf>

Sites internet :

<https://www.georisques.gouv.fr/dossiers/inondations>

<http://infoterre.brgm.fr/>

<https://ades.eaufrance.fr/>

Annexe 1 - Liste des 82 communes de la zone d'étude

Commune	Département		Communauté de commune
AFFLEVILLE	MEURTHE-ET-MOSELLE	54	CC Orne Lorraine Confluences
AVILLERS	MEURTHE-ET-MOSELLE	54	CC Coeur du Pays Haut
DOMPRIX	MEURTHE-ET-MOSELLE	54	CC Coeur du Pays Haut
GONDRECOURT-AIX	MEURTHE-ET-MOSELLE	54	CC Orne Lorraine Confluences
GRAND-FAILLY	MEURTHE-ET-MOSELLE	54	CC Terre Lorraine du Longuyonnais
JOUDREVILLE	MEURTHE-ET-MOSELLE	54	CC Coeur du Pays Haut
NORROY-LE-SEC	MEURTHE-ET-MOSELLE	54	CC Orne Lorraine Confluences
OTHE	MEURTHE-ET-MOSELLE	54	CC Terre Lorraine du Longuyonnais
PETIT-FAILLY	MEURTHE-ET-MOSELLE	54	CC Terre Lorraine du Longuyonnais
SAINT-JEAN-LES-LONGUYON	MEURTHE-ET-MOSELLE	54	CC Terre Lorraine du Longuyonnais
VILLERS-LE-ROND	MEURTHE-ET-MOSELLE	54	CC Terre Lorraine du Longuyonnais
ARRANCY-SUR-CRUSNE	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
AVIOTH	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
AZANNES-ET-SOUMAZANNES	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
BAALON	MEUSE	55	CC du Pays de Stenay et du Val Dunois
BAZEILLES-SUR-OTHAIN	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
BILLY-SOUS-MANGIENNES	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
BOULIGNY	MEUSE	55	CC Coeur du Pays Haut
BRANDEVILLE	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
BREHEVILLE	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
BREUX	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
BROUENNES	MEUSE	55	CC du Pays de Stenay et du Val Dunois
CHAUMONT-DEVANT-DAMVILLERS	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
CHAUVENCY-LE-CHATEAU	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
CHAUVENCY-SAINT-HUBERT	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
DAMVILLERS	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
DELUT	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
DOMBRAS	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
DOMMARY-BARONCOURT	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt

Commune	Département		Communauté de commune
DOMREMY-LA-CANNE	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
DUZEY	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
ECOUVIEZ	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
ECUREY-EN-VERDUNOIS	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
ETON	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
ETRAYE	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
FLASSIGNY	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
GOURAINCOURT	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
GREMILLY	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
HAN-LES-JUVIGNY	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
IRE-LE-SEC	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
JAMETZ	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
JUVIGNY-SUR-LOISON	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
LAMOUILLY	MEUSE	55	CC du Pays de Stenay et du Val Dunois
LISSEY	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
LOISON	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
LOUPPY-SUR-LOISON	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
MANGIENNES	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
MARVILLE	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
MERLES-SUR-LOISON	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
MOIREY-FLABAS-CREPION	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
MONTMEDY	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
MUZERAY	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
NEPVANT	MEUSE	55	CC du Pays de Stenay et du Val Dunois
NOUILLONPONT	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
OLIZY-SUR-CHIERS	MEUSE	55	CC du Pays de Stenay et du Val Dunois
PEUVILLERS	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
PILLON	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
QUINCY-LANDZECOURT	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
REMOIVILLE	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
REVILLE-AUX-BOIS	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
ROMAGNE-SOUS-LES-COTES	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
ROUVROIS-SUR-OTHAIN	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
RUPT-SUR-OTHAIN	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
SAINT-LAURENT-SUR-OTHAIN	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt

Commune	Département		Communauté de commune
SAINT-PIERREVILLERS	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
SORBEY	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
SPINCOURT	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
STENAY	MEUSE	55	CC du Pays de Stenay et du Val Dunois
THONNE-LA-LONG	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
THONNE-LES-PRES	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
THONNE-LE-THIL	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
THONNELLE	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
VAUDONCOURT	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
VELOSNES	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
VERNEUIL-GRAND	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
VERNEUIL-PETIT	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
VIGNEUL-SOUS-MONTMEDY	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
VILLECLOYE	MEUSE	55	CC du Pays de Montmédy
VILLE-DEVANT-CHAUMONT	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
VILLERS-LES-MANGIENNES	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
VITTARVILLE	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt
WAVRILLE	MEUSE	55	CC de Damvillers Spincourt

Annexe 2 - Liste des principales formations aquifères (A) et écrans imperméables (EI) rencontrées sur le secteur d'étude

Groupement de nappes	Stratigraphie formations	Lithologie formations	Nature	MONTMEDY (N°88)	STENAY (N°111)	LONGUYON (N°112)/GORCY (N°89)	ETAIN (N°136)	BRIEY (N°137)
ALLUVIONS	Nappe alluviale		A	X alluvions bénéficiant localement du trop plein des réservoirs constituant les reliefs		X alluvions de la Chiers avec ressources non négligeables / débits importants avec réserves sur le Loison et l'Othain (si bonne granulométrie)	X	alluvions de la Moselle
OXFORDIEN	Oxfordien supérieur	calcaires oolithique du Séquanien calcaires à Astartes	A		X nombreuses sources de déversement avec débit important par rapport à la faible superficie des BV		X sources à débit faible	
	Oxfordien supérieur	marno-calcaire du Séquanien	EI					
	Oxfordien moyen	calcaires argovo-rauraciens	A		X sources de déversement / pas ressource notable / aquifère par fissuration / communication hydraulique avec les alluvions	X émergences des calcaires coralliens peu abondantes	X sources à débit variable généralement faible / 2 niveaux aquifères à distinguer : calcaires à entroques (base de l'Argovien) et calcaires coralliens du Rauracien inf	X
	Oxfordien moyen	marno-calcaire de l'Argovien	EI			corallien inférieur très marneux		
	Oxfordien	oolithes ferrugineuses	A	X sources	X sources de trop plein / débit faible aux émergences			
	Oxfordien	niveau argileux des chailles	EI					
	Oxfordien	calcaires siliceux à chailles	A		X sources émergeant des bancs calcaires fissuré / compact en profondeur	X sources assez importantes	X sources avec faible débit	
	Callovo-Oxfordien	argiles et marnes / argiles de la Woëvre	EI					
BATHONIEN	Bathonien supérieur	calcaires oolithiques dit "dalle d'Etain"	A	X nombreuses sources à débit non négligeable / capté également par forages / niveau aquifère le plus intéressant avec les caillasses	X débit régi par la fissuration et donc irrégulier	X émergences pérennes à débit moyen		
	Bathonien moyen	marnes à Rhynchonelles	EI			X qq émergences parfois pérennes à faible débit		
	Bathonien inférieur	caillasses à Anabacia	A	X sources à débit intéressant / niveau aquifère le plus intéressant avec la dalle d'Etain	X ligne de source non négligeable	X peu d'émergences		X nombreuses sources au contact des marnes sous-jacentes à débit faible
BAJOCIEN	Bajocien terminal	marnes de Gravelotte/marnes à Térébratula globata	EI					
	Bajocien supérieur	calcaires oolithiques de Doncourt	A	X sources assez importantes		X sources assez importantes		
	Bajocien supérieur	niveau des Clapes	EI					
	Bajocien supérieur	calcaires oolithiques de Jaumont	A	X faible niveau aquifère	X faible niveau aquifère sur le plateau calcaire	X qq sources pérennes		X sources à débit variables
	Bajocien supérieur	marnes de Longwy	EI					
	Bajocien moyen et inférieur	calcaires coralliens, de Haut-Pont, d'Ottange, à polypiers	A	X sources émergeant des calcaires à polypiers sur marnes de Grandcourt		X sources pérennes à débit souvent important		X en charge / peu connu
	Bajocien basal/Aalénien	marnes de Charennes, de Grandcourt	EI					
GRES DU LIAS	Aalénien	grès supraliasiques	A					X niveau de source à débit faible
	Toarcien	Marnes/argiles	EI					
	Lias moyen	grès médioliasiques du Domérien	A	X pour le Macigno d'Aubange du Domérien sup ==> sources à débit assez important		X pour le Macigno d'Aubange du Domérien sup ==> qq sources pérennes à débit moyen		X nappe captive à débit faible / minéralisée
	Lias moyen	marnes à Amaltheus margaritatus	EI					
	Lias inférieur	grès et calcaires sableux du Sinémurien-Hettangien	A	X nombreuses sources et abondantes en fond de vallée / régime de fissuration prédominant / nappe captive sous recouvrement au nord de la Chiers				
	Trias supérieur	Argiles rouges de Levallois du Rhétien	EI					
TRIAS	Trias supérieur	grès rhétiens	A			-- peuvent se révéler aquifères / débit aléatoire (faible épaisseur)		X nappe captive à débit variable / minéralisée
	Trias supérieur	Marnes irisées supérieures et Argiles de Chanville du Keuper	EI					
	Trias inférieur	grès (GTI)	A			-- nappe profonde sous couverture / sans information localement		X nappe captive avec débit important / minéralisée

Annexe 3 - Questionnaire d'enquête auprès des collectivités sur les aspects « remontée de nappe »

Evaluation des zones à risque de remontée de nappe dans le bassin versant de la Chiers et ses affluents



Enquête sur les remontées de nappe du bassin versant de la Chiers et de ses affluents

1) Contexte et avertissement

La DDT de la Meuse réalise une étude concernant le risque lié aux inondations sur le bassin versant de la Chiers et de ses affluents pour l'élaboration d'un Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI) sur les territoires les plus sensibles. Cette étude concerne 82 communes 71 sur le département de la Meuse et 11 sur le département de la Meurthe-et-Moselle.

Les scientifiques du BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières), Service Géologique Régional Grand Est, étudient plus particulièrement les **phénomènes de remontée de nappe**.

Aussi, nous vous remercions par avance de bien vouloir prendre quelques instants pour répondre à cette enquête à but non-commercial afin de nous aider dans l'étude de ces phénomènes, de récolter des informations sur votre connaissance locale et les historiques des inondations sur votre commune.

À propos des remontées de nappe

Il existe différents types d'inondations : (1) le débordement de cours d'eau, (2) la crue torrentielle consécutive à des averses violentes et associée au ruissellement et (3) la remontée de nappe (RN).

Le phénomène RN s'explique par une recharge naturelle annuelle de la nappe par les pluies plus importante que sa vidange vers les exutoires naturels (rivières ou sources). Le niveau de la nappe monte plus ou moins lentement jusqu'à atteindre les fondations des bâtiments, envahir les caves, sous-sols et habitations, submerger la surface des sols (jardins, parcelles agricoles, chaudières) ou réactiver d'anciennes sources karstiques.

Le phénomène RN peut intervenir indépendamment ou de façon concomitante aux autres types d'inondation et il est parfois difficile de les distinguer. En général, le phénomène RN est très lent et peut durer plusieurs mois, sur une durée parfois bien plus longue que les inondations par débordement de cours d'eau.

Pour toute demande complémentaire ou renvoi du questionnaire : m.chobart@brgm.fr

2) Informations générales

Commune

N° INSEE

Nom / Prénom

Fonction

Téléphone

E-mail



3) Connaissance de l'exposition de la commune à l'aléa remontée de nappe

La commune a-t-elle déjà demandé à être reconnue en état de catastrophe naturelle au titre d'une remontée de nappe phréatique dans le passé ?

☐ oui ☐ Non

Si oui à quelle(s) date(s) ?

Pour quelle(s) adresse(s) ou secteur(s) ? *Compléter la carte jointe ou communiquer une nouvelle carte*

Des mesures de prévention spécifiques pour l'aléa remontée de nappe existent-elles dans votre commune ?

☐ oui ☐ Non

Si oui, les décrire (arrêtés de péril...)

Avez-vous connaissance de la carte nationale de sensibilité aux remontées de nappe disponible sur le site [Portique](https://portique.mt.solidarite.gouv.fr/) du Ministère de la transition écologique et solidaire ? Cf. *fiche SIGES "aléa remontée de nappe"*

☐ oui ☐ Non

Si oui, avez-vous remarqué des incohérences ou des zones en contradictions avec le rendu cartographique de la carte nationale ?

☐ oui ☐ Non

Si oui annoter la carte jointe

Commentaire libre



4) Données relatives aux remontées de nappe

Avez-vous connaissance de données relatives aux phénomènes de remontées de nappe sur votre commune (cartes inondation, photos, cartes piézométriques etc...) ?

☐ oui ☐ Non

Si oui, lesquels ?

Pouvez-vous nous les communiquer ?

☐ oui ☐ Non

Commentaire libre

5) Historique des inondations par remontée de nappe sur votre commune

Compléter le tableau n°1 → 1 ligne par évènement

Compléter la carte jointe ou communiquer une nouvelle carte

6) Données relatives aux sources sur votre commune

Compléter le tableau n°2 → 1 ligne par source

Compléter la carte jointe ou communiquer une nouvelle carte

7) Données relatives aux puits ou forages sur votre commune

Compléter le tableau n°3 → 1 ligne par puits ou forage

Compléter la carte jointe ou communiquer une nouvelle carte

Evaluation des zones à risque de remontée de nappe dans le bassin versant de la Chiers et ses affluents

Commune : _____

Date de l'inondation par remontée de nappe JJ/MM/AAAA	Numéro(s) parcelle(s) cadastrale(s) et/ou numéro sur carte jointe	Adresse(s)	Durée de l'inondation : - Plusieurs heures - Plusieurs jours - Plusieurs semaines - Plusieurs mois - Autres à préciser	Biens endommagés par l'inondation : - cave / sous-sol bâtiment - rez-de-chaussée bâtiment - jardin / terrain agricole - chaussée / axe de circulation - Autres à préciser	Estimation des hauteurs d'eau (en cm) maximales atteintes par l'inondation pour chacun des biens ou en moyenne (ex : 50 pour 50 cm d'eau)	Origine complémentaire de l'inondation* : - débordement de cours d'eau - ruissellement - Autres à préciser	Commentaires libres

* = on considère l'origine de l'inondation par remontée de nappe comme principale

Evaluation des zones à risque de remontée de nappe dans le bassin versant de la Chiers et ses affluents

Commune : _____

Localisation de la source - adresse - ou coordonnées géographiques - ou numéros sur la carte jointe	Est-il déjà arrivé que la source déborde et contribue aux inondations ? Si oui en quelles années ?	Y a-t-il des observations sur la source (débits ou niveau d'eau) ?	l'écoulement de la source est-il permanent ?	Quelle est la période d'écoulement de la source ? (exemple : Décembre à mai)	Commentaires libres

Evaluation des zones à risque de remontée de nappe dans le bassin versant de la Chiers et ses affluents

Commune : _____

Localisation du puits : - adresse - ou coordonnées géographiques - ou numéros sur la carte jointe	Est-il déjà arrivé que le puits déborde ? Si oui en quelles années ?	Y a-t-il des observations de niveau d'eau sur le puits ?	Quel est la profondeur du niveau d'eau moyen dans le puits** ? (par exemple 2 m par rapport au sol ou 1.5 m par rapport à la margelle dépassant de 50 cm du sol)	Niveau d'eau maximal atteints ? (par exemple 0.2 m pour une profondeur de 20 cm sous la surface du sol)	Date associée au niveau max ?	Commentaires libres

** = consulter la notice "Principe de la mesure de niveau d'eau" et "Exemples de repère de mesure"

Annexe 4 – Tableau de synthèse du retour des questionnaires par les collectivités

Commune	Date visite	Connaissance de l'exposition à l'aléa R.N						Données R.N						Commentaire général BRGM	AVIS FINAL BRGM RN	
		CATNAT	Date demande	Mesures Prevention	Connaissance Carte Nationale S.R.N	Incohérences	Commentaire	Donnée dispo	Nature	Commentaire	Tab. Historique	Tab. Sources	Tab. Forage			Carte
Avioth	04/10/2021	Non		Non	Non			Oui			Oui	Oui	Non	Oui	Remontée de nappe lors de pluies abondantes. Doc à disposition. Prévoir visite. Sources du lavoir 00888X0015 et 16 (Domérien sup). Mail pour rdv envoyé le 02/09/2021. Echanges par mail les 19 et 22 sept pour une visite le 4 oct 2021.	Oui
Baalon		Non			Non			Non			Non	Oui	Oui	Non	1 source rue Le boeuf au centre ville mais sans mesure + 1 forage chatelet village avec niveau d'eau 12 m ==> aucun n'est inventorié en BSS. Contact mairie par mail pour infos le 02/09/2021. Pas de réponse.	Non
Bazeilles-sur-Othain								Non			Non	Non	Non	Non	aucune info dispo sur source ou forage.	Non
Brouennes		Non		Non	Non	Non		Non			Non	Oui	Non	Non	Source de Bertrimont 00887X0030 sur Chauvency-Saint-Hubert sans contribution aux RN.	Non
Chaumont-devant-Damvillers								Non			Non	Non	Non	Non	Quelques sources en BSS mais aucune remontée de nappe.	Non
Chauvency-le-château		Non		Non	Non			Non			Non	Non	Non	Non	Aucune info dispo sur source ou forage.	Non
Chauvency-saint-Hubert		Oui	2016	Non	Non		centre du village (ruisseau du Four) en 2016-2018-2020	Oui	Photos		Oui	Non	Non	Oui	Suite à visite du 05/08/2021 sur Thonne-la-Long, la secretaire de mairie a indiqué que l'inondation était de type débordement de cours d'eau ruisseau du Four et la Chiers (vallée). Plusieurs sources en amont du ruisseau du Four qui pourraient contribuer (BATH-BAJ) mais pas d'autres infos côté collectivité.	Non
Delut	06/08/2021	Oui	2021	Non				Oui	Cadastrés, biens		Non	Non	Non	Non	Pas de retour questionnaire mais infos collectées suite à demande de CATNAT et visite.	Oui
Domremy-la-canne								Non			Non	Non	Non	Non	Concerné uniquement par débordement de l'Othain.	Non
Ecouviez		Non		Non	Oui			Non			Non	Oui	Non	Oui	1 source sans observation faite par la collectivité mais avec suivi de 1974 à 1980 en BSS 00895X0012	Non
Flassigny								Non			Oui	Non	Non	Non	Dans le questionnaire il est précisé "remontée de nappe sur tout le village" pour les dates suivantes : 13/04/2015 et 16/07/2021.	Incertain
Han-Lès-Juvigny		Non		Non	Non			Non			Non	Oui	Oui	Non	1 source sans information en BSS (juste une mesure Q) estimation actuelle du débit par la collectivité 29 m3/j soit 0.34 L/s (mesure moyenne constante sur plusieurs années) ==> contact pour obtenir info complémentaire faite le 01/09/2021. Retour 01/09/2021. Les puits sont dans les caves des gens, le seul qui est à l'extérieur est à sec. l'AEP se fait par des pompes immergées dans un forage de 40 cm de diamètre (a priori 01114X0041 de 15 m de prof captant le BATH).	Non
Iré-le-sec		Non		Non	Non			Non			Non	Oui	Non	Oui	4 sources AEP Gros Prés (01114X0038-44), Rondez (01114X0036) et Champêtre (01114X0037) captant la dalle d'étain Bathonien sup.	Non
Lamouilly		Non			Non			Non			Non	Oui	Non	Non	2 sources signalées par la commune 00887X0009 (Belle du Moulin) et 10 (Sce de la Buse près ND de Bon Secours) mais 3 autres sces en BSS. Toutes les sces ont des mesures anciennes 1952, 1970 et 1974-1979.	Non
Louppy-Sur-Loison		Non		Non	Non			Non			Non	Oui	Non	Non	1 source sans mesure associée pour la collectivité 01114X0008 (1 mesure en BSS).	Non
Marville		Non		Non	Non			Non			Non	Non	Non	Non	Aucune info dispo sur source ou forage.	Non
Montmédy		Non		Non	Non	Non		Non			Non	Non	Oui	Non	Forage de la Créèle 00888X0056 de 1976 et 60 m de profondeur captant les calcaires du Domérien sous couverture du Bajocien (artésien). Source Créèle pas trouvée.	Non
Nepvant	04/10/2021	Non		Oui	Non			Oui	repères visuels		Oui	Non	Non	Oui	Prendre contact pour visite. Mail pour rdv envoyé le 02/09/2021. Retour tel le 22/09/2021 pour rdv le 4 oct 2021.	Oui
Olizy-sur-Chiers		Non		Non	Non			Non			Non	Oui	Non	Non	2 sources de Nère et de Corroy en fait en BSS 4 émergences Corroy = 00886X0018 + Nère = 00886X0019-20-21 avec plusieurs mesures de débit en BSS. Pas de mesure actuelles suite à travaux de mise en conformité. Contact commune pour info par mail le 02/09/2021.Retour le 06/09/2021 : travaux = réfection complète des chambres de réunion des 2 sources (Nerre et Corroy) et remise en état des trop-pleins des 2 sources. Travaux débutés en 2018 et terminés. Pas de rapport de fin de travaux / cf liste des travaux dans l'arrêté de DUP.	Non
Remoiville		Non		Non	Non			Non			Non	Non	Oui	Oui	1 forage 01114X0014 captant la dalle d'Etain BATH avec mesure ==> mail pour recup mesures du 01/09/2021. Sans réponse.	Non
Reville-aux-Bois		Non		Non	Non			Non			Non	Oui	Non	Non	Source de Bure 01118X0044-45 rien en BSS contact à prendre si doc nécessaire.	Non
Rupt-sur-Othain		Non		Non	Non	Non		Non			Non	Oui	Oui	Oui	2 sources 01122X0010-11 sans info en BSS pas de mesure par la collectivité et 1 forage 01122X0027 forage 47 m captant calcaires polypiers et oolithe Doncourt, proche piézo n°25 anciennement suivi.	Non
Thonne-la-Long	05/08/2021	Non		Non	Non			Oui	Rue, ferme, lavoir	dernière en date 14/07/2021	Oui	Non	Non	Oui	Pas de puits de la commune, l'AEP se fait depuis la Belgique, la commune se trouve dans une vallée, débordement de cours d'eau Thonne et apport par ruisseau de Launois (accumulation d'eau en aval) / RN signalées au niveau de l'église (cave + parvis), cimetière au niveau de l'étable (point haut) et dans certaines caves de maisons (hauteur 20 à 30 cm sur une durée de 2 jours environs).	Oui
Thonne-les-prés		Non		Non	Oui	Non		Non			Non	Oui	Non	Non	Source des vignes 00888X0033 avec mesure mensuelle Bath inf et Baj sup ==> contact par mail pour récupérer les données le 31/08/2021. Ok 2019-2021.	Non
Thonnelle		Non		Non	Non			Non			Non	Oui	Non	Non	Source du Brossard 00888X0018	Non
Verneuil-Grand		Non			Non			Non			Non	Oui	Non	Oui	2 sources signalées par la commune 00885X0008-9 pas de mesure (sauf en BSS 1979 et 1980 pour la n°8) captant les calcaires du BAJ.	Non
Verneuil-Petit		Non		Non	Non			Non			Non	Oui	Non	Non	Source de la Naue (Naux ou des Aulnes) 00895X0015 avec mesures de débits captant les calcaires à polypiers du Bajocien moyen à inf ==> contact par mail pour récupérer les données (pour info dispo en BSS 1976-1978). Ok recup 2009-2021.	Non
Vigneul_sous_Montmedy								Non			Non	Non	Non	Non	aucune info dispo sur source ou forage.	Non
Villecloye		Non			Non			Non			Oui	Non	Non	Non	Phénomène signalé sur parcelle agricole à la confluence Chiers-Othain avec origine complémentaire débordement Othain.	Oui

Annexe 5 – Compte rendus des visites de terrain



Réf. : NCY 21 CR 177

le 09/08/2021

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : CHABART Murielle	Entité : DAT/CNE/GRE/NCY
Projet : REMONTÉE DE NAPPE BASSIN CHIERS 55 & CATNAT 2021	Numéro : AP20NCY012
Date : 05/08/2021	Lieu : THONNE-LA-LONG (55)
Objet : Risques de remontée de nappe et derniers évènements d'inondation du 14 juillet 2021	
Participants : Mme THIERY Fabienne (adjointe) et ANSELME Sandrine – Marie de THONNE-LA-LONG / M. CHABART et O. BOUROUAY - BRGM	
Absents :	
Diffusion interne : Equipe projet TEAMS	
Diffusion externe : DDT55	
En cas de diffusion externe visa et nom du responsable :	

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

La commune recense deux évènements récents sur la commune :

- le 4 juillet 2021 : gros orage avec débordement du ruisseau d'Aunois sur le chemin de Saint-Valéry ;
- le 14 juillet 2021 : débordement de la Thonne.

Le ruisseau de l'Aunois est toute l'année en eau (jamais à sec).

La collectivité ne possède pas de forage ou de puits pour l'AEP mais quelques maisons ont dans leur cave des puits.

Il existe une source près du cimetière qui provoque des remontées de nappe dans le cimetière (sépultures ennoyées lors des enterrements) et en aval au niveau de l'étable de la ferme en face du cimetière.

Le parvis de l'église est également une zone d'émergence connue de la collectivité.

Action	Responsable	Délai	soldé
Communication du rapport concernant les travaux de confortement des berges de la Thonne. Avant-projet datant de juin 2020 → mesures de débit	MAIRIE	Immédiat	OK



Réf. : NCY 21 CR 178

le 09/08/2021

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : CHABART Murielle	Entité : DAT/CNE/GRE/NCY
Projet : REMONTEE DE NAPPE BASSIN CHIERS 55 & CATNAT 2021	Numéro : AP20NCY012
Date : 06/08/2021	Lieu : DELUT (55)
Objet : Risques de remontée de nappe et derniers évènements d'inondation du 14 juillet 2021	
Participants : Mme FRANTZ (maire) et Mr DEHAN (adjoint) – Marie de DELUT / M. CHABART et O. BOUROUAY - BRGM	
Absents :	
Diffusion interne : Equipe projet TEAMS	
Diffusion externe : DDT55	
En cas de diffusion externe visa et nom du responsable :	

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

La commune connaît des phénomènes d'inondations par remontée de nappe, c'est-à-dire mise en charge du réseau karstique en amont et résurgence au cœur du village avec remontées des niveaux. Le réseau karstique est accessible par un avent s'ouvrant dans le Bois de Marville et a fait l'objet d'explorations par le spéléo club de Metz dans les années 70-80 (cf rapport Patrice GAMEZ de novembre 1977).

La mise en charge et les remontées de nappe suite à des épisodes de précipitations intense sont bien connus des habitants et conduisent aux phénomènes impressionnant des « bouillons de Delut » mais généralement sans impact sur les bâtiments ou les chaussées du cœur de village (Petite Rue, Grande Rue, rue du Château). Le 14 juillet dernier le phénomène s'est avéré plus important en terme de hauteurs (50 à 80 cm au lieu de 15 à 20 cm environ en général). Il est également couplé à des phénomènes de ruissellement qui ont notamment impactés des habitations en périphérie du cœur de village (chemin et rue des Marrains, rue de la Croix, route de Dombras, rue du Cul de Sac).

Le phénomène est généralement bref et rapide lors de la crue puis de la décrue (quelques heures), sauf cette année la décrue a été plus longue (2 à 3 jours).

La première émergence qui s'active est celle devant l'église (rue du Château), la seconde est située Grande rue, où le macadam s'est soulevé

La collectivité ne dispose d'aucun suivi de ces débordements (pas de tableau récapitulatif, juste des photos et des films des derniers évènements : 30/05/2016 et 2009.

Les évènements interviennent en hiver lors que les terrains sont gelés par exemple (nov. ou fév.) aussi bien quand été (juin ou juillet).

Des traçages ont été réalisés ainsi que des mesures de niveau d'eau (limnigraphes). Les écoulements se font entre le réseau du Bois de Marville (Grand Failly), la Damusse, le Trou du Marcoussin (doline à droite de la route menant à Vittarville) et la Cuve à Merles-sur-Loison. Voir les rapports et article sur le réseau (P. GAMEZ) ou le spéléo club de Metz.

Action	Responsable	Délai	soldé
Envoi du rapport de P GAMEZ par la commune en version PDF	Mr DEHAN	immédiat	OK
Bibliographie P. GAMEZ et traçage (B. LOSON)	MC	immédiat	OK
Photos des évènements connus	Mr DEHAN	immédiat	OK
Contact avec spéléo club si pas d'info sur les traçages	MC	néant	

Réf. : NCY 21 CR 179

le 08/10/2021

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : JAVAUX B.	Entité : DAT/CNE/GRE/NCY
Projet : REMONTEE DE NAPPE BASSIN CHIERS 55	Numéro : AP20NCY012
Date : 04/10/2021	Lieu : AVIOTH (55)
Objet : Risques de remontée de nappe	
Participants : Mr Laurent GEOFFROY – Maire d’AVIOTH et Boris JAVAUX - BRGM	
Absents :	
Diffusion interne : Equipe projet TEAMS	
Diffusion externe : DDT55	
En cas de diffusion externe visa et nom du responsable :	

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

La commune se situe à la confluence du Ruisseau de Breux et de la Thonne.

Des épisodes pluvieux importants sur le bassin versant de la Thonne peuvent amener celle-ci à déborder de son lit mineur. Ces crues sont connues des habitants du village et n’affectent que la route au point le plus bas ainsi que les jardins en rive droite du cours d’eau dans la partie amont du pont à Avioth. Ces phénomènes de crues et décrues sont décrits par le Maire comme étant très rapides (la plus longue observée était d’environ 4 heures).

Des épisodes pluvieux importants sur le bassin versant du Ruisseau de Breux peuvent aussi amener ce cours d’eau à sortir de son lit mineur. Lors de sa dernière crue l’eau s’écoule en prenant la rue de l’hôpital sur une hauteur de 10-15 cm. Ces crues et décrues sont tout aussi rapides que pour la Thonne.

Lors d’épisodes pluvieux importants impactant simultanément les deux bassins versants, les crues et décrues des cours d’eaux sont tout aussi rapides cependant les remontées des nappes alluviales sont plus importantes. Elles induisent des phénomènes d’inondation par remontée de nappe qui n’affecte seulement que les caves des habitations situées le long de la rue de l’Hôpital ainsi que les jardins.

Réf. : NCY 21 CR 180

le 08/10/2021

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : JAVAUX B.	Entité : DAT/CNE/GRE/NCY
Projet : REMONTÉE DE NAPPE BASSIN CHIERS 55	Numéro : AP20NCY012
Date : 04/10/2021	Lieu : NEPVANT (55)
Objet : Risques de remontée de nappe	
Participants : Mr Fabien GRAFTIAUX – Maire de Nepvant et Boris JAVAUX - BRGM	
Absents :	
Diffusion interne : Equipe projet TEAMS	
Diffusion externe : DDT55	
En cas de diffusion externe visa et nom du responsable :	

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

La commune de Nepvant connaît des phénomènes de remontée de nappe. Cependant ces phénomènes sont localisés uniquement sur la parcelle 38 située à l'ouest du centre.

Les remontées de nappe n'affectent aucun bâtiment et n'ont donc aucun impact sur la commune de Nepvant.

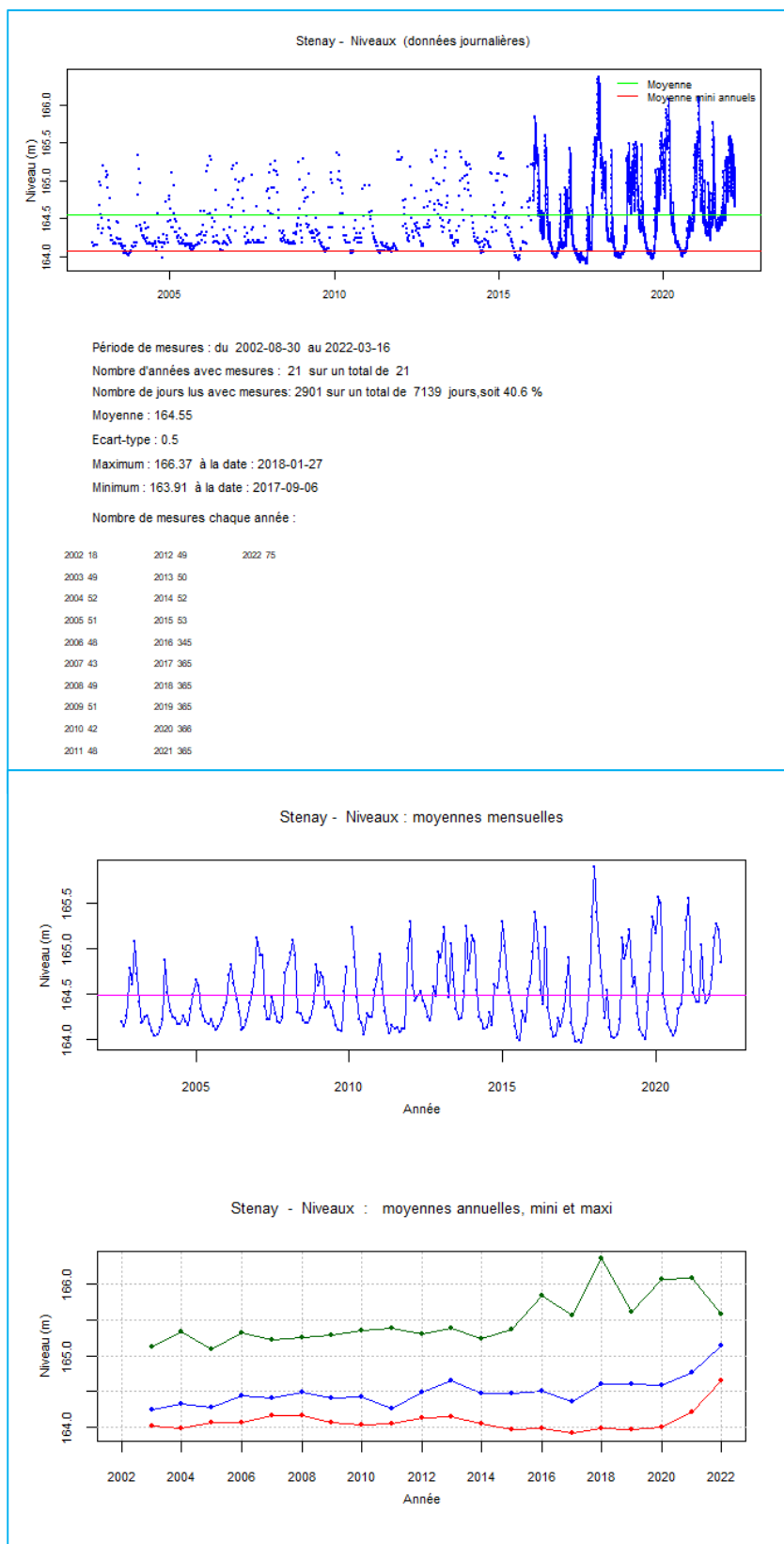
Annexe 6 – Synthèse du jeu de données pour le bassin versant de la Chiers et évaluation de la fiabilité

Source de données	Nature des données	Fiabilité	Usage	Commentaires sur l'utilisation pour l'interpolation	Calcul de ZT100	Nombre de points	
Base de données nationale (ADES/BSS Eau/BSS)	Chroniques et mesures ponctuelles						
20220427_CHIERS_mesurePIEZO(73)_fiabilite_ZMAXT100.shp	1 piézomètre suivi dans le BV Chiers représentatif des calcaires du Dogger sous couverture (JAMETZ-55)		non	CHRONIQUES Aucun piézomètre représentatif des nappes libres sur le bassin versant ==> 2 piézomètres de suivi avec chronique exexploitable hors BV pour les calcaires du Dogger et de l'Oxfordien	ZT100 estimée par ajustement statistique		
	1 piézomètre suivi hors BV Chiers représentatif des calcaires du Dogger libre (STENAY-55)	forte	CALIBRAGE			1	
	1 piézomètre suivi hors BV Chiers représentatif des alluvions de la Meuse et pas des alluvions de la Chiers (CHARNY-SUR-MEUSE-55)		non				
	1 piézomètre suivi hors bassin représentatif des calcaires de l'Oxfordien (LES CLERY-55)		non				
	1 piézomètre suivi hors bassin représentatif des calcaires de l'Oxfordien (VACHERAUVILLE-55)	forte	CALIBRAGE			1	
	Aucun piézomètre suivi dans le bassin ou hors bassin représentatif des formations du Lias		non				
	20 points d'eau en gisement captif ou artésien		non	MESURES PONCTUELLES 73 points d'eau exploitables avec des mesures sur les 118 recensés	ZT100 estimée par association avec points de fiabilité forte		71
	23 points d'eau sans mesures		non				
	3 points d'eau en gisement libre ou semi-captif avec des chroniques courtes, non exploitables par analyse fréquentielle mais avec des valeurs en HE ==> captant les calcaires du Dogger (5)	moyenne	CALIBRAGE			3	
	29 points d'eau en gisement libre ou semi-captif avec mesures ponctuelles en HE ==> captant les calcaires du Dogger (27) ou les formations du Lias (2)	faible	CALIBRAGE			29	
	39 points d'eau en gisement libre ou semi-captif avec mesures ponctuelles mais aucune en HE ==> captant les alluvions (3), les calcaires du Dogger (30) ou de l'Oxfordien (2), les formations du Lias (4)	faible	CONTRAINTE			39	
Données historiques, enquêtes et CATNAT	Points "inondation par remontée de nappe" géoréférencés						
20220227_RN_CHIERS_retourComm_surfaces_points&cotes.shp 20220227_RN_CHIERS_retourComm_points&cotes.shp	cartographie des 5 communes meusiennes concernées par des remontées de nappe et ayant répondues à l'enquête et visitées (Delut, Thonne-la-Long, Villecloye, Avioth, Nepvant) ==> localisation parcelles et centroïde parcelle avec champ "COTE_PZ" = "COTE_SOL" + "HMAX_m"	forte	CALIBRAGE	Points et parcelles concernées par les inondations par remontée de nappe discrétisées	ZTopo	386	389
	cartographie des 3 communes meusiennes concernées par des remontées de nappe n'ayant pas répondues à l'enquête et non visitées (Chauvency-Le-Château, Quincy-Landzécourt, Vigneul-sous-Montmedy) ==> localisation centroïde agglomération	faible	CONTRAINTE			3	
Cartes piézométriques	Isopièzes (moyennes eaux)						
20220427_oxfordien_isopiezes_1994_CHIERS_points&cotes_v3.shp	carte piézométrique des calcaires de l'Oxfordien (niveau moyen interannuel de la nappe) et points de mesure reconstituée	faible	CONTRAINTE	Pas de carte en hautes eaux (janv-fév-mars) Reconstitution des points de mesure des isopièzes	ZISOPIEZ_HE x coefficient correctif	29	49
20220427_dogger_isopiezes_1976_CHIERS_points&cotes_v3.shp	carte de la piézométrie moyenne interannuelle des calcaires du Dogger avant l'ennoyage du bassin ferrifère (secteur d'étude hors périmètre impacté) et points de mesure reconstituée	faible	CONTRAINTE			20	
	carte piézométrique des grès du Luxembourg ou nappe des grès du Lias inférieur (nappe libre uniquement en moyenne eaux)		non			0	
	aucune carte piézométrique disponible sur les alluvions		non				
Cours d'eau	Linéaire cours d'eau et surfaces des plans d'eau (connexion nappe/rivière)						
	d'après BD Carthage très proche de BDTOPAGE		non	Linéaires de cours d'eau (tronçons) et surfaces des plans d'eau (étangs et mares) d'après BDTopage discrétisés	Ztopo		48536
	d'après BD Carthage plus détaillé que "COURS D'EAU"		non				
20220427_TRONCON_HYDRO_BDTOPAGE_RN_CHIERS_points&cotes_v3.shp	d'après BD Topage plus détaillé que BDCARTHAGE ==> avec champ "COTE_PZ" = "COTE_SOL"	forte	CALIBRAGE			46720	
20220427_PLAN_EAU_BDTOPAGE_RN_CHIERS_points&cotes.shx	d'après BD Topage plus détaillé que BDCARTHAGE ==> avec champ "COTE_PZ" = "COTE_SOL"	forte	CALIBRAGE			1816	
	enveloppe de la crue de 2020		non				
	enveloppe de la crue de 2021		non				
	Enveloppes Approchées d'Inondations Potentielles (EAIP)		non				
	Cartographie inondation type PPRI		non				

Evaluation des zones à risque de remontée de nappe dans le bassin versant de la Chiers et ses affluents

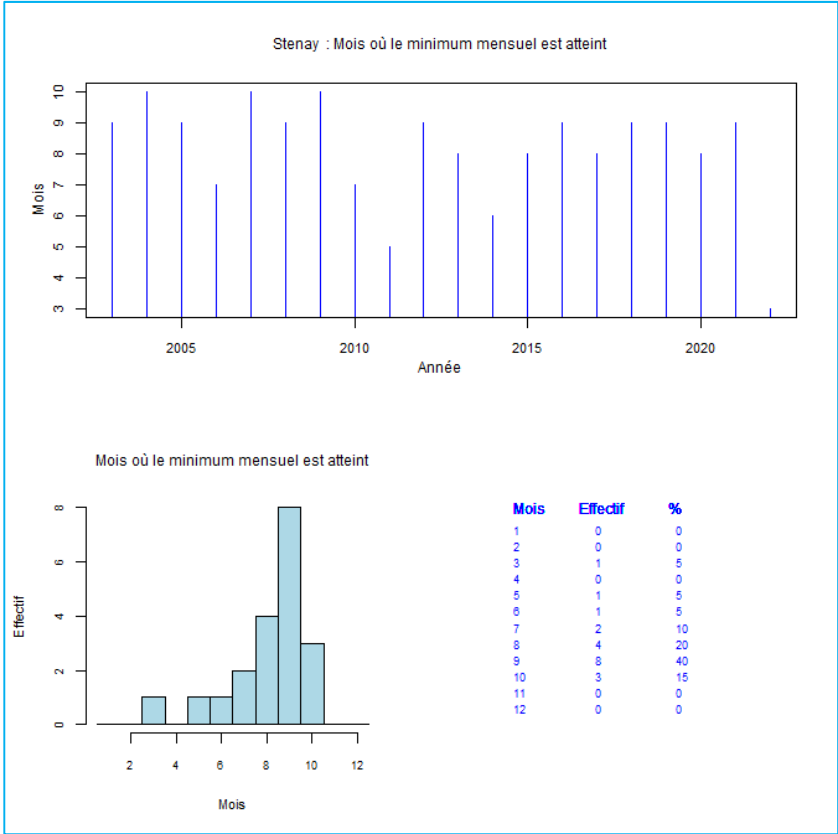
Indices hydromorphologiques	Si relation nappe / milieux aquatiques avérée						
	cartographie des zones humides 2013 communiquée par la DDT55 (rapport ELEMENT CINQ 2012 : descriptif couches "ZH dégradées" pages 49-50 et descriptif "ZH effectives" pages 38-39) ==> structure des couches non harmonisée		non				
	harmonisation des champs des 2 couches carto communiquées par la DDT55 et clip sur la zone d'étude (368 polygones au lieu de 388)		non				
2013_ZH_CHIERS_EFFECTIVE_points&cotes_v2.shp	pas d'information sur les relations avec les eaux souterraines possibilité de n'utiliser que les zones humides effectives (ZHE) et les plans d'eau (PE) ==> avec champ "COTE_PZ" = "COTE_SOL"		non			23972 3178	27150
Sources	Localisation des sources avec précision altimétrique						
20220427_CHIERS_Tableau_sources&cotes.shp	444 sources avec cote altimétrique ==> avec champ "COTE_PZ" = "COTE_SOL"	forte	CALIBRAGE	Point d'émergence des sources d'après la localisation BSS	ZAlt_Source	443	443
MNT	Modèles Numérique de Terrain						
2013_RGEalti_1m_BVChiers_dalles.shp 2013_RGEalti_1m_BVChiers(strict)_dalles.shp emprise_2013_RGEalti_1m_BVChiers(strict).shp	dalles et emprise pour le MNT 1M campagne de 2013 sur Chiers		non				
2015_LIDAR_1m_BVChiers_dalles.shp emprise_2015_LIDAR_1m_BVChiers.shp	dalle et emprise pour le MNT 1M campagne de 2015 sur Thinte/Loison/Othain/Thonne		non				
L_201311_CHIERS_FUSION_MNT_1M_TIF.tif	campagne LIDAR de 2013 : MNT 1 M sur la vallée de la Chiers pour partie sur la ZE + hors périmètre d'étude		non				
L_2015_CHIERS_VRT_MNT_1M_TIF.tif	campagne LIDAR de 2015 : MNT 1 M sur les affluents Thinte/Loison/Othain/Thonne		non				
MNT_chiers_25M_L93.tif	MNT 25 m découpé selon le bassin altitude de 165,7100067 à 386,2000122		non				
MNT_chiers_5M_L93.tif	MNT 5 m découpé selon le bassin altitude de 165,7100067 à 386,2000123		oui				
Résultats	Interpolation						
MASK_DOGGER_CAPTIF_chiers.shp	masques pour les zones non couverte par la méthodo			L'interpolation se fait à l'échelle du bassin de la Chiers Les masques serviront pour les zones non couvertes par la méthodologie			
20220610_GRILLE_CHIERS_CLC2014_codeNV1.shp 20220610_GRILLE_CHIERS_zoneInteret_v2(mask).shp 20220610_GRILLE500M_CHIERS_zoneInteret(SOM123)_v5.shp 20220902_POLYGONE_CHIERS_zoneInteret(SOM123)_v5.shp	occupation du sol définition des zones d'intérêt (maille 100x100) définition des zones d'intérêt (maille 500x500) définition des zones d'intérêt (polygones)				points calibrage	49399	76640
GRILLE_PROFT100_KEEP2_v2_20220429_result.shp	résultat de la sensibilité aux RN échelle locale (maille 100x100)				points contrainte	27241	
					points variogramme points complémentaires pour interpolation	563 48925	49488

Annexe 7 – Résultats de l'analyse statistique et fréquentielle menée avec ESTHER sur les chroniques de mesures observées des piézomètres de Stenay (55) et Vacherauville (55)

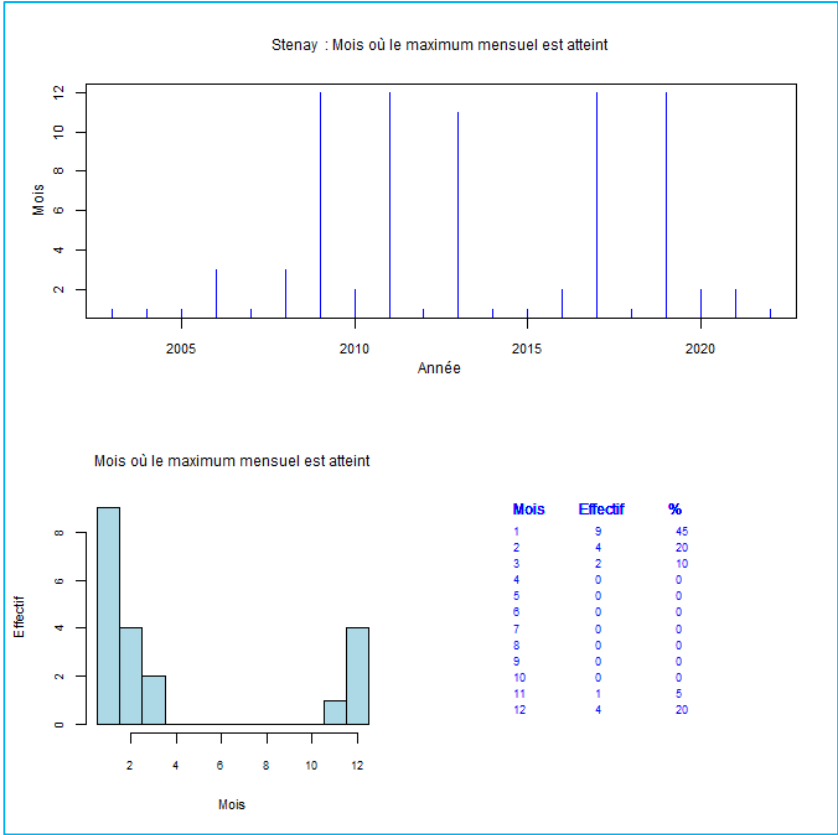


Stenay
01112X0005/F2
Série observée

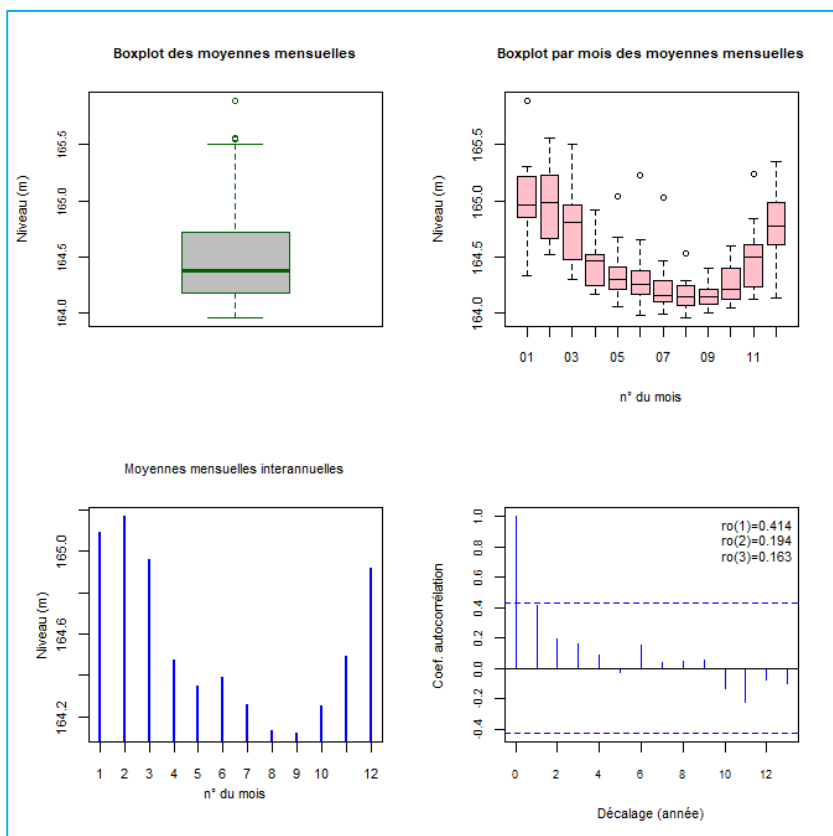
Stenay
01112X0005/F2
Série observée



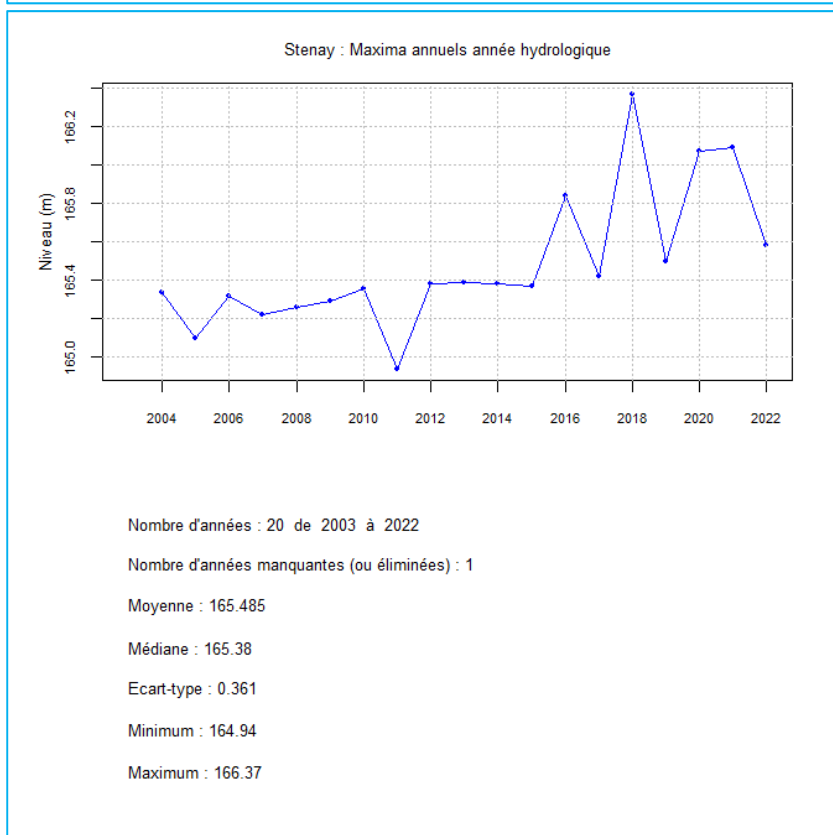
Stenay
01112X0005/F2
Série observée



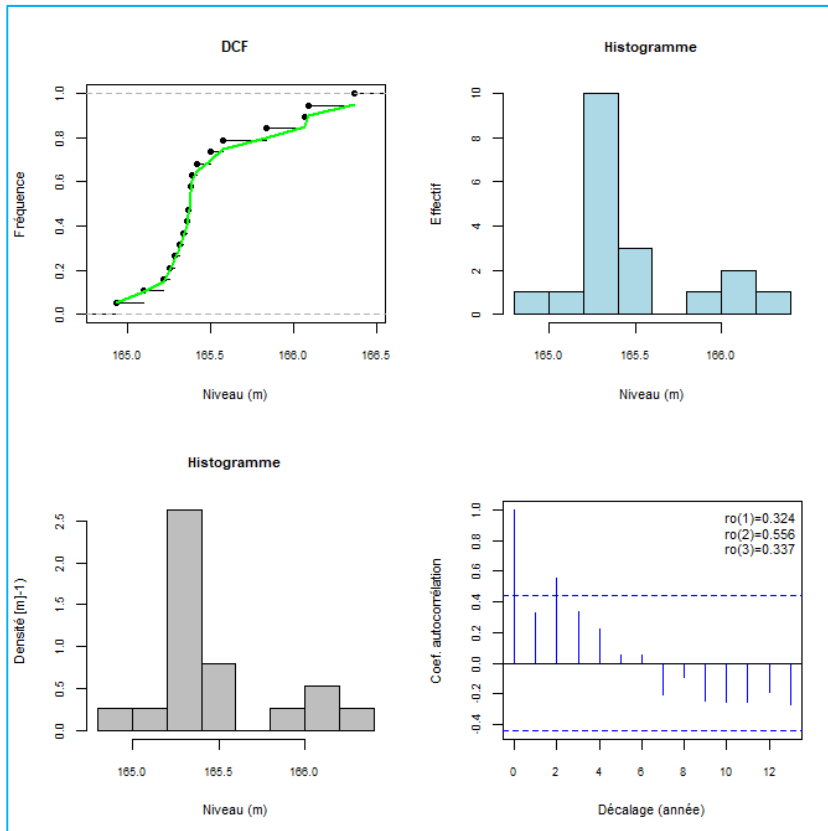
Stenay
01112X0005/F2
Série observée



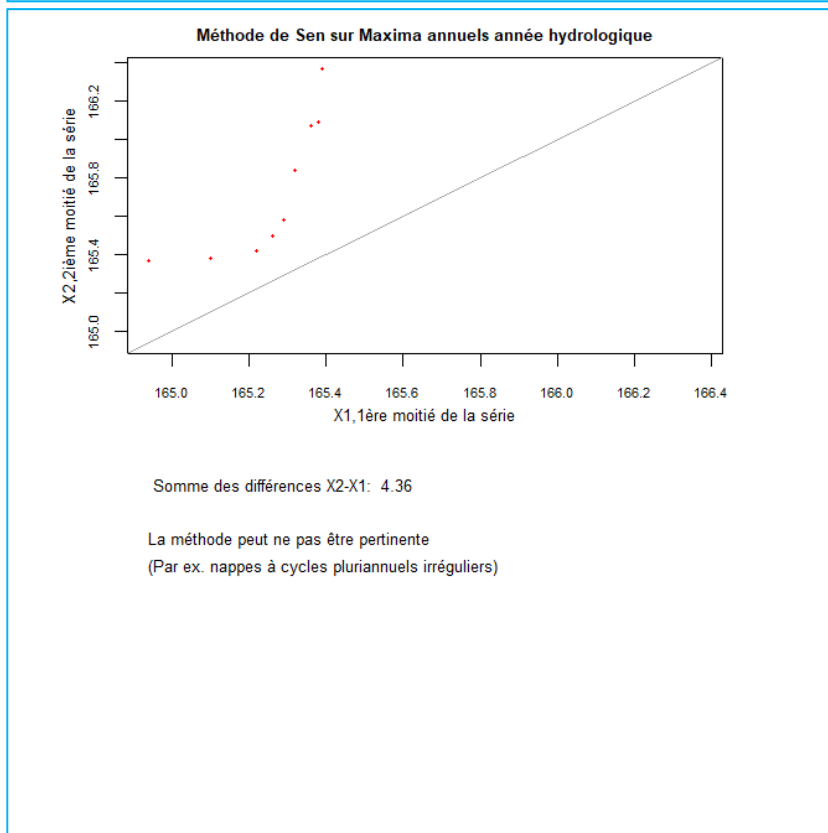
Stenay
01112X0005/F2
Série observée



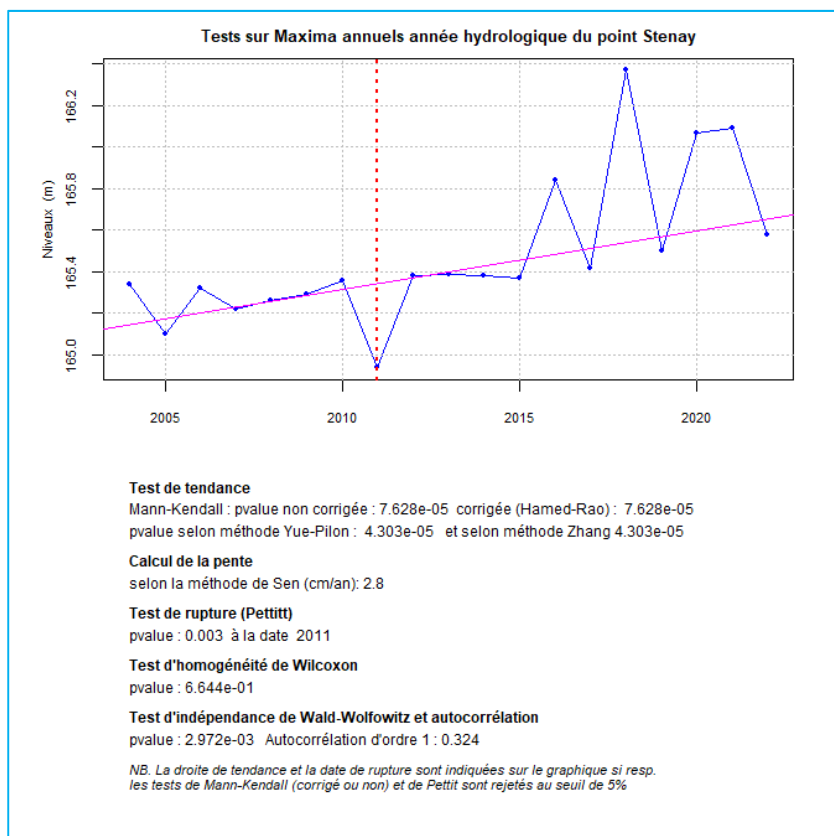
Stenay
01112X0005/F2
Série observée



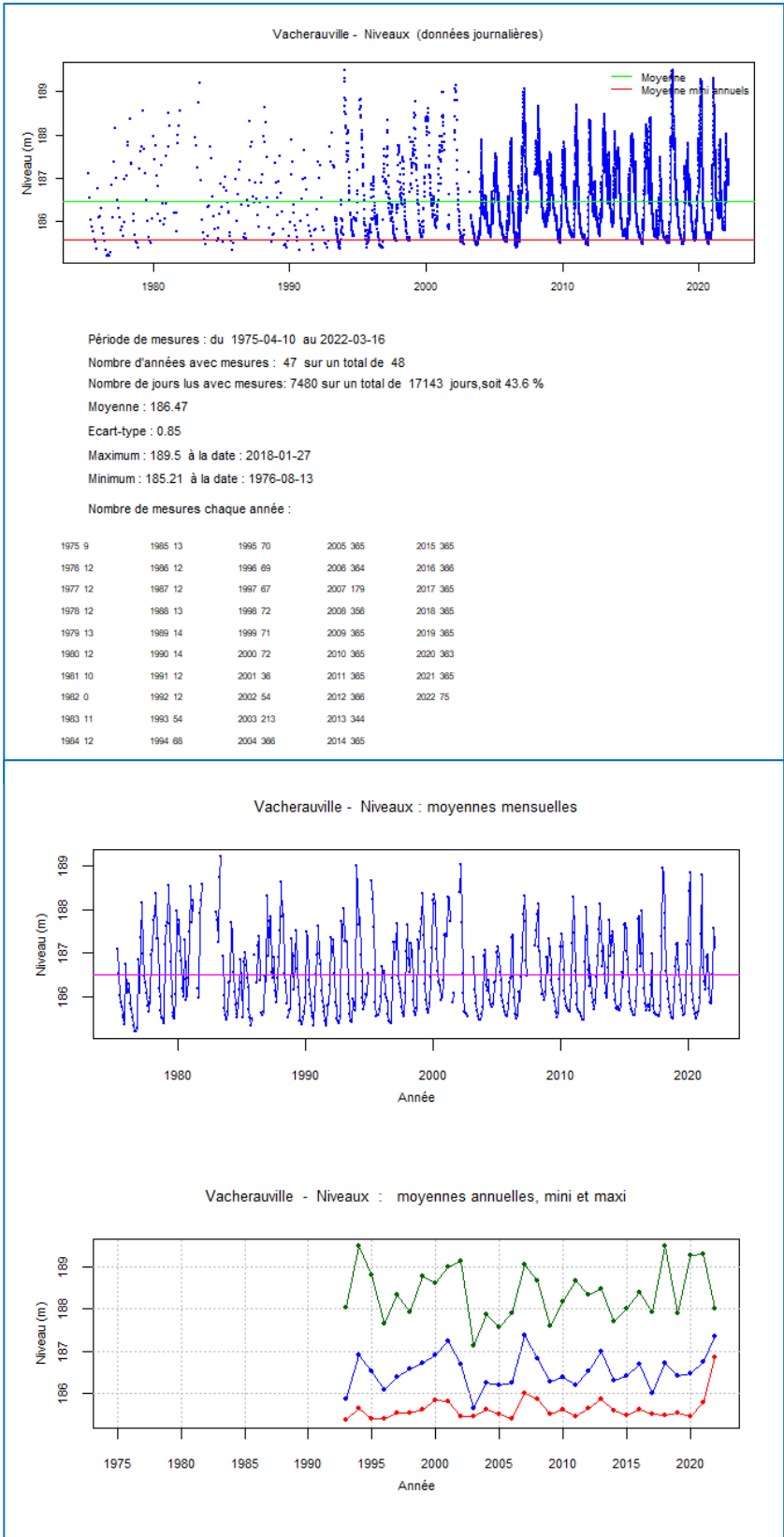
Stenay
01112X0005/F2
Série observée



Stenay
01112X0005/F2
Série observée

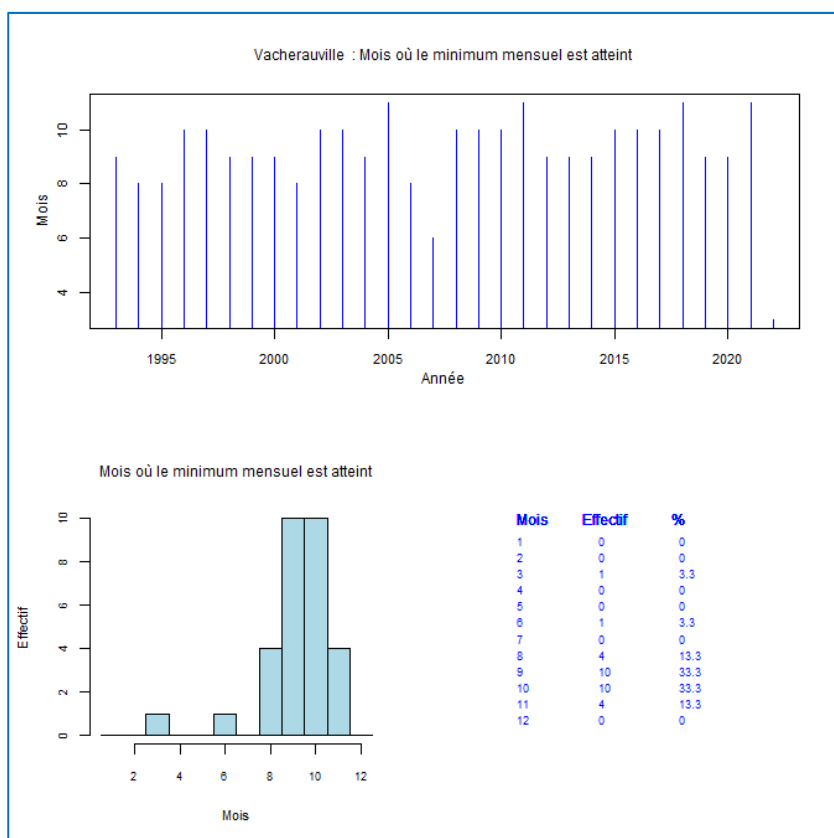


Stenay
01112X0005/F2
Série observée

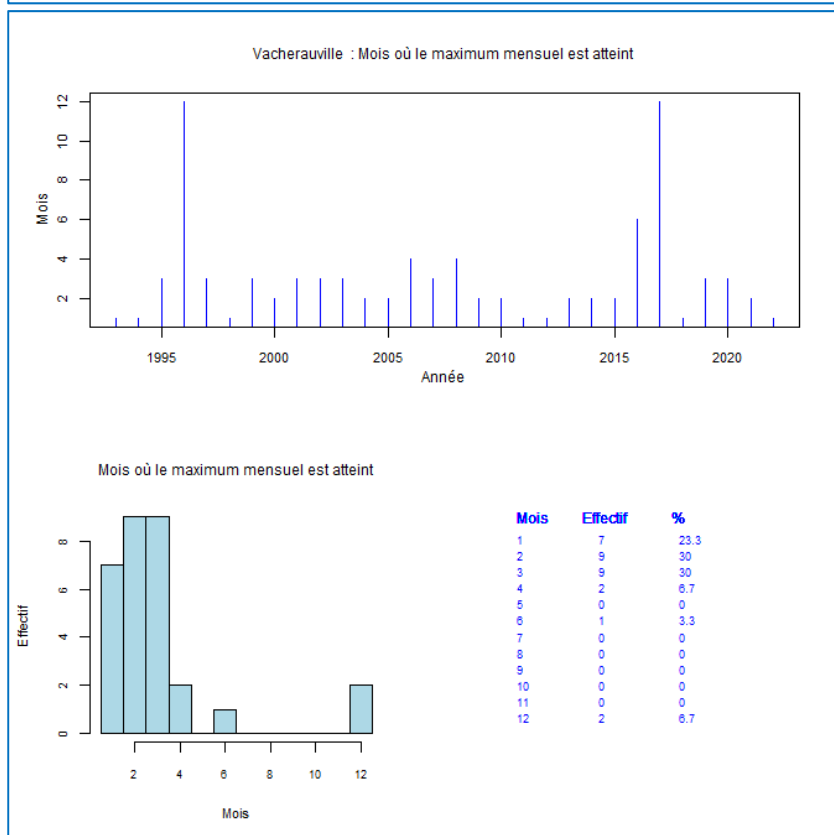


Vacherauville
01358X0035/PC1
Série observée

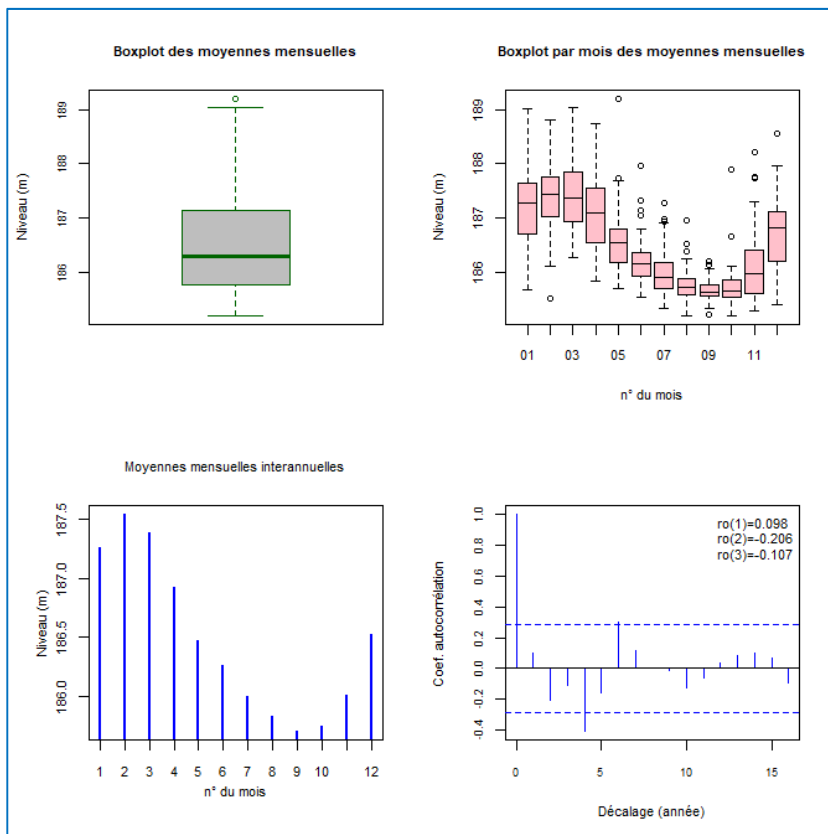
Vacherauville
01358X0035/PC1
Série observée



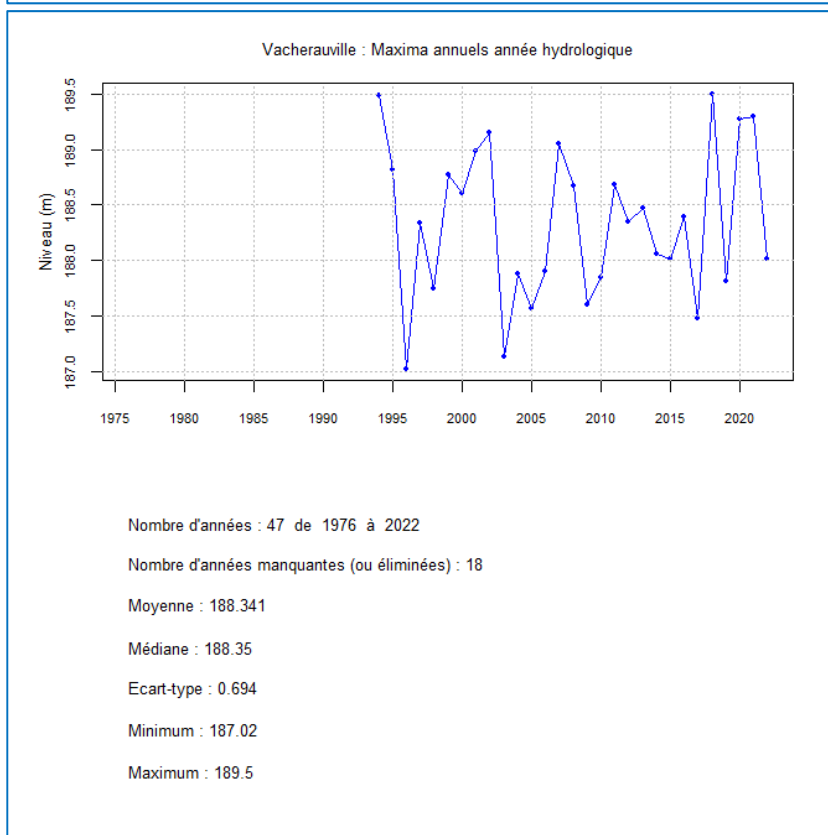
Vacherauville
01358X0035/PC1
Série observée



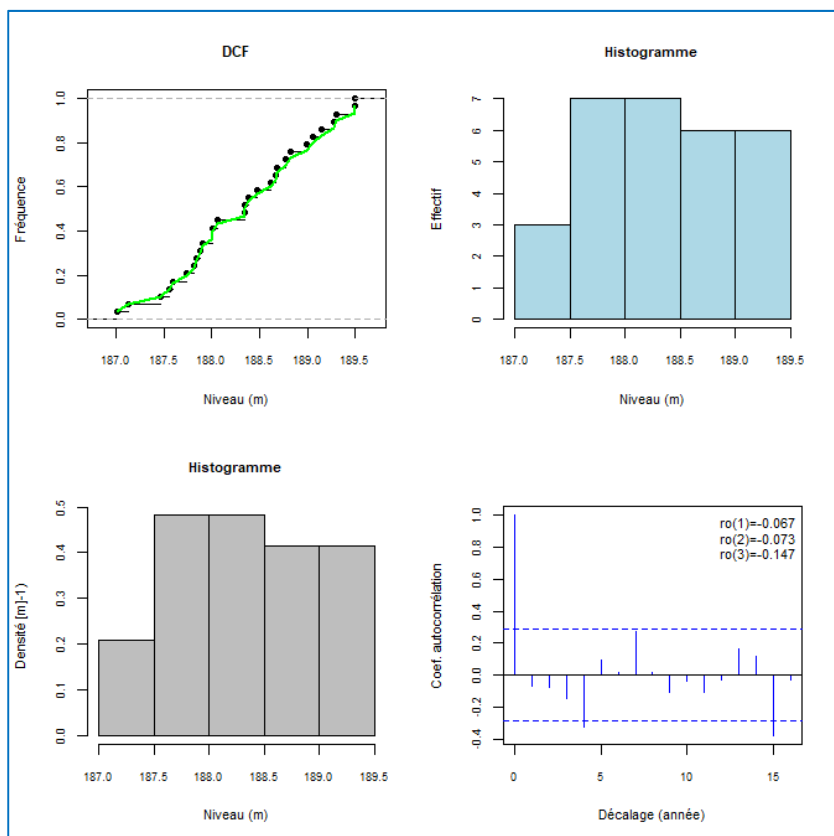
Vacherauville
01358X0035/PC1
Série observée



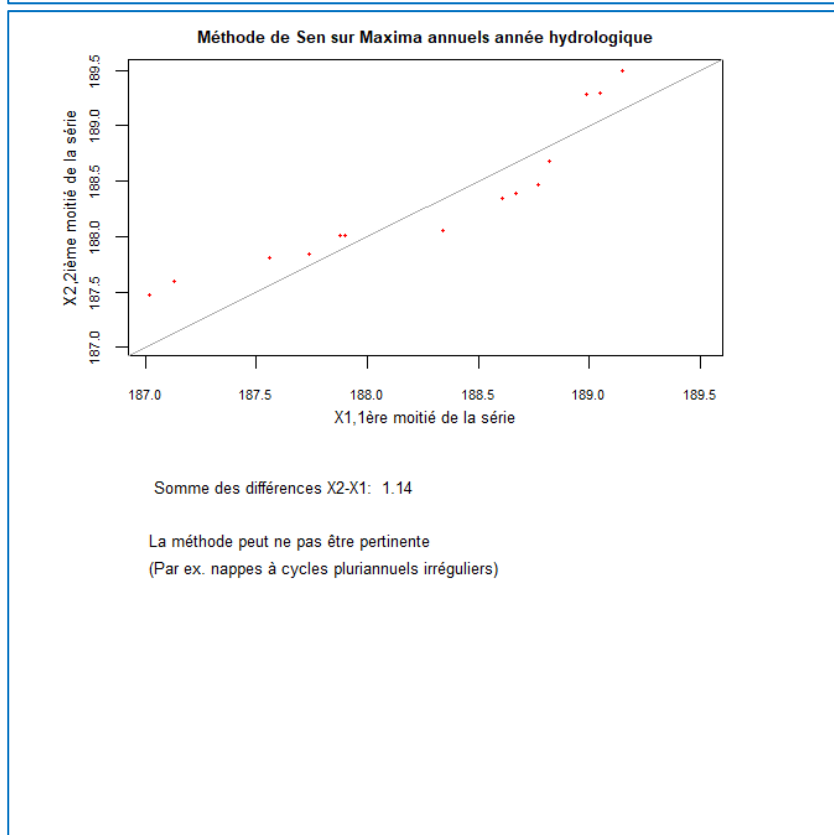
Vacherauville
01358X0035/PC1
Série observée



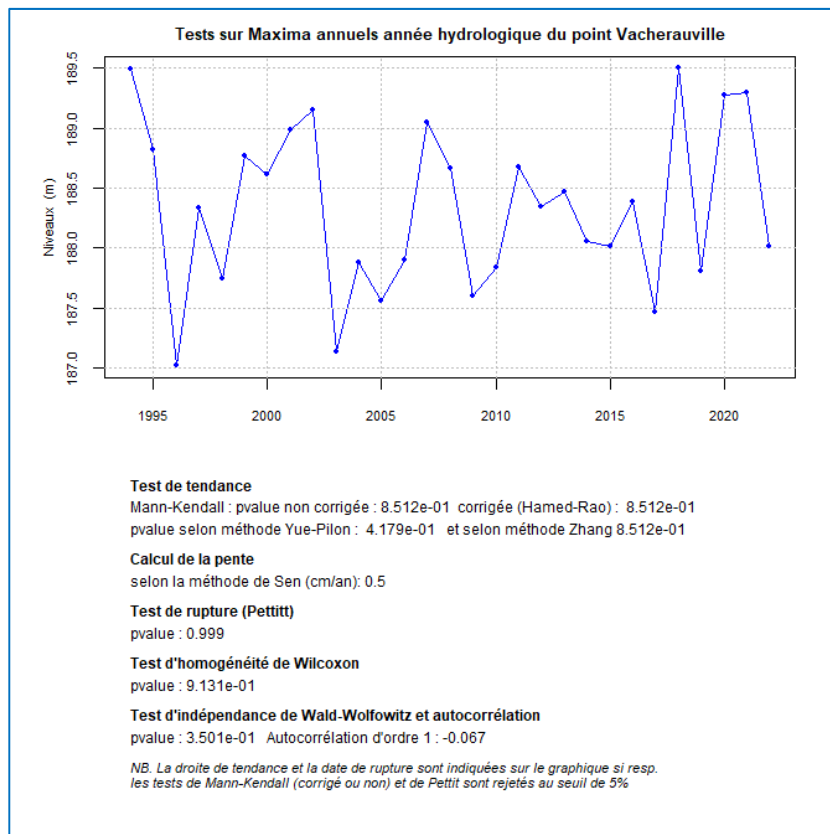
Vacherauville
01358X0035/PC1
Série observée



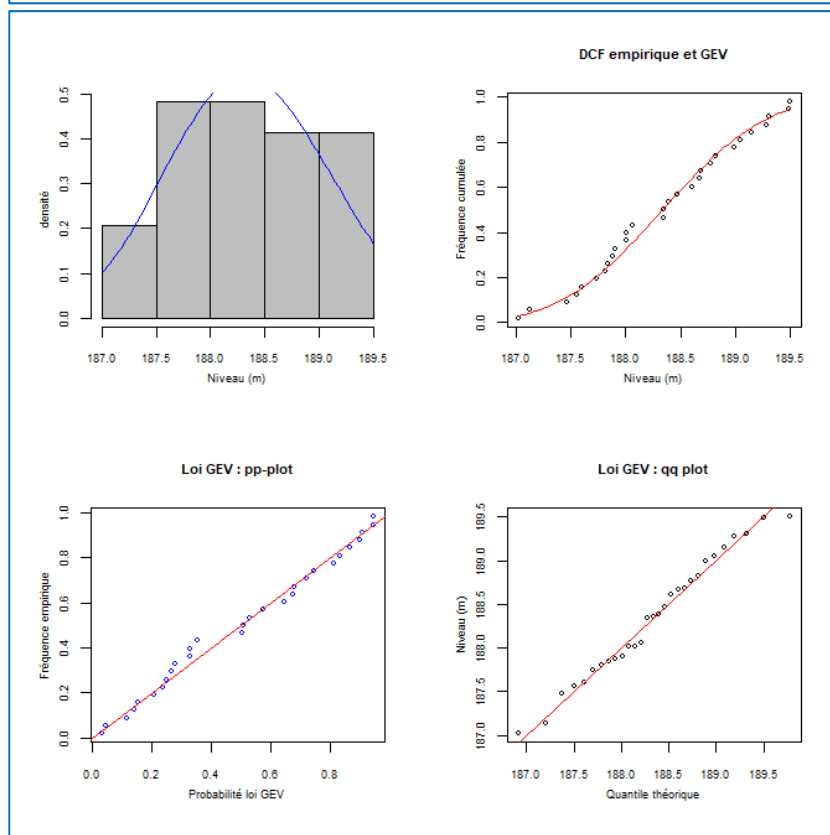
Vacherauville
01358X0035/PC1
Série observée



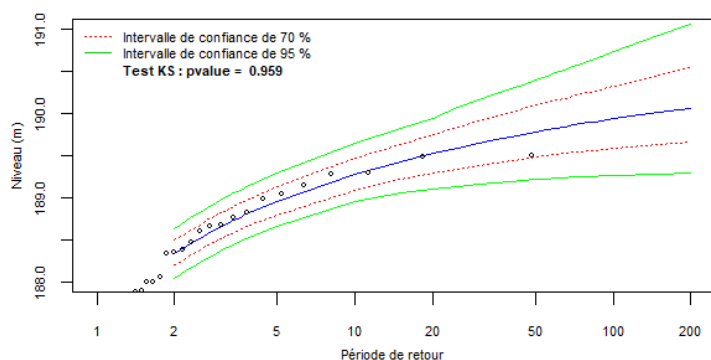
Vacherauville
01358X0035/PC1
Série observée



Vacherauville
01358X0035/PC1
Série observée



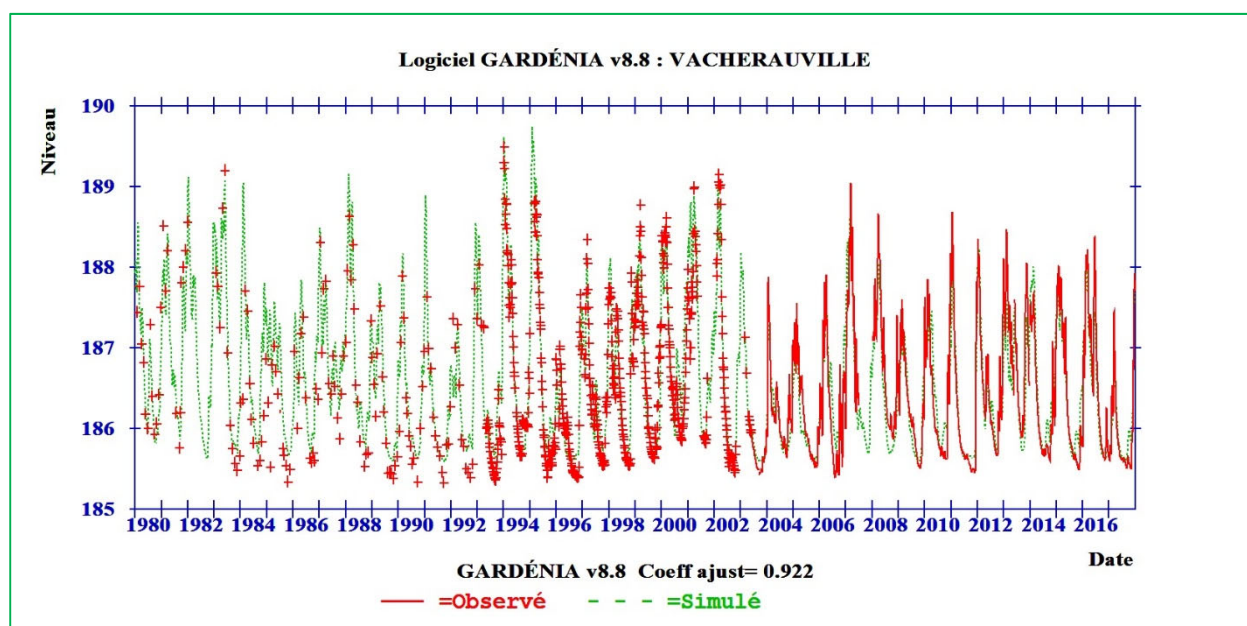
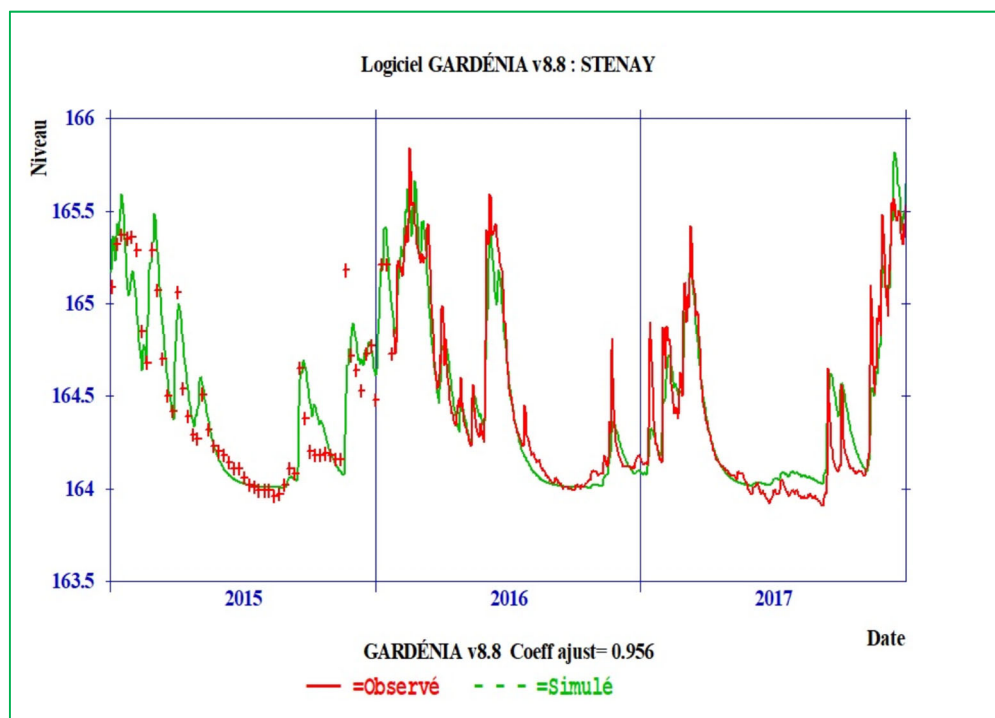
Vacherauville
01358X0035/PC1
Série observée



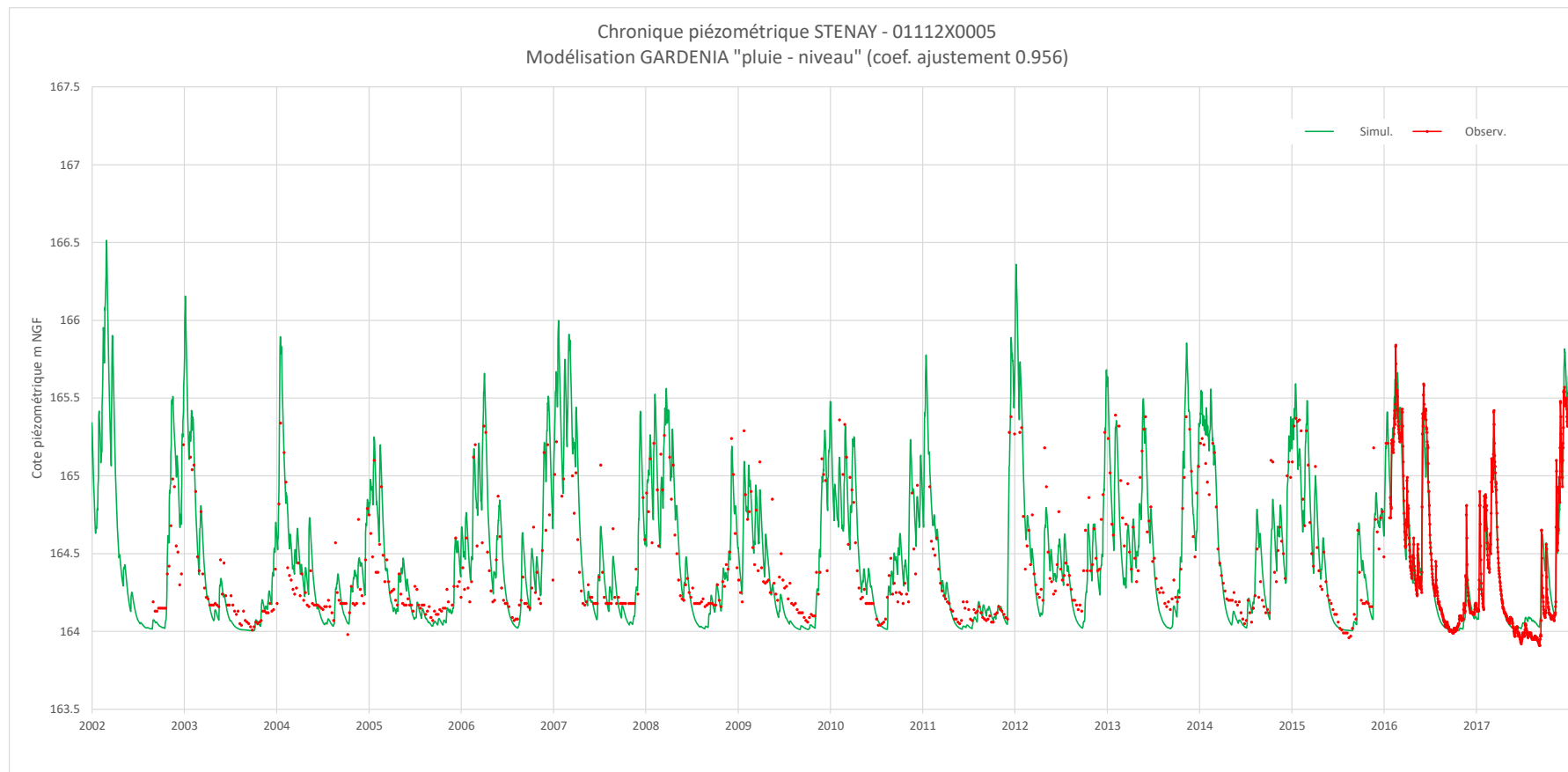
Vacherauville
01358X0035/PC1
Série observée

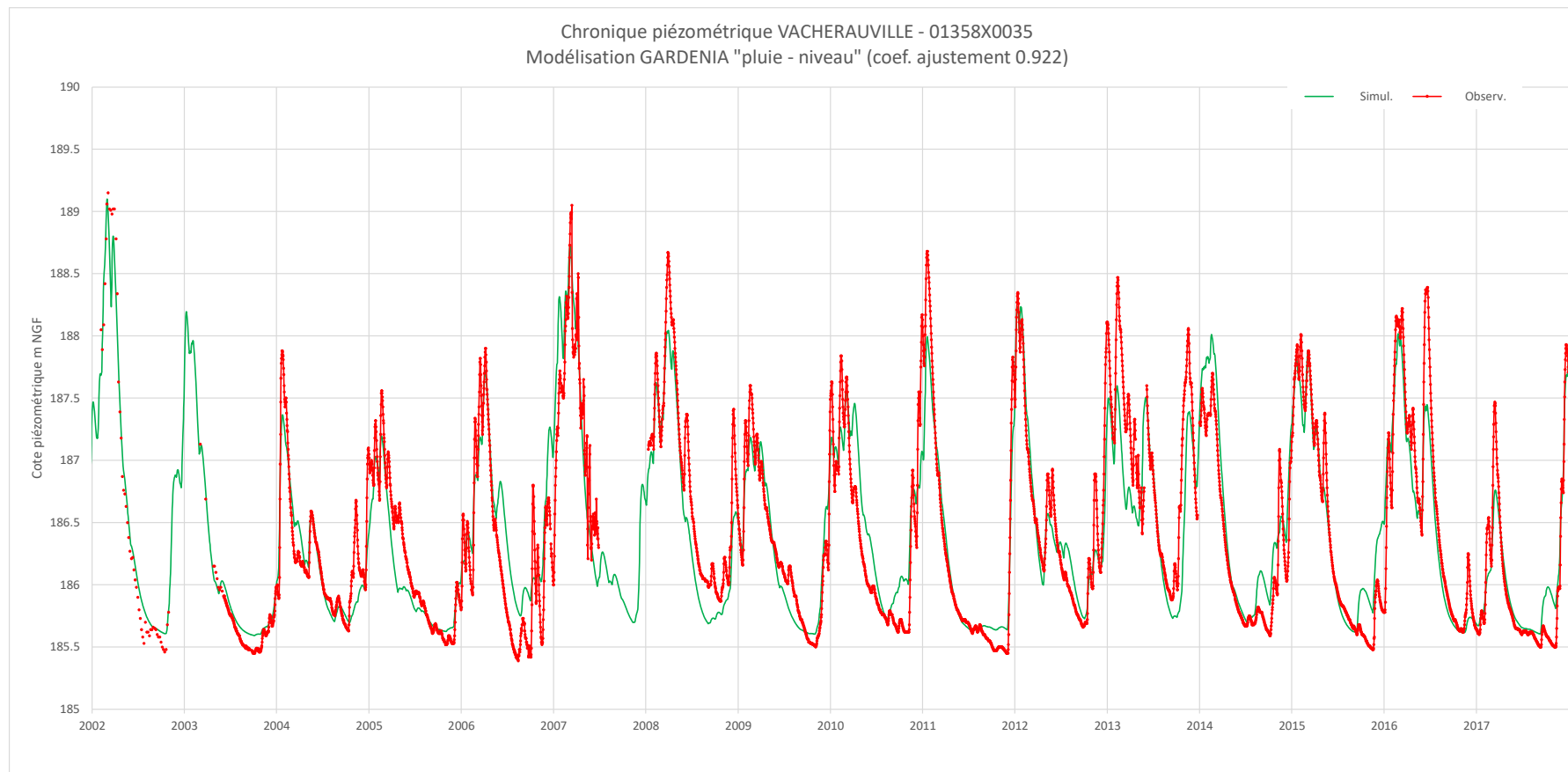
Périodes de retour (année) :	50	100	150	200
Niveau (m)	: 189.79	189.94	190.02	190.07
Borne inférieure à 95%	: 189.22	189.27	189.29	189.3
Borne supérieure à 95%	: 190.4	190.74	190.93	191.07
Borne inférieure à 70%	: 189.48	189.59	189.64	189.67
Borne supérieure à 70%	: 190.1	190.33	190.46	190.54

Annexe 8 – Résultats de la modélisation menée avec GARDENIA sur les piézomètres de Stenay (55) et Vacherauville (55)

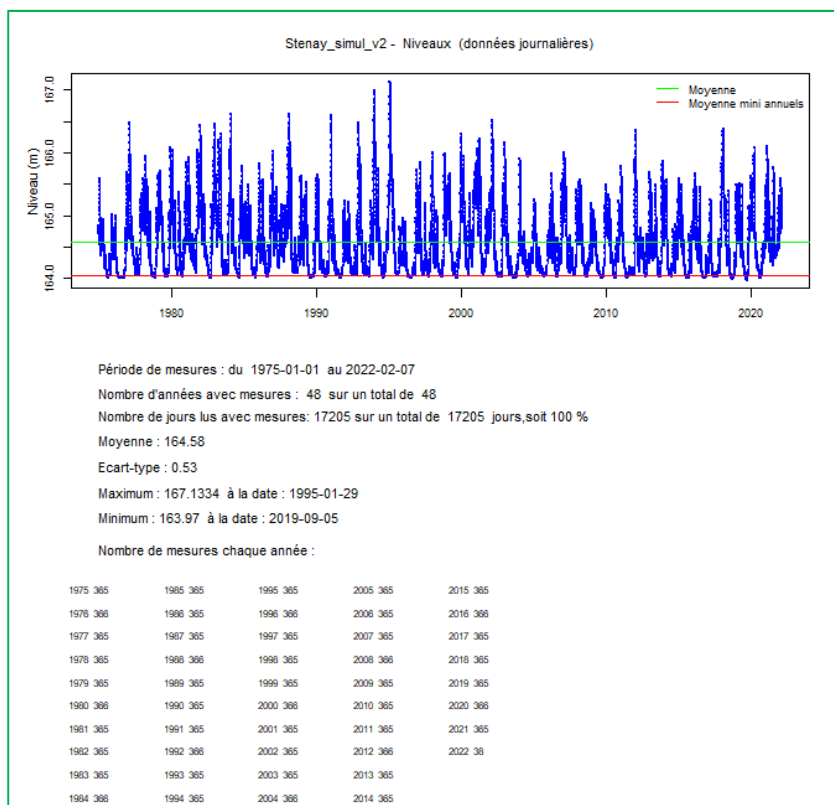


Evaluation des zones à risque de remontée de nappe dans le bassin versant de la Chiers et ses affluents

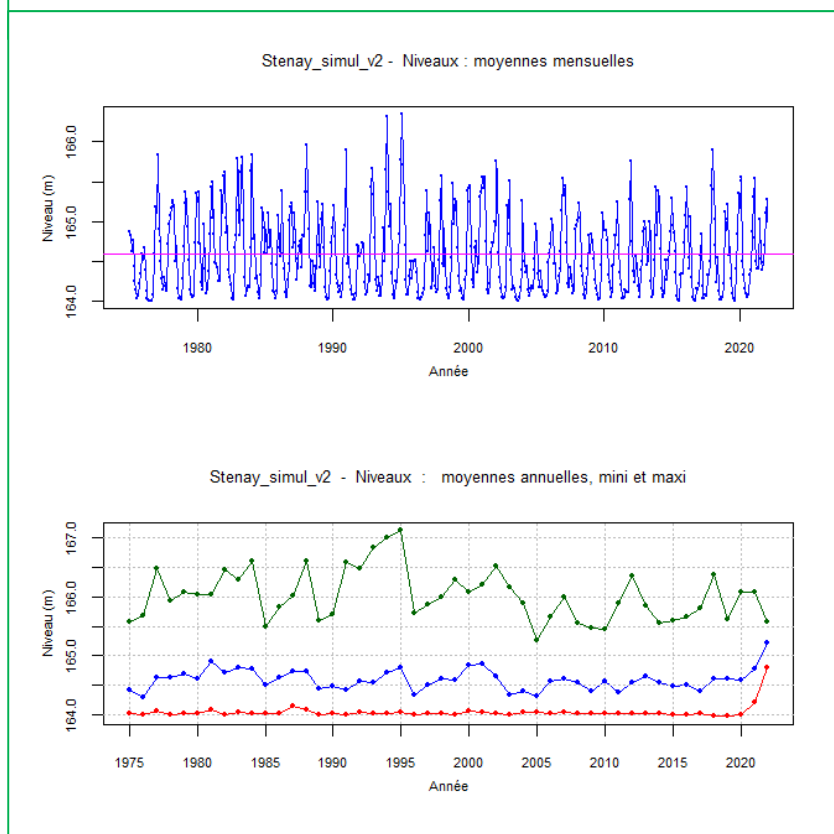




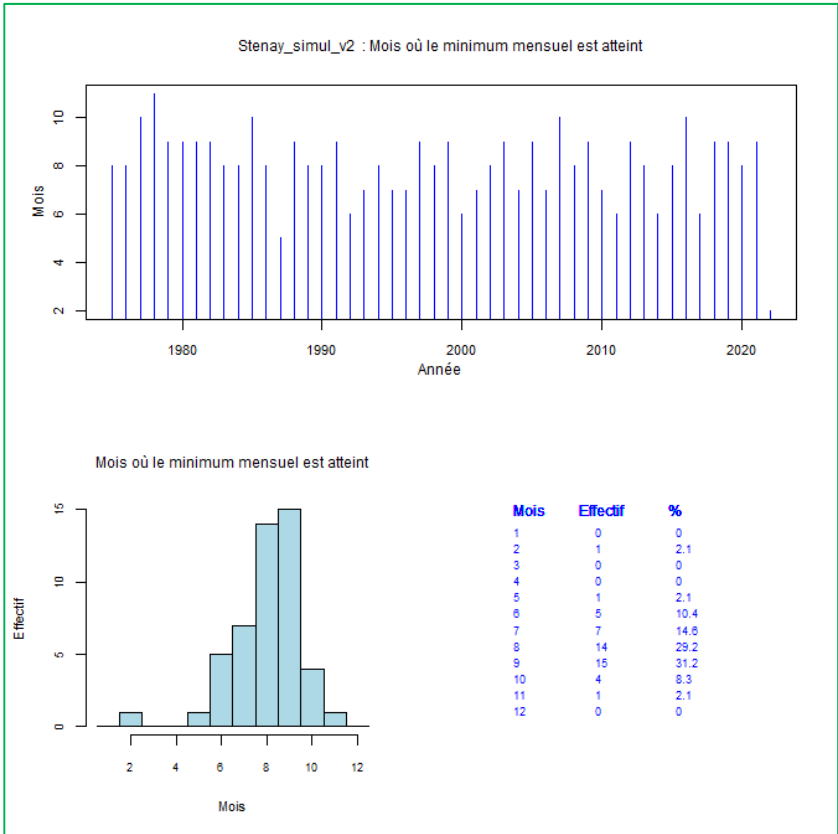
Annexe 9 – Résultats de l'analyse statistique et fréquentielle menée avec ESTHER sur la chronique de valeurs simulées pour le piézomètre de Stenay (55)



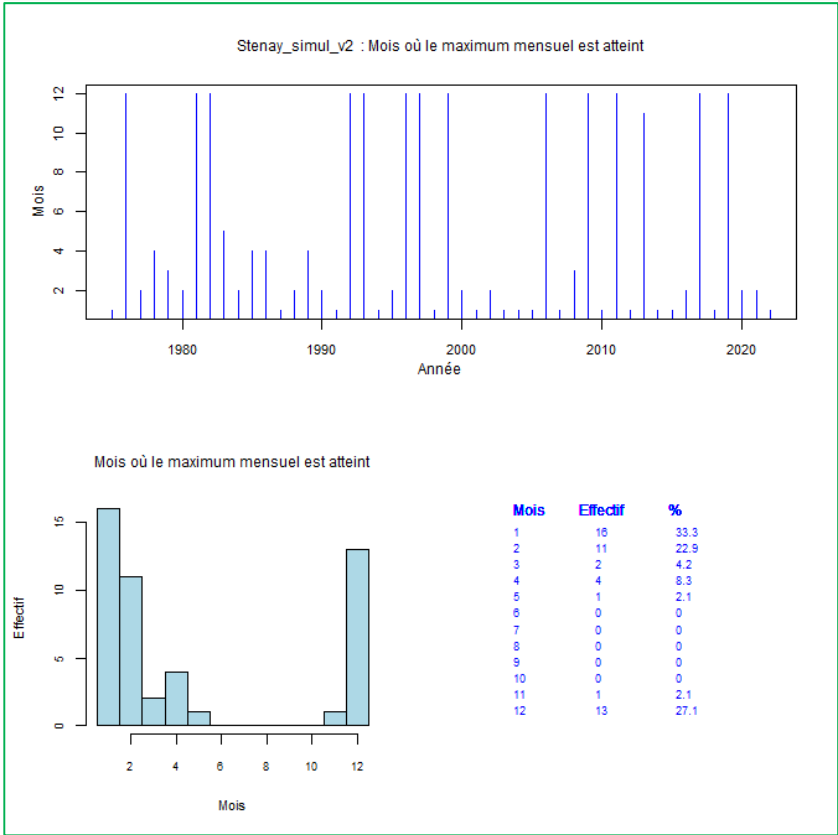
Stenay
01112X0005/F2
Série simulée



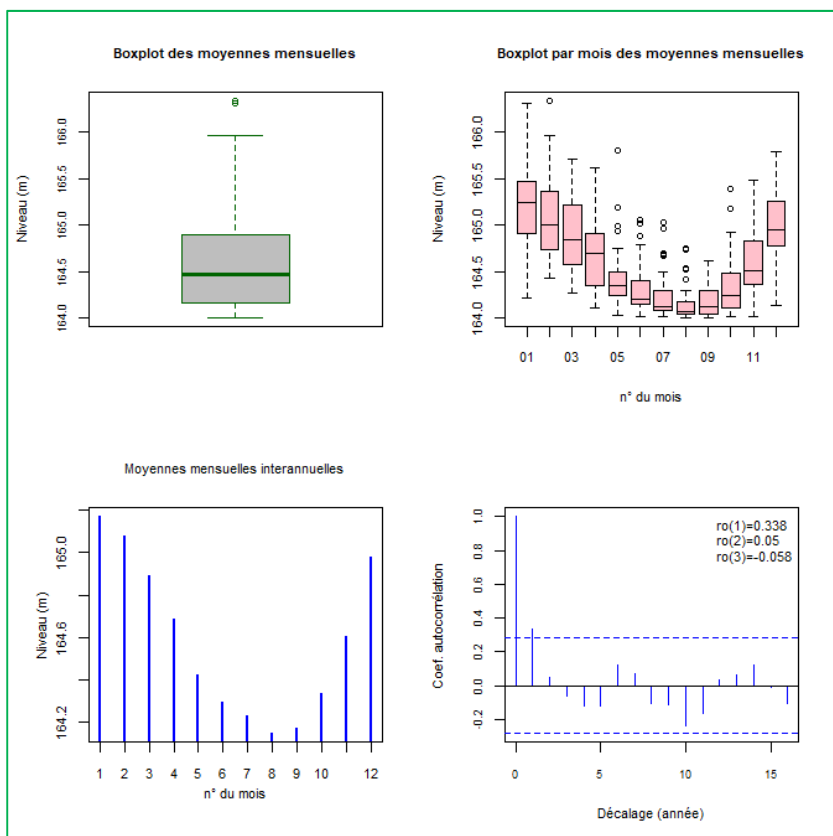
Stenay
01112X0005/F2
Série simulée



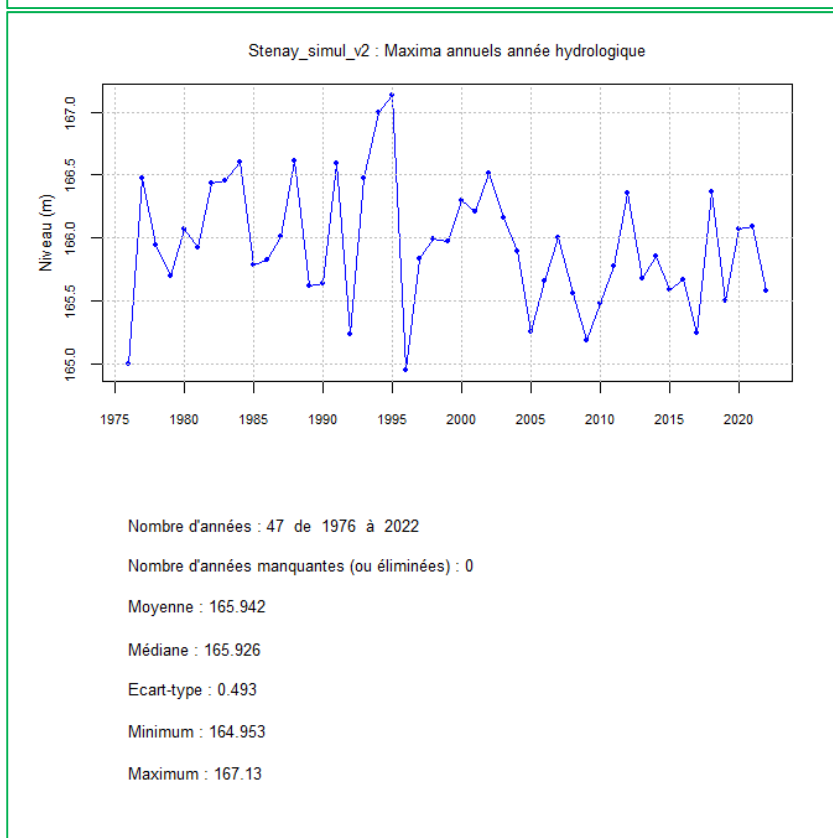
Stenay
01112X0005/F2
Série simulée



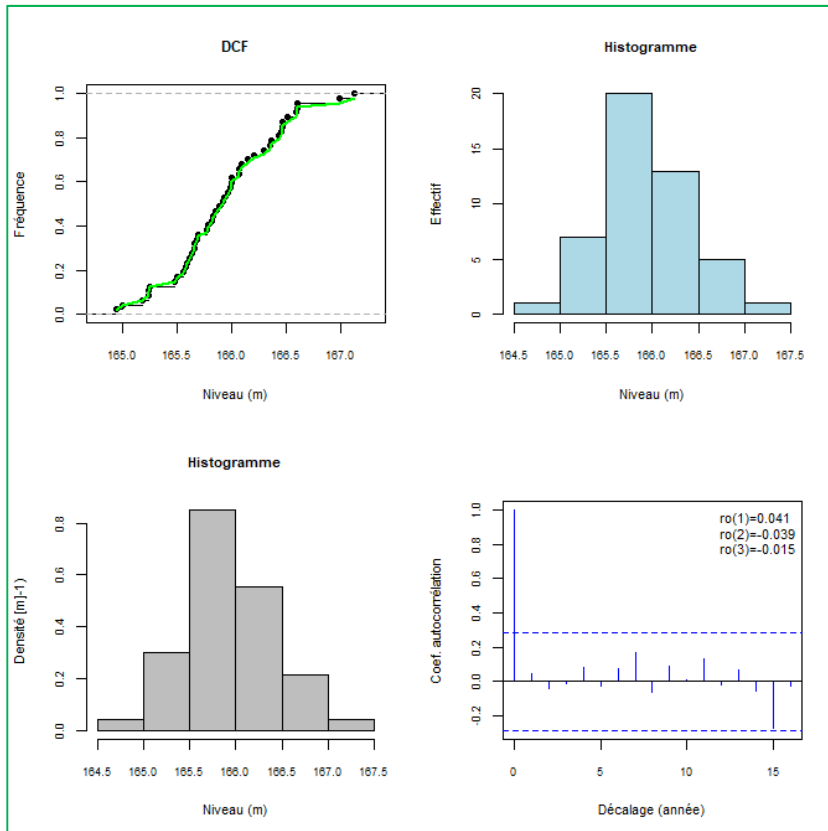
Stenay
01112X0005/F2
Série simulée



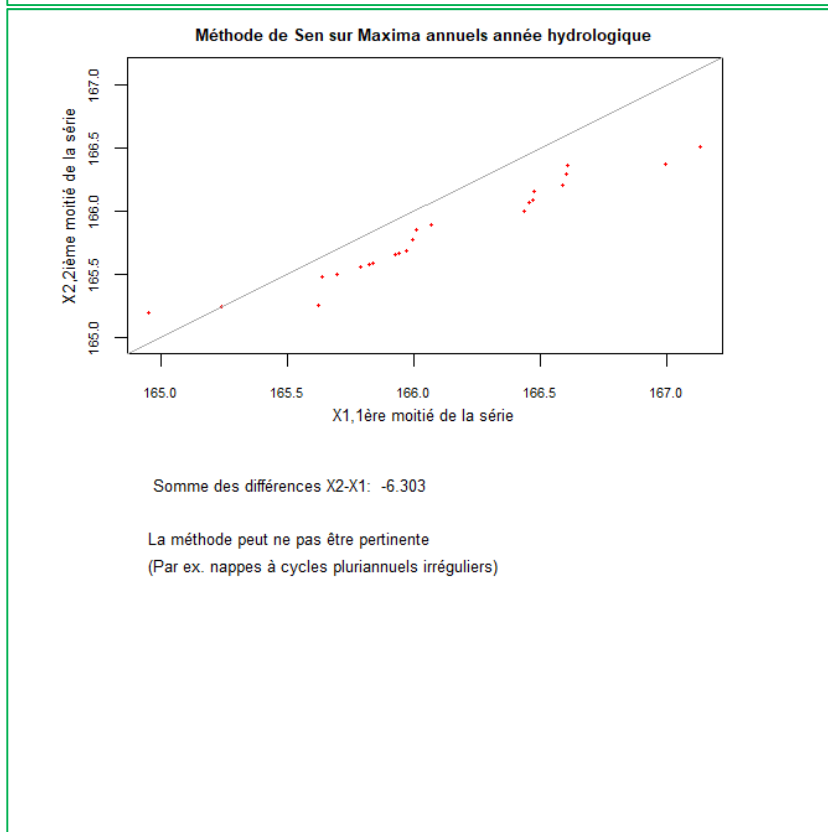
Stenay
01112X0005/F2
Série simulée



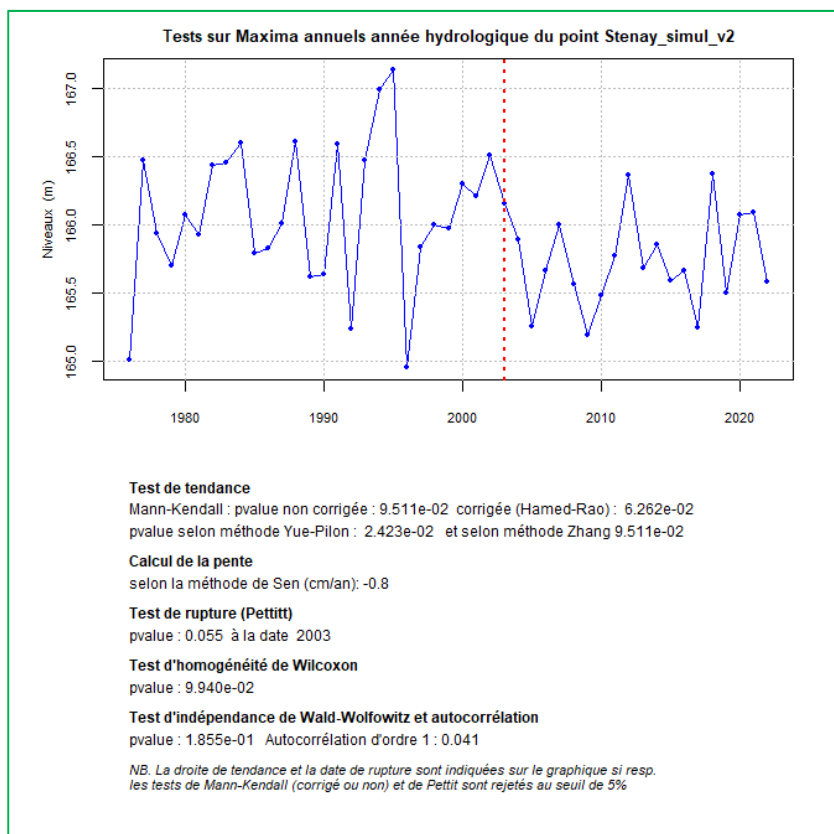
Stenay
01112X0005/F2
Série simulée



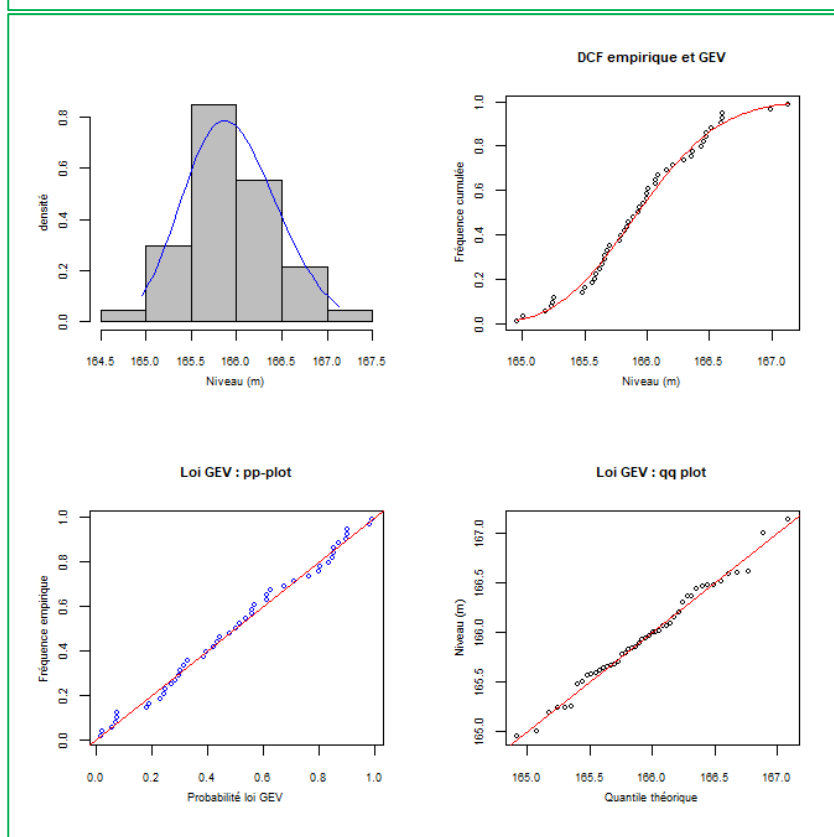
Stenay
01112X0005/F2
Série simulée



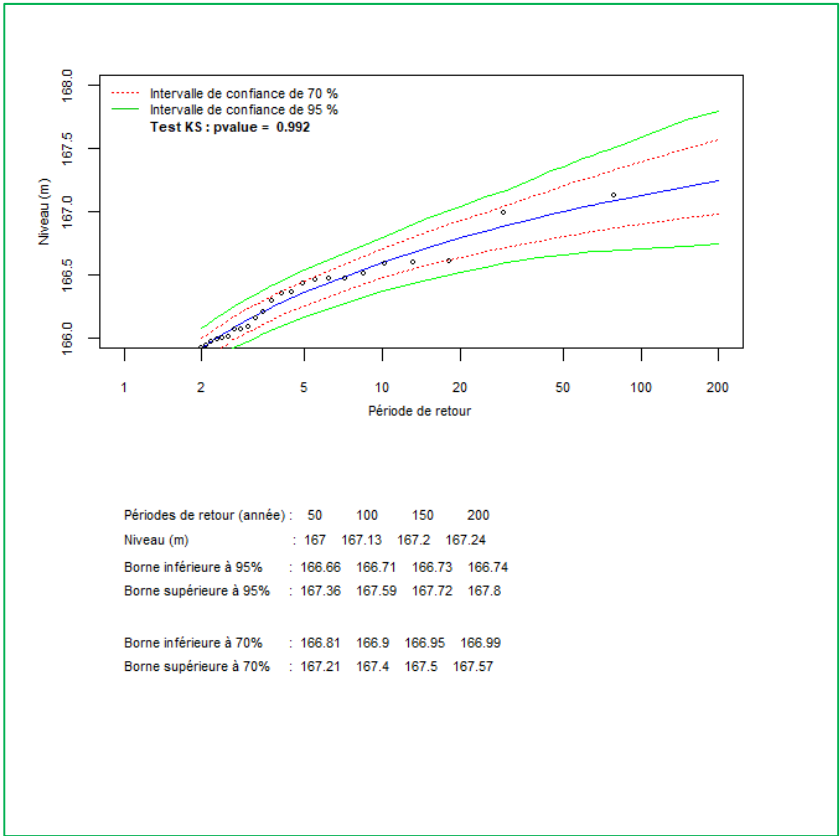
Stenay
01112X0005/F2
Série simulée



Stenay
01112X0005/F2
Série simulée



Stenay
01112X0005/F2
Série simulée



Stenay
01112X0005/F2
Série simulée

Annexe 10 – Liste des points d'eau : fiabilités, rattachements et mesures associées

BSS_OLD	BSS_NEW	COMMUNE	NBVAL	MIN_MES	MAX_MES	MOY_MES	ECT_MES	MAX-MIN	MAX-MOY	NAPPE	GISEMENT	XL93	YL93	TYPE	USAGE	FIABILITE	TEST_FIAB	RATTACH	MESURE_HE
00887X0038	BSS000GASB	NEPVANT	2	16.00	16.50	16.25	0.35			DOGGER	Libre	861262	6940542	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
00888X0001	BSS000GATL	MONTMEDY	2	2.40	2.95	2.68	0.39			ALLUVIONS	Semi-captif	872476	6938326	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	9	STENAY	NON
00888X0002	BSS000GATM	VILLECLOYE	4	3.80	6.00	4.53	1.00			LIAS	Semi-captif	873465	6938116	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	9	STENAY	OUI
00888X0003	BSS000GATN	THONNE-LE-THIL	5	-13.54	-13.00	-13.31	0.28			LIAS	Artésien	869829	6943616			NULLE			
00888X0004	BSS000GATP	THONNELLE	2	32.60	32.60	32.60				LIAS	Libre	870891	6941764	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	9	STENAY	OUI
00888X0005	BSS000GATQ	THONNELLE	1	0.00	0.00	0.00				LIAS	Inconnu	870880	6941714			NULLE			
00888X0007	BSS000GATS	THONNELLE	1	-9.00	-9.00	-9.00				LIAS	Artésien	870431	6941819			NULLE			
00888X0008	BSS000GATT	THONNE-LE-THIL	2	8.00	15.00	11.50	4.95			LIAS	Libre	869194	6943162	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	9	STENAY	NON
00888X0056	BSS000GAVT	MONTMEDY	2	-0.85	-0.65	-0.75	0.14			LIAS	Artésien	870097	6938530			NULLE			
00888X0058	BSS000GAVV	VIGNEUL-SOUS-MONTMEDY	1	2.60	2.60	2.60				ALLUVIONS	Semi-captif	869493	6938146	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	9	STENAY	NON
00888X0059	BSS000GAVW	VIGNEUL-SOUS-MONTMEDY	1	2.50	2.50	2.50				ALLUVIONS	Semi-captif	869588	6937695	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	9	STENAY	NON
00888X0060	BSS000GAVX	MONTMEDY	6	11.67	20.28	15.83	3.46			DOGGER	Libre	871270	6938708	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
00888X0061	BSS000GAVY	THONNELLE	1	7.60	7.60	7.60				LIAS	Semi-captif	870809	6941635	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	9	STENAY	NON
00888X0064	BSS000GAWA	MONTMEDY	1	10.80	10.80	10.80				LIAS	Libre	872041	6938771	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	9	STENAY	NON
00888X0065	BSS000GAWB	MONTMEDY	1	0.00	0.00	0.00				ALLUVIONS	Inconnu	872535	6938447			NULLE			
00888X1006	BSS000GAWH	MONTMEDY	1	31.60	31.60	31.60				DOGGER	Libre	873491	6939756	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
00895X0026	BSS000GAXQ	THONNE-LA-LONG	1	-0.71	-0.71	-0.71				LIAS	Artésien	875046	6943022			NULLE			
00895X0027	BSS000GAXR	VILLECLOYE	5	14.33	15.69	14.89	0.52			DOGGER	Libre	875395	6937976	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
00895X0028	BSS000GAXS	VERNEUIL-PETIT	1	17.00	17.00	17.00				DOGGER	Libre	874780	6940944	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01112X0005	BSS000HNEE	STENAY	2916	0.05	2.91	1.87	0.51	2.86	1.04	DOGGER	Libre	857771	6933942	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FORTE	0		OUI
01113X0029	BSS000HNHA	BAALON	1	16.04	16.04	16.04				DOGGER	Libre	861734	6935666	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	1	STENAY	NON
01114X0001	BSS000HNHB	JAMETZ	1	17.20	17.20	17.20				DOGGER	Libre	872637	6928669	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01114X0002	BSS000HNHC	JAMETZ	3	4.90	10.35	7.63	3.85			DOGGER	Semi-captif	873032	6928104	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01114X0014	BSS000HNHQ	REMOIVILLE	1	23.60	23.60	23.60				DOGGER	Libre	871649	6929859	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01114X0040	BSS000HNJS	HAN-LES-JUVIGNY	2	0.75	2.25	1.50	1.06			DOGGER	Semi-captif	868865	6933530	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01114X0041	BSS000HNJT	HAN-LES-JUVIGNY	6	1.74	2.35	2.08	0.26			DOGGER	Libre	869079	6932937	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01114X0042	BSS000HNJU	JAMETZ	6539	-2.75	6.98	2.26	0.81			DOGGER	Semi-captif	873031	6927024			NULLE			
01114X0043	BSS000HNJV	JAMETZ	3	4.98	6.13	5.47	0.59			DOGGER	Semi-captif	872925	6926505	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01114X0050	BSS000HNKC	JAMETZ	1	0.00	0.00	0.00				DOGGER	Captif	873034	6927374			NULLE			
01118X0058	BSS000HPPD	DAMVILLERS	1	0.00	0.00	0.00				OXFORDIEN	Captif	873881	6918721			NULLE			
01118X0092	BSS000HPJP	REVILLE-AUX-BOIS	1	0.00	0.00	0.00				OXFORDIEN	Libre	871277	6918753			NULLE			
01118X0093	BSS000HPJQ	REVILLE-AUX-BOIS	1	0.00	0.00	0.00				OXFORDIEN	Libre	871294	6918936			NULLE			
01118X0094	BSS000HPJR	REVILLE-AUX-BOIS	1	0.00	0.00	0.00				OXFORDIEN	Libre	871329	6918767			NULLE			
01121X0001	BSS000HPJU	VILLERS-LE-ROND	1	1.10	1.10	1.10				DOGGER	Semi-captif	879000	6932485	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01121X0002	BSS000HPJV	MARVILLE	1	0.60	0.60	0.60				DOGGER	Semi-captif	878876	6932056	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01121X0003	BSS000HPJW	VILLERS-LE-ROND	1	0.60	0.60	0.60				DOGGER	Semi-captif	879265	6931932	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01121X0004	BSS000HPJX	SAINT-JEAN-LES-LongUYON	1	0.60	0.60	0.60				DOGGER	Semi-captif	879123	6931814	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01121X0005	BSS000HPJY	MARVILLE	1	9.60	9.60	9.60				DOGGER	Libre	878828	6932247	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01121X0006	BSS000HPJZ	VILLERS-LE-ROND	1	0.00	0.00	0.00				DOGGER	Inconnu	879087	6932154			NULLE			
01121X0007	BSS000HPKA	MARVILLE	1	27.50	27.50	27.50				DOGGER	Libre	878542	6931770	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01121X0030	BSS000HPKY	OTHE	1	92.30	92.30	92.30				LIAS	Semi-captif	877486	6936063	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	9	STENAY	NON
01121X0034	BSS000HPLC	BAZEILLES-SUR-OTHAIN	1	0.00	0.00	0.00				DOGGER	Inconnu	875925	6936059			NULLE			
01121X0035	BSS000HPLD	BAZEILLES-SUR-OTHAIN	1	0.00	0.00	0.00				ALLUVIONS	Libre	876322	6935765			NULLE			
01121X0036	BSS000HPLE	FLASSIGNY	1	0.00	0.00	0.00				DOGGER	Inconnu	875735	6932209			NULLE			
01122X0025	BSS000HPMG	RUPT-SUR-OTHAIN	311	0.22	2.86	1.92	0.51	2.64	0.94	DOGGER	Semi-captif	881402	6927658	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	MOYENNE	9	VACHERAUVILLE	OUI
01122X0027	BSS000HPMJ	RUPT-SUR-OTHAIN	3	1.18	1.54	1.40	0.19			DOGGER	Semi-captif	881514	6927741	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01125X0001	BSS000HPRC	DOMBRAS	47	12.70	14.32	13.71	0.38			DOGGER	Libre	878694	6924154			NULLE			
01125X0010	BSS000HPRM	DELUT	1	3.85	3.85	3.85				DOGGER	Captif	876517	6925547			NULLE			
01126X0008	BSS000HPRY	SORBEY	2	0.43	0.90	0.67	0.33			DOGGER	Libre	887059	6924218	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01126X0009	BSS000HPRZ	SAINT-LAURENT-SUR-OTHAIN	1	1.20	1.20	1.20				DOGGER	Semi-captif	884534	6924824	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01126X0010	BSS000HPSA	SAINT-LAURENT-SUR-OTHAIN	42	0.69	3.18	2.21	0.55	2.49	0.97	DOGGER	Semi-captif	883216	6925138	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	MOYENNE	9	VACHERAUVILLE	OUI
01126X0011	BSS000HPSB	SAINT-LAURENT-SUR-OTHAIN	3	1.23	2.25	1.79	0.52			DOGGER	Libre	883217	6925178	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01126X0012	BSS000HPSC	SAINT-LAURENT-SUR-OTHAIN	1	3.18	3.18	3.18				DOGGER	Semi-captif	883207	6925219	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01126X0013	BSS000HPSD	PILLON	1	0.00	0.00	0.00				DOGGER	Inconnu	886420	6922483			NULLE			
01126X0015	BSS000HPSF	MANGIENNES	1	0.00	0.00	0.00				DOGGER	Captif	883452	6919369			NULLE			
01127X0001	BSS000HPSH	NOUILLEPONT	1	3.00	3.00	3.00				DOGGER	Semi-captif	891577	6920959	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01127X0002	BSS000HPSJ	SPINCOURT	3	12.25	22.00	16.92	4.89			DOGGER	Semi-captif	893606	6917857	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01127X0014	BSS000HPSW	SORBEY	1	2.00	2.00	2.00				DOGGER	Semi-captif	887567	6924042	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01127X0016	BSS000HPSY	SORBEY	1	1.40	1.40	1.40				DOGGER	Semi-captif	887577	6924042	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01127X0017	BSS000HPSZ	ROUVROIS-SUR-OTHAIN	1	0.00	0.00	0.00				DOGGER	Libre	891051	6923266			NULLE			
01127X0018	BSS000HPTA	BILLY-SOUS-MANGIENNES	1	0.00	0.00	0.00				DOGGER	Inconnu	887371	6917692			NULLE			
01128X0001	BSS000HPTC	SPINCOURT	4	11.96	17.83	14.93	2.41			DOGGER	Captif	897139	6918540			NULLE			
01128X0002	BSS000HPTD	AVILLERS	2	4.50	30.00	17.25	18.03			DOGGER	Captif	899443	6917345			NULLE			
01128X0004	BSS000HPTF	AVILLERS	2	12.00	30.00	21.00	12.73			DOGGER	Captif	897900	6918122			NULLE			

BSS_OLD	BSS_NEW	COMMUNE	NBVAL	MIN_MES	MAX_MES	MOY_MES	ECT_MES	MAX-MIN	MAX-MOY	NAPPE	GISEMENT	XL93	YL93	TYPE	USAGE	FIABILITE	TEST_FIAB	RATTACH	MESURE_HE
01128X0047	BSS000HPVA	SPINCOURT	1	0.30	0.30	0.30				DOGGER	Captif	896657	6918667			NULLE			
01354X0046	BSS000KKG	MOIREY-FLABAS-CREPION	1	0.10	0.10	0.10				OXFORDIEN	Libre	874193	6915536	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	VACHERAUVILLE	NON
01354X0057	BSS000KKG	MOIREY-FLABAS-CREPION	1	2.15	2.15	2.15				OXFORDIEN	Libre	873023	6913598	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	VACHERAUVILLE	NON
01358X0035	BSS000KLN	VACHERAUVILLE	7508	2.98	7.27	6.01	0.85	4.29	1.26	OXFORDIEN	Libre	871556	6905179	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FORTE	0		OUI
01361X0056	BSS000KMAR	AZANNES-ET-SOUMAZANNES	1	2.12	2.12	2.12				OXFORDIEN	Artésien	879536	6913219			NULLE			
01364X0004	BSS000KMBY	SPINCOURT	1	0.50	0.50	0.50				DOGGER	Semi-captif	895283	6916548	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01364X0024	BSS000KMCU	ETON	1	13.00	13.00	13.00				DOGGER	Captif	896222	6910736			NULLE			
01364X0042	BSS000KMDN	DOMMARY-BARONCOURT	1	36.69	36.69	36.69				DOGGER	Semi-captif	897778	6910125	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01364X0045	BSS000KMDR	AVILLERS	1	0.00	0.00					DOGGER	inconnu	899647	6916653			NULLE			
01364X0047	BSS000KMDT	BOULIGNY	1	0.00	0.00					DOGGER	inconnu	898752	6913511			NULLE			
01364X0048	BSS000KMDU	DOMMARY-BARONCOURT	1	0.00	0.00					DOGGER	inconnu	897929	6910358			NULLE			
01364X0049	BSS000KMDV	DOMMARY-BARONCOURT	1	0.00	0.00					DOGGER	inconnu	898048	6910267			NULLE			
01364X0050	BSS000KMDW	DOMMARY-BARONCOURT	1	2.39	2.39	2.39				DOGGER	Libre	897687	6910211	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01364X0051	BSS000KMDX	DOMMARY-BARONCOURT	1	3.37	3.37	3.37				DOGGER	Libre	897766	6910110	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01364X0052	BSS000KMDY	DOMMARY-BARONCOURT	1	0.00	0.00					DOGGER	inconnu	897597	6910172			NULLE			
01364X0053	BSS000KMDZ	BOULIGNY	1	47.00	47.00	47.00				DOGGER	Libre	900106	6913012	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01364X0054	BSS000KMEA	DOMMARY-BARONCOURT	1	0.00	0.00					DOGGER	inconnu	897838	6910129			NULLE			
01371X0013	BSS000KMMC	GONDRECOURT-AIX	2	2.79	3.20	3.00	0.29			DOGGER	Libre	901652	6908629	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0014	BSS000KMDM	GONDRECOURT-AIX	2	3.10	4.70	3.90	1.13			DOGGER	Libre	901400	6908461	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0015	BSS000KMM	GONDRECOURT-AIX	2	0.89	1.80	1.35	0.64			DOGGER	Libre	901078	6908235	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0016	BSS000KMMF	GONDRECOURT-AIX	2	0.92	2.50	1.71	1.12			DOGGER	Libre	901216	6908073	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0017	BSS000KMMG	GONDRECOURT-AIX	3	1.90	4.35	3.13	1.23			DOGGER	Libre	900906	6908036	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0018	BSS000KMMH	GONDRECOURT-AIX	1	0.30	0.30	0.30				DOGGER	Libre	901393	6907721	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0019	BSS000KMMJ	GONDRECOURT-AIX	2	0.80	1.10	0.95	0.21			DOGGER	Libre	901977	6907135	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0020	BSS000KMMK	GONDRECOURT-AIX	2	1.05	1.45	1.25	0.28			DOGGER	Libre	902251	6907522	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0021	BSS000KMLL	GONDRECOURT-AIX	3	2.15	3.40	2.59	0.70			DOGGER	Libre	903179	6908253	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0026	BSS000KMMR	GONDRECOURT-AIX	3	0.80	1.84	1.30	0.52			DOGGER	Libre	900860	6909352	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0027	BSS000KMMS	GONDRECOURT-AIX	1	0.75	0.75	0.75				DOGGER	Libre	900974	6909736	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0028	BSS000KMMT	GONDRECOURT-AIX	3	0.30	2.09	1.13	0.90			DOGGER	Libre	900906	6909492	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0029	BSS000KMMU	AFFLEVILLE	3	0.70	1.20	1.02	0.28			DOGGER	Libre	900860	6911273	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0030	BSS000KMMV	AFFLEVILLE	3	3.02	3.90	3.59	0.49			DOGGER	Libre	901161	6911375	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0031	BSS000KMMW	AFFLEVILLE	3	0.85	1.59	1.21	0.37			DOGGER	Libre	901315	6911333	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0032	BSS000KMMX	JOUDREVILLE	3	1.95	2.31	2.17	0.19			DOGGER	Libre	902131	6913256	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0036	BSS000KMNB	NORROY-LE-SEC	1	1.15	1.15	1.15				DOGGER	Libre	904606	6912704	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0037	BSS000KMNC	NORROY-LE-SEC	1	1.20	1.20	1.20				DOGGER	Libre	904272	6912313	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0038	BSS000KMND	NORROY-LE-SEC	3	1.85	2.90	2.50	0.57			DOGGER	Libre	904217	6912293	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0069	BSS000KMPL	GONDRECOURT-AIX	3	0.05	2.03	1.06	0.99			DOGGER	Libre	902424	6909291	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0075	BSS000KMPS	MAIRY-MAINVILLE	1	0.04	0.04	0.04				DOGGER	Libre	905377	6914657	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0103	BSS000KMQW	BOULIGNY	1	2.30	2.30	2.30				DOGGER	Libre	900481	6916204	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	FAIBLE	6	STENAY	OUI
01371X0122	BSS000KMRR	BOULIGNY	2	1.50	2.30	1.90	0.57			DOGGER	Captif	900584	6913592			NULLE			
01371X0123	BSS000KMRS	GONDRECOURT-AIX	1	6.00	6.00	6.00				DOGGER	Captif	901207	6909114			NULLE			
01371X0124	BSS000KMRT	JOUDREVILLE	1	9.50	9.50	9.50				DOGGER	Captif	901801	6913239			NULLE			
01371X0126	BSS000KMRV	NORROY-LE-SEC	2	2.80	5.00	3.90	1.56			DOGGER	Captif	904146	6914605			NULLE			
01371X0127	BSS000KMRW	LANDRES	2	5.00	18.00	11.50	9.19			DOGGER	Captif	904917	6915677			NULLE			
01371X0130	BSS000KMRZ	NORROY-LE-SEC	1	6.00	6.00	6.00				DOGGER	Captif	903388	6912892			NULLE			
01371X0133	BSS000KMSC	JOUDREVILLE	1	8.00	8.00	8.00				DOGGER	Captif	902760	6914079			NULLE			
01371X0134	BSS000KMSD	NORROY-LE-SEC	1	6.00	6.00	6.00				DOGGER	Captif	902873	6911527			NULLE			
01371X0137	BSS000KMSG	JOUDREVILLE	1	4.00	4.00	4.00				DOGGER	Captif	901688	6912080			NULLE			
01371X0152	BSS000KMSX	BOULIGNY	1	0.00	0.00					DOGGER	inconnu	901057	6913887			NULLE			
01371X0154	BSS000KMSZ	JOUDREVILLE	1	0.00	0.00					DOGGER	Libre	902805	6914559			NULLE			
01371X0164	BSS000KMTK	GONDRECOURT-AIX	1	26.00	26.00	26.00				DOGGER	Libre	901110	6909535	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
01375X0021	BSS000KPAU	BECHAMPS	1	7.65	7.65	7.65				DOGGER	Libre	900782	6906757	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
BSS003DZWC	BSS003DZWC	VITTARVILLE	1	1.15	1.15	1.15				DOGGER	Semi-captif	874265	6925057	MESURE PIEZO	CONTRAINTE	FAIBLE	6	STENAY	NON
BSS004CYNE	BSS004CYNE	DELUT	93	2.72	4.54	3.95	0.47	1.82	0.59	DOGGER	Libre	876530	6925970	MESURE PIEZO	CALIBRAGE	MOYENNE	9	VACHERAUVILLE	OUI

BATTEMENTS (fiabilité moyenne)



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34

Direction régionale Grand Est – Site de Nancy

1 rue Jean Zay

54500 Vandœuvre-lès-Nancy - France

Tél. : 03 83 44 81 49

www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm