

Document public



Définition d'indicateurs piézométriques pour la prévision d'étiage dans les rivières de Haute Normandie

Rapport final

BRGM/RP-59136-FR
Novembre 2010



Définition d'indicateurs piézométriques pour la prévision d'étiage dans les rivières de Haute Normandie

Rapport final

BRGM/RP-59136-FR

Novembre 2010

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 10EAUB02

A. Carn-Dheilly

Vérificateur :

Nom : J.J. Seguin

Date : 20 décembre 2010



Approbateur :

Nom : E. Gomez

Date : 21 décembre 2010



Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.

Mots clés : indicateur, piézométrie, eaux souterraines, Haute-Normandie.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : A. Carn-Dheilly (2010) - Définition d'indicateurs piézométriques pour la prévision d'étiage dans les rivières de Haute Normandie. Rapport final BRGM/RP-59136-FR, 35 p., 25 ill., 8 ann.

Synthèse

Cette étude, réalisée dans le cadre de la convention établie en septembre 2009 entre la DREAL et le BRGM, a porté sur la caractérisation de 22 chroniques piézométriques en Haute-Normandie et la mise en œuvre de différentes méthodes d'analyse des données (étude fréquentielle, corrélations débits de rivières-niveaux piézométriques, confrontation aux résultats déjà obtenus avec la modélisation Tempo pour certains piézomètres) afin de définir des indicateurs piézométriques pour la prévision de l'étiage des rivières en relation hydraulique avec les 6 masses d'eau souterraines de Haute-Normandie. La refonte du bulletin hydrogéologique mensuel des deux départements de Haute Normandie est également proposée à partir de ces indicateurs.

La recherche d'indicateurs piézométriques s'appuie sur 2 approches :

- la recherche de "seuils historiques", qui consiste à repérer dans les chroniques piézométriques de longue durée, des niveaux historiquement bas associés à une analyse fréquentielle (détermination de fréquences de dépassement de tel ou tel niveau) ;
- la recherche de corrélation entre les niveaux piézométriques et les débits à l'étiage permettant de relier un niveau à un seuil caractéristique de débit en rivière, en suivant l'évolution de cette corrélation au cours du temps (de la période de recharge jusqu'à la fin du printemps. Dans ce cas, l'objectif de l'indicateur piézométrique est d'anticiper une situation d'étiage en rivière (soutien).

Afin de s'assurer que les évolutions observées au niveau d'un piézomètre de référence soit bien représentatives d'une tendance et non d'un épiphénomène, il est suggéré de déclencher les mesures liées au dépassement d'un seuil suite à son observation sur deux ou trois mois consécutifs de janvier à juin.

Il serait intéressant de poursuivre l'acquisition de données afin d'améliorer la définition des quantiles ; la précision des quantiles étant meilleure avec de longues périodes d'observation. La modélisation TEMPO peut servir à fournir des éléments de réponse sur les périodes de retour des niveaux piézométriques à condition de disposer d'un modèle bien calé, en particulier durant les périodes d'étiage.

L'analyse des relations nappe-rivière au cours d'épisodes climatiques secs permet de mettre en évidence des corrélations pour 17 couples rivière-piézomètres. Les indicateurs piézométriques définis pour ces couples rivière-piézomètres correspondant à des niveaux piézométriques de référence pour différents débits caractéristiques d'étiage (seuil de vigilance, d'alerte, de crise et de crise renforcée). Ces indicateurs, évoluant au cours du temps, permettent ainsi d'anticiper d'éventuelles situations critiques dans les cours d'eau. L'ensemble de ces informations pourra être utilisé pour améliorer le bulletin hydrogéologique mensuel.

A l'avenir cette analyse pourrait être complétée par une connaissance fine des prélèvements durant la période d'irrigation, aussi bien en termes de répartition dans le temps que de localisation géographique précise et de nature de l'aquifère capté.

Ceci permettrait de disposer d'un retour d'expérience quant au bien-fondé des niveaux de référence proposés dans le cadre de cette étude et donc, le cas échéant, de disposer d'éléments permettant d'en améliorer l'exactitude. L'instauration de ces niveaux de référence répond en effet à une problématique récente qu'il est nécessaire de confronter à la réalité du terrain.

Masse d'eau 3201

Les piézomètres de Civières, Farceaux et Vandrimare peuvent être utilisés comme piézomètres de référence pour ce qui concerne la détermination de seuils historiques (analyse fréquentielle).

Concernant les relations nappe-rivière, le **piézomètre Farceaux** peut être retenu comme indicateur piézométrique pour les deux rivières jaugées de la masse d'eau, l'Epte et l'Andelle, les corrélations nappe-rivière étant satisfaisantes.

Les autres piézomètres de la masse d'eau, Civières et Vandrimare, ne montrent pas de corrélation exploitable pour l'étiage.

Masse d'eau 3202

Les piézomètres de Bois d'Ennebourg, la Vaupalière, Les Trois Pierres, Montaure et Rocquemont peuvent être utilisés comme piézomètres de référence pour ce qui concerne la détermination de seuils historiques (analyse fréquentielle).

Concernant les relations nappe-rivière, le **piézomètre Montaure** peut être utilisé comme indicateur piézométrique pour la rivière l'Eure pour la corrélation entre le débit journalier minimum de l'Eure et le niveau moyen mensuel dans le piézomètre.

Concernant la rivière le Cailly, bien que les niveaux piézométriques de plusieurs piézomètres semblent s'ajuster sur le débit de la rivière, seul le **piézomètre Rocquemont** peut être utilisé comme indicateur avec des corrélations entre le débit journalier minimum du Cailly et le niveau moyen mensuel dans le piézomètre, supérieures à 0.6 pour plusieurs mois de l'année dont le mois de février. Ce constat peut ainsi permettre une prévision très anticipée de l'étiage.

Masse d'eau 3203

Les piézomètres de Ancrteville sur Mer, Hattenville et Tocqueville en Caux peuvent être utilisés comme piézomètres de référence pour ce qui concerne la détermination de seuils historiques (analyse fréquentielle).

Concernant les relations nappe-rivière, la corrélation entre la rivière Ganzeville et le **piézomètre Hattenville** est satisfaisante (>0.6) sur la majorité des mois de l'année.

Les relations entre le débit journalier minimum de la rivière et le niveau moyen mensuel au piézomètre sont excellentes entre le débit du Durdent à Vittefleury et les niveaux du **piézomètre Ancreville** pour tous les mois de l'année, excepté en décembre. Ce piézomètre est également bien corrélé avec la rivière Durdent.

Il n'y a que 13 années communes de données mais le niveau de corrélation est remarquable entre les débits du Dun et les niveaux du **piézomètre Tocqueville** pour tous les mois de l'année.

Masse d'eau 3204

Les piézomètres de Criquiers, Grèges et Rocquemont peuvent être utilisés comme piézomètres de référence pour ce qui concerne la détermination de seuils historiques (analyse fréquentielle).

Concernant les relations nappe-rivière, la corrélation entre les débits de la rivière Bresle à la station Pont des Marais et le **piézomètre Criquiers** est correcte sur la majorité des mois de l'année.

Les corrélations entre les débits de la rivière Yères et les niveaux des piézomètres Grèges ou Criquiers n'ont pas pu être établies.

Par contre, les liens entre les niveaux du **piézomètre Rocquemont** et les débits de la rivière Cailly à station Cailly sont très satisfaisants pour tous les mois de l'année. Les mois de janvier et d'avril peuvent être utilisés pour la prévision d'étiage.

Masse d'eau 3211

Les piézomètres de Chaignes, Coulonges, Graveron-Semmerville, Moisville et Nogent le sec peuvent être utilisés comme piézomètres de référence pour ce qui concerne la détermination de seuils historiques (analyse fréquentielle).

Concernant les relations nappe-rivière, il n'y a pas de relation exploitable entre les niveaux du piézomètre Chaignes et les débits de l'Eure, que ce soit à la station de Cailly-sur-Eure ou à la station de Louviers.

Il existe des corrélations (relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière et le niveau moyen mensuel du piézomètre pour la même année) entre les niveaux dans le **piézomètre Coulonges** et les débits de la rivière Iton à la station Bourth.

Pour la prévision d'étiage, il n'existe pas de liaison exploitable entre le débit de la rivière Iton à Normanville et les niveaux dans le piézomètre Graveron-Semerville. Par contre, ces corrélations existent avec le **piézomètre Nogent le Sec**.

Entre les débits de la rivière de l'Avre à la station Muzy, l'approche des relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière et le niveau moyen mensuel des **piézomètres Moisville et Coulonges** pour la même année permet de définir des niveaux repères des deux piézomètres Moisville et Coulonges.

Avec les débits de cette même rivière (Avre) mais à la station Acon, il n'est pas possible d'établir de corrélation avec le piézomètre Moisville, mais elles fonctionnent bien avec le piézomètre Coulonges.

Masse d'eau 3212

Les piézomètres de Fourmetot, Goupillières, La Roussière et l'Aigle peuvent être utilisés comme piézomètres de référence pour ce qui concerne la détermination de seuils historiques (analyse fréquentielle).

Concernant les relations nappe-rivière, il n'existe pas de corrélation exploitable pour les prévisions d'étiage entre les débits de la rivière Risle à la station Pont Authou et les piézomètres Fourmetot et Goupillières. Par contre, elles existent pour les **piézomètres La Roussière et l'Aigle**.

La comparaison des débits de la rivière Risle à la station Rai et les niveaux dans le piézomètre l'Aigle ne permet pas de mettre en évidence de corrélations. Par contre, les niveaux piézométrique de l'Aigle peuvent être exploités pour définir des indicateurs piézométriques pour la rivière Iton à la station Bourth.

Sommaire

1. Introduction	11
1.1. CONTEXTE DE L'ETUDE	11
1.2. DEMARCHE PROPOSEE	11
2. Recherche d'indicateurs piézométriques pour la Haute-Normandie	13
2.1. SELECTION DES PIEZOMETRES DE REFERENCE ET CARACTERISATION.....	13
2.2. DESCRIPTION DE LA DEMARCHE	16
2.2.1. Analyse fréquentielle	16
2.2.2. Analyse des relations nappe-rivières.....	17
2.2.3. Comparaison avec les résultats de la modélisation Tempo	18
2.3. RESULTATS.....	19
2.3.1. Masse d'eau 3201	19
2.3.2. Masse d'eau 3202	20
2.3.3. Masse d'eau 3203	21
2.3.4. Masse d'eau 3204	22
2.3.5. Masse d'eau 3211	23
2.3.6. Masse d'eau 3212	24
2.3.7. Conclusion.....	25
3. Proposition de refonte du bulletin hydrogéologique mensuel	29
4. Conclusions	31
5. Bibliographie	35

Liste des illustrations

Illustration 1 - Liste des piézomètres de référence sélectionnés	14
Illustration 2 - Nombre de piézomètres par masse d'eau.....	15
Illustration 3 - Localisation des piézomètres de référence et des stations de jaugeage. Fonds cartographique : isopièzes de la nappe de la Craie pour les départements de l'Eure (édition 1989) et de Seine-Maritime (édition 1990).....	15
Illustration 4 : Le temps de transit moyen (jours) correspondant aux composantes lente et rapide des différents piézomètres retenus pour la prévision.....	18
Illustration 5 – Niveaux piézométriques moyens mensuels pour des périodes de retour « 5 ans sec » et « 20 ans sec » pour les piézomètres sélectionnés sur la masse d'eau.....	19
Illustration 6 - Relations entre le niveau piézométrique journalier le plus haut (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible (année civile) définis pour des débits caractéristiques.....	19
Illustration 7 - Relations entre le niveau piézométrique moyen mensuel et le débit journalier minimal annuel définis pour des débits caractéristiques et au cours du temps	20
Illustration 8 - Niveaux piézométriques moyens mensuels pour des périodes de retour « 5 ans sec » et « 20 ans sec » pour les piézomètres sélectionnés sur la masse d'eau.....	20
Illustration 9 - Relations entre le niveau piézométrique journalier le plus haut (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible (année civile) définis pour des débits caractéristiques.....	20
Illustration 10 - Relations entre le niveau piézométrique moyen mensuel et le débit journalier minimal annuel définis pour des débits caractéristiques et au cours du temps	21
Illustration 11 - Niveaux piézométriques moyens mensuels pour des périodes de retour « 5 ans sec » et « 20 ans sec » pour les piézomètres sélectionnés sur la masse d'eau.....	21
Illustration 12 - Relations entre le niveau piézométrique journalier le plus haut (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible (année civile) définis pour des débits caractéristiques.....	21
Illustration 13 - Relations entre le niveau piézométrique moyen mensuel et le débit journalier minimal annuel définis pour des débits caractéristiques et au cours du temps	22
Illustration 14 - Niveaux piézométriques moyens mensuels pour des périodes de retour « 5 ans sec » et « 20 ans sec » pour les piézomètres sélectionnés sur la masse d'eau.....	22
Illustration 15 - Relations entre le niveau piézométrique journalier le plus haut (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible (année civile) définis pour des débits caractéristiques.....	22
Illustration 16 - Relations entre le niveau piézométrique moyen mensuel et le débit journalier minimal annuel définis pour des débits caractéristiques et au cours du temps	23
Illustration 17 - Niveaux piézométriques moyens mensuels pour des périodes de retour « 5 ans sec » et « 20 ans sec » pour les piézomètres sélectionnés sur la masse d'eau.....	23
Illustration 18 - Relations entre le niveau piézométrique journalier le plus haut (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible (année civile) définis pour des débits caractéristiques.....	24

Illustration 19 - Relations entre le niveau piézométrique moyen mensuel et le débit journalier minimal annuel définis pour des débits caractéristiques et au cours du temps.....	24
Illustration 20 - Niveaux piézométriques moyens mensuels pour des périodes de retour « 5 ans sec » et « 20 ans sec » pour les piézomètres sélectionnés sur la masse d'eau	24
Illustration 21 - Relations entre le niveau piézométrique journalier le plus haut (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible (année civile) définis pour des débits caractéristiques	25
Illustration 22 - Relations entre le niveau piézométrique moyen mensuel et le débit journalier minimal annuel définis pour des débits caractéristiques et au cours du temps.....	25
Illustration 23 - Synthèse des résultats sur les piézomètres de référence des 6 masses d'eau souterraines de Haute-Normandie	27
Illustration 24 - Profil en long et piézométrie moyenne 1980-1990 – Exemple d'application sur le bassin de l'Andelle	33
Illustration 25 - Profil en travers et piézométrie moyenne 1980-1990 – Exemple d'application sur le bassin de l'Andelle	33

Liste des annexes

Annexe 1 - Qualification des piézomètres sélectionnés	37
Annexe 2 - Qualification des piézomètres non-sélectionnés	41
Annexe 3 - Masse d'eau souterraine 3201	45
Annexe 4 - Masse d'eau souterraine 3202	75
Annexe 5 - Masse d'eau souterraine 3203	123
Annexe 6 - Masse d'eau souterraine 3204	167
Annexe 7 - Masse d'eau souterraine 3211	195
Annexe 8 - Masse d'eau souterraine 3212	257

1. Introduction

1.1. CONTEXTE DE L'ETUDE

Suite aux épisodes de déficit pluviométrique important qui se sont succédés ces dernières années (1989-1991, 1996-1997, 2003 à 2006), la DREAL de Haute-Normandie a sollicité le BRGM pour réaliser une étude visant à mettre en place des indicateurs piézométriques sur le territoire de la Haute-Normandie.

Ces notions d'indicateurs piézométriques ne sont en fait que de simples transpositions à l'hydrogéologie des concepts hydrologiques de DOE (débit objectif d'étiage) et DCR (débit de crise) et doivent donc être adaptées au contexte hydrogéologique régional.

En contexte crayeux, la gestion des ressources en eau souterraine doit pouvoir s'appuyer sur des indicateurs piézométriques afin d'anticiper une situation d'étiage et en atténuer éventuellement les effets par réduction des prélèvements.

En parallèle, la présente étude vise à proposer une nouvelle version du bulletin hydrogéologique mensuel diffusé par le BRGM.

1.2. DÉMARCHE PROPOSÉE

L'étude est scindée en deux volets.

Le premier volet, qui consiste à rechercher des indicateurs piézométriques, nécessite une succession d'étapes : sélectionner des piézomètres de référence, caractériser leurs chroniques piézométriques et tester différentes méthodes pour déterminer les indicateurs (étude fréquentielle, corrélations débits/niveaux, confrontations avec les modélisations TEMPO disponibles).

Le second volet propose des orientations pour la refonte du bulletin hydrogéologique mensuel édité chaque mois par le BRGM. Il s'agit de fournir une information permettant de quantifier l'état de la ressource par le biais des indicateurs piézométriques et de proposer une amélioration de la représentation cartographique de l'état piézométrique en Seine-Maritime et dans l'Eure.

2. Recherche d'indicateurs piézométriques pour la Haute-Normandie

2.1. SELECTION DES PIEZOMETRES DE REFERENCE ET CARACTERISATION

L'objectif est d'identifier au moins un point de suivi référent par masse d'eau souterraine (intégrateur de plusieurs bassins versants).

Sur la base des différentes études de qualification des piézomètres menées par le passé sur le réseau de surveillance patrimoniale du Bassin Seine Normandie, 22 piézomètres de référence ont été sélectionnés parmi les 70 piézomètres présents en Haute-Normandie. La sélection a été menée de manière à obtenir une couverture aussi complète que possible des masses d'eau souterraine.

Plusieurs critères ont été pris en compte pour effectuer la sélection :

- la durée de la chronique (au minimum 20 ans) ;
- les niveaux de référence (très basses eaux / très hautes eaux) ;
- la bonne compréhension du comportement du piézomètre (à partir de modélisations TEMPO existantes, de corrélation avec des points voisins ou dans les même conditions...) ;
- le type de fluctuation (pluriannuel, mixte, saisonnier) ;
- les influences (pompages, réseau de surface) ;
- pas de risque d'assecs en période d'étiage ;
- les aquifères principaux captés (un seul ou plusieurs) ;
- l'état de la nappe (libre ou captive) ;
- la profondeur du piézomètre ;
- l'état de l'ouvrage (« à sec », ensablé, bouché...) ;
- l'existence, réelle ou supposée, de relations nappe-rivière avec sélection des stations de jaugeage à proximité (fiabilité des mesures, longueur des chroniques...).

Dans certains cas, plusieurs stations de jaugeage ont été retenues *a priori* lorsque la relation nappe-rivière n'était pas évidente, d'après la carte piézométrique.

La carte suivante (Illustration 3) présente la localisation des 22 piézomètres et des 20 stations de jaugeages associées avec les cartes piézométriques départementales permettant de visualiser les principaux sens d'écoulement.

Le tableau ci-dessous (illustration 1) présente les piézomètres sélectionnés (cf. annexes 1 et 2).

Indice BSS	X Lambert 2e	Y Lambert 2e	Dpt	Nom du piézo (Commune)	Masse d'eau souterraine (MESO)	Cours d'eau associé	Station hydro associée	Modélisation TEMPO	Piezomètre représentatif de la MESO *	Type de fluctuation	début suivi
01256X0002/S1	543 634	2 463 077	27	CIVIERES	3 201	Epte	Fourges		X	mixte	déc.-68
01252X0011/S1	541 746	2 478 335	27	FARCEAUX	3 201	Gambon ou Epte	Vascoeul ou Fourges	X	X	mixte	févr.-71
01008X0018/S1	528 244	2 488 685	27	VANDRIMARE	3 201	Andelle	Vacoeuil (station en amont)			pluriannuel	janv.-68
01003X0008/S1	521 646	2 492 675	76	BOIS D'ENNEBOURG	3 202	La ravine - Robec	Pas de station	X	X	mixte	janv.-68
00993X0002/S1	501 769	2 498 699	76	LA VAUPALIERE	3 202	Seine Austreberthe Cailly	pas de station St Paer Notre Dame de Bondeville		X	pluriannuel	janv.-68
00755X0006/S1	461 186	2 508 183	76	LES TROIS PIERRES	3 202	Seine Commerce	pas de station Gruchet le-Valasse : oui		X	mixte	oct.-69
01245X0010/S1	509 081	2 470 310	27	MONTAURE	3 202	Eure	Louviers	X	X	mixte	oct.-67
00773X0002/S1	523 526	2 512 432	76	ROCQUEMONT	3204-3202	Cailly	Cailly		X (MESO 3202)	mixte	janv.-68
00572X0010/S1	468 393	2 534 129	76	ANCREVILLE SUR MER	3 203	pas de cours d'eau	éventuellement Vittefleury ou Ganzeville		X	pluriannuel	oct.-69
00753X0030/S1	470 949	2 519 409	76	HATTENVILLE	3 203	Ganzeville	Ganzeville		X	mixte	nov.-69
00583X0005/S1	496 824	2 532 819	76	TOCQUEVILLE EN CAUX	3 203	Saane	Val-de-Saane (station en amont) sinon Le Bourg Dun		X	mixte	févr.-71
00608X0206/S1	556 714	2 521 235	76	CRIQUEIERS	3 204	Bresles	Ponts-et-Marais	X	X	mixte	janv.-74
00435X0079/S1	514 184	2 547 974	76	GREGES	3 204	Eaulne	pas de station éventuellement Touffreville-sur-Eu		X	pluriannuel	nov.-72
00773X0002/S1	523 526	2 512 432	76	ROCQUEMONT	3204-3202	Cailly	Cailly		X (MESO 3202)	mixte	janv.-68
01515X2015/S1	534 773	2 446 592	27	CHAIGNES	3 211	eure	Cailly-sur-Eure (sinon Louviers)			pluriannuel	sept.-68
01801X0010/S1	508 273	2 432 239	27	COULONGES	3 211	Iton	Bourth		X	mixte	mai-85
01493X0001/P	500 387	2 456 045	27	GRAVERON SEMERVILLE	3 211	Iton	Normanville (station en amont)	X	X	pluriannuel	déc.-68
01805X0036/S1	514 024	2 427 473	27	MOISVILLE	3 211	Avre (La Coudanne)	Muzy (sinon Acon)	X	X	mixte	janv.-82
01794X0035/S1	503 934	2 436 565	27	NOGENT LE SEC	3 211	Iton	Normanville		X	pluriannuel	avr.-85
00987X0009/S1	472 424	2 488 387	27	FOURMETOT	3 212	Risle	Pont-Authou (mais station en amont)	X	X	pluriannuel	janv.-71
01491X0009/S1	485 549	2 458 527	27	GOUPILLIERES	3 212	Risle	Pont-Authou		X	pluriannuel	nov.-72
01487X0001/S1	471 728	2 441 961	27	LA ROUSSIÈRE	3 212	Risle	Pont-Authou		X	pluriannuel	janv.-82
02144X0005/S1	476 564	2 419 975	14	L'AIGLE (61)	3 212	Risle Iton	Rai (mais station amont) Bourth (Iton)		X	mixte	janv.-86

* : d'après les rapports RP-55254-FR et RP-54162-FR

Illustration 1 - Liste des piézomètres de référence sélectionnés

Ces piézomètres sont implantés dans les 6 masses d'eau présentes dans la région Haute-Normandie avec de 2 à 5 piézomètres par masse d'eau (illustration 2).

Numéro masse d'eau	3201	3202	3203	3204	3211	3212
Nombre de piézomètres	3	4 ou 5	3	2 ou 3	4 ou 5	4

Illustration 2 - Nombre de piézomètres par masse d'eau

Douze piézomètres sont localisés dans le département de l'Eure, neuf dans celui de la Seine-Maritime et un dans le Calvados, qualifiant une masse d'eau commune aux deux régions normandes.

La carte suivante (illustration 3) présente la localisation des piézomètres sélectionnés.

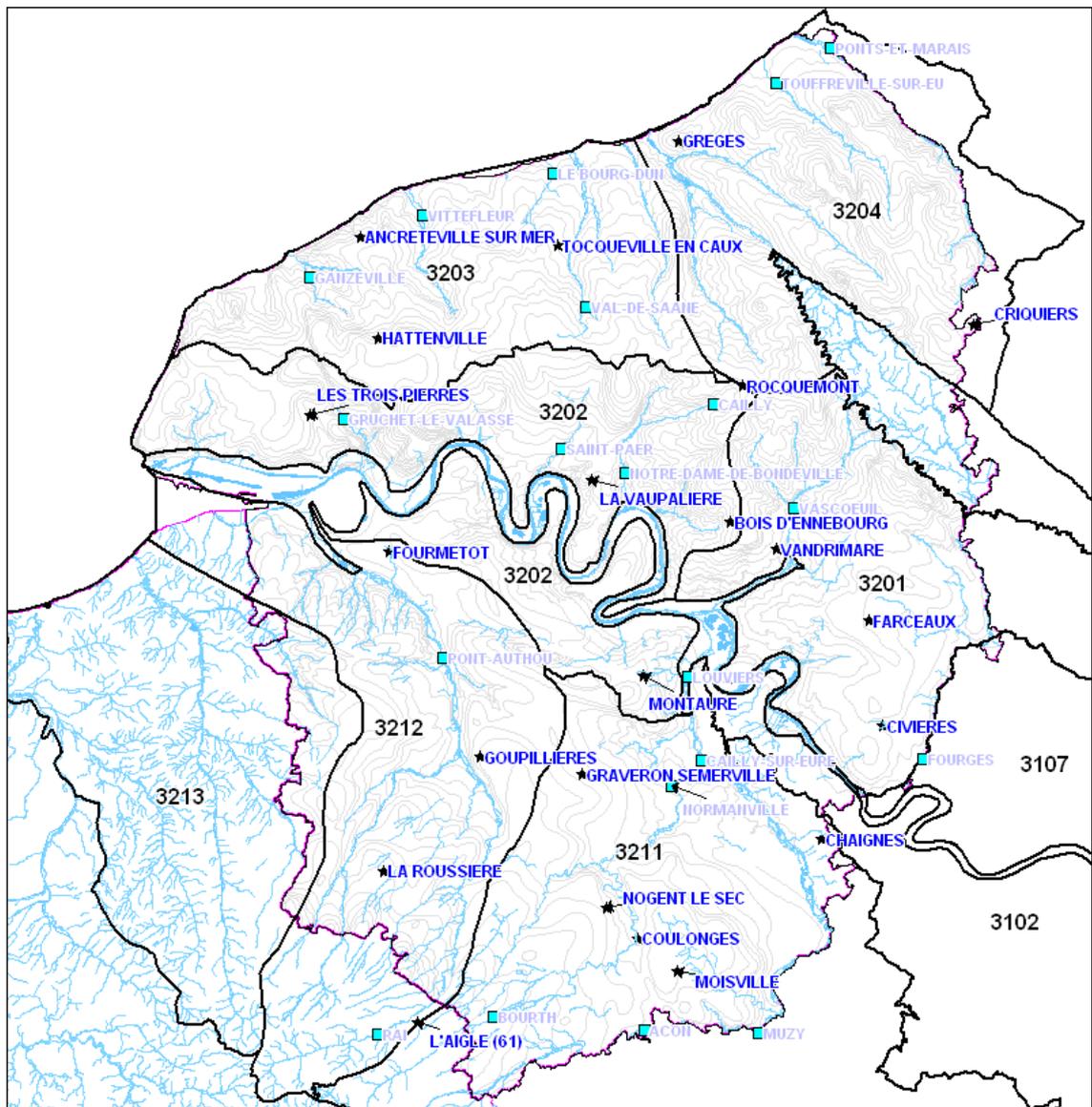


Illustration 3 - Localisation des piézomètres de référence et des stations de jaugeage. Fonds cartographique : isopièzes de la nappe de la Craie pour les départements de l'Eure (édition 1989) et de Seine-Maritime (édition 1990)

2.2. DESCRIPTION DE LA DEMARCHE

La recherche d'indicateurs piézométrique s'appuie sur la méthodologie développée au service EAU du BRGM (Seguin J.J., 2009).

2.2.1. Analyse fréquentielle

En préalable à l'analyse fréquentielle, un calcul d'autocorrélogramme est mené au pas de temps mensuel pour chaque chronique piézométrique. Il vise à s'assurer de l'indépendance des niveaux moyens mensuels d'année en année. Par ailleurs, une auto-corrélation qui dure plusieurs mois traduit une certaine inertie de la nappe et fiabilise, de fait, les prévisions (effet mémoire).

L'analyse fréquentielle vise à déterminer des fréquences de dépassement de tel ou tel niveau piézométrique à partir des chroniques disponibles. Cette analyse a été conduite en distinguant des niveaux caractéristiques (quantiles) pour chaque mois de l'année.

Une des difficultés rencontrées pour conduire cette analyse est l'hétérogénéité de la fréquence des mesures de niveau qui varie dans le temps pour la plupart des piézomètres. Elles sont généralement mensuelles, puis tous les deux mois, de nouveau mensuelles ou hebdomadaires et enfin journalières.

De ce fait, le logiciel SHALIMAR, développé par le BRGM, a été utilisé pour compléter les données manquantes et calculer les moyennes mensuelles de niveau. Selon la fréquence des mesures initiales, cela peut avoir comme effet de lisser les mesures.

A partir des moyennes mensuelles calculées, pour chaque chronique, un corrélogramme a été calculé et une analyse fréquentielle a été faite (logiciel XLSTAT), permettant de définir des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement (5-10-20 ans humides et secs).

Concernant les valeurs de débits en rivières, les données des stations de jaugeage ont été fournies par la DREAL sous forme de données dont les fréquences de relevés sont variables et qui ne deviennent journalières qu'à partir d'une certaine date. Elles ont été utilisées soit directement, par exemple pour la recherche du débit minimal journalier annuel, soit indirectement après calcul des moyennes mensuelles par le biais du logiciel SHALIMAR. Selon la fréquence des mesures initiales, cela peut avoir comme effet de lisser les mesures.

2.2.2. Analyse des relations nappe-rivières

2.2.2.1 *Corrélogrammes croisés*

Les corrélogrammes croisés débits-niveaux, établis à partir des moyennes mensuelles, sont reportés en annexe. Il faut lire les graphiques uniquement pour les valeurs de X supérieures à zéro (relation dans le sens niveau→débit) . Une corrélation est d'autant meilleure qu'elle est proche de 1 (axe Y). Le seuil de significativité a été pris égal à 0.6 (rigoureusement, un calcul aurait été nécessaire).

2.2.2.2 *Relations entre le débit journalier minimal annuel et le niveau moyen mensuel des piézomètres pour la même année*

On recherche une relation linéaire entre le débit journalier minimal annuel et le niveau moyen mensuel des piézomètres pour la même année, pour le ou les piézomètres corrélés avec les données de la station de jaugeage analysée. Si le coefficient de détermination R^2 est supérieur à 0.6 dans les premiers mois de l'année, notamment le mois d'avril, la relation obtenue pour ce mois sera utilisée comme référence pour déterminer un niveau seuil dans le piézomètre correspondant au débit QMNA5¹. Ce niveau seuil sera alors retenu comme indicateur piézométrique. En d'autres termes, le risque d'atteinte du QMNA5 dans la rivière augmente si le niveau piézométrique moyen du mois corrélé est inférieur ou égal au niveau-seuil.

Le même raisonnement peut être appliqué pour différents débits caractéristiques. L'indicateur peut alors se décliner en seuil de vigilance, seuil d'alerte, seuil de crise et seuil de crise renforcée avec des valeurs évoluant chaque mois, lorsque la corrélation existe.

2.2.2.3 *Relations entre le niveau journalier le plus haut d'un piézomètre (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible de la rivière (année civile) de la même masse d'eau*

Il s'agit de rechercher une relation entre le niveau le plus haut dans la nappe avant l'étiage dans la rivière et le débit le plus bas enregistré pendant la période d'étiage. Cette approche est réalisée avec les données journalières de l'année hydrogéologique pour le piézomètre et avec les données journalières de l'année civile pour la rivière. Ce type de relation rend compte de la dynamique de tarissement entre la période de recharge et la période d'étiage. L'état de recharge de la nappe va ainsi guider le soutien de la rivière à l'étiage. De même que précédemment, le niveau du piézomètre correspondant au QMNA5 sera retenu comme indicateur piézométrique.

¹ Débit mensuel minimal annuel, qui se produit en moyenne 1 fois tous les 5 ans

2.2.3. Comparaison avec les résultats de la modélisation Tempo

Lorsque les chroniques piézométriques ont fait l'objet d'une modélisation Tempo (ref. Pinault J.-L., avril 2006), les résultats de simulation ont été comparés avec ceux issus de l'analyse fréquentielle. Les simulations TEMPO prévisionnelles retenues pour la comparaison correspondent à l'année 2009 de manière à disposer de valeurs non-conditionnées par l'état initial (2006).

L'outil Tempo d'aide à la gestion des nappes met en œuvre un **modèle de transfert "pluie - niveau piézométrique"** qui, pour chaque piézomètre, permet d'effectuer des prévisions après une phase de calage sur les observations en générant de très nombreuses séries climatiques (pluies-ETP) et en faisant une analyse fréquentielle des niveaux correspondants (environnement EXCEL).

La sélection des piézomètres a porté sur ceux dont le fonctionnement est bien compris et non influencés par des pompages. Une modélisation pluie - niveau permet de les représenter avec un degré de précision compatible avec les exigences de la prévision.

Huit piézomètres ont ainsi fait l'objet d'une modélisation pluies – niveaux suivie de simulations prévisionnelles avec l'utilisation d'un générateur permettant de produire des séquences stochastiques de pluies et d'ETP à partir de la date d'émission de la prévision (1/3/2006). Les simulations sont entièrement automatisées, de même que la mise à jour des données météorologiques et hydrogéologiques à partir de fichiers au format TEXTE, ce qui permet de réaliser des prévisions à court et long termes (un à deux ans) représentées sous la forme de quantiles correspondant à diverses périodes de retour.

	Temps de réponse moyen	
	Comp. Rapide (jours)	comp. Lente (jours)
Farceaux	116	456
Montaure	113	493
Bois d'Ennebourg	59	392
Tocqueville	66	454
Criquiers	59	373
Moisville	73	498
Graveron	73	732
Fourmetot	61	656

Illustration 4 - Temps de réponse moyen (jours) correspondant aux composantes lente et rapide des différents piézomètres retenus pour la prévision

Les modélisations réalisées ont démontré que les piézomètres de Farceaux, Montaure, Bois d'Ennebourg, Tocqueville-en-Caux, Rocquemont, Criquiers, Moisville, Graveron-Semerville et Fourmetot présentaient un niveau de calage satisfaisant. A partir de ces simulations, des prévisions de niveaux piézométriques à court et long termes ont pu être élaborées.

Les prévisions Tempo, calculées pour l'année 2009, ont ainsi été comparées aux résultats obtenus par l'analyse fréquentielle réalisée avec XLSTAT, celle-ci prenant en compte l'ensemble des données existantes pour le piézomètre depuis sa création jusqu'à fin 2009. Les valeurs extrêmes des 20 et 5 ans secs sont extraites de la prévision TEMPO 2009 et comparées à celles issues de l'analyse fréquentielle.

2.3. RÉSULTATS

2.3.1. Masse d'eau 3201

Le tableau ci-dessous présente les niveaux caractéristiques des piézomètres sélectionnés sur la masse d'eau pour des périodes de retour « 5 ans sec » et « 20 ans sec ».

Piézo	MESO	Période de retour	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
CIVIERES	3201	-20 ans sec	54.3	54.3	54.4	54.4	54.4	54.4	54.4	54.4	54.3	54.2	54.2	54.2
		-5 ans sec	54.9	54.9	55.2	55.3	55.4	55.4	55.3	55.2	55.2	55.1	55.0	54.9
FARCEAUX	3201	-20 ans sec	96.3	96.1	96.3	96.9	97.0	96.9	97.2	97.1	96.9	96.6	96.3	96.4
		-5 ans sec	97.6	97.4	97.7	97.8	98.1	98.3	98.1	97.8	97.4	97.2	97.0	97.0
VANDRIMARE	3201	-20 ans sec	51.5	51.5	51.6	51.4	51.5	51.5	51.4	51.4	51.4	51.4	51.4	51.4
		-5 ans sec	52.7	52.8	52.8	52.9	52.8	53.0	53.2	53.1	52.7	52.6	52.6	52.6

Illustration 5 – Niveaux piézométriques moyens mensuels pour des périodes de retour « 5 ans sec » et « 20 ans sec » pour les piézomètres sélectionnés sur la masse d'eau

Le piézomètre Farceaux peut être retenu comme indicateur piézométrique pour les deux rivières jaugées de la masse d'eau, l'Epte et l'Andelle, les corrélations nappe-rivière étant satisfaisantes.

Les autres piézomètres de la masse d'eau, Civières et Vandrimare, ne montrent pas de corrélation exploitable pour l'étiage.

Les deux tableaux ci-dessous présentent les "valeurs seuils" issues des relations nappe-rivière qui ont pu être établies (corrélation > 0,6) suite à l'analyse des données (cf. annexe 3).

Piézo	Rivière	Station	MESO	Dpt	Mois de référence	coef R2	Seuil de vigilance (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m³/s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
Farceaux	Epte	Fourges	3201	27	période de recharge	0.63	5.4	105.09	4	101.45	3.5	100.15	3.1	99.11	4.4	102.49	4.87	103.71
Farceaux	Andelle	Vascoeuil	3201	76	période de recharge	0.75	2.7	105.62	2.2	102.12	2	100.72	1.82	99.46	2.3	102.82	2.72	105.76

Illustration 6 - Relations entre le niveau piézométrique journalier le plus haut (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible (année civile) définis pour des débits caractéristiques

Piezomètre	Rivières	Station hydrométrique	MESO	Dpt	Mois de réf	coef R2	Seuil de vigilance (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	Seuil d'alerte (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	Seuil de crise (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	Seuil de crise renforcée (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	QMNA5	cote piézo moy mensuelle (m)	VCN3	cote piézo moy mensuelle (m)
Farceaux	Epte	Fourges	3201	27	juin	0.77	5.4	103.8	4	99.8	3.5	98.5	3.1	97.4	4.4	101.0	4.87	102.4
					mai	0.76	5.4	104.0	4	100.0	3.5	98.6	3.1	97.4	4.4	101.2	4.87	102.6
					avril	0.72	5.4	103.8	4	99.8	3.5	98.4	3.1	97.3	4.4	101.0	4.87	102.4
					mars	0.64	5.4	103.2	4	99.6	3.5	98.2	3.1	97.2	4.4	100.6	4.87	102.0
Farceaux	Andelle	Vascoeuil	3201	76	juin	0.75	2.7	104.4	2.2	100.6	2	99.2	1.82	97.8	2.3	101.4	2.72	104.5
					mai	0.72	2.7	104.6	2.2	100.7	2	99.2	1.82	97.8	2.3	101.5	2.72	104.7
					avril	0.68	2.7	104.4	2.2	100.6	2	99.1	1.82	97.6	2.3	101.4	2.72	104.5
					mars	0.61	2.7	103.8	2.2	100.2	2	98.8	1.82	97.5	2.3	101.0	2.72	103.8

Illustration 7 - Relations entre le niveau piézométrique moyen mensuel et le débit journalier minimal annuel définis pour des débits caractéristiques et au cours du temps

2.3.2. Masse d'eau 3202

Le tableau ci-dessous présente les niveaux caractéristiques des piézomètres sélectionnés sur la masse d'eau pour des périodes de retour « 5 ans sec » et « 20 ans sec » (cf. annexe 4).

Piezomètre	MESO	Période de retour	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
BOIS D'ENNEBOURG	3202	~20 ans sec	94.4	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	94.6	94.0	94.5	95.0	95.0
		~5 ans sec	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0
LA VAUPALIERE	3202	~20 ans sec	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
		~5 ans sec	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
LES TROIS PIERRES	3202	~20 ans sec	28.0	28.0	27.9	27.4	27.1	27.5	27.0	27.0	27.1	27.5	28.0	28.0
		~5 ans sec	28.6	28.8	28.3	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.2	28.8
MONTAURE	3202	~20 ans sec	95.2	94.5	94.9	95.0	94.9	95.0	95.0	94.4	94.0	94.5	95.0	95.2
		~5 ans sec	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	96.9	96.2	96.2	96.2	97.0

Illustration 8 - Niveaux piézométriques moyens mensuels pour des périodes de retour « 5 ans sec » et « 20 ans sec » pour les piézomètres sélectionnés sur la masse d'eau

Le piézomètre Montaure peut être utilisé comme indicateur piézométrique pour la rivière l'Eure (corrélation entre le débit journalier minimum de l'Eure et le niveau moyen mensuel dans le piézomètre).

Concernant la rivière le Cailly, bien que les niveaux piézométriques de plusieurs piézomètres semblent s'ajuster sur le débit de la rivière, seul le piézomètre Rocquemont peut être utilisé comme indicateur avec des corrélations entre le débit journalier minimum du Cailly et le niveau moyen mensuel dans le piézomètre, supérieures à 0.6 pour plusieurs mois de l'année dont le mois de février. Ce constat peut ainsi permettre une prévision très anticipée de l'étiage.

Piezomètre	Rivière	Station	MESO	Dpt	Mois de référence	coef R2	Seuil de vigilance (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m³/s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
Montaure	Eure	Louviers	3202	27	période de recharge	0.64	16	102.25	13	100.45	11.4	99.49	10.4	98.89	13	100.45	9.39	98.29

Illustration 9 - Relations entre le niveau piézométrique journalier le plus haut (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible (année civile) définis pour des débits caractéristiques

Piézomètre	Rivières	Station hydrométrique	MESO	Dpt	Mois de réf	coef R2	Seuil de vigilance (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	Seuil d'alerte (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	Seuil de crise (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	Seuil de crise renforcée (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	QMNA5	cote piézo moy mensuelle (m)	VCN3	cote piézo moy mensuelle (m)
Montaure	Eure	Louvières	3202	27	avril	0.64	16	101.3	13	99.4	11.4	98.3	10.4	97.6	13	99.4	9.39	97.0
					mai	0.63	16	101.3	13	99.4	11.4	98.3	10.4	97.6	13	99.4	9.39	97.0
					juin	0.62	16	101.1	13	99.2	11.4	98.2	10.4	97.6	13	99.2	9.39	96.9
					mars	0.62	16	101.3	13	99.4	11.4	98.2	10.4	97.6	13	99.4	9.39	97.0
Rocquemont	Caillly	Notre Dame de Bondeville	3202	76	février	0.67	1.7	140.4	1.3	135.7	1.1	133.4	1	132.2	1.6	139.2	2	143.8
					mars	0.66	1.7	141.8	1.3	137.0	1.1	134.6	1	133.4	1.6	140.6	2	145.4
					janvier	0.64	1.7	139.2	1.3	135.2	1.1	133.1	1	132.1	1.6	138.2	2	142.2
					avril	0.63	1.7	143.6	1.3	138.2	1.1	135.5	1	134.5	1.6	141.8	2	146.7

Illustration 10 - Relations entre le niveau piézométrique moyen mensuel et le débit journalier minimal annuel définis pour des débits caractéristiques et au cours du temps

2.3.3. Masse d'eau 3203

Le tableau ci-dessous présente les niveaux caractéristiques des piézomètres sélectionnés sur la masse d'eau pour des périodes de retour « 5 ans sec » et « 20 ans sec » (cf. annexe 5).

Piézomètre	MESO	Période de retour	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
ANCRETTEVILLE	3203	-20 ans sec	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
		-5 ans sec	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
HATTENVILLE	3203	-20 ans sec	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	89.9	89.1	89.5	89.9	90.0	90.0	90.0
		-5 ans sec	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.7	92.5	92.2	92.0	92.0	92.0	92.1
TOCQUEVILLE EN CAUX	3203	-20 ans sec	54.0	54.0	54.0	54.0	53.2	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0	53.5	54.0
		-5 ans sec	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	55.8	55.4	56.0	56.0	55.8	55.6	56.0

Illustration 11 - Niveaux piézométriques moyens mensuels pour des périodes de retour « 5 ans sec » et « 20 ans sec » pour les piézomètres sélectionnés sur la masse d'eau

La corrélation entre la rivière Ganzeville et le piézomètre Hattenville est satisfaisante (>0.6) sur la majorité des mois de l'année.

Les relations entre le débit journalier minimum de la rivière et le niveau moyen mensuel dans le piézomètre de la même année sont excellentes entre le débit du Durdent à Vittefleury et les niveaux du piézomètre Ancretteville pour tous les mois de l'année, excepté en décembre. Ce piézomètre est également bien corrélé avec la rivière Durdent.

Il n'y a que 13 années communes de données mais le niveau de corrélation est remarquable entre les débits du Dun et les niveaux du piézomètre Tocqueville pour tous les mois de l'année.

Piézomètre	Rivière	Station	MESO	Dpt	Mois de référence	coef R2	Seuil de vigilance (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m³/s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
Ancretteville	Durdent	Vittefleury	3203	76	période de recharge	0.79	2.9	49.92	2.55	48.94	2.25	48.10	2	47.40	2.7	49.36	3.49	51.58
Ancretteville	Dun	Bourg Dun	3203	76		0.93	0.11	50.14	0.054	49.03	0.037	48.69	0.33	54.52	0.069	49.33	0.16	51.14
Tocqueville	Dun	Bourg Dun	3203	76		0.86	0.11	60.12	0.054	58.50	0.037	58.01	0.33	66.48	0.069	58.94	0.16	61.57

Illustration 12 - Relations entre le niveau piézométrique journalier le plus haut (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible (année civile) définis pour des débits caractéristiques

Piézomètre	Rivières	Station hydrométrique	MESO	Dpt	Mois de réf	coef R2	Seuil de vigilance (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	Seuil d'alerte (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	Seuil de crise (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	Seuil de crise renforcée (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	QMNA5	cote piézo moy mensuelle (m)	VCN3	cote piézo moy mensuelle (m)
Ancretteville	Durdent	Vittefleury	3203	76	juin	0.79	2.9	48.6	2.55	47.8	2.25	47.0	2	43.4	2.7	48.2	3.49	50.0
					mai	0.76	2.5	48.7	2.55	47.8	2.25	46.9	2	46.3	2.7	48.2	3.49	50.0
					avril	0.73	2.5	48.7	2.55	47.7	2.25	46.9	2	46.2	2.7	48.1	3.49	50.4
					mars	0.72	2.5	48.6	2.55	47.8	2.25	47.1	2	46.4	2.7	48.2	3.49	50.3
Anceville	Dun	Bourg Dun	3203	76	avril	0.93	0.11	48.6	0.054	47.6	0.037	47.2	0.33	47.1	0.069	47.9	0.16	49.9
					mars	0.92	0.11	48.6	0.054	47.7	0.037	47.3	0.33	47.2	0.069	48.0	0.16	49.8
					janvier	0.87	0.11	49.0	0.054	48.2	0.037	47.9	0.33	47.8	0.069	48.4	0.16	49.8
					février	0.84	0.11	48.8	0.054	48.2	0.037	47.9	0.33	47.9	0.069	48.3	0.16	49.5
Hattenville	Ganzeville	Ganzeville	3203	76	juin	0.74	0.52	95.4	0.31	92.4	0.24	91.4	0.19	90.6	0.4	93.6	n.c.	
					mai	0.70	0.52	95.2	0.31	92.2	0.24	91.3	0.19	90.6	0.4	93.5	n.c.	
					avril	0.65	0.52	95.1	0.31	92.3	0.24	91.4	0.19	90.7	0.4	93.5	n.c.	
					avril	0.86	0.11	58.6	0.054	57.0	0.037	56.4	0.33	56.4	0.069	57.4	0.16	60.0
Tocqueville	Dun	Bourg Dun	3203	76	mars	0.80	0.11	58.4	0.054	57.0	0.037	56.4	0.33	56.3	0.069	57.4	0.16	59.8
					février	0.75	0.11	58.2	0.054	56.8	0.037	56.4	0.33	56.3	0.069	57.2	0.16	59.5
					janvier	0.67	0.11	58.0	0.054	56.8	0.037	56.5	0.33	56.4	0.069	57.2	0.16	59.1

Illustration 13 - Relations entre le niveau piézométrique moyen mensuel et le débit journalier minimal annuel définis pour des débits caractéristiques et au cours du temps

2.3.4. Masse d'eau 3204

Le tableau ci-dessous présente les niveaux caractéristiques des piézomètres sélectionnés sur la masse d'eau pour des périodes de retour « 5 ans sec » et « 20 ans sec » (cf. annexe 6).

Piézomètre	MESO	Période de retour	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
CRIQUIERS	3204	~20 ans sec	181.0	181.0	181.0	181.0	181.0	182.0	182.0	182.0	181.0	181.0	181.0	181.0
		~5 ans sec	182.0	182.0	182.0	182.0	183.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0
GREGES	3204	~20 ans sec	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	33.0	33.0	32.0	32.0	32.0
		~5 ans sec	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0
ROCQUEMONT	3204-3202	~20 ans sec	132.0	132.0	133.0	133.0	133.0	133.0	133.0	132.0	132.0	132.0	132.0	132.0
		~5 ans sec	134.0	135.0	136.0	137.0	137.0	137.0	137.0	137.0	136.0	135.0	135.0	134.0

Illustration 14 - Niveaux piézométriques moyens mensuels pour des périodes de retour « 5 ans sec » et « 20 ans sec » pour les piézomètres sélectionnés sur la masse d'eau

La corrélation entre les débits de la rivière Bresle à la station Pont des Marais et le piézomètre Criquiers est correcte sur la majorité des mois de l'année.

Les corrélations entre les débits de la rivière Yères et les niveaux des piézomètres Grèges ou Criquiers n'ont pas pu être établies.

Par contre, les liens entre les niveaux du piézomètre Rocquemont et les débits de la rivière Cailly à la station Cailly sont très satisfaisants pour tous les mois de l'année. Les mois de janvier et d'avril peuvent être utilisés pour la prévision d'été.

Piézomètre	Rivière	Station	MESO	Dpt	Mois de référence	coef R2	Seuil de vigilance (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m³/s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
Criquiers	Bresle	Ponts et Marais	3204	76	période de recharge	0.79	5.4	186.99	4.7	185.03	4.4	184.19	4	183.07	4.7	185.03	4.88	185.53
Rocquemont	Cailly	Cailly	3204	76		0.79	0.07	146.45	0.034	142.23	0.023	140.94	0.021	140.71	0.035	142.35	0.11	151.13

Illustration 15 - Relations entre le niveau piézométrique journalier le plus haut (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible (année civile) définis pour des débits caractéristiques

Piézomètre	Rivières	Station hydrométrique	MESO	Dpt	Mois de réf	coef R2	Seuil de vigilance (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	Seuil d'alerte (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	Seuil de crise (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	Seuil de crise renforcée (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	QMNA5	cote piézo moy mensuelle (m)	VCN3	cote piézo moy mensuelle (m)
Criquiers	Bresle	Ponts et Marais	3204	76	juin	0.79	5.4	183.2	4.7	183.6	4.4	182.9	4	182.0	4.7	183.6	4.88	184.0
					mai	0.63	5.4	186.0	4.7	184.2	4.4	183.4	4	182.4	4.7	184.2	4.88	184.7
					janvier	0.63	5.4	184.6	4.7	183.2	4.4	182.5	4	181.6	4.7	183.2	4.88	183.6
Rocquemont	Cailly	Cailly	3204	76	juin	0.81	5.4	186.1	4.7	184.2	4.4	183.4	4	182.1	4.7	184.2	4.88	184.8
					mai	0.83	0.07	144.5	0.034	140.9	0.023	139.7	0.021	139.5	0.035	141.1	0.11	149.2
					janv	0.87	0.07	145.5	0.034	141.3	0.023	140.0	0.021	139.7	0.035	141.4	0.11	150.2
					avr	0.87	0.07	141.4	0.034	136.9	0.023	135.5	0.021	135.3	0.035	137.0	0.11	146.4
					avr	0.86	0.07	145.6	0.034	141.1	0.023	139.7	0.021	139.4	0.035	141.2	0.11	150.6
					fév	0.84	0.07	142.5	0.034	138.3	0.023	136.8	0.021	136.6	0.035	138.4	0.11	148.0
					mars	0.82	0.07	144.5	0.034	140.0	0.023	138.7	0.021	138.4	0.035	140.2	0.11	149.5

Illustration 16 - Relations entre le niveau piézométrique moyen mensuel et le débit journalier minimal annuel définis pour des débits caractéristiques et au cours du temps

2.3.5. Masse d'eau 3211

Le tableau ci-dessous présente les niveaux caractéristiques des piézomètres sélectionnés sur la masse d'eau pour des périodes de retour « 5 ans sec » et « 20 ans sec » (cf. annexe 7).

Piézomètre	MESO	Période de retour	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
CHAIGNES	3211	-20 ans sec	78.8	79.0	79.0	79.0	79.0	79.0	79.0	79.0	79.0	79.0	78.8	78.2
		-5 ans sec	81.0	81.7	82.0	82.0	82.0	82.0	82.0	82.0	81.3	81.0	81.0	81.0
COULONGES	3211	-20 ans sec	113.5	114.0	113.4	113.6	113.0	113.0	113.0	113.0	113.0	113.0	113.0	113.1
		-5 ans sec	114.0	114.3	114.0	114.0	114.0	113.9	113.8	113.0	113.0	113.0	113.0	113.9
GRAVERON SEMERVILLE	3211	-20 ans sec	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0
		-5 ans sec	96.3	96.4	96.6	96.7	96.7	96.8	96.9	96.9	96.6	96.4	96.4	96.1
MOISVILLE	3211	-20 ans sec	137.8	138.0	138.3	137.9	137.4	137.4	137.5	137.3	137.3	137.3	137.4	137.6
		-5 ans sec	138.3	138.5	138.6	138.7	138.5	138.2	137.9	137.9	137.9	137.9	137.9	138.0
NOGENT LE SEC	3211	-20 ans sec	126.8	126.7	126.6	126.5	126.5	126.4	126.3	126.3	126.2	126.2	126.1	126.4
		-5 ans sec	126.9	127.1	127.2	127.4	127.4	127.3	127.2	127.0	127.0	127.0	126.9	126.8

Illustration 17 - Niveaux piézométriques moyens mensuels pour des périodes de retour « 5 ans sec » et « 20 ans sec » pour les piézomètres sélectionnés sur la masse d'eau

Il n'y a pas de relation exploitable entre les niveaux du piézomètre Chaignes et les débits de l'Eure, que ce soit à la station de Cailly-sur-Eure ou à la station de Louviers.

Il existe des corrélations (relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière et le niveau moyen mensuel du piézomètre pour la même année) entre les niveaux dans le piézomètre Coulonges et les débits de la rivière Iton à la station Bourth.

Pour la prévision d'étiage, il n'existe pas de liaison exploitable entre le débit de la rivière Iton à Normanville et les niveaux dans le piézomètre Graveron-Semerville. Par contre, ces corrélations existent avec le piézomètre Nogent le Sec.

Entre les débits de la rivière de l'Avre à la station Muzy, l'approche des relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière et le niveau moyen mensuel des piézomètres Moisville et Coulonges pour la même année permet de définir des niveaux repères des deux piézomètres Moisville et Coulonges.

Avec les débits de cette même rivière (Avre) mais à la station Acon, il n'est pas possible d'établir de corrélation avec le piézomètre Moisville, mais il y a une corrélation avec le piézomètre Coulonges.

Piézomètre	Rivière	Station	MESO	Dpt	Mois de référence	coef R2	Seuil de vigilance (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m³/s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
Coulonges	Iton amont	Bourth	3211	27	période de recharge	0.61	0.58	124.13	0.38	119.45	0.28	117.11	0.23	115.94	0.3	117.58	0.3	117.58
Coulonges	Avre aval	Muzy	3211	27		0.77	1.7	118.70	1.5	117.84	1.1	116.12	0.92	115.35	1.3	116.98	1.74	118.87
Coulonges	Avre aval	Acon	3211	27		0.64	1.2	119.02	1	117.92	0.76	116.60	0.65	116.00	0.93	117.54	1.49	120.62
Nogent	Iton aval	Normanville	3211	27		0.77	2.5	130.13	2	129.13	1.7	128.53	1.5	128.13	2	129.13	1.31	127.75

Illustration 18 - Relations entre le niveau piézométrique journalier le plus haut (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible (année civile) définis pour des débits caractéristiques

Piézomètre	Rivières	Station hydrométrique	MESO	Dpt	Mois de réf	coef R2	Seuil de vigilance (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	Seuil d'alerte (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	Seuil de crise (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	Seuil de crise renforcée (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	QMNA5	cote piézo moy mensuelle (m)	VCN3	cote piézo moy mensuelle (m)
Coulonges	Iton amont	Bourth	3211	27	mai	0.61	0.58	120.9	0.38	116.8	0.28	114.8	0.23	113.8	0.3	115.2	0.3	115.2
					janvier	0.60	0.58	121.5	0.38	117.6	0.28	115.6	0.23	114.7	0.3	116.0	0.3	116.0
					mai	0.77	1.7	116.0	1.5	115.3	1.1	113.8	0.92	113.1	1.3	114.6	1.74	116.2
Coulonges	Avre aval	Muzy	3211	27	juin	0.76	1.7	115.7	1.5	115.0	1.1	113.8	0.92	113.2	1.3	114.4	1.74	115.9
					avril	0.74	1.7	116.6	1.5	115.8	1.1	114.1	0.92	113.4	1.3	115.0	1.74	116.8
					février	0.70	1.7	116.7	1.5	116.0	1.1	114.6	0.92	114.0	1.3	115.3	1.74	116.8
Coulonges	Avre aval	Acon	3211	27	mai	0.64	1.2	116.4	1	115.4	0.76	114.3	0.65	113.8	0.93	115.2	1.49	117.8
					juin	0.62	1.2	116.0	1	115.2	0.76	114.2	0.65	113.8	0.93	114.7	1.49	117.2
					février	0.62	1.2	117.0	1	116.0	0.76	115.0	0.65	114.5	0.93	115.7	1.49	118.3
Moisville	Avre aval	Muzy	3211	27	janvier	0.61	1.2	117.0	1	116.1	0.76	115.1	0.65	114.6	0.93	115.8	1.49	118.3
					juin	0.64	1.7	140.1	1.5	139.6	1.1	138.5	0.92	138.0	1.3	139.0	1.74	140.2
					mai	0.60	1.7	140.4	1.5	139.9	1.1	138.8	0.92	138.4	1.3	139.4	1.74	140.5
Nogent	Iton aval	Normanville	3211	27	avril	0.77	2.5	129.8	2	128.7	1.7	128.1	1.5	127.7	2	128.7	1.31	127.3
					mai	0.76	2.5	129.8	2	128.7	1.7	128.2	1.5	127.8	2	128.7	1.31	127.4
					juin	0.74	2.5	129.6	2	128.7	1.7	128.1	1.5	127.7	2	128.7	1.31	127.4
					mars	0.74	2.5	129.6	2	128.7	1.7	128.2	1.5	127.8	2	128.7	1.31	127.4

Illustration 19 - Relations entre le niveau piézométrique moyen mensuel et le débit journalier minimal annuel définis pour des débits caractéristiques et au cours du temps

2.3.6. Masse d'eau 3212

Le tableau ci-dessous présente les niveaux caractéristiques des piézomètres sélectionnés sur la masse d'eau pour des périodes de retour « 5 ans sec » et « 20 ans sec » (cf. annexe 8).

Piézomètre	MESO	Période de retour	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
FOURMETOT	3212	~20 ans sec	46.0	46.0	46.0	45.0	45.0	45.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
		~5 ans sec	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
GOUPILLIERES	3212	~20 ans sec	108.0	108.0	108.1	108.2	108.2	108.2	108.1	108.1	108.0	108.0	108.0	108.0
		~5 ans sec	109.3	109.3	109.2	109.1	109.1	109.0	108.9	108.9	109.1	109.2	109.2	109.2
LA ROUSSIERE	3212	~20 ans sec	173.7	173.7	173.8	173.7	173.8	173.8	173.8	173.8	173.8	173.8	173.8	173.8
		~5 ans sec	173.9	173.9	173.8	173.8	173.8	173.9	173.9	173.9	173.9	173.9	173.9	173.9
L'AIGLE	3212	~20 ans sec	202.0	203.0	202.0	202.0	202.0	202.0	202.0	202.0	202.0	202.0	202.0	202.0
		~5 ans sec	204.0	204.0	205.0	204.0	204.0	203.0	203.0	203.0	202.0	202.0	202.0	203.0

Illustration 20 - Niveaux piézométriques moyens mensuels pour des périodes de retour « 5 ans sec » et « 20 ans sec » pour les piézomètres sélectionnés sur la masse d'eau

Il n'existe pas de corrélation exploitable pour les prévisions d'étiage entre les débits de la rivière Risle à la station Pont Authou et les piézomètres Fourmetot et Goupillières. Par contre, elles existent pour les piézomètres La Roussière et l'Aigle.

La comparaison des débits de la rivière Risle à la station Rai et les niveaux dans le piézomètre l'Aigle ne permet pas de mettre en évidence de corrélations. Par contre, les niveaux piézométriques de l'Aigle peuvent être exploités pour définir des indicateurs piézométriques pour la rivière Iton à la station Bourth.

Piézo	Rivière	Station	MESO	Dpt	Mois de référence	coef R2	Seuil de vigilance (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m³/s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
Roussière	Risle aval	Pont Authou	3212	27	période de recharge	0.75	6.7	174.19	5.1	174.03	4.4	173.96	4	173.92	5.7	174.09	5.76	174.10
Aigle	Iton amont	Bourth	3212	61		0.73	0.58	217.85	0.38	210.95	0.28	207.50	0.23	205.78	0.3	208.19	0.3	208.19

Illustration 21 - Relations entre le niveau piézométrique journalier le plus haut (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible (année civile) définis pour des débits caractéristiques

Piézo	Rivières	Station hydrométrique	MESO	Dpt	Mois de réf	coef R2	Seuil de vigilance (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	Seuil d'alerte (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	Seuil de crise (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	Seuil de crise renforcée (m³/s)	cote piézo moy mensuelle (m)	QMNA5	cote piézo moy mensuelle (m)	VCN3	cote piézo moy mensuelle (m)
Roussière	Risle aval	Pont Authou	3212	27	juin	0.75	6.7	174.2	5.1	173.9	4.4	173.9	4	173.8	5.7	174.0	5.76	174.2
					mai	0.74	6.7	174.1	5.1	173.9	4.4	173.8	4	173.8	5.7	174.0	5.76	174.0
					mars	0.71	6.7	174.1	5.1	173.9	4.4	173.8	4	173.8	5.7	174.0	5.76	174.0
Aigle	Risle aval	Pont Authou	3212	61	février	0.83	6.7	174.6	5.1	174.0	4.4	173.9	4	173.3	5.7	174.0	5.76	174.0
					mars	0.62	6.7	207.2	5.1	204.2	4.4	203.0	4	202.2	5.7	205.4	5.76	205.6
					avril	0.81	6.7	207.3	5.1	204.0	4.4	202.6	4	201.8	5.7	205.2	5.76	205.4
Aigle	Iton amont	Bourth	3212	61	juin	0.73	0.58	214.8	0.38	208.0	0.28	204.3	0.23	202.8	0.3	205.2	0.3	205.2
					mai	0.67	0.58	216.0	0.38	208.8	0.28	205.3	0.23	203.6	0.3	203.0	0.3	203.0
					avril	0.61	0.58	216.4	0.38	209.4	0.28	206.0	0.23	204.2	0.3	206.7	0.3	206.7
					mars	0.61	0.58	215.4	0.38	209.3	0.28	206.2	0.23	204.7	0.3	206.8	0.3	206.8

Illustration 22 - Relations entre le niveau piézométrique moyen mensuel et le débit journalier minimal annuel définis pour des débits caractéristiques et au cours du temps

2.3.7. Conclusion

La recherche d'indicateurs piézométriques a été réalisée sur chacune des 6 masses d'eau souterraines présentes en Haute-Normandie en appliquant la méthodologie présentée plus haut.

La comparaison des quantiles calculés par Tempo et par l'analyse fréquentielle montre des différences systématiques, en particulier pour les niveaux les plus bas, pour lesquels il y a une moins bonne représentativité du modèle en période d'étiage.

Ce constat traduit un calage insuffisant des niveaux en période d'étiage.

Concernant la recherche de relations nappe-rivière, plusieurs essais de mise en relation entre les débits et les niveaux piézométriques ont été testés pour différentes stations de jaugeage et piézomètres afin de trouver la meilleure corrélation possible.

Lorsque la corrélation existe (jugée telle si le coefficient de détermination R^2 est supérieur à 0.6), il est alors possible de déterminer un niveau piézométrique moyen mensuel correspondant à un débit caractéristique d'étiage (seuil de vigilance, d'alerte, de crise, de crise renforcée, QMNA5 et VCN3). Ces valeurs guides sont établies pour les mois précédant la période d'étiage et permettent ainsi d'apporter des éléments d'appréciation pour anticiper une situation critique.

Toutefois, il n'existe pas toujours de corrélation simple et directement utilisable entre le débit d'étiage du cours d'eau et les niveaux piézométriques.

Dans ces conditions, on peut envisager de s'appuyer sur l'analyse statistique qui permet de fixer des valeurs seuils :

- piézométrie de crise : utilisation du quantile « 20 ans sec », qui correspond à des débits intervenant statistiquement une année sur 20 ;
- piézométrie de vigilance : utilisation du quantile « 5 ans sec », qui correspond à des débits intervenant statistiquement une année sur 5.

Ces valeurs guides devront être ajustées, dans un deuxième temps, au fur et à mesure de leur utilisation, en veillant à ce qu'elles permettent le bon fonctionnement de l'hydrosystème et la coexistence normale des usages sur les bassins versants.

Le tableau suivant présente de manière synthétique les piézomètres qui peuvent être utilisés comme référence sur chaque masse d'eau souterraine.

Nom du piézo (Commune)	Indice BSS	Dpt	MESO	Cours d'eau associé (d'après la piézométrie)	Station hydro associée	Analyse fréquentielle	Modèle TEMPO	Corrélations nappes-rivière							
								Station 1		Station 2		Station 3			
								Relation Hj_max / Qj_min	Relation Hj_mois / Qj_min	Relation Hj_max / Qj_min	Relation Hj_mois / Qj_min	Relation Hj_max / Qj_min	Relation Hj_mois / Qj_min		
CIVIERES	01256X0002/S1	27	3 201	Epte	Fourges	X									
FARCEAUX	01252X0011/S1	27	3 201	Gambon ou Epte	Vascoeuil ou Fourges	X	X	Epte à Fourges	Epte à Fourges	Andelle à Vascoeuil	Andelle à Vascoeuil				
VANDRIMARE	01008X0018/S1	27	3 201	Andelle	Vascoeuil (station amont)	X									
BOIS D'ENNEBOURG	01003X0008/S1	76	3 202	La ravine - Robec	Pas de station	X	X								
LA VAUPALIERE	00993X0002/S1	76	3 202	Seine Austreberthe Cailly	pas de station St Paer Notre dame de bondeville	X									
LES TROIS PIERRES	00755X0006/S1	76	3 202	Seine Commerce	pas de station Gruchet-le-Valasse	X									
MONTAURE	01245X0010/S1	27	3 202	Eure	Louviers	X	X	Eure à Louviers	Eure à Louviers						
ROCQUEMONT	00773X0002/S1	76	3 202	Cailly	Cailly	X			Cailly à ND Bondeville						
ANCRETTEVILLE SUR MER	00572X0010/S1	76	3 203	non défini	Vittefeur ou Ganzeville	X		Durdent à Vittefeur	Durdent à Vittefeur	Le Dun à Bourg dun	Le Dun à Bourg dun				
HATTENVILLE	00753X0030/S1	76	3 203	Ganzeville	Ganzeville	X			Ganzeville à Ganzeville						
TOCQUEVILLE EN CAUX	00583X0005/S1	76	3 203	Saane	Val-de-Saane (station amont) éventuellement Le Bourg Dun	X		Le Dun à Bourg dun	Le Dun à Bourg dun						
CRIQUEIERS	00608X0206/S1	76	3 204	Bresles	Ponts-et-Marais	X	X	Bresle à Pont-et- Marais	Bresle à Pont-et- Marais						
GREGES	00435X0079/S1	76	3 204	Eaulne	pas de station éventuellement Touffreville-sur- Eu	X									
ROCQUEMONT	00773X0002/S1	76	3 204	Cailly	Cailly	X		Cailly à Cailly	Cailly à Cailly						
CHAIGNES	01515X2015/S1	27	3 211	eure	Cailly-sur-Eure (Louviers)	X									
COULONGES	01801X0010/S1	27	3 211	Iton	Bourth	X		Iton à Bourth	Iton à Bourth	Avre à Muzy	Avre à Muzy	Avre à Acon	Avre à Acon		
GRAVERON SEMERVILLE	01493X0001/P	27	3 211	Iton	Normanville (station amont)	X	X								
MOISVILLE	01805X0036/S1	27	3 211	Avre (La Coudanne)	Muzy Acon	X	X		Avre à Muzy						
NOGENT LE SEC	01794X0035/S1	27	3 211	Iton	Normanville	X		Iton à Normanville	Iton à Normanville						
FOURMETOT	00987X0009/S1	27	3 212	Risle	Pont-Authou (station amont)	X	X								
GOUPILLIERES	01491X0009/S1	27	3 212	Risle	Pont-Authou	X									
LA ROUSIERE	01487X0001/S1	27	3 212	Risle	Pont-Authou	X		Risle à Pont- Authou	Risle à Pont- Authou						
L'AIGLE (61)	02144X0005/S1	14	3 212	Risle Iton	Rai (station amont) Bourth (Iton)	X			Risle à Pont- Authou	Iton à Bourth	Iton à Bourth				

avec

Hj_max : niveau piézométrique journalier maximum

Qj_min : débit journalier minimum

H_mois : niveau piézométrique moyen mensuel

Illustration 23 - Synthèse des résultats sur les piézomètres de référence des 6 masses d'eau souterraines de Haute-Normandie

Afin de s'assurer que les évolutions observées au niveau du piézomètre soient bien représentatives d'une tendance et non d'un épiphénomène – quel qu'il soit, il est suggéré de déclencher les mesures liées au dépassement d'un seuil suite à son observation sur deux ou trois mois consécutifs de janvier à juin : au mois « n », un niveau piézométrique inférieur au seuil aux mois « n-1 » et « n-2 » déclenche le processus.

Une des difficultés rencontrées dans la recherche de ces indicateurs a été l'hétérogénéité des pas de temps des relevés piézométriques. Des moyennes mensuelles ont ainsi été calculées, provoquant un lissage des chroniques, notamment dans le cas de l'analyse fréquentielle des données.

Les liens entre le niveau le plus haut de l'année hydrogéologique et le niveau le plus bas de l'année civile présentent moins de corrélation potentielle.

L'analyse des relations nappes-rivières s'appuie sur les piézomètres et stations hydrométriques existants. La distribution spatiale des ouvrages de mesure ne permet pas toujours de mettre clairement en évidence ces relations, leur positionnement relatif étant rarement optimal. Ainsi, malgré la nécessité de disposer d'indicateurs « nappe-rivière » pour toutes les rivières de Haute-Normandie, et en particulier pour l'Austreberthe, la Saône et le Commerce, le manque de points de mesure ou de chroniques suffisamment longues ne permet pas de répondre de manière satisfaisante à cette requête.

Une solution pourrait être d'exploiter des chroniques plus courtes sur des piézomètres et stations dont le positionnement permettrait de représenter les échanges nappe-rivière.

3. Proposition de refonte du bulletin hydrogéologique mensuel

Actuellement, le bulletin hydrogéologique mensuel édité par le BRGM comporte des informations descriptives résumant l'état de la nappe en Seine Maritime et dans l'Eure.

Ce bulletin pourrait être amélioré en valorisant les résultats de cette étude. En particulier, le diagramme présentant le taux de remplissage enregistré sur chaque piézomètre (nommé « recharge » dans le bulletin) pourrait comporter des classes de valeurs redéfinies à partir des analyses fréquentielles. Une fréquence de retour serait associée au niveau piézométrique du mois en cours afin de juger et de mieux quantifier l'état de remplissage de la nappe.

La cartographie associée à ce diagramme pourrait également être révisée en ce sens, en faisant apparaître des périodes de retour plutôt que des taux de remplissage.

Pour rappel, le diagramme actuel présente un taux de recharge évoluant de 0 à 100% :

- 0 % correspond à la profondeur maximale observée (étiage de nappe) ;
- 50 % correspond à la moyenne entre les extrêmes (niveau médian) ;
- 100 % correspond à la profondeur minimale observée (crue de nappe)

Il conviendrait cependant de conserver l'information sur les records de niveau (valeurs historiques minimales et maximales).

Par ailleurs, un code couleur permettant de distinguer les piézomètres par masses d'eau souterraine pourrait être utilisé afin d'améliorer la lisibilité et la pertinence du diagramme.

Un diagramme ou un tableau complémentaire pourrait également présenter les indicateurs piézométriques relatifs aux relations nappes-rivières, pour les 22 piézomètres de référence, lorsque la corrélation existe.

Cet indicateur, évoluant chaque mois, pourrait être présenté du mois de janvier au mois de juin si le coefficient de corrélation est supérieur à 0,6. Ces indicateurs permettraient ainsi d'anticiper, dès le printemps, d'éventuelles situations critiques dans les cours d'eau.

4. Conclusions

L'analyse des chroniques a conduit à sélectionner 22 piézomètres de référence parmi les 70 piézomètres de Haute-Normandie. Ces indicateurs, caractérisant les 6 masses d'eau souterraines, permettraient de compléter les informations contenues dans le bulletin hydrogéologique mensuel édité par le BRGM.

La recherche d'indicateurs piézométriques s'appuie sur 2 approches :

- la recherche de "seuils historiques", qui consiste à repérer dans les chroniques piézométriques de longue durée, des niveaux historiquement bas associés à une analyse fréquentielle (détermination de fréquences de dépassement de tel ou tel niveau) ;
- la recherche de corrélation entre les niveaux piézométriques et les débits à l'étiage permettant de relier un niveau à un seuil caractéristique de débit en rivière, en suivant l'évolution de cette corrélation au cours du temps (de la période de recharge jusqu'à la fin du printemps). Dans ce cas, l'objectif de l'indicateur piézométrique est d'anticiper une situation d'étiage en rivière (soutien).

L'analyse fréquentielle, confrontée aux résultats de simulation Tempo, a permis d'établir des fréquences de retours pour chaque mois de l'année et sur chacun des piézomètres de référence.

Afin de s'assurer que les évolutions observées au niveau d'un piézomètre de référence soient bien représentatives d'une tendance et non d'un épiphénomène, il est suggéré de déclencher les mesures liées au dépassement d'un seuil suite à son observation sur deux ou trois mois consécutifs de janvier à juin.

Il serait intéressant de poursuivre l'acquisition de données afin d'améliorer la définition des quantiles ; la précision des quantiles étant meilleure avec de longues périodes d'observation. La modélisation TEMPO peut servir à fournir des éléments de réponse sur les périodes de retour des niveaux piézométriques à condition de disposer d'un modèle parfaitement calé, en particulier durant les périodes d'étiage.

L'analyse des relations nappe-rivière au cours d'épisodes climatiques secs permet de mettre en évidence des corrélations pour 17 couples rivière-piézo-mètres. Les indicateurs piézométriques définis pour ces couples rivière-piézo-mètres correspondant à des niveaux piézométriques de référence pour différents débits caractéristiques d'étiage (seuil de vigilance, d'alerte, de crise et de crise renforcée). Ces indicateurs, évoluant au cours du temps, permettent ainsi d'anticiper d'éventuelles situations critiques dans les cours d'eau. L'ensemble de ces informations pourra être utilisé pour améliorer le bulletin hydrogéologique mensuel.

A l'avenir, cette analyse pourrait être complétée par une connaissance fine des prélèvements durant la période d'irrigation, aussi bien en termes de répartition dans le temps que de localisation géographique précise et de nature de l'aquifère capté.

Ceci permettrait de disposer d'un retour d'expérience quant au bien-fondé des niveaux de référence proposés dans le cadre de cette étude et donc, le cas échéant, de disposer d'éléments permettant d'en améliorer l'exactitude. L'instauration de ces niveaux de référence répond en effet à une problématique récente qu'il est nécessaire de confronter à la réalité du terrain.

Afin de mieux appréhender la nature des relations nappe-rivières, il peut également être envisagé de réaliser, à partir des cartes topographiques et piézométriques régionales existantes, des profils en long du cours d'eau et de la nappe sous jacente ainsi que des coupes transversales pour situer les niveaux respectifs des basses et hautes eaux dans l'aquifère, comme cela est présenté ci-après (Cf. illustrations 24 et 25). Cela permettrait de visualiser ce qui se passe, notamment à l'étiage et en condition de pompage.

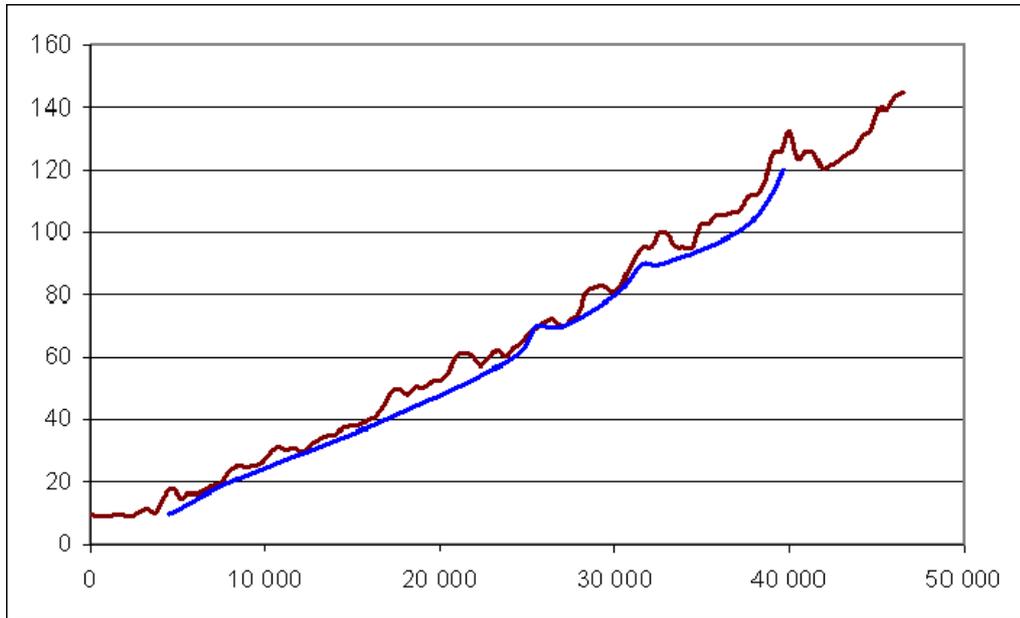


Illustration 24 - Profil en long et piézométrie moyenne 1980-1990 (altitude(m) vs distance(m))– Exemple d'application sur le bassin de l'Andelle

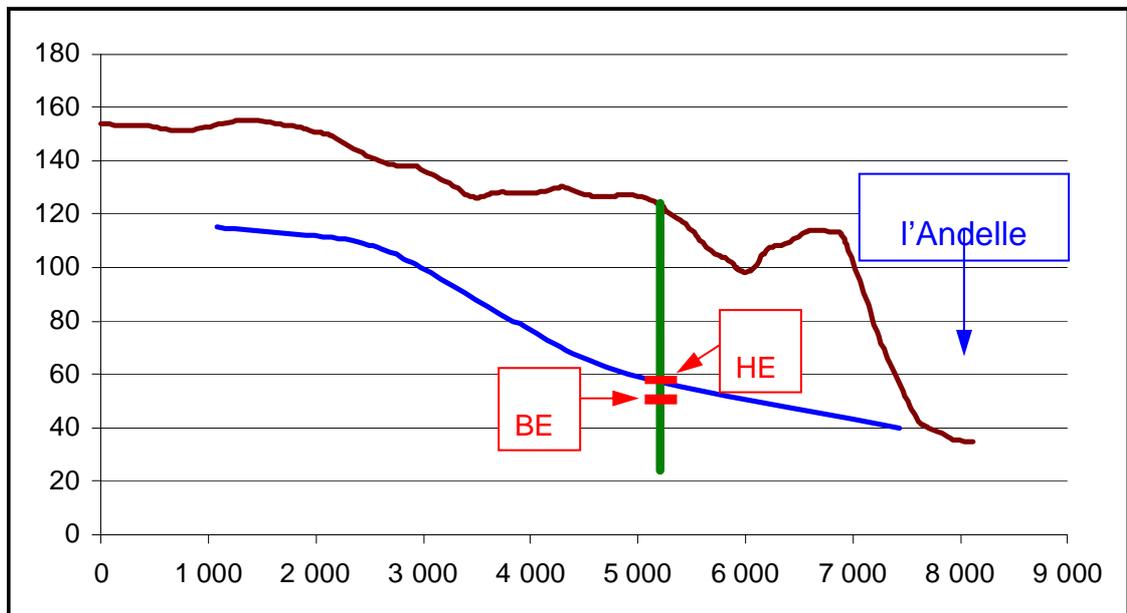


Illustration 25 - Profil en travers et piézométrie moyenne 1980-1990 (altitude(m) vs distance(m))– Exemple d'application sur le bassin de l'Andelle

5. Bibliographie

ARNAUD L. (2005) – Diagnostic du réseau piézométrique du bassin Seine-Normandie dans le département de la Seine-Maritime. Rapport BRGM/RP-54162-FR

ARNAUD L. (2006) – Diagnostic du réseau piézométrique du bassin Seine-Normandie dans le département de l'Eure. Rapport BRGM/RP-55254-FR

ASFIRANE.F., VERNOUX.J.F., MARTIN.J.C., CHABART.M., CHRETIEN.P., ARNAUD.L., VERJUS.P., ALLIER.D., WUILLEUMIER.A. (2008) - Bassin Seine-Normandie : Estimation des volumes disponibles pour les prélèvements sur 38 bassins versants. Rapport BRGM/RP-56690-FR

PINAULT J.-L., avril 2006 – Analyse critique des données piézométriques et prévision de niveaux non influencés en Haute-Normandie. Rapport BRGM/RP-54628-FR, 30 p., 3 fig.

PINAULT.J.L., ALLIER.D., VERJUS.P. (2006) - Bassin Seine-Normandie : Estimation du volume disponible aux prélèvements de 45 petits bassins versants. Rapport BRGM/RP-55232-FR

PINAULT J.-L., ARNAUD L. (2006) – Analyse critique des données piézométriques et prévision de niveaux non influencés en Haute-Normandie. Rapport BRGM/RP-54628-FR

PUTOT.E., VERJUS.P., VERNOUX.J.F., ARNAUD.L., CHABART.M., CHRETIEN.P. (2006) - Qualification des piézomètres du réseau de bassin Seine Normandie en 2005. Rapport BRGM/RP-54481-FR

SEGUIN J.J., décembre 2009- Les indicateurs piézométriques. Un outil dans la gestion des hydrosystèmes-Orientations méthodologiques. Rapport BRGM/RP-58139-FR, 115 p., 113 fig.

Annexe 1

Qualification des piézomètres sélectionnés

Dpt	Indice BSS	Nom du piézo (Commune)	X (Via Gps)	Y (Via Gps)	Propriétaire	MESO	Cours d'eau associé	Station hydro associée	Représentatif de la masse d'eau - suivi quantitatif (1)	Situation Topo	Type de fluctuation (1)	début suivi	Note BRGM (3)	TEMPO 2006	TEMPO 2007	TEMPO 2008	Commentaires
27	01252X0011	FARCEAUX	541 746	2 478 335	commune	3 201	Gambon ou Epte	Les Andelys ou Eragny-sur-Epte ou serifontaine	X	plateau	mixte	févr.-71	4	prévi ok	ok		nécessite travaux réhabilitation (tete d'ouvrage non couverte) (1)
27	01008X0018	VANDRIMARE	528 244	2 488 685	particulier	3 201	Andelle	Radepont (si non Vaccoeuil mais station en amont)		plateau	pluriannuel	janv.-68	4		ok		différent du Héron et Catenay (2)
27	01256X0002	CIVIERES	543 634	2 463 077	particulier	3 201	Epte	Fourges	X	plateau	mixte	déc.-68	4		ok		nécessite travaux réhabilitation (tete d'ouvrage non couverte) (1) mal compris, comportement (2) différent par rapport à Farceaux (2)
76	01003X0008	BOIS D'ENNEBOURG	521 646	2 492 675	particulier	3 202	La ravine - Robec	Pas de station	X	plateau	mixte	janv.-68	5	prévi ok	ok (corrélations avec Catenay)		
76	00993X0002	LA VAUPLIERE	501 769	2 498 699	particulier	3 202	Seine Austreberthe Cailly	(pas de station) St Paer Notre dame de Bondeville	X	plateau	pluriannuel	janv.-68	4	-	-	-	
27	01245X0010	MONTAURE	509 081	2 470 310	particulier	3 202	Eure	Louviers	X	plateau	mixte	oct.-67	5	prévi ok		satisfaisante	la qualité et la représentativité de la masse d'eau est très bonne (1) risque d'à sec
76	00755X0006	LES TROIS PIERRES	461 186	2 508 183	particulier	3 202	Seine Commerce	pas de station Gruchet-le-Valasse	X	plateau	mixte	oct.-69	5	calage non satisfaisant dû à l'hétérogénéité de l'aquifère			
76	00773X0002	ROCQUEMONT	523 526	2 512 432	particulier	3204 (3202 d'après RP-54162-FR)	Cailly	Cailly	X (3202)	plateau	mixte	janv.-68	5	prévi ok	ok		
76	00583X0005	TOCQUEVILLE EN CAUX	496 824	2 532 819	particulier	3 203	Saane	Val-de-Saane (mais station en amont) sinon Le Bourg Dun	X	plateau	mixte	févr.-71	5	prévi ok	ok	satisfaisante	peut servir de référence pour le BV Saane (1)
76	00572X0010	ANCRETEVILLE SUR MER	468 393	2 534 129	particulier	3 203	pas de cours d'eau	eventuellement Vittefleu Ganzeville	X	plateau	pluriannuel	oct.-69	3		ok		peut servir de référence pour le BV littoral 3 (1) attention données à corriger (2)
76	00753X0030	HATTENVILLE	470 949	2 519 409	particulier	3 203	Ganzeville	Ganzeville	X	plateau	mixte	nov.-69	4	calage non satisfaisant dû à l'hétérogénéité de l'aquifère			a connu des à sec (1972, 1997) peut servir de référence pour le BV valmont (1)
76	00608X0206	CRIQUIERS	556 714	2 521 235	particulier	3 204	Bresles	Ponts-et-Marais	X	plateau	mixte	janv.-74	5	prévi ok	modélisation non prioritaire (redondant avec Rocquemont)		
76	00435X0079	GREGES	514 184	2 547 974	particulier	3 204	Eaulne	pas de station éventuellement : Touffreville-sur-Eu	X	plateau	pluriannuel	nov.-72	4		ok		
27	01805X0036	MOISVILLE	514 024	2 427 473	commune	3 211	Awre (La Coudanne)	Muzy (sinon Acon)	X	plateau	mixte	janv.-82	4	prévi ok	ok	satisfaisante	
27	01794X0035	NOGENT LE SEC	503 934	2 436 565	particulier	3 211	Iton	Normanville	X	plateau	pluriannuel	avr.-85	4		modélisation non prioritaire (corrélations avec Graveron)	satisfaisante	
27	01515X2015	CHAIGNES	534 773	2 446 592	commune	3 211	eure	Pacy-sur-eure ou Cailly-sur-Eure (si non Louviers)		plateau	pluriannuel	sept.-68	3		ok		mal compris (2)
27	01493X0001	GRAVERON SEMERVILLE	500 387	2 456 045	particulier	3 211	Iton	Normanville (station en amont)	X	plateau	pluriannuel	déc.-68	4	prévi ok	ok		risque d'à sec
27	01801X0010	COULONGES	508 273	2 432 239	particulier	3 211			X	vallée	mixte	mai-85	3		modélisation non prioritaire (corrélations avec Bois-arnault)		risque d'à sec
27	00987X0009	FOURMETOT	472 424	2 488 387	particulier	3 212	Risle	Pont-Authou (mais station en amont)	X	plateau	pluriannuel	janv.-71	4	prévi ok	ok		
27	01487X0001	LA ROUSIERE	471 728	2 441 961	commune	3 212	Risle	Pont-Authou	X	plateau	pluriannuel	janv.-82	4		pompages ponctuels (2)		pompages ponctuels (2)
27	01491X0009	GOUPILLIERES	485 549	2 458 527	particulier	3 212	Risle	Pont-Authou	X	plateau	pluriannuel	nov.-72	4	calage non satisfaisant dû à influences extérieures (pompage, tendance à la baisse)		correct	influence pompage (tempo 2006)
14	02144X0005	L'AIGLE (61)	476 564	2 419 975	particulier	3 212	Risle Iton	Rai (mais station amont) Bourth	X	plateau	annuel	janv.-86		-	-	-	

(1) Diagnostics réseaux Eure RP-55254-FR dec 2006 et Seine-Maritime RP-54162-FR déc 2005

(2) Commentaires SGR HNO

(3) Qualification des piézomètres du réseau de bassin Seine Normandie en 2005. RP-54481-FR mai 2006

fluctuations pluriannuelles

= fluctuations saisonnières très atténuées (voir inexistantes) et fluctuations pluriannuelles très amples (11 piézos concernés dans l'Eure). Régime de fluctuation caractéristiques d'un aquifère à fonction capacitive (peu transmissif), d'un recouvrement argileux et limoneux important et d'exutoires éloignés

fluctuations mixtes

= fluctuations bien marquées, de forte amplitude, à la fois en fréquence saisonnière et pluriannuelle. Traduit un aquifère crayeux plus transmissif (plus fissuré et fracturé), une réalimentation plus rapide, une profondeur moindre de la nappe et une plus grande proximité des exutoires

fluctuations saisonnières

=fluctuations de très faible amplitude (de l'ordre du mètre) traduisant la proximité immédiate des exutoires, la faible profondeur de la craie et une diffusivité plus importante (craie fracturée)

Annexe 2

Qualification des piézomètres non-sélectionnés

Indice BSS	Site	X (via Gps)	Y (Via Gps)	Propriétaire	MESO	Représentatif de la masse d'eau - suivi quantitatif (1)	Situation Topo	Type de fluctuation (1)	BV	début suivi	Note BRGM (1)	TEMPO 2005	TEMPO 2006	TEMPO 2007	TEMPO 2008	Commentaires	
00597X0007	MAUCOMBLE	526 734	2 521 701	privé	3 204		plateau	mixte avec niveau de base		févr.-72	5					particularité : présente un niveau de base très marqué. Fluctuations probablement à rattacher à un milieu karstique : le niveau de base pouvant correspondre à un réseau karstique conducteur qui draine localement la nappe (1)	
00751X0004	AUBERVILLE LA RENAULT	458 528	2 521 754	particulier	3 203	X	plateau	pluriannuel atypique (tempo 2007)	littoral 1	janv.-82	4					peut servir de référence pour le BV littoral 1 (1)	
01013X0004	BEZANCOURT	548 757	2 493 509	particulier	3 201	X	plateau	mixte	Epte	févr.-71	4	oui				a connu des à sec (1974, 1992)	
00766X0004	BLACQUEVILLE	491 818	2 509 222	particulier	3 202	X	plateau	pluriannuel	Austreberthe	nov.-67	4			ok		données mensuelles (2) a connu des à sec (1974)	
00762X0004	MOTTEVILLE	493 325	2 517 984	particulier	3 202	X	plateau	mixte	Austreberthe	janv.-68	4					a connu des à sec (1972, 1997, 2004)	
00592X0001	SAINT AUBIN LE CAUF	516 955	2 540 204	particulier	3 204	X	plateau	mixte	Béthune	févr.-72	4					a connu des à sec (1991, 1998 (pompage))	
00776X0096	CLAVILLE MOTTEVILLE	517 643	2 509 256	SAEP	3 202		vallée humide	saisonnier / Liaison hydraulique	Cailly	juin-85	3			ok		capte uniquement la craie a connu un débordement ponctuel en 1995 et 2001 (1) comportement idem fontaine-le-bourg (2)	
00775X0099	FONTAINE LE BOURG	512 717	2 507 701	SAEP	3 202		vallée humide	saisonnier / Liaison hydraulique	Cailly	juin-85	3			modélisation non prioritaire (redondant avec Claville)		capte uniquement la craie a connu un débordement ponctuel en 1995 et 2001 (1) comportement idem claville (2)	
00578X0043	GRAINVILLE LA TEINTURIERE	477 391	2 529 169	particulier		3203 (en fait capte alluvions) 3202 (en fait capte alluvions de la Clérétte)	vallée humide	saisonnier (2) / liaison hydraulique		juin-85	2			ok		plusieurs trous dans la chronique (2) a connu des à sec (1997) capte probablement uniquement alluvions (aux vues profondeur de l'ouvrage)	
00771X0030	CLERES	511 709	2 512 236	particulier		3203 (en fait capte alluvions de la Clérétte)	vallée humide	mixte (1) ou saisonnier (2) / liaison hydraulique		nov.-01	2			ok		capte probablement uniquement alluvions de la Clérétte (aux vues profondeur de l'ouvrage)	
00576X0033	VALMONT	468 601	2 529 130	particulier		3203 (en fait capte alluvions) la chronique piézométrique ne semble pas représentative d'un comportement naturel de la nappe	vallée humide	saisonnier (2) / liaison hydraulique		oct.-02	2			ok		capte probablement uniquement alluvions (aux vues profondeur de l'ouvrage)	
01506X0016	CIERREY	520 390	2 445 555	commune	3 211		plateau	pluriannuel		nov.-01	?			ok		gros décalage dans la recharge (2)	
00445X0006	PUISENVAL	537 319	2 543 388	privé	3 204	X	plateau	apriori mixte	Yeres	févr.-02	4			ok			
00441X0007	MELLEVILLE	538 090	2 551 200	commune	3 204	X	plateau	mixte (1) ou saisonnier (2)	Yeres	mai-01	3			ok			
00748X0008	MANEGLISE	450 293	2 510 872	particulier	3 202	X	plateau	pluriannuel	Lézarde	nov.-69	4			modélisation non prioritaire (corrélations avec les 3 pierres)		influencé par des pompes-chronique piézométrique fait apparaître des baisses de niveau depuis 1980 en différentes saisons (1)	
00985X0040	SAINT MACLOU	460 057	2 486 498	particulier	3 212	X	plateau	pluriannuel	La Risle	janv.-71	3					calage non satisfaisant en raison de l'hétérogénéité de l'aquifère	nécessite travaux de réhabilitation (parois dégradées) (1)
00578X0002	VEAUVILLE LES QUELLES	482 450	2 528 651	particulier	3 203	X	plateau	pluriannuel	Durdent	nov.-69	5					peut servir de référence pour le BV durdent (1)	
00604X0224	AUMALE			commune	3 204		plateau	mixte		janv.-74	5					calage non satisfaisant en raison d'influences extérieures (influence pompage (tendance à la baisse))	influence pompage (tempo 2006)
01795X0011	BOIS ARNAULT	483 250	2 426 345	commune	3 211	X	plateau ou vallée humide??	mixte	Iton	nov.-72	4					karst? Pic sont observés régulièrement (épisodes pluvieux ?) (1)	
01227X0022	BOISSY LAMBERVILLE	471 629	2 464 244	commune	3 212		plateau	mixte		avr.-01	?	modélisation ne semble pas envisageable (2)				a connu débordements en période tres htes eaux 1995 et 2001 (1)	
01232X0002	BOSC BENARD COMMIN	492 466	2 481 133	particulier	3 202	X	plateau	pluriannuel		de 68 à 78 puis a partir de 2002	?	modélisation ne semble pas envisageable (2)				la qualité et la représentativité de la masse d'eau est très bonne (1) suivi mensuel uniquement vidange de l'aquifère depuis 2002	
00777X0008	CATENAY	526 627	2 502 863	particulier	3 201	X	plateau	mixte	Andelle	janv.-68	4	oui				calage non satisfaisant en raison d'influences extérieures (influence pompage (tendance à la baisse))	influence pompage (tempo 2006)
01234X0297	CAUDEBEC LES ELBEUF	504 890	2 477 828		3 218		vallée			juin-07							
01251X0044	CORNY	535 872	2 476 521	commune	3 201	X	plateau	indéterminé	Gambe	de 1971 à 1984 puis à partir de 2002	?	modélisation ne semble pas envisageable (2)				arrêt des mesures de 1986 à 2002 (uniquement vidange de l'aquifère depuis 2002)	
01508X0100	DOUAINS	533 718	2 449 572	commune	3 102		plateau	indéterminé		janv.-02	?	modélisation ne semble pas envisageable (2)				capte les terrains tertiaires du plateau de la Madrie (1) début le 21/01/2002, essentiellement en tarissement depuis	
00581X0015	ERMENOUVILLE	487 853	2 534 831	particulier	3 203	X	plateau	pluriannuel (1) ou mixte (2)	littoral 4	mars-01	4	modélisation ne semble pas envisageable (2)				- peut servir de référence pour le BV littoral 4 (1) - a connu des à sec (1974)	
01508X0133	FAINS	530 590	2 444 465	particulier		3211 (en fait alluvions de l'Iton)	vallée humide	saisonnier		avr.-85	2			ok		- nécessite travaux de réhabilitation (tete d'ouvrage non couverte) (1) - a connu débordements en période tres htes eaux 1995 et 2001 (1) - risque d'à sec - influence des eaux de surface (Iton+parfois précipitations estivales)	
00606X0086	FLAMETS FRETILS	545 388	2 526 488				plateau			avr.-06							
00582X0069	FONTAINE LE DUN	492 884	2 536 025	commune	3 203											il est possible que cet ouvrage n'atteigne pas le substratum. Profondeur de suelement 9,15m. Un forage à proximité indque une profondeur de RS de 14m avec horizon sableux de 2 à 5m; les fluctuations au droit de ce puits correspondent probablement aux fluctuations d'une nappe perchée sus- jacente à celle de la craie.	
00588X0037	GONNEVILLE SUR SCIE	508 721	2 529 455	commune	3 203	X	plateau	mixte	Scie	févr.-02	?	modélisation ne semble pas envisageable (2)				- peut servir de référence pour le BV Scie (1) plusieurs trous dans les données (2)	
00765X0115	LA FOLLETIERE	488 933	2 509 511	SAEP	3 202	X	vallée sèche	mixte	Rançon	févr.-02	?	modélisation ne semble pas envisageable (2)				influencé par des pompes- des baisses de niveau soudaine ont été enregistrées durant les été 2004 et 2005 (1)	
01232X0006	LA HAYE DU THEIL	493 563	2 471 728	commune	3 212		plateau	indéterminé		déc.-06							

Indice BSS	Site	X (via Gps)	Y (Via Gps)	Propriétaire	MESO	Représentatif de la masse d'eau - suivi quantitatif (1)	Situation Topo	Type de fluctuation (1)	BV	début suivi	Note BRGM (1)	TEMPO 2005	TEMPO 2006	TEMPO 2007	TEMPO 2008	Commentaires
00974X0128	LE HAVRE/SANDOUVILLE	451 690	2 496 922		3 001	X	vallée			déc.-05						capte les graves de fond (nappe accompagnement)
01004X0003	LE HERON	533 601	2 500 141	particulier	3 201	X	plateau	mixte	Andelle	janv.-68	4	oui	calage non satisfaisant en raison d'influences extérieures (influence pompage en année déficitaire)			influence pompage en année déficitaire (tempo 2006)
01227X0038	LIEUREY	468 924	2 471 057	particulier	3212 (craie + albien)	capte craie + albien	plateau	mixte		févr.-82	3		niveau de base (albien en base?)			
01807X0051	MARCILLY SUR EURE	526 960	2 425 500	sncl	3211 (en fait alluvions de l'eure + craie)	capte alluvions de l'eure + craie	vallée humide	mixte (1) ou saisonnier (2)		mai-85	2					- à sec de 4 mois en 2006 mais travaux d'approfondissement réalisés en 2008 (1) - mais bcp d'assec dans la chronique (1) - influence des eaux de surface (1)
01011X0045	NOLLEVAL	537 964	2 499 982	commune	3201 (en fait alluvions+craie)	capte alluvions+craie	vallée humide	liaison hydraulique		févr.-02	2					mensuel pour la majorité de la chronique (2)
00603X0003	REALCAMP			particulier	3 204		plateau	mixte avec niveau de base		janv.-74	5		niveau de base (karst?)			- particularité : présente un niveau de base très marqué. Fluctuations probablement à rattacher à un milieu karstique ; le niveau de base pouvant correspondre à un réseau karstique conducteur qui draine localement la nappe. (1)
01803X0004	SAINTE ANDRE DE L'EURE	523 748	2 432 890	commune	3 211	X	plateau	pluriannuel a priori	Eure	mai-02	?		modélisation ne semble pas envisageable (2)			
02152X0051	SAINTE CHRISTOPHE SUR AVRE	488 062	2 412 381				plateau			févr.-07						
01004X0019	SAINTE DENIS LE THIBOULT	529 302	2 496 293	particulier	3201 (en fait alluvions du crevon)	capte dans les alluvions de la masse d'eau	vallée humide	liaison hydraulique		janv.-04	2					
01511X0188	SAINTE MARCEL	536 169	2 456 429	industriel	3 218			indéterminé		déc.-05						-artésien (1) influence de pompage
01482X0055	SAINTE MARDS DE FRESNE	463 233	2 454 871	particulier	3 213	Suivi depuis 2003 mais la chronique piézométrique semble de bonne qualité et représentative de la masse d'eau	plateau	mixte (1) ou saisonnier (2)		janv.-03	?			ok		
00765X0124	SAINTE NICOLAS DE BLIQUETUIT	483 020	2 503 493		3 001	capte les alluvions fines	vallée			déc.-05						
01792X0020	SAINTE MARGUERITE DE L'AUTEL	492 609	2 433 774	ndéterminé	3 211		vallée sèche	mixte		janv.-03	?		modélisation ne semble pas envisageable (2)			certaines données mensuelles (2)
01017X0074	SANCOURT	552 728	2 484 323	commune	3 201		vallée sèche	mixte		de 1972 à 1979 puis à partir de 2003	?		modélisation ne semble pas envisageable (2)			'risque d'à sec (différence entre niveau le plus profond et le fond du trou <1m)
00584X0020	THIL MANNEVILLE	504 513	2 538 480				plateau			mars-06						
01242X0530	VAL-DE-REUIL	518 154	2 479 227				vallée			janv.-08						
	BEAUCHAMPS (80)	542 250	2 556 709	industriel	3 204		vallée humide	liaison hydraulique		1997						
	TRANSLAYE (80)	552 608	2 552 858	commune	3 204		plateau	mixte		de 1971 à 1980 puis à partir de 1995						un branchement pour l'évacuation des eaux de la route voisine a été réalisé; l'impact est visible sur l'évolution des fluctuations piézométriques
	Lignières-Chatelain (80)	566 214	2 531 431	commune	3 204	X	plateau	mixte	Bresle	sept.-70						
	La Fresguimont Saint Martin 80	564 300	2 536 287	particulier	3 204		plateau	mixte		?						
	Morvilliers Saint Saturnin 80	560 957	2 529 908	commune	3 204	X	plateau	mixte	Bresle	sept.-70						
02153X0046	Vernueil sur Avre	499 773	2 416 193	commune	3 211		plateau	indéterminé								
	Balines									01/12/2006						fortement influencés par des pompages réalisés directement dans l'ouvrage. Suivi abandonné en 2006. Remplacé par Vernueil-sur-avre
	Gros-Theil															fortement influencés par des pompages réalisés directement dans l'ouvrage. Suivi abandonné en 2006. Remplacé par La-Haye-du-Theil
00996X0093	JUMIEGES				3 001											capte les alluvions fines
	Vittefleu			particulier	ons récentes		vallée humide	liaison hydraulique		juin-85						capte probablement uniquement alluvions (aux vues profondes de l'ouvrage)
	Graval	542 845	2 526 116	particulier			plateau	mixte influencé		janv-74						Existences de fluctuations parasites
	Colmesnil Manneville	505 115	2 539 933	particulier			plateau	mixte		févr-71						a connu des à sec (1991)
01242X0116	LE VAUDREUIL	518 762	2 473 330	société immobilière	3201 mais non représentatif	non représentatif même s'il ne capte que l'aquifère crayeux (sous recouvrement alluvionnaire)	vallée humide	saisonnier		mai-85						-piézo à remplacer (tête d'ouvrage non couverte) -a connu débordements en période tres htes eaux 1995 et 2001 -fortement influencé. Influence du barrage de la Seine.
01501X0002	NORMANVILLE	514 101	2 453 909	commune	3 211		vallée humide	mixte		avr.-67	2			ok		influence des eaux de surface

Annexe 3

Masse d'eau souterraine 3201

MASSE D'EAU 3201

1. PRESENTATION DES DONNEES ANALYSEES SUR LA MASSE D'EAU 3201 (CRAIE DE VEXIN NORMAND ET PICARD)

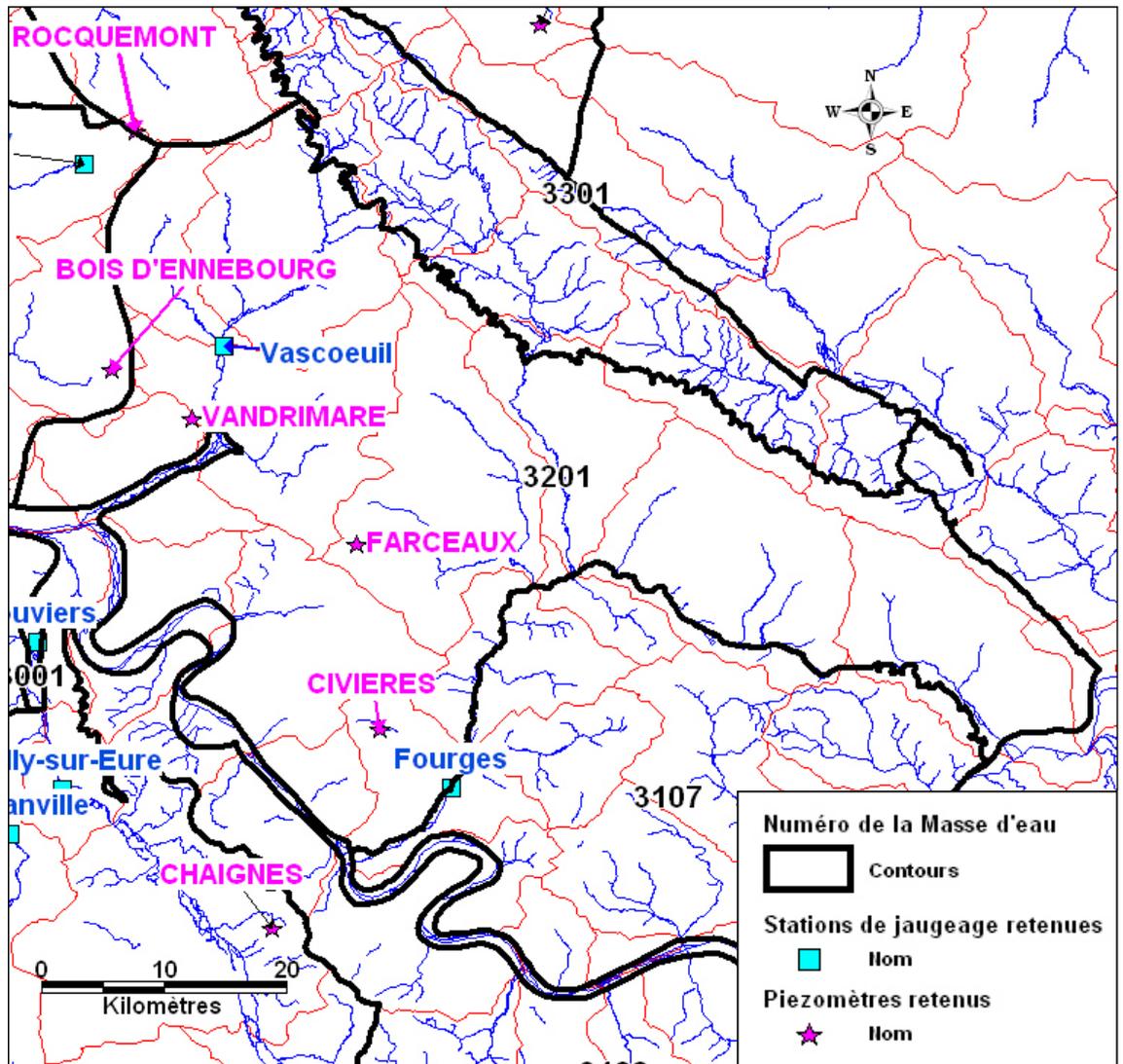


Illustration 26 : Contours de la masse d'eau 3201 et localisation des piézomètres et stations de jaugeage retenues

Les trois piézomètres sélectionnés de la masse d'eau 3201 sont :

- Civières : 01256X0002/S1 (BV de l'Epte)
- Farceaux : 01252X001/S1 (BV de l'Epte)
- Vandrimare : 01008X0018/S1 (BV de L'Andelle)

Piézo-mètres MO 3201	N°BSS	Coord X L2 (m)	Coord Y L2 (m)	Profondeur ouvrage(m)	MO captée	cote repère piezo (m)	cote nappe INF(m)	cote nappe MAX (m)	Battement max de la nappe (m)	Date début chronique
Civières	01256X0002/S1	543622	2463088	77,60	3201	125.60	53,81	63,78	9,97	06/12/1968
Farceaux	01252X0011/S1	541750	2478334	34,20	3201	120.50	95,84	116,85	21,01	04/02/1971
Vandrimare	01008X0018/S1	528241	2488683	79,05	3201	125.75	50,78	58,05	7,27	31/01/1968

Illustration 27 : Caractéristiques des piézomètres de la masse d'eau 3201

Leurs niveaux sont comparés aux débits des rivières pour lesquelles il existe des données de jaugeage : L'Epte à la station Fourges (H8042010) en aval des deux piézomètres Civières et Farceaux et L'Andelle à la station Vascoeuil (H8212010) en amont du piézomètre Vandrimare.

2. LE PIEZOMETRE CIVIERES

La chronique de relevé des niveaux du piézomètre Civières démarre le 31/01/1968. La fréquence est hebdomadaire jusqu'au 18/02/1981, mensuelle jusqu'au 29/11/1984, tous les deux mois jusqu'au 11/05/1995, de nouveau mensuelle jusqu'au 28/08/1997 et enfin journalière à partir du 08/09/1997 avec certaines périodes sans données plus ou moins longues : du 12/11/1998 au 13/01/1999, du 16/10/2001 au 18/01/2002, du 19/12/2002 au 21/02/2003 et du 27/01/2005 au 22/04/2005.

2.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre Civières

Le niveau repère est à 125.6 m, l'ouvrage atteint 77.6 m de profondeur et l'eau se situe entre 61.82 et 71.79 m par rapport au sol, soit à une cote évoluant entre 63.78m et 53.81 m(NGF) L'amplitude des niveaux est de 9.97 m maximum. Le cycle apparaît annuel avec une influence pluri annuelle.

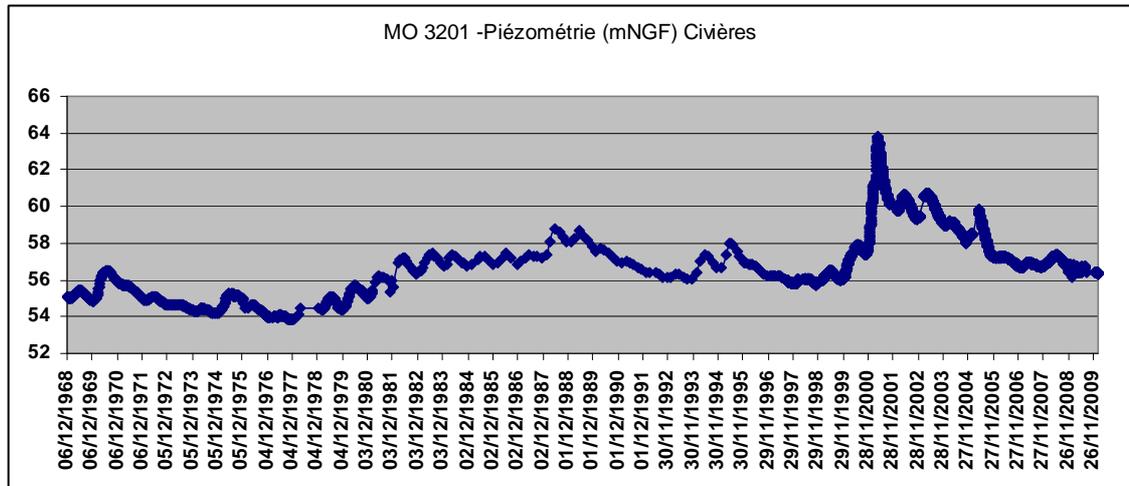


Illustration 28 : Chronique des niveaux du piézométrique Civières

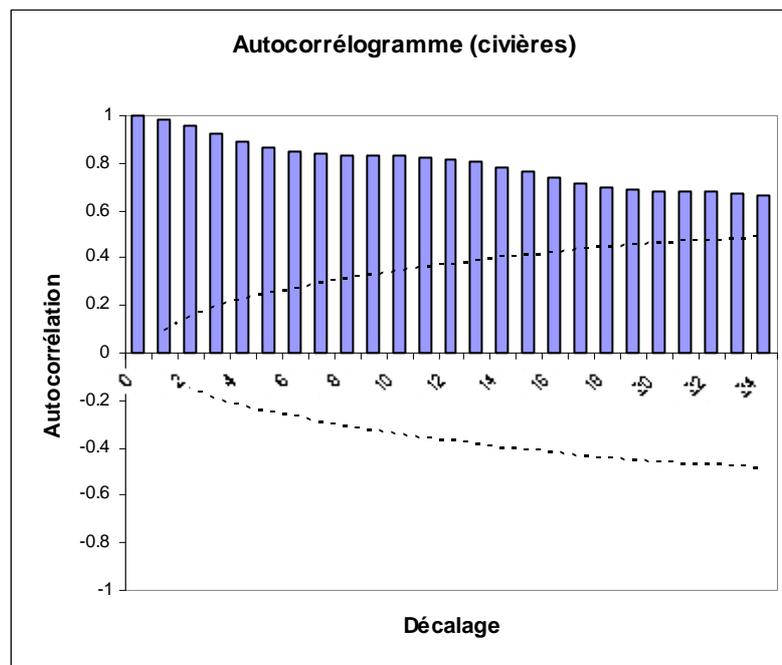


Illustration 29 : Autocorrélogramme du piézomètre Civières (décalage en mois)

Les mesures de niveaux dans le piézomètre Civières sont très bien corrélées entre elles sur 10 (>0.8) à plus de 24 mois (>0.6).

2.2. Analyse fréquentielle sur le piézomètre Civières

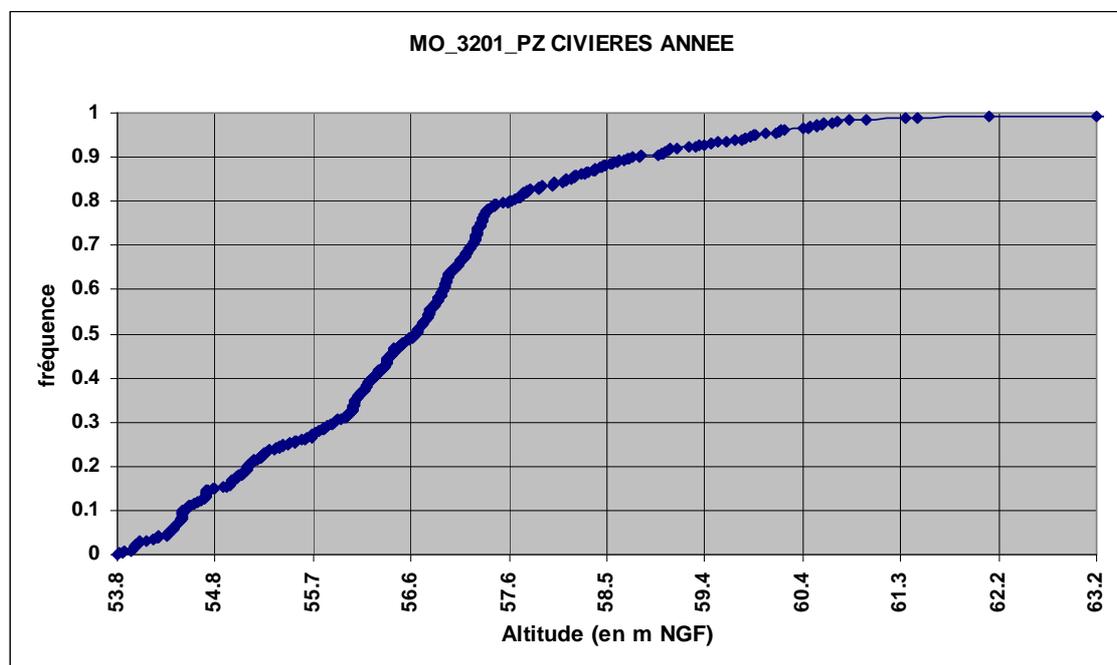


Illustration 30 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Civières

2.3. Détermination des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Civières

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
ngf janv trié	54.31	54.37	54.90	56.46	57.20	58.48	59.78
ngf fev trié	54.32	54.47	54.91	56.70	57.20	58.80	59.86
ngf mars trié	54.36	54.58	55.17	56.86	57.30	59.09	60.14
ngf avril trié	54.43	54.66	55.27	56.94	57.68	59.09	60.50
ngf mai trié	54.43	54.66	55.38	56.94	57.67	58.98	60.54
ngf juin trié	54.44	54.65	55.41	56.88	57.84	58.83	60.36
ngf juil trié	54.44	54.61	55.33	56.82	57.85	58.66	60.11
ngf aout trié	54.37	54.56	55.24	56.73	57.70	58.53	59.82
ngf sept trié	54.31	54.49	55.16	56.54	57.50	58.36	59.55
ngf oct trié	54.22	54.45	55.11	56.39	57.30	58.16	59.34
ngf nov trié	54.17	54.41	55.04	56.40	57.22	58.08	59.16
ngf dec trié	54.19	54.40	54.91	56.40	57.24	58.31	59.02

Illustration 31 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Civières

Ces analyses sont effectuées sur des moyennes mensuelles. Les courbes de 20 et 10 ans secs sont relativement proches avec des amplitudes faibles, les extrêmes vont de 54.17 à 54.44 m (20 ans secs), de 54.37 et 54.66m (10 ans secs) et de 54.9 à 55.41m (5 ans secs). On constate un glissement dans l'année des mois de la période sèche d'octobre à décembre pour les 20 ans secs à de décembre à février pour les 5 ans secs.

Les valeurs de la médiane se situent entre 56.39 et 56.94m, soit une amplitude faible, avec les mois d'été d'octobre à décembre.

Concernant les années humides, les valeurs extrêmes vont de 57.2 à 57.95m (5 ans), de 58.08 à 59.09m (10 ans) et de 59.02 à 60.54m (20 ans) avec les mois les plus bas de novembre à février pour les 5 ans humide et d'octobre à décembre pour les 10 et 20 ans humide.

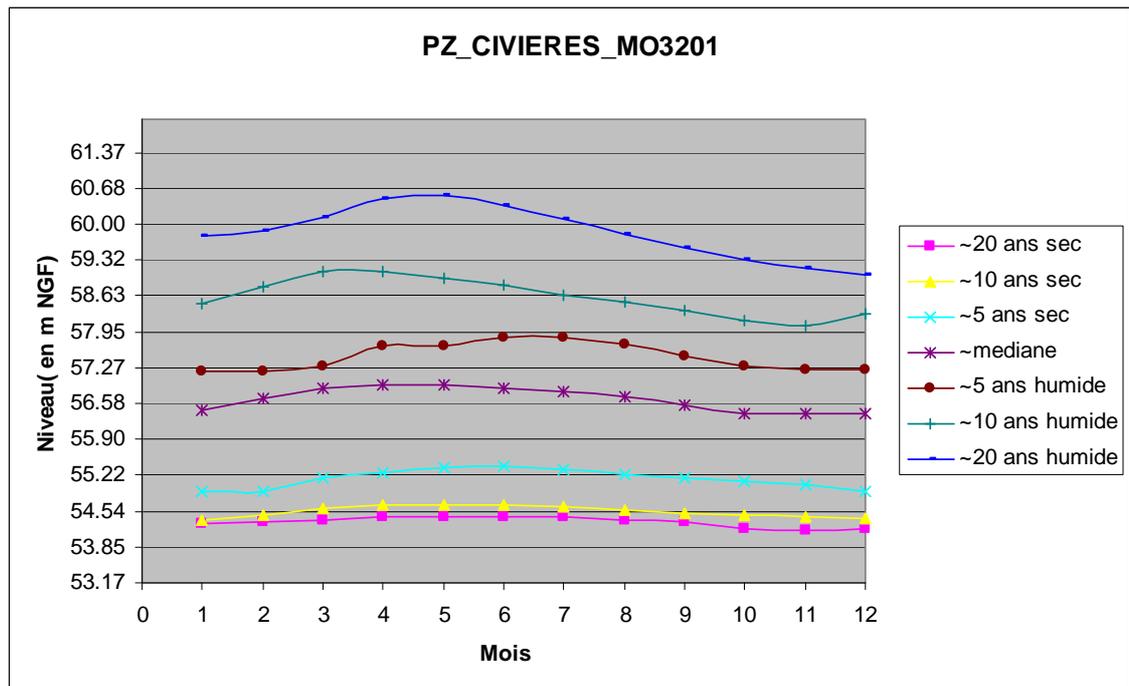


Illustration 32 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Civières

3. LE PIEZOMETRE FARCEAUX

La chronique de relevé des niveaux du piézomètre Farceaux démarre le 04/02/1971. La fréquence est mensuelle jusqu'au 27/09/1984, tous les deux mois jusqu'au 27/07/1994 et journalière à partir de cette date sauf du 31/05/2006 au 27/02/2007 où les mesures sont mensuelles. Certaines périodes sont sans données, notamment du 19/09/1994 au 19/12/1994, du 17/09/1999 au 20/01/2000, du 21/05/2001 au 20/07/2001, du 08/05/2009 au 12/08/2009, du 20/08/2009 au 08/10/2009.

3.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre Farceaux

Le niveau repère est à 120.5 m, l'ouvrage atteint 34.2 m de profondeur et l'eau se situe entre 24.6 et 3.6m et par rapport au sol, soit à une cote évoluant entre 95.84 et 116.85 m (NGF) L'amplitude des niveaux est importante, de 21.05 m maximum. Le cycle apparaît annuel avec une influence pluri annuelle.

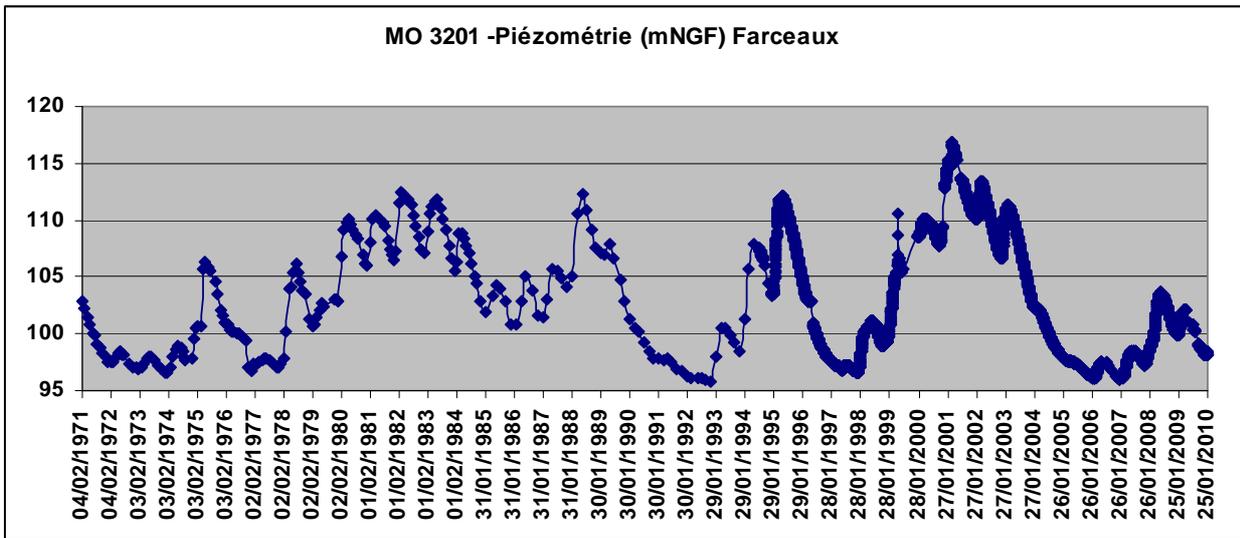


Illustration 33 : Chronique des niveaux du piézométrique Farceaux

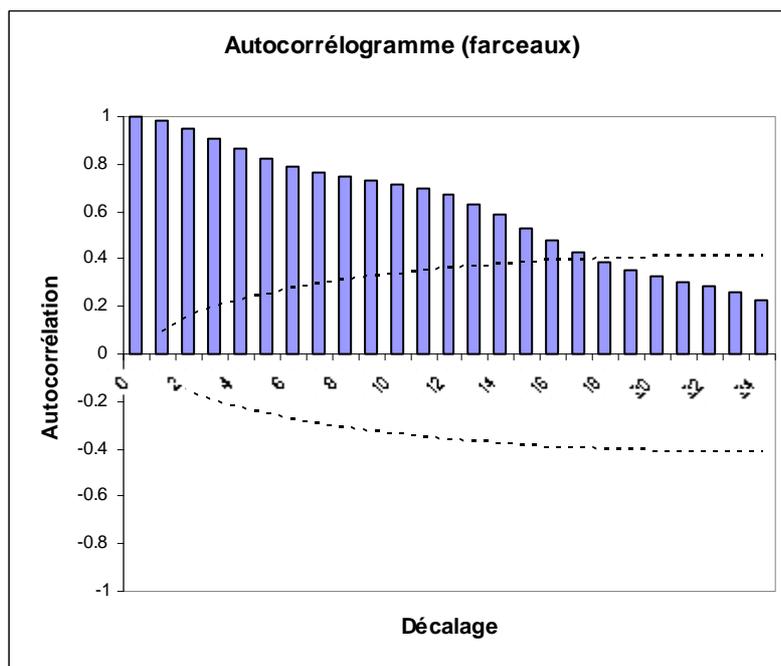


Illustration 34 : Autocorrélogramme du piézomètre Farceaux (décalage en mois)

Les mesures dans le piézomètre sont bien corrélées entre elles sur 6 mois (0.8) à 14 mois (0.6).

3.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre Farceaux

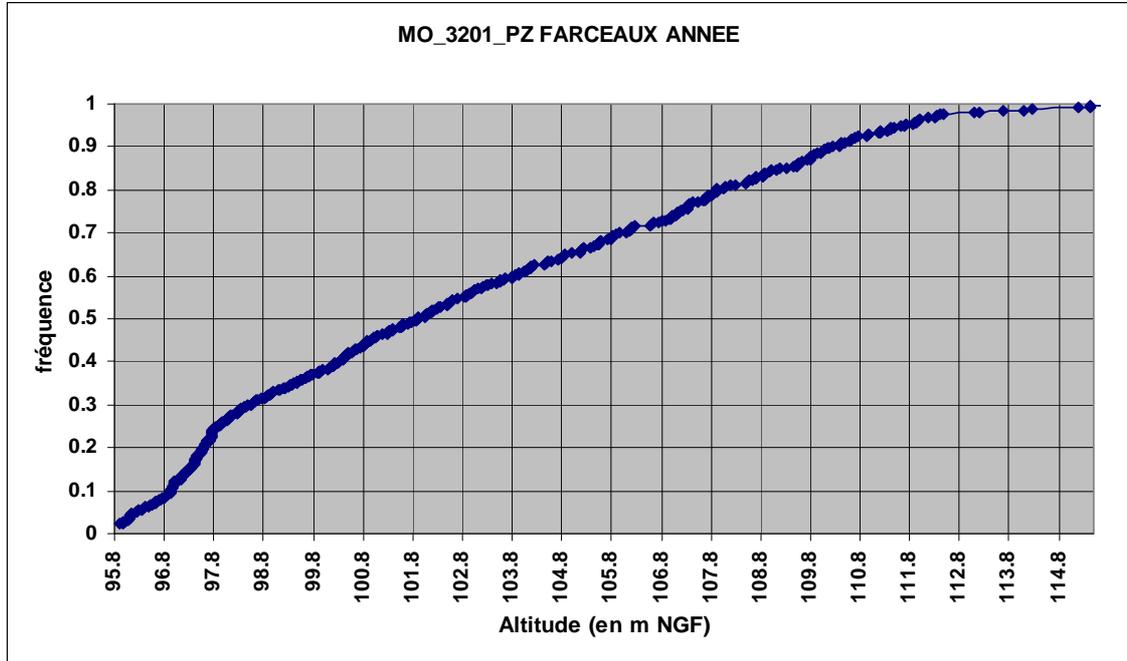


Illustration 35 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Farceaux

La répartition des niveaux suit une droite entre 0.3 et 0.9.

3.3. Détermination des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Farceaux

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
ngf janv trié	96.26	96.57	97.56	100.80	107.12	109.55	110.42
ngf fev trié	96.13	96.87	97.45	100.88	108.70	110.58	112.16
ngf mars trié	96.27	97.25	97.66	101.83	110.07	111.20	112.47
ngf avril trié	96.93	97.40	97.80	102.61	110.37	111.88	113.11
ngf mai trié	96.98	97.54	98.13	102.91	109.93	111.96	112.32
ngf juin trié	96.89	97.54	98.32	103.55	109.64	111.43	111.94
ngf juil trié	97.21	97.40	98.11	103.39	109.47	110.63	111.21
ngf aout trié	97.14	97.22	97.75	102.87	108.71	109.82	110.38
ngf sept trié	96.95	96.99	97.42	102.86	107.92	108.89	109.51
ngf oct trié	96.64	96.83	97.17	102.06	107.23	107.92	108.50
ngf nov trié	96.35	96.69	97.01	101.29	106.88	107.64	109.20
ngf dec trié	96.43	96.61	97.01	100.88	106.20	107.37	110.39

Illustration 36 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Farceaux

Les courbes des 5, 10 et 20 ans secs sont proches, avec comme valeurs extrêmes 96.13 et 97.21m (20 ans), 96.57 et 97.54m (10 ans), 97.01 et 98.93m (5 ans). Les mois

les plus bas sont de janvier à mars pour les 20 ans secs, de novembre à janvier pour les 10 ans secs et d'octobre à décembre pour les 5 ans secs.

Les valeurs médianes évoluent entre 100.8 et 103.55m avec les mois d'étiage de décembre à février.

Concernant les années humides, les valeurs extrêmes vont de 106.2 et 110.37m (5 ans) avec les mois les plus bas de novembre à janvier, de 107.37 à 111.96m (10 ans) avec les valeurs les plus faibles d'octobre à décembre et de 108.5 à 113.11m (20 ans) avec la période la plus sèche de septembre à novembre.

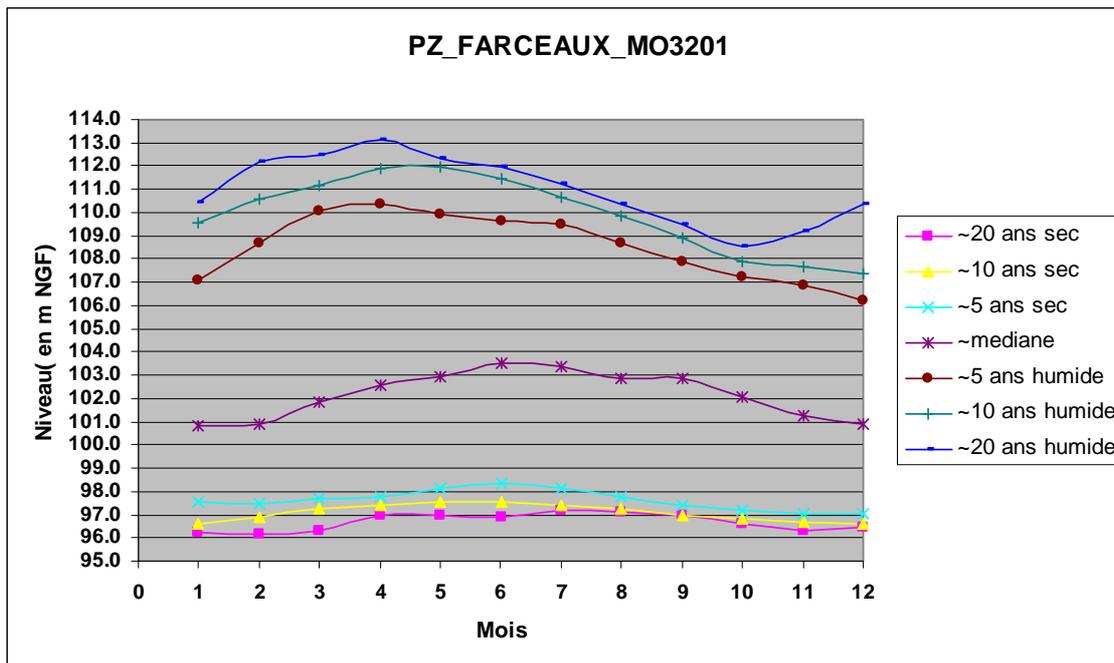


Illustration 37 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre

4. LE PIEZOMETRE VANDRIMARE

La chronique de relevé des niveaux du piézomètre Vandrimare démarre le 31/01/1968. La fréquence est mensuelle jusqu'au 08/09/1997, et journalière à partir de cette date. Certaines petites périodes sont sans données, notamment du 16/10/2001 au 17/01/2002 et du 20/02/2003 au 28/04/2003.

4.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre Vandrimare

Le niveau repère est à 125.75 m, l'ouvrage atteint 79.05m de profondeur et l'eau se situe entre 74.97 et 67.7m et par rapport au sol, soit à une cote évoluant entre 50.78 et 58.05 m(NGF). L'amplitude des niveaux est de 7.27 m maximum. Le cycle est pluri annuel.

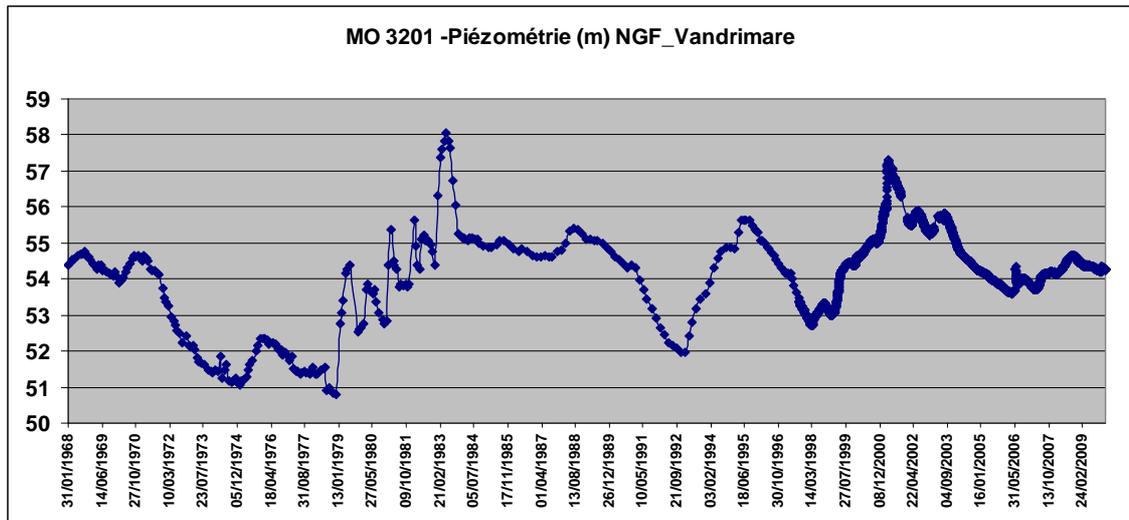


Illustration 38 : Chronique des niveaux du piézométrique Vandrimare

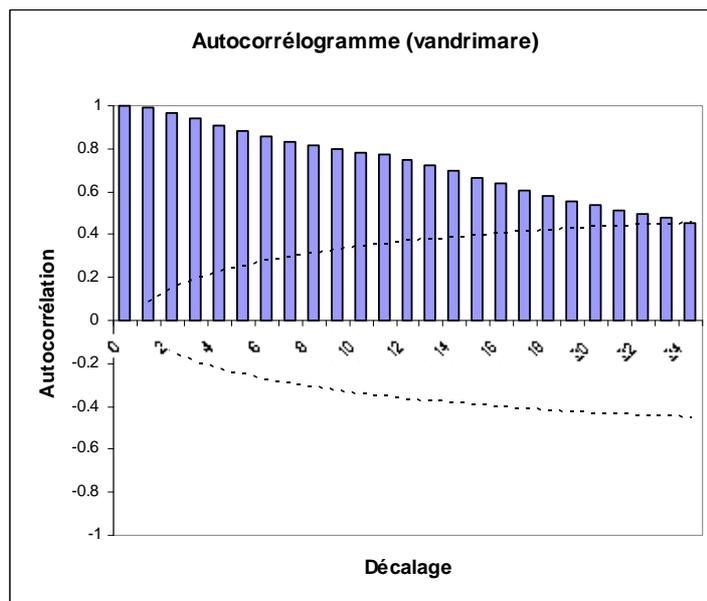


Illustration 39 : Autocorrélogramme du piézomètre Vandrimare (décalage en mois)

Les mesures de niveaux dans le piézomètre Vandrimare sont bien corrélées entre elles sur 8 mois (>0.8) à 17 mois (>0.6).

4.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre Vandrimare

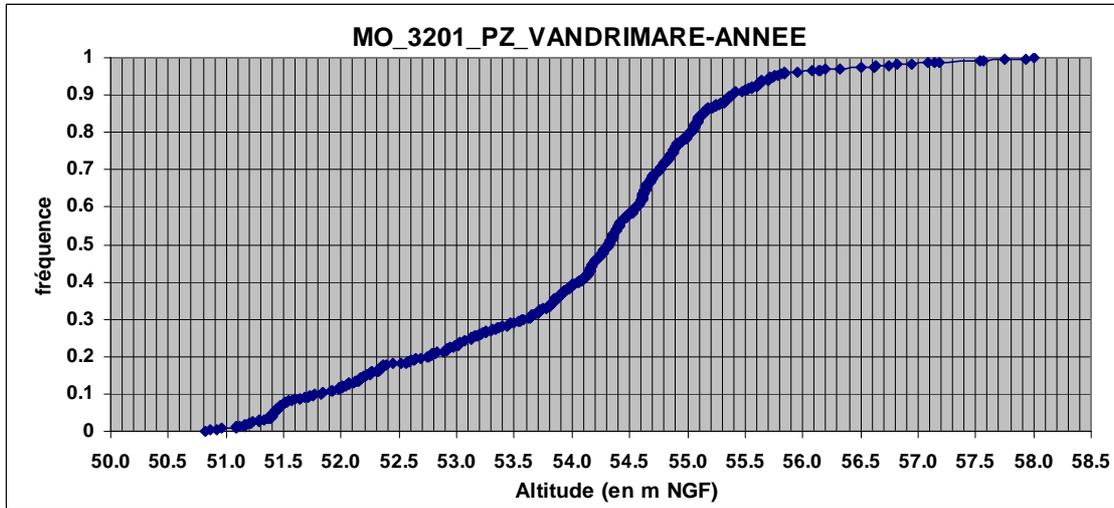


Illustration 40 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Vandrimare

Les niveaux évoluent rapidement sur toute la chronique.

4.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre Vandrimare

FREQUENCE	0.06	0.11	0.21	0.50	0.79	0.89	0.96
mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
janv ngf trie	51.48	52.01	52.69	54.26	55.00	55.32	55.70
fev ngf trie	51.46	52.15	52.78	54.19	55.09	55.35	55.84
mars ngf trie	51.60	52.07	52.75	54.32	54.96	55.27	56.19
avril ngf trie	51.45	51.84	52.91	54.32	55.00	55.50	57.19
mai ngf trie	51.48	51.73	52.82	54.32	54.94	55.61	56.94
juin ngf trie	51.54	51.68	53.01	54.28	55.07	55.63	56.82
juillet ngf trie	51.43	51.76	53.17	54.34	55.05	55.65	56.74
aout ngf trie	51.41	51.91	53.13	54.31	55.06	55.64	56.63
sept ngf trie	51.40	51.98	52.74	54.27	55.01	55.56	56.50
oct ngf trie	51.41	51.92	52.57	54.24	54.95	55.42	56.08
nov ngf trie	51.40	51.93	52.59	54.24	54.90	55.33	55.40
dec ngf trie	51.42	51.84	52.64	54.31	54.89	55.20	55.35

Illustration 41: Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Vandrimare

Toutes les courbes sont bien distinctes les unes des autres. Les courbes 20 ans sec, médiane et 5 ans humide sont relativement plates.

Les valeurs extrêmes des années de fréquence sèches vont de 51.4 à 51.6m (20 ans) avec l'étiage de septembre à novembre, de 51.68 à 52.15m (10 ans) avec,

curieusement, les mois les plus bas de mai à juillet, de 52.57 à 53.17m (5 ans) avec les mois d'été d'octobre à décembre.

Les valeurs médianes se situent de 54.19 à 54.34m soit avec une amplitude très faible, les valeurs les plus basses sont en octobre-novembre et en février.

Concernant les fréquences humides, les extrêmes se situent de 54.89 à 55.09m (5 ans), de 55.2 à 55.65m (10 ans) et de 55.35 à 57.19m pour les 5 ans ; les périodes d'été sont en novembre-décembre et mai pour les 5 ans humides, en décembre-mars et janvier pour les 10 ans et de novembre à janvier pour les 20 ans.

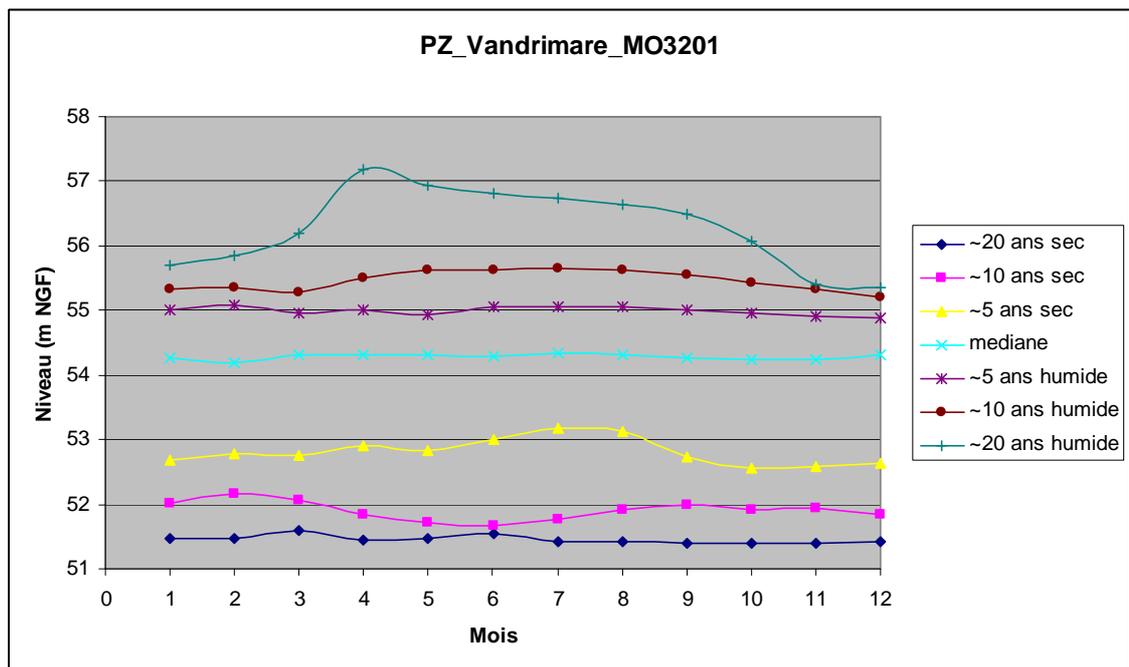


Illustration 42 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Vandrimare

5. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION FOURGES SUR LA RIVIERE L'EPTE

Les données analysées sont celles de la rivière Epte à la station Fourges (H8042010) où il y a 45 années de suivi des débits.

5.1. Distribution des débits et autocorrélogramme

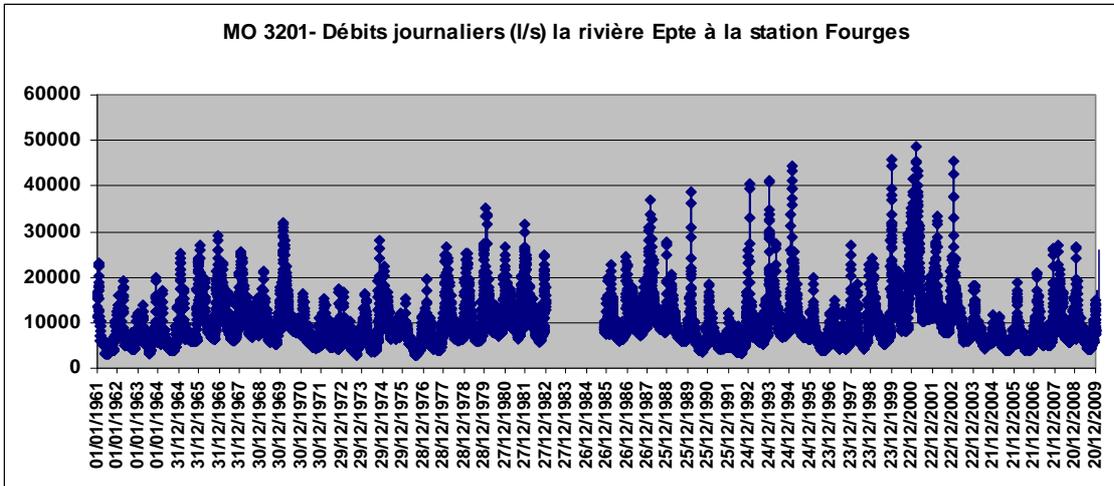


Illustration 43 : Chronique des débits de la rivière Epte à la station Fourges

La période de basses eaux dans la rivière se situe le plus fréquemment au mois de septembre puis d’Août et Juillet.

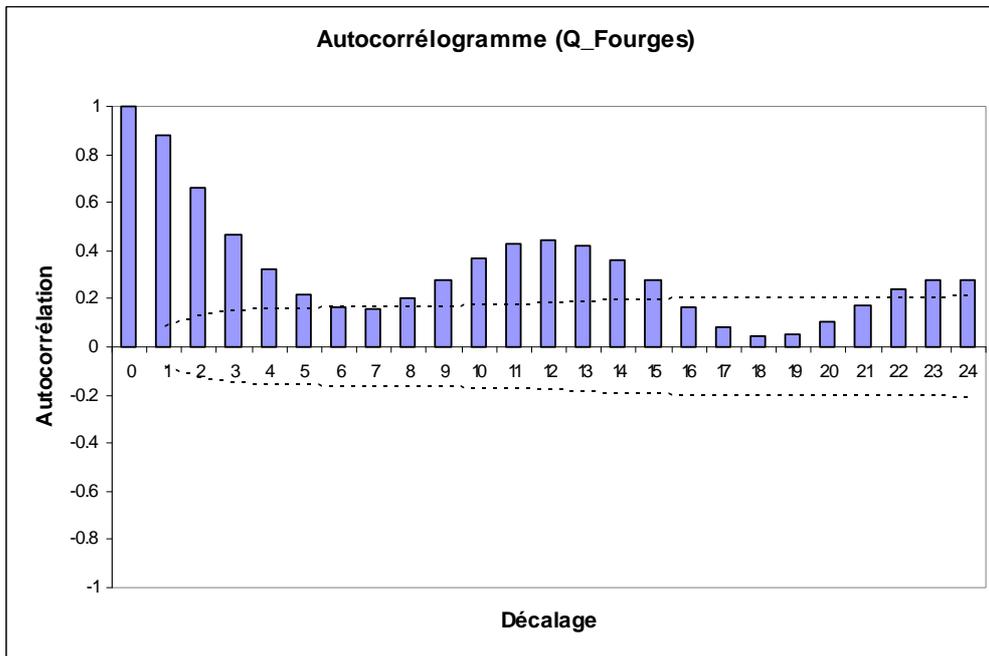


Illustration 44 : Autocorrélogramme des débits à la station Fourges (décalage en mois)

Les mesures de débits sont bien corrélées entre elles sur 2 mois (0.8) à 3 mois (0.6).

6. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE L'EPTÉ A LA STATION FOURGES ET LES PIEZOMETRES DE LA MASSE D'EAU

Les corrélations sont recherchées entre la rivière l'Epte à la station Fourges (H8042010) et les piézomètres du bassin versant de l'Epte : Civières (dans le même sous bassin-versant), Farceaux (situé sur le même bassin versant mais très en amont de la station de jaugeage).

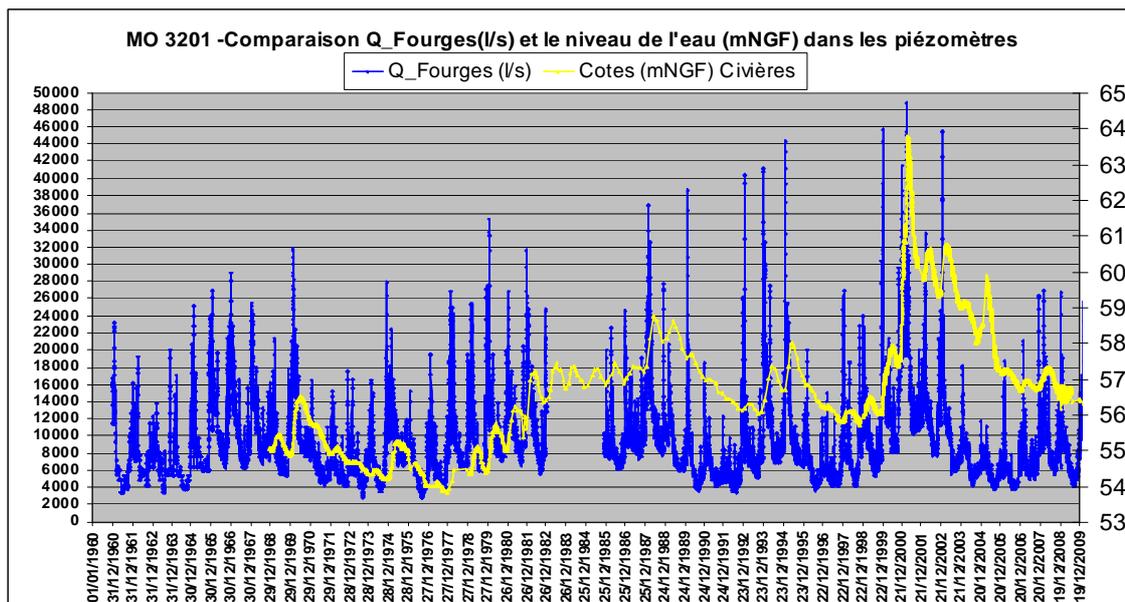


Illustration 45 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Civières et des débits à Fourges

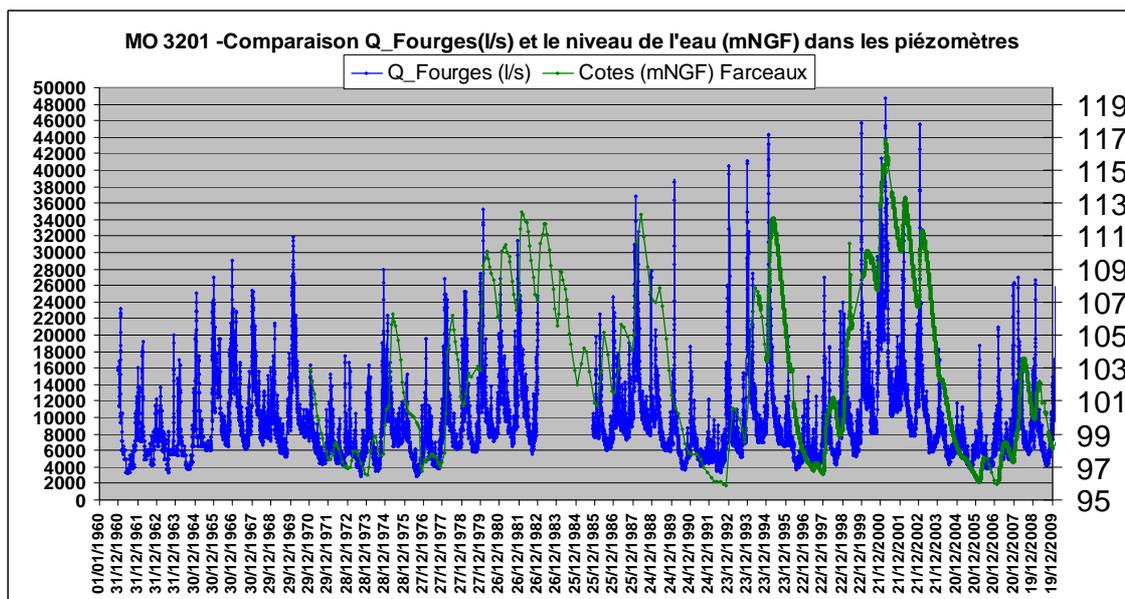


Illustration 46 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Farceaux et des débits à Fourges

6.1. Corrélogrammes croisés des moyennes mensuelles des débits et des niveaux

a) PZ CIVIERES

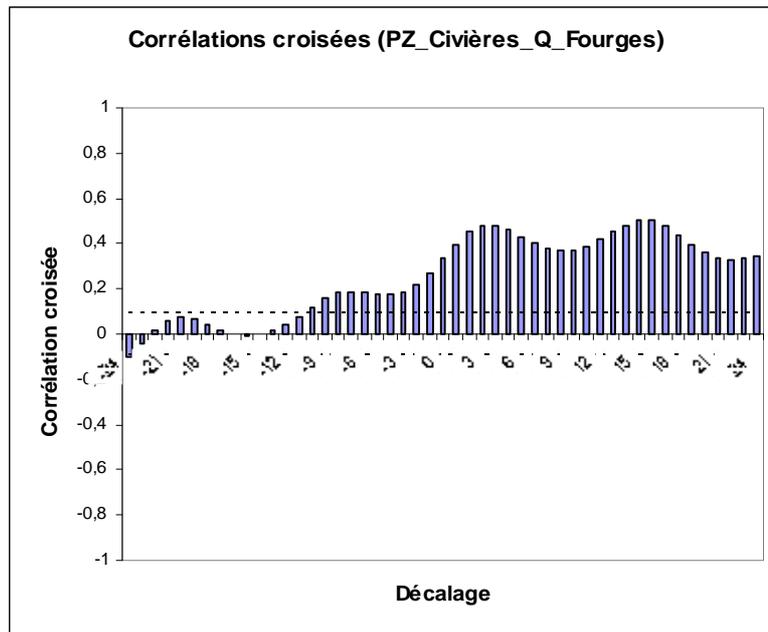


Illustration 47 : Corrélogramme croisé du débit à la station Fourges et des niveaux du piézomètre Civières (décalage en mois)

Le piézomètre Civières est localisé dans le bassin versant de la rivière Epte dont le niveau est suivi à la station Fourges. La comparaison visuelle entre les niveaux du piézomètre et de la rivière montre des fluctuations de niveaux assez similaires mais la corrélation entre eux est faible, en dessous de 0.6. Ce piézomètre ne pourra pas être utilisé comme indicateur de la masse d'eau.

b) PZ FARCEAUX

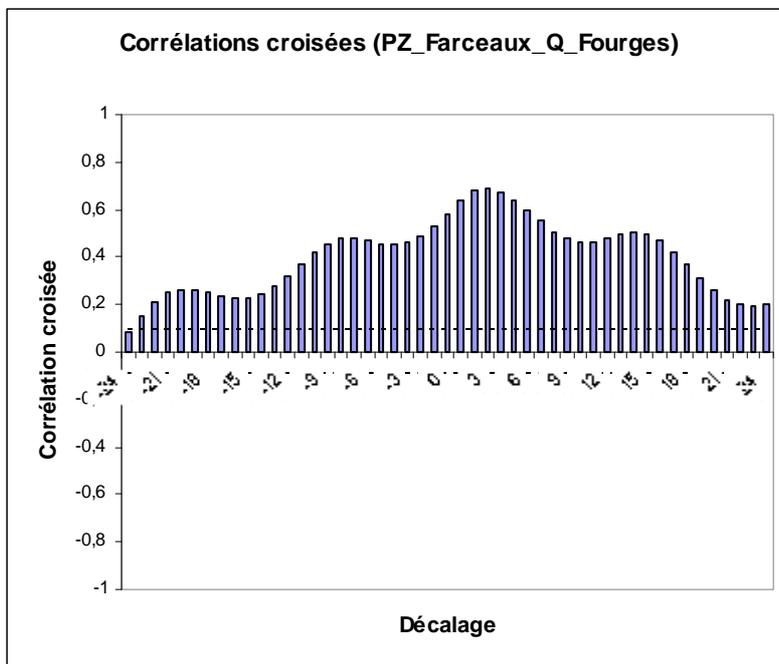


Illustration 48 : Corrélogramme croisé du débit de la rivière Epte à la station Fourges et des niveaux du piézomètre Farceaux (décalage en mois)

La comparaison visuelle entre les niveaux du piézomètre et de la rivière montre des évolutions assez similaires et la corrélation (Excel Stat) entre eux est acceptable : 5 mois pour 0.6. Le décalage est de trois mois.

6.2. Relations entre le débit journalier minimal de la rivière Epte à la station Fourges et le niveau moyen mensuel du piézomètre Farceaux pour la même année

Sur la masse d'eau 3201, les trois piézomètres ont été testés mais seul le piézomètre Farceaux donne des résultats exploitables pour la relation nappe-rivière.

Mois	Coefficient de détermination R ²	Ordre décroissant
octobre	0.8037	1
septembre	0.8019	2
novembre	0.8012	3
août	0.801	4
juillet	0.7876	5
juin	0.7706	6
décembre	0.7589	7
mai	0.7568	8
avril	0.7224	9
mars	0.6434	10
février	0.5659	11
janvier	0.4972	12

Illustration 49 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R²

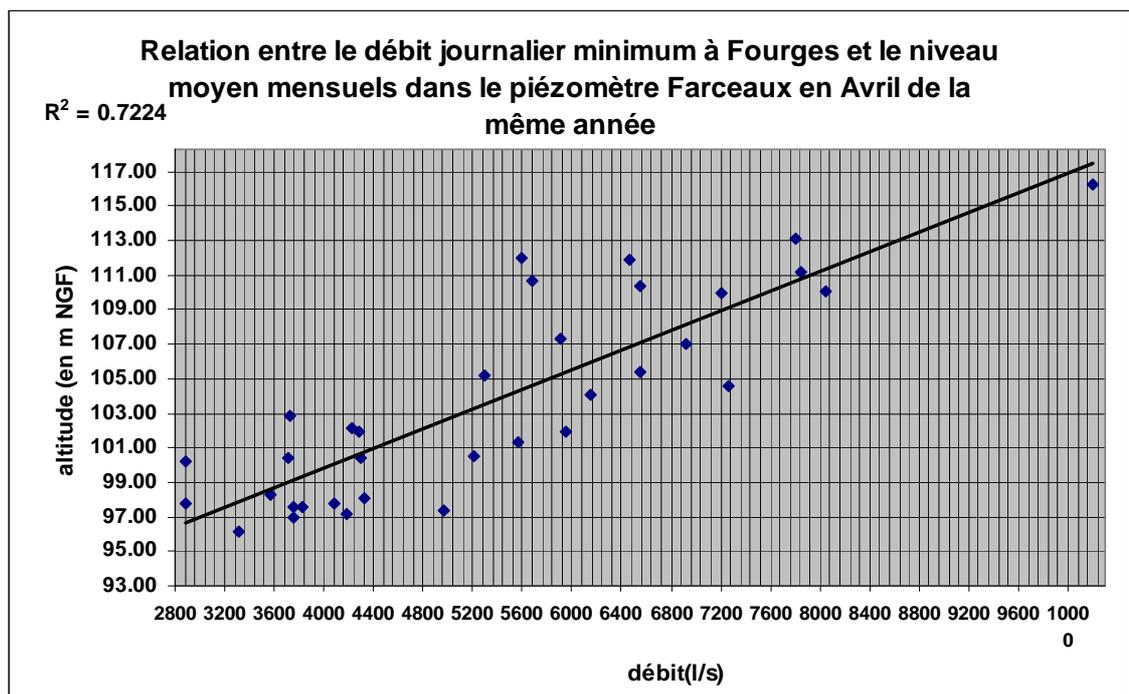


Illustration 50 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Fourges et le niveau moyen mensuel du piézomètre Farceaux pour le mois d'avril de la même année

Pour le prévisionnel avant l'étiage dans la rivière, les mois de mars à juin peuvent être utilisés et le tableau ci-dessous présente les niveaux repères (cotes piézométriques) pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique.

Département	Rivières	Station suivie	Piézomètre	MO	Mois de réf	coef R2	Seuil de vigilance (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m³/s)	cote piézo (m)	QMN A5	cote piézo (m)	VC N3	cote piézo (m)
27	Epte	Fourges	Farceaux	3201	juin	0.77	5.4	103.8	4	99.8	3.5	98.5	3.1	97.4	4.4	101	4.9	102.4
27	Epte	Fourges	Farceaux	3201	mai	0.76	5.4	104	4	100	3.5	98.6	3.1	97.4	4.4	101.2	4.9	102.6
27	Epte	Fourges	Farceaux	3201	avril	0.72	5.4	103.8	4	99.8	3.5	98.4	3.1	97.3	4.4	101	4.9	102.4
27	Epte	Fourges	Farceaux	3201	mars	0.64	5.4	103.2	4	99.6	3.5	98.2	3.1	97.2	4.4	100.6	4.9	102

Illustration 51 : Cotes piézométriques correspondant aux seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les mois de début d'année dont le coefficient de corrélation est supérieur à 0.6

6.3. Relations entre le niveau journalier le plus haut de Farceaux (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Fourges (année civile)

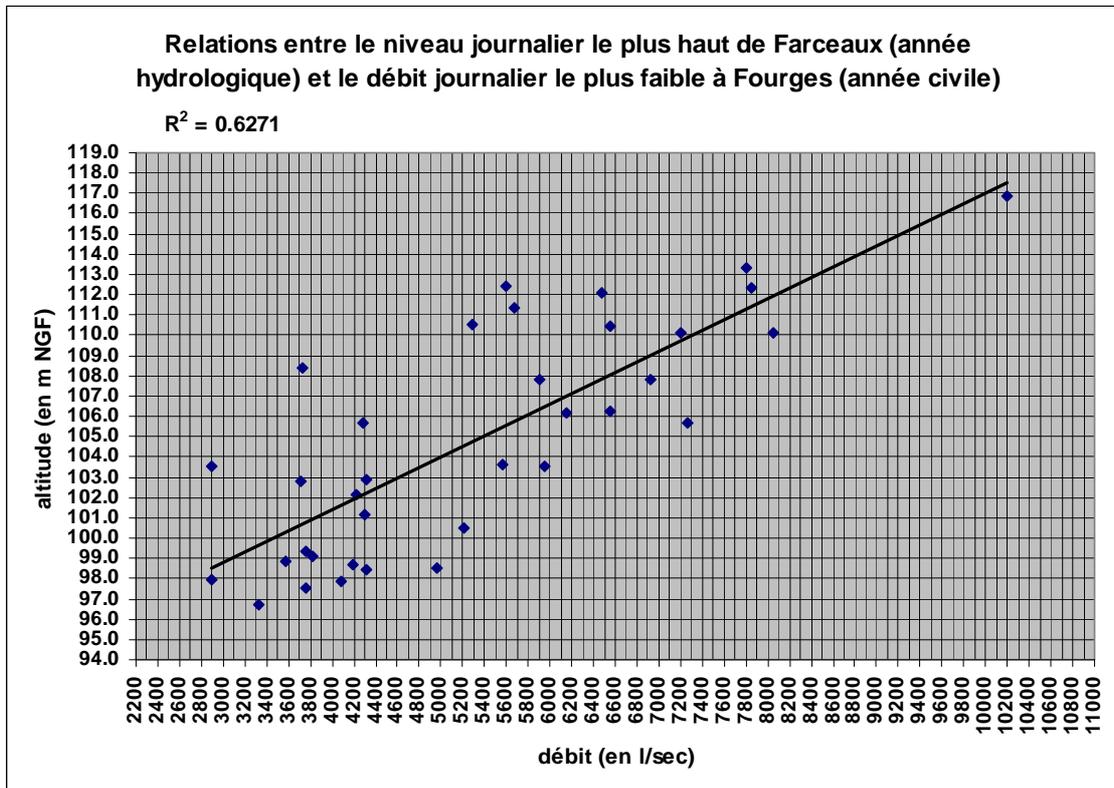


Illustration 52 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Farceaux (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Fourges (année civile)

Ce graphique peut permettre, également, de définir des niveaux repères pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique :

ex : QMNA5 (4400l/s) = 102.5m

7. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION VASCOEUIL SUR LA RIVIERE ANDELLE

Les données analysées sont celles de la rivière l'Andelle à la station Vascoeuil (H8212010) où un suivi des débits existe sur 37 années.

7.1. Distribution des débits et autocorrélogramme

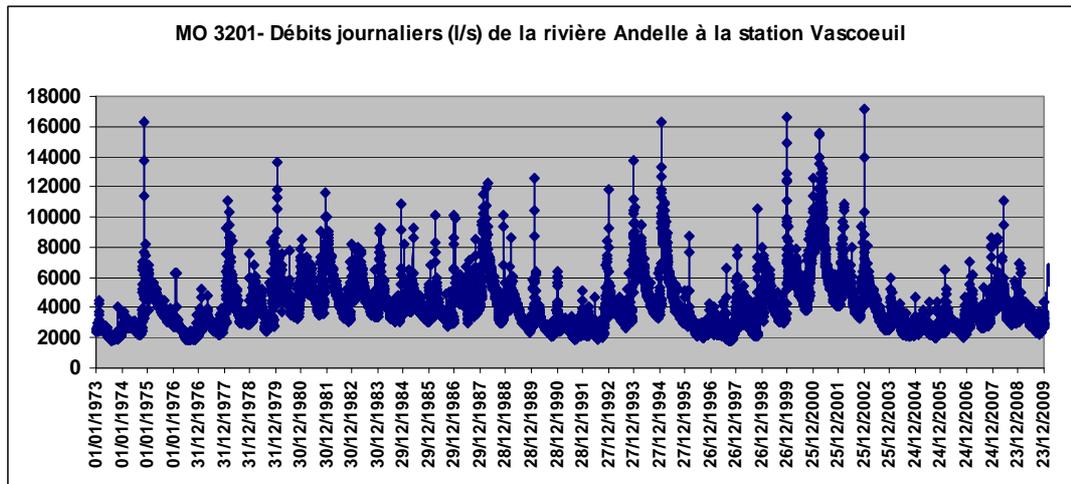


Illustration 53 : Chronique des débits de la rivière Andelle à la station Vascoeuil

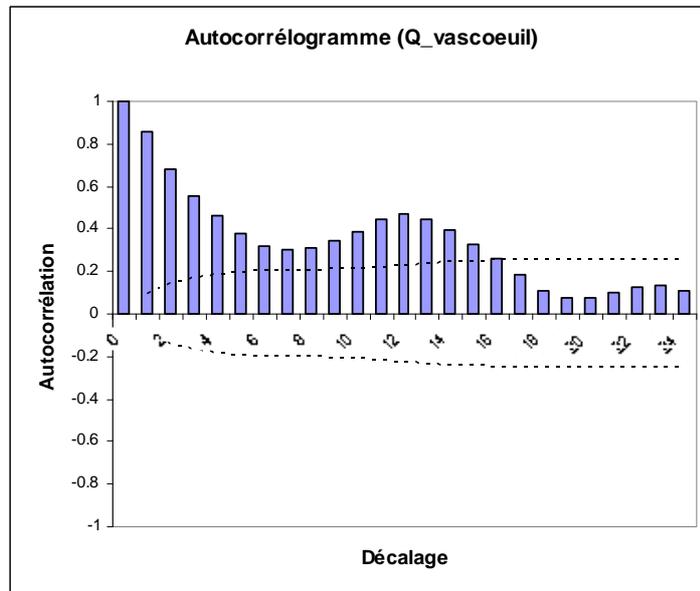


Illustration 54 : Corrélogramme croisé du débit de la rivière Andelle à la station Vascoeuil et des niveaux du piézomètre Farceaux (décalage en mois)

Les valeurs sont corrélées entre elles sur 2 mois (0.8) à 3 mois (0.6).

Les corrélations sont recherchées entre la rivière L'Andelle à la station Vascoeuil (H8212010) et les piézomètres de la masse d'eau. Seul Vandrimare est localisé dans le bassin versant de la rivière et il est situé en aval de la station de jaugeage.

8. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE ANDELLE A LA STATION VASCOEUIL ET LES PIEZOMETRES

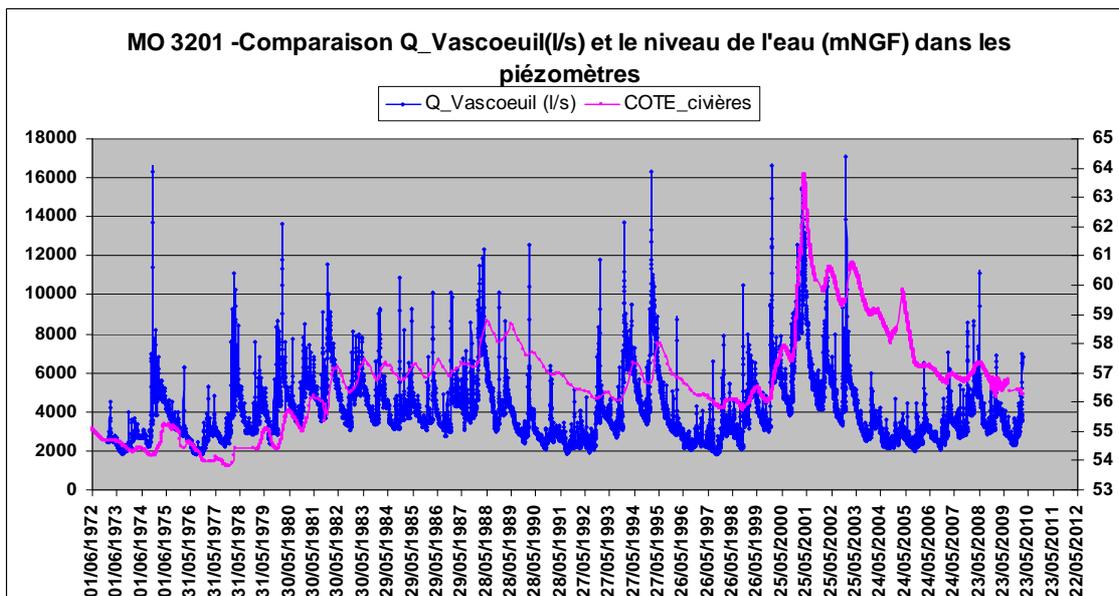


Illustration 55 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Civières et des débits à Vascoeuil

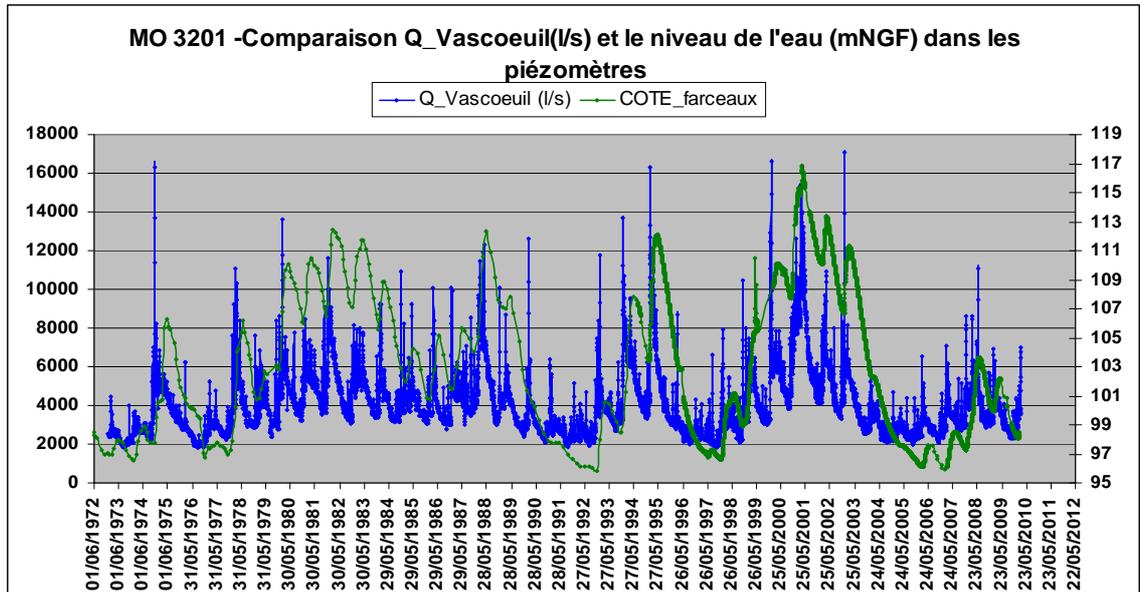


Illustration 56 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Farceaux et des débits à Vascoeuil

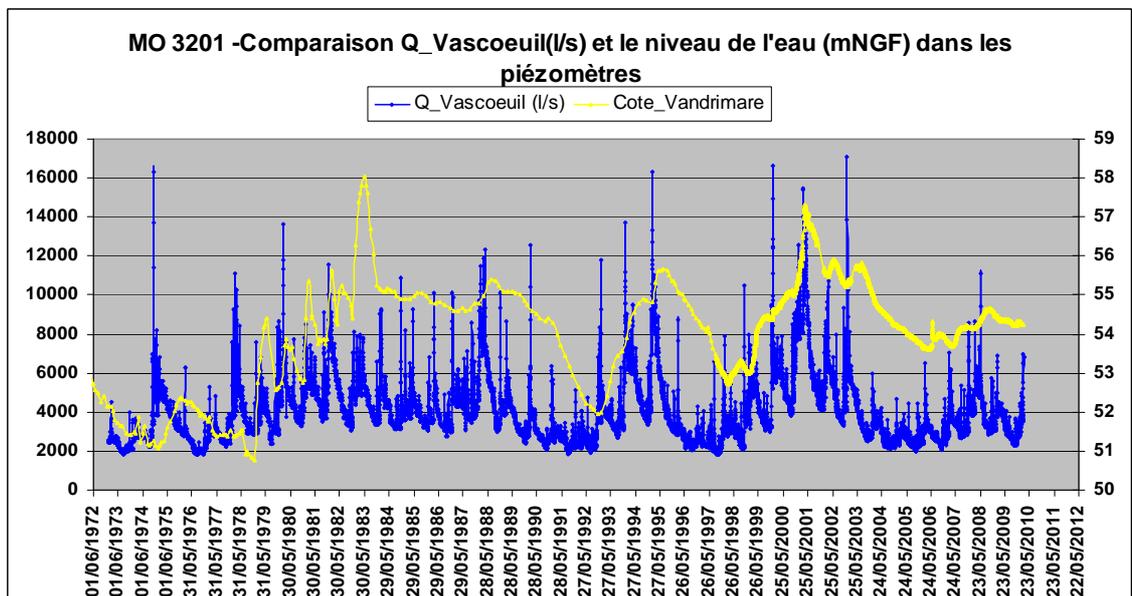


Illustration 57 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Vandrimare et des débits à Vascoeuil

8.1. Corrélogrammes croisés des moyennes mensuelles des débits et des niveaux

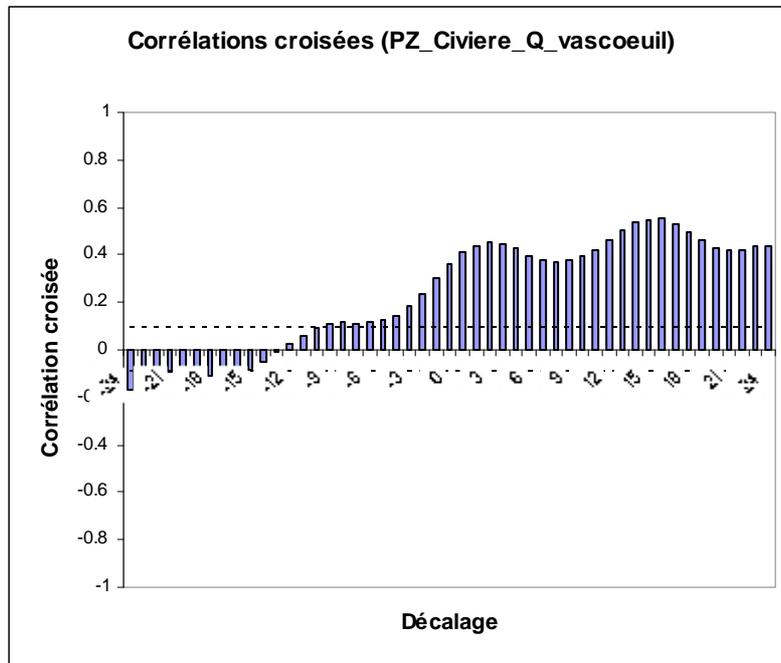


Illustration 58 : Corrélogramme croisé du débit à la station Vascoeuil et des niveaux du piézomètre Civières (décalage en mois)

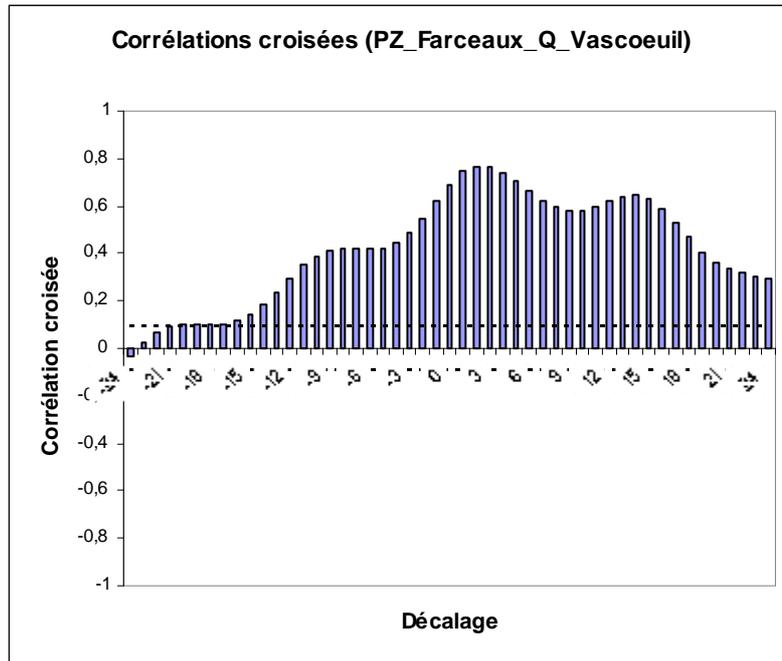


Illustration 59 : Corrélogramme croisé du débit à la station Vascoeuil et des niveaux du piézomètre Farceaux (décalage en mois)

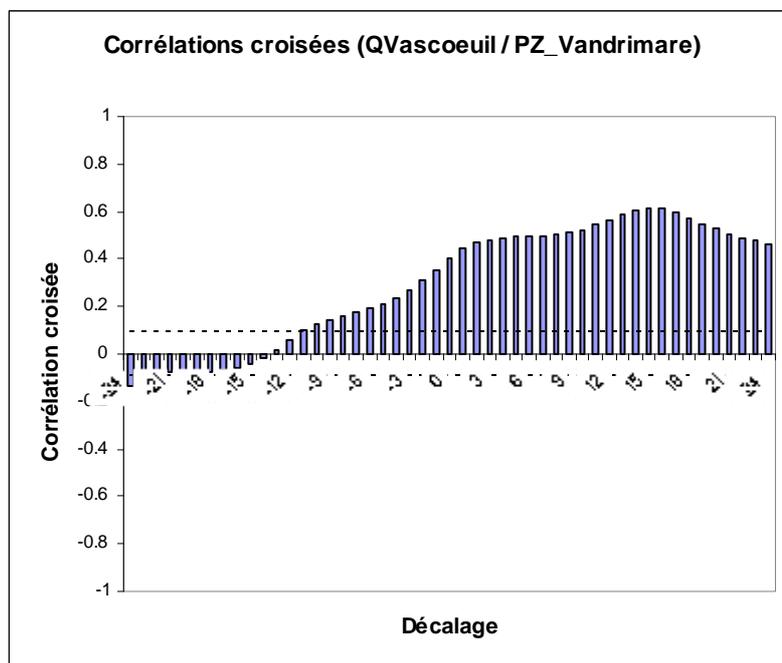


Illustration 60 : Corrélogramme croisé du débit à la station Vascoeuil et des niveaux du piézomètre Vandrimare (décalage en mois)

Seul le piézomètre Farceaux apparaît corrélé avec le débit de la rivière bien qu'il ne soit pas localisé dans le bassin versant.

8.2. Relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière Andelle à la station Vasoeuil et le niveau moyen mensuel du piézomètre Farceaux pour la même année

Mois	Coefficient de détermination R ²	Ordre décroissant
décembre	0.7953	1
octobre	0.7881	2
novembre	0.7881	3
septembre	0.7835	4
août	0.7815	5
juillet	0.7676	6
juin	0.7459	7
mai	0.7244	8
avril	0.6819	9
mars	0.6119	10
fevrier	0.5413	11
janvier	0.4649	12

Illustration 61 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R²

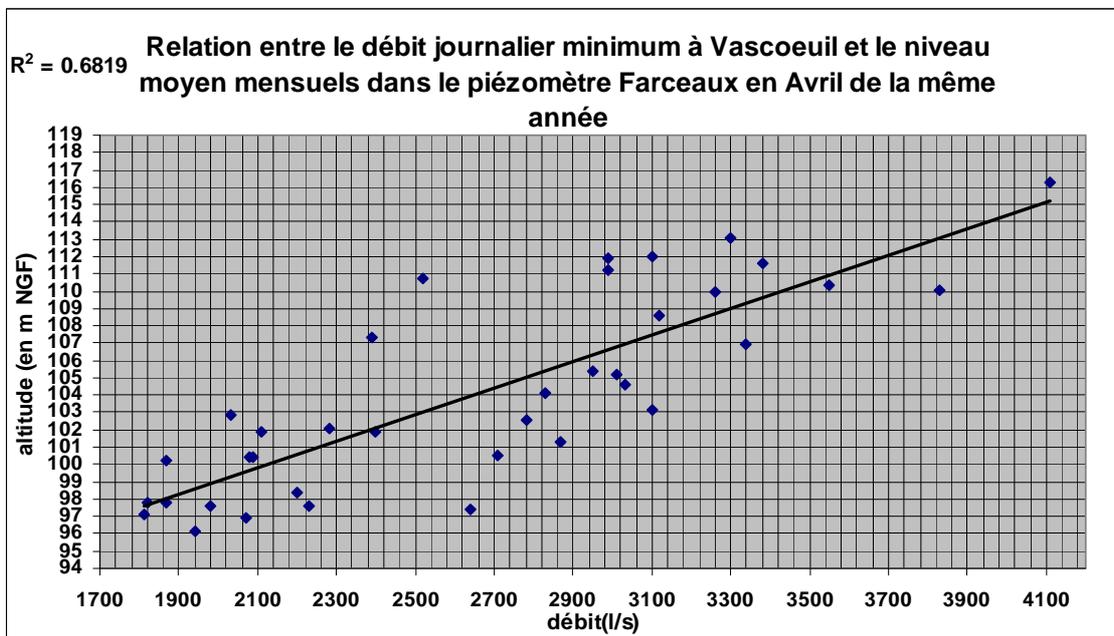


Illustration 62 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Vasoeuil et le niveau moyen mensuel du piézomètre Farceaux pour le mois d'avril de la même année

Pour le prévisionnel avant l'étiage dans la rivière, les mois de mars à juin peuvent être utilisés et le tableau ci-dessous présente les niveaux repères (cotes piézométriques) pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique.

Département	Rivières	Station suivie	Piézomètre	MO	Mois de réf.	coef R2	Seuil de vigilance (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m³/s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
76	Andelle	Vascoeuil	Farceaux	3201	juin	0.746	2.7	104.4	2.2	100.6	2	99.2	1.82	97.8	2.3	101.4	2.72	104.5
76	Andelle	Vascoeuil	Farceaux	3201	mai	0.724	2.7	104.6	2.2	100.7	2	99.2	1.82	97.8	2.3	101.5	2.72	104.7
76	Andelle	Vascoeuil	Farceaux	3201	avril	0.682	2.7	104.4	2.2	100.6	2	99.1	1.82	97.6	2.3	101.4	2.72	104.5
76	Andelle	Vascoeuil	Farceaux	3201	mars	0.612	2.7	103.8	2.2	100.2	2	98.8	1.82	97.5	2.3	101	2.72	103.8

Illustration 63 : Cotes piézométriques correspondant aux seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les mois de début d'année dont le coefficient de corrélation est supérieur à 0.6

8.3. Relations entre le niveau journalier le plus haut de Farceaux (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Vascoeuil (année civile)

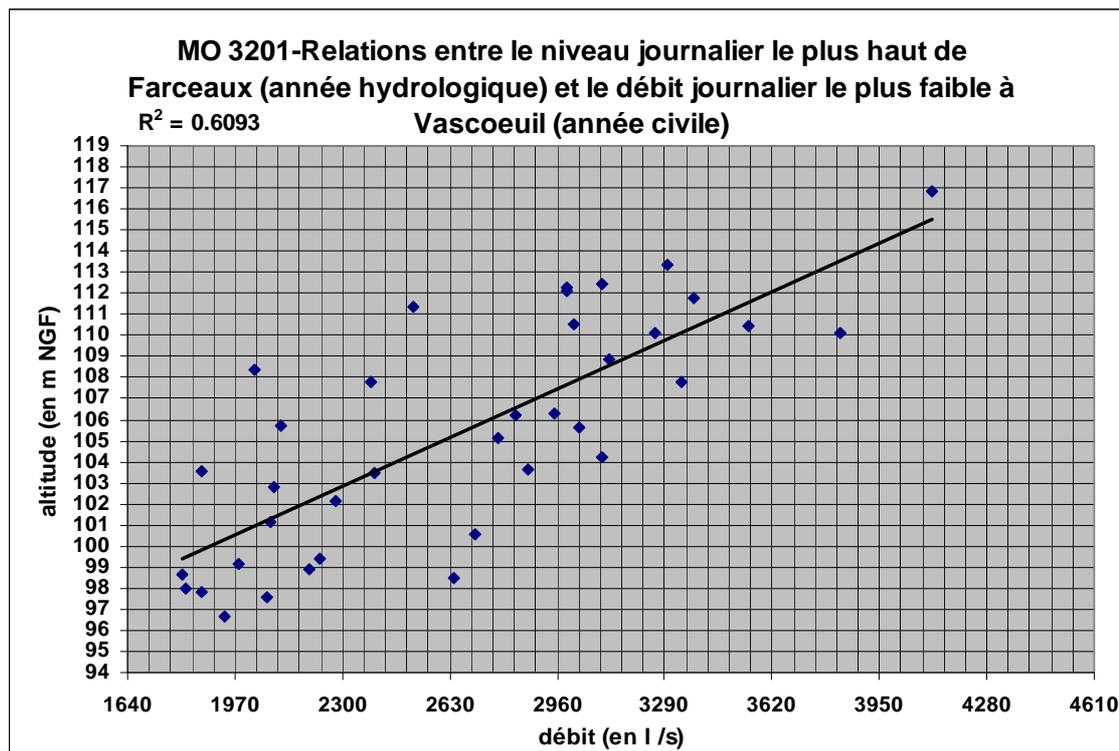


Illustration 64 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Farceaux (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Vascoeuil (année civile)

Ce graphique peut permettre, également, de définir des niveaux repères pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique :

ex : QMNA5 (2.3 m³/h) = 103m

9. COMPARAISON DES RESULTATS DE L'ANALYSE FREQUENTIELLE ET CEUX OBENUS AVEC LA MODELISATION TEMPO

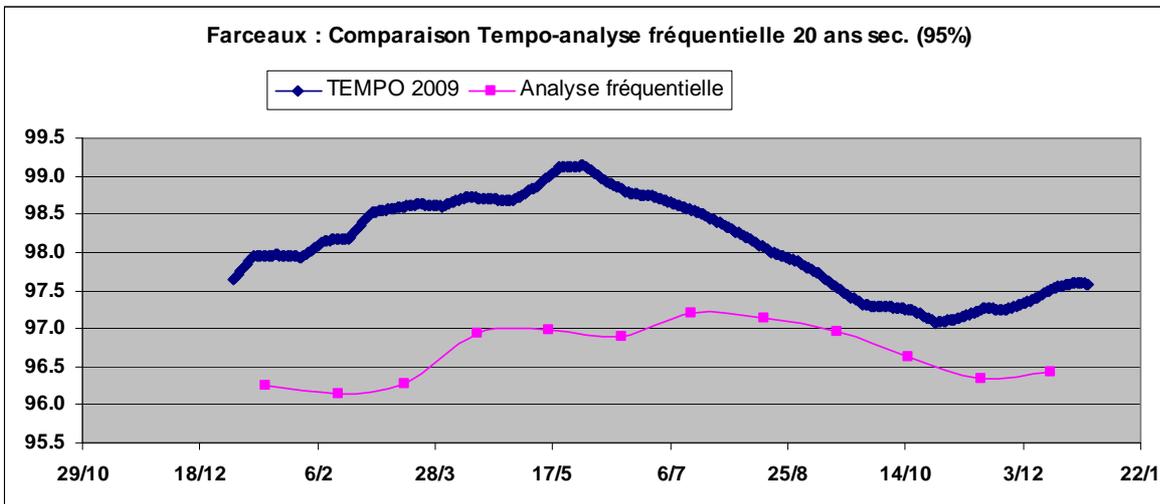


Illustration 65 : Piézomètre Farceaux, comparaison entre les résultats de l'analyse fréquentielle et ceux la prévision Tempo 2009 pour l'occurrence de 20 ans secs

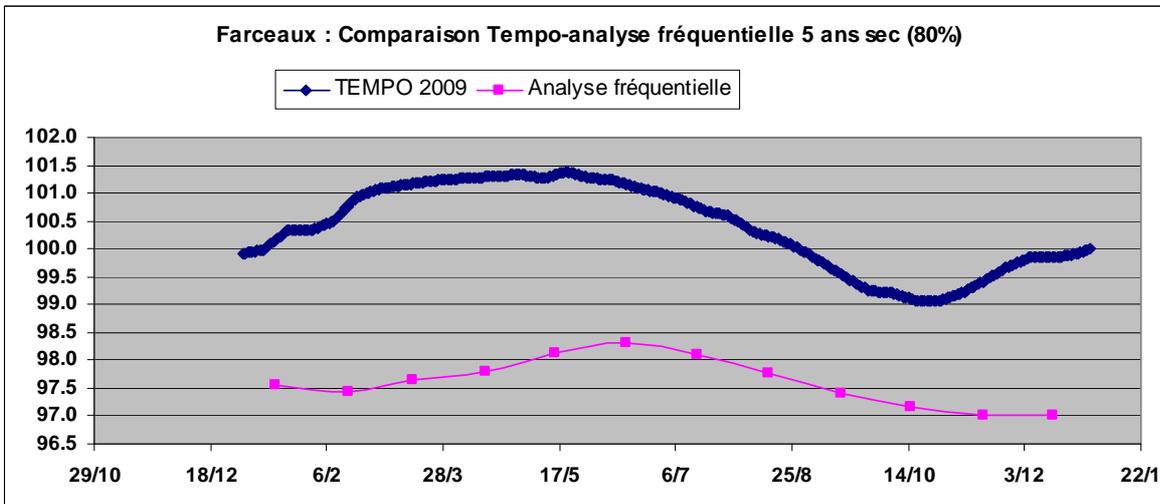


Illustration 66 : Piézomètre Farceaux, comparaison entre les résultats de l'analyse fréquentielle et ceux la prévision Tempo 2009 pour l'occurrence de 5 ans secs

La comparaison entre les évaluations des niveaux issus de la modélisation Tempo et ceux obtenus par l'analyse fréquentielle montre des similitudes d'évolution au cours de l'année, aussi bien pour les 20 ans secs que pour les 5 ans secs. Mais les cotes IGN sont différentes : pour les 20 ans secs, Tempo prévoit des niveaux situés entre 97.1 et 99.1m alors que l'analyse fréquentielle les prévoit entre 96.13 et 97.21m et pour les 5

ans secs, les premiers se situent entre 99.1 et 101.4m et les seconds entre 97.1 et 98.32m.

Nom du piézo (Commune)	ANALYSE FREQUENTIELLE				Tempo 2009	
	extrêmes 20 ans secs (moyennes mensuelles)	extrêmes 10 ans secs(moyennes mensuelles)	extrêmes 5 ans secs (moyennes mensuelles)	Médiane (moyennes mensuelles)	PZ_Niv_j_min _printemps (20 ans secs)	PZ_Niv_j_min _printemps (5 ans secs)
CIVIERES	54.17 à 54.44	54.37 à 54.66	54.9 à 55.41	56.39 à 56.94		
FARCEAUX	96.13 à 97.21	96.57 à 97.54	97.01 à 98.93	100.8 à 103.55	97.1 à 99.1	99.1 et 101.4
VANDRIMARE	51.4 à 51.6	51.68 à 52.15	52.57 à 53.17	54.19 à 54.34		

Illustration 67 : Comparaison des résultats obtenus avec Tempo 2009 et l'analyse fréquentielle pour les fréquences de retour 20 et 5 ans secs pour la masse d'eau 3201

Les niveaux estimés par Tempo pour 2009 sont supérieurs à ceux obtenus avec l'analyse fréquentielle.

10. Conclusions pour la masse d'eau 3201

Le piézomètre Farceaux peut être retenu comme indicateur piézométrique pour les deux rivières jaugées de la masse d'eau, l'Epte et l'Andelle, en effet les corrélations testées sont satisfaisantes.

Les autres piézomètres, Civières et Vandrimare ne dévoilent pas de corrélation exploitable pour l'étiage.

Annexe 4
-
Masse d'eau souterraine 3202

MASSE D'EAU 3202

1. PRESENTATION DES DONNEES ANALYSEES SUR LA MASSE D'EAU 3202 (CRAIE ALTEREE DE L'ESTUAIRE DE LA SEINE)

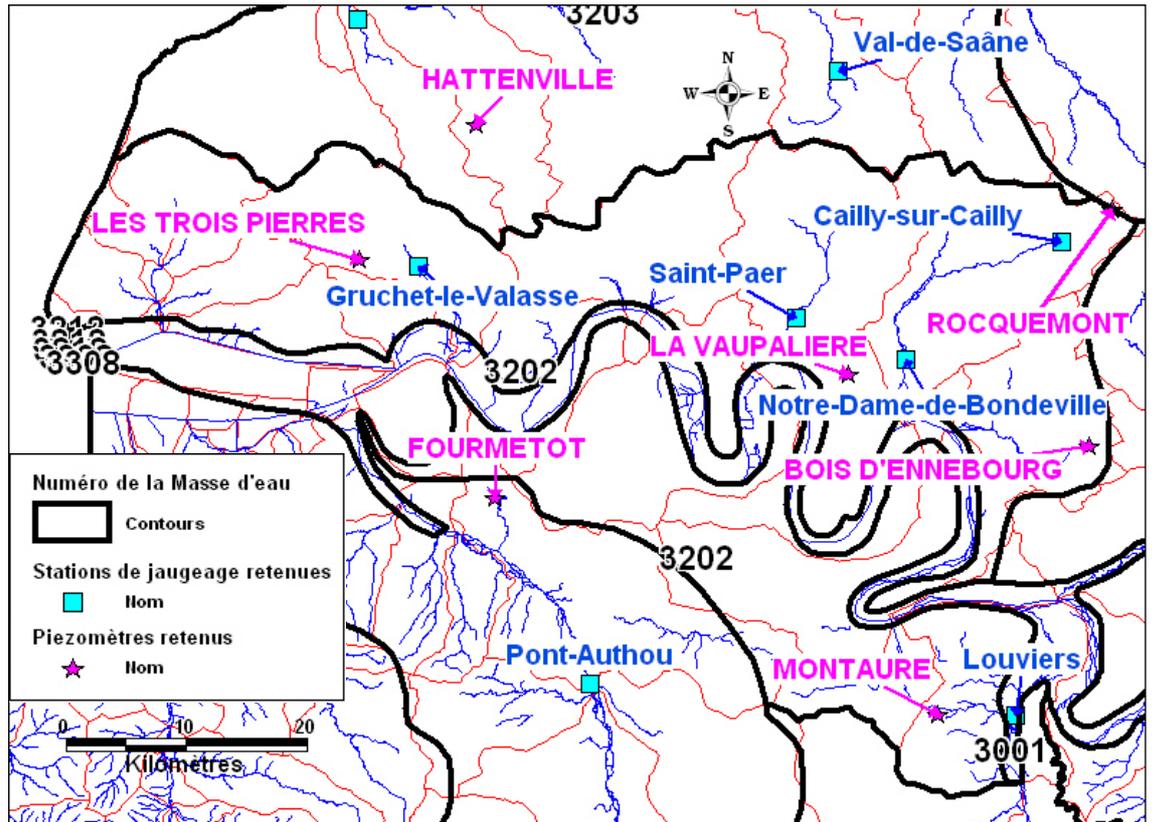


Illustration 68 : Contours de la masse d'eau 3202 et localisation des piézomètres et stations de jaugeage retenues

Les cinq piézomètres sélectionnés de la masse d'eau 3202 sont ceux du Bois d'Ennebourg, de Montaure, des trois pierres, de Rocquemont et de la Vaupalière.

Le piézomètre de Montaure : 01245X0010/S1 (BV de L'Eure) est localisé au sud de la Seine. Les quatre autres sont situés au nord de la Seine : piézomètres de la Vaupalière : 00993X0002/S1 (BV du Cailly), du Bois d'Ennebourg (BV de l'Aubette), des Trois Pierres (BV du ruisseau du Commerce) et de Rocquemont (BV du Cailly).

Piézomètres MO 3202	N°BSS	Coord X L2 (m)	Coord Y L2 (m)	Profondeur ouvrage(m)	MO captée	cote repère piezo (m)	cote nappe INF(m)	cote nappe MAX (m)	Battement max de la nappe (m)	Date début chronique
Montaure	01245X0010/S1	509080	2470308	41.80	3202	136	94.37	111.71	17.34	12/10/1967
Bois d'Ennebourg	01003X0008/S1	521646	2492674	63.43	3202	151.50	94.68	109.54	14.86	31/01/1968
Les Trois Pierres	00755X0006/S1	461184	2508182	93.53	3202	113.10	27.71	42.3	14.59	24/10/1969
Rocquemont	00773X0002/S1	523522	2512435	46.65	3202	175.95	131.82	161.13	29.31	26/01/1968
La Vaupalière	00993X0002/S1	501771	2498709	97.95	3202	115.25	24.2	32.93	8.73	29/01/1968

Illustration 69 : Caractéristiques des piézomètres de la masse d'eau 3202

Les niveaux de Montaure sont comparés aux données de la station de pompage de Louviers (H9501010) sur l'Eure.

Les niveaux des quatre autres piézomètres sont comparés aux données de la station de jaugeage de Notre Dame de Bondeville (H9913020) sur la rivière le Cailly.

Les stations de jaugeage de St-Paer et de Gruchet-le-Valasse n'ont pas été retenues car les relevés sont soit trimestriels soit trop irréguliers.

2. LE PIEZOMETRE MONTAURE

La chronique de relevé des niveaux du piézomètre Montaure démarre le 12/10/1967. La fréquence est hebdomadaire jusqu'au 30/12/1981, mensuelle jusqu'au 29/11/1984, tous les deux mois jusqu'au 19/09/1994, puis journalière ensuite. Il faut noter quelques irrégularités dans la chronique durant le premier trimestre 1997 et quelques absences de mesures du 01/03/2001 au 09/07/2001, du 06/11/2002 au 17/12/2002, du 10/09/2005 au 25/01/2006, du 27/04/2006 au 27/10/2006, du 23/10/2007 au 11/12/2007. Le piézomètre Montaure a un risque d'à sec du fait de la profondeur du forage proche du niveau bas de la nappe.

2.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre Montaure

Le niveau repère est à 136m. L'ouvrage atteint 42.4m de profondeur et l'eau se situe entre 24.33 et 42.33m par rapport au sol soit à une cote évoluant de 111.71 à 94.37m(NGF). L'amplitude des niveaux est relativement importante : 17.34m. Son cycle est pluri annuel avec une influence annuelle.

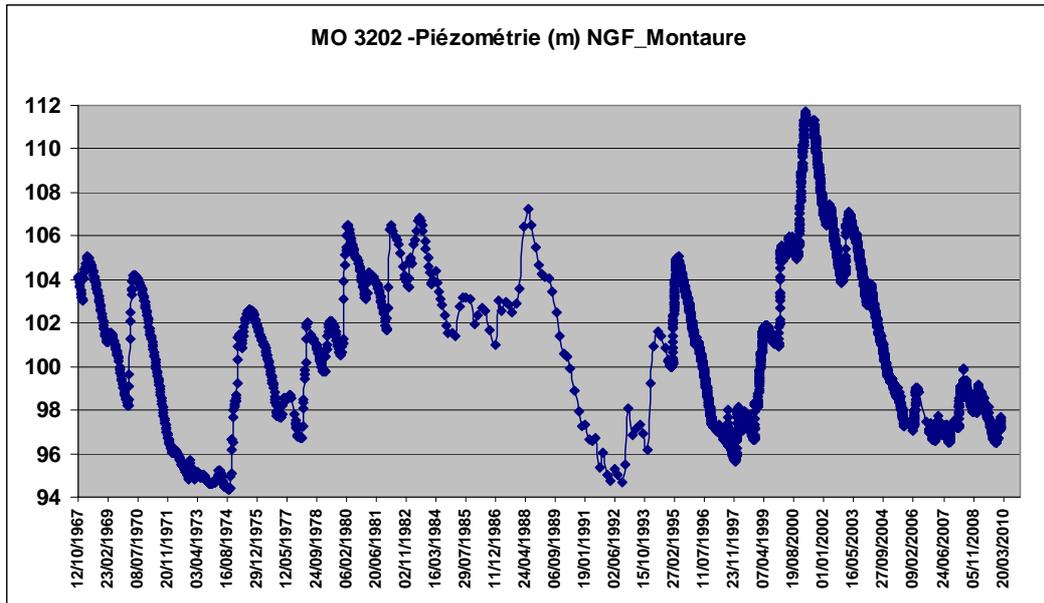


Illustration 70 : Chronique des niveaux du piézomètre Montaure

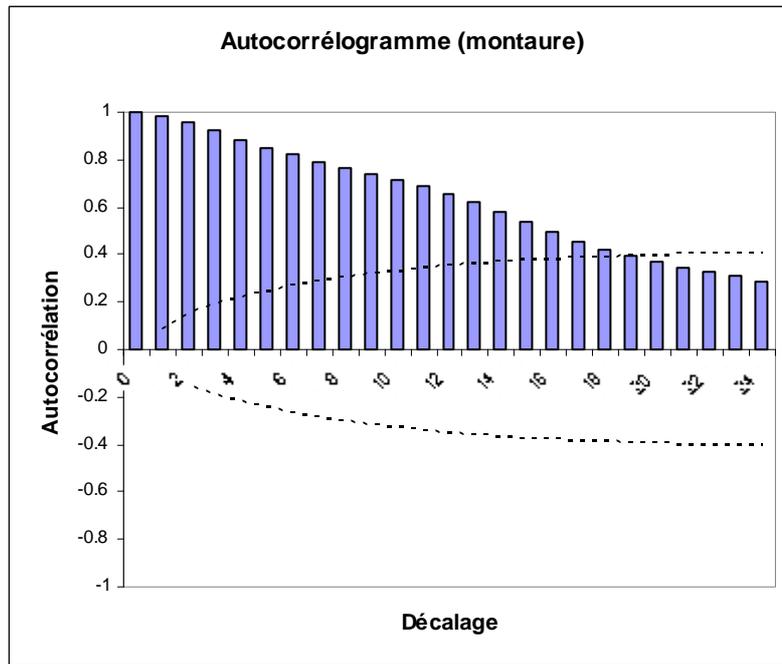


Illustration 71: Autocorrélogramme du piézomètre Montaure (décalage en mois)

Les données sont bien corrélées entre elles de 6 mois (0.8) à une année (0.6).

2.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre Montauvre

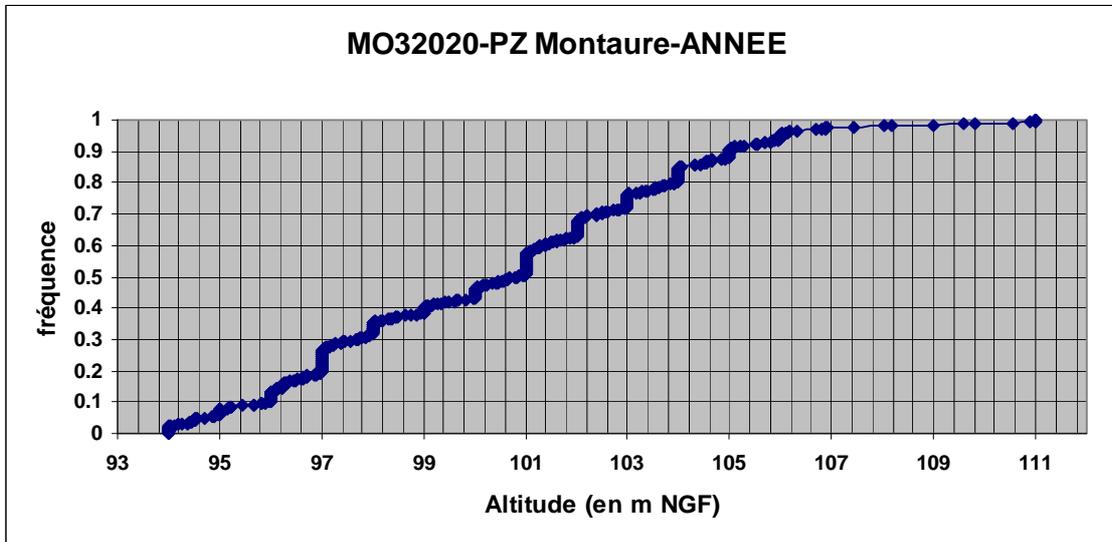


Illustration 72 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Montauvre

2.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre Montauvre

mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
janv ngf trie	95.2	96.0	97.0	100.1	103.8	105.0	105.9
fév ngf trie	94.5	96.4	97.0	100.8	104.0	106.0	106.1
mars ngf trie	94.9	96.1	97.0	101.0	104.9	106.0	106.0
avril ngf trie	95.0	96.0	97.0	101.0	104.0	105.8	106.3
mai ngf trie	94.9	96.0	97.0	101.1	104.0	105.8	106.0
juin ngf trie	95.0	96.0	97.0	101.0	104.0	105.5	106.0
juillet ngf trie	95.0	95.9	97.0	101.0	103.5	105.0	106.0
aout ngf trie	94.4	95.5	96.9	101.0	103.0	104.5	105.5
sept ngf trie	94.0	95.2	96.2	100.2	103.0	104.0	105.0
oct ngf trie	94.5	95.7	96.2	100.0	102.8	103.7	104.5
nov ngf trie	95.0	96.0	96.2	100.0	102.0	103.9	104.1
dec ngf trie	95.2	96.0	97.0	100.0	102.2	103.7	104.0

Illustration 73 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Montauvre

Toutes les courbes sont distinctes les unes des autres. Les séries sèches ont des amplitudes annuelles peu élevées, de l'ordre de 1.2. Celles des séries humides sont plus fortes, entre 2.3 et 2.9.

Les extrêmes vont de 94 à 95.2m avec les mois les plus secs en septembre-aout et février (20 ans secs), de 95.2 à 96.4m avec l'étiage d'aout à octobre (10 ans secs), de 96.2 à 97m avec les niveaux les plus bas de septembre à novembre (5 ans secs), de 100 à 101.1m pour la médiane, de 102 à 104.9m (5 ans humides), de 103.7 à 106m (10 ans humides) et de 104 à 106.3m (20 ans humides). Pour ces quatre dernières séries, l'étiage se place d'octobre à décembre.

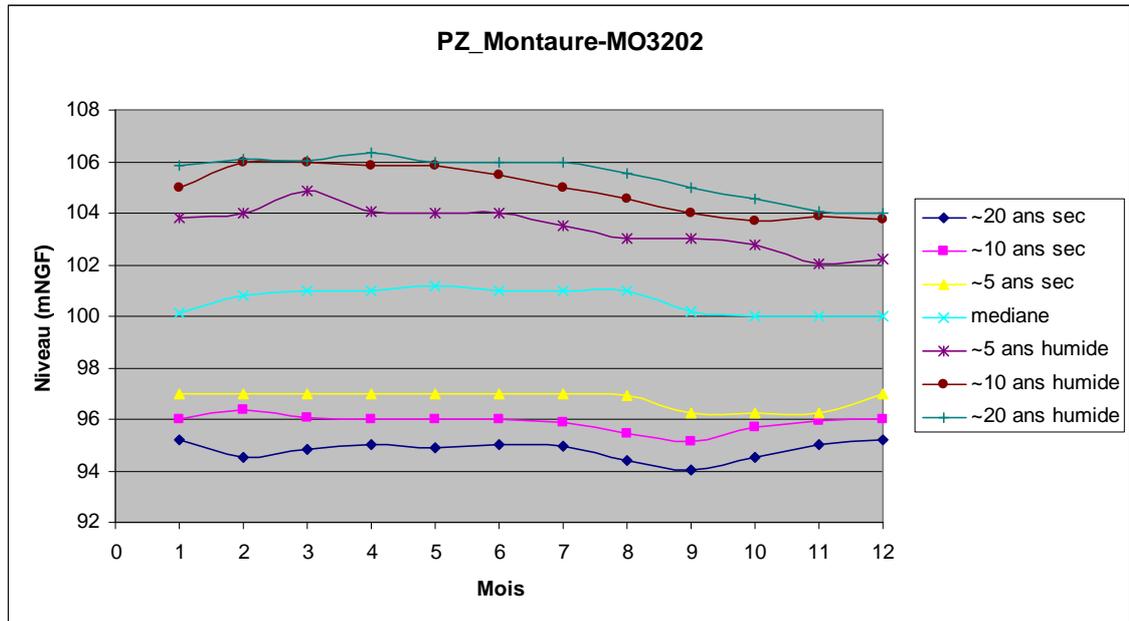


Illustration 74 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Montaure

3. LE PIEZOMETRE BOIS D'ENNEBOURG

La chronique de relevés des niveaux du piézomètre Bois d'Ennebourg démarre le 31/01/1968. La fréquence est mensuelle jusqu'au 26/02/2007 et journalière à partir de cette date. Quelques absences de mesures sont observées de 27/02/2008 au 10/04/2008.

3.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre de Bois d'Ennebourg

Le niveau repère est à 151.5m. L'ouvrage atteint 63.43m de profondeur et l'eau se situe entre 41.96 et 56.82m par rapport au sol soit à une cote évoluant de 109.54 à 94.68m (NGF). L'amplitude des niveaux est relativement importante : 14.86m. Son cycle est annuel.

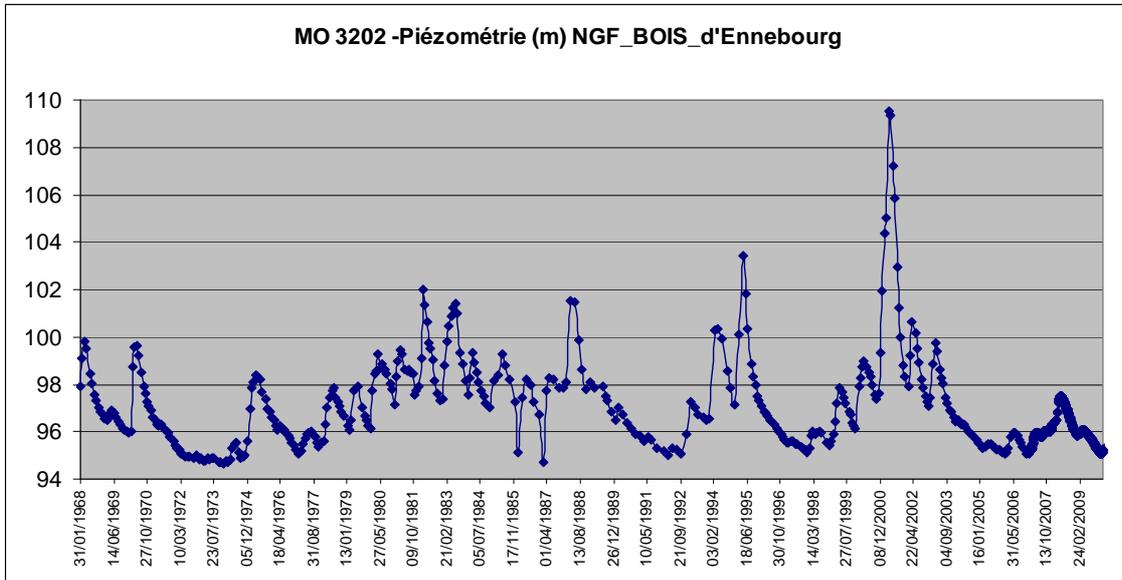


Illustration 75 : Chronique des niveaux du piézomètre Bois d'Ennebourg

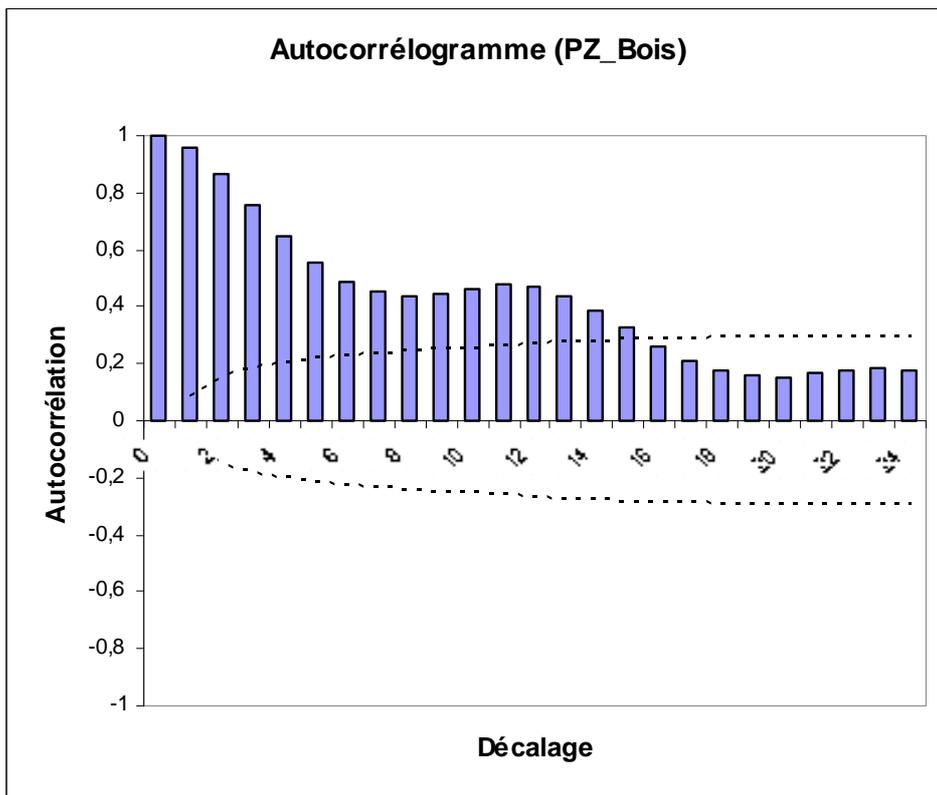


Illustration 76 : Autocorrélogramme du piézomètre Bois d'Ennebourg (décalage en mois)

Les données sont bien corrélées entre elles de trois mois (0.8) à cinq mois (0.6).

3.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre Bois d'Ennebourg

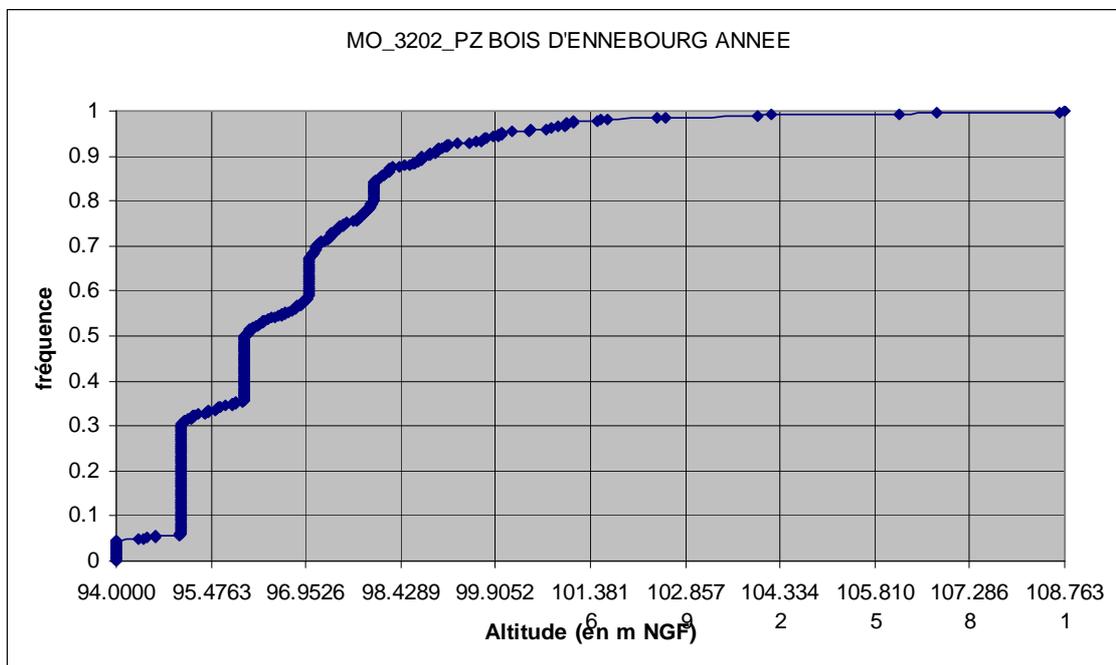


Illustration 77 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Bois d'Ennebourg

L'effet d'escalier de la courbe d'analyse fréquentielle est lié à la fréquence mensuelle des mesures jusqu'en 2007.

3.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre Bois d'Ennebourg

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
ngf aout trié	94.61	95.00	95.00	96.13	98.00	98.21	98.49
ngf avril trié	94.99	95.00	95.00	96.96	98.86	100.01	101.00
ngf dec trié	95.00	95.00	95.00	96.00	97.06	97.48	97.54
ngf fev trié	95.00	95.00	95.00	96.00	98.06	99.59	99.88
ngf janv trié	94.44	95.00	95.00	96.00	97.81	97.96	98.26
ngf juil trié	95.00	95.00	95.00	97.00	98.04	98.97	99.16
ngf juin trié	95.00	95.00	95.00	97.00	98.74	99.06	100.43
ngf mai trié	95.00	95.00	95.00	97.00	98.66	99.95	100.98
ngf mars trié	95.00	95.00	95.00	96.63	98.74	100.00	101.11
ngf nov trié	94.99	95.00	95.00	96.00	97.00	97.18	97.31
ngf oct trié	94.48	95.00	95.00	96.00	97.00	97.48	97.94
ngf sept trié	94.01	95.00	95.00	96.00	97.31	97.98	98.00

Illustration 78 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Bois d'Ennebourg

Les séries sèches sont pratiquement plates et celles des 10 et 5 ans sont confondues à la cote 95m. Les niveaux sont compris entre 94 et 95m pour les 20 ans avec des étiages en septembre-octobre et en janvier.

Les valeurs de la médiane se situent de 96 à 97m avec des niveaux les plus bas de décembre à février.

Concernant les séries humides, les extrêmes vont de 97 à 98.86m (5 ans), de 97.18 à 100.01m (10 ans) et de 97.31 à 101.11m (20 ans) avec les étiages d'octobre à décembre.

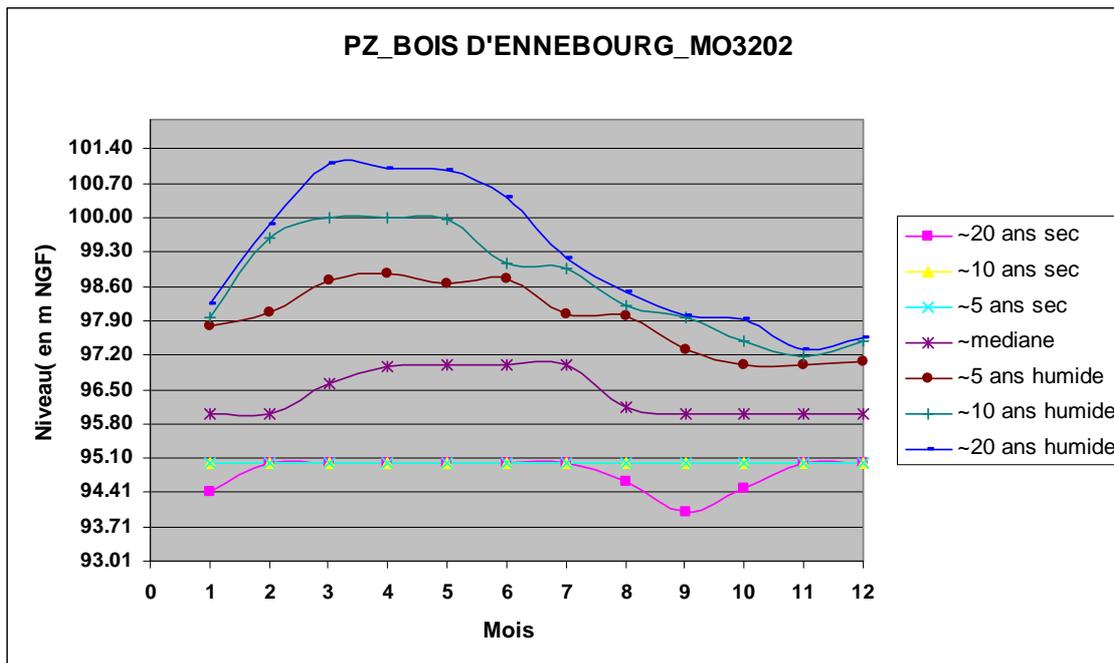


Illustration 79 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Bois d'Ennebourg

4. LE PIEZOMETRE LES TROIS PIERRES

La chronique de relevés des niveaux sur le piézomètre les Trois pierres débute le 24/10/1969. La fréquence est mensuelle jusqu'au 19/09/1984, puis tous les deux mois jusqu'au 09/09/1997 et journalières depuis cette date. Une lacune de mesures existe du 18/02/2003 au 18/04/2003.

4.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre des Trois Pierres

Le niveau repère est à 113.10m, l'ouvrage atteint 93.53m de profondeur et l'eau se situe entre 70.80 et 85.39m par rapport au sol, soit à une cote évoluant de 42.30 à 27.71m (NGF). L'amplitude des niveaux est relativement importante, 14.59m. Son cycle est pluri annuel avec une influence annuelle.

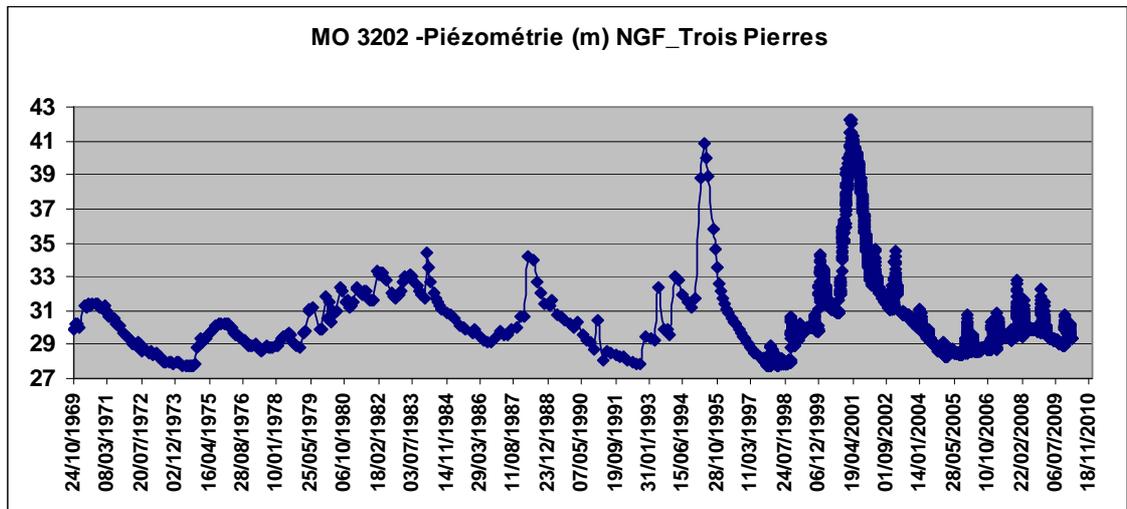


Illustration 80 : Chronique des niveaux du piézomètre Les Trois Pierres

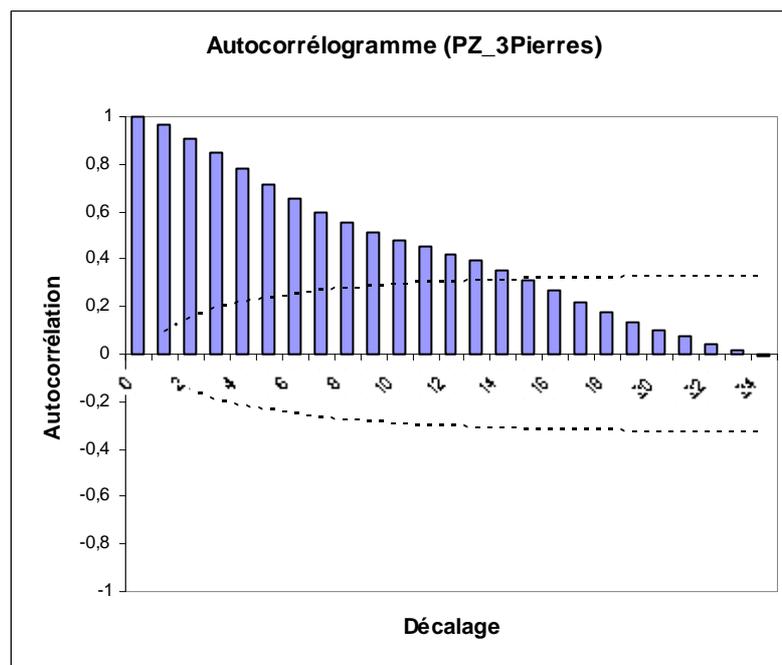


Illustration 81 : Autocorrélogramme du piézomètre Les Trois Pierres (décalage en mois)

Les données sont corrélées entre elles entre 4 mois (0.8) et 6 mois (0.6).

4.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre Les Trois Pierres

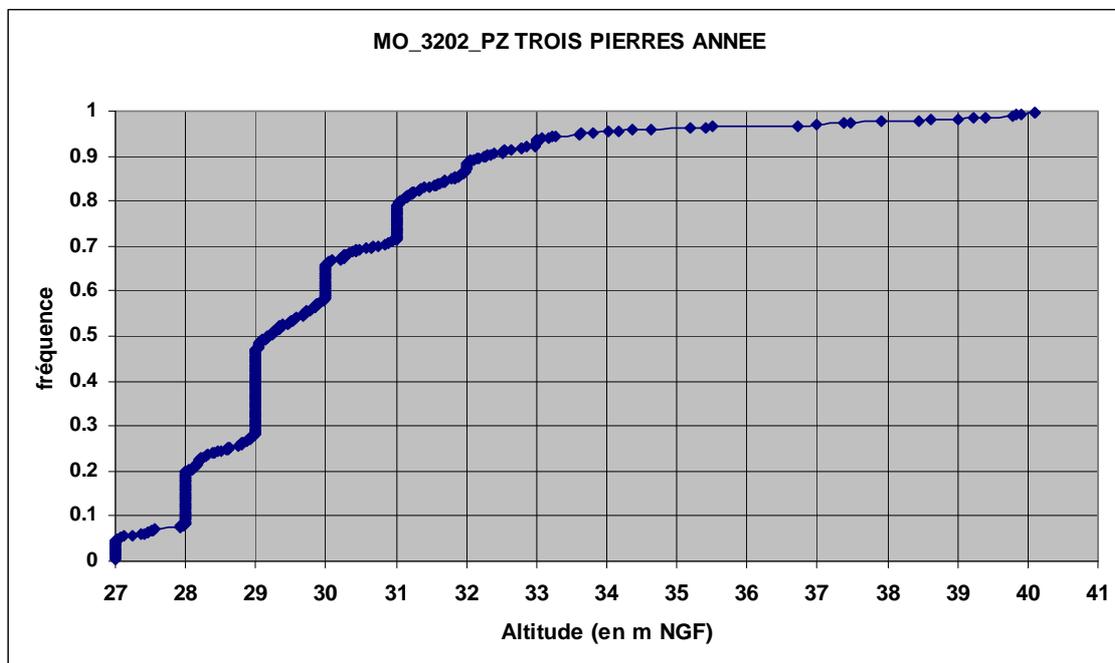


Illustration 82 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Les Trois Pierres

L'effet d'escalier de la répartition des données est lié à la fréquence des mesures qui est mensuelle (ou tous les 2 mois) durant une longue période.

4.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre Les Trois Pierres

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
ngf janv trié	28.0	28.0	28.6	29.5	31.9	32.6	33.0
ngf fev trié	28.0	28.0	28.8	29.3	32.4	33.1	33.6
ngf mars trié	27.9	28.0	28.3	29.5	32.5	33.0	33.8
ngf avril trié	27.4	28.0	28.0	29.4	32.0	33.0	33.6
ngf mai trié	27.1	28.0	28.0	29.1	31.7	33.0	33.2
ngf juin trié	27.5	28.0	28.0	29.3	31.3	32.5	33.0
ngf juil trié	27.0	28.0	28.0	29.9	31.0	32.1	32.1
ngf aout trié	27.0	28.0	28.0	29.3	31.0	32.0	32.0
ngf sept trié	27.1	28.0	28.0	29.0	31.0	31.8	32.0
ngf oct trié	27.5	28.0	28.0	29.0	31.0	31.3	31.9
ngf nov trié	28.0	28.0	28.2	29.1	31.0	31.2	32.2
ngf dec trié	28.0	28.0	28.8	29.7	31.0	31.4	31.8

Illustration 83 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Les Trois Pierres

Les séries sèches ont des valeurs communes pour certains mois de l'année, pour les 20 et 10 ans secs, de janvier à mars et de novembre à décembre et pour les 10 et 5 ans secs, de d'avril à octobre. Les amplitudes sont faibles ou nulles. Les extrêmes sont situés entre 27 et 28m (20 ans secs), stables à 28m (10 ans secs), et entre 28 et 28.8m (5 ans secs). Ceci est vraisemblablement à mettre en relation avec la fréquence des mesures. Les étiages se situent à des périodes inattendues, en mai, juillet et aout.

Les valeurs médianes se situent entre 29 et 29.9m avec la période d'étiage en septembre-octobre et au mois de mai.

Concernant les périodes humides, les extrêmes se situent de 31 à 32.5m (5 ans), de 31.2 et 33.1m (10 ans) et de 31.8 à 33.8m (20 ans). Les valeurs les plus basses sont respectivement de septembre à novembre (5 ans), d'octobre à décembre (10 ans) et en décembre et de septembre à octobre.

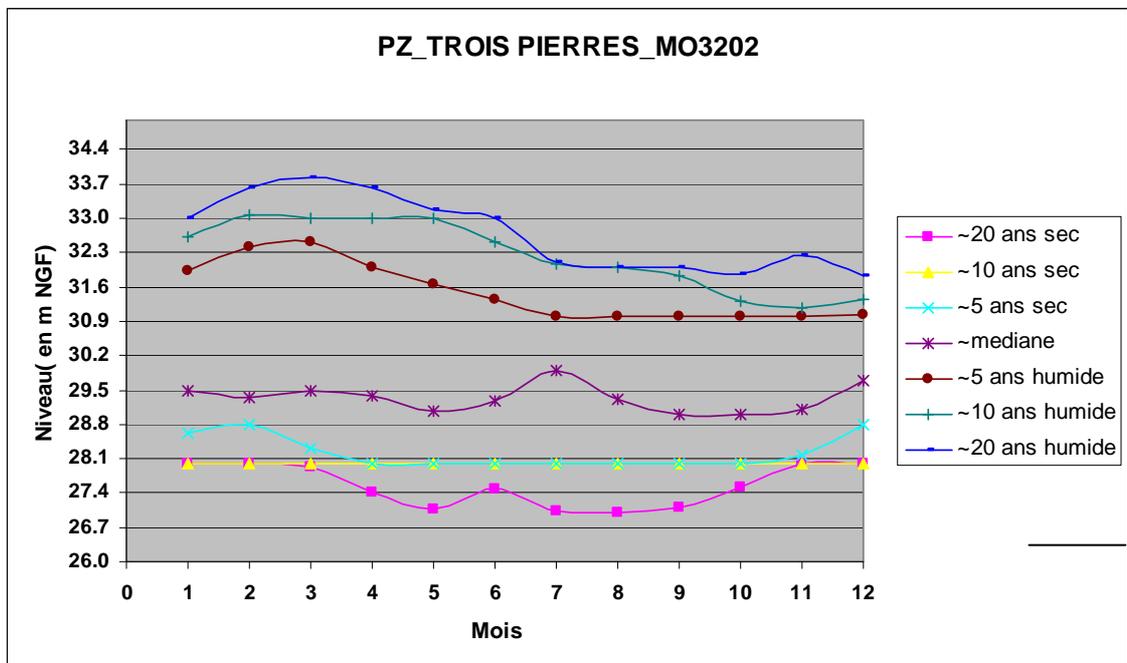


Illustration 84 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Les Trois Pierres

5. LE PIEZOMETRE ROCQUEMONT

La chronique de relevé des niveaux du piézomètre Rocquemont démarre le 26/01/1968. La fréquence est hebdomadaire jusqu'au 30/12/1981, mensuelle jusqu'à 31/12/1985, plus fréquente mais irrégulière jusqu'au 29/12/1988, tous les deux mois jusqu'au 15/12/1995, tous les mois jusqu'au 06/12/2005 et journalière à partir de cette date. Il manque l'essentiel des données en avril et mai 2006 et du 15/10/2009 au 15/12/2009.

5.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre de Rocquemont

Le niveau repère est à 175.95m, l'ouvrage atteint 46.65m de profondeur et l'eau se situe entre 14.82 et 44.13m par rapport au sol, soit à une cote évoluant entre 161.13 et 131.82m(NGF). L'amplitude des niveaux est importante : 29.31m. Son cycle est pluri annuel avec une influence annuelle.

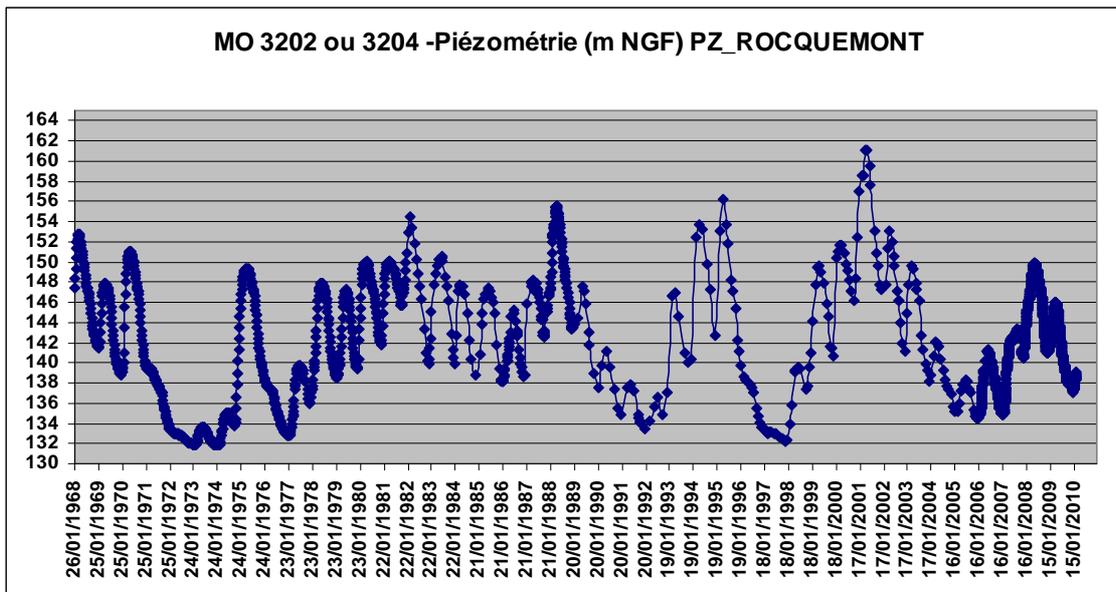


Illustration 85 : Chronique des niveaux du piézomètre Rocquemont

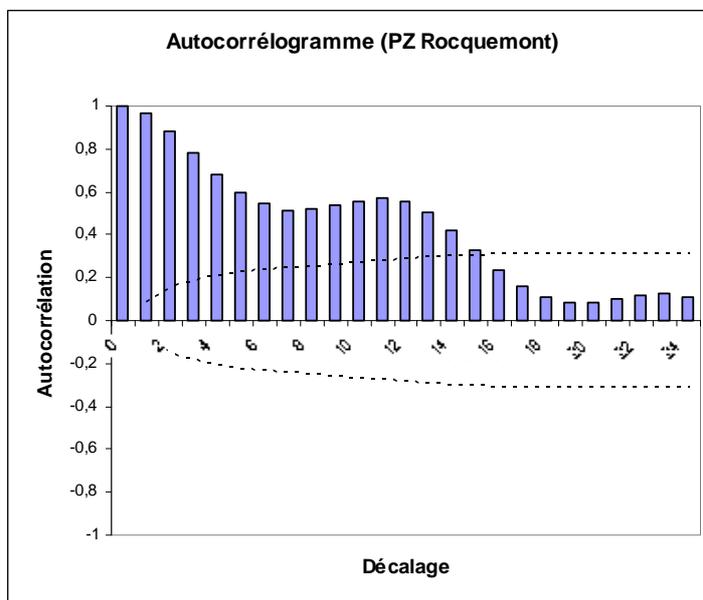


Illustration 86 : Autocorrélogramme du piézomètre Rocquemont (décalage en mois)

Les mesures de niveau dans le piézomètre Rocquemont sont bien corrélées entre elles sur 3 (0.8) à 6 mois(0.6).

5.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre Rocquemont

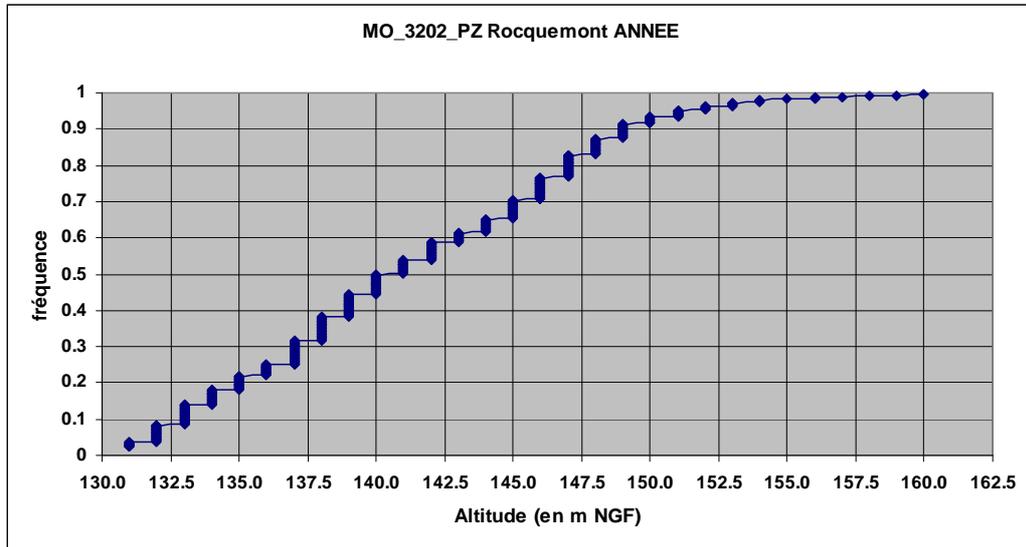


Illustration 87 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Rocquemont

L'aspect en escalier est lié à la fréquence des mesures.

5.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre Rocquemont

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
ngf janv trié	132.0	133.0	134.0	139.0	145.0	147.0	149.0
ngf fev trié	132.0	133.0	135.0	141.0	147.0	150.0	151.0
ngf mars trié	133.0	133.0	136.0	144.0	148.0	152.0	153.0
ngf avril trié	133.0	134.0	137.0	145.0	149.0	152.0	154.0
ngf mai trié	133.0	134.0	137.0	146.0	149.0	151.0	154.0
ngf juin trié	133.0	135.0	137.0	146.0	149.0	150.0	152.0
ngf juil trié	133.0	135.0	137.0	145.0	148.0	149.0	150.0
ngf aout trié	132.0	134.0	137.0	142.0	147.0	148.0	148.0
ngf sept trié	132.0	133.0	136.0	141.0	145.0	146.0	147.0
ngf oct trié	132.0	133.0	135.0	140.0	143.0	145.0	146.0
ngf nov trié	132.0	133.0	135.0	139.0	142.0	144.0	146.0
ngf dec trié	132.0	133.0	134.0	138.0	141.0	143.0	147.0

Illustration 88 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Rocquemont

Les courbes sont distinctes les unes des autres, excepté un point commun au mois de mars pour les 20 et 10 ans secs.

Pour les séries sèches, les extrêmes vont de 132 à 133m (20 ans) avec les mois les plus bas en janvier, février et aout, 133 à 135m (10 ans) avec les niveaux les plus bas

en janvier-février et septembre et de 134 à 137m (5 ans secs) avec l'étiage entre décembre et février.

La médiane se situe entre 138 et 146m avec la période la plus sèche de novembre à janvier.

Concernant les séries humides, les extrêmes se situent entre 141 et 149m (5 ans), 143 et 152m (10 ans), 146 et 154m (20 ans) avec la période d'étiage commune d'octobre à décembre.

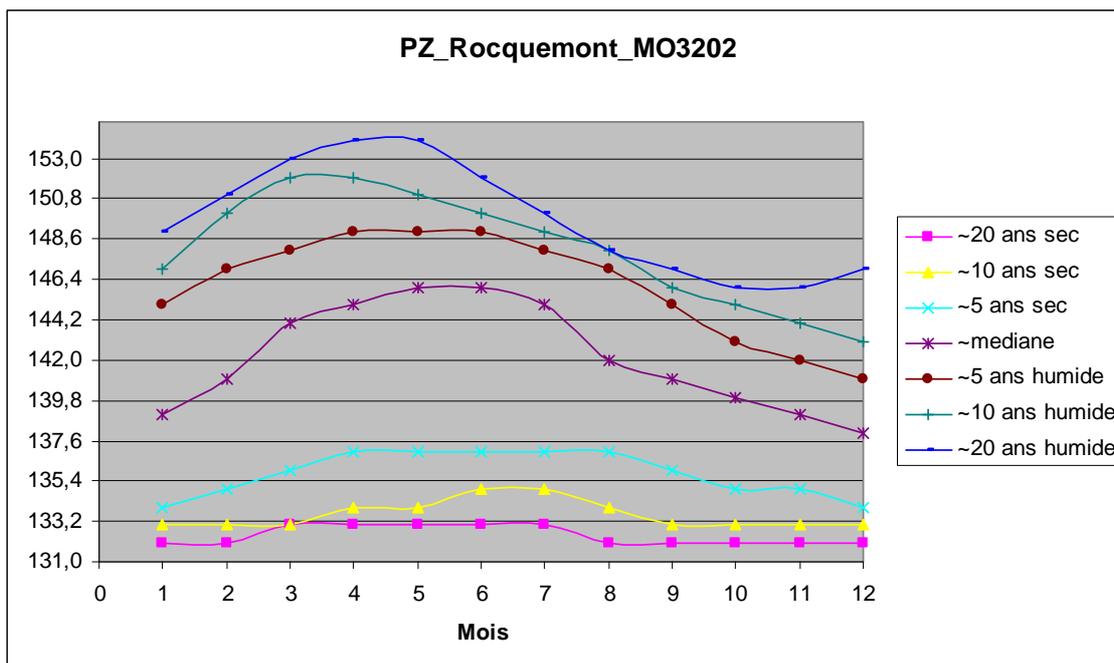


Illustration 89 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Rocquemont

6. LE PIEZOMETRE LA VAUPALIERE

La chronique de relevé des niveaux du piézomètre La Vaupalière démarre le 29/01/1968. La fréquence est mensuelle jusqu'au 13/11/1984, puis tous les deux mois jusqu'au 19/04/1995, puis de nouveau mensuelle jusqu'au 03/10/1997, et journalière à partir de cette date jusqu'au 16/04/2008 où le relevé redevient mensuel jusqu'au 19/10/2009, puis les relevés sont, de nouveau journaliers. Il existe quelques mesures manquantes du 09/01/2001 au 20/04/2001, du 15/01/2002 au 02/04/2002, du 03/07/2002 au 09/10/2002, au mois de mai 2005, du 30/01/2008 au 16/04/2008.

6.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre de La Vaupalière

Le niveau repère est à 115.25m, l'ouvrage atteint 97.95m de profondeur et l'eau se situe entre 82.32 et 91.05m par rapport au sol, soit à une cote évoluant de 32.93 à

24.2m (NGF). L'amplitude des niveaux est de 8.73m maximum. Le cycle est pluri annuel.

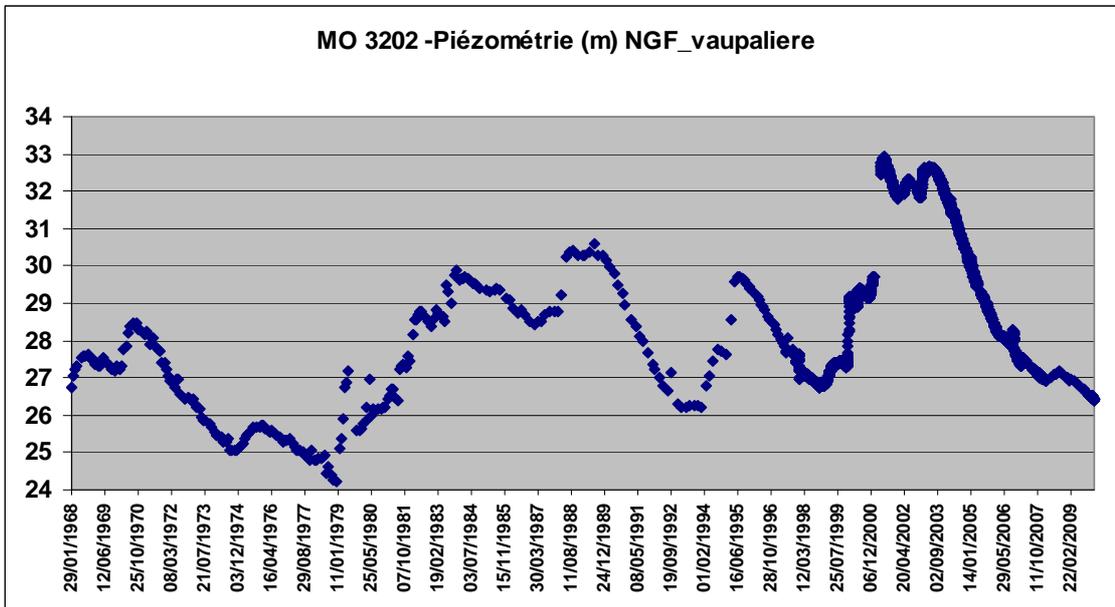


Illustration 90 : Chronique des niveaux du piézomètre La Vaupalière

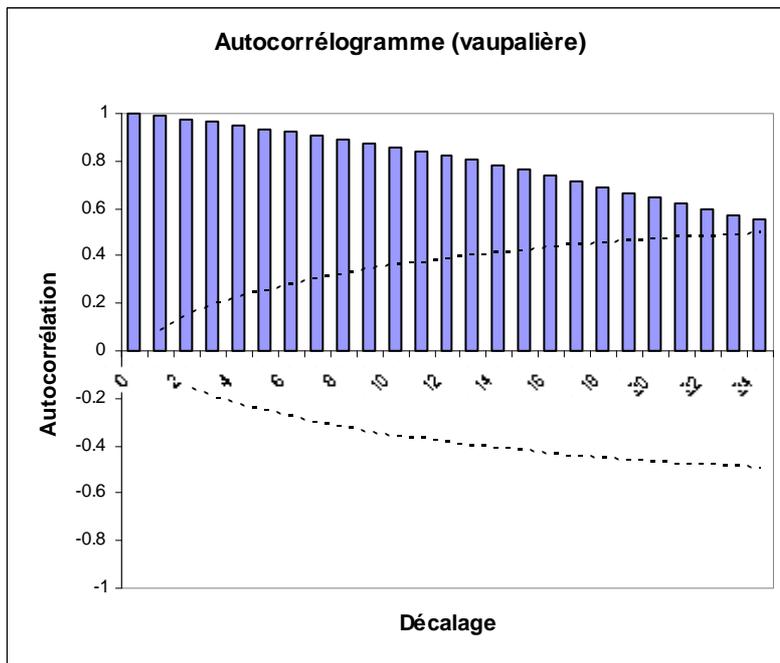


Illustration 91 : Autocorrélogramme du piézomètre La Vaupalière (décalage en mois)

Les données sont corrélées entre elles sur une longue période, de un an (0.8) à 20 mois (0.6).

6.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre la Vaupalière

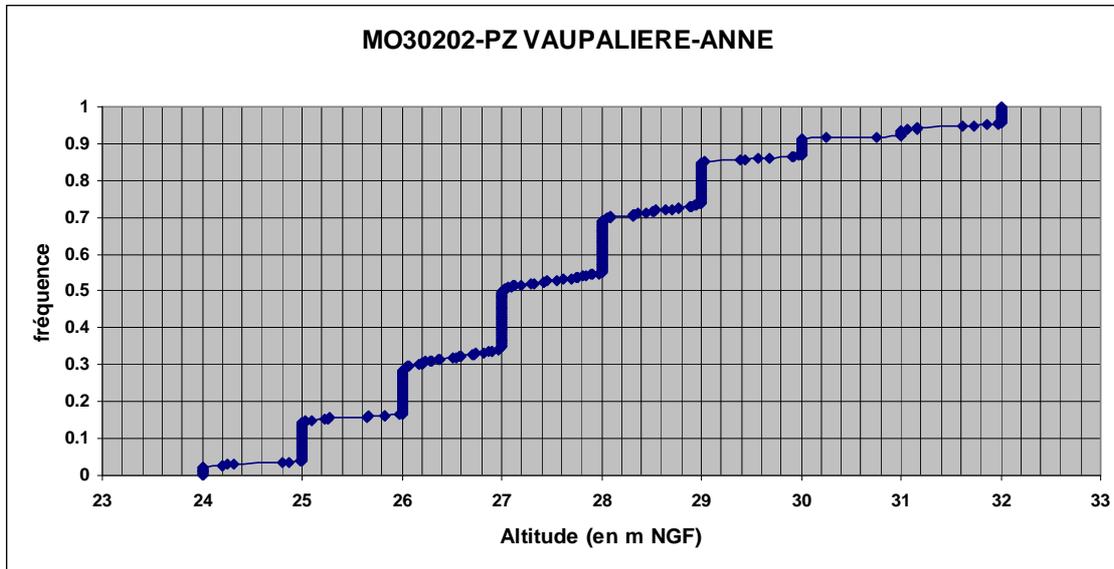


Illustration 92 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre La Vaupalière

L'effet d'escalier de la courbe est du à la fréquence des mesures mensuelles durant une longue période.

6.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre La Vaupalière

mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
janv ngf trie	25.00	25.00	26.00	27.42	29.00	29.93	31.00
fev ngf trie	25.00	25.00	26.00	27.90	29.00	30.00	31.00
mars ngf trie	25.00	25.00	26.00	27.70	29.00	30.00	31.00
avril ngf trie	25.00	25.00	26.00	27.04	29.00	30.00	31.87
mai ngf trie	25.00	25.00	26.00	27.45	29.00	30.00	32.00
juin ngf trie	25.00	25.00	26.00	27.42	29.00	30.00	32.00
juillet ngf trie	25.00	25.00	26.00	27.02	29.00	30.00	32.00
aout ngf trie	25.00	25.00	26.00	27.00	29.00	30.00	32.00
sept ngf trie	25.00	25.00	26.00	27.00	29.00	30.00	32.00
oct ngf trie	25.00	25.00	26.00	27.00	29.00	30.00	31.97
nov ngf trie	25.00	25.00	26.00	27.00	29.00	30.00	31.17
dec ngf trie	25.00	25.00	26.00	27.03	29.00	30.00	31.06

Illustration 93 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre La Vaupalière

Ce qui est remarquable, c'est l'absence de variation mensuelle sur la majorité des courbes qui sont distinctes les unes des autres, exceptées pour les 20 et 10 ans secs

qui sont totalement confondues à la cote 25m. Les valeurs médianes évoluent de 27 à 27.9m.

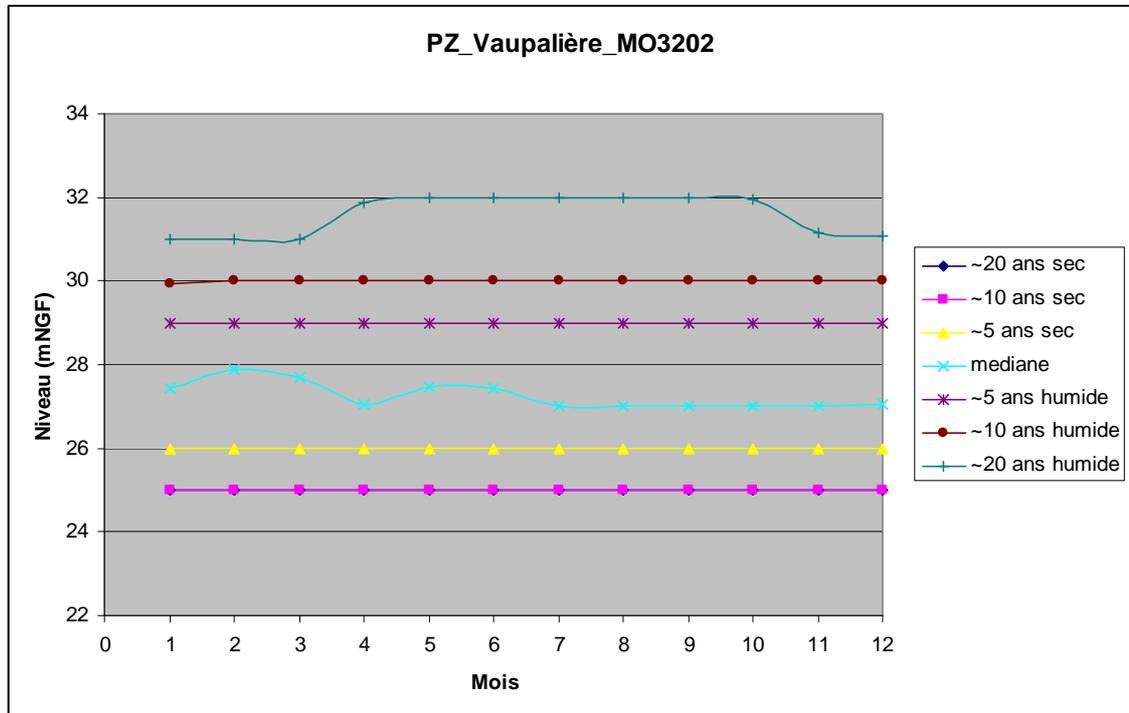


Illustration 94 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre La Vaupalière

7. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION LOUVIERS SUR L'EURE

Les données analysées sont celles de la rivière l'Eure à la station de Louviers (H9501010) sur une chronique de 35 années.

7.1. Distribution des débits et autocorrélogramme

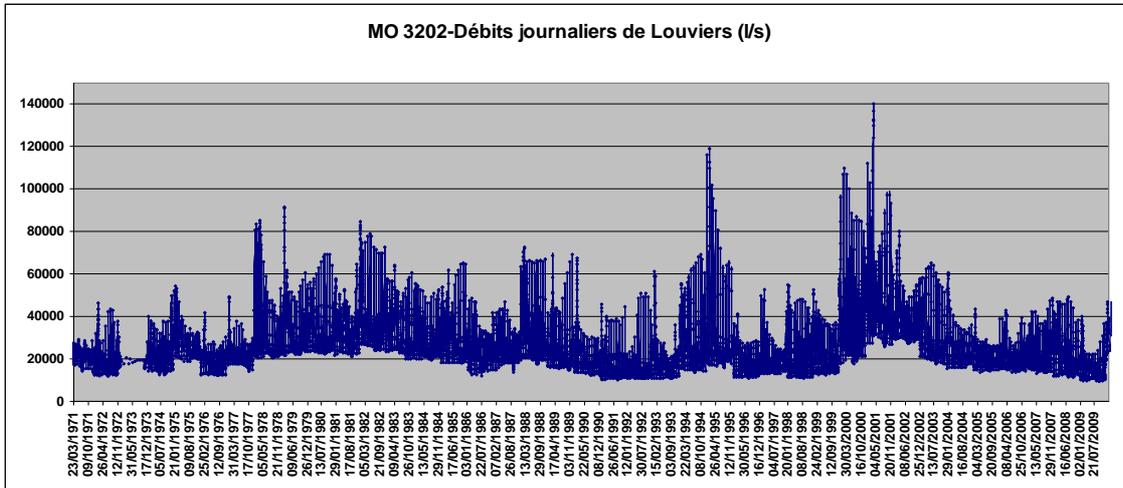


Illustration 95 : Chronique des débits à la station Louviers

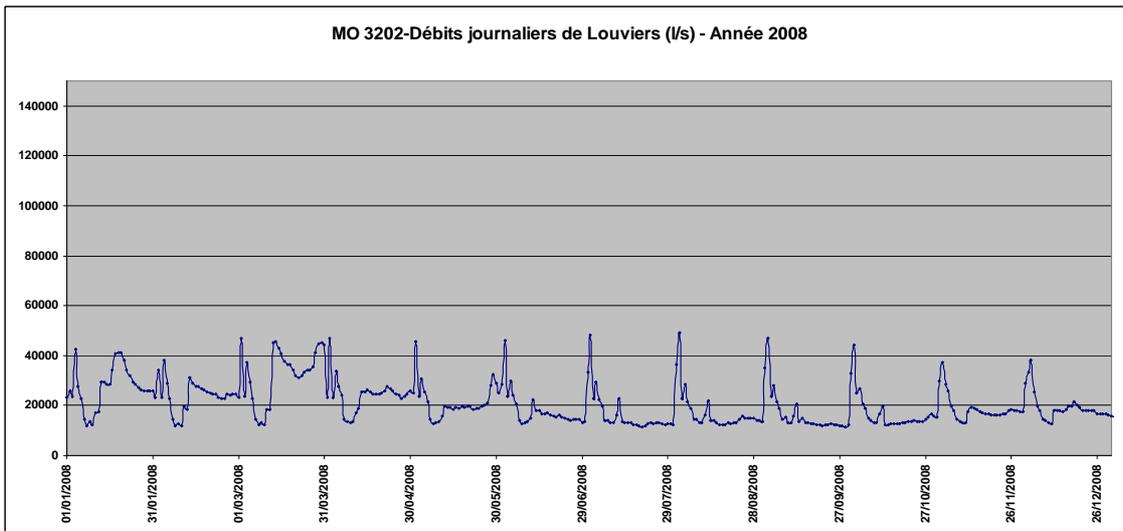


Illustration 96 : Zoom sur la chronique des débits à la station Louviers

Les relevés de niveaux sont particuliers, en effet, on observe des variations mensuelles avec chaque début de mois, une augmentation brusque des débits suivie d'une décroissance presque aussi rapide (lachers de barrage ?)

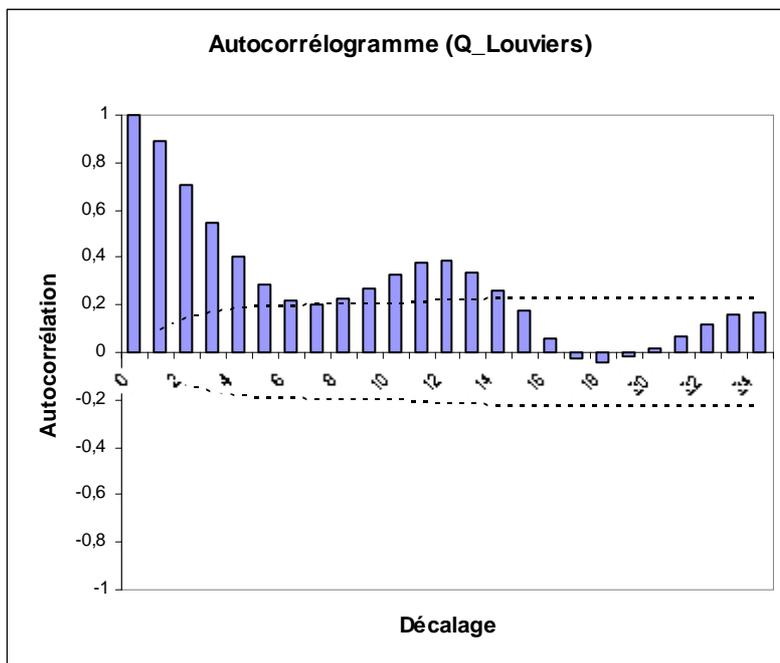


Illustration 97 : Autocorrélogramme des débits à la station Louviers (décalage en mois)

Les données sont corrélées entre elles de 2 mois (0.8) à 3 mois (0.8).

8. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE L'EURE A LA STATION LOUVIERS ET LES PIEZOMETRES DE LA MASSE D'EAU

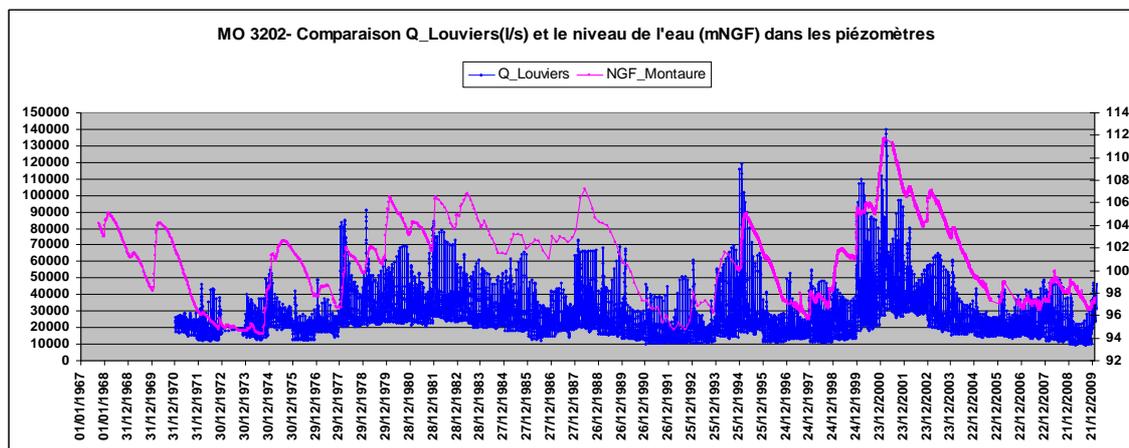


Illustration 98 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Montaire des débits à Louviers

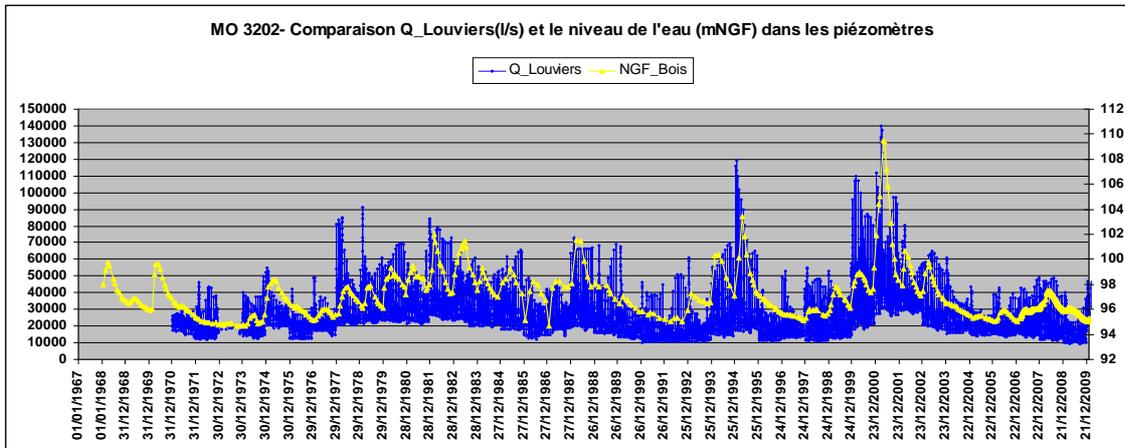


Illustration 99 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Bois d'Ennebourg et des débits à Louviers

8.1. Corrélogrammes croisés des moyennes mensuelles des débits et des niveaux

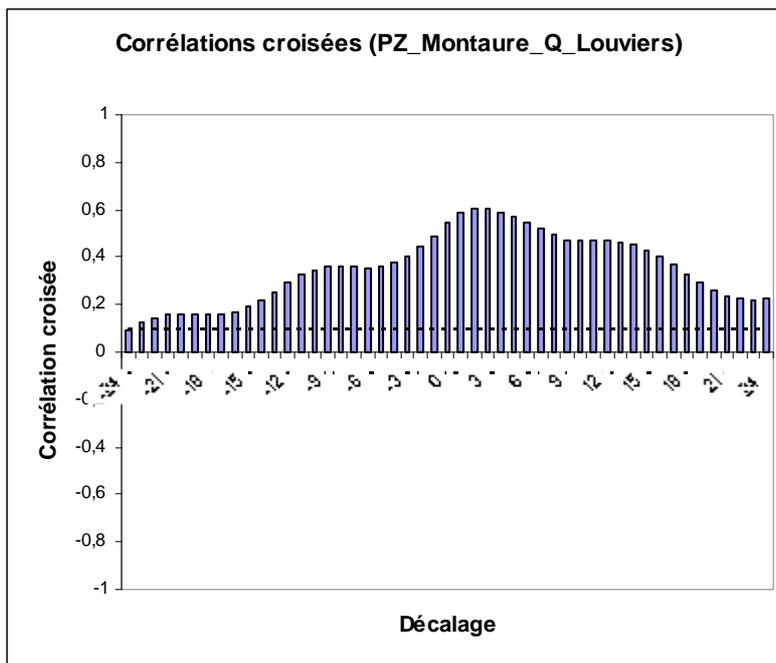


Illustration 100 : Corrélogramme croisé du débit à la station Louviers et des niveaux du piézomètre Montauze (décalage en mois)

Le piézomètre de Montauze est localisé sur le bassin versant de l'Eure et est proche de la station de jaugeage de Louviers, malgré tout, les corrélations ne dépassent pas 0.6.

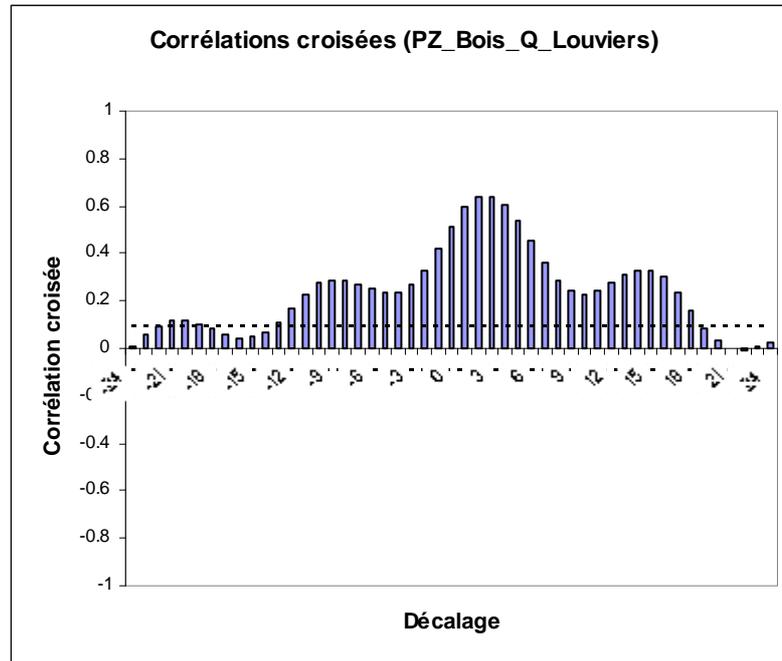


Illustration 101 : Corrélogramme croisé du débit à la station Louviers et des niveaux du piézomètre Bois d'Ennebourg (décalage en mois)

Le piézomètre Bois d'Ennebourg est situé de l'autre côté de la Seine, les corrélations sont également proches de 0.6.

Ces deux piézomètres sont retenus pour être testés comme indicateurs piézométriques, faute de mieux.

8.2. Relations entre le débit journalier minimal annuel de l'Eure à Louviers et le niveau moyen mensuel des piézomètres Montaure et Bois d'Ennebourg pour la même année

Avec le piézomètre Montaure

Mois	Coefficient de détermination R2	Ordre décroissant
avril	0.6424	1
août	0.6303	2
juillet	0.6294	3
mai	0.6267	4
octobre	0.6212	5
juin	0.6162	6

mars	0.6159	7
septembre	0.6039	8
novembre	0.5996	9
février	0.5683	10
décembre	0.5463	11
janvier	0.4925	12

Illustration 102 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

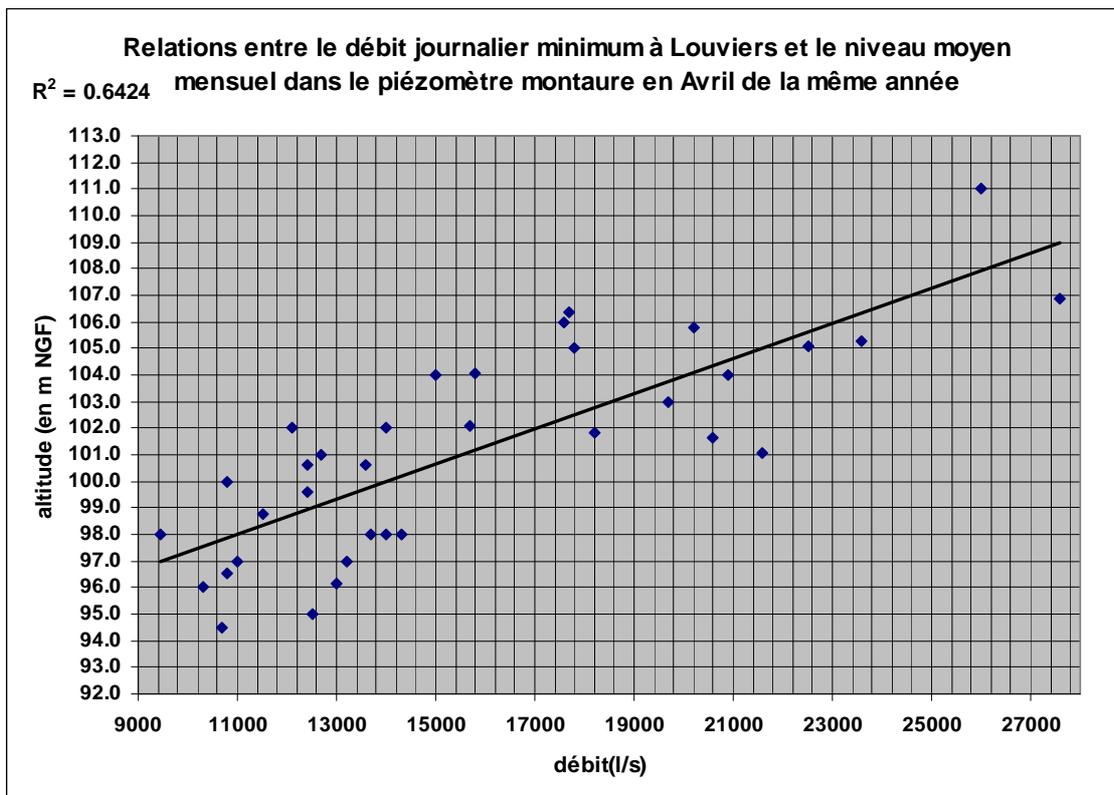


Illustration 103 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Louviers et le niveau moyen mensuel du piézomètre Montaire pour le mois d'avril de la même année

Pour le prévisionnel avant l'étiage dans la rivière, les mois de mars à juin peuvent être utilisés et le tableau ci-dessous présente les niveaux repères (cotes piézométriques) pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique.

Département	Rivières	Station suivie	Piézomètre	MO	Mois de réf	coef R2	Seuil de vigilance (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m ³ /s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
27	Eure	Louviers	Montaure	3202	avril	0.64	16	101.3	13	99.35	11.4	98.3	10.4	97.6	13	99.35	9.39	96.95
27	Eure	Louviers	Montaure	3202	mai	0.63	16	101.3	13	99.35	11.4	98.3	10.4	97.6	13	99.35	9.39	97
27	Eure	Louviers	Montaure	3202	juin	0.62	16	101.1	13	99.2	11.4	98.2	10.4	97.5	13	99.2	9.39	96.9
27	Eure	Louviers	Montaure	3202	mars	0.62	16	101.3	13	99.35	11.4	98.2	10.4	97.6	13	99.35	9.39	96.95

Illustration 104 : Cotes piézométriques correspondant aux seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les mois de début d'année dont le coefficient de corrélation est supérieur à 0.6

Avec le piézomètre Bois d'Ennebourg

Mois	Coefficient détermination R²	Ordre décroissant
août	0.5508	1
novembre	0.5066	2
octobre	0.5037	3
juillet	0.5012	4
septembre	0.4954	5
juin	0.4746	6
mars	0.4604	7
avril	0.4542	8
mai	0.4507	9
décembre	0.4096	10
février	0.4087	11
janvier	0.3934	12

Illustration 105 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R²

Aucune bonne corrélation malgré des niveaux de piézomètre bien calés sur le débit de la rivière.

8.3. Relations entre le niveau journalier le plus haut des piézomètres (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Louviers (année civile)

Avec le piézomètre Montaure

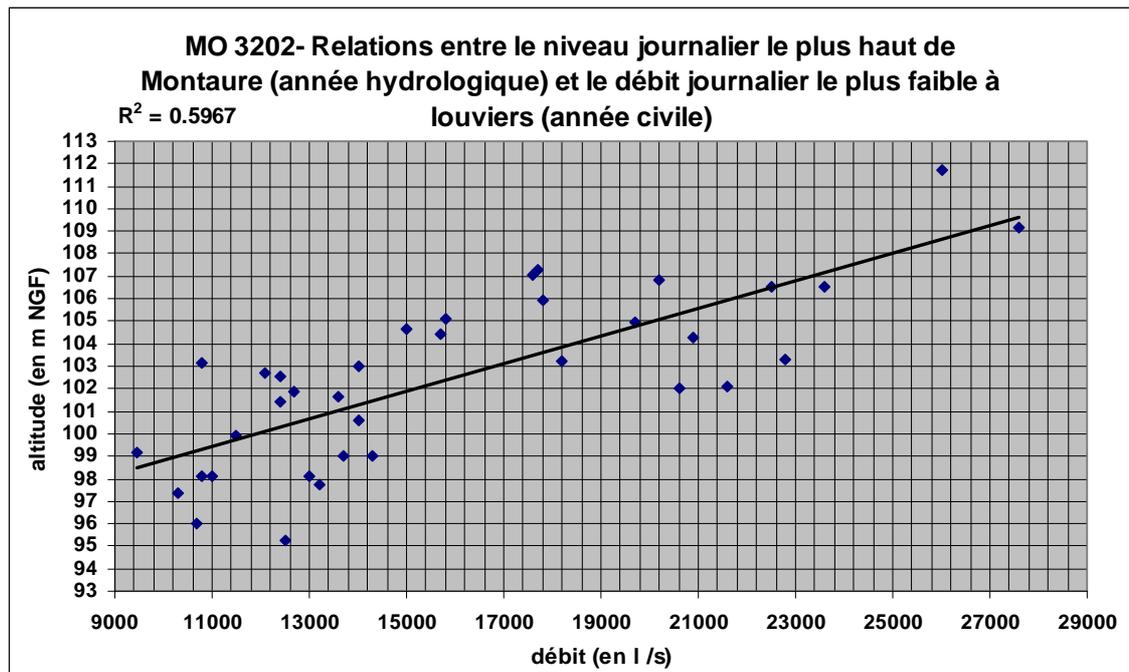


Illustration 106 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Montaure (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Louviers (année civile)

Ce graphique peut permettre, également, de définir des niveaux repères pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique. Exemple, avec cette approche, avec la probabilité de 60 %, si le niveau dans le piézomètre est en-dessous de 100.7m, le QMNA5 (13 m³/s) sera atteint à l'étiage.

Avec le piézomètre Bois d'Ennebourg

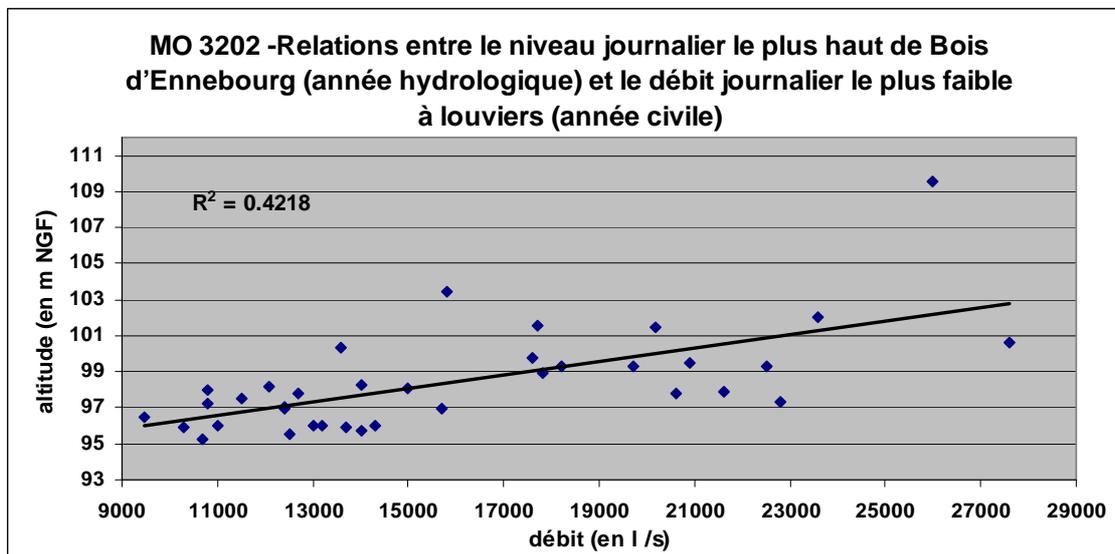


Illustration 107 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Bois d'Ennebourg (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Louviers (année civile)

La probabilité est trop faible pour être significative.

9. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION NOTRE DAME DE BONDEVILLE SUR LE CAILLY

Les données analysées sont celles de la rivière le Cailly à la station de jaugeage de Notre Dame de Bondeville (H9913020) sur une chronique de suivi de 30 années.

9.1. Distribution des débits et autocorrélogramme

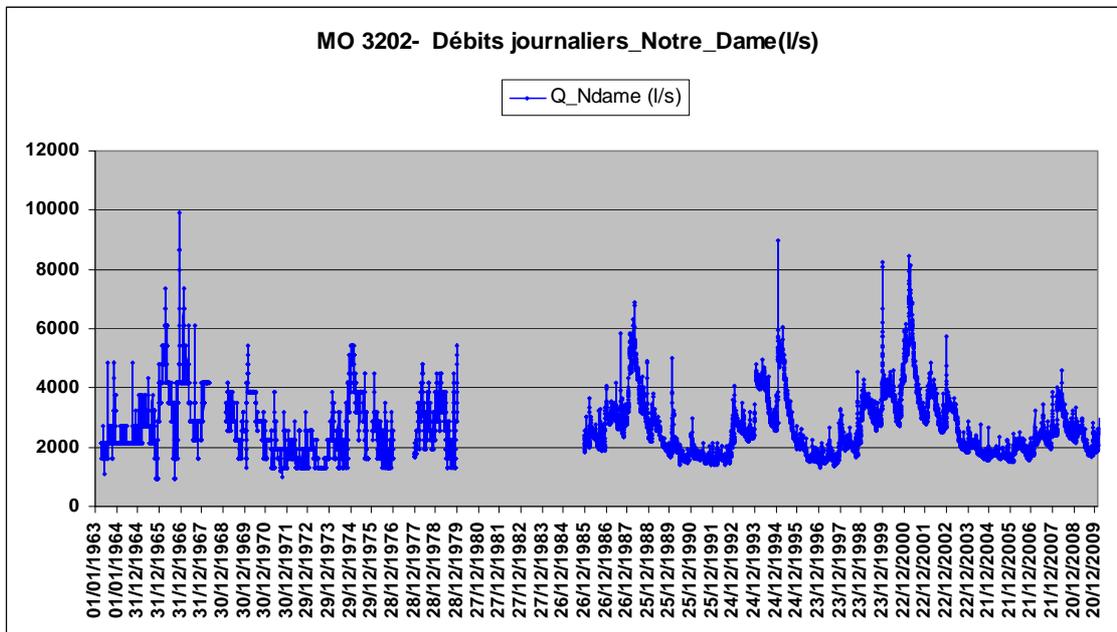


Illustration 108 : Chronique des débits à la station Notre Dame de Bondeville

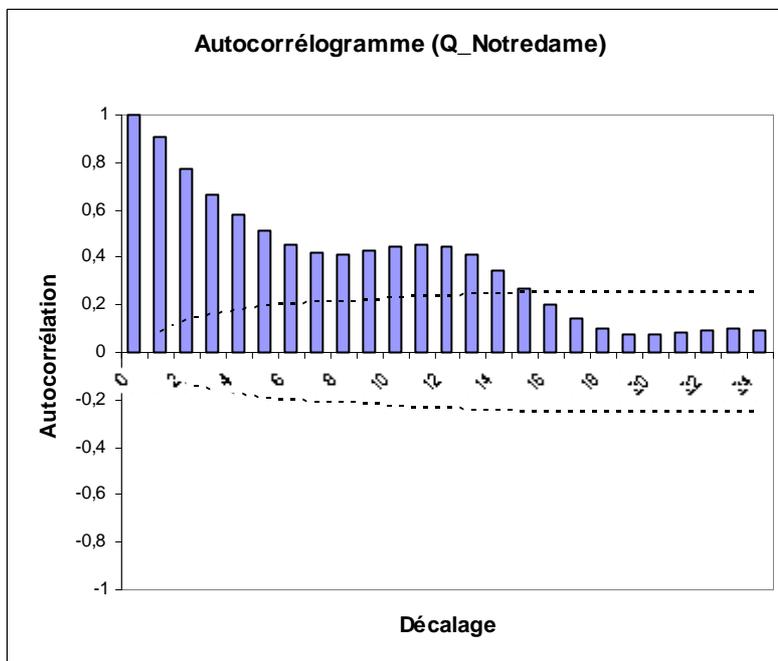


Illustration 109 : Autocorrélogramme des débits à la station Notre Dame de Bondeville (décalage en mois)

Les données sont corrélées entre elles entre 2 mois (0.8) à 4 mois (0.6).

10. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE LE CAILLY A LA STATION NOTRE DAME DE BONDEVILLE ET LES PIEZOMETRES DE LA MASSE D'EAU 3202

Les corrélations sont recherchées entre la rivière le Cailly à la station Notre Dame de Bondeville (H9913020) et les piézomètres de la masse d'eau 3202.

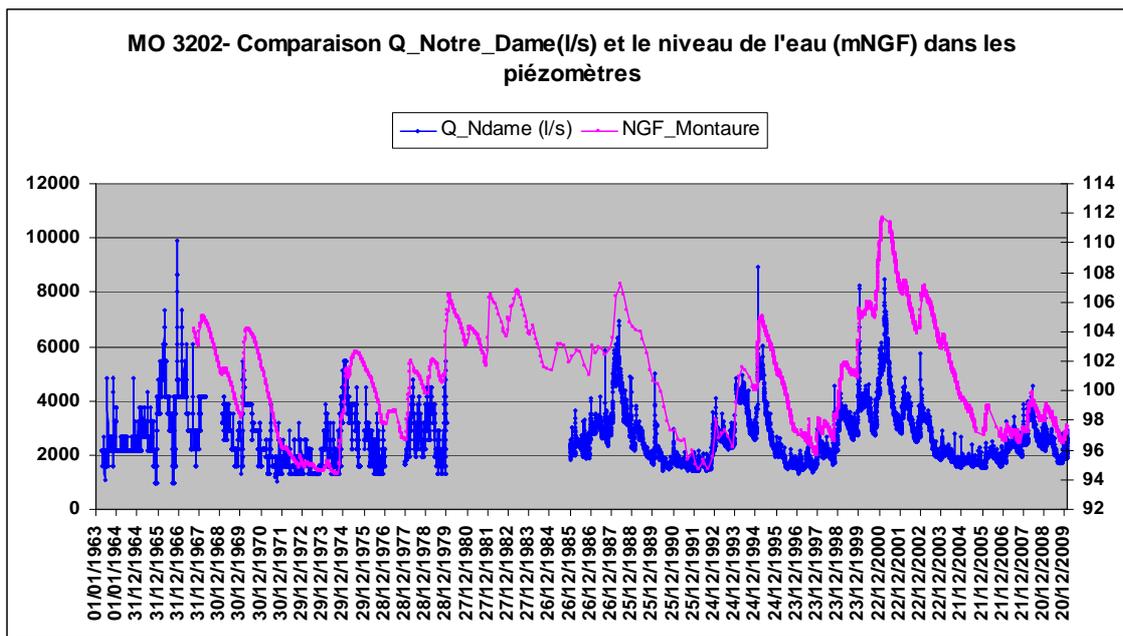


Illustration 110 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Montaure et des débits à Notre Dame de Bondeville

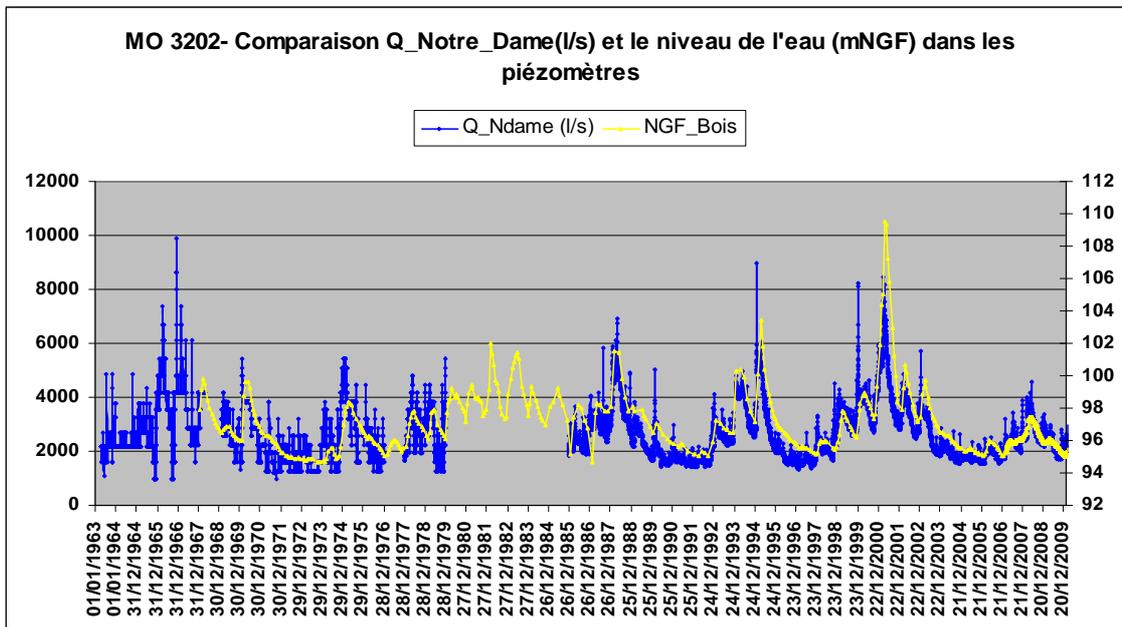


Illustration 111 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Bois d'Ennebourg et des débits à Notre Dame de Bondeville

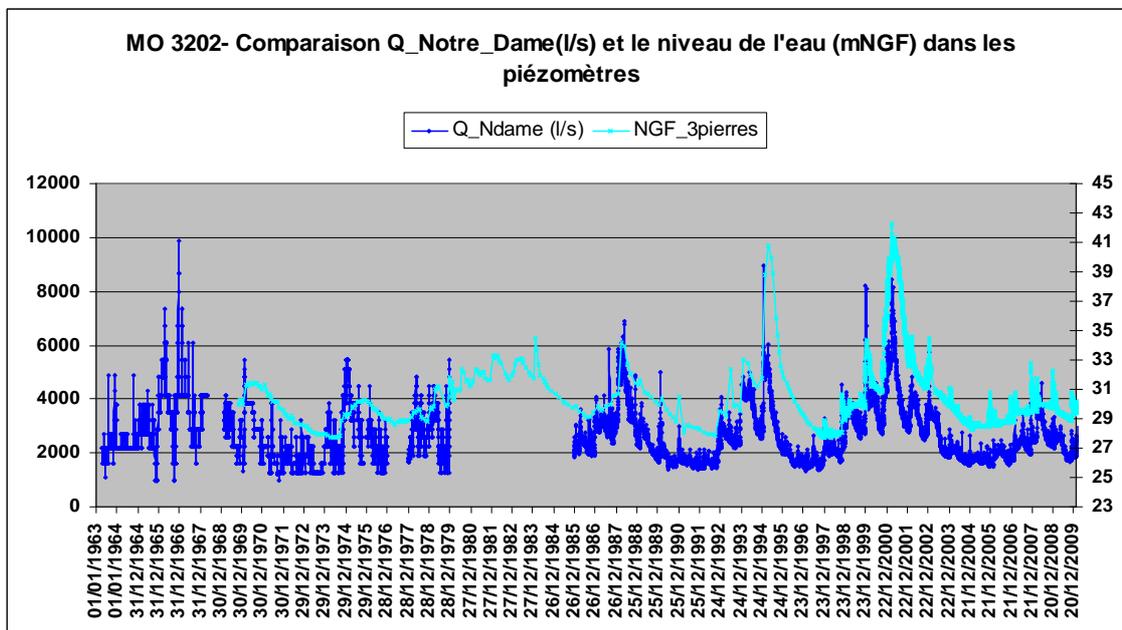


Illustration 112 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Les Trois Pierres et des débits à Notre Dame de Bondeville

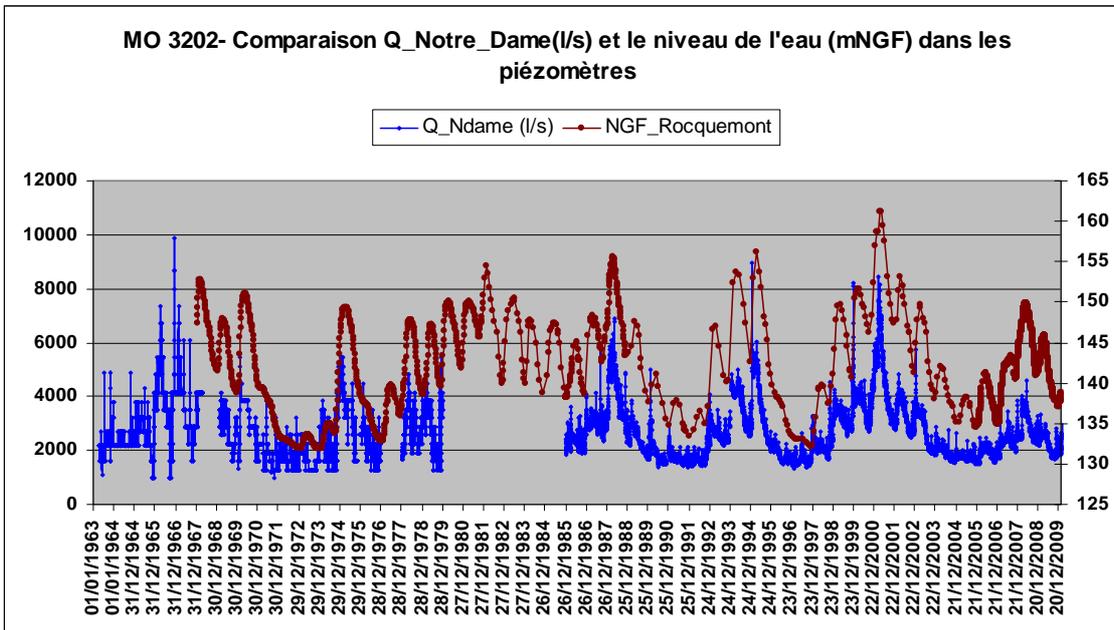


Illustration 113 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Rocquemont et des débits à Notre Dame de Bondeville

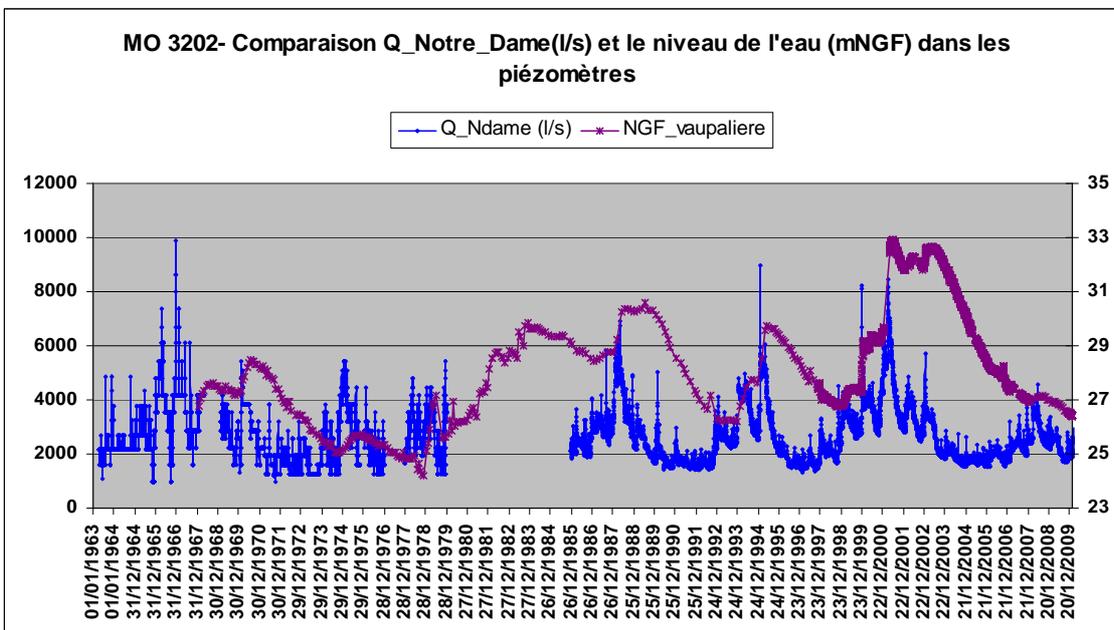


Illustration 114 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre La Vaupalière et des débits à Notre Dame de Bondeville

10.1. Corrélogrammes croisés des moyennes mensuelles des débits et des niveaux

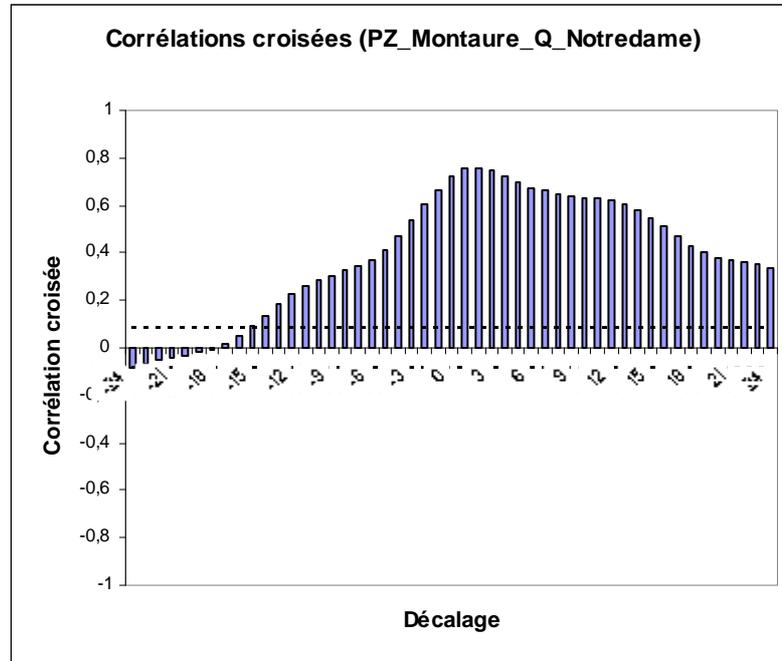


Illustration 115 : Corrélogramme croisé du débit à la station Notre Dame de Bondeville et des niveaux du piézomètre Montaure (décalage en mois)

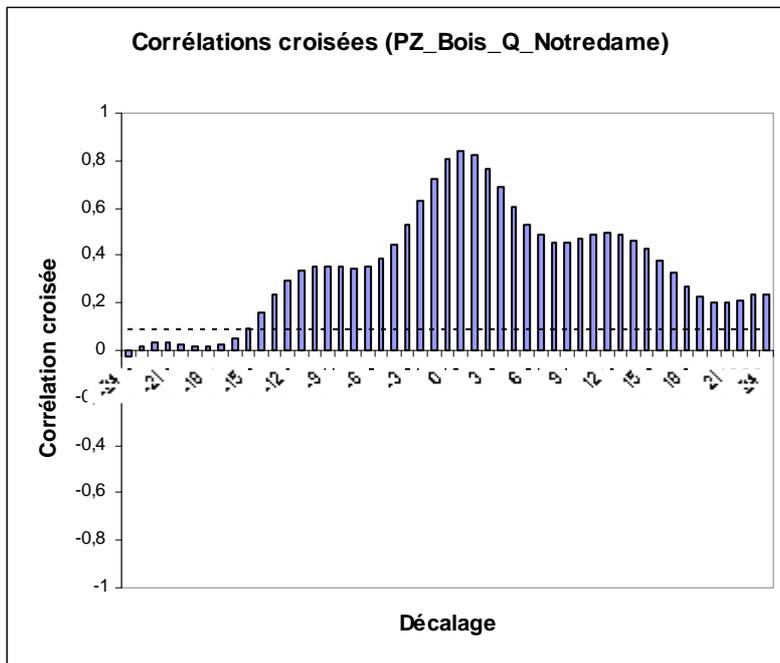


Illustration 116 : Corrélogramme croisé du débit à la station Notre Dame de Bondeville et des niveaux du piézomètre Bois d'Ennebourg

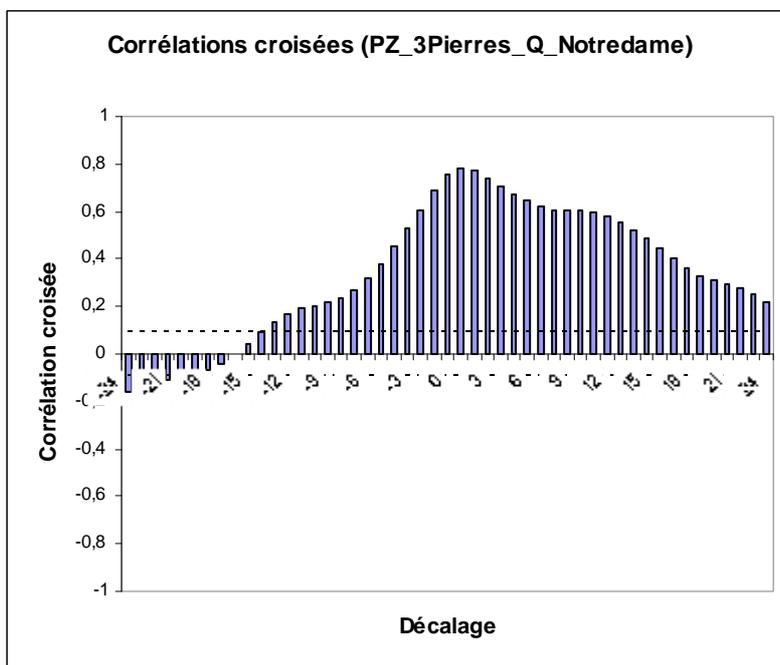


Illustration 117 : Corrélogramme croisé du débit à la station Notre Dame de Bondeville et des niveaux du piézomètre Les Trois Pierres (décalage en mois)

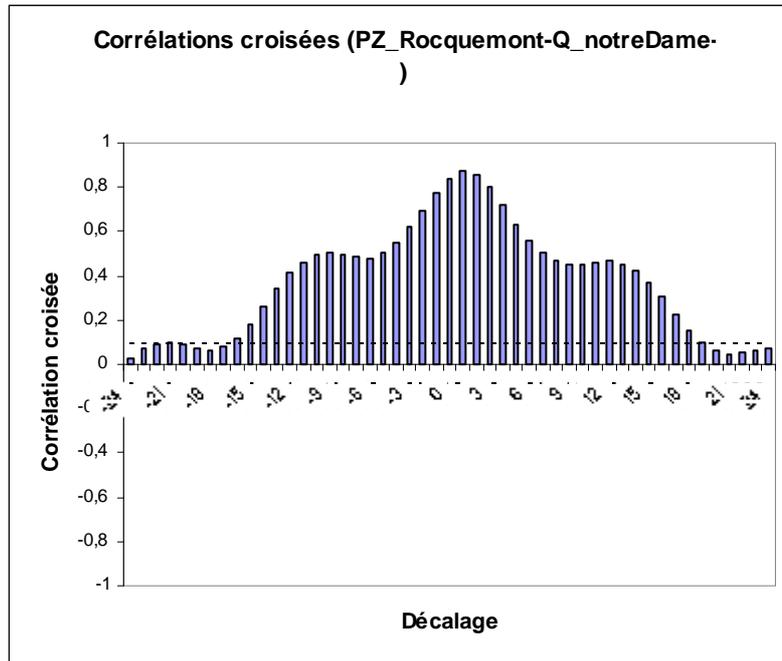


Illustration 118 : Corrélogramme croisé du débit à la station Notre Dame de Bondeville et des niveaux du piézomètre Rocquemont

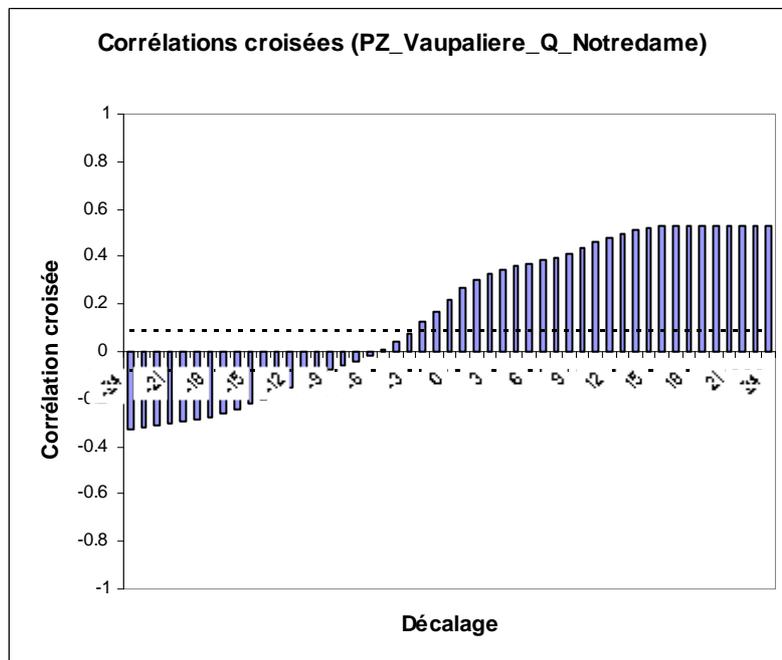


Illustration 119 : Corrélogramme croisé du débit à la station Notre Dame de Bondeville et des niveaux du piézomètre La Vaupalière (décalage en mois)

Quatre piézomètres sont bien corrélés avec la rivière le Cailly : Montaure sur douze mois, Bois d'Ennebourg sur cinq à six mois et Les Trois Pierres sur 6 mois, Rocquement sur 7 mois. Le piézomètre La Vaupalière ne semble pas corrélé avec le Cailly. La recherche d'indicateurs piézométriques se fera sur ces quatre piézomètres.

10.2. Relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière Le Cailly à la station Notre Dame de Bondeville et le niveau moyen mensuel des piézomètres pour la même année

Sur les quatre piézomètres testés, seul celui de Rocquement montre des corrélations intéressantes au printemps et seuls ses résultats seront présentés. Cependant, les graphiques des comparaisons entre l'évolution des débits et des niveaux des quatre piézomètres sont figurés car certains, malgré des résultats non satisfaisants, semblent très proches.

Aucune corrélation n'est possible au printemps pour la prévision de l'étiage.

Avec le piézomètre Rocquement

Mois	Coefficient de détermination R^2
février	0.6747
novembre	0.6631
mars	0.6555
décembre	0.6437
janvier	0.6432
avril	0.6321
mai	0.5907
octobre	0.5779
août	0.5777
juillet	0.5737
juin	0.5728
septembre	0.5669

Illustration 120 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

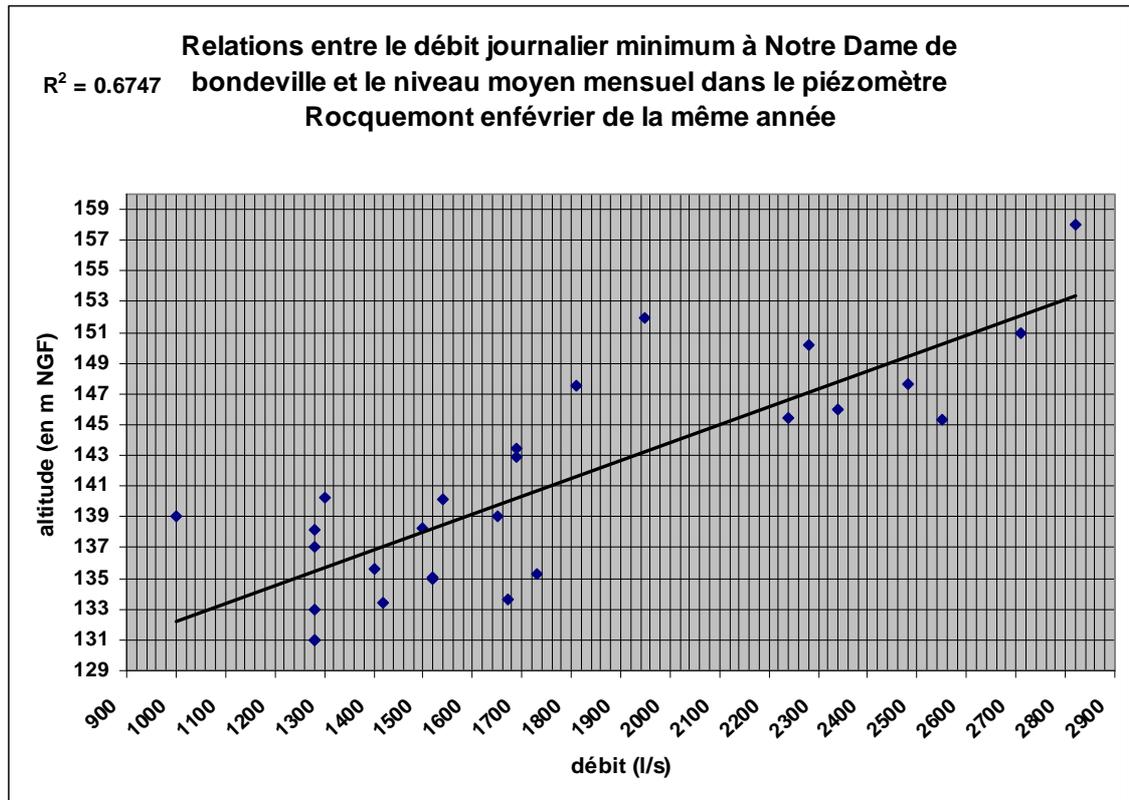


Illustration 121 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Notre Dame de Bondeville et le niveau moyen mensuel du piézomètre Rocquemont pour la même année

Pour le prévisionnel avant l'étiage dans la rivière, les mois de janvier à avril peuvent être utilisés et le tableau ci-dessous présente les niveaux repères (cotes piézométriques) pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique.

Département	Rivières	Station suivie	Piezomètre	MO	Mois de réf	coef R2	Seuil de vigilance (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m ³ /s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
76	Cailly	Notre Dame de B	Rocquemont	3202	février	0.675	1.7	140.4	1.3	135.7	1.1	133.4	1	132.2	1.6	139.2	2	143.8
76	Cailly	Notre Dame de B	Rocquemont	3202	mars	0.656	1.7	141.8	1.3	137	1.1	134.6	1	133.4	1.6	140.6	2	145.4
76	Cailly	Notre Dame de B	Rocquemont	3202	janvier	0.643	1.7	139.2	1.3	135.2	1.1	133.1	1	132.1	1.6	138.2	2	142.2
76	Cailly	Notre Dame de B	Rocquemont	3202	avril	0.632	1.7	143	1.3	138.2	1.1	135.8	1	134.6	1.6	141.8	2	146.7

Illustration 122 : Cotes piézométriques correspondant aux seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les mois de début d'année dont le coefficient de corrélation est supérieur à 0.6

10.3. Relations entre le niveau journalier le plus haut des piézomètres (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Notre Dame (année civile)

Aucune corrélation n'est exploitable pour les quatre piézomètres avec cette approche.

11. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION CAILLY SUR LA RIVIERE CAILLY

11.1. Distribution des débits et autocorrélogramme

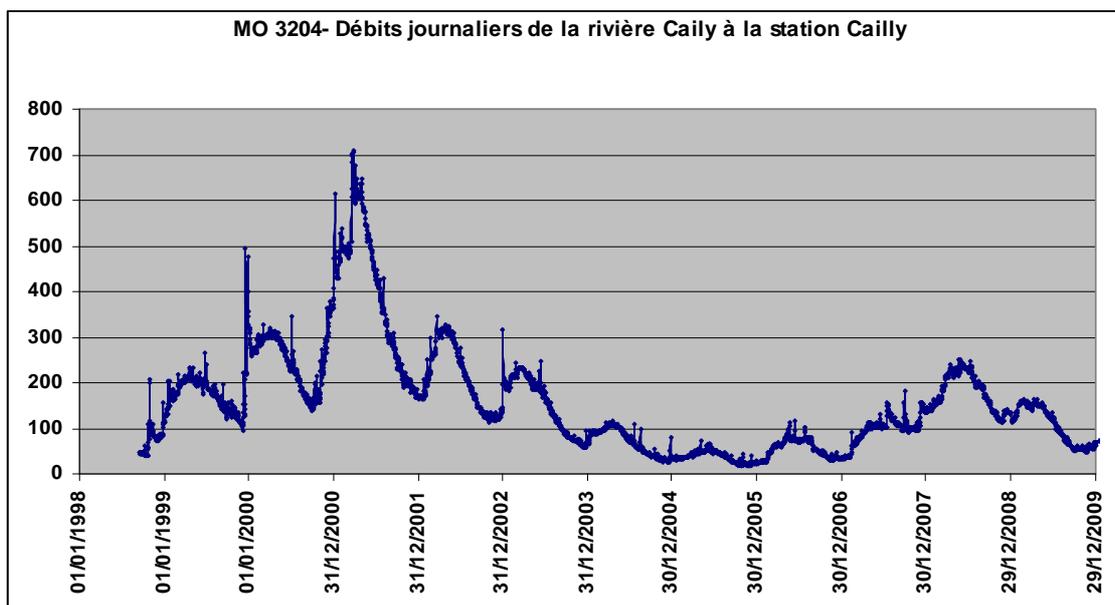


Illustration 123 : Chronique des débits à la station Cailly

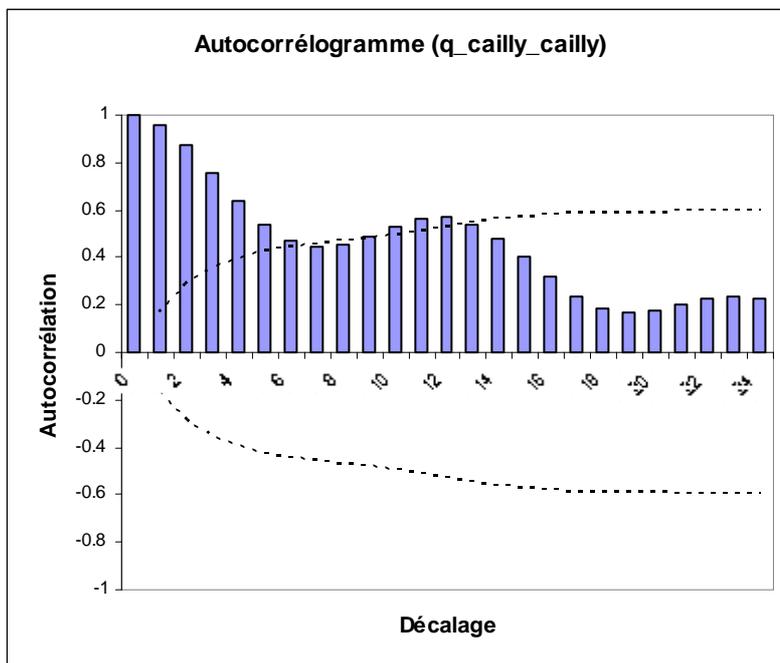


Illustration 124 : Autocorrélogramme des débits à la station Cailly (décalage en mois)

Les mesures de débits sont bien corrélées entre elles sur 3 mois (0.8) à 5 mois (0.6).

12. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE CAILLY A LA STATION CAILLY ET LE PIEZOMETRE ROCQUEMONT DE LA MASSE D'EAU

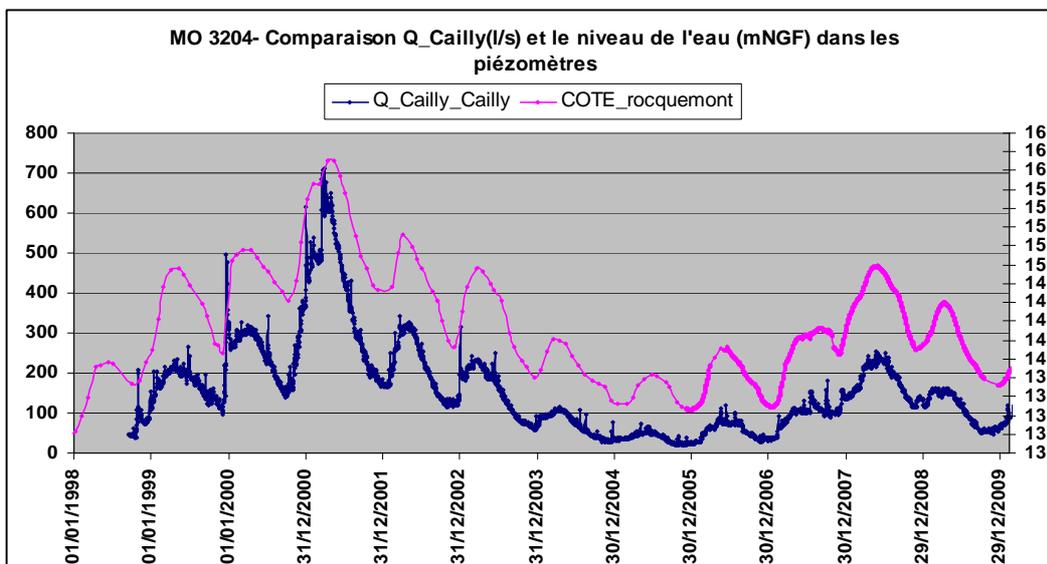


Illustration 125 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Rocquemont et des débits à Cailly

12.1. Corrélogrammes croisés des moyennes mensuelles des débits et des niveaux

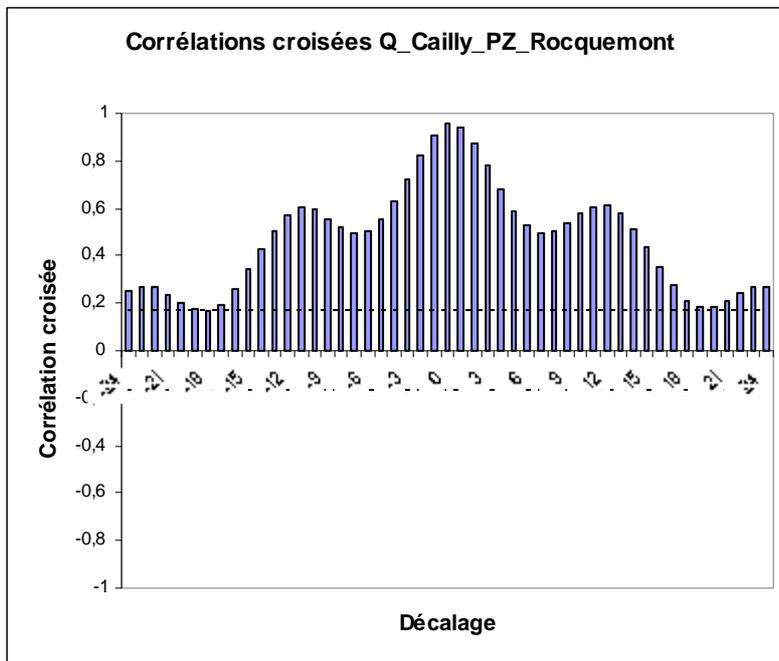


Illustration 126 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Rocquemont et des débits à Cailly (décalage en mois)

12.2. Relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière Cailly à la station Cailly et le niveau moyen mensuel des piézomètres pour la même année

Mois	Coefficient d'ajustement R^2
août	0.9049
juillet	0.9017
juin	0.887
septembre	0.8791
mai	0.8716
janvier	0.8714
avril	0.862
février	0.8372
mars	0.8243
octobre	0.8081
novembre	0.795
décembre	0.7072

Illustration 127 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

Pour le prévisionnel avant l'étiage dans la rivière, les mois de janvier à juin peuvent être utilisés et le tableau ci-dessous présente les niveaux repères (cotes piézométriques) pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique.

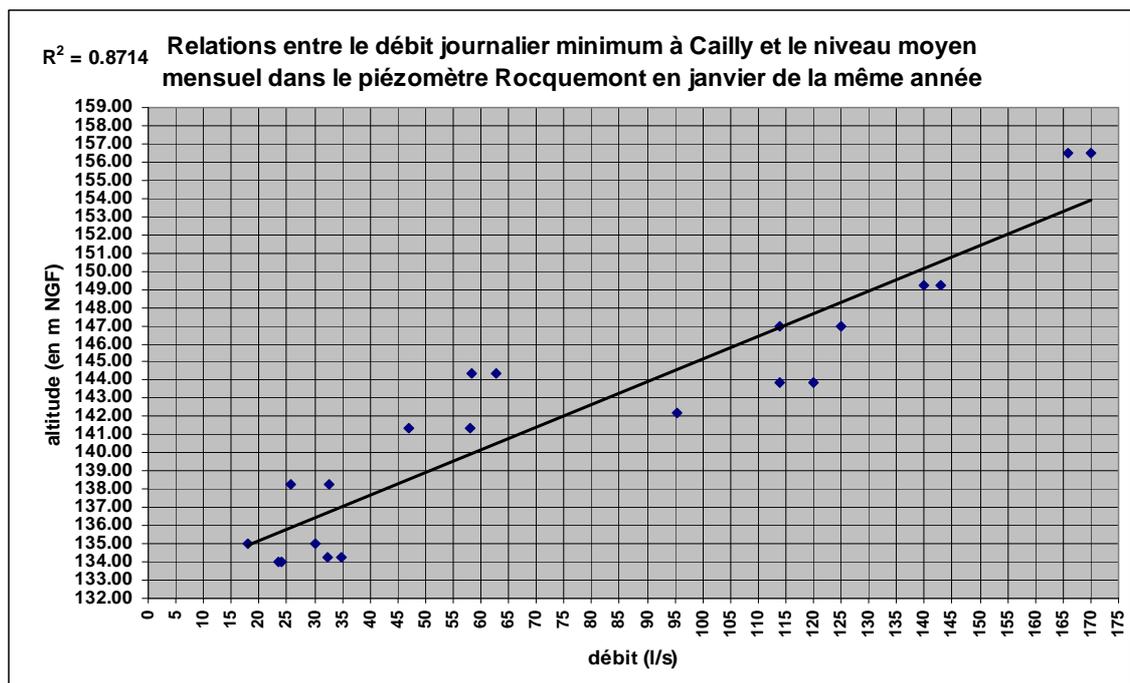


Illustration 128 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Cailly et le niveau moyen mensuel du piézomètre Rocquemont pour le mois de janvier de la même année

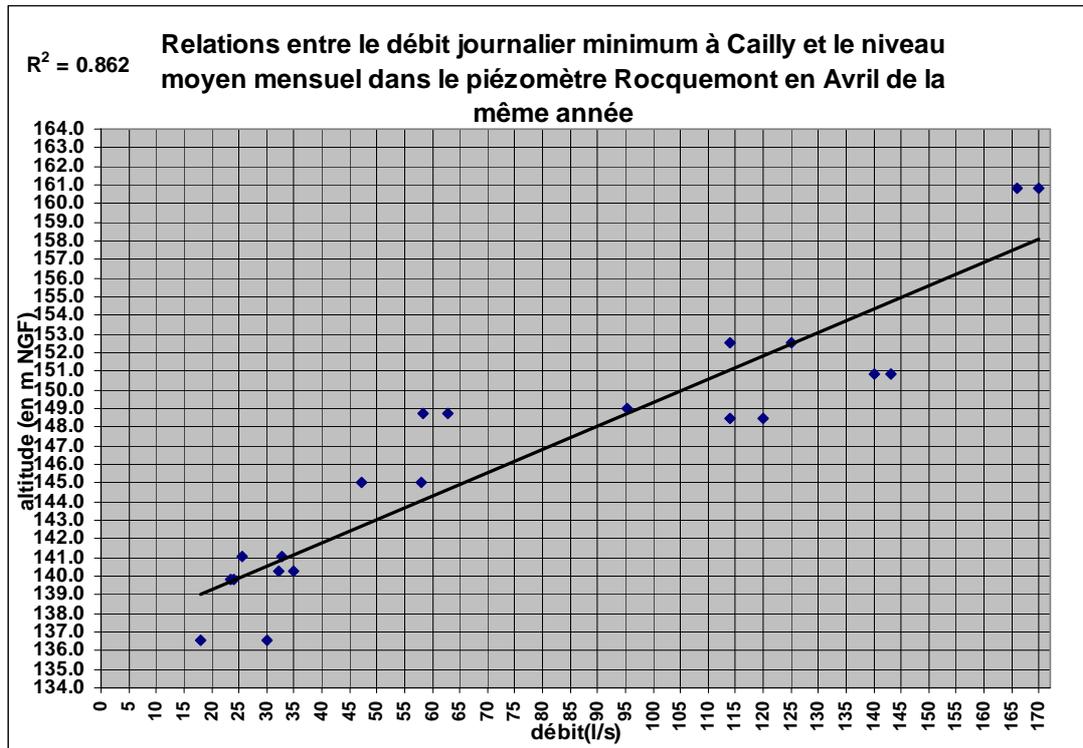


Illustration 129 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Cailly et le niveau moyen mensuel du piézomètre Rocquemont pour le mois d'avril de la même année

Département	Rivière	Station suivie	Piézomètre	MO	Mois de réf	coef R ²	Seuil de vigilance (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m ³ /s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
76	Cailly	Cailly	Rocquemont	3204-3202	juin	0.887	0.07	144.87	0.034	140.95	0.023	139.75	0.021	139.53	0.035	141.06	0.11	149.23
76	Cailly	Cailly	Rocquemont	3204-3202	mai	0.872	0.07	145.51	0.034	141.28	0.023	139.98	0.021	139.75	0.035	141.40	0.11	150.22
76	Cailly	Cailly	Rocquemont	3204-3202	janv	0.871	0.07	141.41	0.034	136.90	0.023	135.52	0.021	135.27	0.035	137.03	0.11	146.42
76	Cailly	Cailly	Rocquemont	3204-3202	avr	0.862	0.07	145.55	0.034	141.05	0.023	139.68	0.021	139.43	0.035	141.18	0.11	150.55
76	Cailly	Cailly	Rocquemont	3204-3202	fév	0.837	0.07	142.86	0.034	138.25	0.023	136.84	0.021	136.59	0.035	138.38	0.11	147.98
76	Cailly	Cailly	Rocquemont	3204-3202	mars	0.824	0.07	144.52	0.034	140.03	0.023	138.66	0.021	138.41	0.035	140.15	0.11	149.51

Illustration 130 : Cotes piézométriques correspondant aux seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les mois de début d'année dont le coefficient de corrélation est supérieur à 0.6

12.3. Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Rocquemont (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Cailly (année civile)

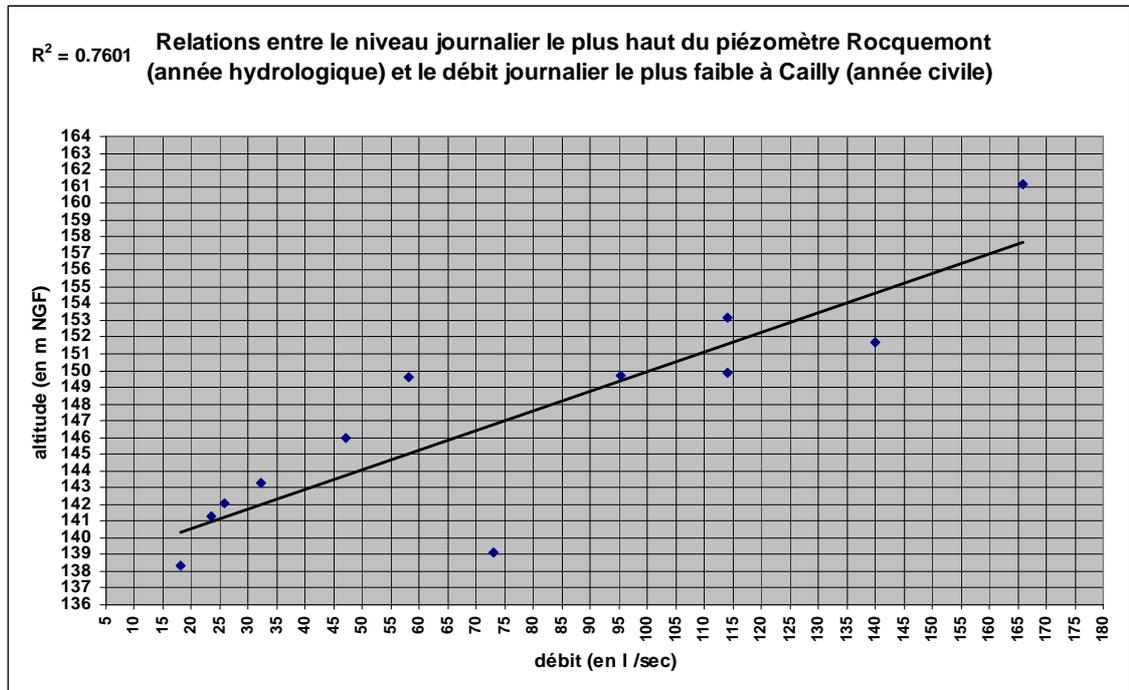


Illustration 131 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Rocquemont (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Cailly (année civile)

Ce graphique peut permettre, également, de définir des niveaux repères pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique : ex :

QMNA5 : 35 l/s = 142.4m

13. COMPARAISON DES RESULTATS DE L'ANALYSE FREQUENTIELLE ET CEUX OBTENUS AVEC LA MODELISATION TEMPO

Avec le piézomètre Montaire

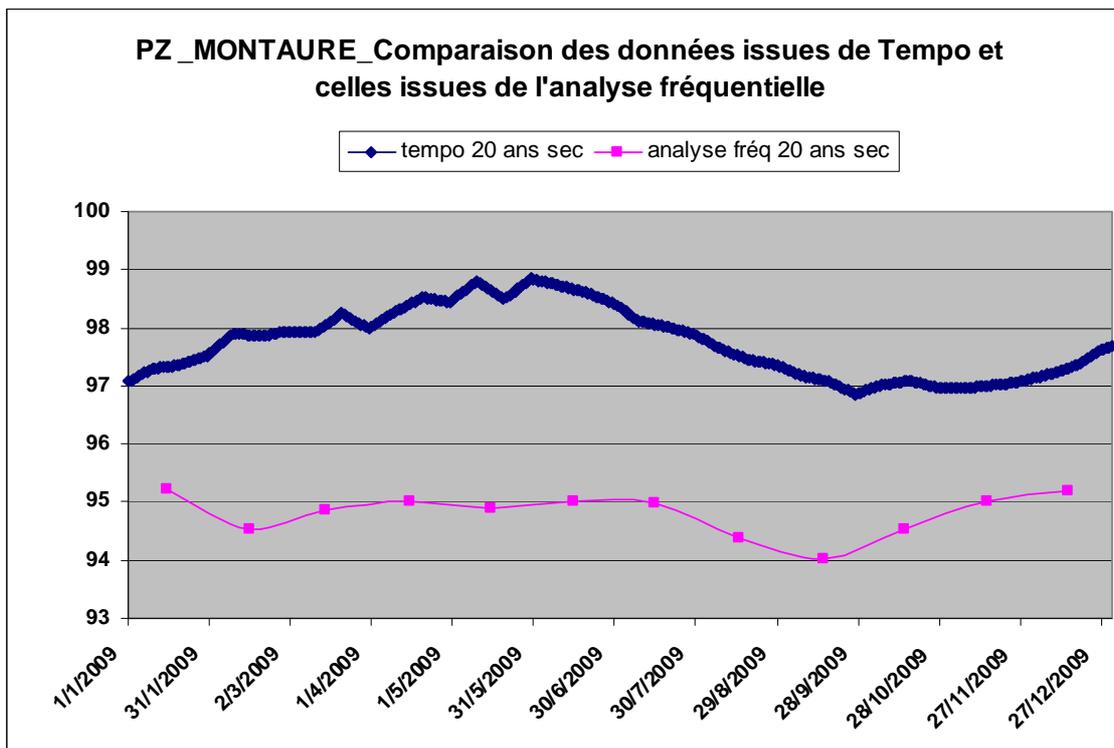


Illustration 132 : Piézomètre Montaire, comparaison entre les résultats de l'analyse fréquentielle et ceux la prévision Tempo 2009 pour l'occurrence de 20 ans secs

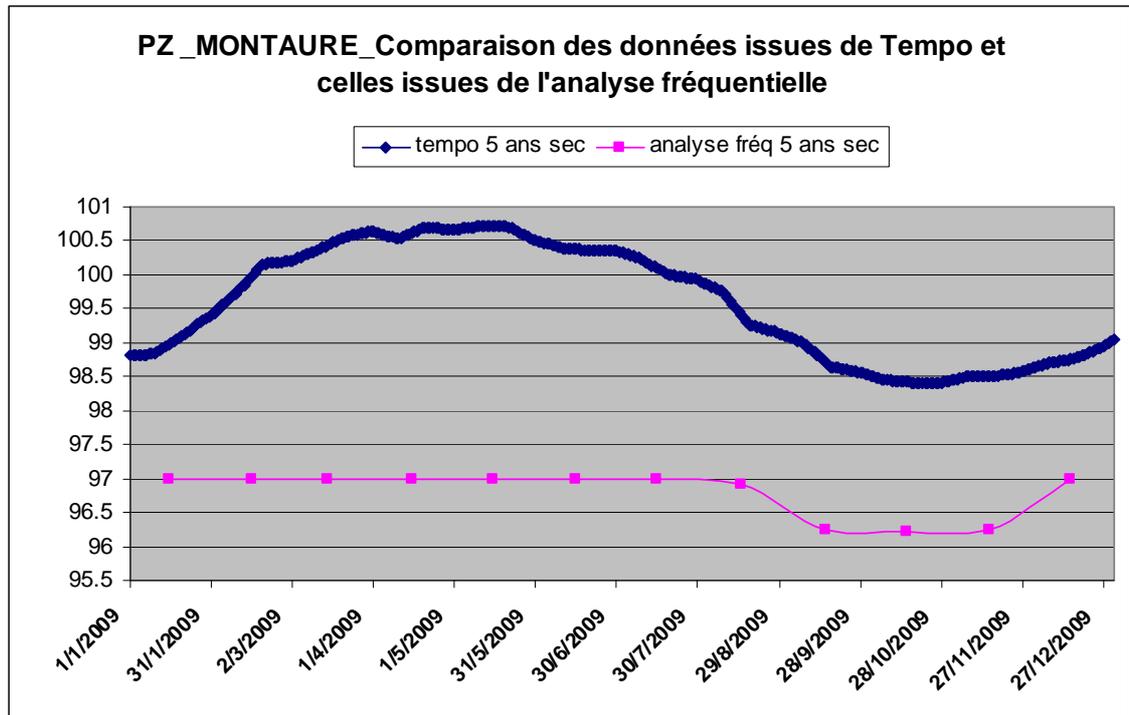


Illustration 133 : Piézomètre Montauve, comparaison entre les résultats de l'analyse fréquentielle et ceux la prévision Tempo 2009 pour l'occurrence de 5 ans secs

Avec le piézomètre Bois d'Ennebourg

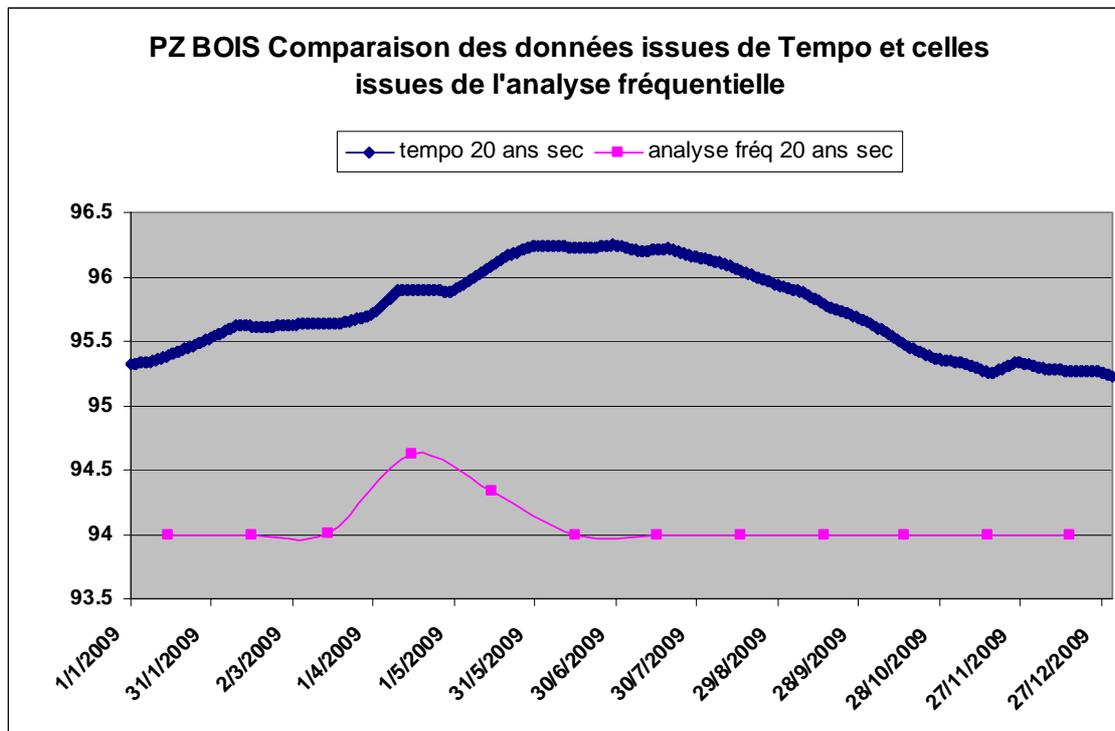


Illustration 134 : Piézomètre Bois d'Ennebourg, comparaison entre les résultats de l'analyse fréquentielle et ceux de la prévision Tempo 2009 pour l'occurrence de 20 ans secs

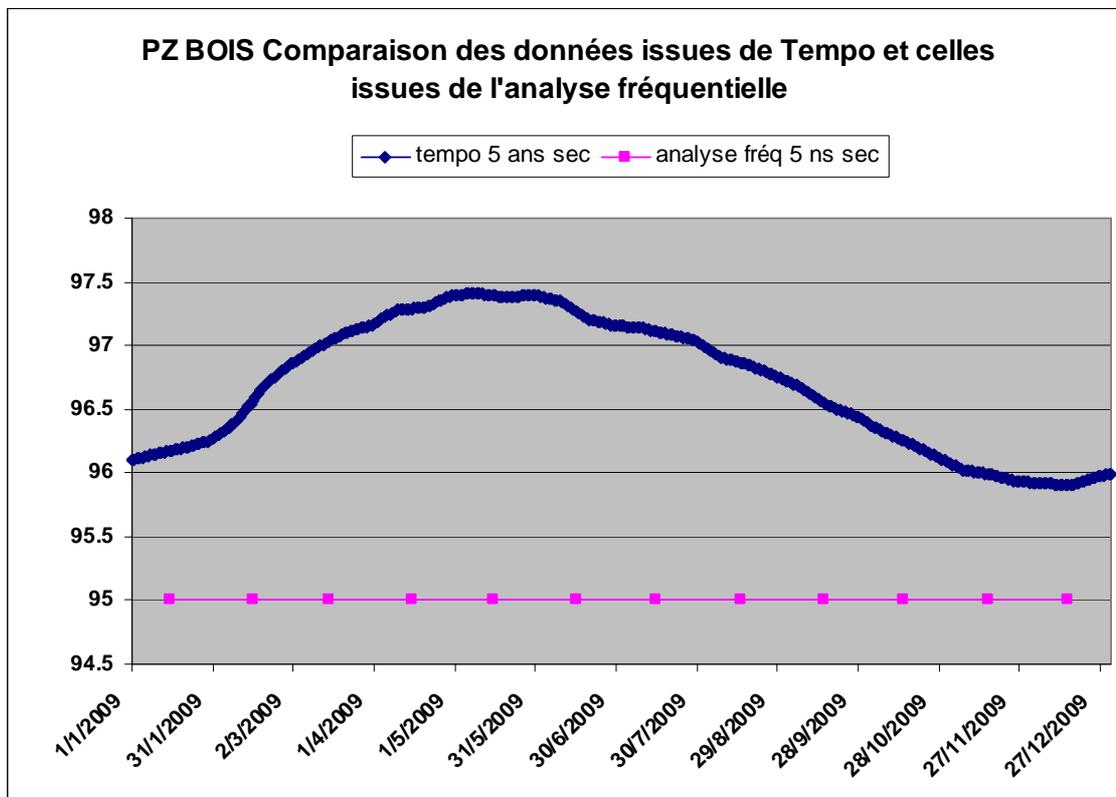


Illustration 135 : Piézomètre Bois d'Ennebourg, comparaison entre les résultats de l'analyse fréquentielle et ceux de la prévision Tempo 2009 pour l'occurrence de 5 ans secs

Nom du piézo (Commune)	ANALYSE FREQUENTIELLE				Tempo 2009	
	extrêmes 20 ans secs (moyennes mensuelles)	extrêmes 10 ans secs(moyennes mensuelles)	extrêmes 5 ans secs (moyennes mensuelles)	Médiane (moyennes mensuelles)	PZ_Niv_j_min _printemps (20 ans secs)	PZ_Niv_j_min _printemps (5 ans secs)
MONTAURE	94 à 95.2	95.2 à 96.4	96.2 à 97	100 à 101.1	96.86 à 98.85	98.4 à 100.72
BOIS D'ENNEBOURG	94 à 95	95	95	96 à 97	95.23 à 96.25	95.91 à 97.41
LES TROIS PIERRES	27 à 28	28	28 à 28.8	29 à 29.9		
ROCQUEMONT	132 à 133	133 à 135	134 à 137	138 à 146		
LA VAUPALIERE	25	25	26	27 à 27.9		

Illustration 136 : Comparaison des résultats obtenus avec Tempo 2009 et l'analyse fréquentielle pour les fréquences de retour 20 et 5 ans secs pour la masse d'eau 3202

Les niveaux estimés par Tempo pour 2009 sont supérieurs à ceux obtenus avec l'analyse fréquentielle.

14. CONCLUSIONS POUR LA MASSE D'EAU 3202

Le piézomètre Montaure peut être utilisé comme indicateur piézométrique pour la rivière l'Eure pour la corrélation entre le débit journalier minimum de l'Eure et le niveau moyen mensuel dans le piézomètre.

Concernant la rivière le Cailly, bien que les niveaux piézométriques de plusieurs piézomètres semblent s'ajuster sur le débit de la rivière, seul le piézomètre Rocquemont peut être utilisé comme indicateur avec des corrélations entre le débit journalier minimum du Cailly et le niveau moyen mensuel dans le piézomètre, supérieures à 0.6 pour plusieurs mois de l'année dont le mois de février, ce qui peut permettre une prévision très anticipée de l'étiage.

Annexe 5

Masse d'eau souterraine 3203

MASSE D'EAU 3203

1. PRESENTATION DES DONNEES ANALYSEES SUR LA MASSE D'EAU 3203 (CRAIE ALTEREE DU LITTORAL CAUCHOIS)

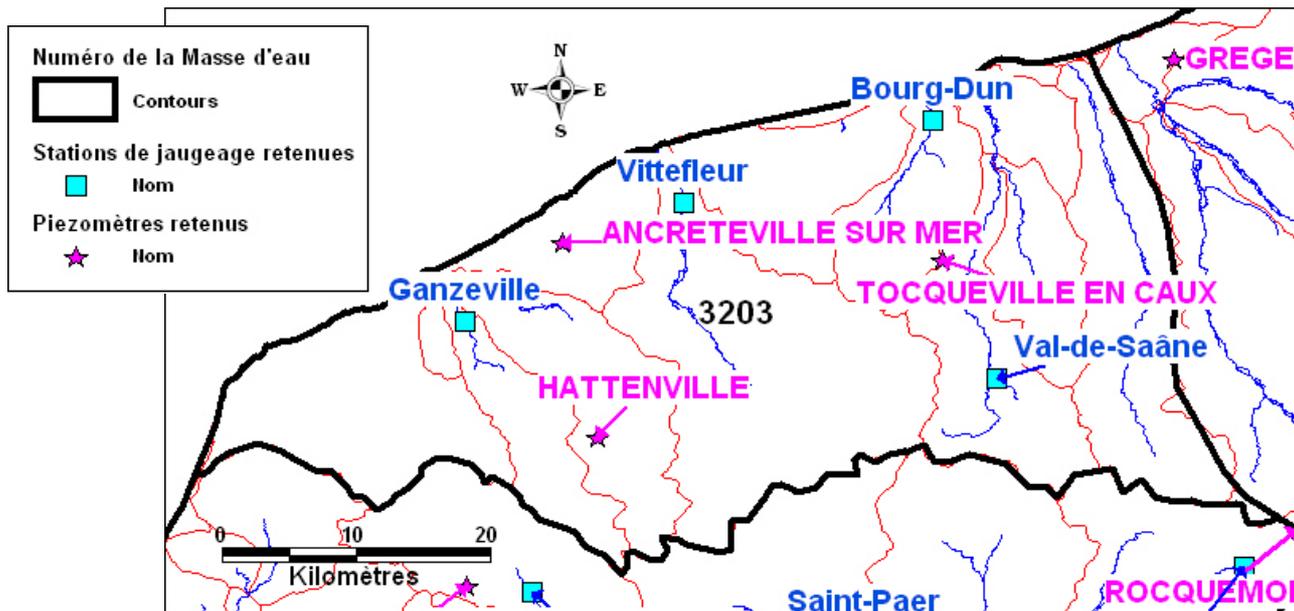


Illustration 137 : Contours de la masse d'eau 3203 et localisation des piézomètres et stations de jaugeage retenues

Les trois piézomètres sélectionnés de la masse d'eau 3203 sont :

- Ancretteville sur Mer : 00572X0010/S1 (bassin côtier compris entre l'embouchure de la Durdent et l'embouchure du Valmont). Il n'y a pas de cours d'eau sur le bassin versant où est implanté le piézomètre, par défaut, ses niveaux seront comparés au débit du Durdent à la station de Vittefleur (G6003010) ou à celui du Ganzeville à la station de Ganzeville (G7103010), rivières localisées sur les bassins versants mitoyens de part et d'autre.
- Hattenville : 00753X0030/S1 (BV du Valmont). Il n'y a pas de station de jaugeage sur la rivière du bassin versant de ce piézomètre, ses niveaux seront comparés au débit de la rivière Ganzeville à la station Ganzeville (G7103010) qui est la plus proche.
- Tocqueville en Caux : 00583X0005/S1 (BV de La Saâne). Ce piézomètre est localisé sur la ligne de crête de deux bassins versants, c'est pourquoi ses niveaux seront successivement comparés au débit de La Saâne à la station de Val-de-Saâne

(G4002020) mais celle-ci est localisée en amont du piézomètre et du Dun à la station de Bourg-Dun (G5002010) mais celle-ci est située relativement en aval.

Piézomètres MO 3203	N°BSS	Coord X L2 (m)	Coord Y L2 (m)	Profondeur ouvrage(m)	MO captée	cote repère piezo (m)	cote nappe INF(m)	cote nappe MAX (m)	Battement max de la nappe (m)	Date début chronique
Ancretville sur Mer	00572X0010/S1	468389	2534125	45.13	3203	90.45	47.07	58.45	11.38	23/10/1969
Hattenville	00753X0030/S1	470956	2519416	36.74	3203	126	89.35	107.47	18.12	26/11/1969
Tocqueville en Caux	00583X0005/S1	496825	2532809	71.10	3203	121.45	52.63	70.58	17.95	03/02/1971

Illustration 138 : Caractéristiques des piézomètres de la masse d'eau 3203

2. LE PIEZOMETRE ANCRETTEVILLE SUR MER

La chronique du relevé des niveaux du piézomètre démarre le 23/10/1969. La fréquence est mensuelle jusqu'au 19/09/1984, tous les deux mois jusqu'au 24/10/1995, de nouveau mensuelle jusqu'au 26/01/2005 puis journalière à partir de cette date. Jusqu'au 27/05/2005 où les mesures redeviennent mensuelles.

2.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre Ancretville sur Mer

Le niveau repère est à 90.45m, l'ouvrage atteint 45.13m de profondeur et évolue entre les cotes 47.07 et 58.45m(NGF). L'amplitude des niveaux est de 11.38m maximum. Le cycle est pluri annuel.

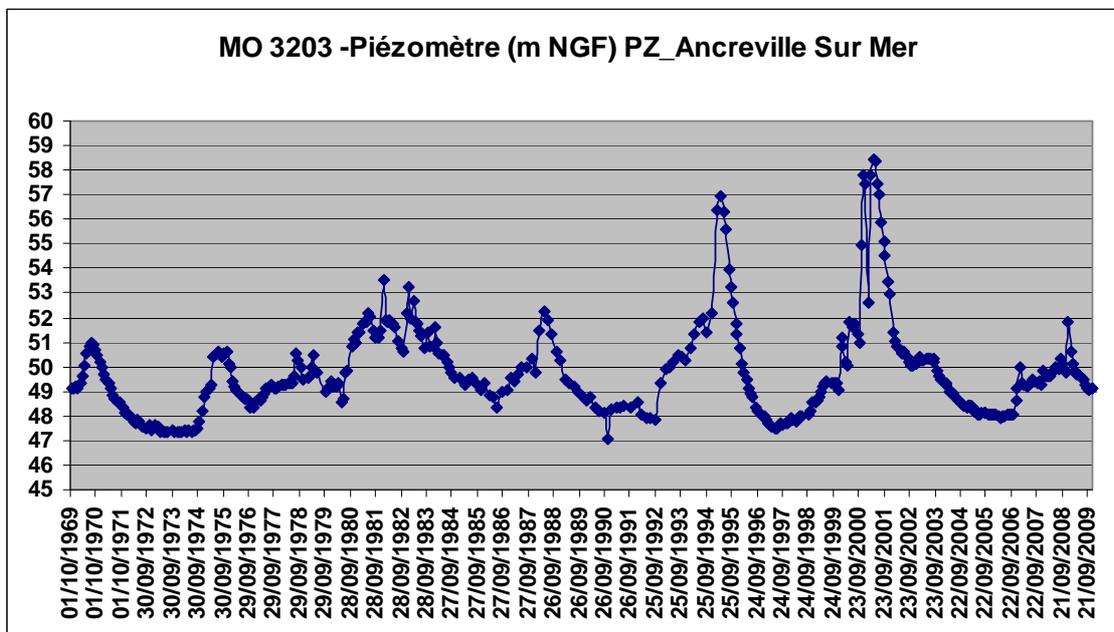


Illustration 139 : Chronique des niveaux du piézométrique Ancretville sur Mer

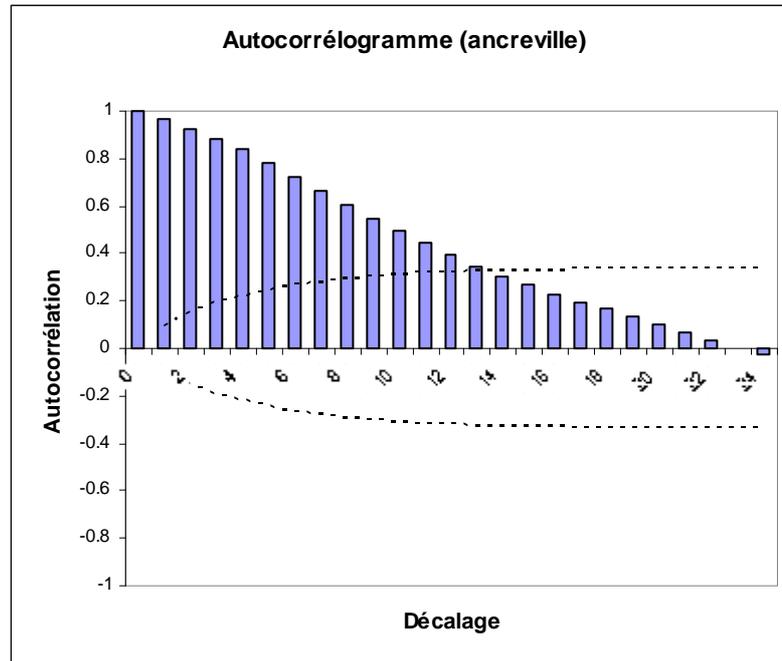


Illustration 140 : Autocorrélogramme du piézomètre Ancretteville sur Mer (décalage en mois)

Les mesures dans le piézomètre sont bien corrélées entre elles sur 5 mois (0.8) à 9 mois (0.6).

2.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre Ancretteville sur Mer

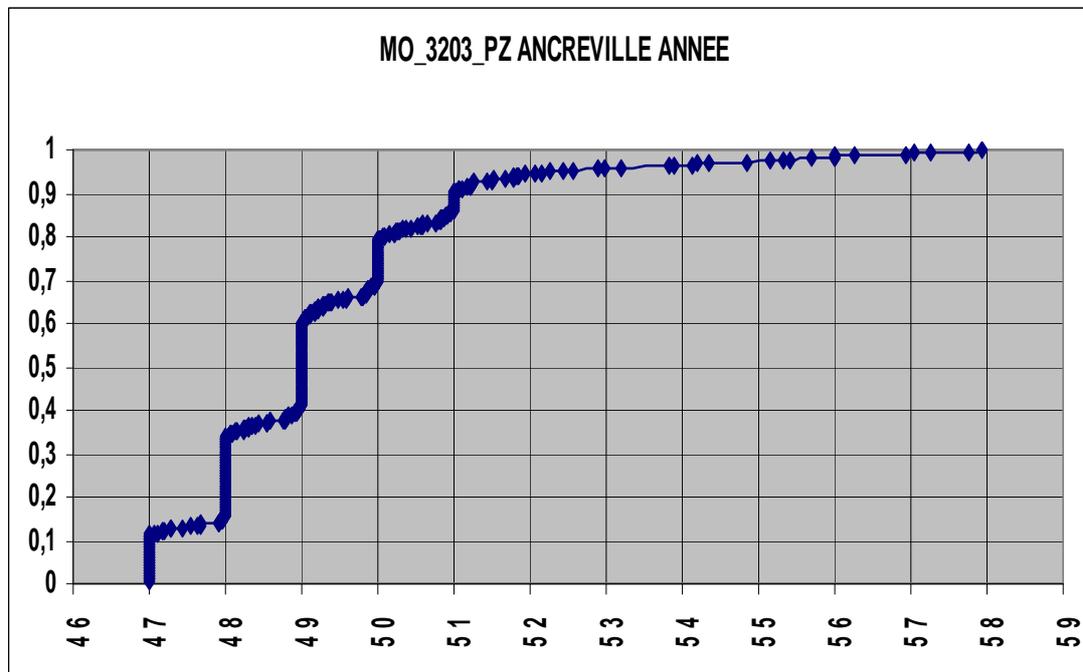


Illustration 141 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Ancretteville sur Mer

L'effet d'escalier est lié à la fréquence des mesures qui est essentiellement mensuelle.

2.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre Ancretteville sur Mer

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
ngf janv trié	47.0	47.0	48.0	49.0	50.0	52.0	52.0
ngf fev trié	47.0	47.0	48.0	49.0	50.0	51.0	51.0
ngf mars trié	47.0	47.0	48.0	49.0	50.0	51.0	51.0
ngf avril trié	47.0	47.0	48.0	49.0	50.0	51.0	51.0
ngf mai trié	47.0	47.0	48.0	49.0	50.0	51.0	51.0
ngf juin trié	47.0	47.0	48.0	49.0	51.0	51.0	51.0
ngf juil trié	47.0	47.0	48.0	49.0	50.0	51.0	51.0
ngf aout trié	47.0	47.0	48.0	49.0	50.0	51.0	51.0
ngf sept trié	47.0	47.0	48.0	49.0	50.0	51.0	51.0
ngf oct trié	47.0	47.0	48.0	49.0	50.0	51.0	51.0
ngf nov trié	47.0	47.0	48.0	49.0	50.0	51.0	51.0
ngf dec trié	47.0	47.0	48.0	49.0	50.0	51.0	52.0

Illustration 142 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Ancretteville sur Mer

Les courbes 20 et 10 ans secs sont confondues et plates à la cote 47m. Les courbes 5 ans secs et médiane sont également plates aux cotes respectives de 48 et 49m.

Les séries humides sont à peine plus contrastées avec des extrêmes évoluant de 50 à 51m (5 ans humides) et de 51 à 52m pour les 10 ans et 20 ans humides.

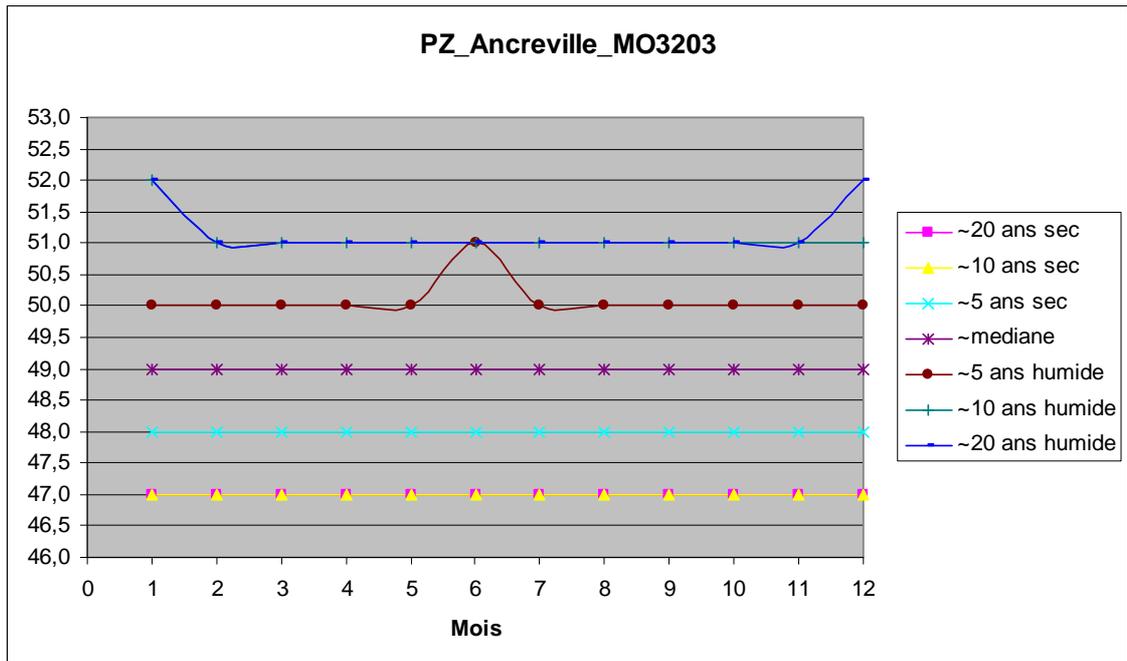


Illustration 143 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Ancreville sur Mer

3. LE PIEZOMETRE HATTENVILLE

La chronique du relevé des niveaux du piézomètre démarre le 26/11/1969. La fréquence est mensuelle jusqu'au 19/09/1984, tous les deux mois jusqu'au 28/08/1995, puis de nouveau mensuelle jusqu'à 2010.

3.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre Hattenville

Le niveau repère est à 126m, l'ouvrage atteint 36.74m de profondeur et le niveau de l'eau évolue entre les cotes 89.35 et 107.47m(NGF). L'amplitude des niveaux est de 18.12m maximum. Le cycle est pluri annuel avec une influence annuelle.

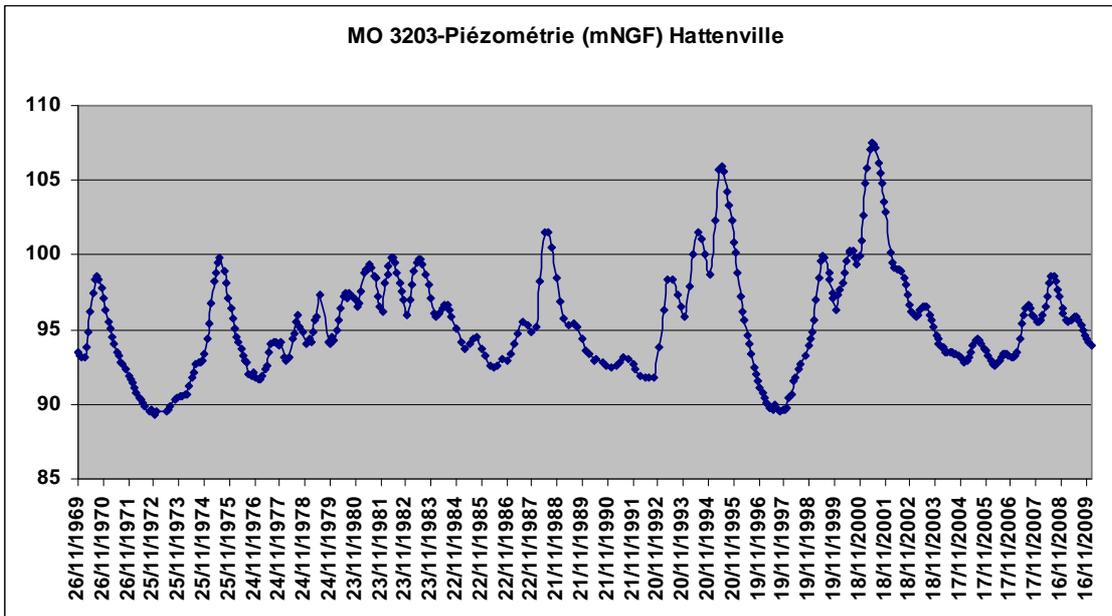


Illustration 144 : Chronique des niveaux du piézométrique Hattenville

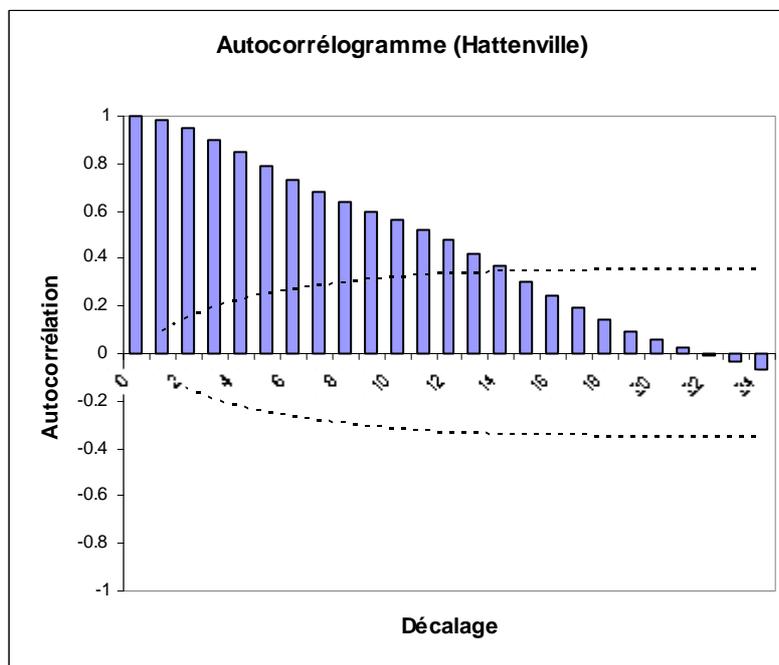


Illustration 145 : Autocorrélogramme du piézomètre Hattenville (décalage en mois)

Les mesures dans le piézomètre sont bien corrélées entre elles sur 5 mois (0.8) à 10 mois (0.6).

3.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre Hattenville

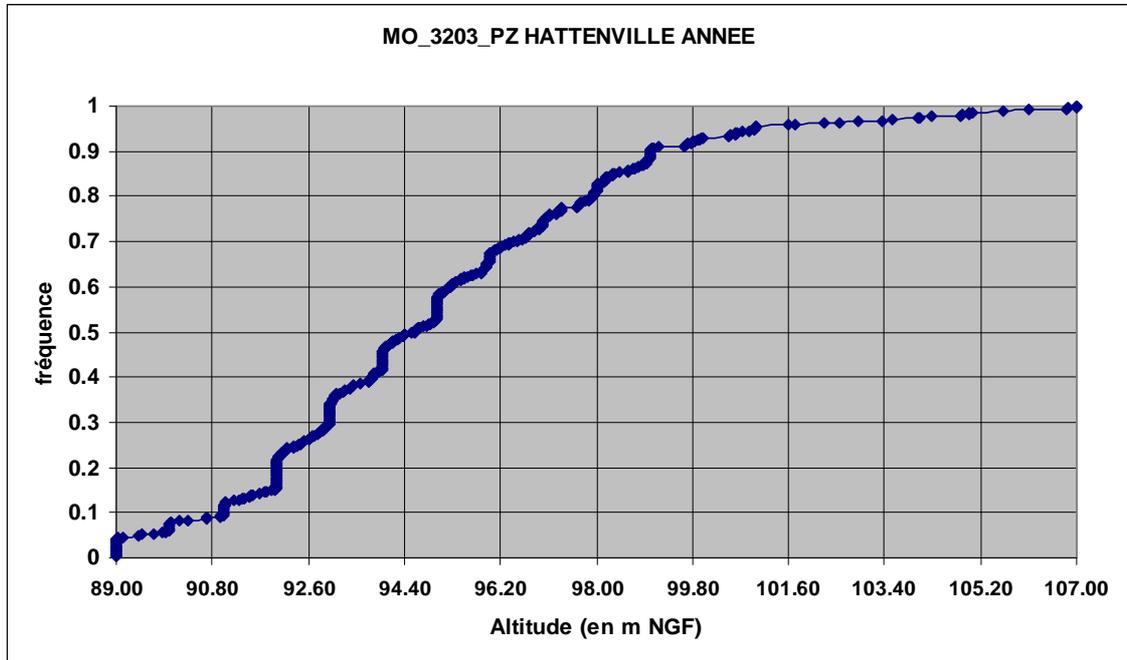


Illustration 146 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Hattenville

3.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre Hattenville

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
ngf janv trié	90.00	91.00	92.00	94.19	96.10	98.15	99.79
ngf fev trié	90.00	90.95	92.00	94.84	97.03	98.00	99.84
ngf mars trié	90.02	90.36	92.00	94.41	97.78	98.70	99.04
ngf avril trié	90.00	90.95	92.00	94.83	98.60	99.70	99.96
ngf mai trié	90.00	91.00	92.04	95.00	99.00	100.61	100.74
ngf juin trié	89.92	91.50	92.68	95.00	98.97	100.96	101.00
ngf juil trié	89.13	92.00	92.49	95.00	98.89	100.96	101.00
ngf aout trié	89.48	92.00	92.17	95.01	98.21	100.51	100.98
ngf sept trié	89.88	91.50	92.01	94.98	97.96	99.81	100.60
ngf oct trié	90.00	91.55	92.00	94.52	97.32	99.00	99.92
ngf nov trié	90.00	91.22	92.01	94.07	96.98	99.02	99.16
ngf dec trié	90.00	91.00	92.09	94.00	96.29	98.33	99.69

Illustration 147 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Hattenville

Toutes les courbes sont distinctes les unes des autres.

Les extrêmes vont de 89.13 à 90.02m avec les mois les plus secs de juillet à septembre (20 ans secs), de 90.36 à 92m avec les mois les plus secs en début d'année, mars-avril et février (10 ans secs), de 92 à 92.5m avec les niveaux les plus

bas mars-avril et février (5 ans secs), de 94 à 95.01m pour la médiane, de 96.1 à 99m (5 ans humides), de 98 à 100.96m (10 ans humides) et de 990.4 à 101m (20 ans humides).

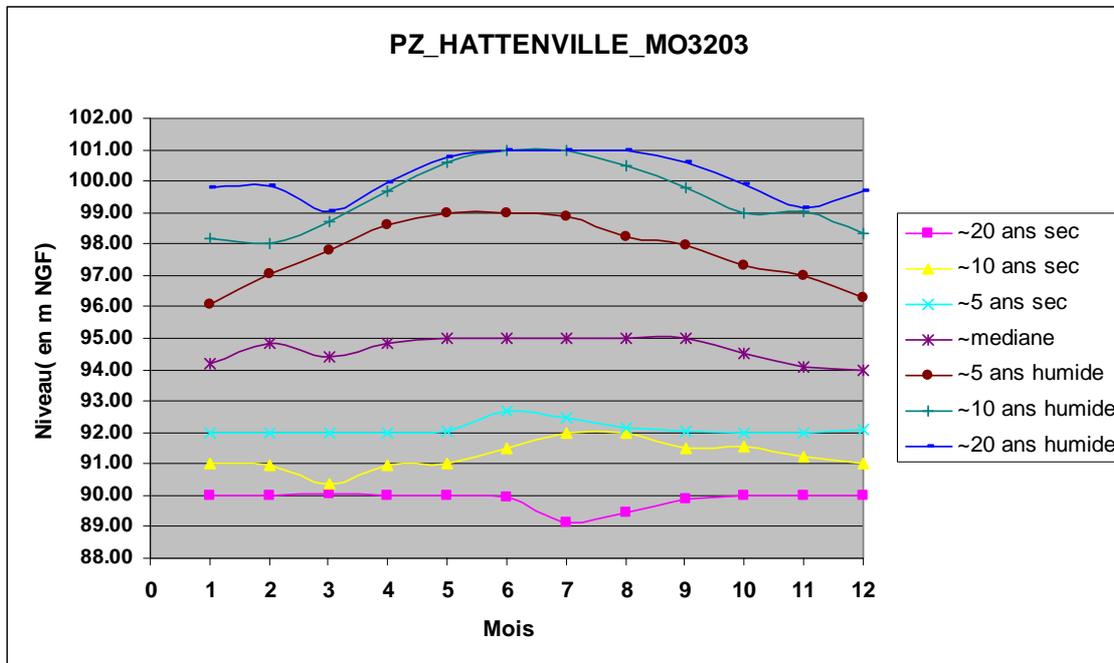


Illustration 148 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Hattenville

4. LE PIEZOMETRE TOCQUEVILLE EN CAUX

La chronique du relevé des niveaux du piézomètre démarre le 03/02/1971. La fréquence est mensuelle jusqu'au 19/09/1984, tous les deux mois jusqu'au 28/08/1995, de nouveau mensuelle jusqu'au 10/09/2008 et journalière à partir de cette date.

4.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre Tocqueville en Caux

Le niveau repère est à 121.45m, l'ouvrage atteint 71.10m de profondeur et le niveau de l'eau évolue entre les cotes 52.63 et 70.58m(NGF). L'amplitude des niveaux est de 17.95m maximum. Le cycle est pluri annuel avec une influence annuelle.

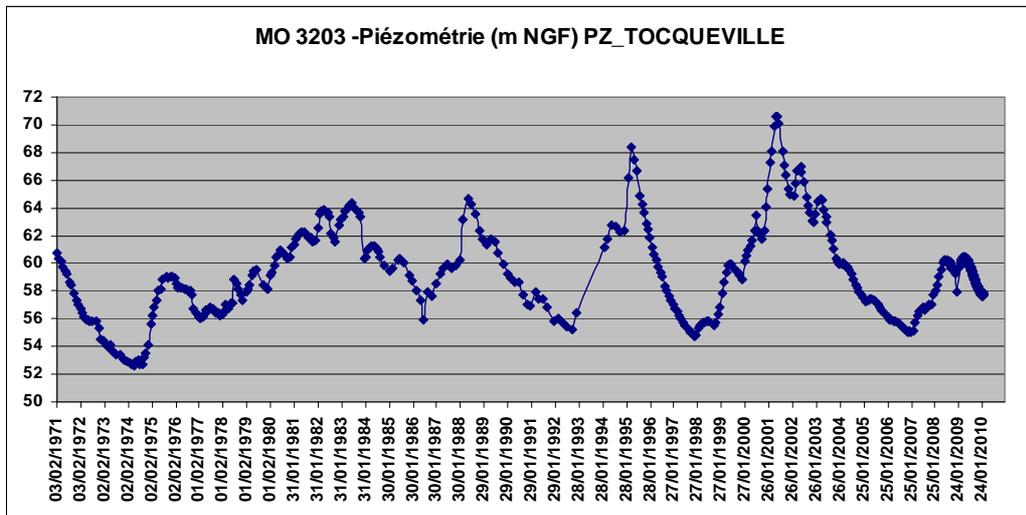


Illustration 149 : Chronique des niveaux du piézomètre Tocqueville en Caux

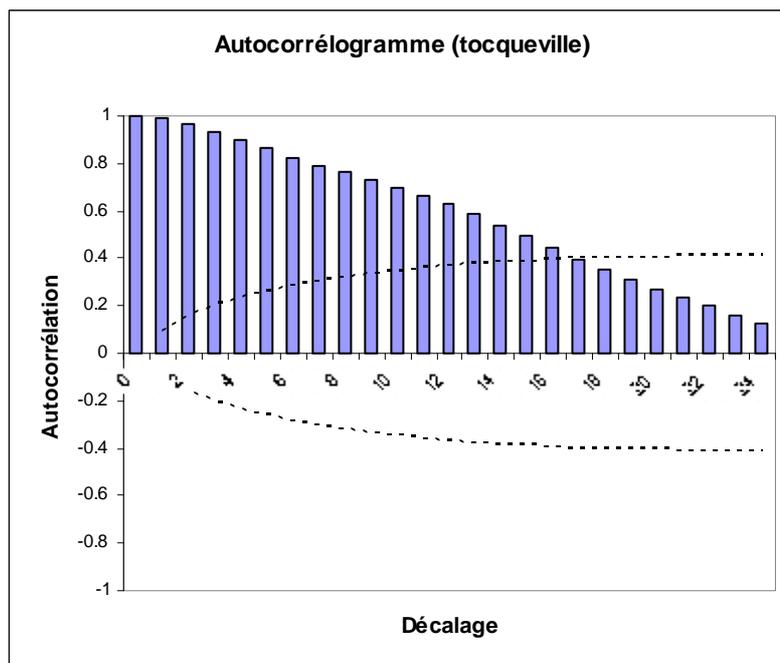


Illustration 150 : Autocorrélogramme du piézomètre Tocqueville en Caux (décalage en mois)

Les mesures dans le piézomètre sont bien corrélées entre elles sur 6 mois (0.8) à 13 mois (0.6).

4.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre Tocqueville en Caux

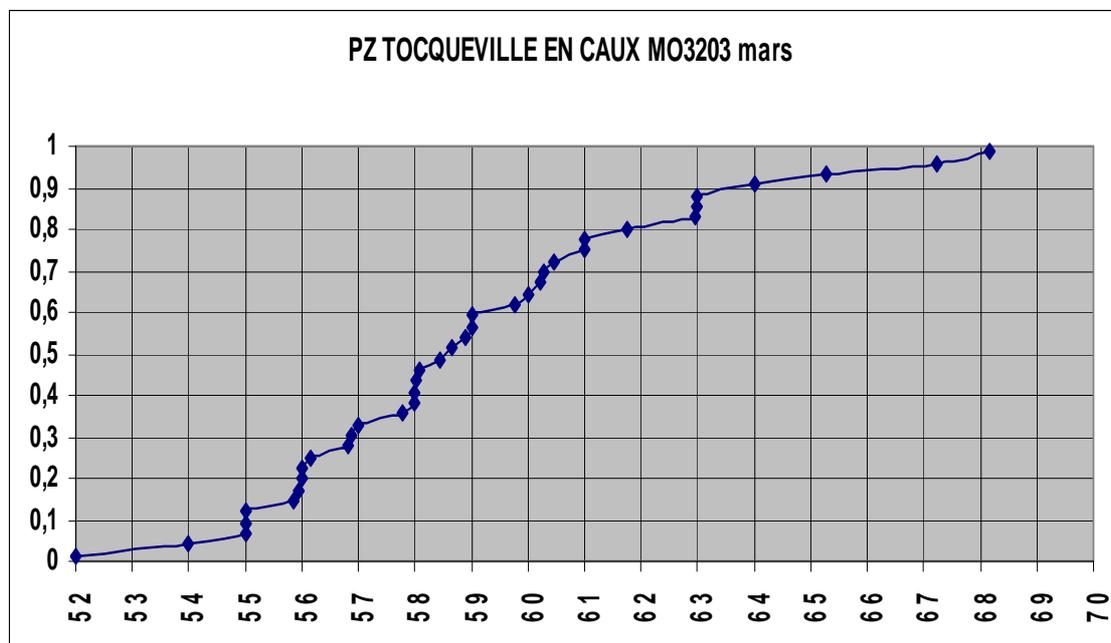


Illustration 151 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Tocqueville en Caux

4.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre Tocqueville en Caux

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
ngf janv trié	54.0	55.0	56.0	58.1	61.0	63.1	64.0
ngf fev trié	54.0	55.0	56.0	58.0	61.1	63.9	65.7
ngf mars trié	54.0	55.0	56.0	58.4	61.8	64.0	67.2
ngf avril trié	54.0	55.0	56.0	59.0	62.0	63.9	67.9
ngf mai trié	53.2	55.0	56.0	59.0	62.0	63.9	67.4
ngf juin trié	53.0	55.0	55.8	59.0	62.0	64.0	66.4
ngf juil trié	53.0	55.0	55.4	59.0	62.0	63.9	65.1
ngf aout trié	53.0	55.0	56.0	58.6	62.0	63.4	64.2
ngf sept trié	53.0	55.0	56.0	58.4	61.3	63.0	64.0
ngf oct trié	53.0	54.9	55.8	58.0	61.0	63.0	63.3
ngf nov trié	53.5	54.3	55.6	58.0	61.3	62.2	62.9
ngf dec trié	54.0	54.3	56.0	58.0	61.1	62.2	64.0

Illustration 152 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Tocqueville en Caux

Toutes les courbes sont distinctes les unes des autres.

Les extrêmes vont de 53 à 54m avec les mois les plus secs de juin à octobre (20 ans secs), de 54.3 à 55m avec l'étiage en décembre-novembre-octobre (10 ans secs), de 55.4 à 56m avec les niveaux les plus bas en juillet-novembre et juin (5 ans secs), de

58 à 59m pour la médiane, de 61 à 62m (5 ans humides), de 62.2 à 64m (10 ans humides) et de 62.9 à 67.9m (20 ans humides).

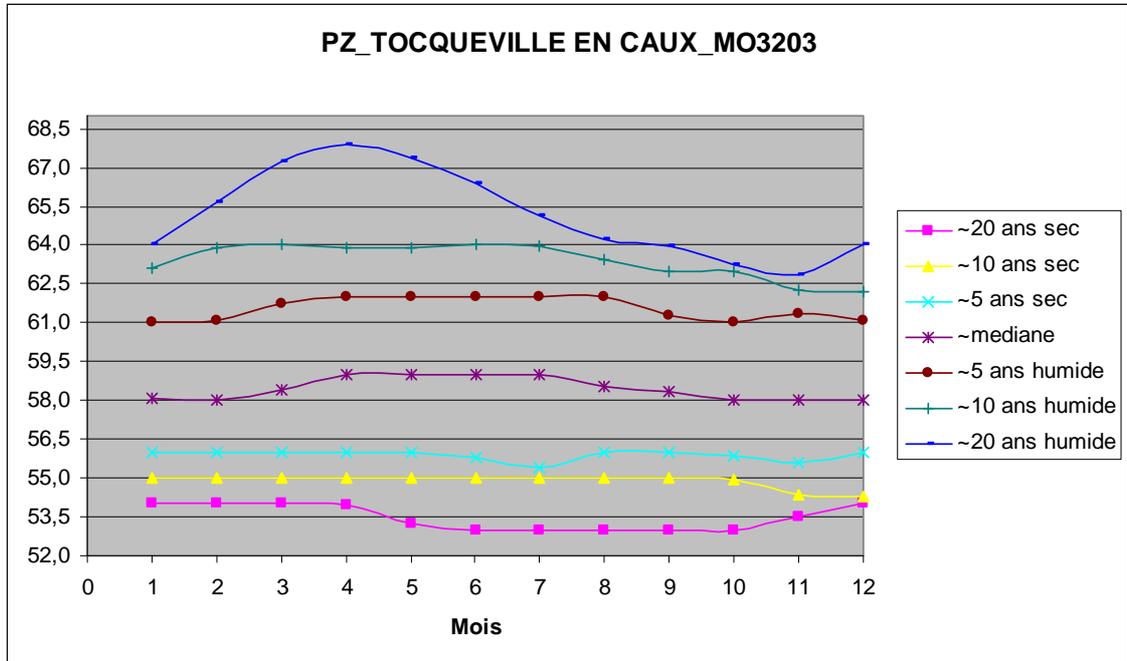


Illustration 153 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Tocqueville en Caux

5. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION GANZEVILLE SUR LA RIVIERE GANZEVILLE

5.1. Distribution des débits et autocorrélogramme

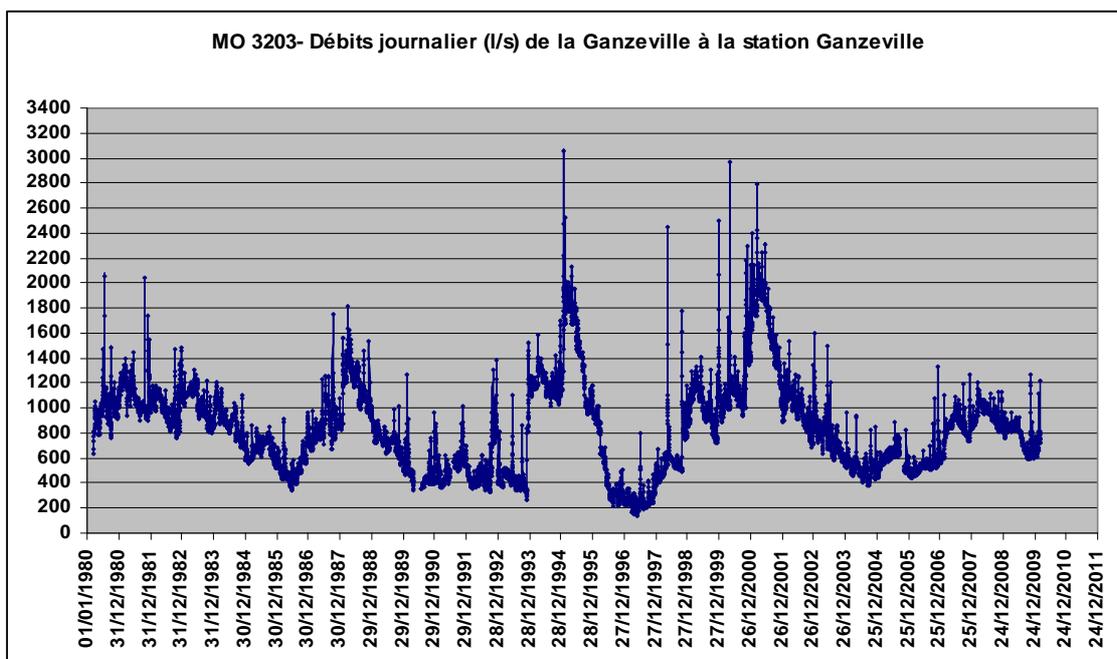


Illustration 154 : Chronique des débits à la station Ganzeville

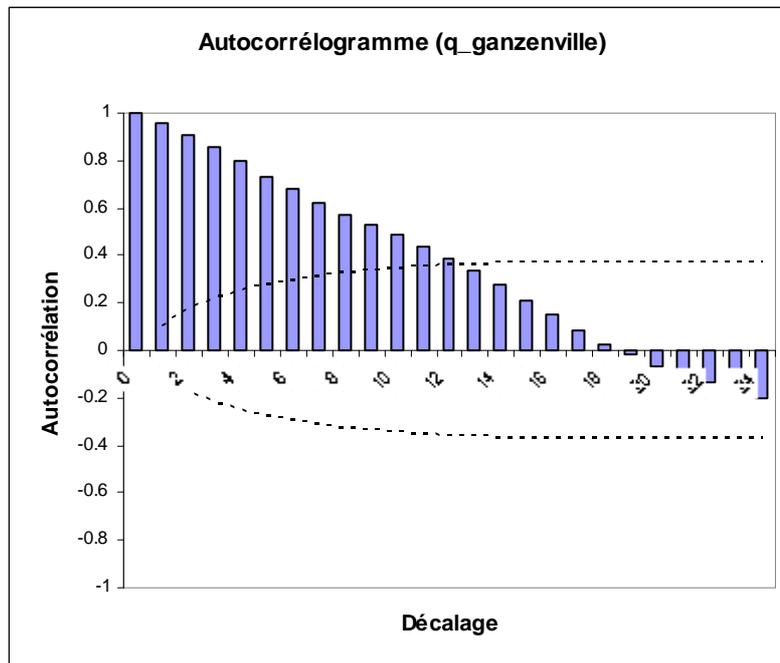


Illustration 155 : Autocorrélogramme des débits à la station Ganzenville (décalage en mois)

Les mesures de débits sont bien corrélées entre elles sur 4 mois (0.8) à 8 mois (0.6).

6. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE GANZEVILLE A LA STATION GANZEVILLE ET LES PIEZOMETRES DE LA MASSE D'EAU

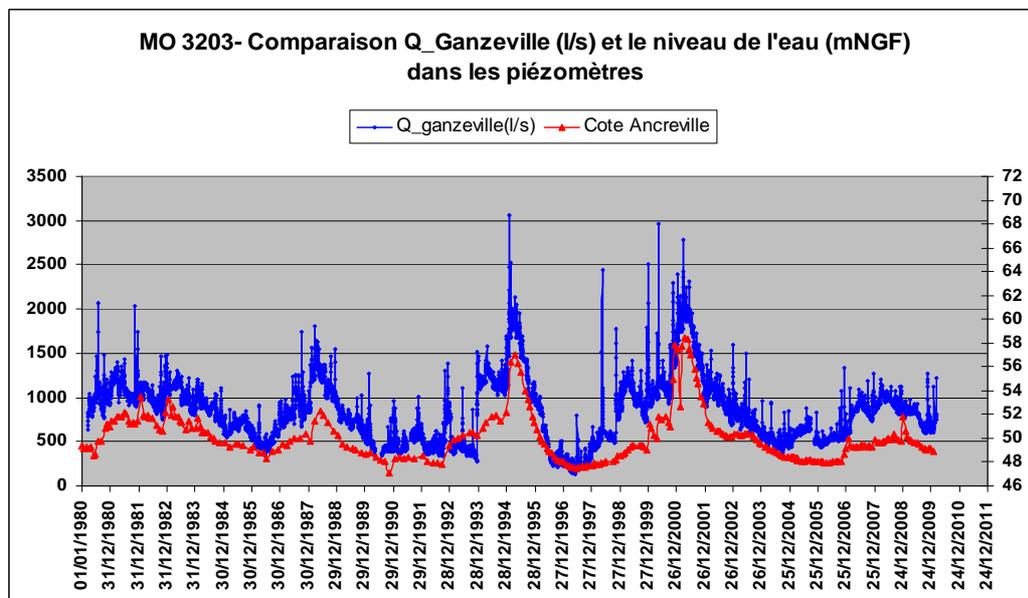


Illustration 156 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Ancretteville et des débits à Ganzenville

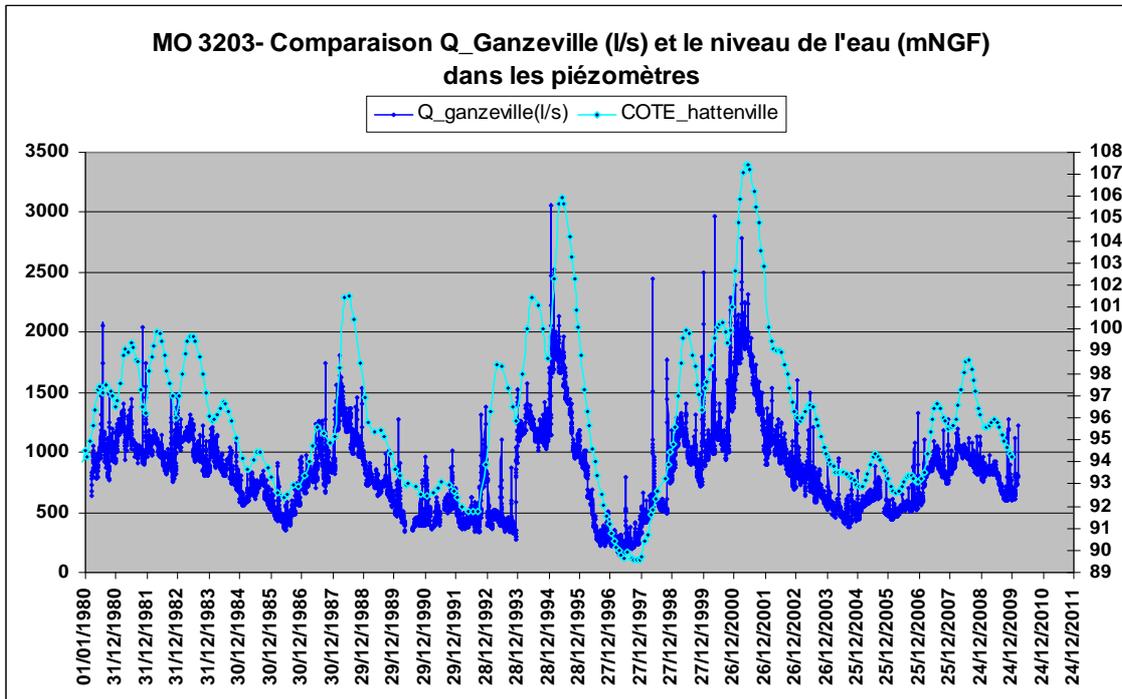


Illustration 157 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Hattenville et des débits à Ganzeville

6.1. Corrélogrammes croisés des moyennes mensuelles des débits et des niveaux

Avec le piézomètre Ancretteville

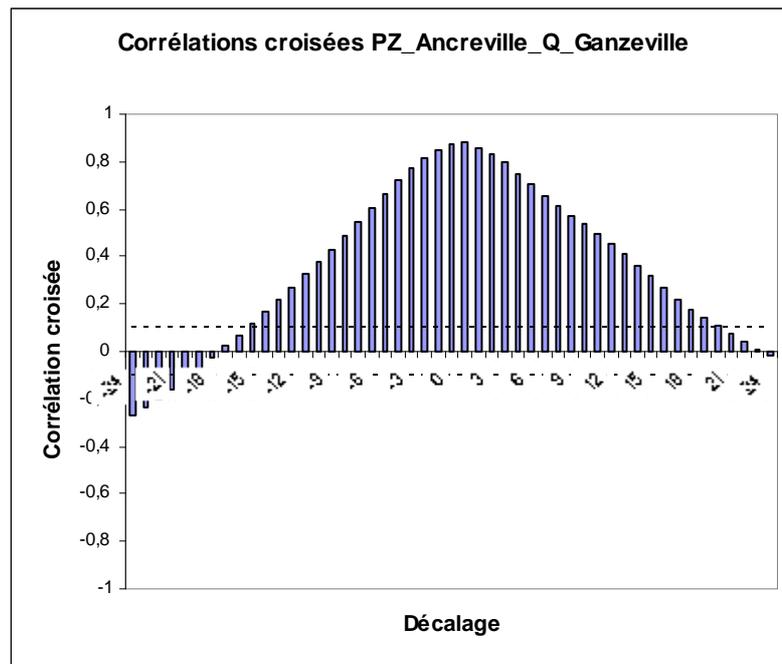


Illustration 158 : Corrélogramme croisé du débit à la station Ganzeville et des niveaux du piézomètre Ancretteville (décalage en mois)

Les données sont bien corrélées entre elles (>0.6).

Avec le piézomètre Hattenville

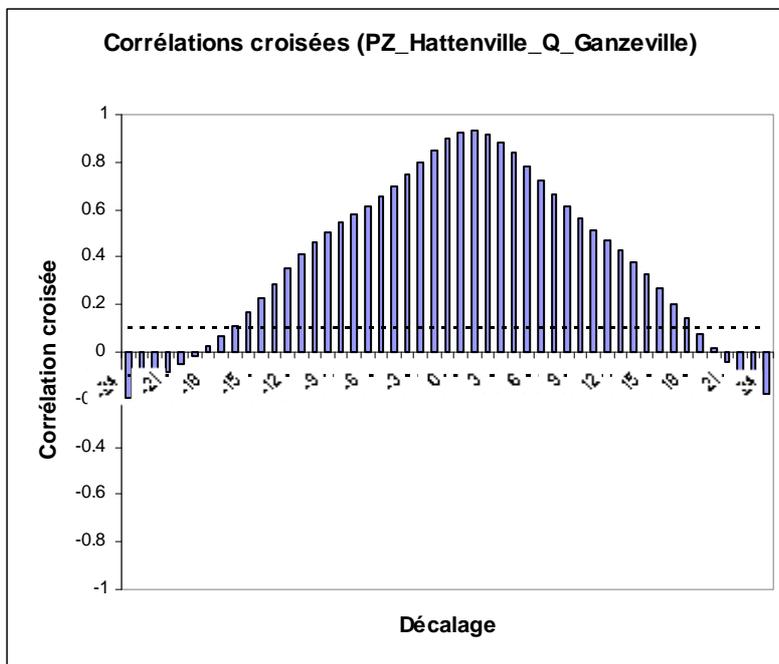


Illustration 159 : Corrélogramme croisé du débit à la station Ganzeville et des niveaux du piézomètre Hattenville (décalage en mois)

6.2. Relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière Ganzeville à la station Ganzeville et le niveau moyen mensuel des piézomètres pour la même année

Avec le piézomètre Ancretteville

Mois	Coefficient de détermination R^2
octobre	0.6878
août	0.6804
septembre	0.6708
juillet	0.6416
novembre	0.5998
mai	0.5569
juin	0.5569
avril	0.5256
mars	0.4978
décembre	0.4977
février	0.4602
janvier	0.4248

Illustration 160 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

Les mois les mieux corrélés sont ceux de l'été et de l'automne ce qui n'est pas intéressant pour la prévision de l'étiage.

Avec le piézomètre Hattenville

Mois	Coefficient de détermination R^2
novembre	0.8061
octobre	0.798
septembre	0.7911
août	0.7846
décembre	0.7819
juillet	0.7635
juin	0.7383
mai	0.701
avril	0.6549
mars	0.5834
février	0.4924
janvier	0.3772

Illustration 161 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

La corrélation entre la rivière Ganzeville et le piézomètre Hattenville est bonne (>0.6) sur la majorité des mois de l'année. Pour le prévisionnel avant l'étiage dans la rivière, les mois d'avril à juin peuvent être utilisés et le tableau ci-dessous présente les niveaux repères (cotes piézométriques) pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique.

Département	Rivière	Station suivie	Piézomètre	MO	Mois de réf	coef R ²	Seuil de vigilance (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m ³ /s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
76	Ganzeville	Ganzeville	Hattenville	3203	juin	0.738	0.52	95.4	0.31	92.4	0.24	91.35	0.19	90.6	0.4	93.6	n.c.	
76	Ganzeville	Ganzeville	Hattenville	3203	mai	0.701	0.52	95.2	0.31	92.2	0.24	91.3	0.19	90.6	0.4	93.5	n.c.	
76	Ganzeville	Ganzeville	Hattenville	3203	avril	0.655	0.52	95.1	0.31	92.3	0.24	91.4	0.19	90.7	0.4	93.5	n.c.	

Illustration 162 : Cotes piézométriques correspondant aux seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les mois de début d'année dont le coefficient de corrélation est supérieur à 0.6

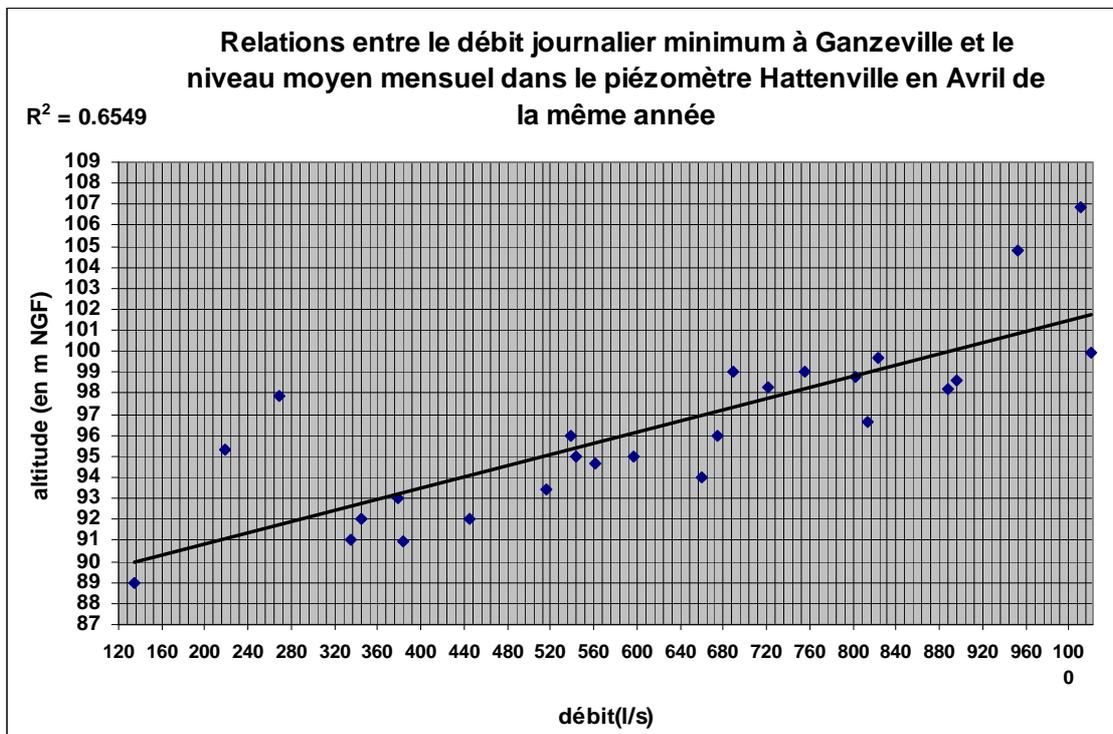


Illustration 163 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Ganzeville et le niveau moyen mensuel du piézomètre Hattenville pour le mois d'avril de la même année

6.3. Relations entre le niveau journalier le plus haut des piézomètres (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Ganzeville (année civile)

Avec le piézomètre Ancretteville

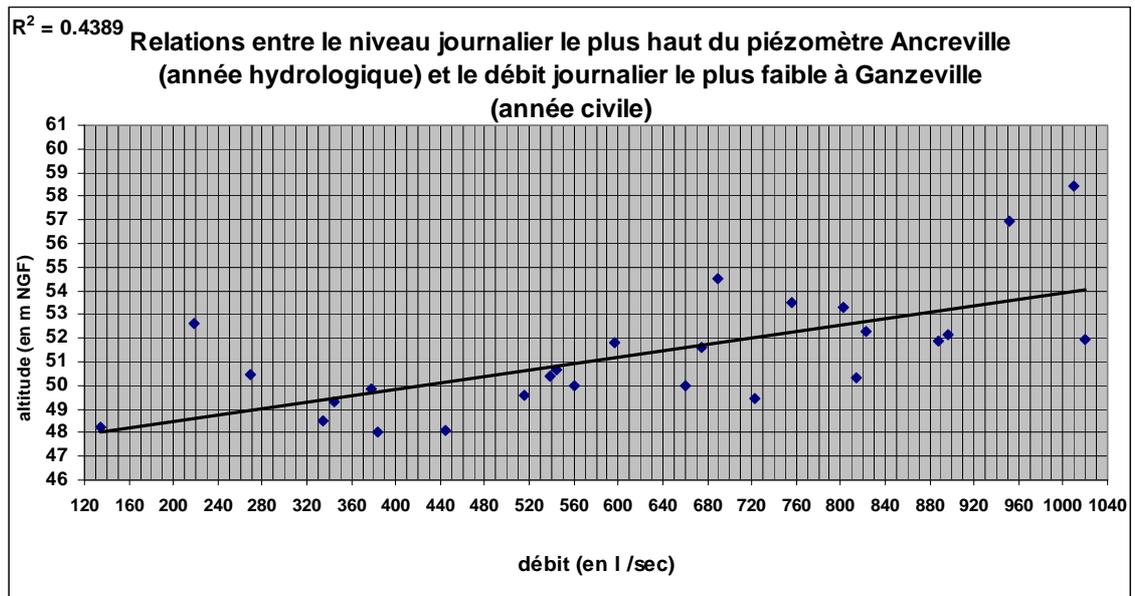


Illustration 164 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Ancretteville (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Ganzeville (année civile)

Cette corrélation n'est pas exploitable.

Avec le piézomètre Hattenville

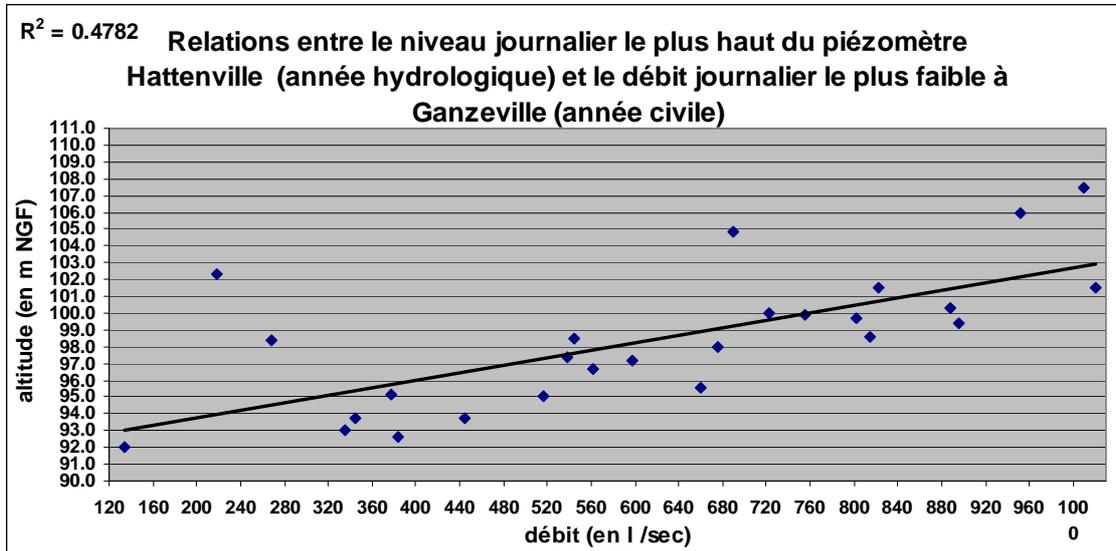


Illustration 165 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Hattenville (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Ganzeville (année civile)

Cette corrélation n'est pas exploitable.

7. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION VITTEFLEUR SUR LA RIVIERE LE DURDENT

7.1. Distribution des débits et autocorrélogramme

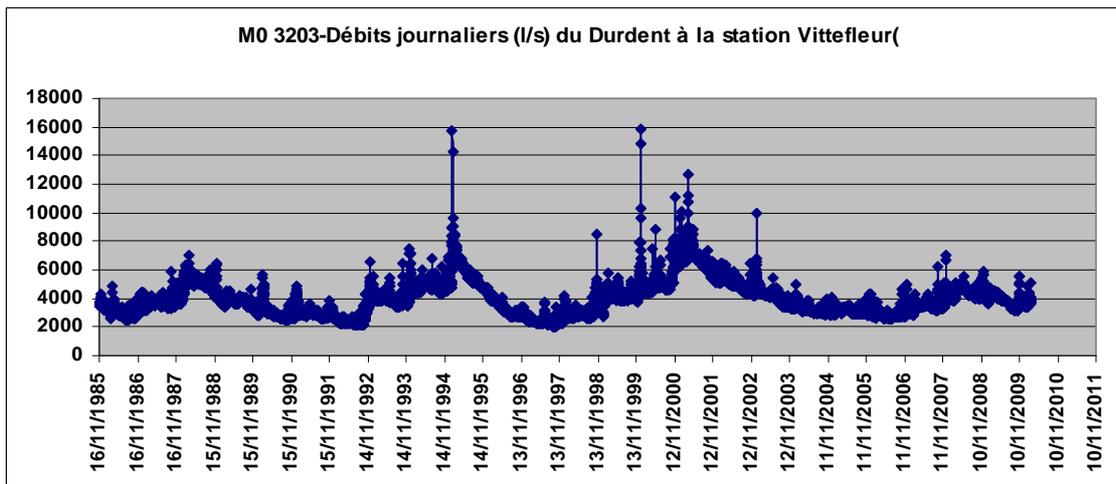


Illustration 166 : Chronique des débits à la station Vittefleury

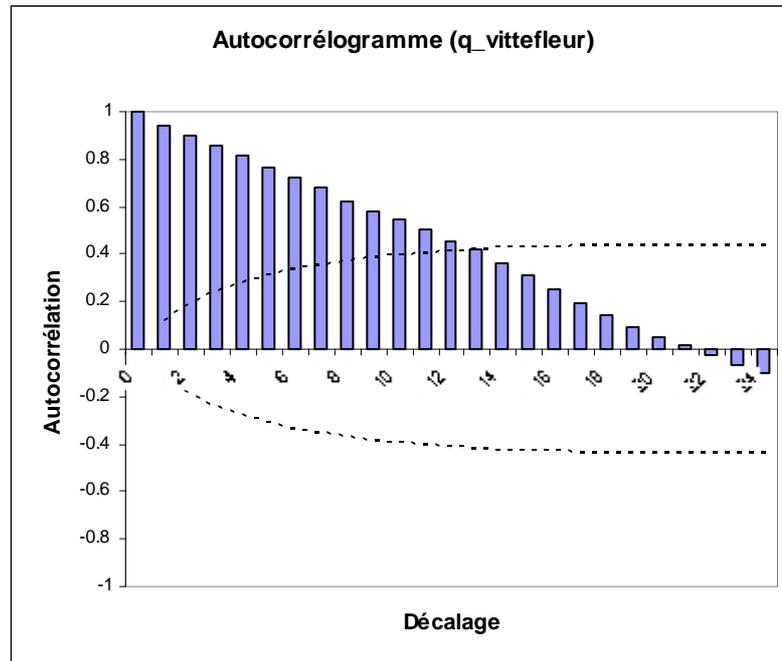


Illustration 167 : Autocorrélogramme des débits à la station Vittefleur (décalage en mois)

Les mesures de débits sont bien corrélées entre elles sur 5 mois (0.8) à 9 mois (0.6).

8. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE LE DURDENT A LA STATION VITTEFLEUR ET LES PIEZOMETRES DE LA MASSE D'EAU

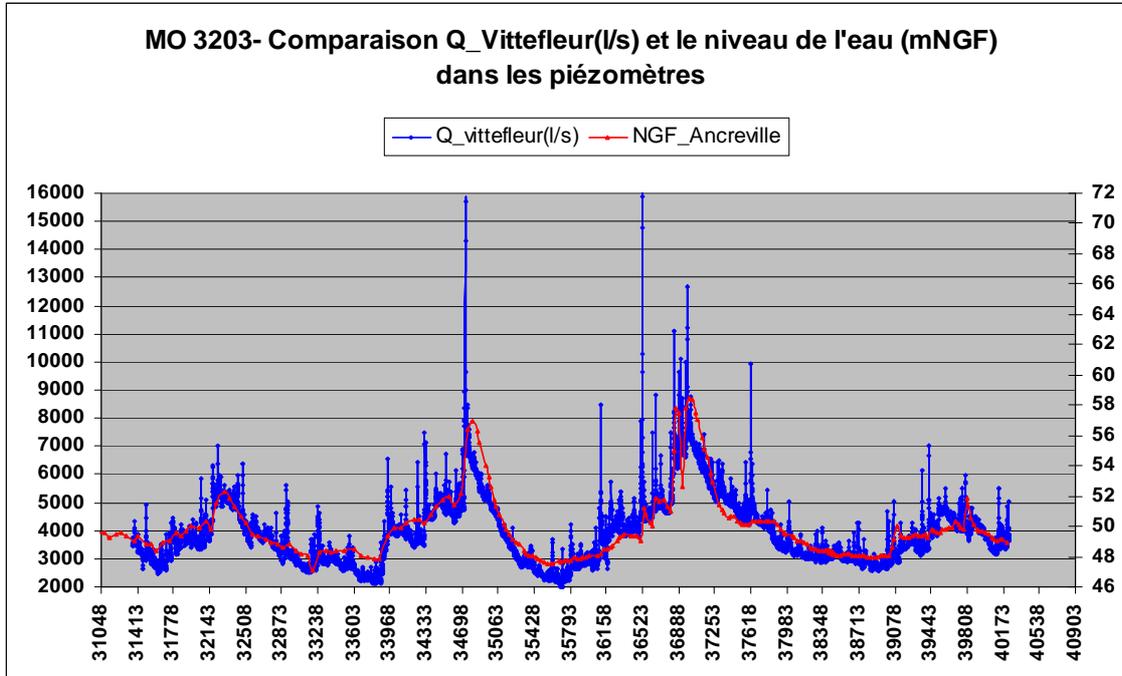


Illustration 168 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Ancretteville et des débits à Vittefleur

8.1. Corrélogramme croisé des moyennes mensuelles des débits et des niveaux du piézomètre Ancretteville

Les niveaux du piézomètre sont parfaitement ajustés à ceux des débits de Durdent.

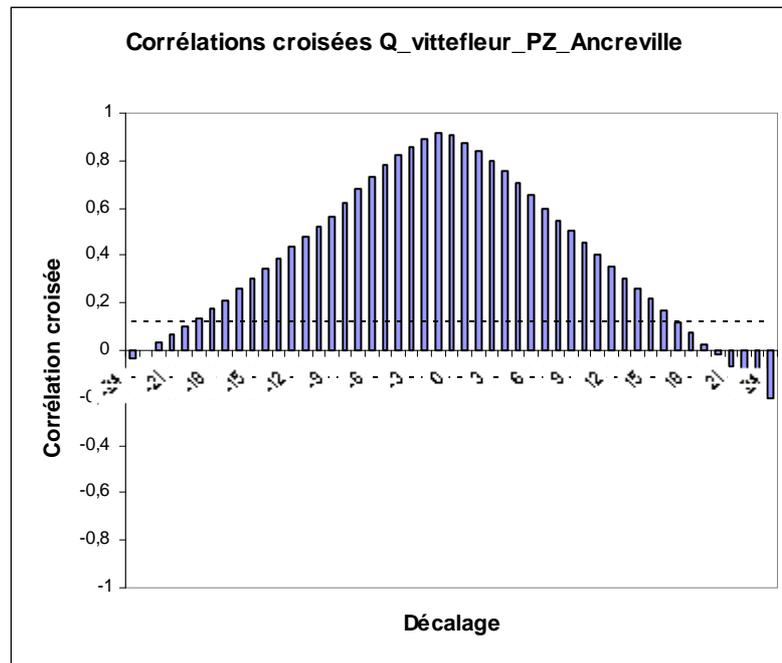


Illustration 169 : Corrélogramme croisé du débit à la station Vittefleury et des niveaux du piézomètre Ancretteville (décalage en mois)

8.2. Relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière Le Durdent à la station Vittefleury et le niveau moyen mensuel du piézomètre Ancretteville pour la même année

Mois	Coefficient de détermination R^2
septembre	0.8763
août	0.8717
octobre	0.8699
juillet	0.8233
juin	0.7908
mai	0.7556
novembre	0.7334
avril	0.73
mars	0.7208
janvier	0.6959
février	0.6692
décembre	0.5582

Illustration 170 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

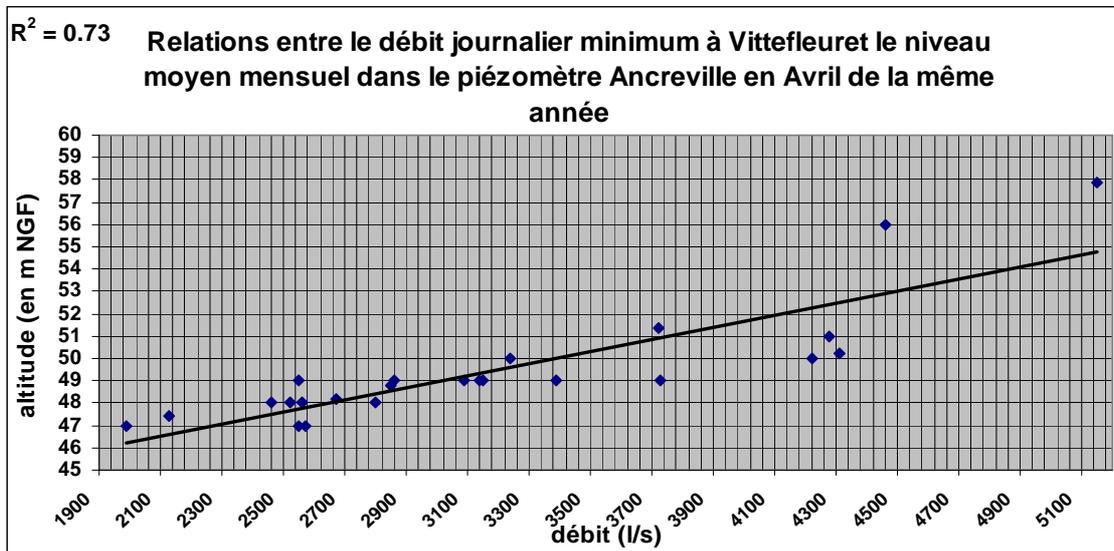


Illustration 171 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Vittefleuret et le niveau moyen mensuel du piézomètre Ancretteville pour le mois d'avril de la même année

Pour le prévisionnel avant l'étiage dans la rivière, les mois de mars à juin peuvent être utilisés et le tableau ci-dessous présente les niveaux repères (cotes piézométriques) pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique.

Département	Rivière	Station suivie	Piezomètre	MO	Mois de réf	coef R2	Seuil de vigilance (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m³/s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m³/s)	cote piézo (m)	QMNAS	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
76	Durdent	Vittefleuret	Ancreville	3203	juin	0.7908	2.9	48.8	2.55	47.8	2.25	47	2	46.4	2.7	48.2	3.49	49.95
76	Durdent	Vittefleuret	Ancreville	3203	mai	0.7556	2.9	48.7	2.55	47.8	2.25	46.9	2	46.25	2.7	48.2	3.49	50
76	Durdent	Vittefleuret	Ancreville	3203	avril	0.73	2.9	48.7	2.55	47.7	2.25	46.9	2	46.2	2.7	48.1	3.49	50.4
76	Durdent	Vittefleuret	Ancreville	3203	mars	0.7208	2.9	48.75	2.55	47.8	2.25	47.1	2	46.4	2.7	48.2	3.49	50.3

Illustration 172 : Cotes piézométriques correspondant aux seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les mois de début d'année dont le coefficient de corrélation est supérieur à 0.6

8.3. Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Ancretteville (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Vittefleury (année civile)

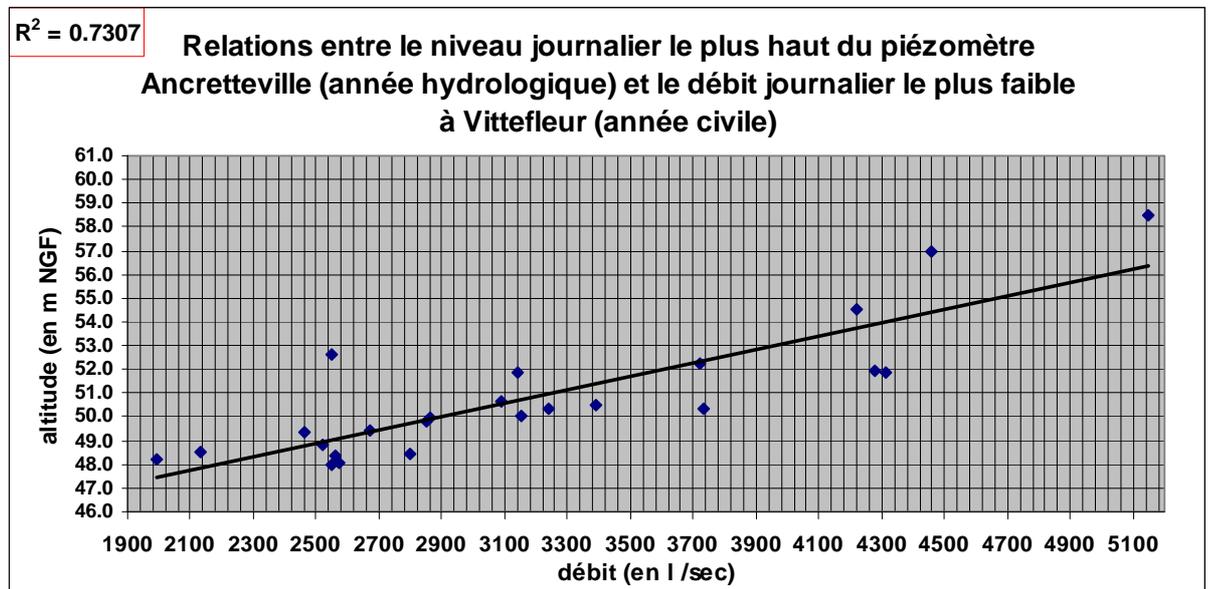


Illustration 173 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre d'Ancretteville (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Vittefleury (année civile)

Par cette approche, le niveau de corrélation est équivalent à celui obtenu avec la comparaison précédente, il atteint 73%. Le niveau repère est 49.5m pour un QMNA5 de 2700 l/s.

9. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION VAL DE SAANE SUR LA RIVIERE SAANE

9.1. Distribution des débits et autocorrélogramme

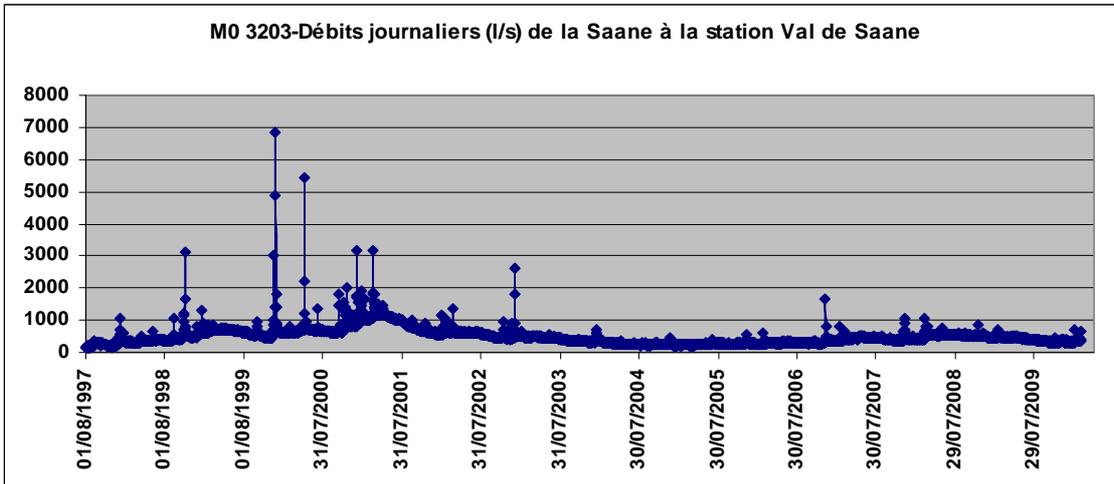


Illustration 174 : Chronique des débits à la station Val de Saane

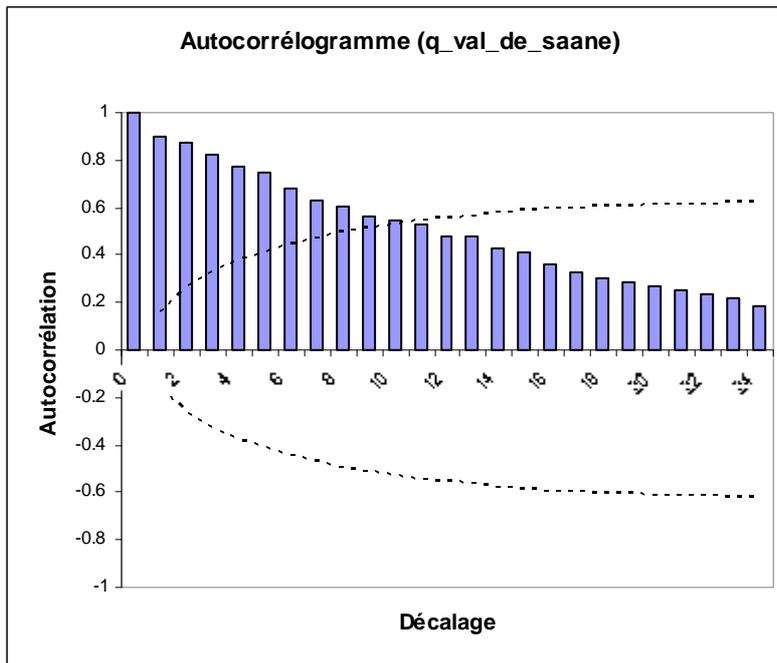


Illustration 175 : Autocorrélogramme des débits à la station Val de Saane (décalage en mois)

Les mesures de débits sont bien corrélées entre elles sur 4 mois (0.8) à 9 mois (0.6).

10. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE SAANE A LA STATION VAL DE SAANE ET LES PIEZOMETRES DE LA MASSE D'EAU

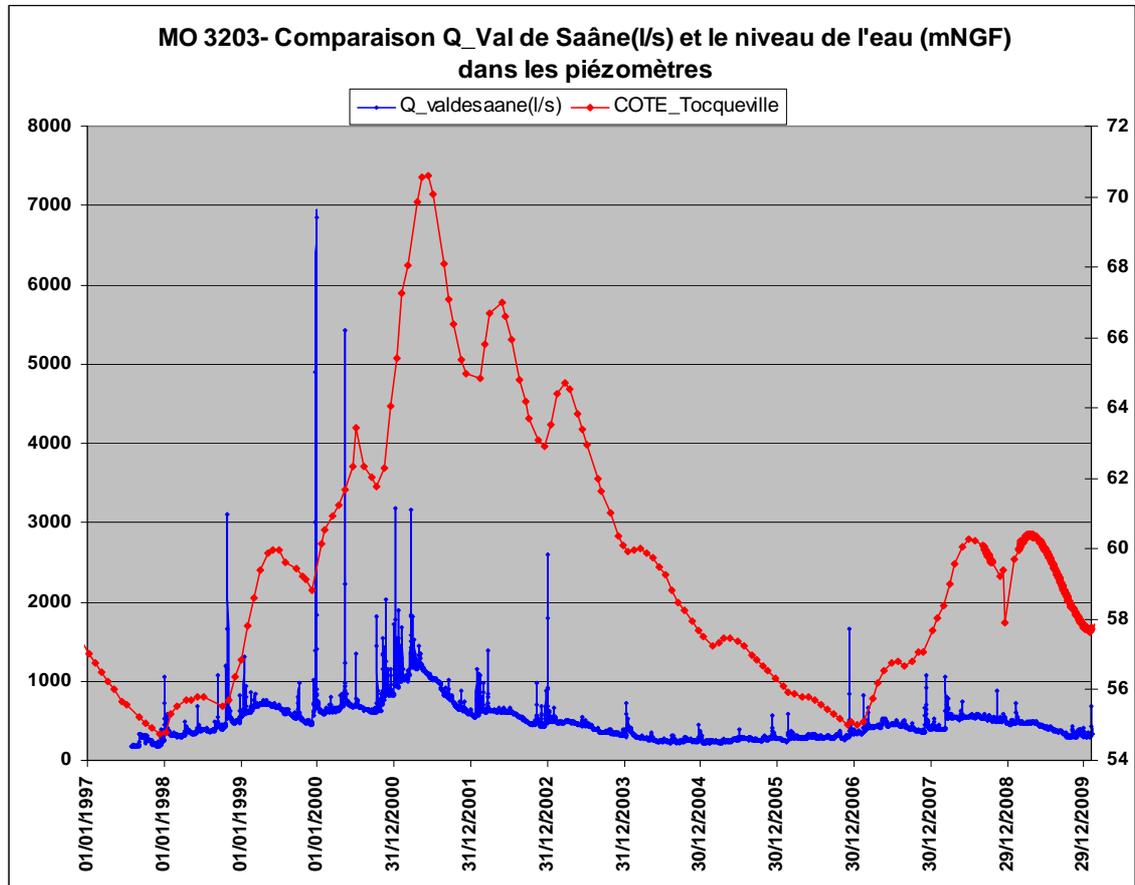


Illustration 176 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Tocqueville et des débits à Val de Saane

10.1. Corrélogramme croisé des moyennes mensuelles des débits et les niveaux de Tocqueville

Les niveaux du piézomètre sont complètement décalés par rapport à l'évolution des niveaux dans la rivière. Malgré tout, les corrélations croisées sont bonnes.

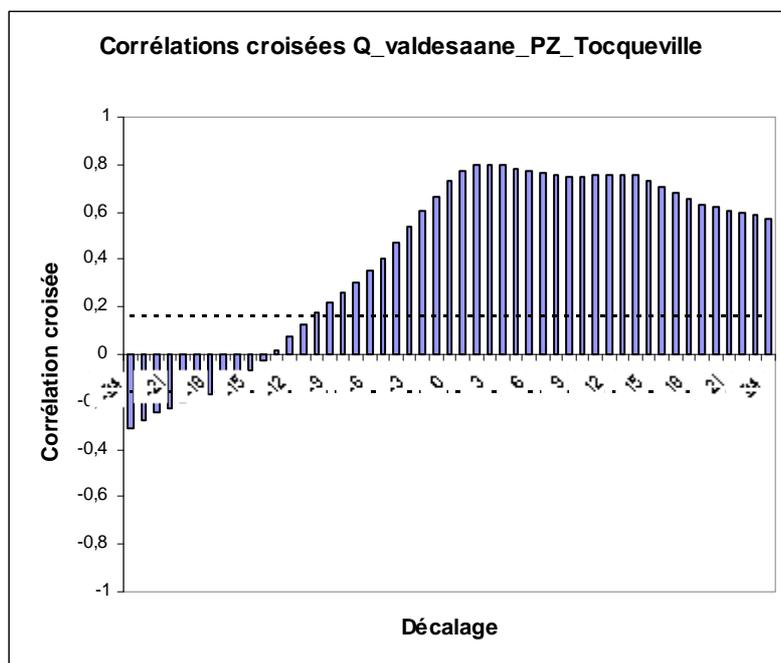


Illustration 177 : Corrélogramme croisé du débit à la station Val de Saane et des niveaux du piézomètre Tocqueville (décalage en mois)

10.2. Relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière Saane à la station Val de Saane et le niveau moyen mensuel du piézomètre Tocqueville pour la même année

Mois	Coefficient de détermination R^2
décembre	0.7941
novembre	0.725
octobre	0.6263
septembre	0.6088
août	0.5723
juillet	0.5669
juin	0.4898
mai	0.4346
avril	0.3916
mars	0.3081
février	0.2859
janvier	0.2347

Illustration 178 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

Les corrélations entre les débits minimums de la rivière Saane et les niveaux moyens mensuels dans le piézomètre de Tocqueville ne sont bonnes que de septembre à décembre. Il n'est possible de déterminer d'indicateur pour l'été.

10.3. Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Tocqueville (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Val de Saane (année civile)

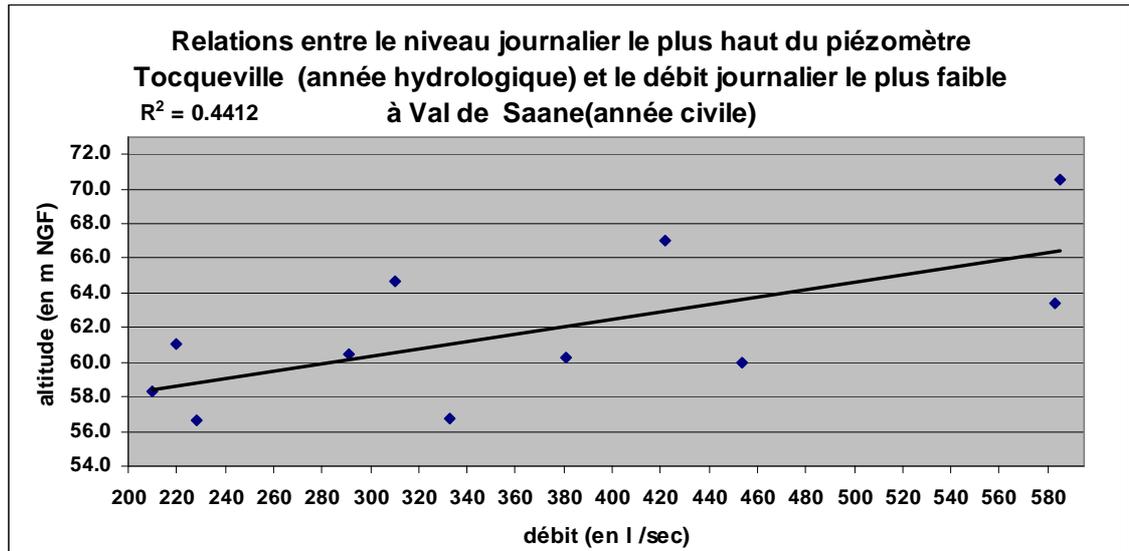


Illustration 179 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Tocqueville (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Val de Saane (année civile)

La corrélation est trop faible pour être retenue.

11. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION BOURG-DUN SUR LA RIVIERE LE DUN

11.1. Distribution des débits et autocorrélogramme

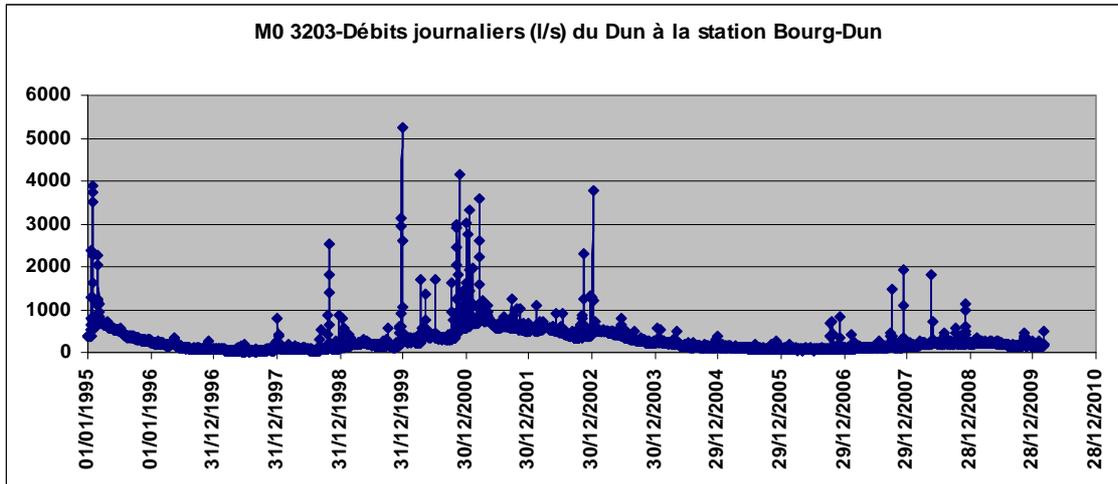


Illustration 180 : Chronique des débits à la station Bourg Dun

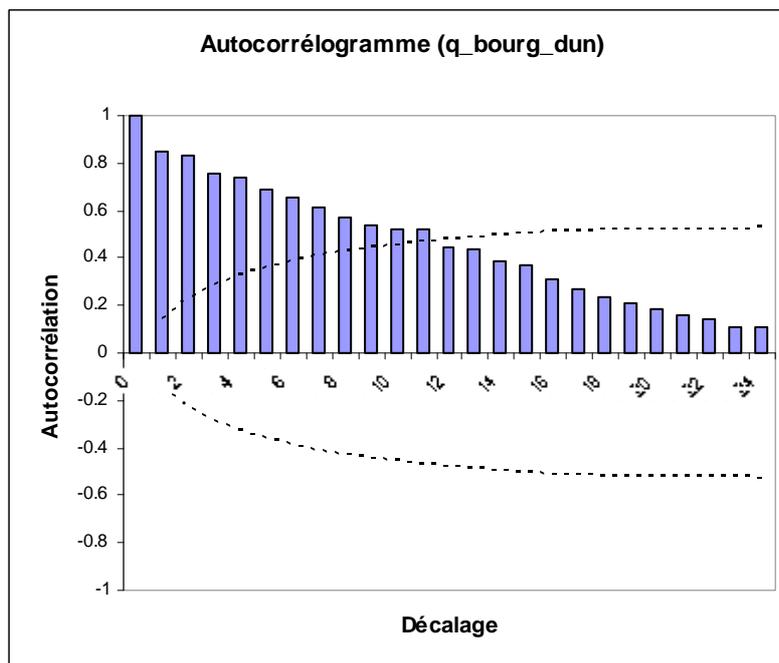


Illustration 181 : Autocorrélogramme des débits à la station Bourg Dun (décalage en mois)

Les mesures de débits sont bien corrélées entre elles sur 3 mois (0.8) à 8 mois (0.6).

12. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE LE DUN A LA STATION BOURG-DUN ET LES PIEZOMETRES DE LA MASSE D'EAU : TOCQUEVILLE EN CAUX ET ANCRETTEVILLE

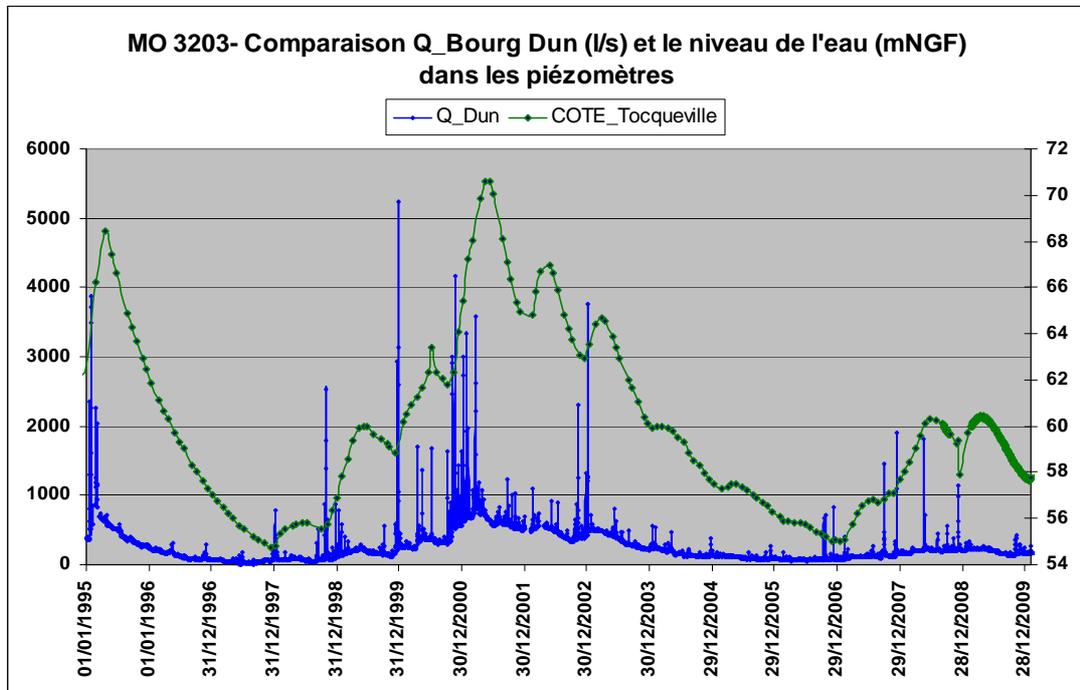


Illustration 182 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Tocqueville et des débits à Bourg Dun

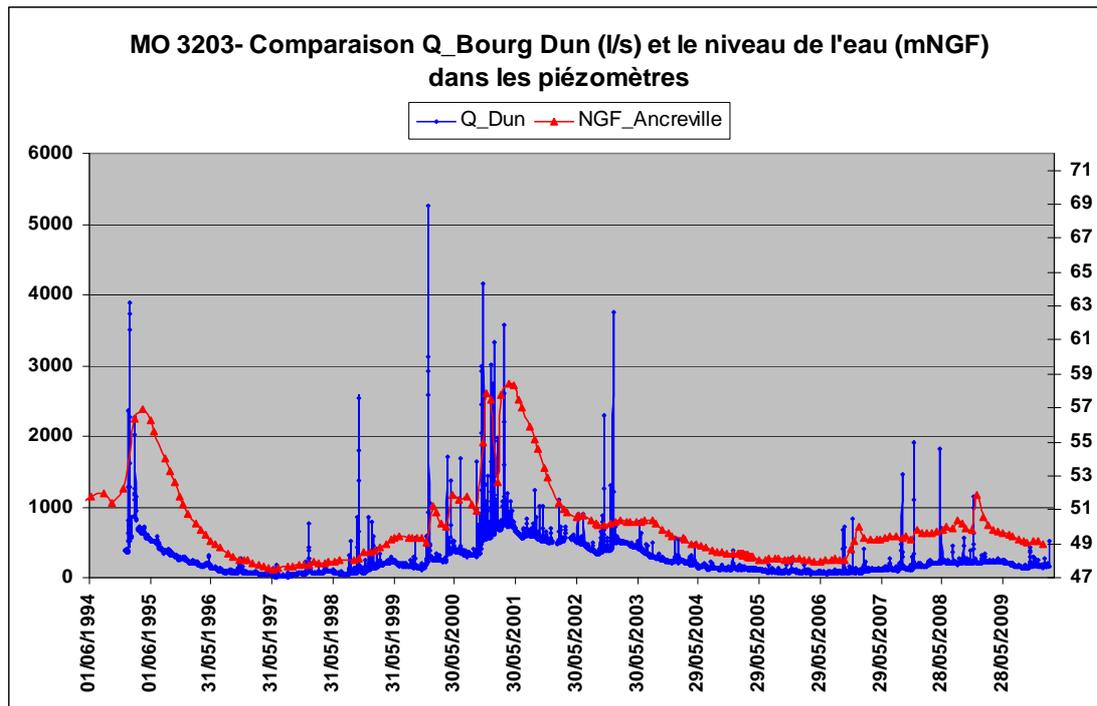


Illustration 183 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Ancretteville et des débits à Bourg Dun

12.1. Corrélogrammes croisés des moyennes mensuelles des débits et des niveaux

Avec le piézomètre Tocqueville

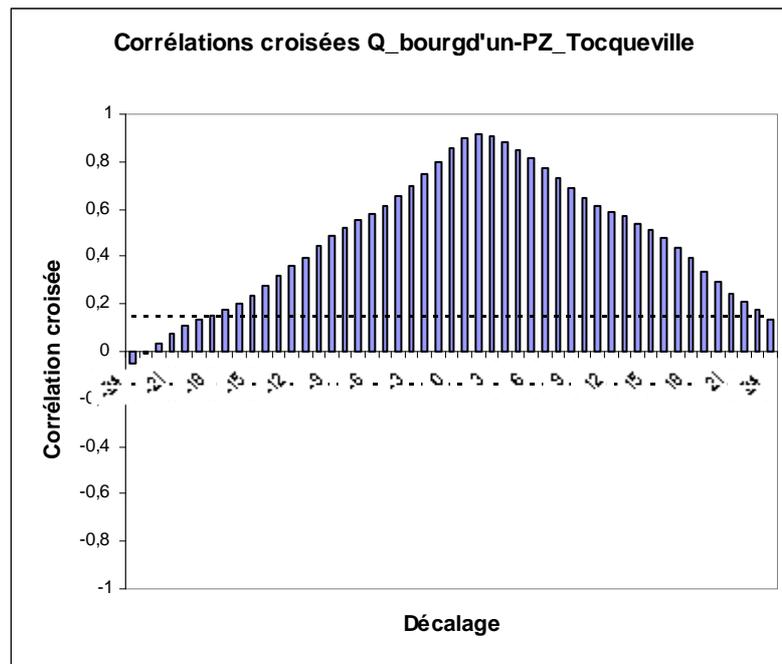


Illustration 184 : Corrélogramme croisé du débit à la station Bourg Dun et des niveaux du piézomètre Tocqueville (décalage en mois)

Bien que l'allure des courbes ne le montre pas, les données sont bien corrélées entre elles.

Avec le piézomètre Ancretteville

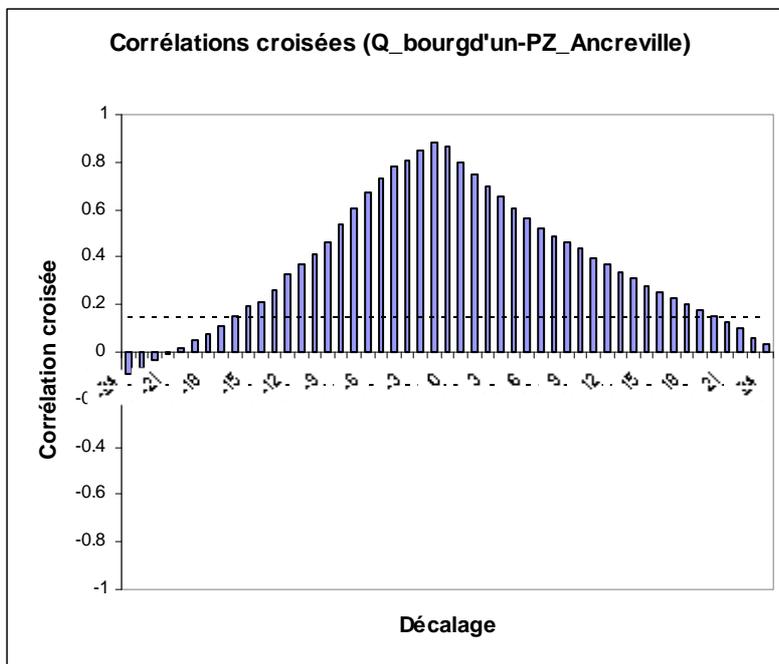


Illustration 185 : Corrélogramme croisé du débit à la station Bourg Dun et des niveaux du piézomètre Ancretteville (décalage en mois)

12.2. Relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière Le Dun à la station Bourg-Dun et le niveau moyen mensuel des piézomètres pour la même année

Avec le piézomètre Tocqueville

Mois	Coefficient de détermination R^2
juillet	0.9422
août	0.9422
septembre	0.9422
octobre	0.9422
juin	0.9401
mai	0.9191
novembre	0.8813
décembre	0.8813
avril	0.8638
mars	0.801
février	0.7518
janvier	0.6692

Illustration 186 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

Il n'y a que 13 années communes de données et l'évolution des niveaux du piézomètre n'a pas l'air bien calé avec l'évolution des débits, cependant la corrélation est excellente entre les débits du Dun et les niveaux du piézomètre Tocqueville pour tous les mois de l'année.

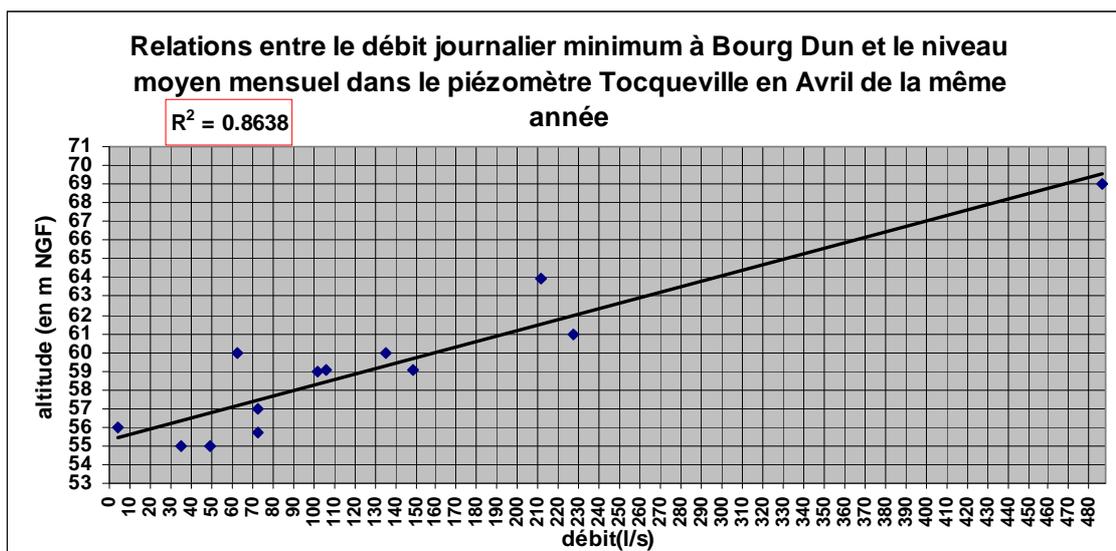


Illustration 187 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Bourg Dun et le niveau moyen mensuel du piézomètre Tocqueville pour le mois d'avril de la même année

Pour le prévisionnel avant l'étiage dans la rivière, les mois de janvier à avril peuvent être utilisés et le tableau ci-dessous présente les niveaux repères (cotes piézométriques) pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique.

Département	Rivière	Station suivie	Piezomètre	MO	Mois de réf	coef R ²	Seuil de vigilance (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m ³ /s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
76	Dun	Bourg Dun	Tocqueville	3203	avril	0.864	0.11	58.6	0.054	57	0.037	56.4	0.33	56.35	0.069	57.4	0.16	60
76	Dun	Bourg Dun	Tocqueville	3204	mars	0.801	0.11	58.4	0.054	56.95	0.037	56.4	0.33	56.3	0.069	57.35	0.16	59.8
76	Dun	Bourg Dun	Tocqueville	3205	février	0.752	0.11	58.2	0.054	56.8	0.037	56.4	0.33	56.3	0.069	57.2	0.16	59.5
76	Dun	Bourg Dun	Tocqueville	3206	janvier	0.669	0.11	58	0.054	56.8	0.037	56.45	0.33	56.4	0.069	57.2	0.16	59.1

Illustration 188 : Cotes piézométriques correspondant aux seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les mois de début d'année dont le coefficient de corrélation est supérieur à 0.6

Avec le piézomètre Ancretteville

Mois	Coefficient de corrélation R ²
août	0.9628
juin	0.9565
juillet	0.9558
septembre	0.9555
mai	0.9381
avril	0.9279
octobre	0.9273
mars	0.9162
janvier	0.8686
février	0.839
novembre	0.6262
décembre	0.3565

Illustration 189 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R²

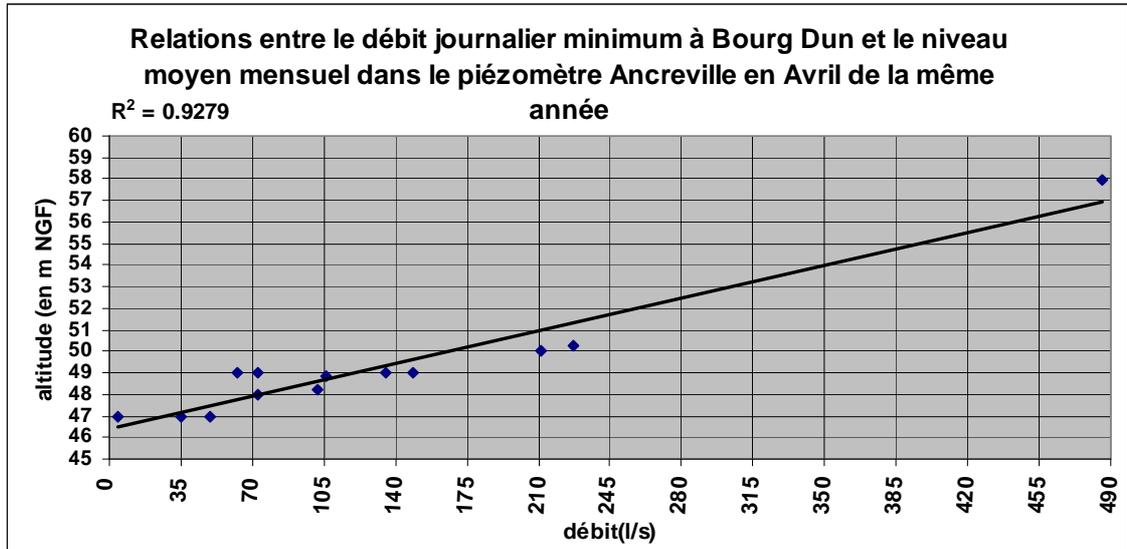


Illustration 190 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Bourg Dun et le niveau moyen mensuel du piézomètre Ancretteville pour le mois d'avril de la même année

Exceptés novembre et décembre, tous les mois de l'année sont très bien corrélés entre eux. Pour le prévisionnel avant l'étiage dans la rivière, les mois de janvier à juin peuvent être utilisés et le tableau ci-dessous présente les niveaux repères (cotes piézométriques) pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les quatre premiers mois de l'année.

Département	Rivière	Station suivie	Piézomètre	MO	Mois de réf	coef R2	Seuil de vigilance (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforc	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
76	Dun	Bourg Dun	Ancreville	3203	avril	0.928	0.11	48.8	0.054	47.6	0.037	47.2	0.33	47.1	0.069	47.9	0.16	49.9
76	Dun	Bourg Dun	Ancreville	3203	mars	0.916	0.11	48.8	0.054	47.7	0.037	47.3	0.33	47.2	0.069	48	0.16	49.8
76	Dun	Bourg Dun	Ancreville	3203	janvier	0.869	0.11	49	0.054	48.2	0.037	47.9	0.33	47.8	0.069	48.4	0.16	49.8
76	Dun	Bourg Dun	Ancreville	3203	février	0.839	0.11	48.8	0.054	48.15	0.037	47.9	0.33	47.9	0.069	48.3	0.16	49.5

Illustration 191 : Cotes piézométriques correspondant aux seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les mois de début d'année dont le coefficient de corrélation est supérieur à 0.6

12.3. Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Tocqueville (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Bourg Dun (année civile)

Avec le piézomètre Tocqueville

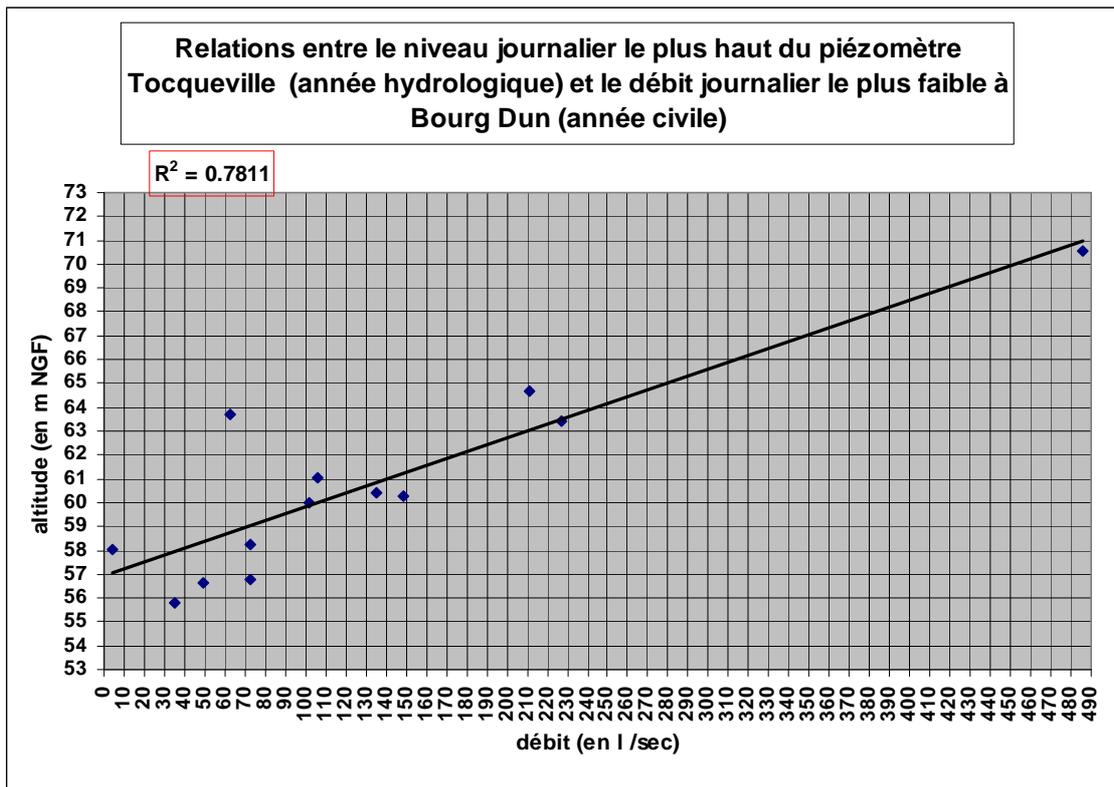


Illustration 192: Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Tocqueville (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Bourg Dun (année civile)

Ce graphique peut permettre, également, de définir des niveaux repères pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique. Par exemple, la probabilité est de 78% que le QMNA5 soit atteint pour un niveau de référence de 59m.

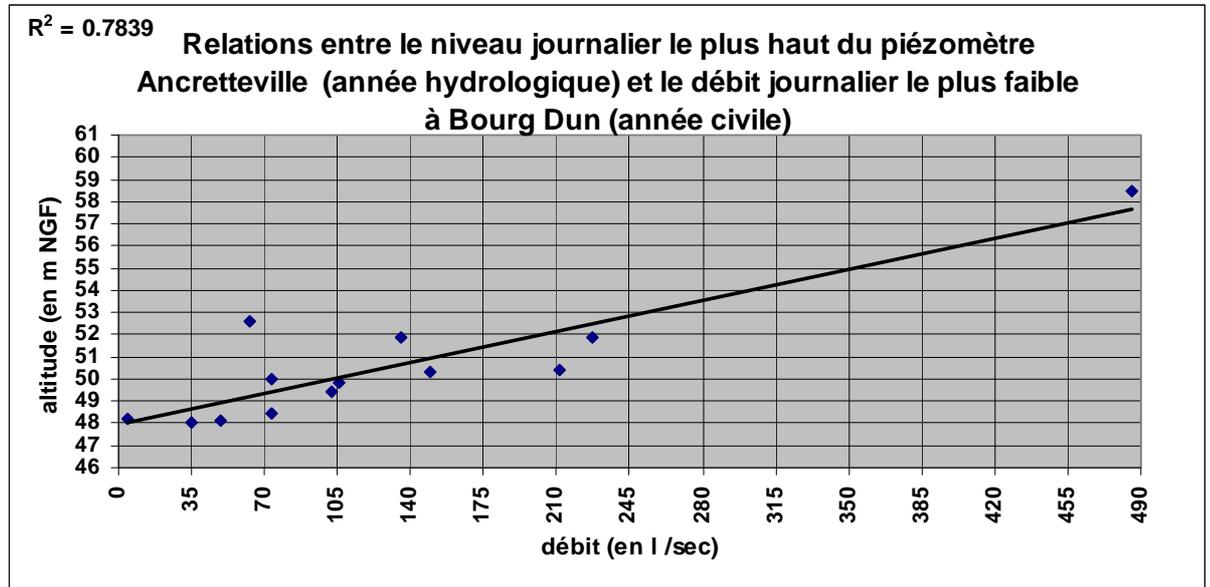
Avec le piézomètre Ancretteville

Illustration 193 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Ancretteville (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Bourg Dun (année civile)

Ce graphique peut permettre, également, de définir des niveaux repères pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique, par exemple la probabilité est de 78% que le QMNA5 (69l/s) du Dun soit atteint pour un niveau de référence de 49.5m sur le piézomètre Ancretteville. Ce qui est très différent de la cote déduite de l'approche précédente.

13. COMPARAISON DES RESULTATS DE L'ANALYSE FREQUENTIELLE ET CEUX OBENUS AVEC LA MODELISATION TEMPO

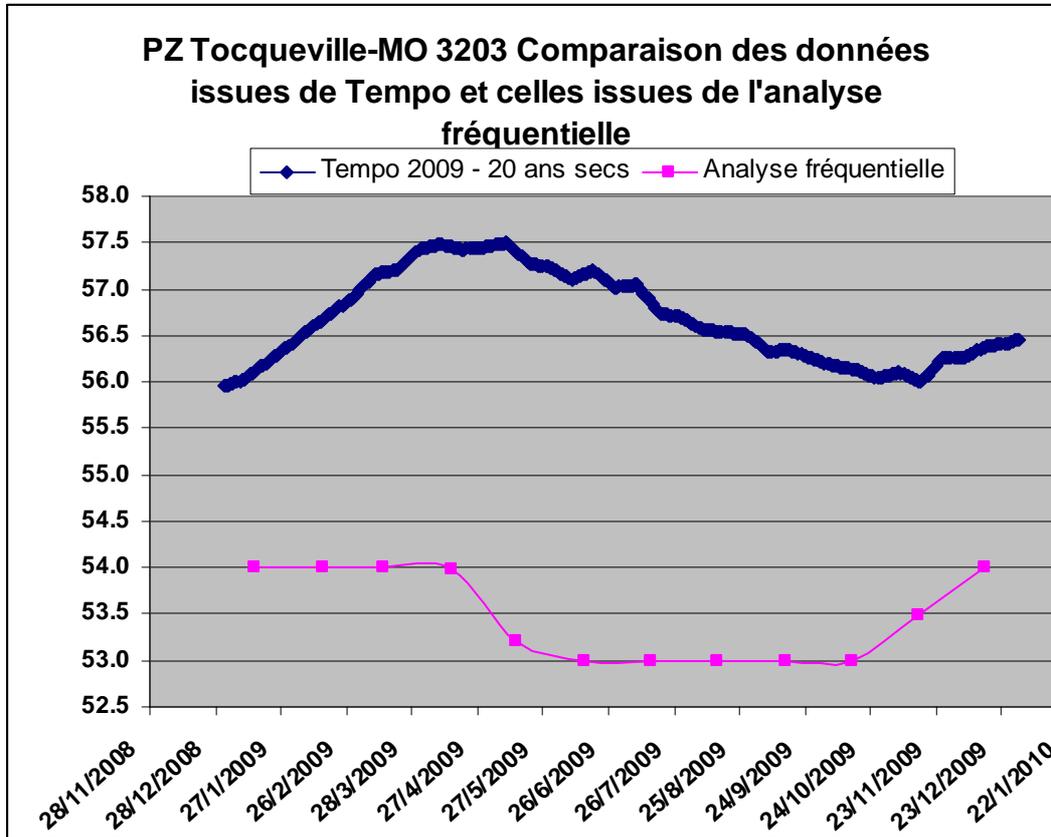


Illustration 194 : Piézomètre Tocqueville, comparaison entre les résultats de l'analyse fréquentielle et ceux de la prévision Tempo 2009 pour l'occurrence de 20 ans secs

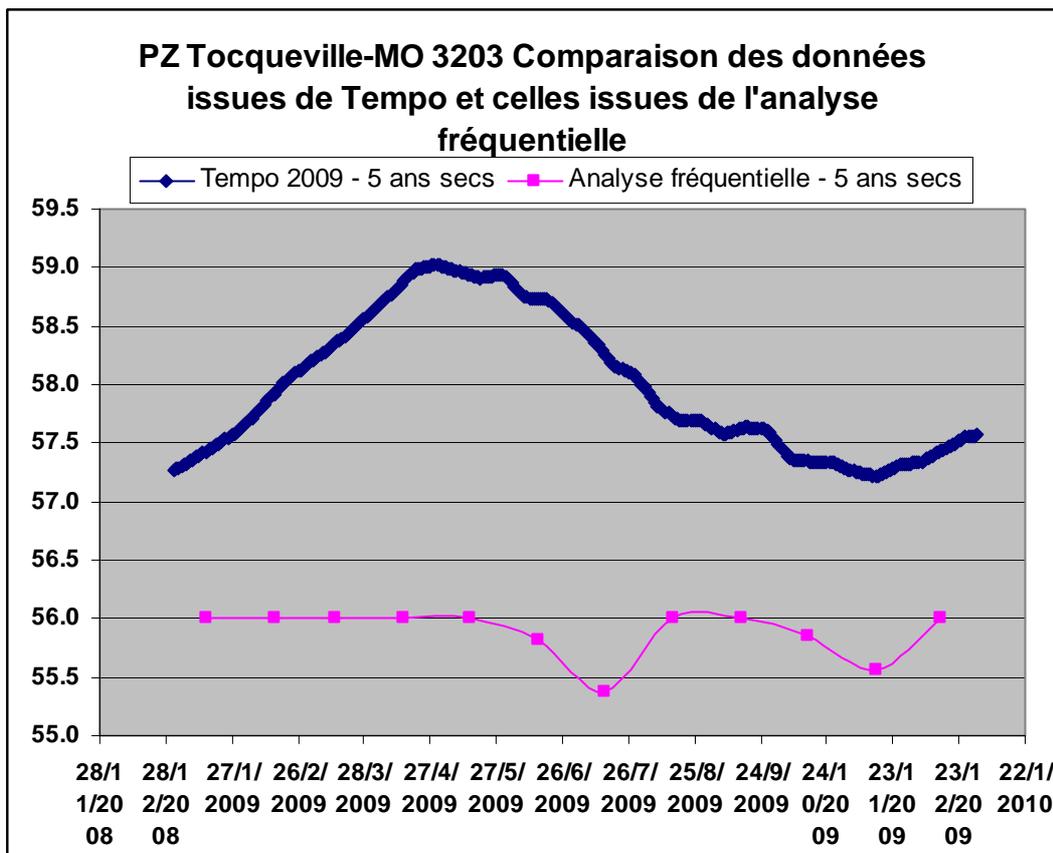


Illustration 195 : Piézomètre Tocqueville, comparaison entre les résultats de l'analyse fréquentielle et ceux de la prévision Tempo 2009 pour l'occurrence de 5 ans secs

Nom du piézo (Commune)	ANALYSE FREQUENTIELLE				Tempo 2009	
	extrêmes 20 ans secs (moyennes mensuelles)	extrêmes 10 ans secs (moyennes mensuelles)	extrêmes 5 ans secs (moyennes mensuelles)	Médiane (moyennes mensuelles)	PZ_Niv_j_min _printemps (20 ans secs)	PZ_Niv_j_min _printemps (5 ans secs)
ANCRETEVILLE SUR MER	47	47	48	49.0		
HATTENVILLE	89.13 à 90.02	90.36 à 92	92 à 92.68	94 à 95.01		
TOCQUEVILLE EN CAUX	53 à 54	54.3 à 55	55.4 à 56	58 à 59	56.0 à 57.5	57.2 à 59.0

Illustration 196 : Comparaison des résultats obtenus avec Tempo 2009 et l'analyse fréquentielle pour les fréquences de retour 20 et 5 ans secs pour la masse d'eau 3203

Les niveaux estimés par Tempo pour 2009 sont supérieurs à ceux obtenus avec l'analyse fréquentielle.

14. CONCLUSIONS POUR LA MASSE D'EAU 3203

La corrélation entre la rivière Ganzeville et le piézomètre Hattenville est bonne (>0.6) sur la majorité des mois de l'année.

Les relations entre le débit journalier minimum de la rivière et le niveau moyen mensuel dans le piézomètre de la même année sont excellentes entre le débit du Durdent à Vittefleury et les niveaux du piézomètre Ancretteville pour tous les mois de l'année, excepté en décembre. Ce piézomètre est également bien corrélé avec la rivière Durdent.

Il n'y a que 13 années communes de données mais la corrélation est remarquable entre les débits du Dun et les niveaux du piézomètre Tocqueville pour tous les mois de l'année.

Annexe 6

Masse d'eau souterraine 3204

MASSE D'EAU 3204

1. PRESENTATION DES DONNEES ANALYSEES SUR LA MASSE D'EAU 3204 (CRAIE DES BASSINS VERSANTS DE L'EAULNE, BETHUNE, VARENNE, BRESLE ET YERRES)

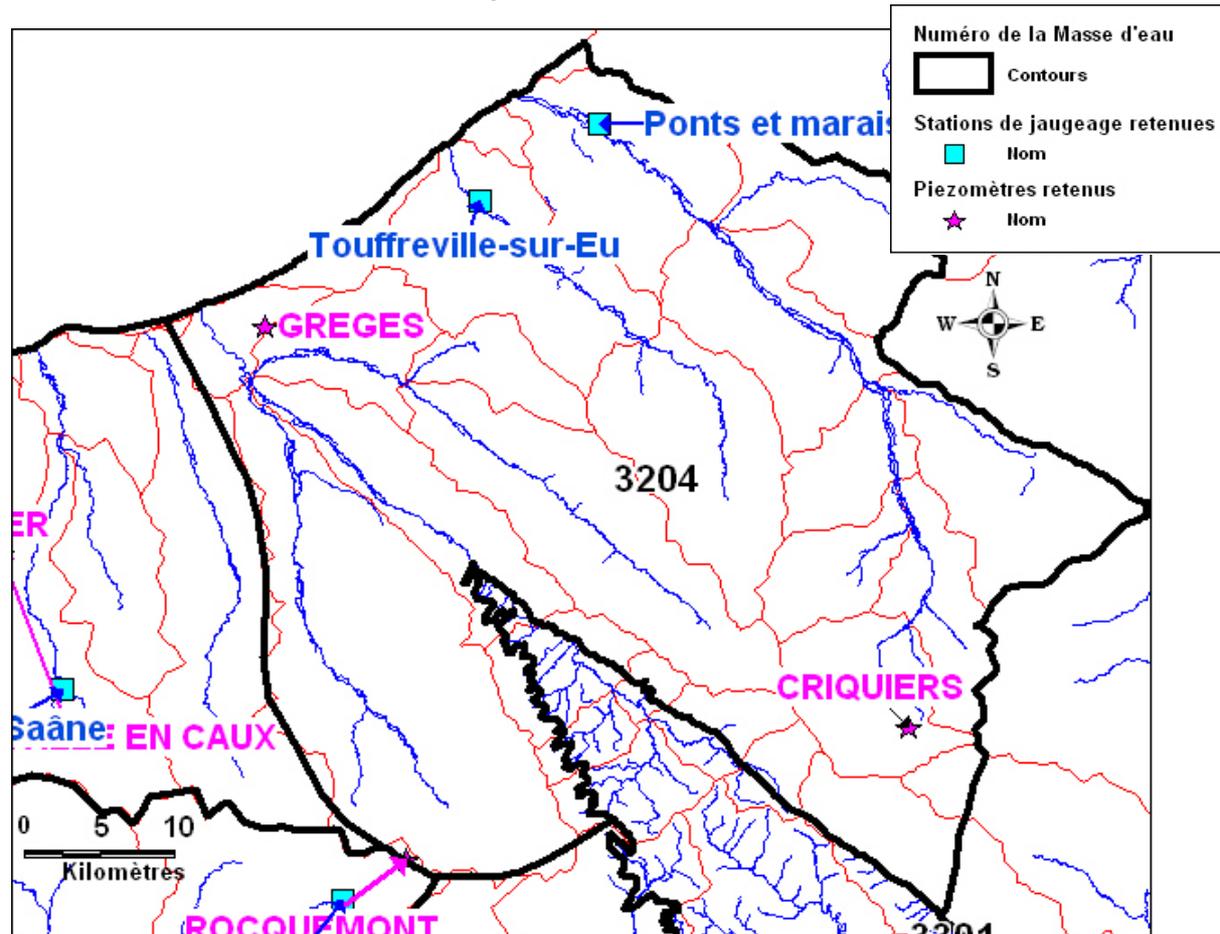


Illustration 197 : Caractéristiques des piézomètres de la masse d'eau 3204

Deux piézomètres sont retenus dans cette masse d'eau. Le piézomètre Criqueurs (00608X0206/S1) sera associé à la rivière Bresles à Pont et Marais (G0402020). Les niveaux du piézomètre Grèges (00435X0079/S1) seront comparés aux débits de la rivière l'Yères à Touffreville sur Eu (G1003010) qui est la plus proche renseignée car il n'y a pas de rivière dans le bassin versant.

Piézomètres MO 3204	N°BSS	Coord X L2 (m)	Coord Y L2 (m)	Profondeur ouvrage(m)	MO captée	cote repère piezo (m)	cote nappe INF(m)	cote nappe MAX (m)	Battement max de la nappe (m)	Date début chronique
Criquiers	00608X0206/S1	556714	2521235	40.43	3204	220.69	181.4	192.68	11.28	17/01/1974
Grèges	00435X0079/S1	514183	2547974	76.90	3204	96.28	32.4	40.24	7.84	06/11/1972

Illustration 198 : Caractéristiques des piézomètres de la masse d'eau 3204

2. LE PIEZOMETRE CRIQUIERS

La chronique de relevé des niveaux du piézomètre démarre le 17/01/1974. La fréquence est mensuelle jusqu'au 20/09/1984, tous les deux mois jusqu'au 20/09/1984, puis mensuelle de nouveau jusqu'au 22/02/2007 et journalière à partir de cette date.

2.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre Criquiers

Le niveau repère est à 220.69m, l'ouvrage atteint 40.43m de profondeur et le niveau de l'eau évolue entre les cotes 181.40 et 192.68m(NGF). L'amplitude des niveaux est de 11.28m maximum. Le cycle est annuel avec une influence pluriannuelle.

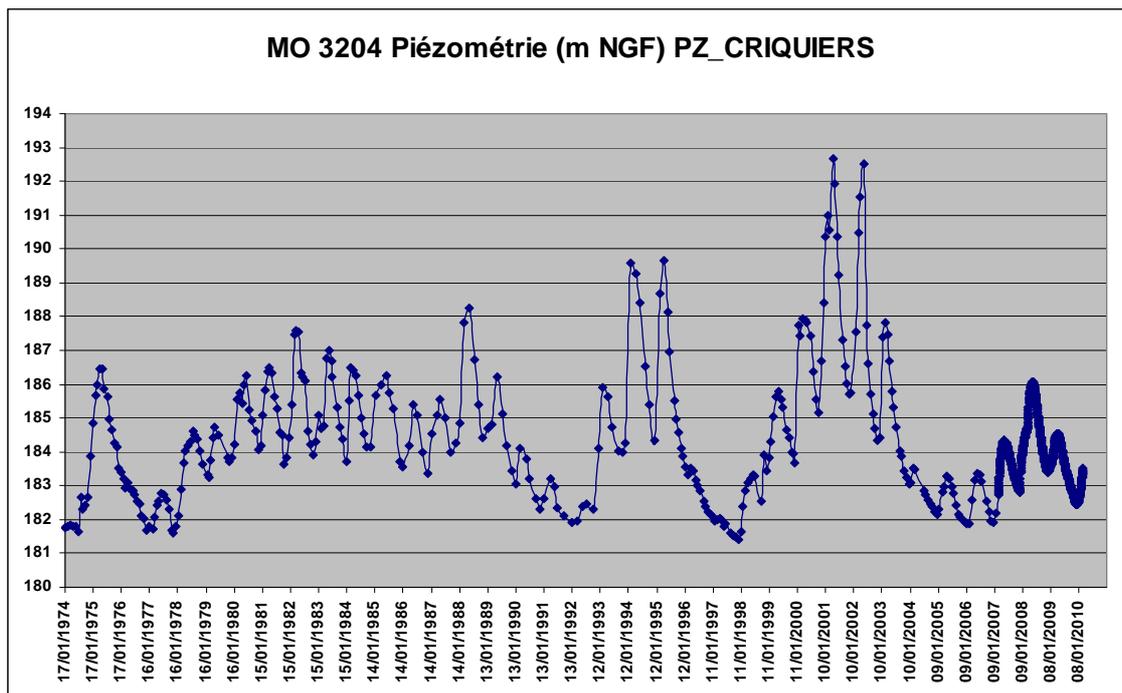


Illustration 199 : Chronique des niveaux du piézomètre Criquiers

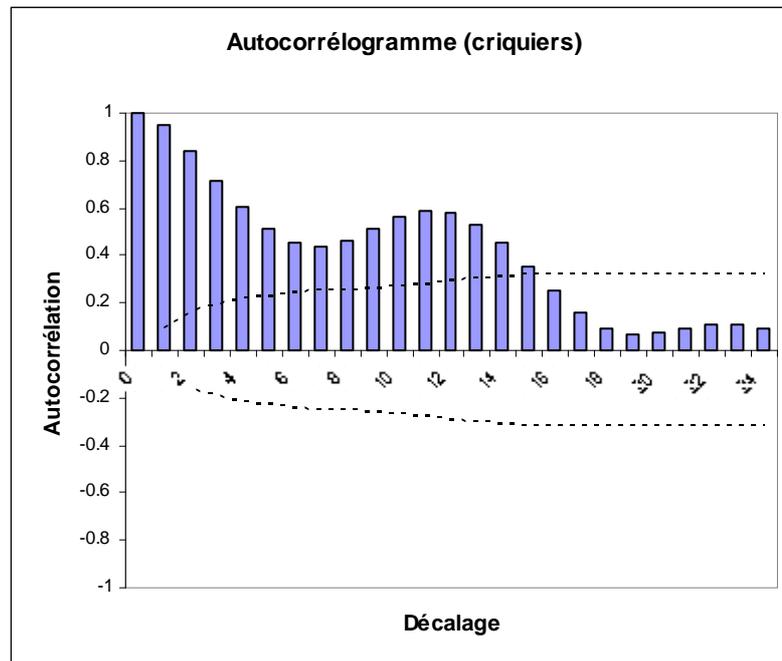


Illustration 200 : Autocorrélogramme du piézomètre Criquiers (décalage en mois)

Les mesures de niveaux dans le piézomètre Criquiers sont peu corrélées entre elles, seulement de 2 mois (0,8) à 4 mois (0,6).

2.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre Criquiers

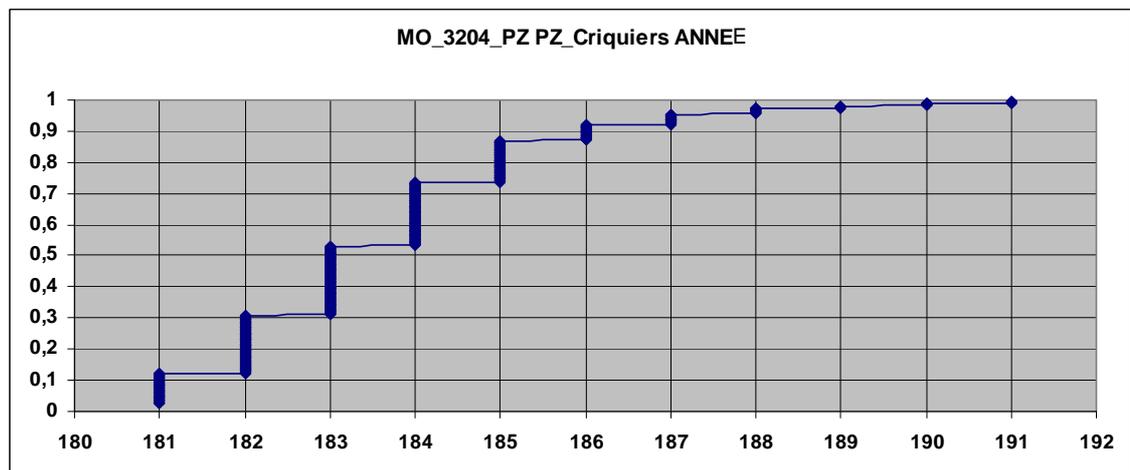


Illustration 201 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Criquiers

La distribution en marches d'escalier est due à la fréquence des mesures relativement espacées.

2.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre Criquiers

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
ngf janv trié	181.0	181.0	182.0	183.0	184.0	186.0	187.0
ngf fev trié	181.0	181.0	182.0	184.0	186.0	187.0	188.0
ngf mars trié	181.0	181.0	182.0	184.0	186.0	188.0	190.0
ngf avril trié	181.0	182.0	182.0	185.0	186.0	188.0	191.0
ngf mai trié	181.0	182.0	183.0	185.0	186.0	188.0	190.0
ngf juin trié	182.0	182.0	182.0	185.0	186.0	187.0	187.0
ngf juil trié	182.0	182.0	182.0	184.0	185.0	186.0	187.0
ngf aout trié	182.0	182.0	182.0	184.0	185.0	185.0	186.0
ngf sept trié	181.0	182.0	182.0	183.0	184.0	184.0	185.0
ngf oct trié	181.0	181.0	182.0	183.0	184.0	184.0	185.0
ngf nov trié	181.0	181.0	182.0	183.0	184.0	184.0	185.0
ngf dec trié	181.0	181.0	182.0	183.0	184.0	184.0	185.0

Illustration 202 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Criquiers

Toutes les courbes humides et médiane sont distinctes les unes des autres. Par contre, les courbes des fréquences sèches ont des parties communes.

Les extrêmes vont de 181 à 182m (20 et 10 ans secs), de 182 à 183m (5 ans secs), pour ces trois séries sèches, l'étiage va de janvier à mars. Pour la médiane, les niveaux évoluent de 183 à 185m. Pour les séries humides, les extrêmes vont de 184 à 186m (5 ans humides), de 184 à 188m (10 ans humides) et de 185 à 191m (20 ans humides).

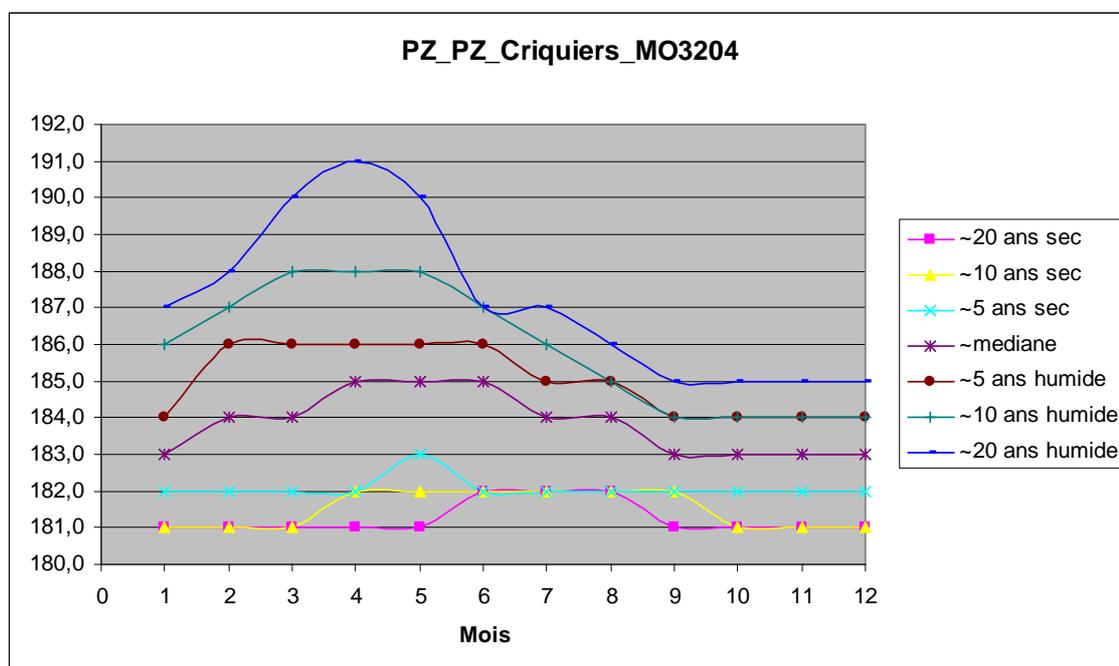


Illustration 203 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Criquiers

3. LE PIEZOMETRE GREGES

La chronique de relevé des niveaux du piézomètre démarre le 06/11/1972. La fréquence est mensuelle jusqu'au 21/09/1984, tous les deux mois jusqu'au 28/08/1995, puis de nouveau mensuelle jusqu'au 13/10/1997 et journalière à partir de cette date. Certaines petites périodes sont sans données, notamment du 14/10/2002 au 03/12/2002, du 15/01/2003 au 19/02/2003, du 26/02/2004 au 12/05/2004.

3.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre Grèges

Le niveau repère est à 96.28m, l'ouvrage atteint 76.90m de profondeur et le niveau de l'eau évolue entre les cotes 32.4 et 40.24m(NGF). L'amplitude des niveaux est de 7.84m maximum. Le cycle est pluri annuel.

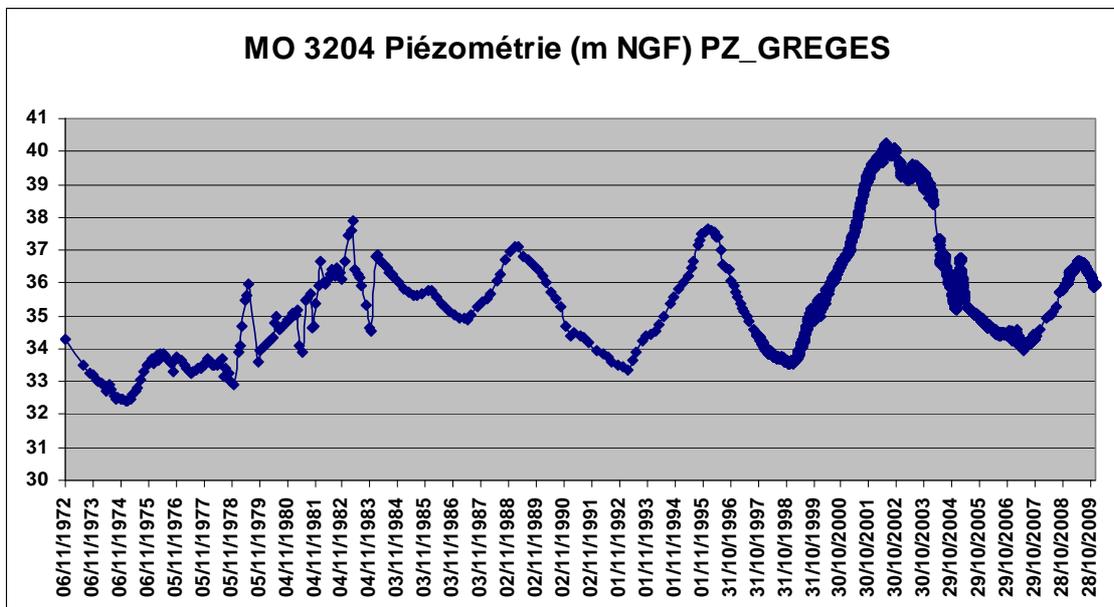


Illustration 204 : Chronique des niveaux du piézomètre Grèges

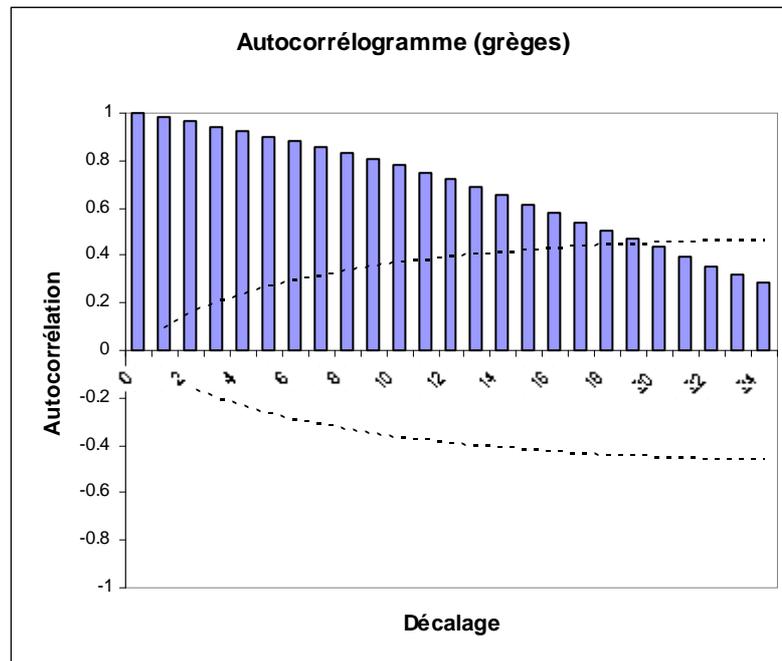


Illustration 205 : Autocorrélogramme du piézomètre Grèges (décalage en mois)

Les mesures de niveaux dans le piézomètre Grèges sont très bien corrélées entre elles, sur 8 mois (0.8) à 15 mois (0.6).

3.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre Grèges

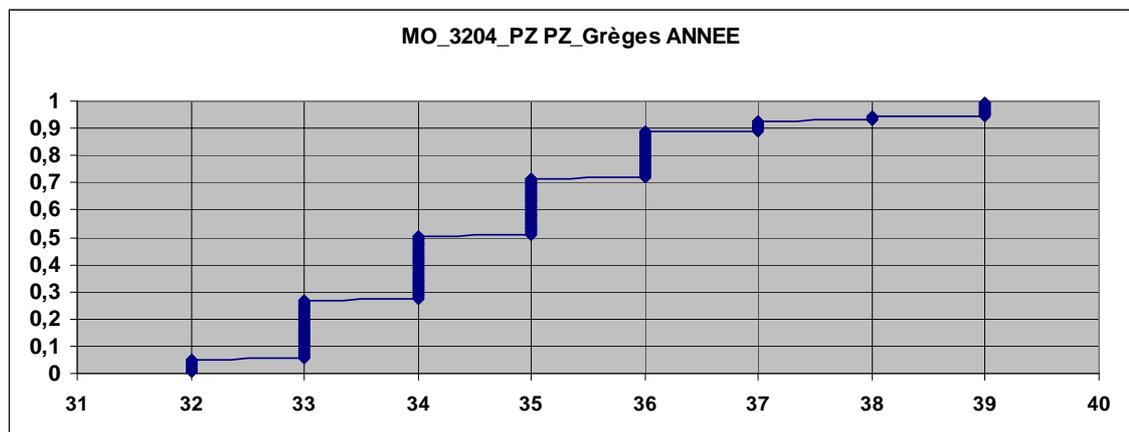


Illustration 206 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Grèges

L'effet d'escalier de la courbe est lié à la fréquence espacée des mesures.

3.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre Grèges

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
ngf janv trié	32.0	33.0	33.0	34.0	36.0	37.0	39.0
ngf fev trié	32.0	33.0	33.0	35.0	36.0	37.0	39.0
ngf mars trié	32.0	33.0	33.0	35.0	36.0	37.0	39.0
ngf avril trié	32.0	33.0	33.0	34.0	36.0	37.0	39.0
ngf mai trié	32.0	33.0	33.0	35.0	36.0	36.0	39.0
ngf juin trié	32.0	33.0	33.0	34.0	36.0	36.0	39.0
ngf juil trié	32.0	33.0	33.0	35.0	36.0	36.0	39.0
ngf aout trié	33.0	33.0	33.0	35.0	36.0	36.0	39.0
ngf sept trié	33.0	33.0	33.0	34.0	36.0	37.0	39.0
ngf oct trié	32.0	33.0	33.0	34.0	36.0	37.0	39.0
ngf nov trié	32.0	33.0	33.0	34.0	36.0	37.0	39.0
ngf dec trié	32.0	33.0	33.0	35.0	36.0	37.0	39.0

Illustration 207 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Grèges

Toutes les courbes ne sont pas distinctes les unes des autres, notamment celles des 5 et 10 ans secs qui sont aussi plates, comme celles des 20 ans humides.

Les extrêmes vont de 32 à 33m avec les mois les plus secs de janvier à mars (20 ans secs), à 33 m pour les 10 et 5 ans secs), de 34 à 35m pour la médiane, à 36m (5 ans humides), de 36 à 37m (10 ans humides) et de 39 m (20 ans humides).

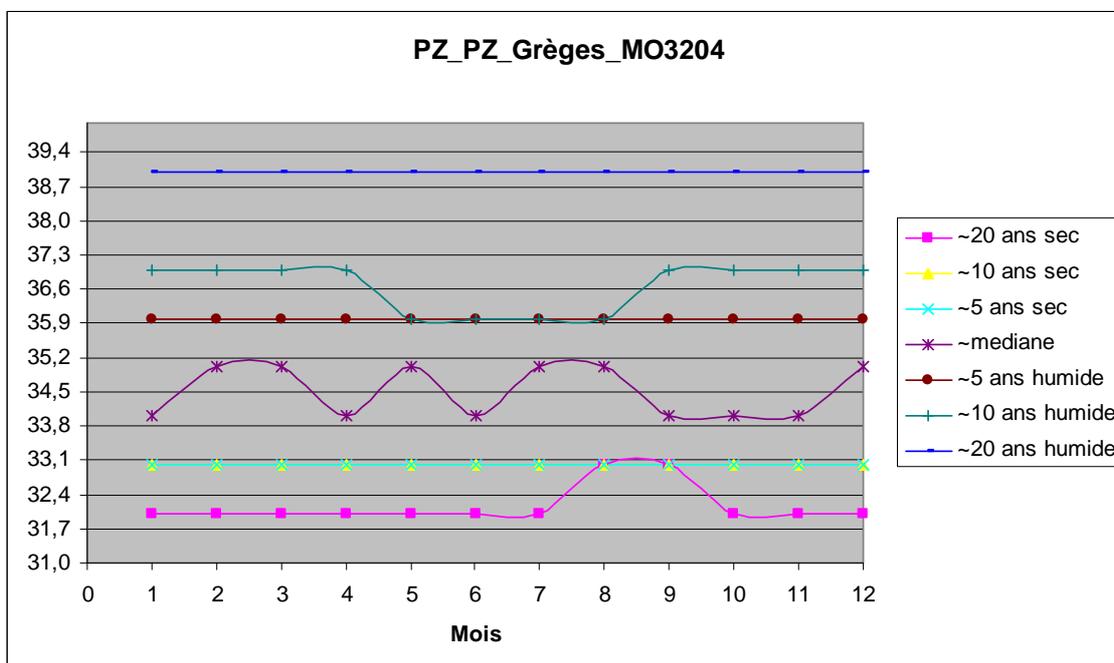


Illustration 208 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Grèges

4. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION PONT ET MARAIS SUR LA RIVIERE BRESLE

4.1. Distribution des débits et autocorrélogramme

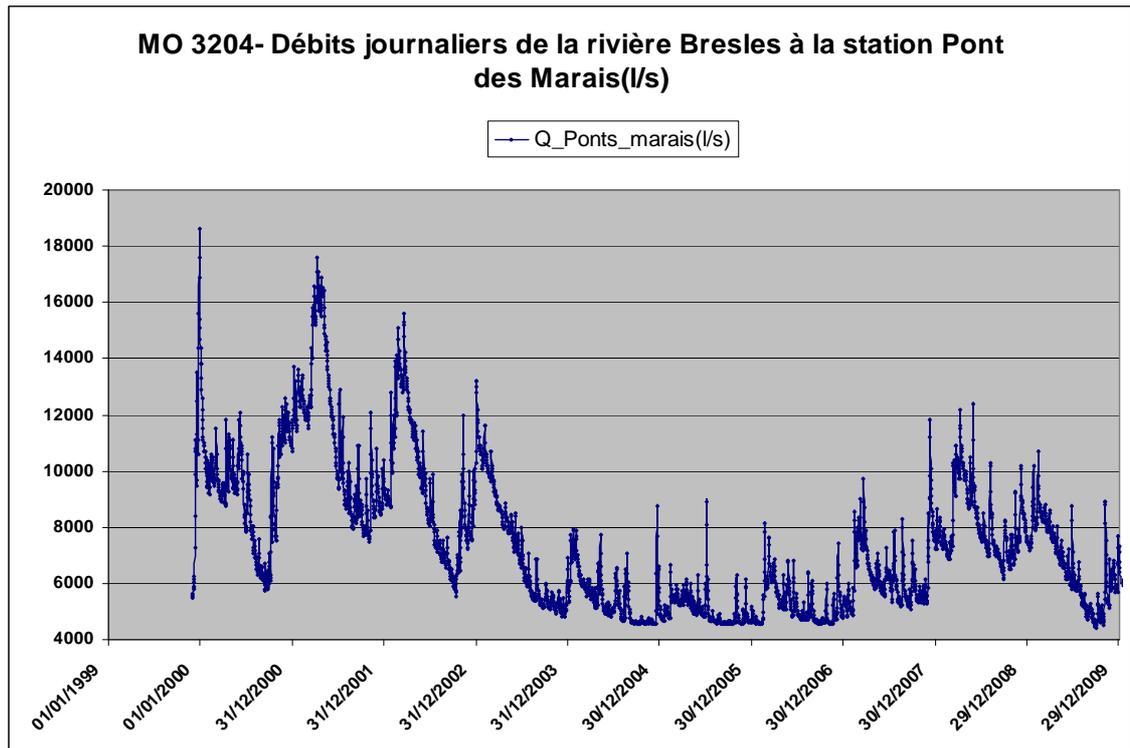


Illustration 209 : Chronique des débits à la station Pont et Marais

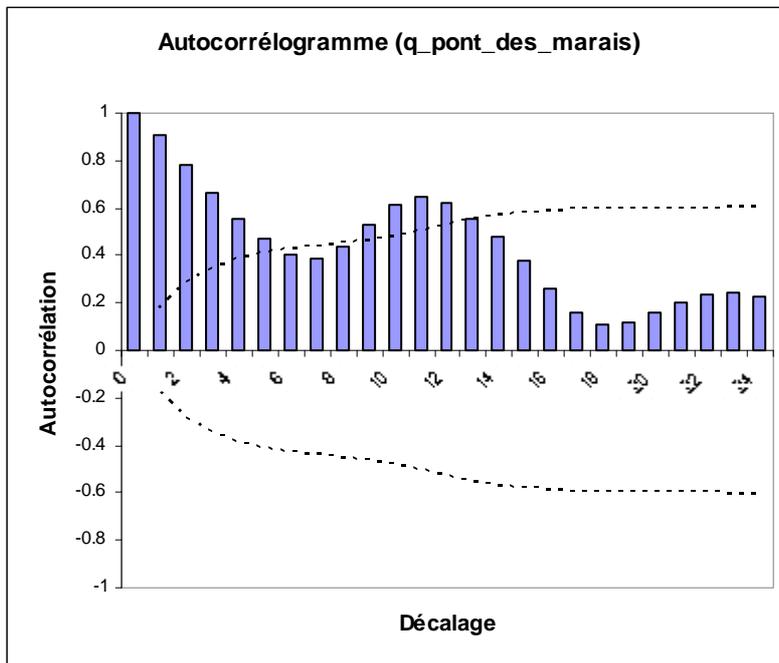


Illustration 210 : Autocorrélogramme des débits à la station Pont et Marais (décalage en mois)

Les mesures de débits sont bien corrélées entre elles sur 2 mois (0.8) à 4 mois (0.6).

5. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE BRESLE A LA STATION PONT ET MARAIS ET LE PIEZOMETRE CRIQUIERS DE LA MASSE D'EAU

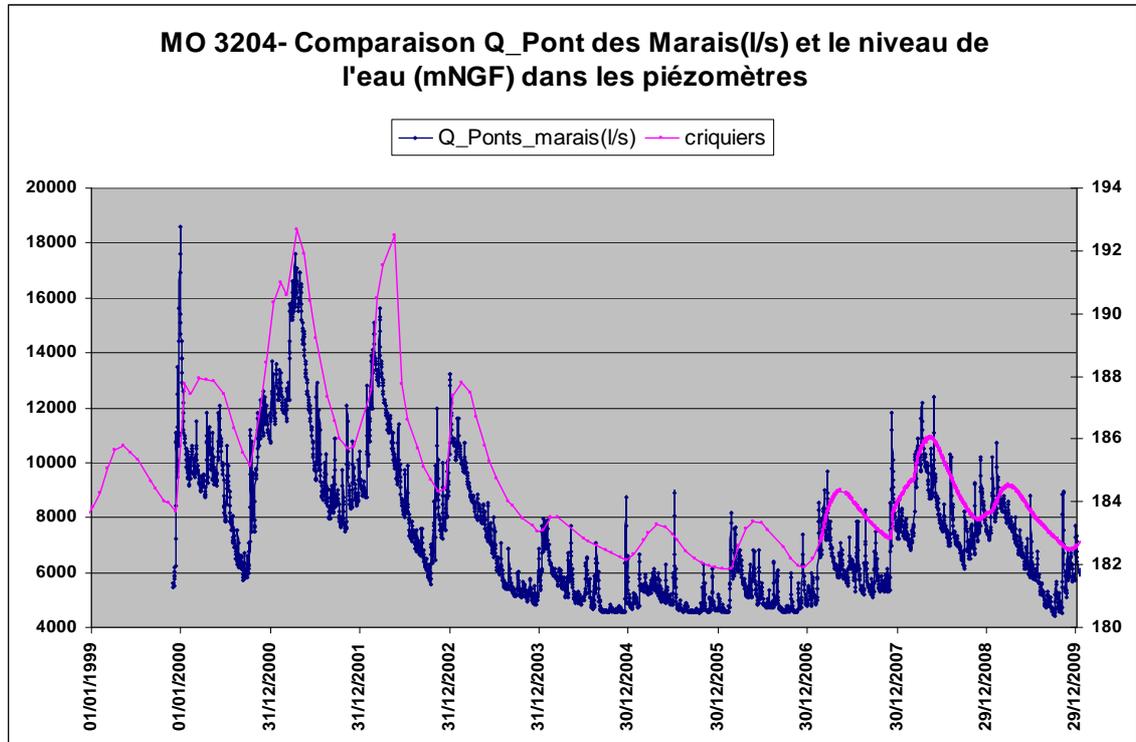


Illustration 211 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Criquiers et des débits à Pont et Marais

5.1. Corrélogrammes croisés des moyennes mensuelles des débits et des niveaux

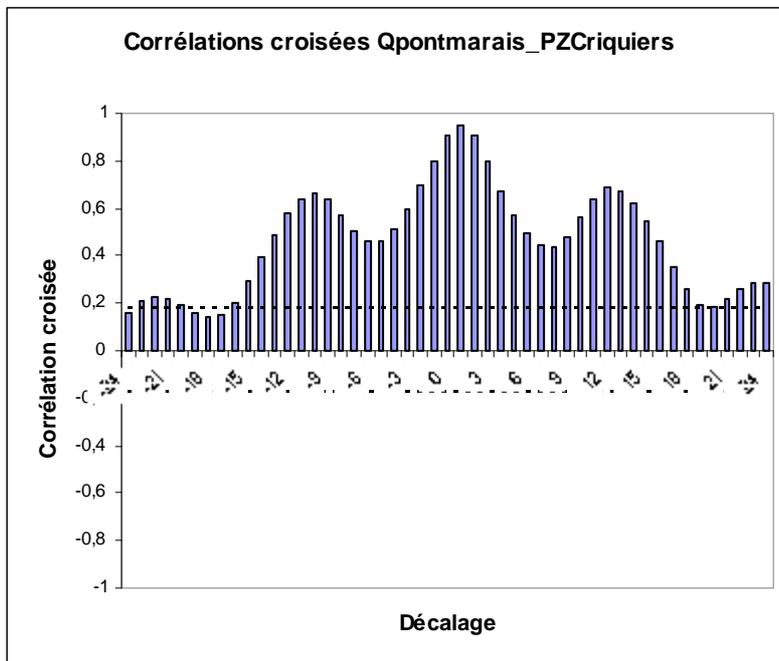


Illustration 212 : Corrélogramme croisé du débit à la station Pont et Marais et des niveaux du piézomètre Criquiers (décalage en mois)

5.2. Relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière Bresle à la station Pont et Marais et le niveau moyen mensuel du piézomètre Criquiers pour la même année

Mois	Coefficient d'ajustement R^2
juillet	0.8376
septembre	0.813
août	0.788
juin	0.7854
octobre	0.7344
mai	0.6282
janvier	0.6276
avril	0.6121
février	0.5758
novembre	0.5512
mars	0.5465
décembre	0.3944

Illustration 213 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

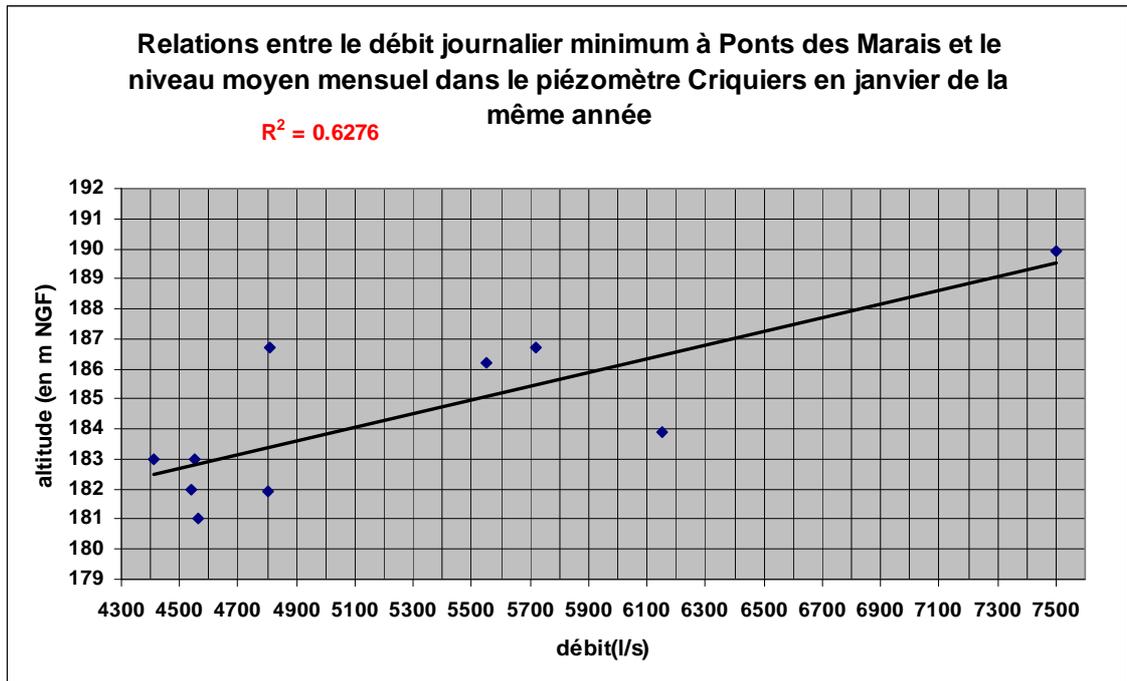


Illustration 214 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Pont et Marais et le niveau moyen mensuel du piézomètre Criquiers pour le mois de janvier de la même année

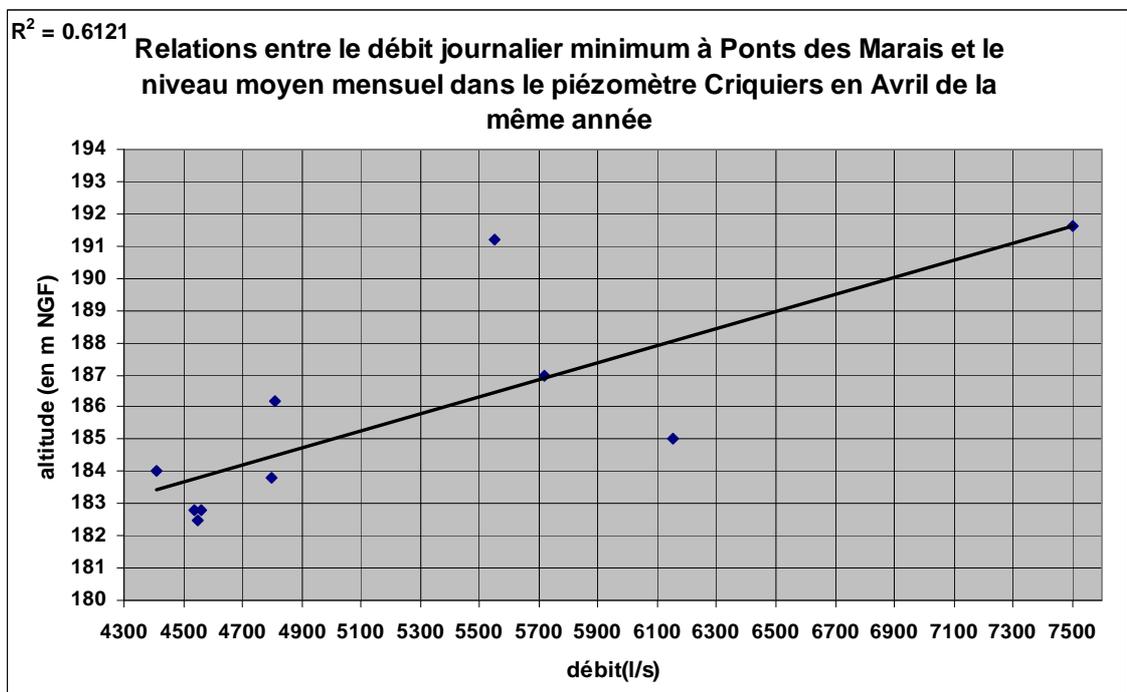


Illustration 215 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Pont et Marais et le niveau moyen mensuel du piézomètre Criquiers pour le mois d'avril de la même année

Pour le prévisionnel avant l'étiage dans la rivière, les mois de juin, mai, janvier et avril peuvent être utilisés et le tableau ci-dessous présente les niveaux repères (cotes piézométriques) pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique.

Département	Rivière	Station suivie	Piézomètre	MO	Mois de réf	coef R ²	Seuil de vigilance (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m ³ /s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
76	Bresle	Ponts et Marais	Criquiers	3204	juin	0.785	5.4	185.2	4.7	183.6	4.4	182.9	4	182	4.7	183.6	4.88	184
76	Bresle	Ponts et Marais	Criquiers	3204	mai	0.628	5.4	186	4.7	184.2	4.4	183.4	4	182.4	4.7	184.2	4.88	184.7
76	Bresle	Ponts et Marais	Criquiers	3204	janvier	0.628	5.4	184.8	4.7	183.2	4.4	182.5	4	181.6	4.7	183.2	4.88	183.6
76	Bresle	Ponts et Marais	Criquiers	3204	avril	0.612	5.4	186.1	4.7	184.2	4.4	183.4	4	182.1	4.7	184.2	4.88	184.8

Illustration 216 : Cotes piézométriques correspondant aux seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les mois de début d'année dont le coefficient de corrélation est supérieur à 0.6

5.3. Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Criquiers (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Ponts et marais (année civile)

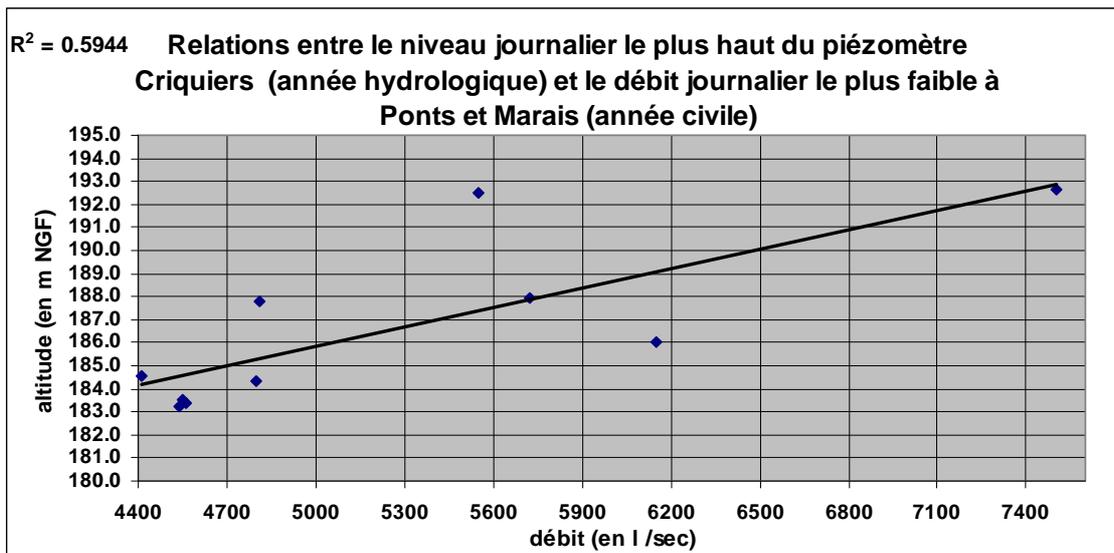


Illustration 217 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Criquiers (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Pont et Marais (année civile)

Ce graphique peut permettre, également, de définir des niveaux repères pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique : ex : QMNA5 : 4700 l/s = 185 m pour une probabilité de 59%.

6. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION TROUFFREVILLE SUR EU SUR LA RIVIERE YERES

6.1. Distribution des débits et autocorrélogramme

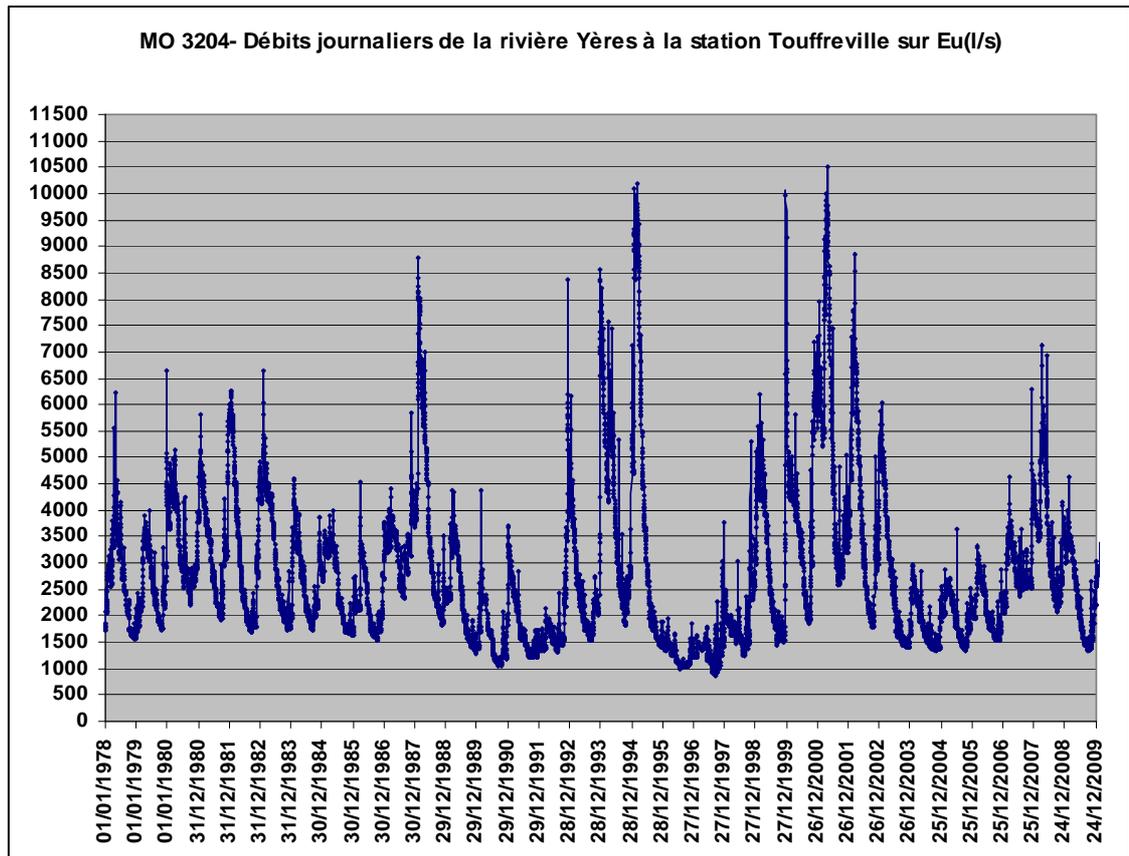


Illustration 218 : Chronique des débits à la station Touffreville sur Eu

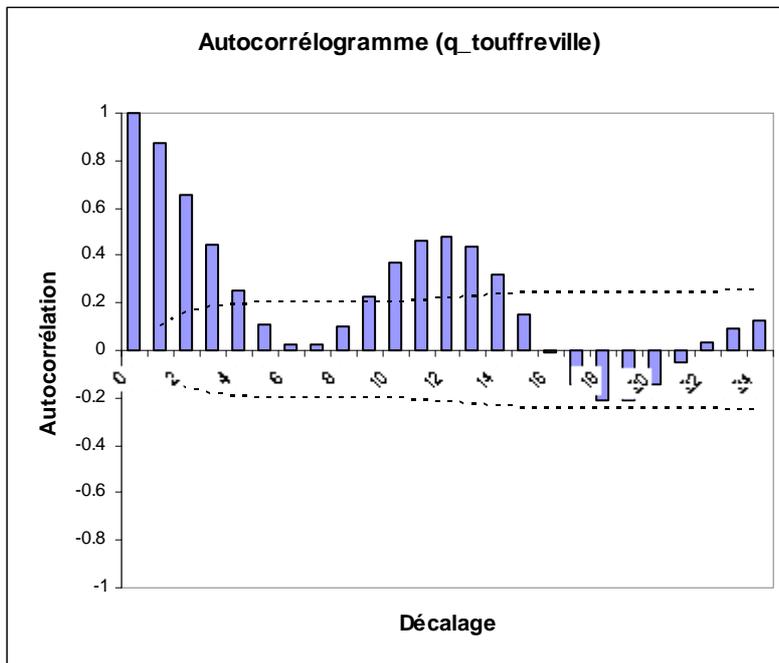


Illustration 219 : Autocorrélogramme des débits à la station Touffreville sur Eu (décalage en mois)

Les mesures de débits sont bien corrélées entre elles sur 2 mois (0.8) à 3 mois (0.6).

7. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE YERES A LA STATION TROUFFREVILLE SUR EU ET LES PIEZOMETRES DE LA MASSE D'EAU

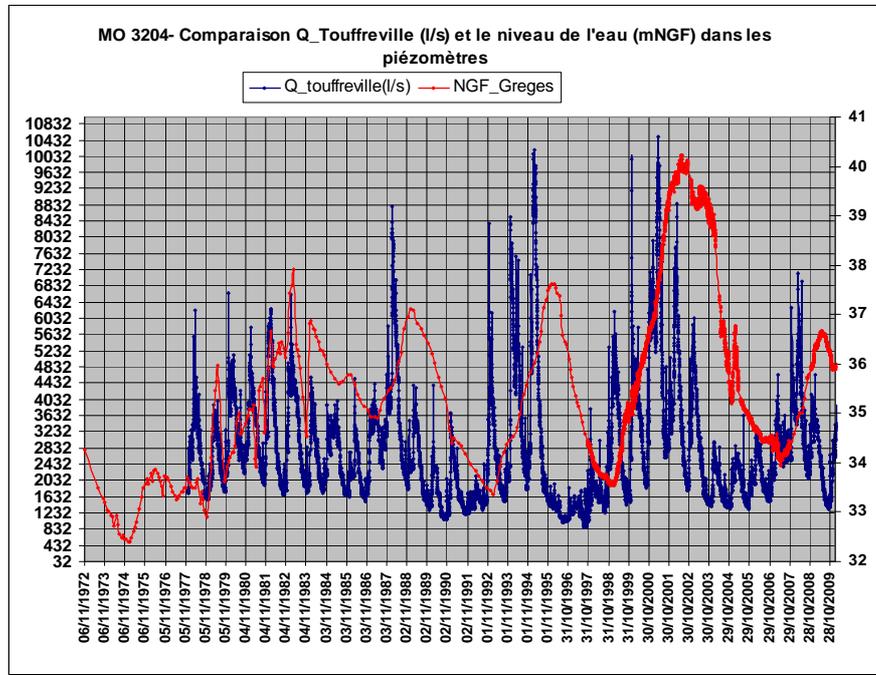


Illustration 220 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Grèges et des débits à Touffreville sur Eu

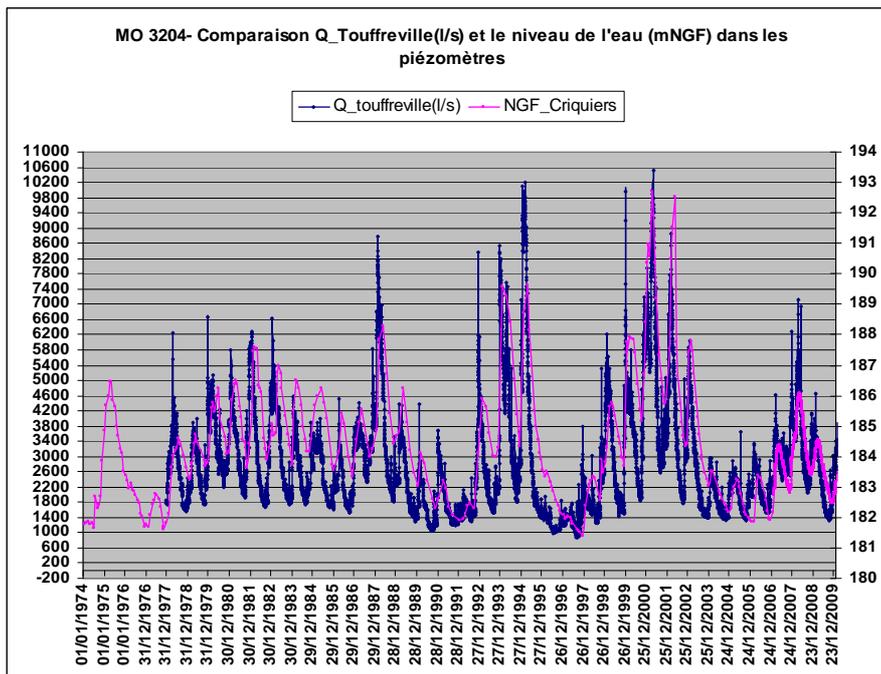


Illustration 221 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Criquiens et des débits à Touffreville sur Eu

7.1. Corrélogrammes croisés des moyennes mensuelles des débits et des niveaux

Avec le piézomètre Grèges

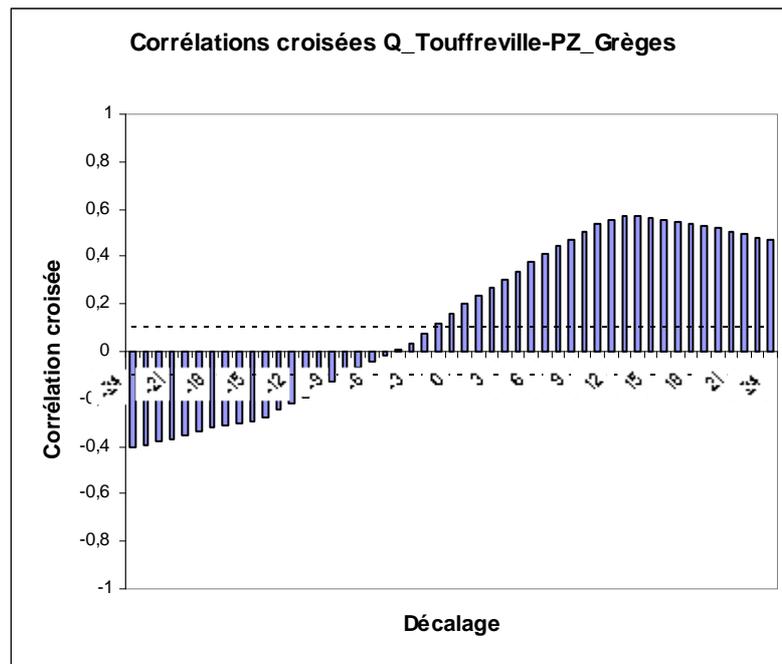


Illustration 222 : Corrélogramme croisé du débit à la station Touffreville sur Eu et des niveaux du piézomètre Grèges (décalage en mois)

Pas de corrélation.

Avec le piézomètre Criquiers

Bien que non situé sur le même bassin versant, la superposition des courbes de niveaux du piézomètre Criquiers et l'évolution des débits de la rivière Yères semble indiquer des corrélations possibles entre les deux.

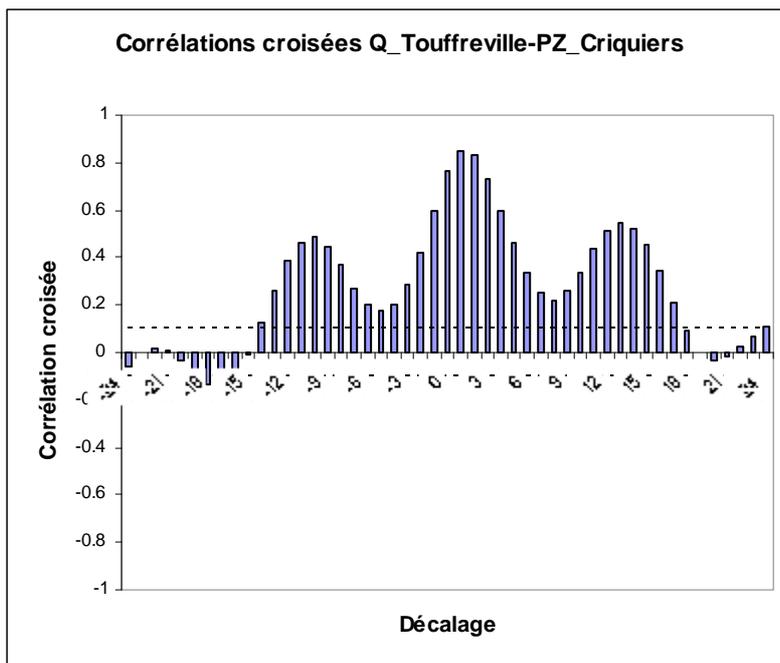


Illustration 223 : Corrélogramme croisé du débit à la station Touffreville sur Eu et des niveaux du piézomètre Criquiers (décalage en mois)

7.2. Relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière Yères à la station Touffreville sur Eu et le niveau moyen mensuel des piézomètres pour la même année

Avec le piézomètre Grèges

Mois	Coefficient d'ajustement R^2
décembre	0.1224
novembre	0.075
octobre	0.0524
juillet	0.0383
septembre	0.0353
août	0.0324
juin	0.0302
janvier	0.0239
février	0.0171
mars	0.0058
avril	0.0009
mai	5.00E-06

Illustration 224 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

Aucune corrélation.

Avec le piézomètre Criquiers

Mois	Coefficient d'ajustement R^2
octobre	0.5126
juillet	0.492
juin	0.4833
septembre	0.4704
août	0.4353
novembre	0.3901
mai	0.3803
avril	0.3356
décembre	0.3231
mars	0.279
janvier	0.2698
février	0.2637

Illustration 225 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

Corrélation insuffisante.

7.3. Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à (année civile)

Avec le piézomètre Grèges

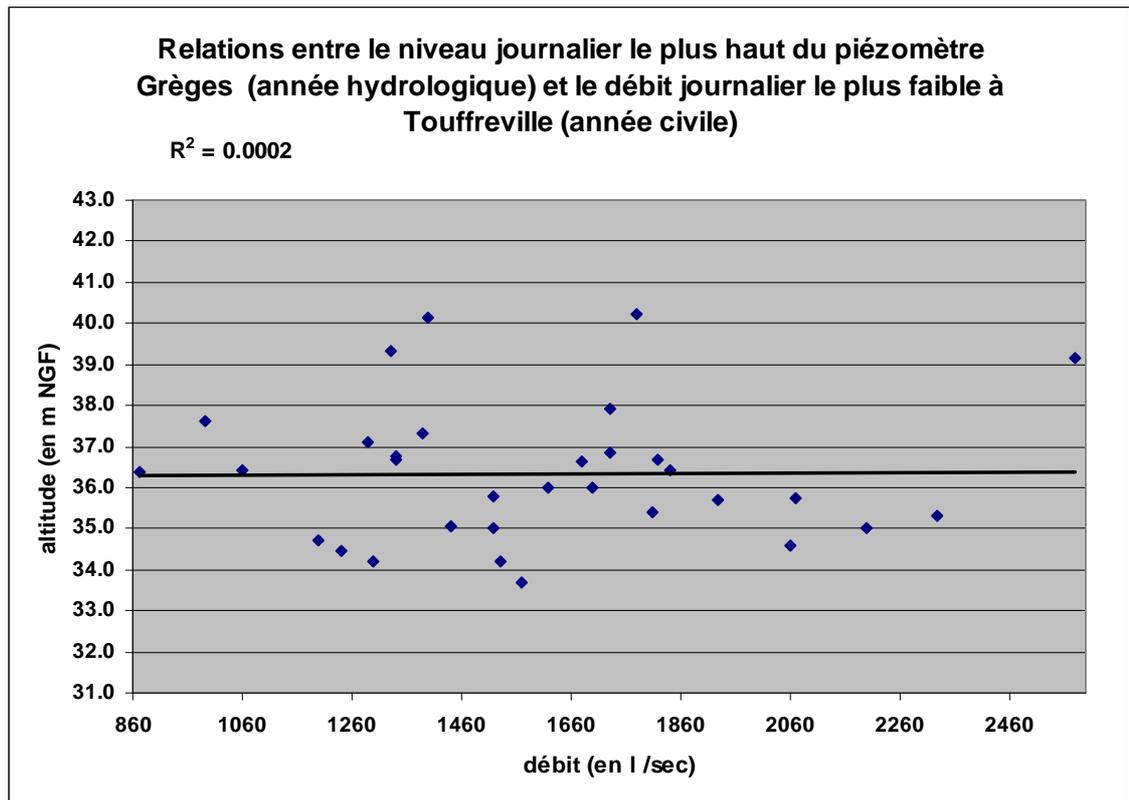


Illustration 226 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Touffreville sur Eu et le niveau moyen mensuel du piézomètre Grèges pour la même année

Avec le piézomètre Criquiers

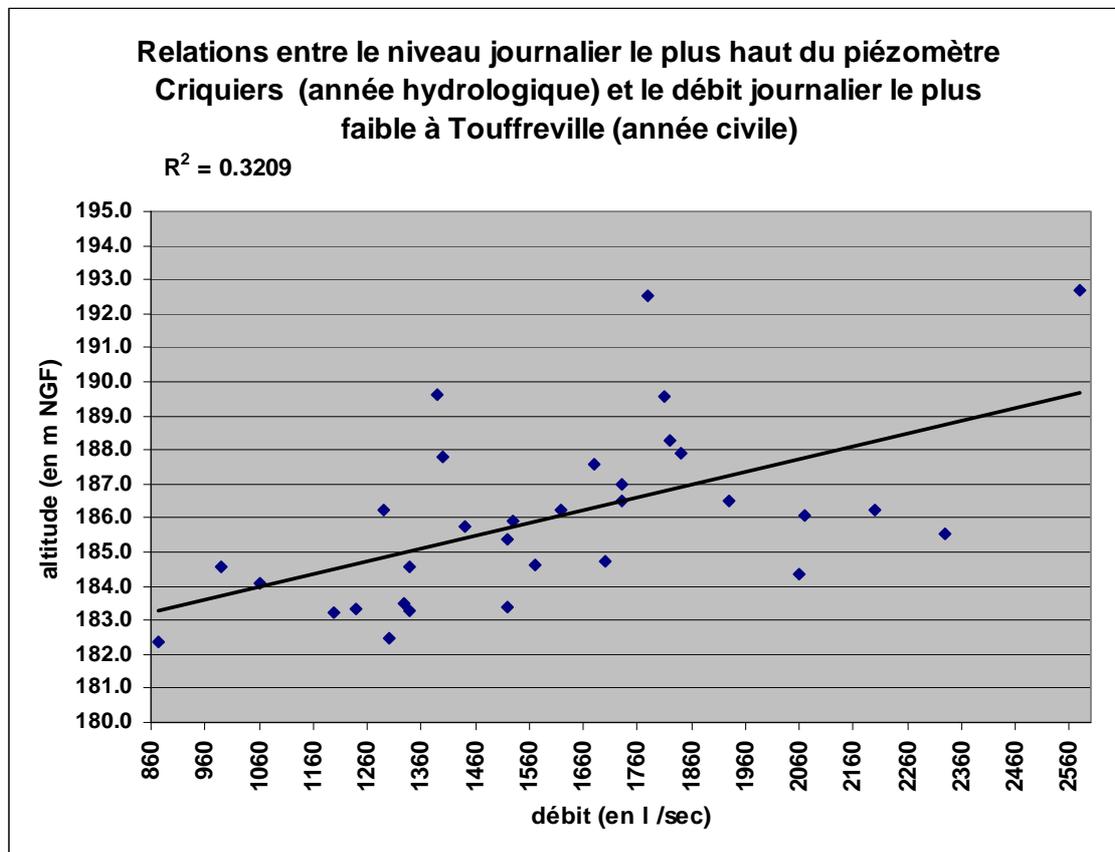


Illustration 227 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Touffreville sur Eu et le niveau moyen mensuel du piézomètre Criquiers pour la même année

Cette corrélation est trop faible pour être exploitable.

8. COMPARAISON DES RESULTATS DE L'ANALYSE FREQUENTIELLE ET CEUX OBENUS AVEC LA MODELISATION TEMPO

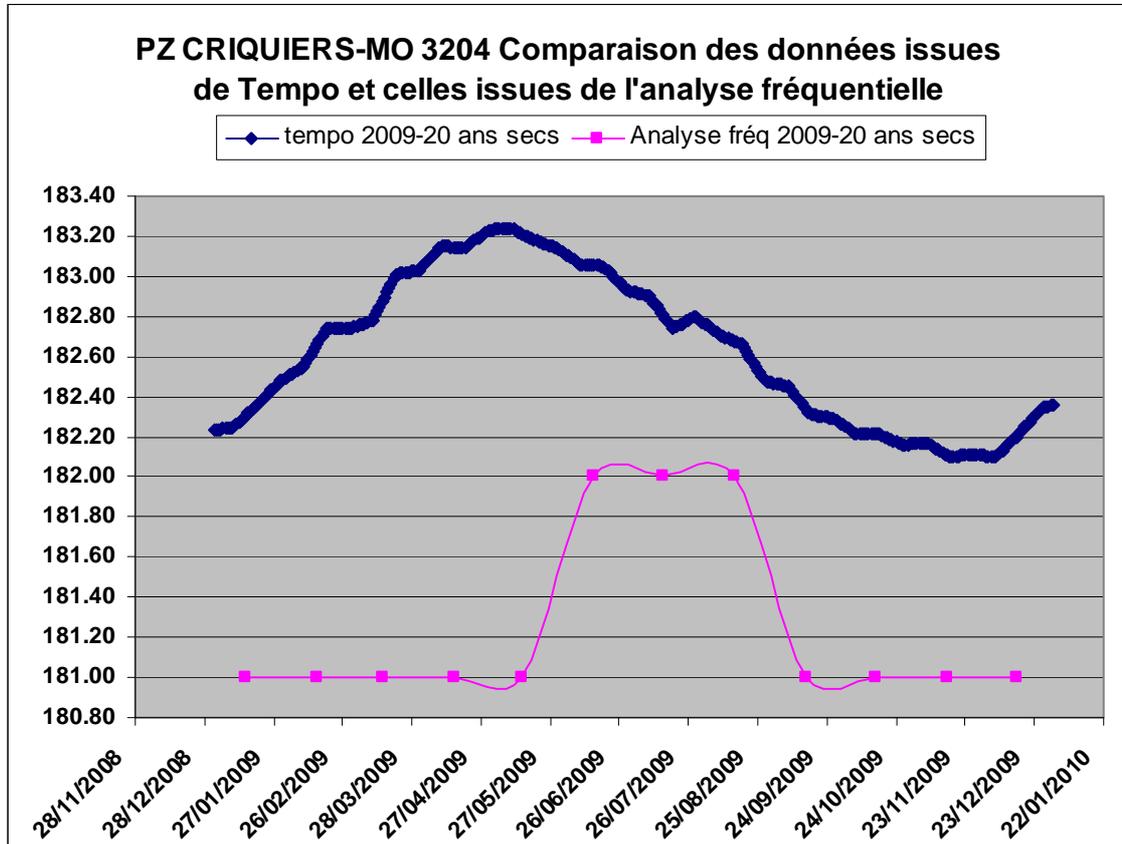


Illustration 228 : Piézomètre Criquières, comparaison entre les résultats de l'analyse fréquentielle et ceux de la prévision Tempo 2009 pour l'occurrence de 20 ans secs

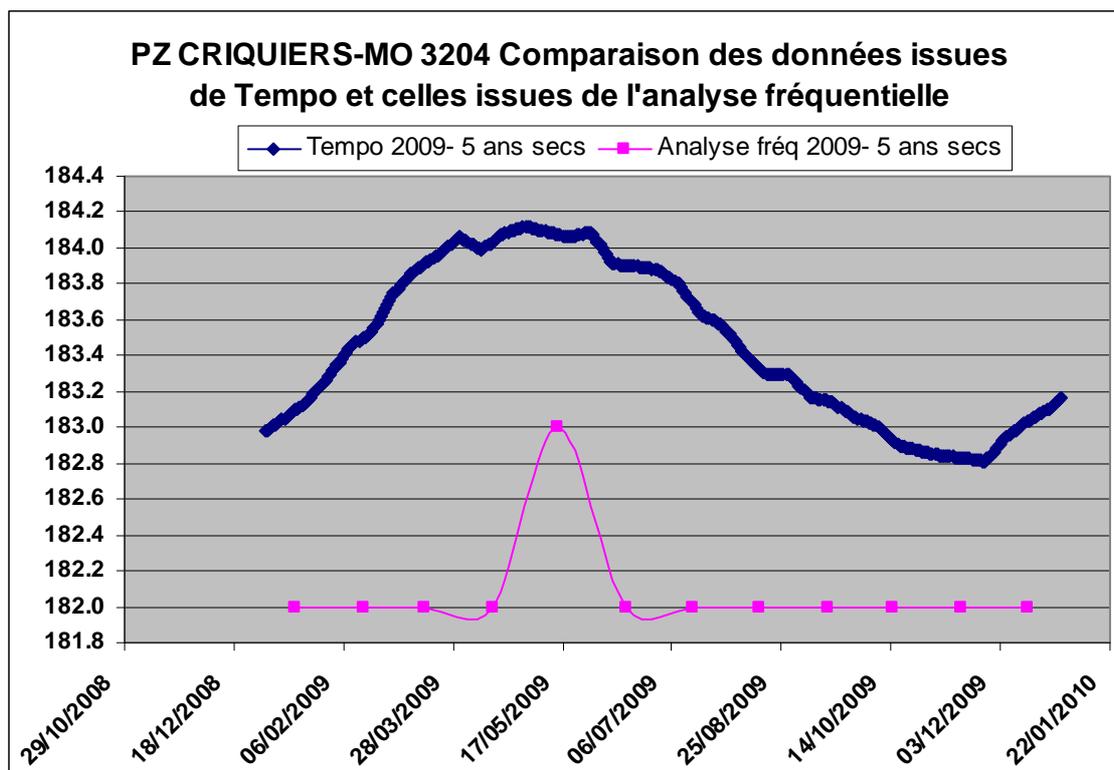


Illustration 229 : Piézomètre Criquières, comparaison entre les résultats de l'analyse fréquentielle et ceux de la prévision Tempo 2009 pour l'occurrence de 5 ans secs

Nom du piézo (Commune)	ANALYSE FREQUENTIELLE				Tempo 2009	
	extrêmes 20 ans secs (moyennes mensuelles)	extrêmes 10 ans secs(moyennes mensuelles)	extrêmes 5 ans secs (moyennes mensuelles)	Médiane (moyennes mensuelles)	PZ_Niv_j_min _printemps (20 ans secs)	PZ_Niv_j_min _printemps (5 ans secs)
CRIQUIERS	181 à 182	181 à 182	182 à 183	183 à 185	182.1 à 183.24	182.81 à 184.12
GREGES	32 à 33	33	33	34 à 35		

Illustration 230 : Comparaison des résultats obtenus avec Tempo 2009 et l'analyse fréquentielle pour les fréquences de retour 20 et 5 ans secs pour la masse d'eau 3204

Les niveaux estimés par Tempo pour 2009 sont supérieurs à ceux obtenus avec l'analyse fréquentielle.

9. CONCLUSIONS POUR LA MASSE D'EAU 3204

La corrélation entre les débits de la rivière Bresle à la station Pont des Marais et le piézomètre Criquières est bonne sur la majorité des mois de l'année.

Rien n'a pu être établi entre les débits de la rivière Yères et les niveaux des piézomètres Grèges ou Criquières.

Annexe 7

Masse d'eau souterraine 3211

MASSE D'EAU 3211

1. PRESENTATION DES DONNEES ANALYSEES SUR LA MASSE D'EAU 3211 (CRAIE ALTEREE DU NEUBOURG-ITON-PLAINE DE SAINT-ANDRE)

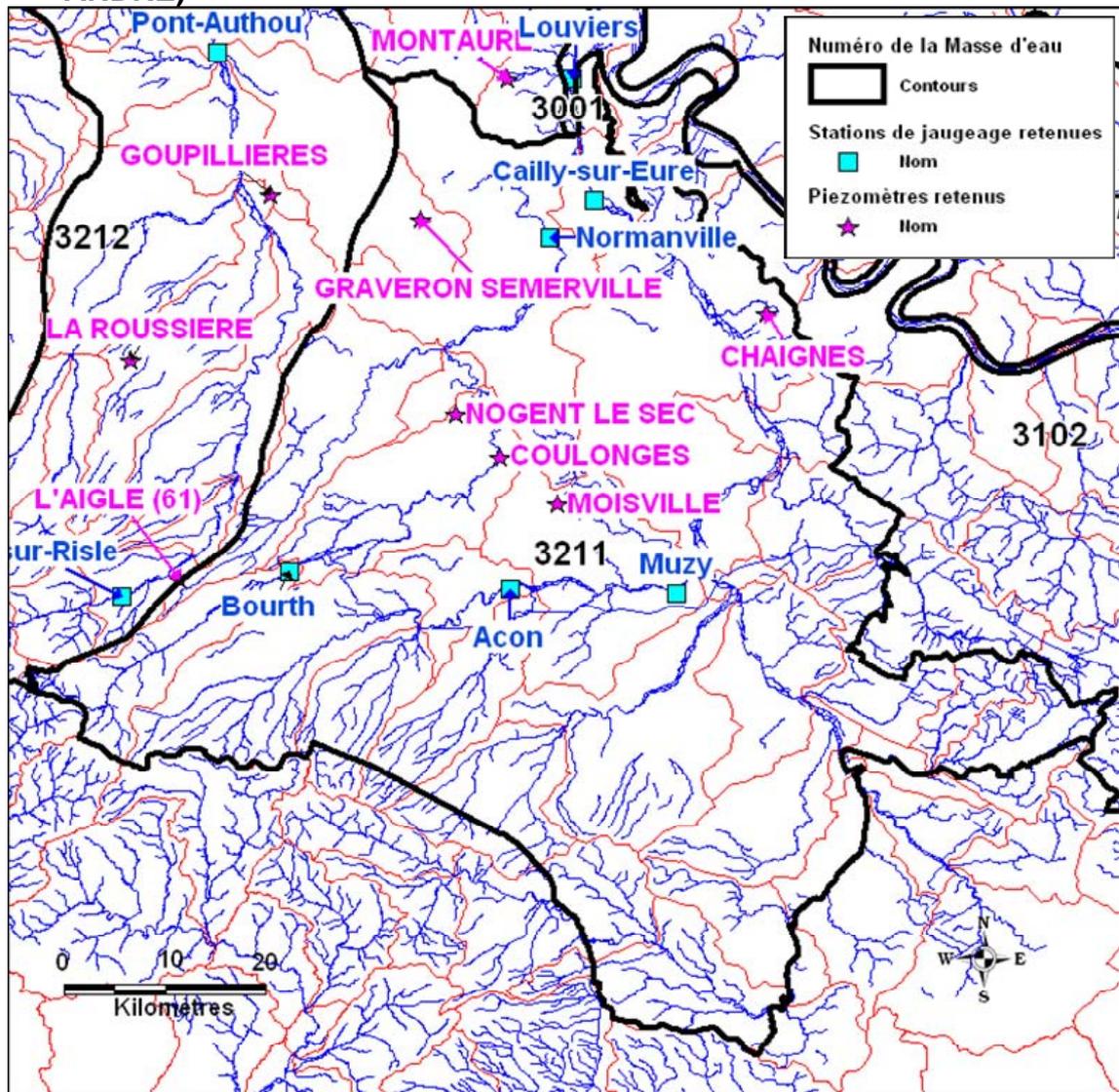


Illustration 231 : Contours de la masse d'eau 3211 et localisation des piézomètres et stations de jaugeage retenues

Les cinq piézomètres sélectionnés de la masse d'eau 3211 sont :

- Chaignes (01515X2015/S1), celui-ci sera associé à la rivière l'Eure à la station de Cailly sur Eure (H9331010) ou celle de Louviers (H9501010).
- Coulonges (01801X0010/S1), celui-ci sera associé à la rivière de l'Iton à la station de Bourth (H9402040).
- Graveron Semerville (01493X0001/P), celui-ci sera associé à la rivière de l'Iton à la station de Normanville (H9402030).
- Moisville (01805X0036/S1), celui-ci sera associé à la rivière de l'Avre à la station de Muzy (H9222010) ou celle d'Acon (H9202010).
- Nogent le Sec (01794X0035/S1), celui-ci sera associé à la rivière de l'Iton à la station de Normanville (H9402030).

Piézomètres MO 3211	N°BSS	Coord X L2 (m)	Coord Y L2 (m)	Profondeur ouvrage(m)	MO captée	cote repère piezo (m)	cote nappe INF(m)	cote nappe MAX (m)	Battement max de la nappe (m)	Date début chronique
Chaignes	01515X2015/S1	534793	2446581	120.80	3211	144.00	78.2	92.04	13.84	26/09/1968
Coulonges	01801X0010/S1	508270	2432236	19.40	3211	132.00	113.31	127.22	13.91	09/05/1985
Graveron Semerville	01493X0001/P	500380	2456038	43.35	3211	138.85	96.44	100.1	3.66	10/12/1968
Moisville	01805X0036/S1	514022	2427471	18.00	3211	153.00	136.94	144.87	7.93	26/01/1982
Nogent le Sec	01794X0035/S1	503929	2436562	37.20	3211	159.20	126.04	135.31	9.27	23/04/1985

Illustration 232 : Caractéristiques des piézomètres de la masse d'eau 3211

2. CARACTERISTIQUES DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES

3. LE PIEZOMETRE CHAIGNES

La chronique du relevé des niveaux du piézomètre démarre le 26/09/1968. La fréquence est mensuelle jusqu'au 28/09/1984, tous les deux mois jusqu'au 15/11/1994 et journalière à partir de cette date sauf de novembre 2007 à février 2008 où les mesures sont mensuelles. Certaines petites périodes sont sans données, notamment du 12/08/1997 au 27/10/1997, du 26/02/1998 au 24/06/1998, du 20/07/1998 au 23/10/1998, du 17/11/1999 au 14/12/1999, du 23/04/2001 au 12/07/2001, du 11/10/2001 au 27/02/2002, du 15/10/2002 au 06/12/2002, du 09/05/2007 au 01/10/2007, du 28/11/2007 au 07/01/2008.

3.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre Chaignes

Le niveau repère est à 144m, l'ouvrage atteint 120.8m de profondeur et le niveau de l'eau évolue entre les cotes 78.2 et 92.04m(NGF). L'amplitude des niveaux est de 13.84m maximum. Le cycle est pluri annuel.

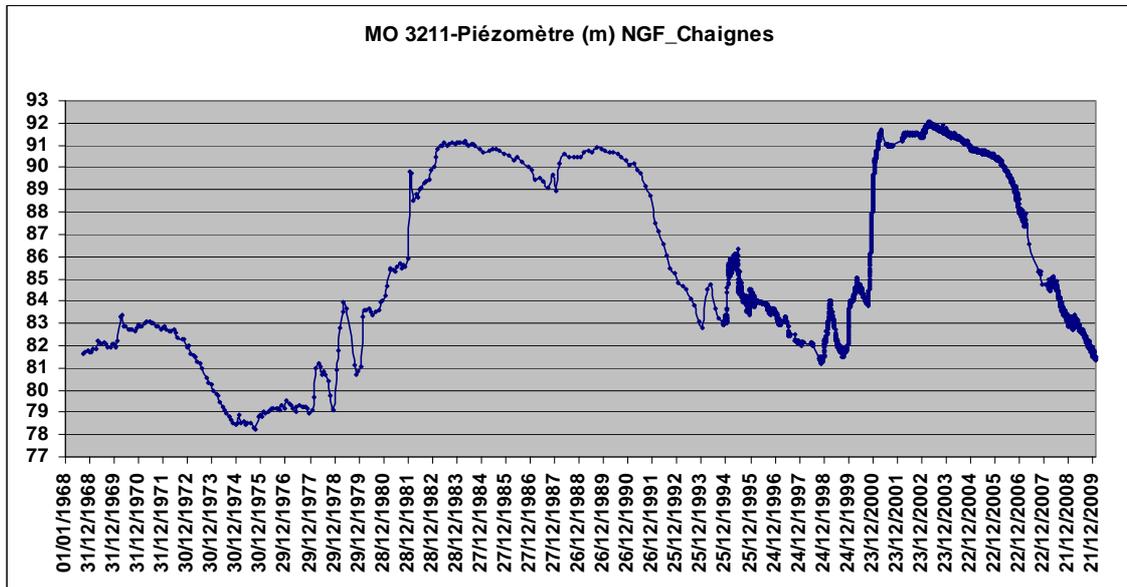


Illustration 233 : Chronique des niveaux du piézomètre Chaignes

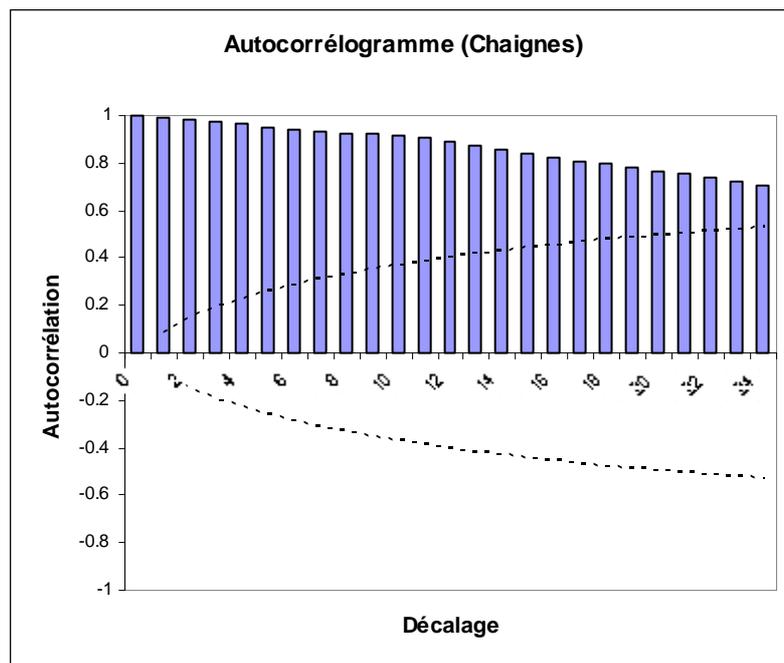


Illustration 234 : Autocorrélogramme du piézomètre Chaignes (décalage en mois)

Les mesures dans le piézomètre Chaignes sont bien corrélées entre elles sur 19 mois (0.8) à plus de 24 mois (0.6).

3.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre Chaignes

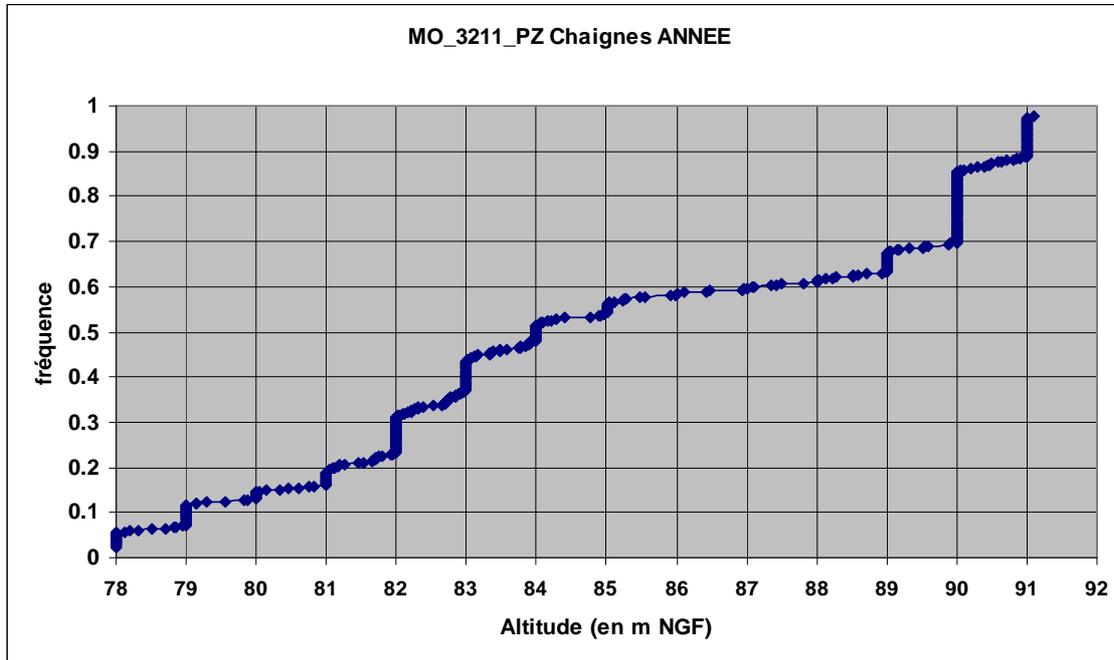


Illustration 235 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Chaignes

3.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre Chaignes

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
ngf janv trié	78.8	79.8	81.0	84.0	90.0	90.0	91.0
ngf fev trié	79.0	79.1	81.7	84.0	90.0	90.0	91.0
ngf mars trié	79.0	79.6	82.0	84.0	90.0	90.6	91.0
ngf avril trié	79.0	80.6	82.0	84.2	90.0	91.0	91.0
ngf mai trié	79.0	81.0	82.0	84.0	90.0	91.0	91.0
ngf juin trié	79.0	80.5	82.0	84.0	90.0	90.8	91.0
ngf juil trié	79.0	80.0	82.0	84.0	90.0	90.6	91.0
ngf aout trié	79.0	80.0	82.0	84.0	90.0	90.5	91.0
ngf sept trié	79.0	80.0	81.3	83.5	90.0	90.4	91.0
ngf oct trié	79.0	79.3	81.0	83.3	90.0	90.1	91.0
ngf nov trié	78.8	79.0	81.0	83.1	90.0	90.4	91.0
ngf dec trié	78.2	79.2	81.0	83.9	90.0	90.2	91.0

Illustration 236 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Chaignes

Toutes les courbes sont distinctes les unes des autres.

Les extrêmes vont de 78.2 à 79m avec les mois les plus secs en décembre, janvier et novembre (20 ans secs), de 79 à 81m avec les niveaux les plus bas en novembre, février et décembre (10 ans secs), de 81 à 82m avec les mois les plus moins arrosés

de novembre à janvier (5 ans secs), de 83.1 à 84.2m pour la médiane, plat à 90m (5 ans humides), de 90 à 91m (10 ans humides) et plat à 91m (20 ans humides).

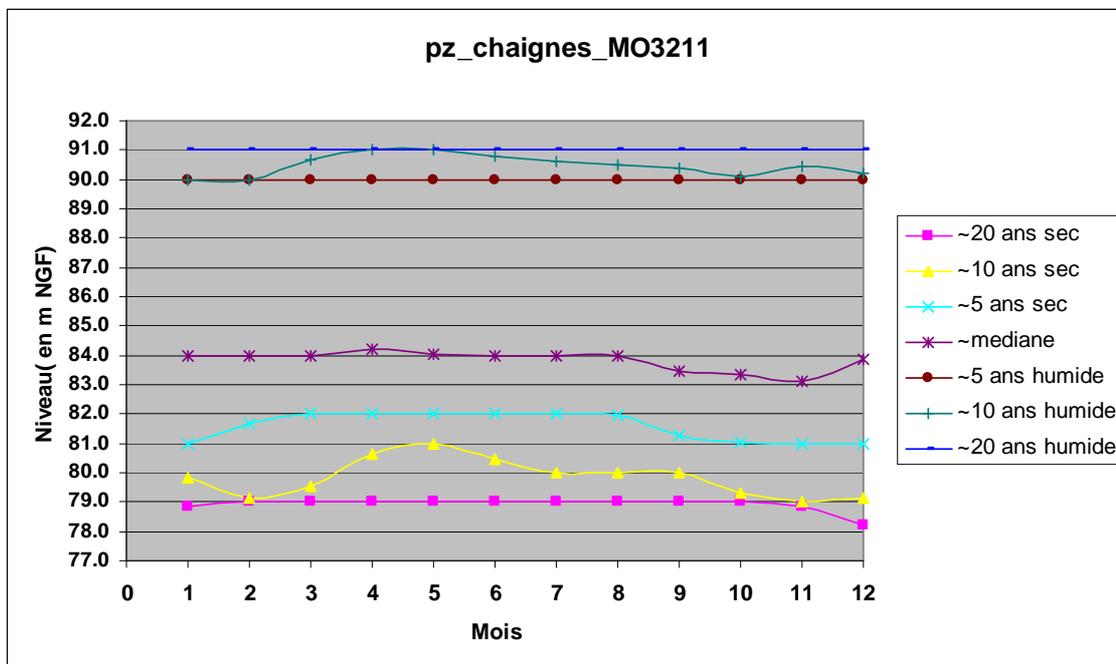


Illustration 237 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Chaignes

4. LE PIEZOMETRE COULONGES

La chronique du relevé des niveaux du piézomètre démarre le 09/05/1985. La fréquence est de 2 à 3 fois par mois jusqu'au 18/01/1988 et journalière à partir de cette date jusqu'au 04/11/1990. Ensuite, les relevés sont irréguliers (de 1 à 7 fois par mois jusqu'au 15/09/1992, puis de nouveau journaliers du 16/11/1992 au 25/01/1994. Ils sont de nouveau irréguliers (de 2 à 7 fois par mois) jusqu'au 01/01/1997, date à laquelle les mesures redeviennent journalières.

4.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre Coulonges

Le niveau repère est à 132m, l'ouvrage atteint 19.4m de profondeur et le niveau de l'eau évolue entre les cotes 113.31 et 127.22m(NGF). L'amplitude des niveaux est de 13.91m maximum. Le cycle est annuel avec une influence pluri annuelle.

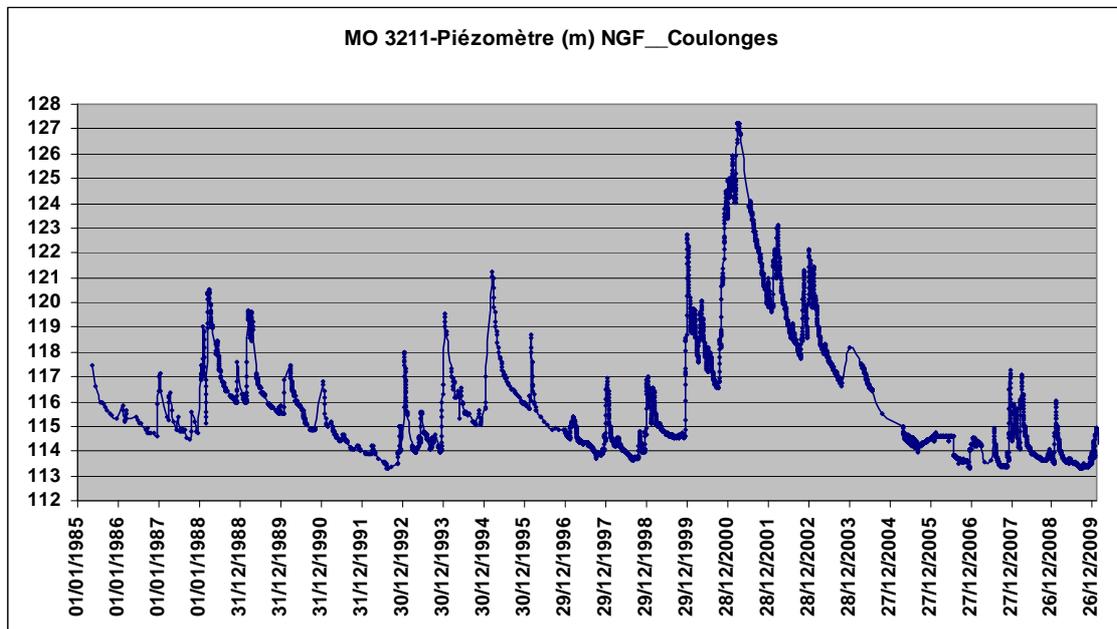


Illustration 238 : Chronique des niveaux du piézomètre Coulonges

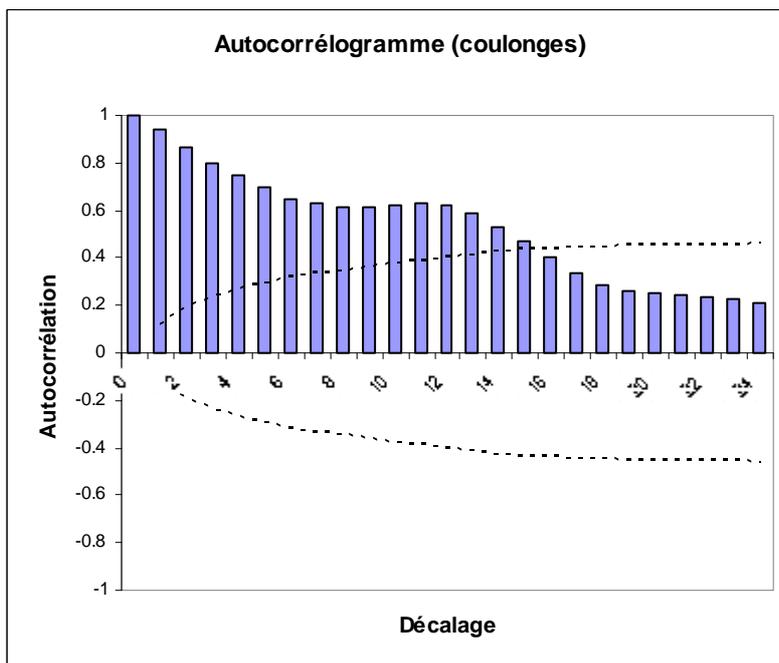


Illustration 239 : Autocorrélogramme du piézomètre Coulonges (décalage en mois)

4.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre Coulonges

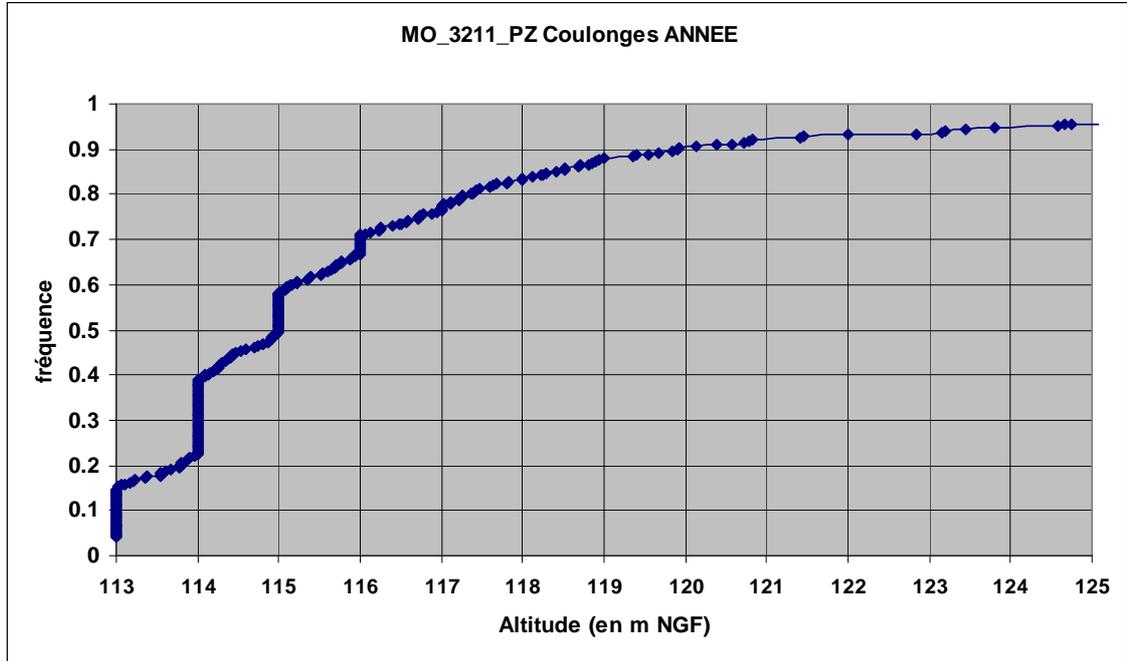


Illustration 240 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Coulonges

4.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre Coulonges

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
ngf janv trié	113.5	114.0	114.0	115.7	118.3	120.4	120.8
ngf fev trié	114.0	114.0	114.3	115.2	118.7	119.9	120.1
ngf mars trié	113.4	114.0	114.0	115.2	118.5	120.7	121.5
ngf avril trié	113.6	113.6	114.0	115.1	118.2	118.9	120.8
ngf mai trié	113.0	113.0	114.0	114.7	117.7	118.9	119.7
ngf juin trié	113.0	113.0	113.9	114.4	117.3	117.5	119.0
ngf juil trié	113.0	113.0	113.8	114.1	116.2	117.2	118.2
ngf aout trié	113.0	113.0	113.0	114.0	116.0	117.0	118.1
ngf sept trié	113.0	113.0	113.0	114.0	116.0	116.6	118.0
ngf oct trié	113.0	113.0	113.0	114.0	116.0	116.7	117.3
ngf nov trié	113.0	113.0	113.0	114.0	116.0	119.4	119.9
ngf dec trié	113.1	113.4	113.9	114.7	116.4	118.7	119.8

Illustration 241 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Coulonges

Les courbes des retours secs sont très proches les unes des autres voire confondues sur certaines périodes.

Les extrêmes vont de 113 à 114 avec les mois les plus secs de mai à novembre pour les 20 et 10 ans secs), de 113 à 114.3m avec les mois les plus moins arrosés d'août à novembre (5 ans secs), de 114 à 115.7m pour la médiane, de 116 à 118.7m (5 ans

humides), de 116.6 à 120.7m (10 ans humides) et de 117.3 à 121.5m (20 ans humides).

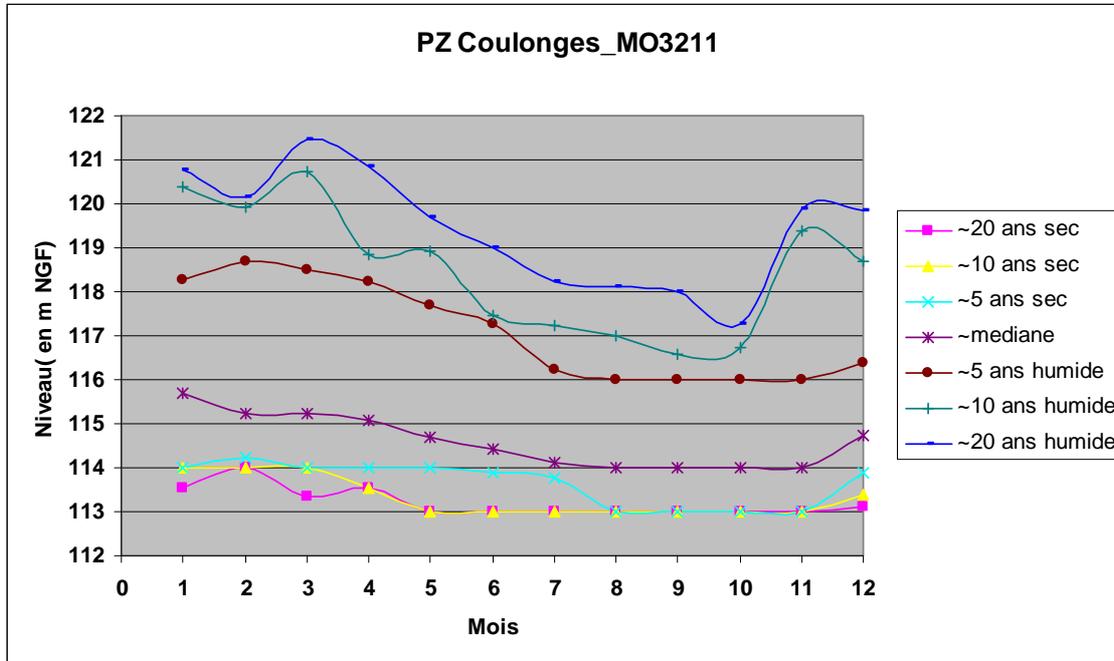


Illustration 242 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Coulonges

5. LE PIEZOMETRE GRAVERON SEMERVILLE

La chronique du relevé des niveaux du piézomètre démarre le 10/12/1968. La fréquence est hebdomadaire jusqu'au 10/11/1972, puis devient mensuelle jusqu'au 28/09/1984, tous les deux mois jusqu'au 15/11/1993 et journalière à partir de cette date. Le cycle est pluri annuel.

5.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre Graveron Semerville

Le niveau repère est à 138.85m, l'ouvrage atteint 43.35m de profondeur et le niveau de l'eau évolue entre les cotes 96.44 et 100.1m(NGF). L'amplitude des niveaux est de 3.66m maximum. Le cycle est pluri annuel.

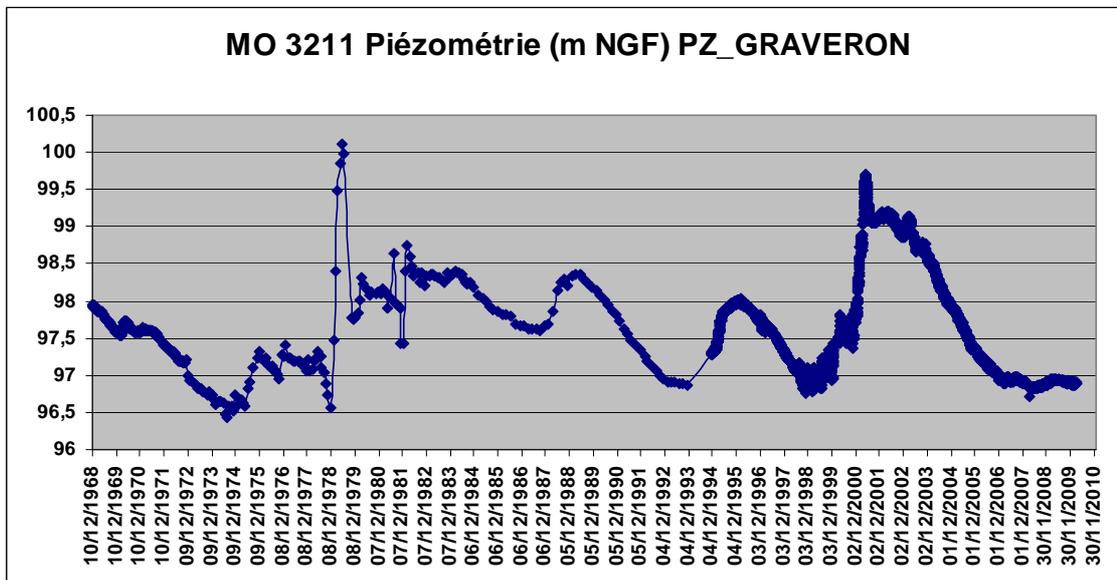


Illustration 243 : Chronique des niveaux du piézomètre Graveron Semerville

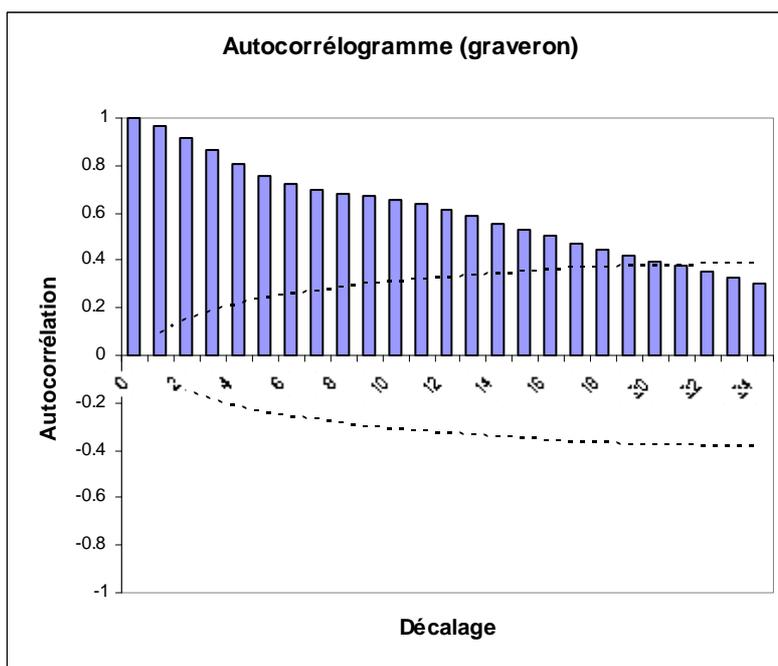


Illustration 244 : Autocorrélogramme du piézomètre Graveron Semerville (décalage en mois)

Les mesures dans le piézomètre sont bien corrélées entre elles sur 18 mois (0.8) à plus de 24 mois (0.6).

5.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre Graveron Semerville

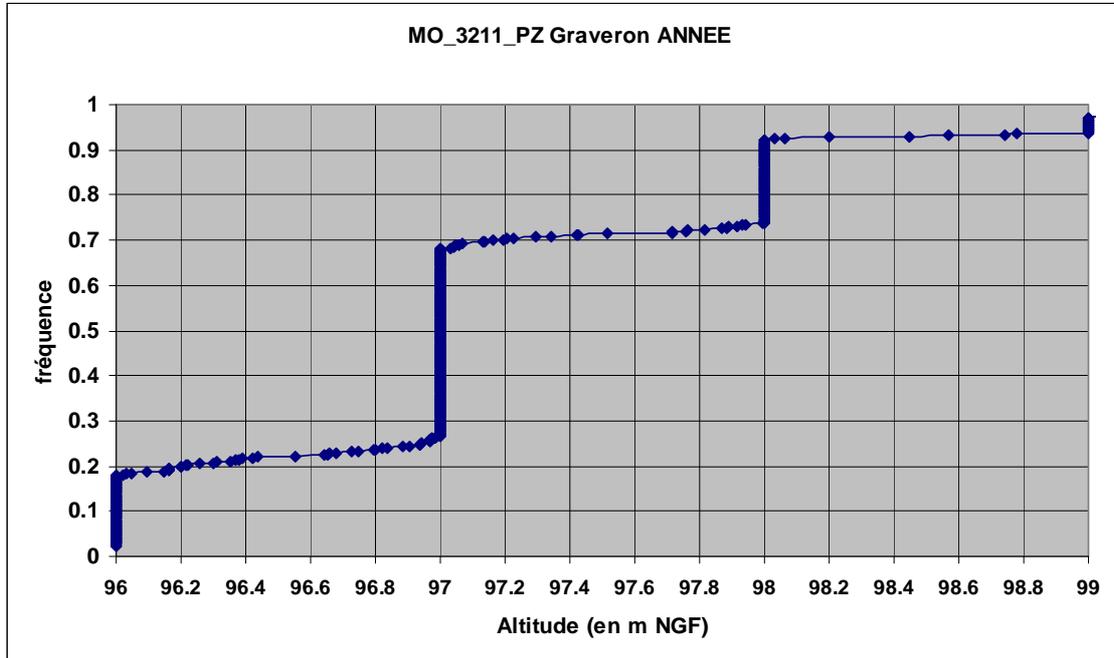


Illustration 245 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Graveron Semerville

5.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre Graveron Semerville

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
ngf janv trié	96.00	96.00	96.31	97.00	98.00	98.00	98.00
ngf fev trié	96.00	96.00	96.44	97.00	98.00	98.00	98.00
ngf mars trié	96.00	96.00	96.55	97.00	98.00	98.00	98.78
ngf avril trié	96.00	96.00	96.66	97.00	98.00	98.00	99.00
ngf mai trié	96.00	96.00	96.75	97.00	98.00	98.00	99.00
ngf juin trié	96.00	96.00	96.82	97.00	98.00	98.00	99.00
ngf juil trié	96.00	96.00	96.94	97.00	98.00	98.00	98.45
ngf aout trié	96.00	96.00	96.94	97.00	98.00	98.00	98.00
ngf sept trié	96.00	96.00	96.64	97.00	98.00	98.00	98.00
ngf oct trié	96.00	96.00	96.35	97.00	98.00	98.00	98.00
ngf nov trié	96.00	96.00	96.37	97.00	98.00	98.00	98.00
ngf dec trié	96.00	96.00	96.15	97.00	98.00	98.00	98.00

Illustration 246 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Graveron Semerville

Toutes les courbes 20 et 10 ans secs sont confondues ainsi qu'une partie des courbes 20 et 10 ans humides.

Les courbes 20 et 10 ans secs sont plates à 96m, les extrêmes vont de 96.15 à 96.94m avec les mois les plus secs en décembre, janvier et octobre pour les 5 ans

secs, la courbe médiane est plate à 97m ainsi que les courbes 5 et 10 ans humides à 98m. Les niveaux des 20 ans humides se situent entre 98 et 99m.

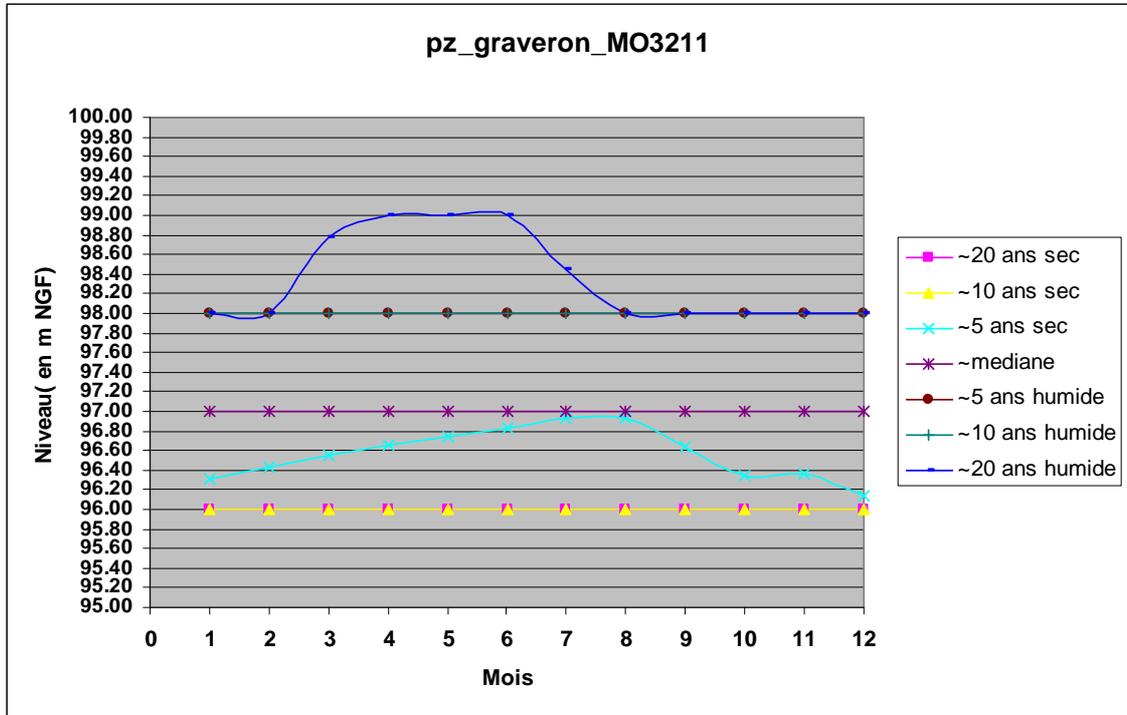


Illustration 247 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Graveron Semerville

6. LE PIEZOMETRE MOISVILLE

La chronique du relevé des niveaux du piézomètre démarre le 26/01/1982. La fréquence est mensuelle jusqu'au 25/09/1984, tous les deux mois jusqu'au 16/12/1993 et journalière à partir de cette date.

6.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre Moisville

Le niveau repère est à m, l'ouvrage atteint 153m de profondeur et le niveau de l'eau évolue entre les cotes 136.94 et 144.87m(NGF). L'amplitude des niveaux est de 7.93m maximum. Le cycle est pluri annuel avec une influence annuelle.

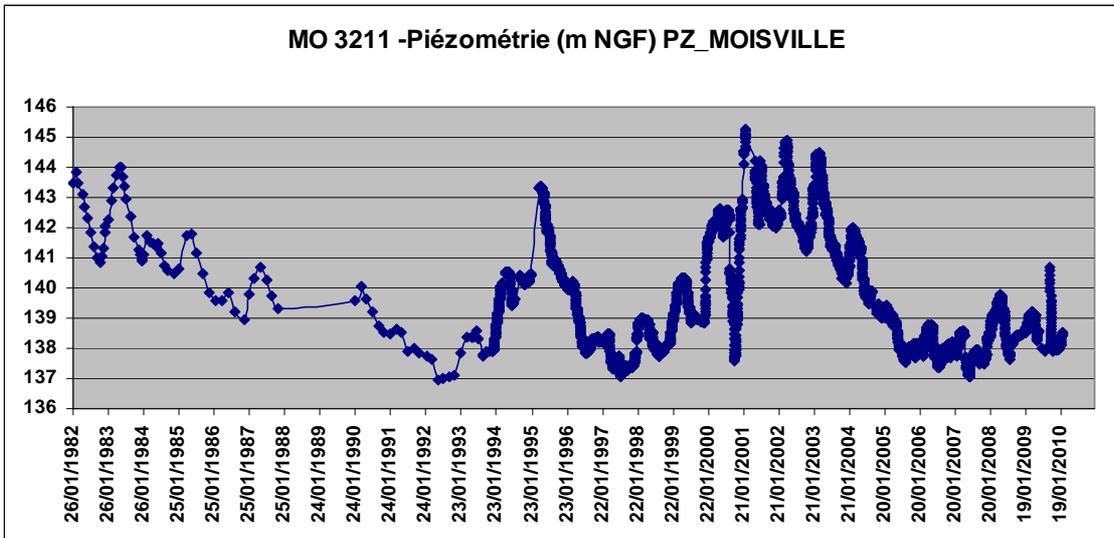


Illustration 248 : Chronique des niveaux du piézomètre Moisville

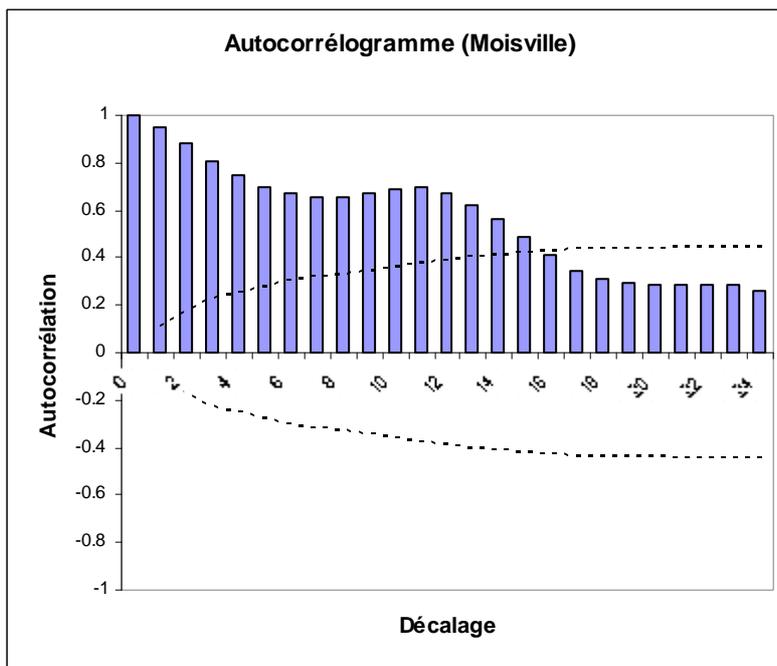


Illustration 249 : Autocorrélogramme du piézomètre Moisville (décalage en mois)

6.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre Moisville

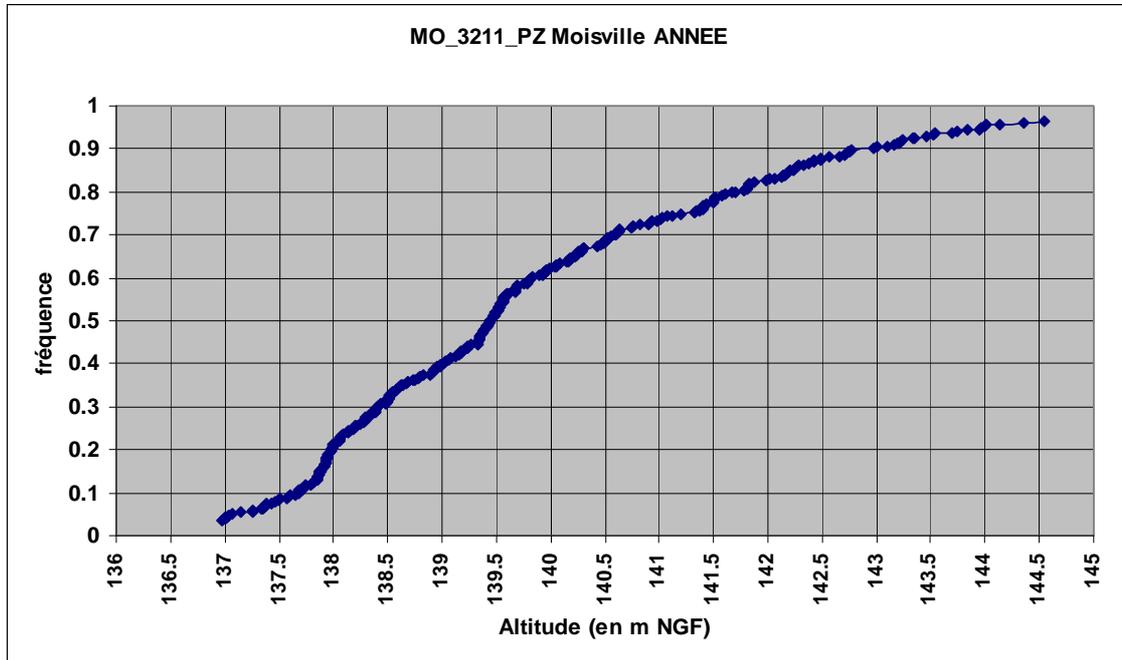


Illustration 250 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Moisville

6.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre Moisville

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
ngf janv trié	137.85	138.06	138.32	139.46	141.01	142.42	142.97
ngf fev trié	138.00	138.03	138.55	139.47	141.79	142.75	143.16
ngf mars trié	138.29	138.34	138.62	139.96	142.13	143.35	144.00
ngf avril trié	137.90	138.39	138.66	139.79	142.16	143.55	143.69
ngf mai trié	137.43	137.46	138.51	139.67	142.49	143.46	143.74
ngf juin trié	137.36	137.39	138.18	139.51	142.20	143.01	143.83
ngf juil trié	137.51	137.64	137.93	139.40	141.50	142.27	143.33
ngf aout trié	137.26	137.60	137.87	139.33	141.08	142.06	142.74
ngf sept trié	137.35	137.74	137.85	139.42	140.90	142.18	142.25
ngf oct trié	137.33	137.67	137.92	139.08	140.74	141.81	142.37
ngf nov trié	137.39	137.71	137.94	138.98	140.49	141.51	142.28
ngf dec trié	137.57	137.80	137.99	139.27	140.50	142.01	142.14

Illustration 251 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Moisville

Les courbes des périodes sèches sont très proches les unes des autres voire confondues sur certaines périodes, notamment pour les 20 et 10 ans secs.

Les extrêmes vont de 137.26 à 138.29m avec les mois les plus secs en août, octobre et septembre (20 ans secs), de 137.39 à 138.39m avec les niveaux les plus bas en juin, mai et aout (10 ans secs), de 137.85 à 138.66m avec les mois les plus moins

arrosés en septembre, août et octobre (5 ans secs), de 138.98 à 139.96m pour la médiane, de 140.49 à 142.49m (5 ans humides), de 141.51 à 143.55m (10 ans humides) et de 142.14 à 144m (20 ans humides).

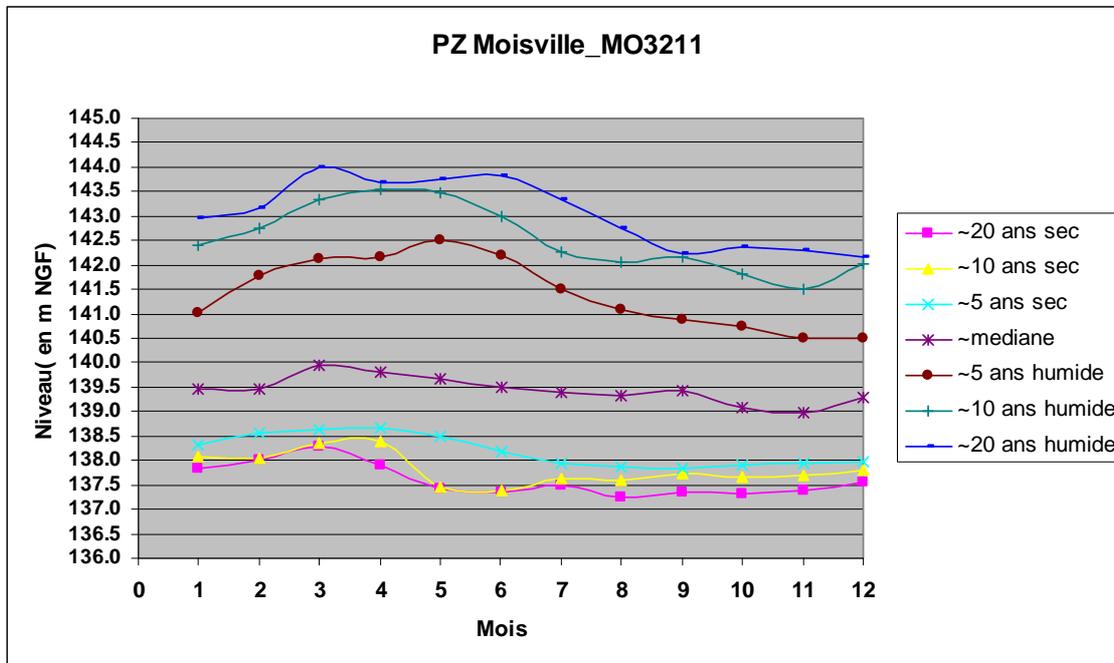


Illustration 252 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Moisville

7. LE PIEZOMETRE NOGENT LE SEC

La chronique du relevé des niveaux du piézomètre démarre le 23/04/1985. La fréquence est tous les deux mois jusqu'au 16/11/1994 et journalière à partir de cette date.

7.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre Nogent le Sec

Le niveau repère est à 159.2m, l'ouvrage atteint 37.2m de profondeur et le niveau de l'eau évolue entre les cotes 126.04 et 135.31m(NGF). L'amplitude des niveaux est de 9.27m maximum. Le cycle est pluri annuel.

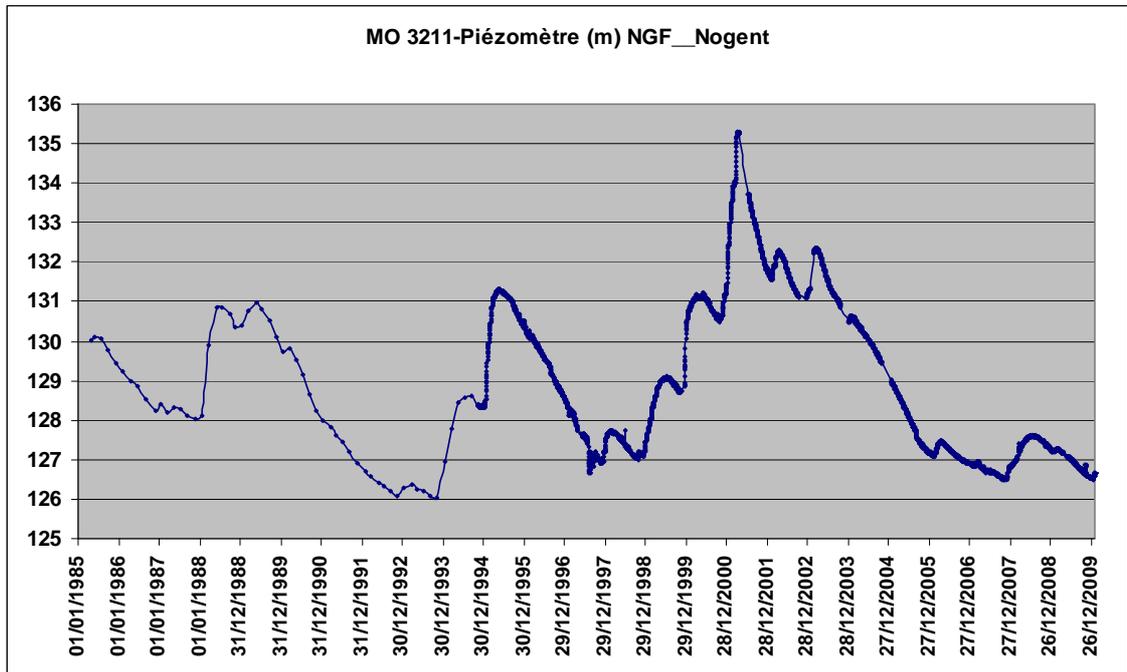


Illustration 253 : Chronique des niveaux du piézomètre Nogent le Sec

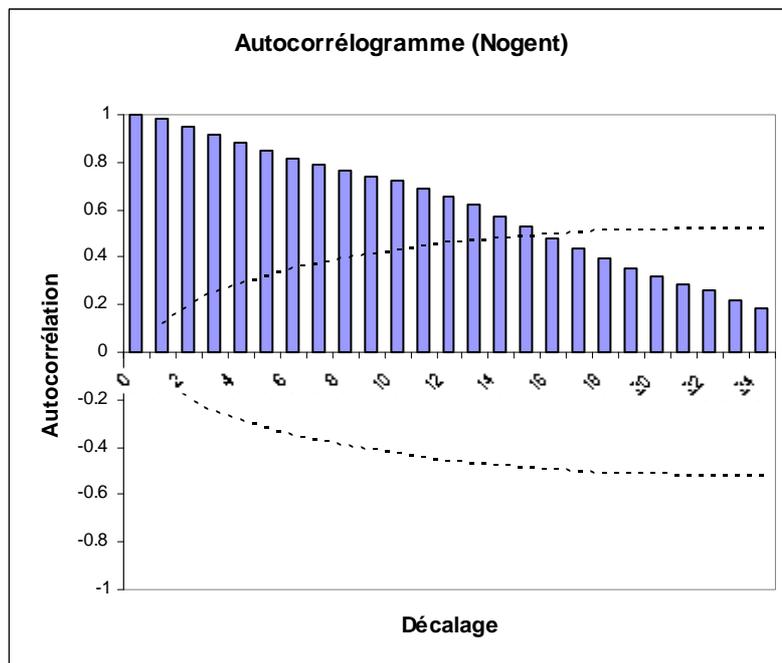


Illustration 254 : Autocorrélogramme du piézomètre Nogent le Sec (décalage en mois)

7.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre Nogent le Sec

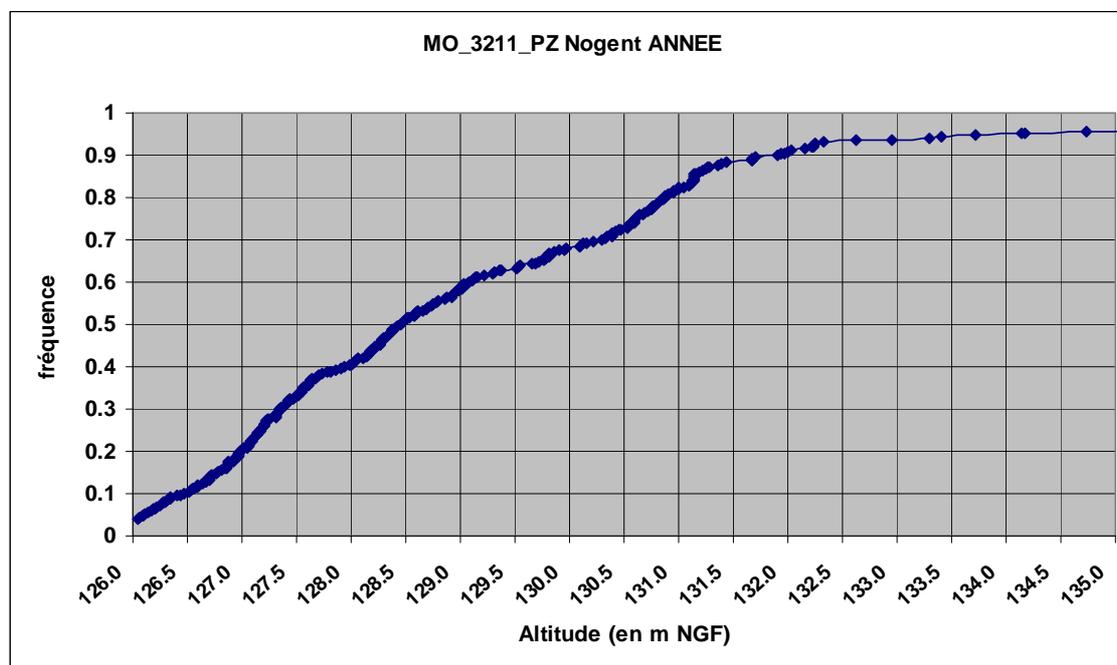


Illustration 255 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Nogent le Sec

7.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre Nogent le Sec

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
ngf janv trié	126.76	126.85	126.88	128.37	130.55	131.35	131.70
ngf fev trié	126.67	126.86	127.12	128.26	130.60	131.68	132.03
ngf mars trié	126.59	126.92	127.25	128.42	130.76	132.00	132.33
ngf avril trié	126.53	126.81	127.36	128.53	131.12	132.24	132.24
ngf mai trié	126.46	126.74	127.39	128.41	131.13	131.96	132.15
ngf juin trié	126.40	126.72	127.31	128.52	131.13	131.67	131.94
ngf juil trié	126.34	126.70	127.23	128.58	131.00	131.40	131.67
ngf aout trié	126.26	126.66	126.99	128.60	130.83	131.22	131.44
ngf sept trié	126.19	126.60	127.00	128.48	130.72	131.11	131.26
ngf oct trié	126.14	126.54	127.01	128.37	130.58	130.95	131.15
ngf nov trié	126.11	126.52	126.94	128.26	130.62	130.77	131.14
ngf dec trié	126.44	126.56	126.84	128.14	130.45	131.13	131.15

Illustration 256 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Nogent le Sec

Toutes les courbes sont distinctes les unes des autres.

Les extrêmes vont de 126.1 à 126.8m avec les mois les plus secs de septembre à novembre (20 ans secs), de 126.5 à 126.9m avec les niveaux les plus bas d'octobre à décembre (10 ans secs), de 126.8 à 127.4m avec les mois les plus moins arrosés de novembre à janvier (5 ans secs), de 128.1 à 128.6m pour la médiane, de 130.4 à

131.1m (5 ans humides), de 130.8 à 132.2m (10 ans humides) et de 131.1 à 132.3m (20 ans humides).

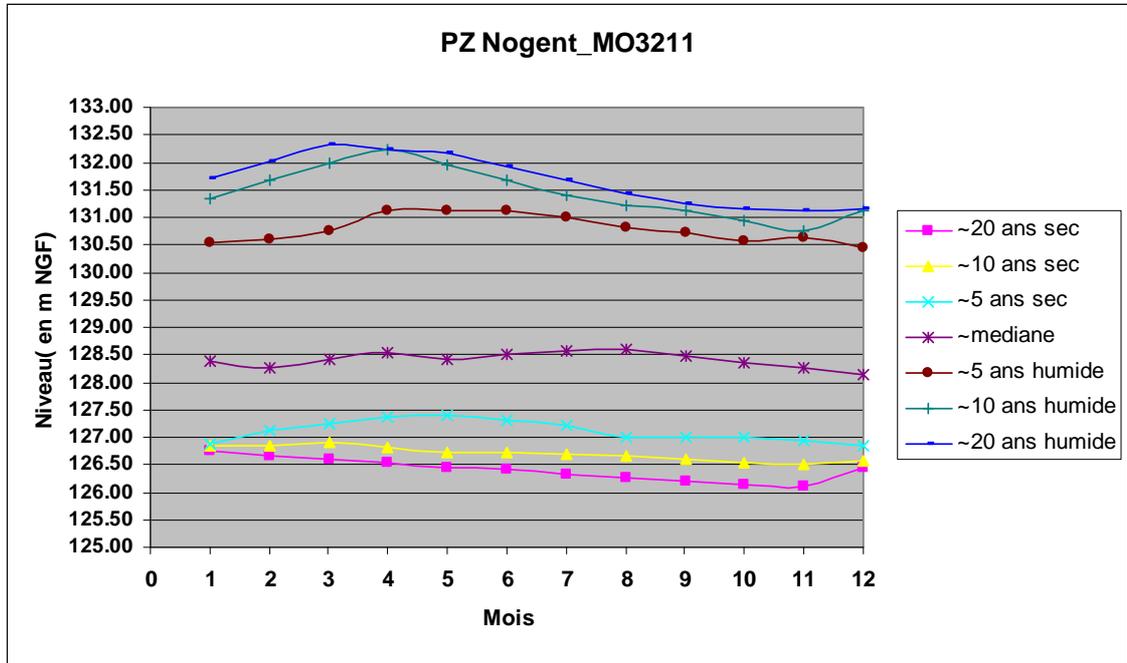


Illustration 257 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Nogent le Sec

8. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION CAILLY SUR EURE SUR LA RIVIERE EURE

8.1. Distribution des débits et autocorrélogramme

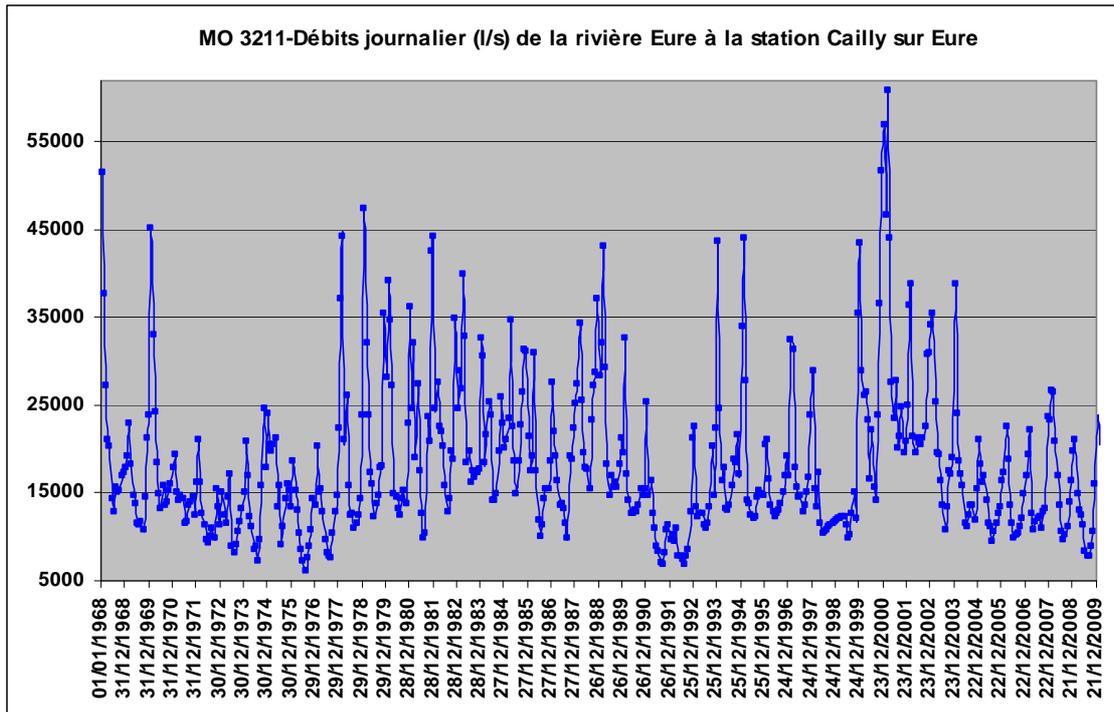


Illustration 258 : Chronique des débits à la station Cailly sur Eure

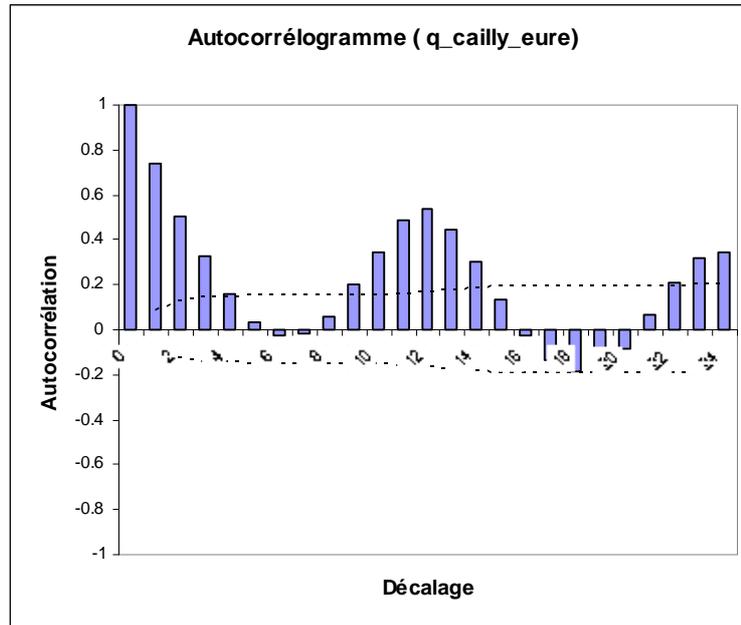


Illustration 259 : Autocorrélogramme des débits à la station Cailly sur Eure (décalage en mois)

Les mesures de débits sont bien corrélées entre elles sur 1 mois (0.8) à 2 mois (0.6).

9. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE EURE A LA STATION CAILLY SUR EURE ET LE PIEZOMETRE DE LA MASSE D'EAU CHAIGNES

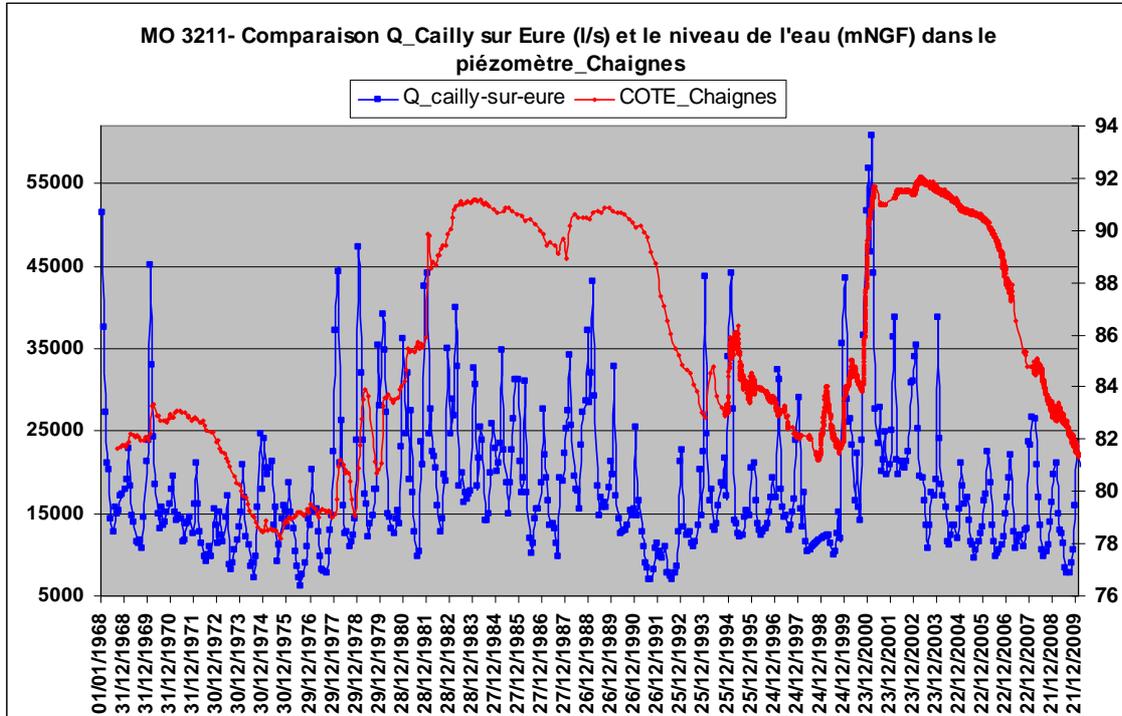


Illustration 260 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Chaignes et des débits à Cailly sur Eure

9.1. Corrélogramme croisé des moyennes mensuelles des débits et des niveaux

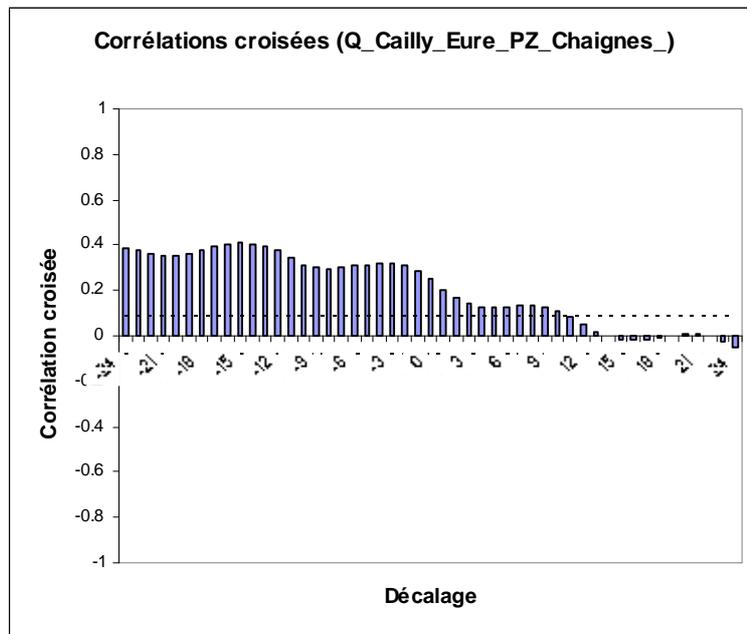


Illustration 261 : Corrélogramme croisé du débit à la station Cailly sur Eure et des niveaux du piézomètre Chaignes (décalage en mois)

10. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE EURE A LA STATION LOUVIERS ET LE PIEZOMETRE DE LA MASSE D'EAU CHAIGNES

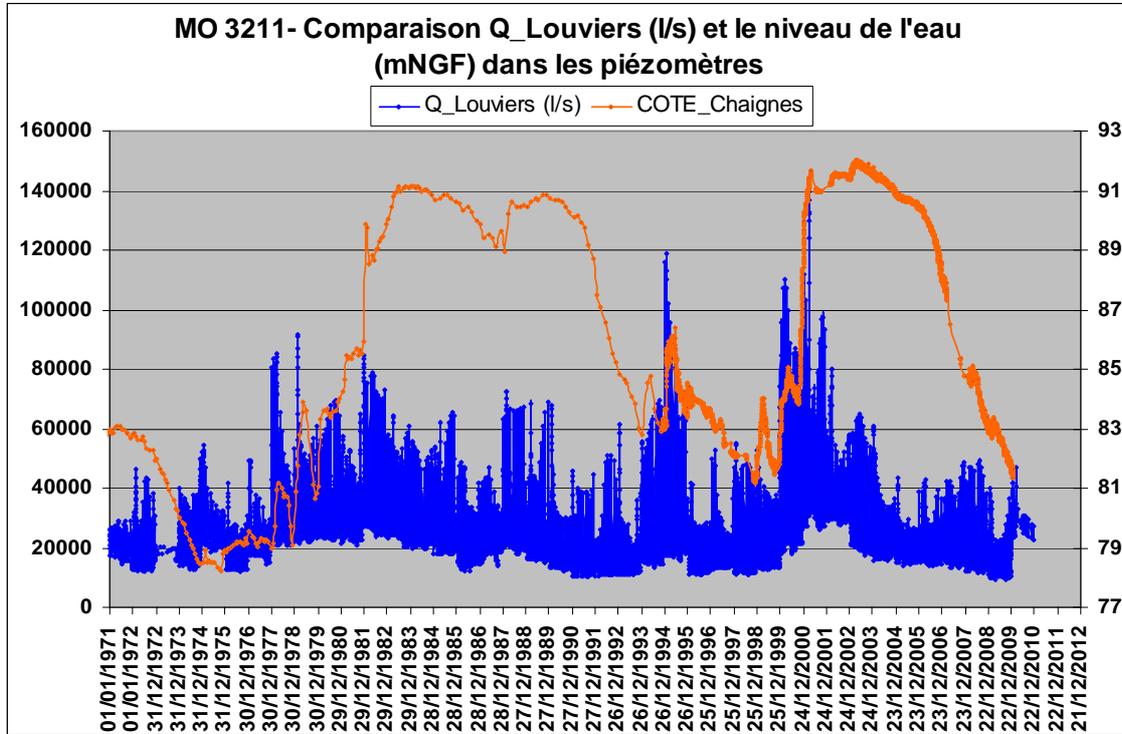


Illustration 262 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Chaignes et des débits à Louviers

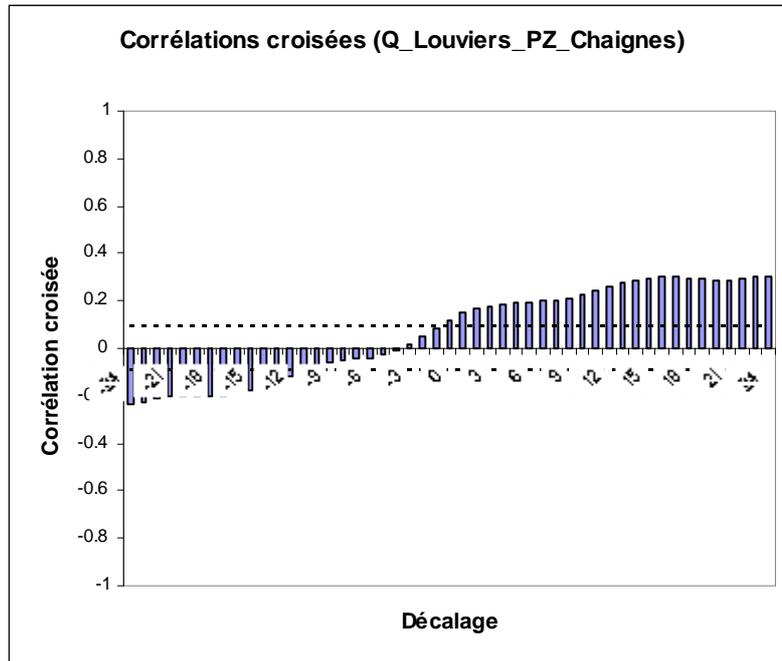


Illustration 263 : Corrélogramme croisé du débit à la station Louviers et des niveaux du piézomètre Chaignes (décalage en mois)

Pas de corrélation.

11. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION BOURTH SUR LA RIVIERE ITON

11.1. Distribution des débits et autocorrélogramme

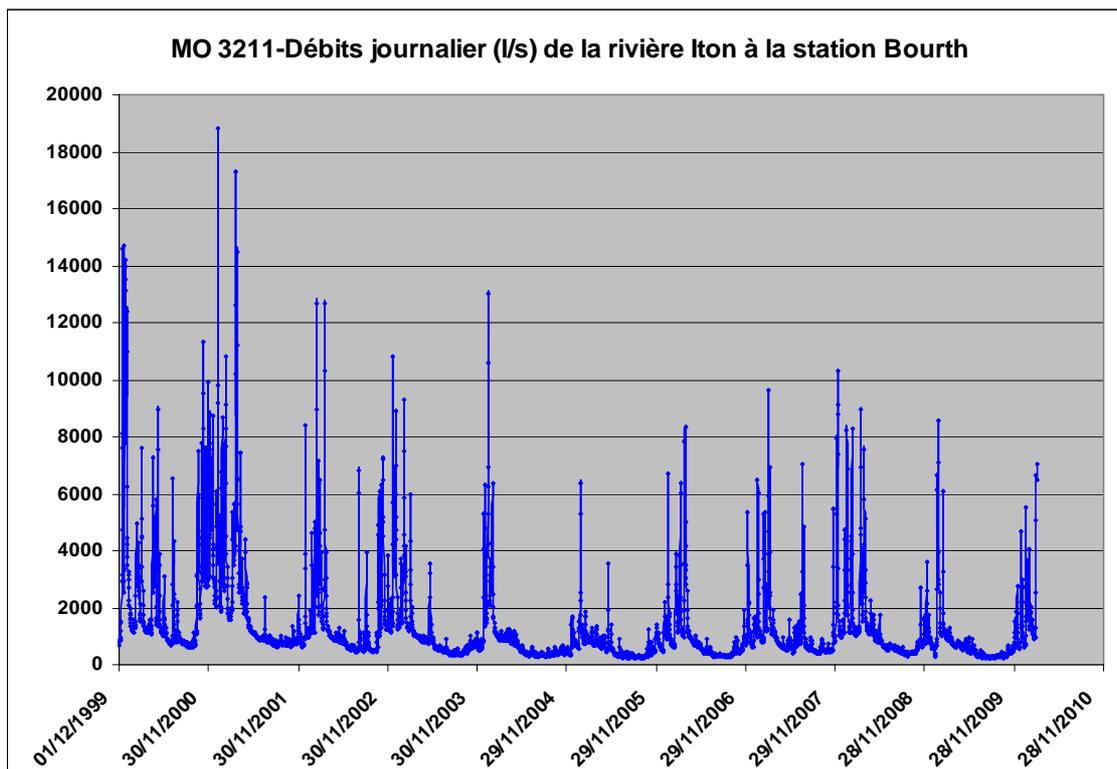


Illustration 264 : Chronique des débits à la station Bourth

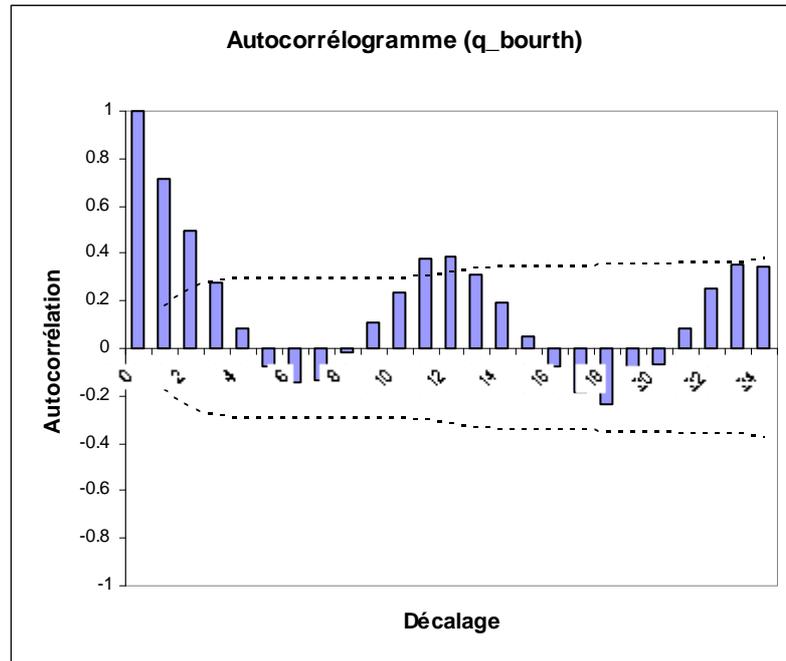


Illustration 265 : Autocorrélogramme des débits à la station Bourth (décalage en mois)

Les mesures de débits sont bien corrélées entre elles sur 1 mois (0.8) à 2 mois (0.6).

12. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE ITON A LA STATION BOURTH ET LE PIEZOMETRE DE LA MASSE D'EAU COULONGES

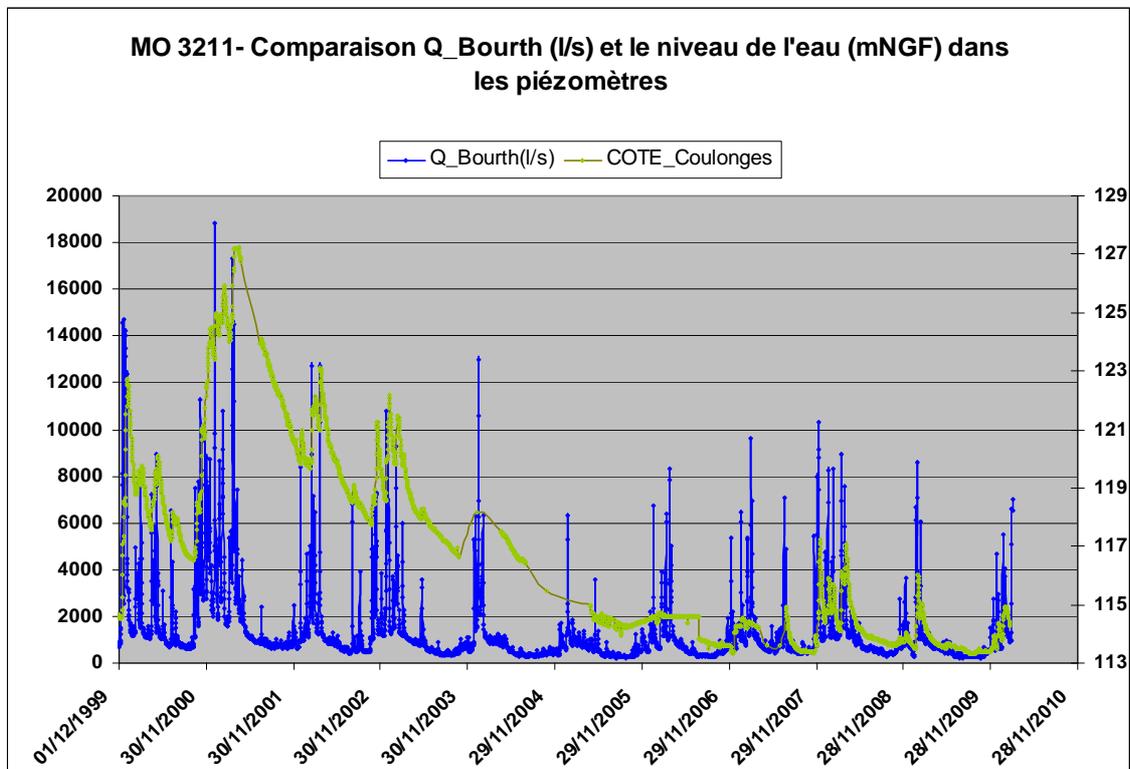


Illustration 266 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Coulonges et des débits à Bourth

Il n'y a que 10 années pour lesquelles il existe des débits minimums.

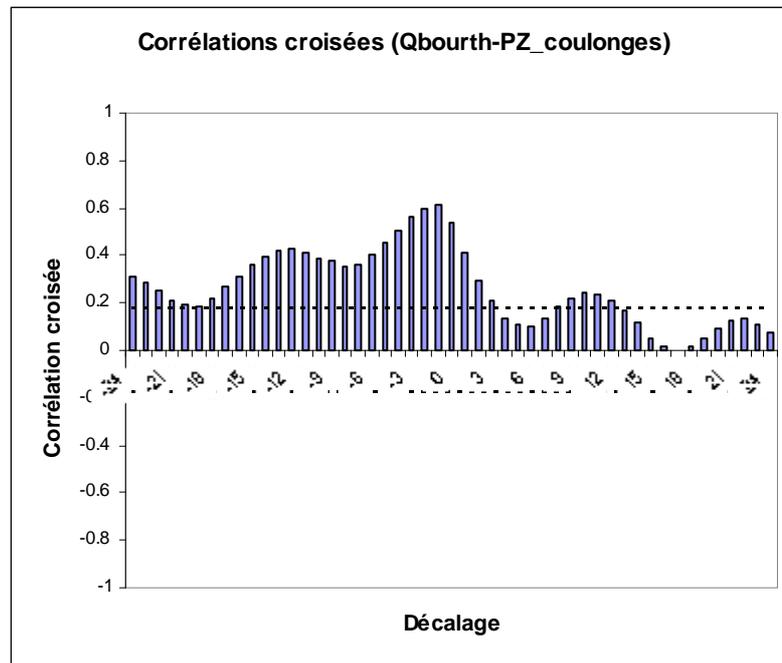


Illustration 267 : Corrélogramme croisé du débit à la station Bourth et des niveaux du piézomètre Coulonges (décalage en mois)

12.1. Relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière Iton à la station Bourth et le niveau moyen mensuel du piézomètre Coulonges pour la même année

Mois	Coefficient de détermination R^2
décembre	0.8116
novembre	0.7149
mai	0.6095
octobre	0.6078
janvier	0.6039
juillet	0.5941
juin	0.5615
août	0.5538
mars	0.5405
avril	0.5117
septembre	0.5087
février	0.5077

Illustration 268 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

Pour une prévision d'étiage, seul le mois de mai et le mois de janvier peuvent être retenus avec un coefficient de 0.6 seulement.

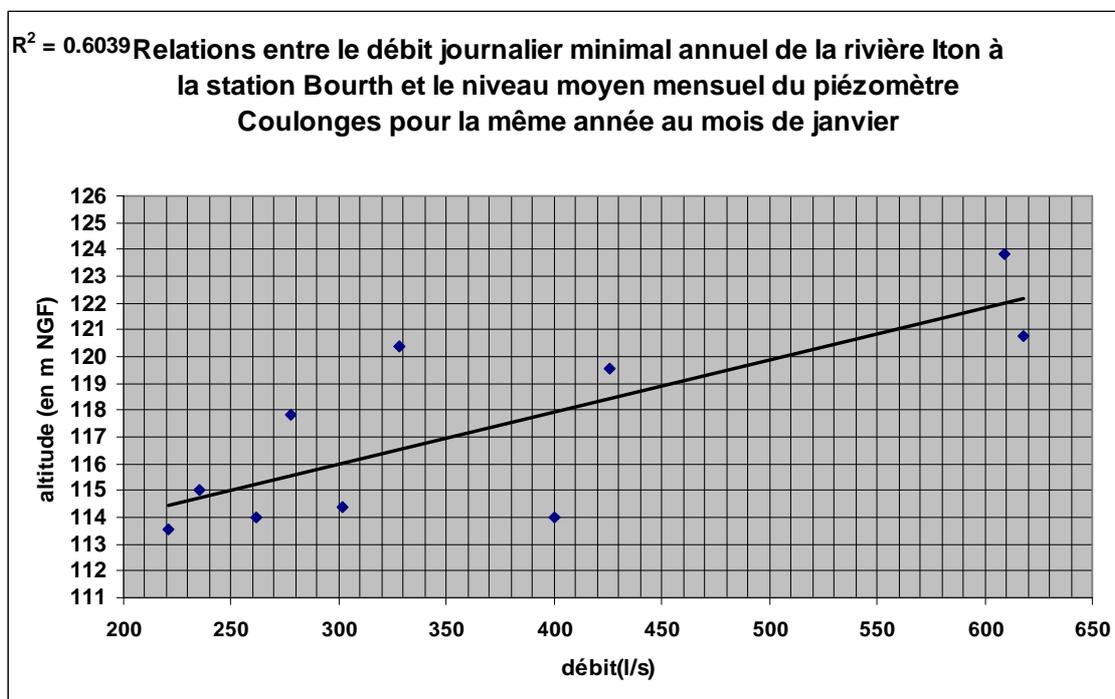


Illustration 269 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Bourth et le niveau moyen mensuel du piézomètre Coulonges pour le mois de janvier de la même année

Pour le prévisionnel avant l'étiage dans la rivière, les mois de mai et janvier peuvent être utilisés et le tableau ci-dessous présente les niveaux repères (cotes piézométriques) pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique.

Département	Rivière	Station suivie	Piezomètre	MO	Mois de réf	coef R ²	Seuil de vigilance (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m ³ /s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
27	Iton amont	Bourth	Coulonges	3211	mai	0.6095	0.58	120.9	0.38	116.8	0.28	114.8	0.23	113.8	0.3	115.2	0.3	115.2
27	Iton amont	Bourth	Coulonges	3211	janvier	0.6039	0.58	121.5	0.38	117.6	0.28	115.6	0.23	114.7	0.3	116	0.3	116

Illustration 270 : Cotes piézométriques correspondant aux seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les mois de début d'année dont le coefficient de corrélation est supérieur à 0.6

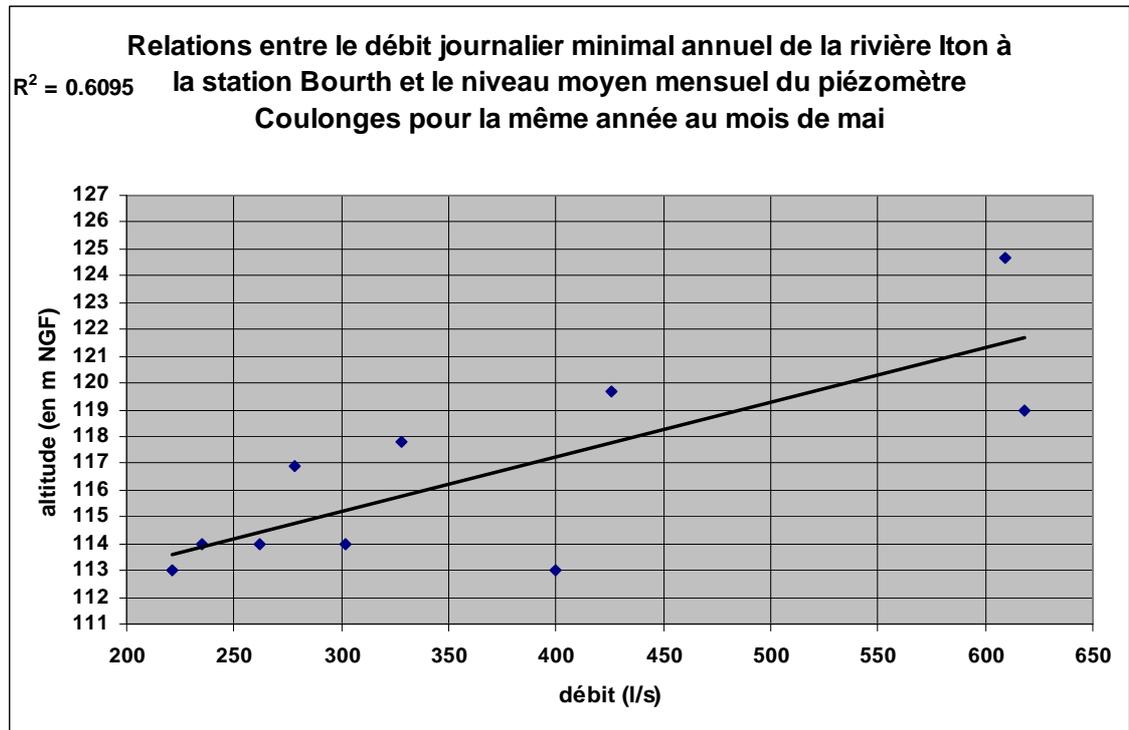


Illustration 271 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Bourth et le niveau moyen mensuel du piézomètre Coulonges pour le mois de mai de la même année

Ce graphique peut permettre, également, de définir des niveaux repères pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique : ex :QMNA5 (300l/s) = 115.3m

12.2. Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Coulonges (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Bourth (année civile)

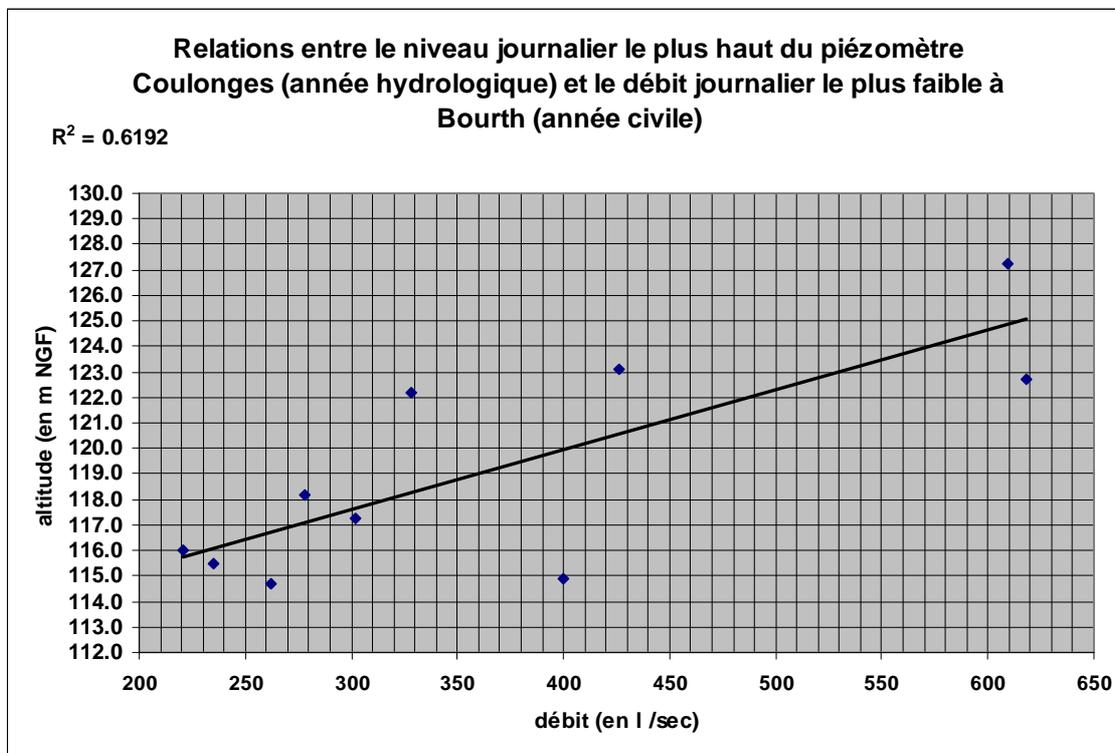


Illustration 272 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Coulonges (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Bourth (année civile)

Ce graphique peut permettre, également, de définir des niveaux repères pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique : ex : QMNA5 (300l/s) = 117.5m

13. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION NORMANVILLE SUR LA RIVIERE ITON

13.1. Distribution des débits et autocorrélogramme

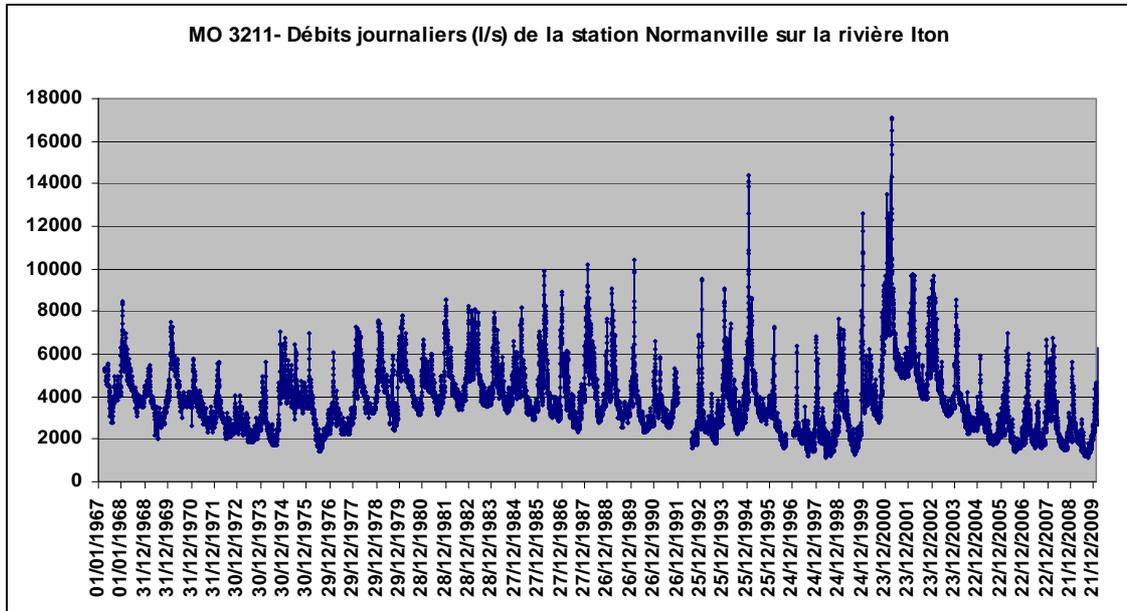


Illustration 273 : Chronique des débits à la station Normanville

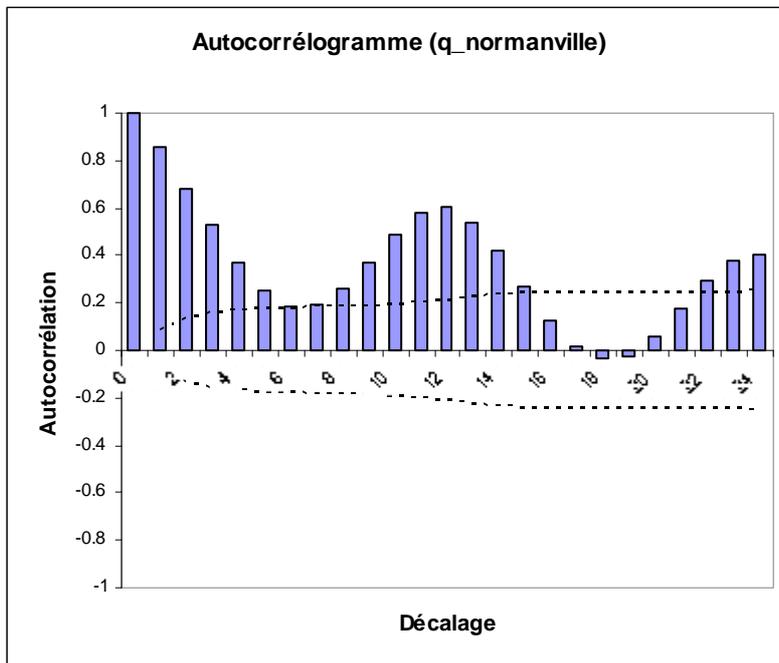


Illustration 274 : Autocorrélogramme des débits à la station Normanville (décalage en mois)

Les mesures de débits sont bien corrélées entre elles sur 2 mois (0.8) à 3 mois (0.6).

14. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE ITON A LA STATION NORMANVILLE ET LES PIEZOMETRES DE LA MASSE D'EAU GRAVERON-SERMEVILLE ET NOGENT LE SEC

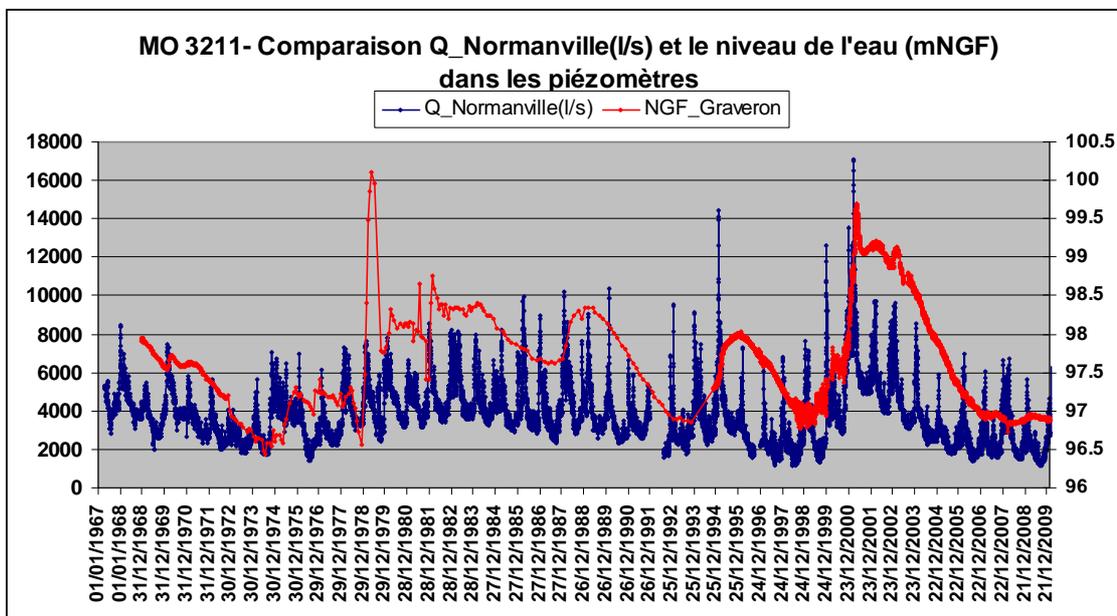


Illustration 275 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Graveron Semerville et des débits à Normanville

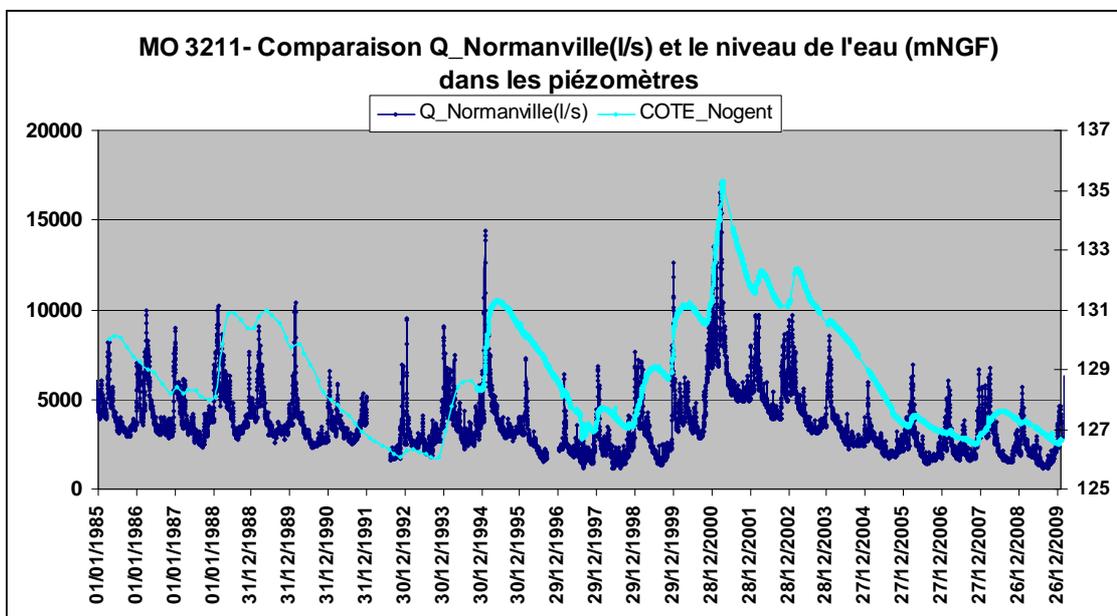


Illustration 276 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Nogent le Sec et des débits à Normanville

14.1. Corrélogrammes croisés des moyennes mensuelles des débits et des niveaux

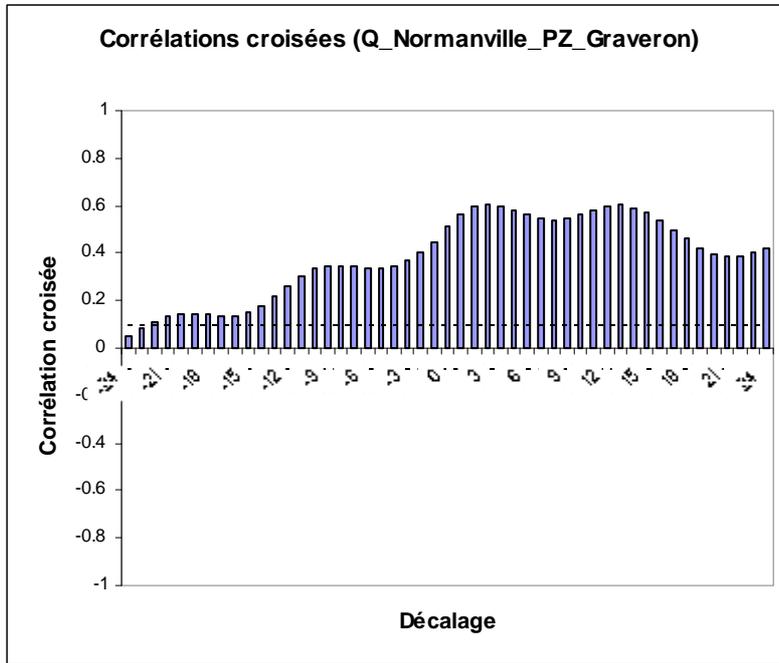


Illustration 277 : Corrélogramme croisé du débit à la station Normanville et des niveaux du piézomètre Gaveron Semerville (décalage en mois)

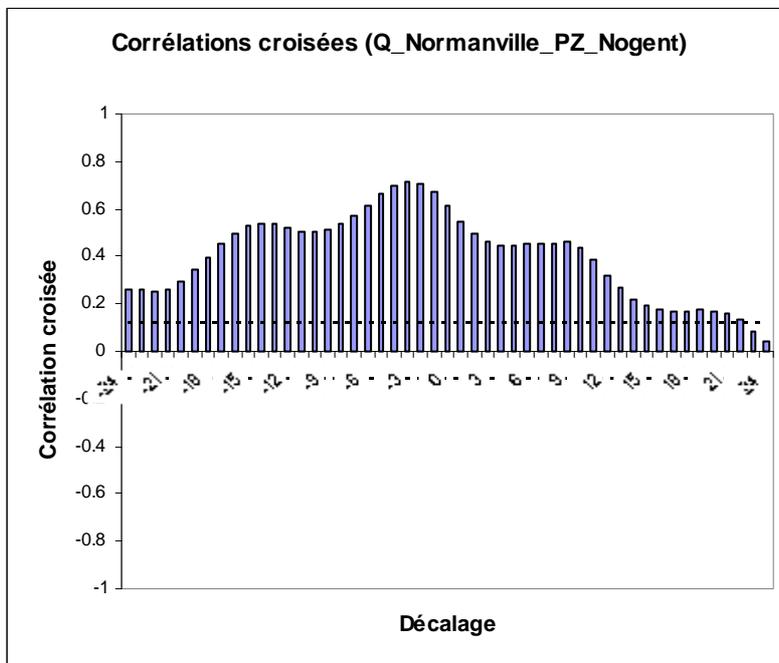


Illustration 278 : Corrélogramme croisé du débit à la station Normanville et des niveaux du piézomètre Nogent le Sec (décalage en mois)

14.2. Relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière Iton à la station Normanville et le niveau moyen mensuel des piézomètres pour la même année

Avec le piézomètre Graveron-semerville

Mois	Coefficient de détermination R^2
décembre	0.6281
octobre	0.5893
novembre	0.5806
septembre	0.5789
août	0.5666
juillet	0.5052
juin	0.4817
avril	0.4658
mai	0.4373
février	0.4293
janvier	0.4025
mars	0.3974

Illustration 279 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

Aucune corrélation n'est possible au printemps pour la prévision de l'étiage.

Avec le piézomètre Nogent le Sec

Mois	Coefficient de détermination R^2
avril	0.7698
mai	0.7607
juin	0.7436
mars	0.7367
juillet	0.7287
août	0.7219
septembre	0.7113
octobre	0.7053
février	0.6999
novembre	0.6958
décembre	0.6618
janvier	0.6137

Illustration 280 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

Pour le prévisionnel avant l'étiage dans la rivière, les mois de mars à juin peuvent être utilisés et le tableau ci-dessous présente les niveaux repères (cotes piézométriques) pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique.

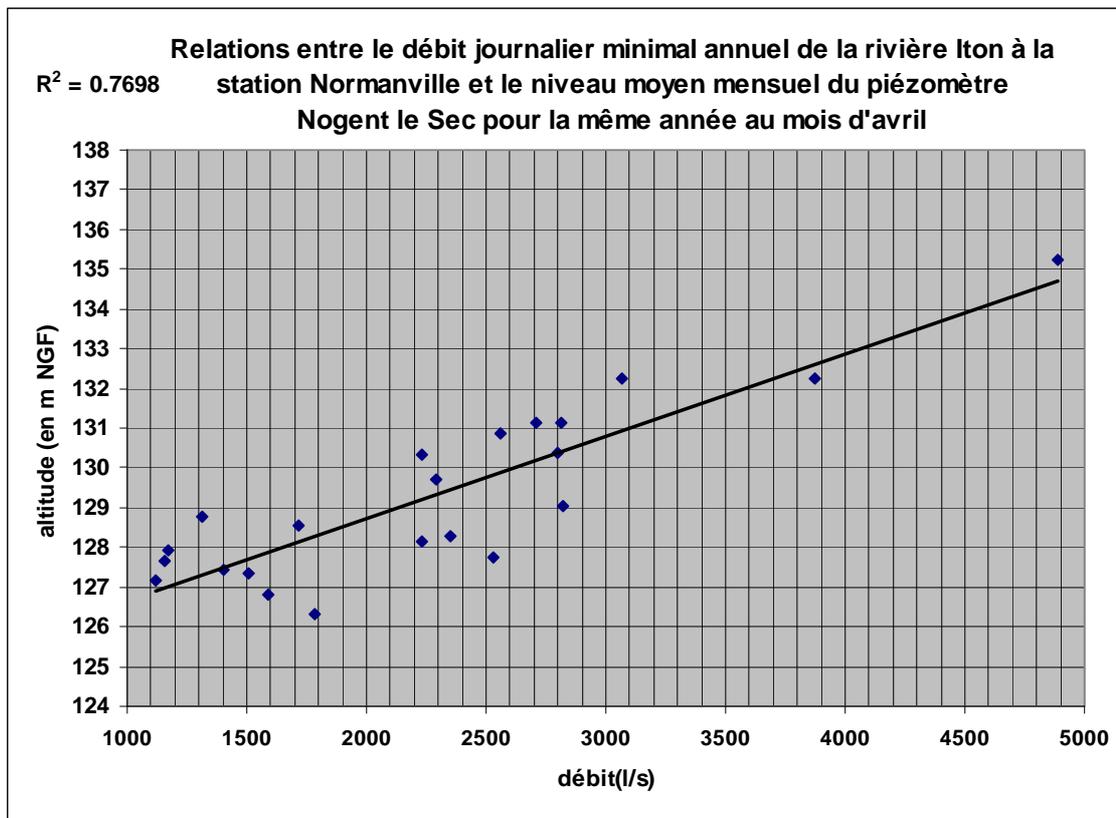


Illustration 281 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Normanville et le niveau moyen mensuel du piézomètre Nogent le Sec pour la même année

Département	Rivière	Station suivie	Piézomètre	MO	Mois de réf	coef R ²	Seuil de vigilance (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m ³ /s)	cote piézo (m)	GMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
27	Iton aval	Normanville	Nogent	3211	avril	0.7698	2.5	129.80	2	128.70	1.7	128.10	1.5	127.70	2	128.70	1.31	127.30
27	Iton aval	Normanville	Nogent	3211	mai	0.7607	2.5	129.75	2	128.70	1.7	128.15	1.5	127.75	2	128.70	1.31	127.35
27	Iton aval	Normanville	Nogent	3211	juin	0.7436	2.5	129.60	2	128.65	1.7	128.10	1.5	127.70	2	128.65	1.31	127.35
27	Iton aval	Normanville	Nogent	3211	mars	0.7367	2.5	129.60	2	128.70	1.7	128.15	1.5	127.80	2	128.70	1.31	127.40

Illustration 282 : Cotes piézométriques correspondant aux seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les mois de début d'année dont le coefficient de corrélation est supérieur à 0.6

14.3. Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à (année civile)

Avec le piézomètre Nogent le Sec

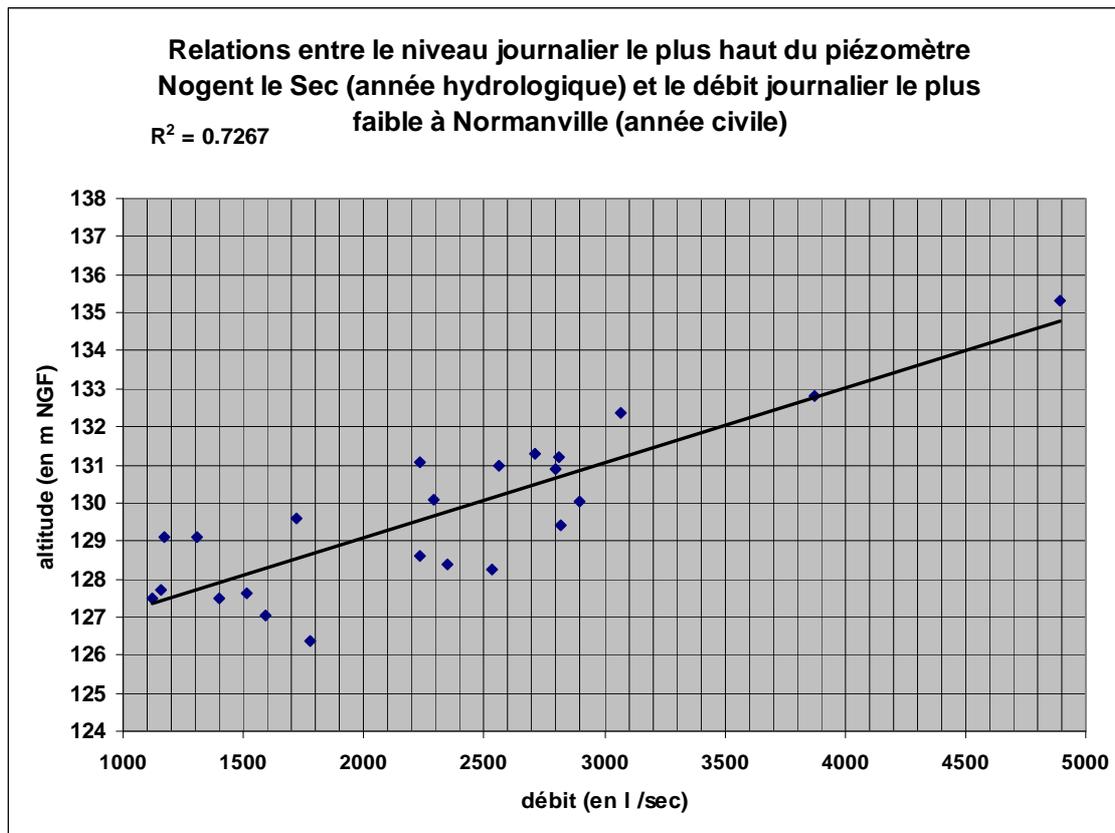


Illustration 283 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Nogent le Sec (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Normanville (année civile)

Ce graphique peut permettre, également, de définir des niveaux repères pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique : ex : QMNA5 (2000 l/s) = 129.1m

15. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION MUZY SUR LA RIVIERE AVRE

15.1. Distribution des débits et autocorrélogramme

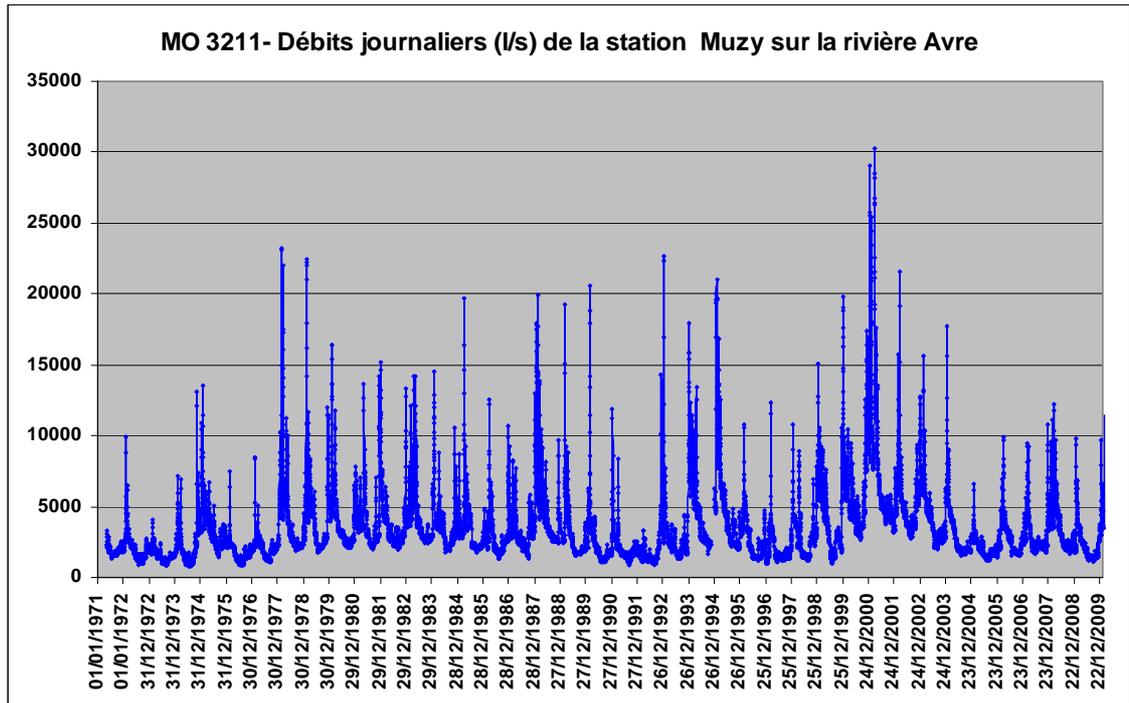


Illustration 284 : Chronique des débits à la station Muzy

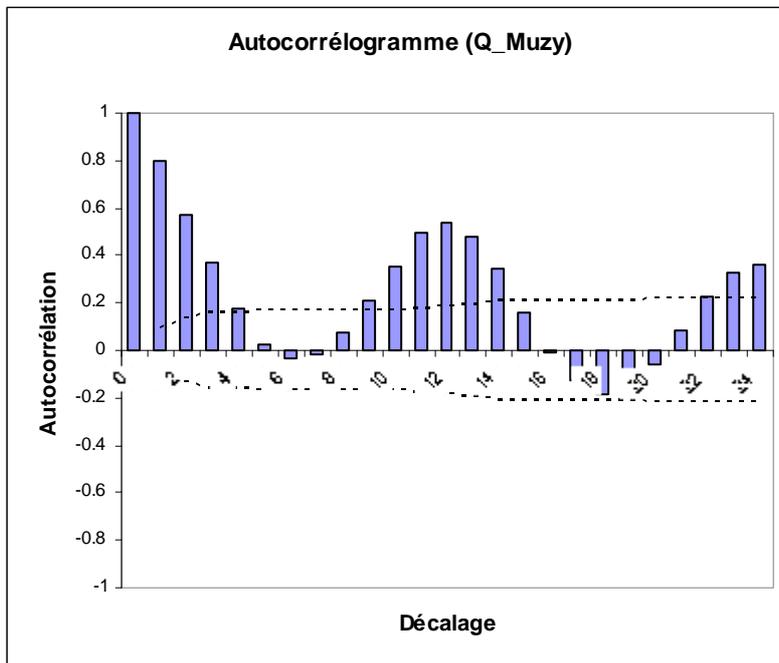


Illustration 285 : Autocorrélogramme des débits à la station Muzy (décalage en mois)

Les mesures de débits sont bien corrélées entre elles sur 1 mois (0.8) à 2 mois (0.6).

16. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE AVRE A LA STATION MUZY ET LES PIEZOMETRES DE LA MASSE D'EAU : MOISVILLE ET COULONGES

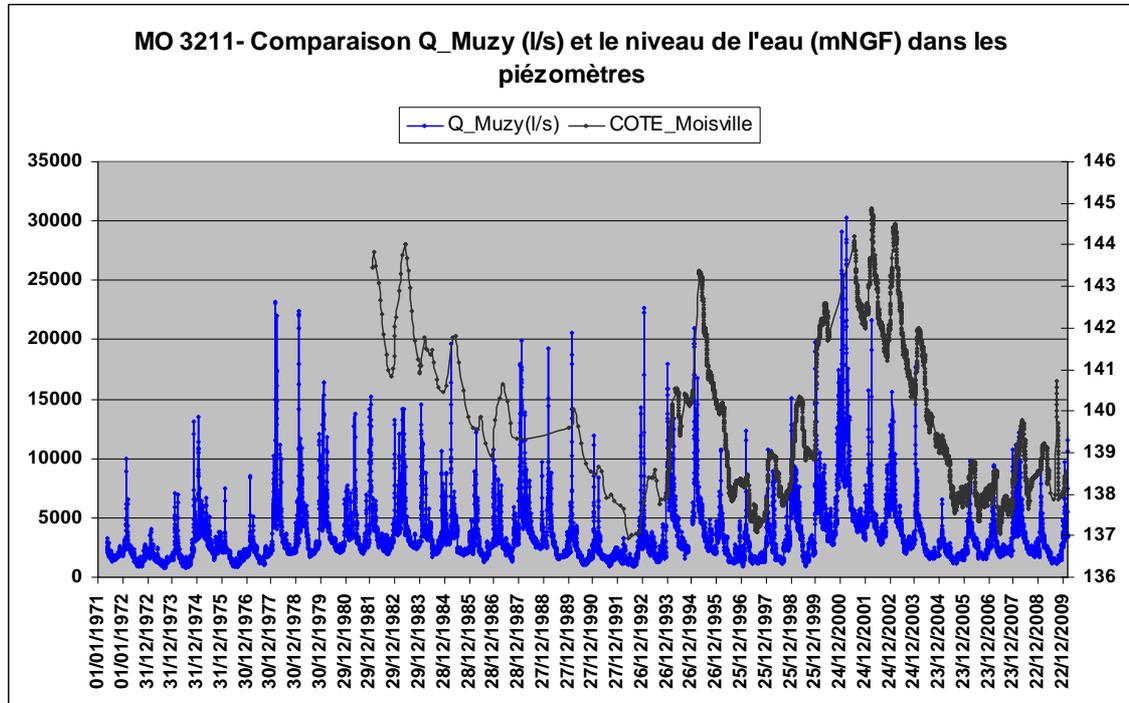


Illustration 286 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Moisville et des débits à Muzy

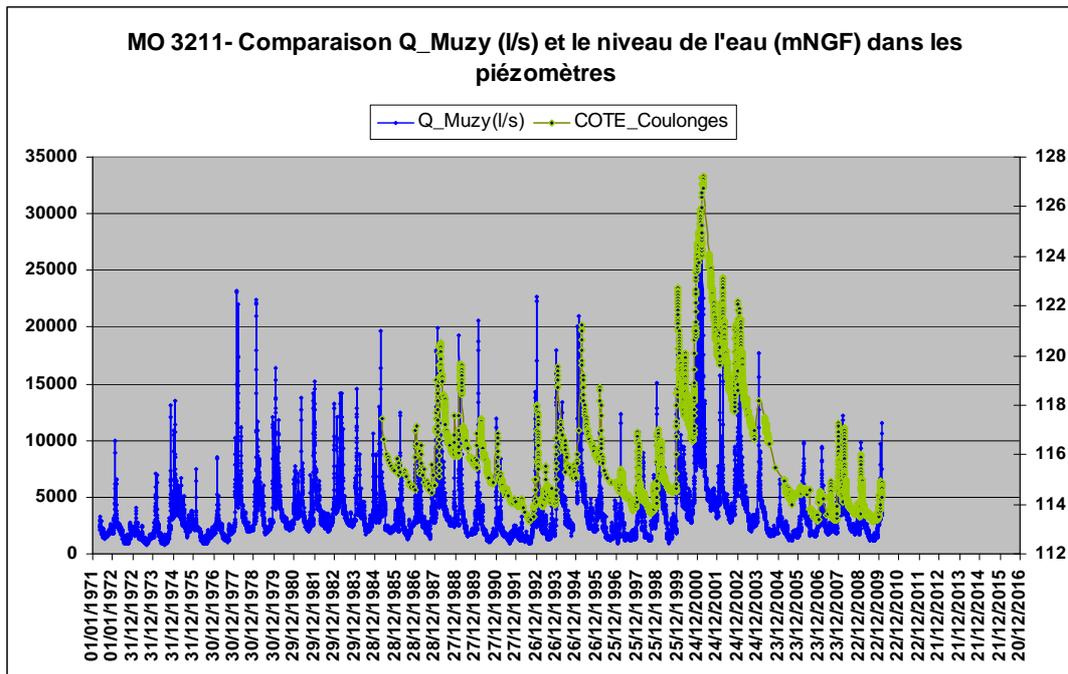


Illustration 287 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Coulonges et des débits à Muzy

16.1. Corrélogrammes croisés des moyennes mensuelles des débits et des niveaux

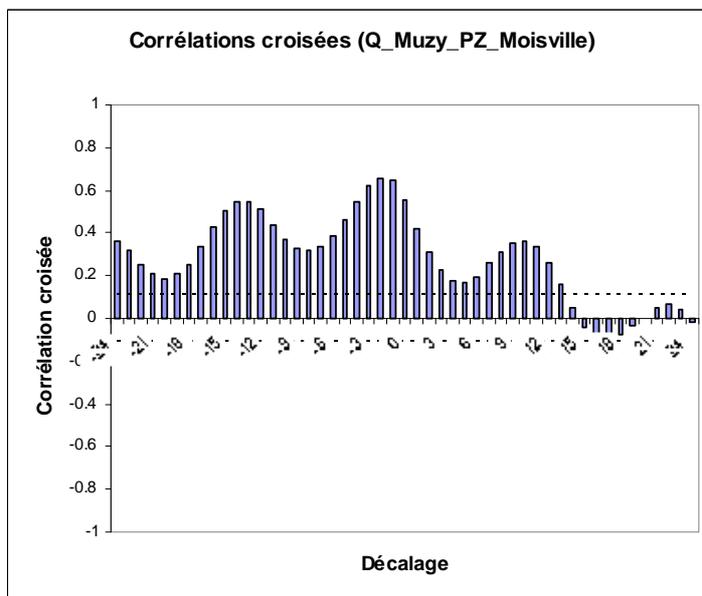


Illustration 288 : Corrélogramme croisé du débit à la station Muzy et des niveaux du piézomètre Moisville (décalage en mois)

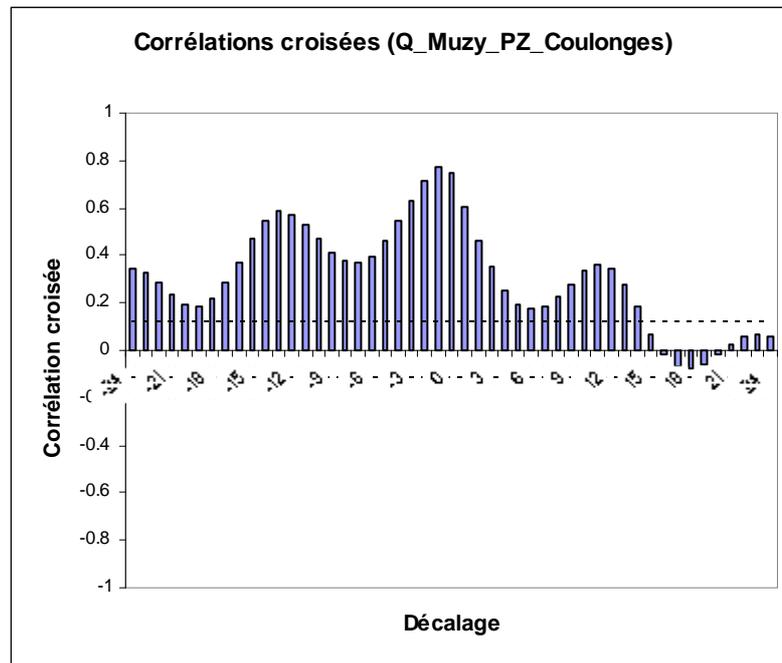


Illustration 289 : Corrélogramme croisé du débit à la station Muzy et des niveaux du piézomètre Coulonges (décalage en mois)

16.2. Relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière Avre à la station Muzy et le niveau moyen mensuel des piézomètres pour la même année

Avec le piézomètre Moisville

Mois	Coefficient de détermination R^2
décembre	0.7816
novembre	0.7749
octobre	0.7511
août	0.7099
septembre	0.7005
juillet	0.6791
juin	0.6434
mai	0.6045
avril	0.5927
janvier	0.5914
mars	0.5502
février	0.5334

Illustration 290 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

Pour le prévisionnel avant l'étiage dans la rivière, les mois de juin et mai peuvent être utilisés et le tableau ci-dessous présente les niveaux repères (cotes piézométriques) pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique.

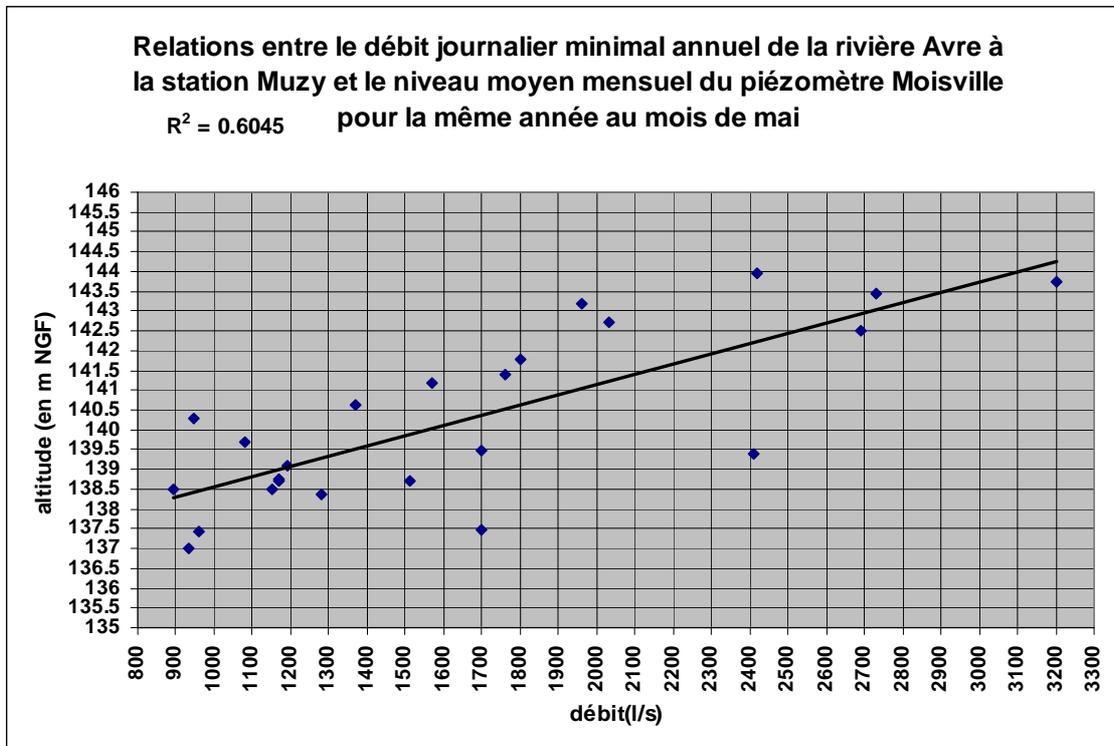


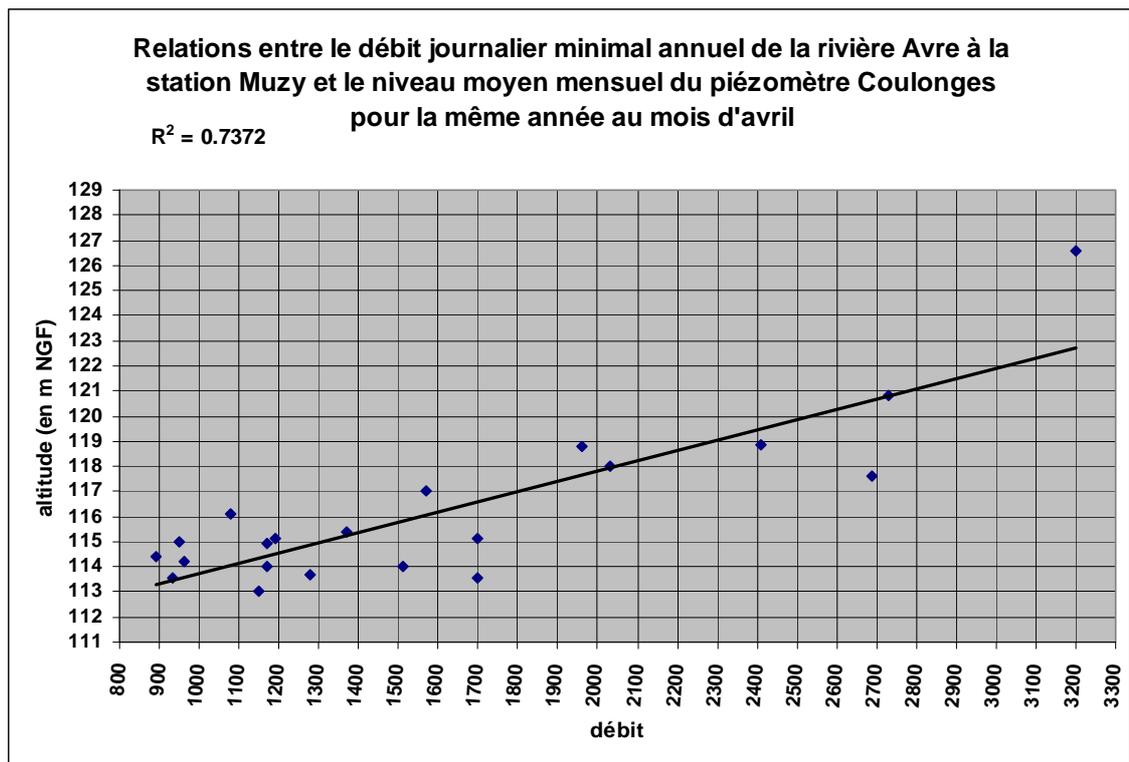
Illustration 291 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Muzy et le niveau moyen mensuel du piézomètre Moisville pour le mois de mai de la même année

Département	Rivière	Station suivie	Piézomètre	MO	Mois de réf	coef R ²	Seuil de vigilance (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m ³ /s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
27	Avre aval	Muzy	Moisville	3211	juin	0.6434	1.7	140.1	1.5	139.55	1.1	138.5	0.92	138	1.3	139.00	1.74	140.2
27	Avre aval	Muzy	Moisville	3211	mai	0.6045	1.7	140.4	1.5	139.85	1.1	138.8	0.92	138.4	1.3	139.35	1.74	140.5

Illustration 292 : Cotes piézométriques correspondant aux seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les mois de début d'année dont le coefficient de corrélation est supérieur à 0.6

Avec le piézomètre Coulonges

Mois	Coefficient de détermination R^2
novembre	0.7705
mai	0.7681
juin	0.7646
octobre	0.7401
avril	0.7372
juillet	0.7247
septembre	0.7015
février	0.699
mars	0.6967
août	0.6951
janvier	0.6632
décembre	0.6051

Illustration 293 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2 *Illustration 294 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Muzy et le niveau moyen mensuel du piézomètre Coulonges pour le mois d'avril de la même année*

Pour le prévisionnel avant l'étiage dans la rivière, les mois de mai, juin, avril et février peuvent être utilisés et le tableau ci-dessous présente les niveaux repères (cotes piézométriques) pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique.

Département	Rivière	Station suivie	Piézomètre	MO	Mois de réf	coef R ²	Seuil de vigilance (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m ³ /s)	cote piézo (m)	QMNAS	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
27	Avre aval	Muzy	Coulonges	3211	mai	0.7681	1.7	116	1.5	115.3	1.1	113.80	0.92	113.1	1.3	114.6	1.74	116.15
27	Avre aval	Muzy	Coulonges	3211	juin	0.7646	1.7	115.7	1.5	115	1.1	113.75	0.92	113.2	1.3	114.4	1.74	115.85
27	Avre aval	Muzy	Coulonges	3211	avril	0.7372	1.7	116.6	1.5	115.8	1.1	114.10	0.92	113.4	1.3	115	1.74	116.75
28	Avre aval	Muzy	Coulonges	3212	février	0.699	1.7	116.7	1.5	116	1.1	114.60	0.92	114	1.3	115.3	1.74	116.80

Illustration 295 : Cotes piézométriques correspondant aux seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les mois de début d'année dont le coefficient de corrélation est supérieur à 0.6

16.3. Relations entre le niveau journalier le plus haut des piézomètres (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Muzy (année civile)

Ce graphique peut permettre, également, de définir des niveaux repères pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique.

Avec le piézomètre Moisville

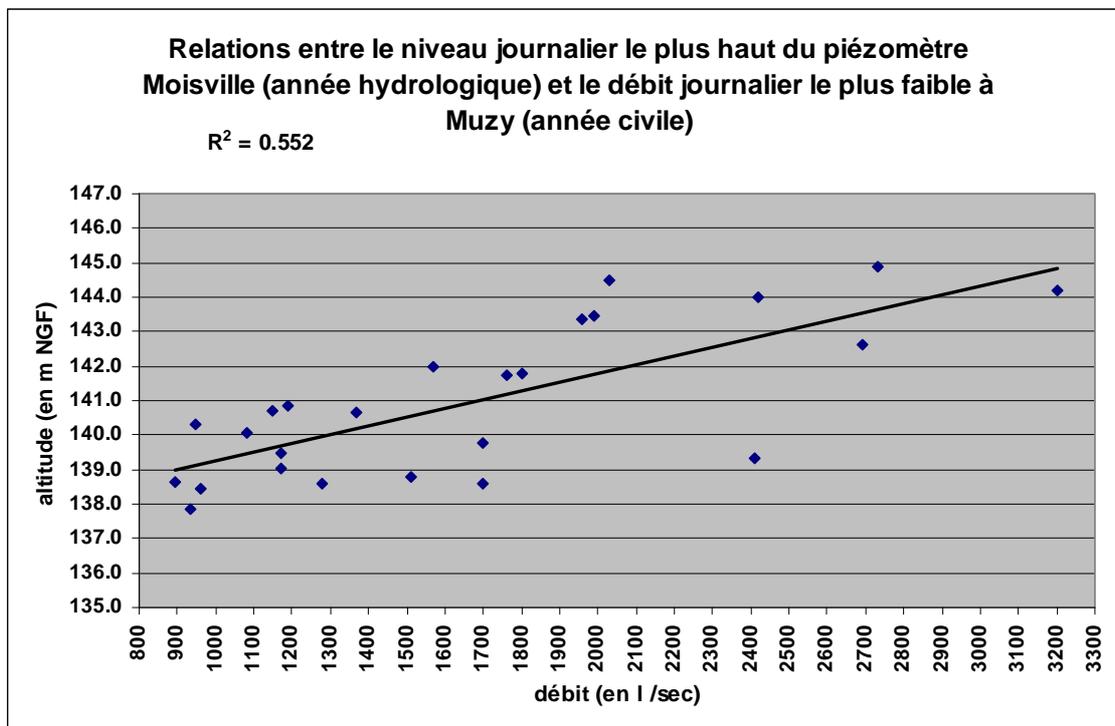


Illustration 296 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Moisville (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Muzy (année civile)

Cette corrélation est trop faible pour être exploitable.

Avec le piézomètre Coulonges

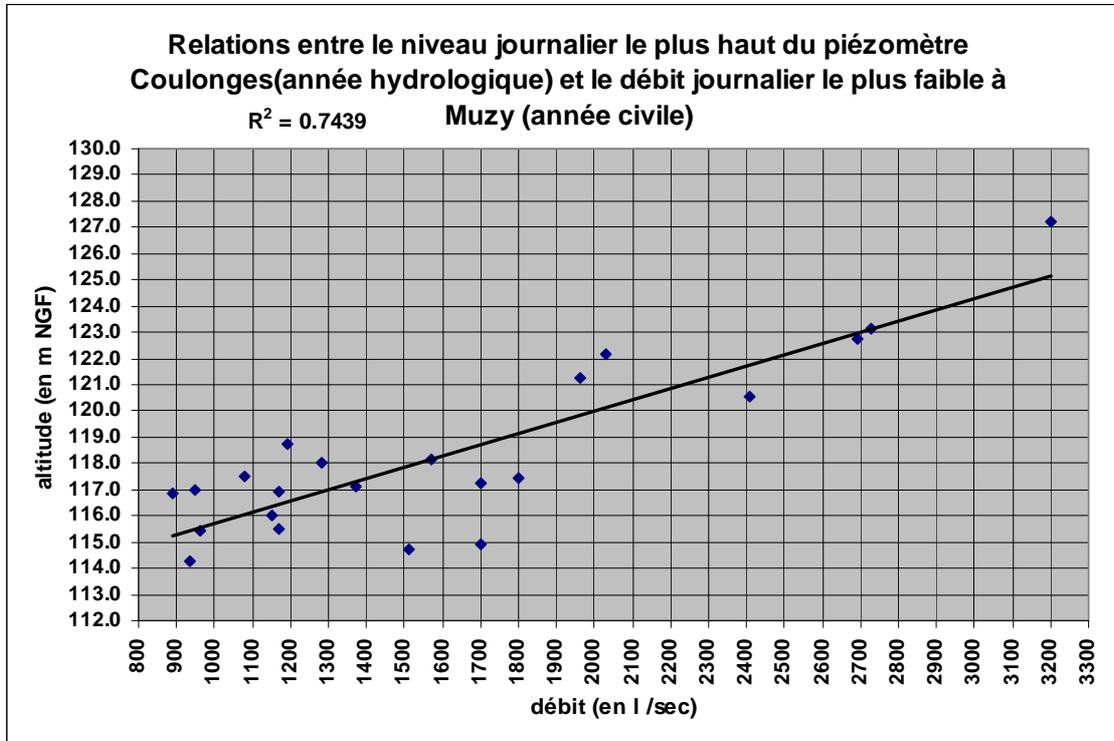


Illustration 297 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Coulonges (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Muzy (année civile)

Ce graphique peut permettre, également, de définir des niveaux repères pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique : ex : QMNA5 (1300l/s) = 117m

17. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION ACON SUR LA RIVIERE AVRE

17.1. Distribution des débits et autocorrélogramme

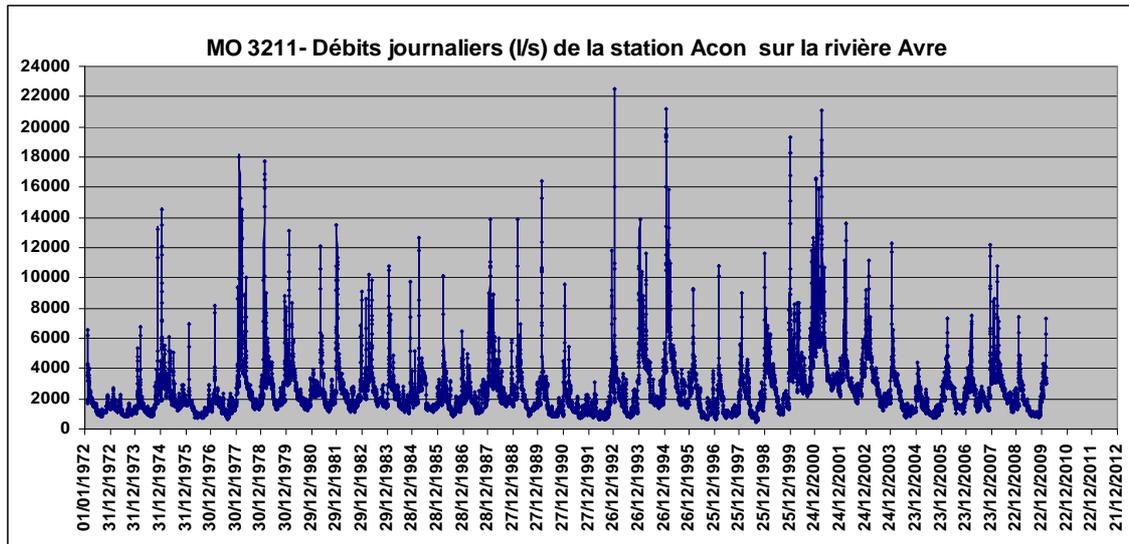


Illustration 298 : Chronique des débits à la station Acon

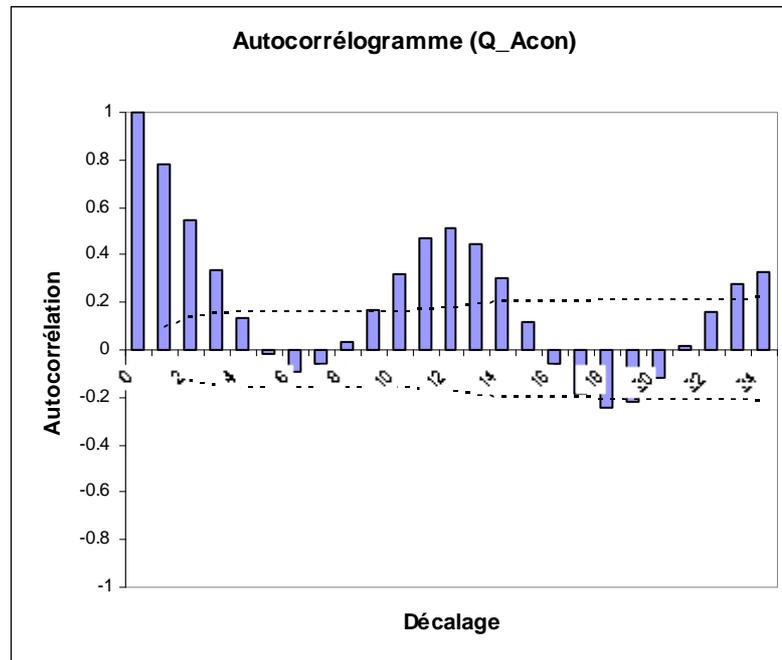


Illustration 299 : Autocorrélogramme des débits à la station Acon (décalage en mois)

Les mesures de débits sont bien corrélées entre elles sur 1 mois (0.8) à 2 mois (0.6).

18. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE AVRE A LA STATION ACON ET LES PIEZOMETRES DE LA MASSE D'EAU : MOISVILLE ET COULONGES

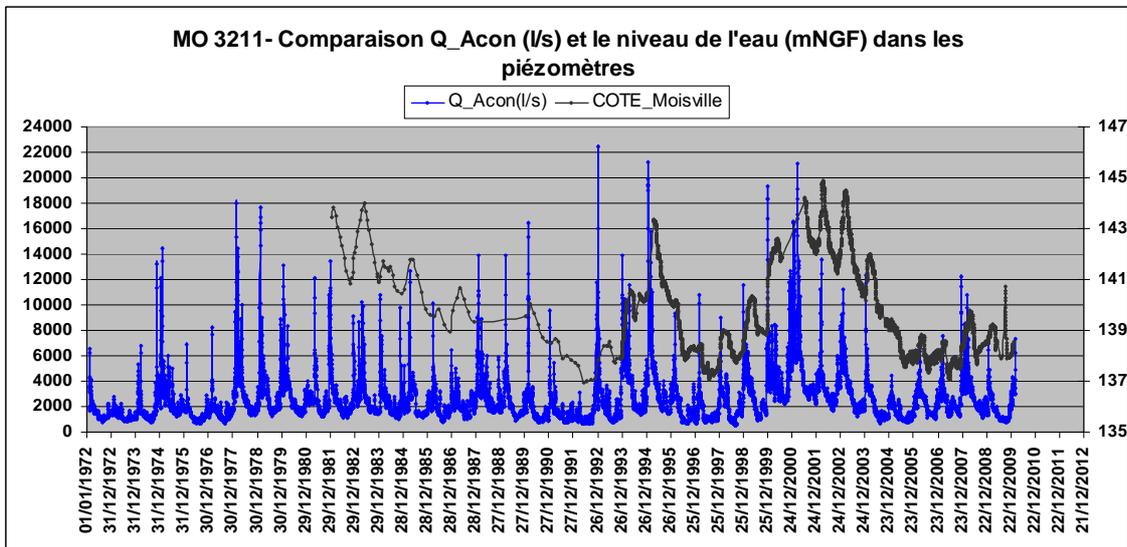


Illustration 300 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Moisville et des débits à Acon

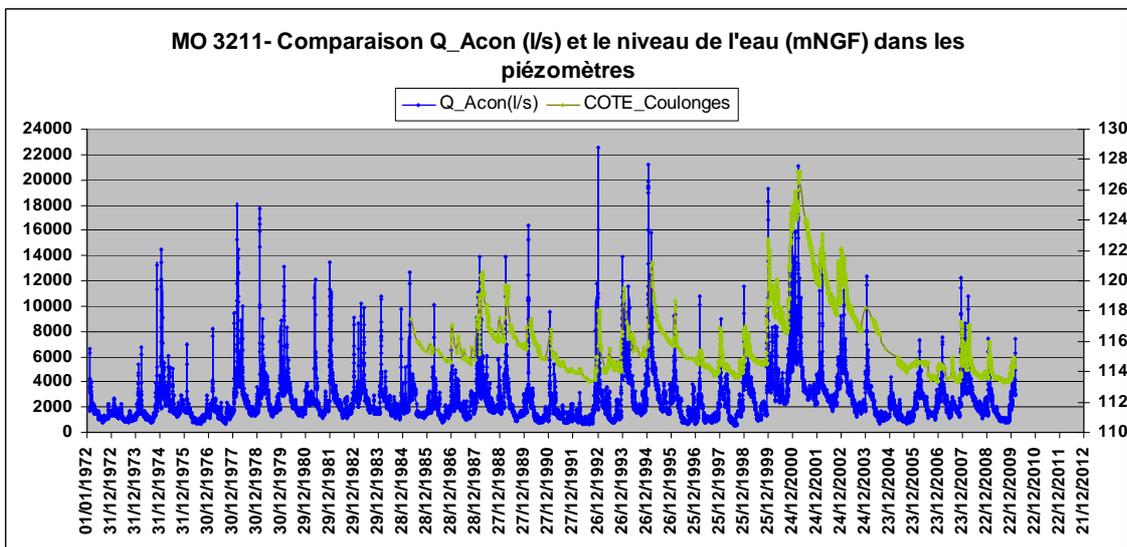


Illustration 301 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Coulonges et des débits à Acon

18.1. Corrélogrammes croisés des moyennes mensuelles des débits et des niveaux

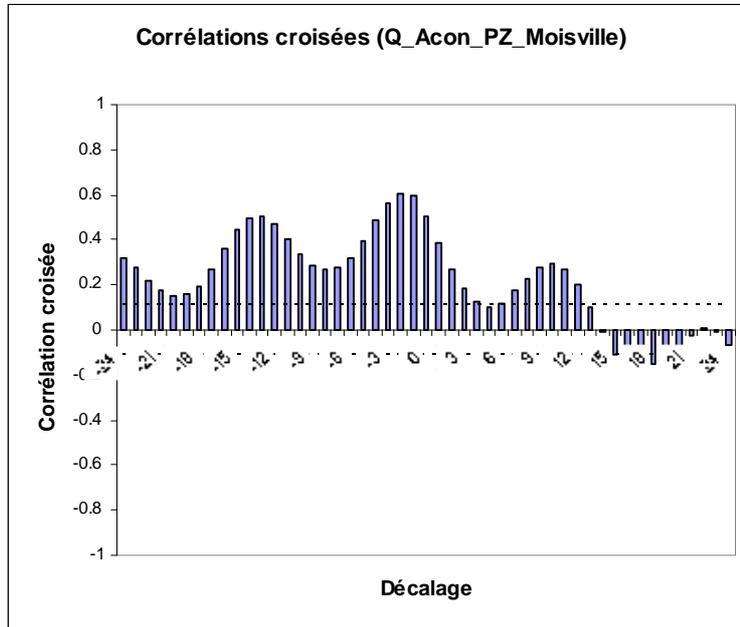


Illustration 302 : Corrélogramme croisé du débit à la station Acon et des niveaux du piézomètre Moisville (décalage en mois)

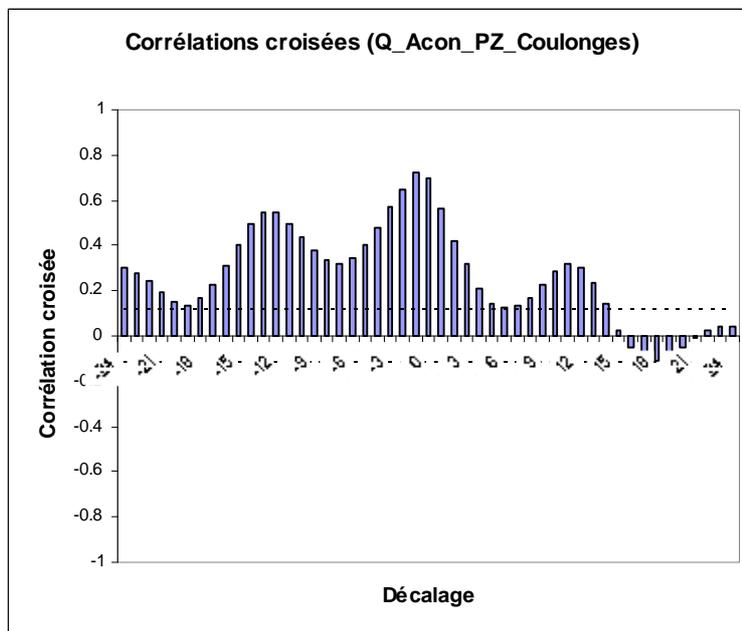


Illustration 303 : Corrélogramme croisé du débit à la station Acon et des niveaux du piézomètre Coulonges (décalage en mois)

18.2. Relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière Avre à la station Acon et le niveau moyen mensuel des piézomètres Moisville et Coulonges pour la même année

Avec le piézomètre Moisville

Mois	Coefficient de détermination R^2
décembre	0.7515
novembre	0.7303
octobre	0.7028
septembre	0.6397
août	0.6234
juillet	0.5749
juin	0.5505
mai	0.5137
avril	0.4707
mars	0.4095
janvier	0.3974
février	0.3641

Illustration 304 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

Aucune corrélation avant l'étiage.

Avec le piézomètre Coulonges

Mois	Coefficient de détermination R^2
novembre	0.7412
décembre	0.7038
octobre	0.6665
mai	0.6368
juin	0.623
février	0.6154
janvier	0.6065
juillet	0.598
septembre	0.5894
août	0.5837
avril	0.5807
mars	0.5749

Illustration 305 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

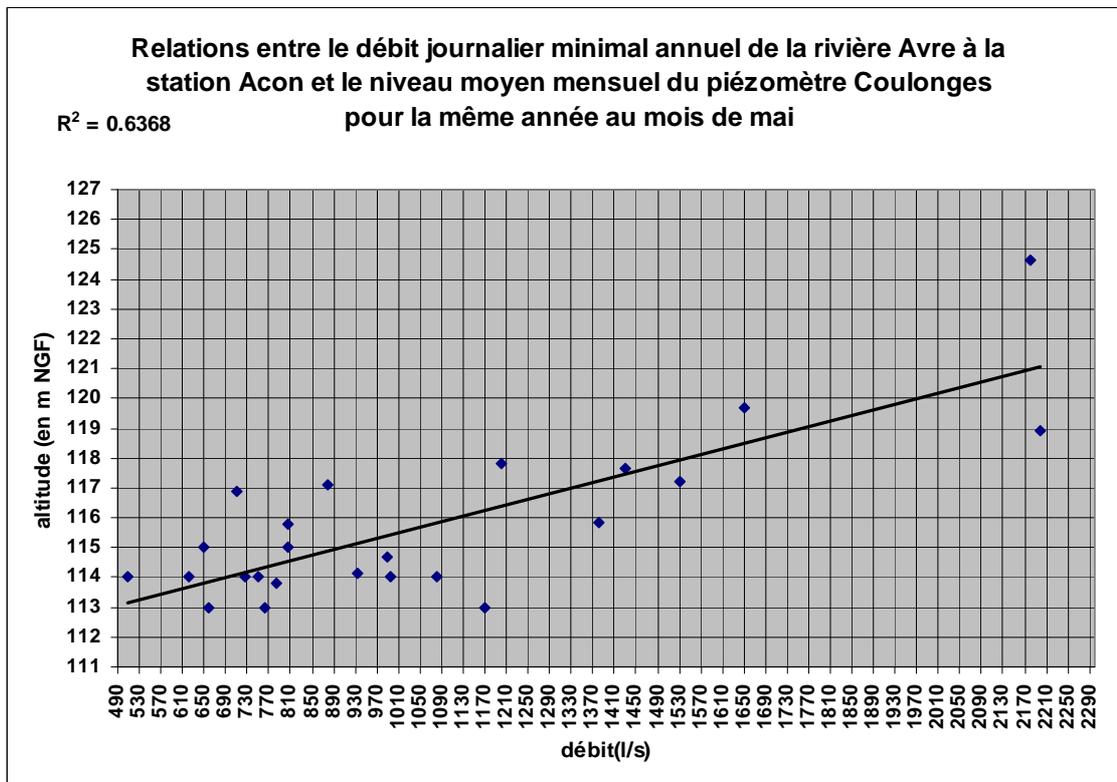


Illustration 306 : Relations entre le débit journalier minimal à la station Acon et le niveau moyen mensuel du piézomètre Coulonges pour le mois de Mai de la même année

Pour le prévisionnel avant l'étiage dans la rivière, les mois de janvier-février et mai-juin peuvent être utilisés et le tableau ci-dessous présente les niveaux repères (cotes piézométriques) pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique.

Département	Rivière	Station suivie	Piézomètre	MO	Mois de réf	coef R ²	Seuil de vigilance (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m ³ /s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
27	Avre aval	Acon	Coulonges	3211	mai	0.6368	1.2	116.4	1	115.4	0.76	114.3	0.65	113.8	0.93	115.2	1.49	117.75
27	Avre aval	Acon	Coulonges	3211	juin	0.623	1.2	116	1	115.2	0.76	114.2	0.65	113.8	0.93	114.7	1.49	117.15
27	Avre aval	Acon	Coulonges	3211	février	0.6154	1.2	117	1	116	0.76	115	0.65	114.5	0.93	115.7	1.49	118.30
27	Avre aval	Acon	Coulonges	3211	janvier	0.6065	1.2	117	1	116.1	0.76	115.1	0.65	114.6	0.93	115.8	1.49	118.25

Illustration 307 : Cotes piézométriques correspondant aux seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les mois de début d'année dont le coefficient de corrélation est supérieur à 0.6

18.3. Relations entre le niveau journalier le plus haut des piézomètres (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Acon (année civile)

Avec le piézomètre Moisville

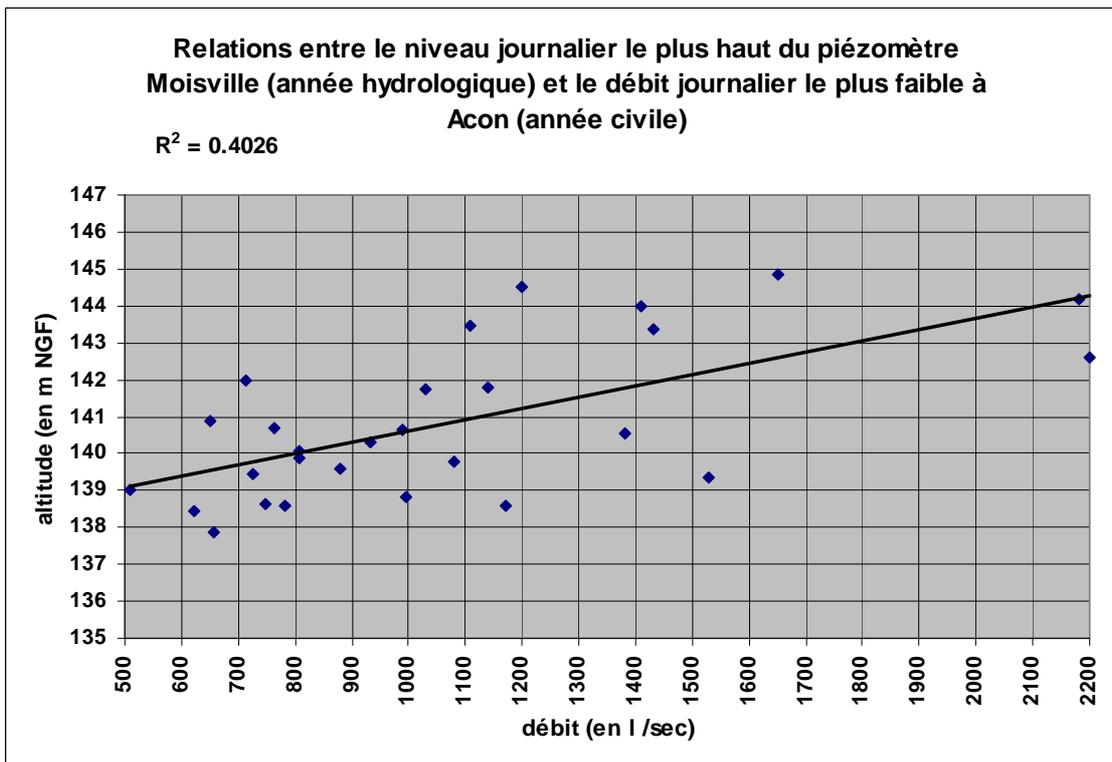


Illustration 308 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Moisville (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Acon (année civile)

Cette corrélation est trop faible pour être exploitable.

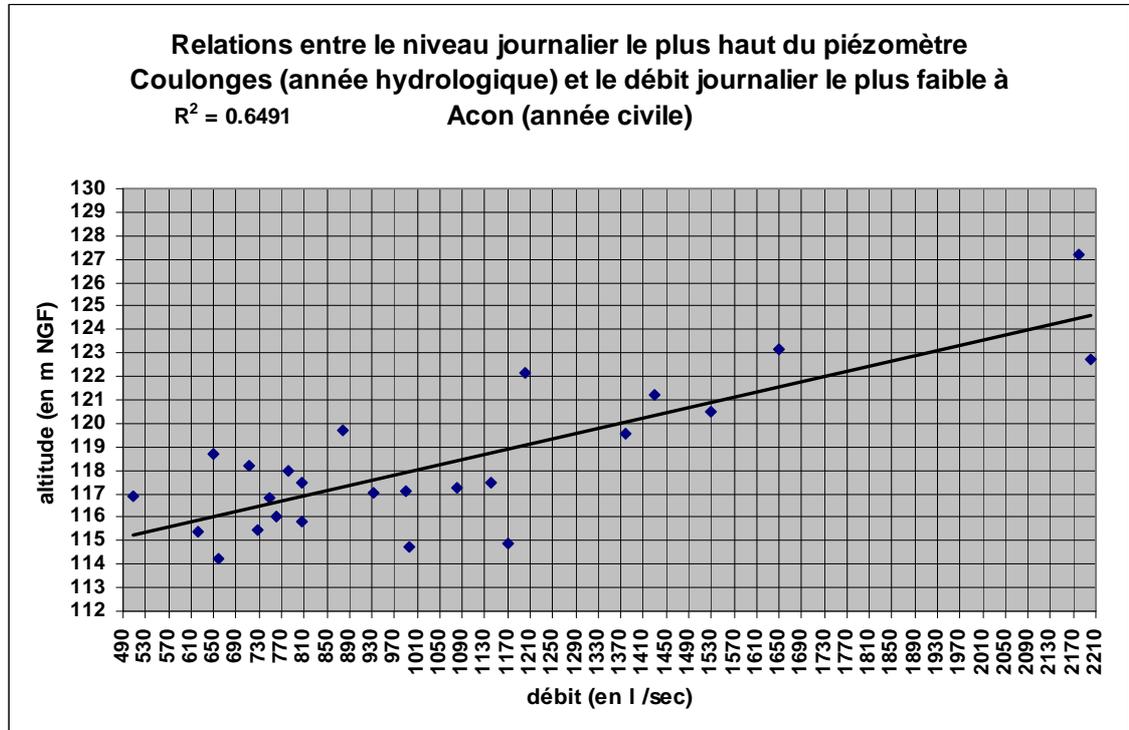
Avec le piézomètre Coulonges

Illustration 309 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Coulonges (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Acon (année civile)

Ce graphique peut permettre, également, de définir des niveaux repères pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique : ex : QMNA5 (930l/s) = 117.5m

19. COMPARAISON DES RESULTATS DE L'ANALYSE FREQUENTIELLE ET CEUX OBTENUS AVEC LA MODELISATION TEMPO

Avec le piézomètre Graveron-Semerville

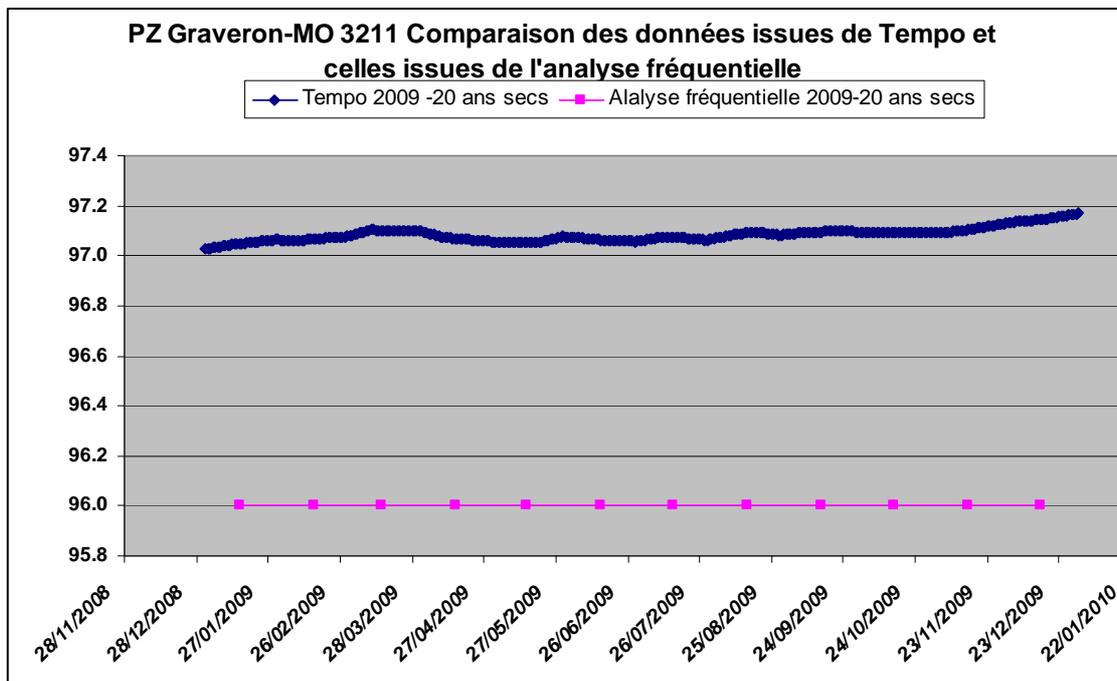


Illustration 310 : Piézomètre Graveron, comparaison entre les résultats de l'analyse fréquentielle et ceux de la prévision Tempo 2009 pour l'occurrence de 20 ans secs

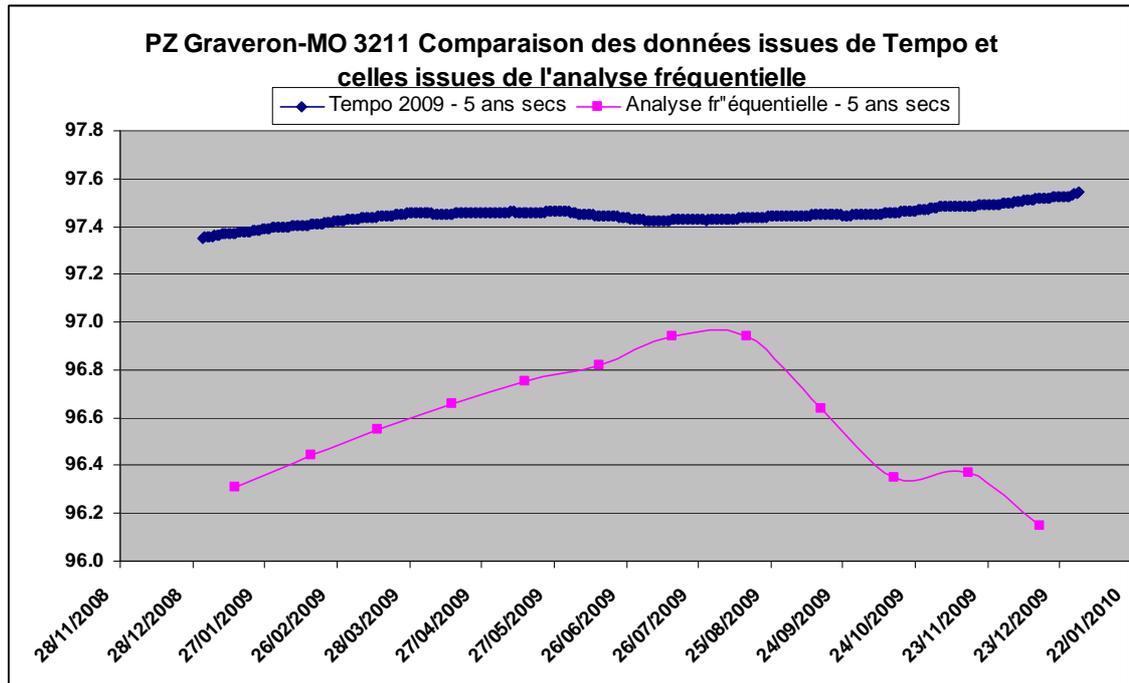


Illustration 311 : Piézomètre Graveron, comparaison entre les résultats de l'analyse fréquentielle et ceux de la prévision Tempo 2009 pour l'occurrence de 5 ans secs

Avec le piézomètre Moisville

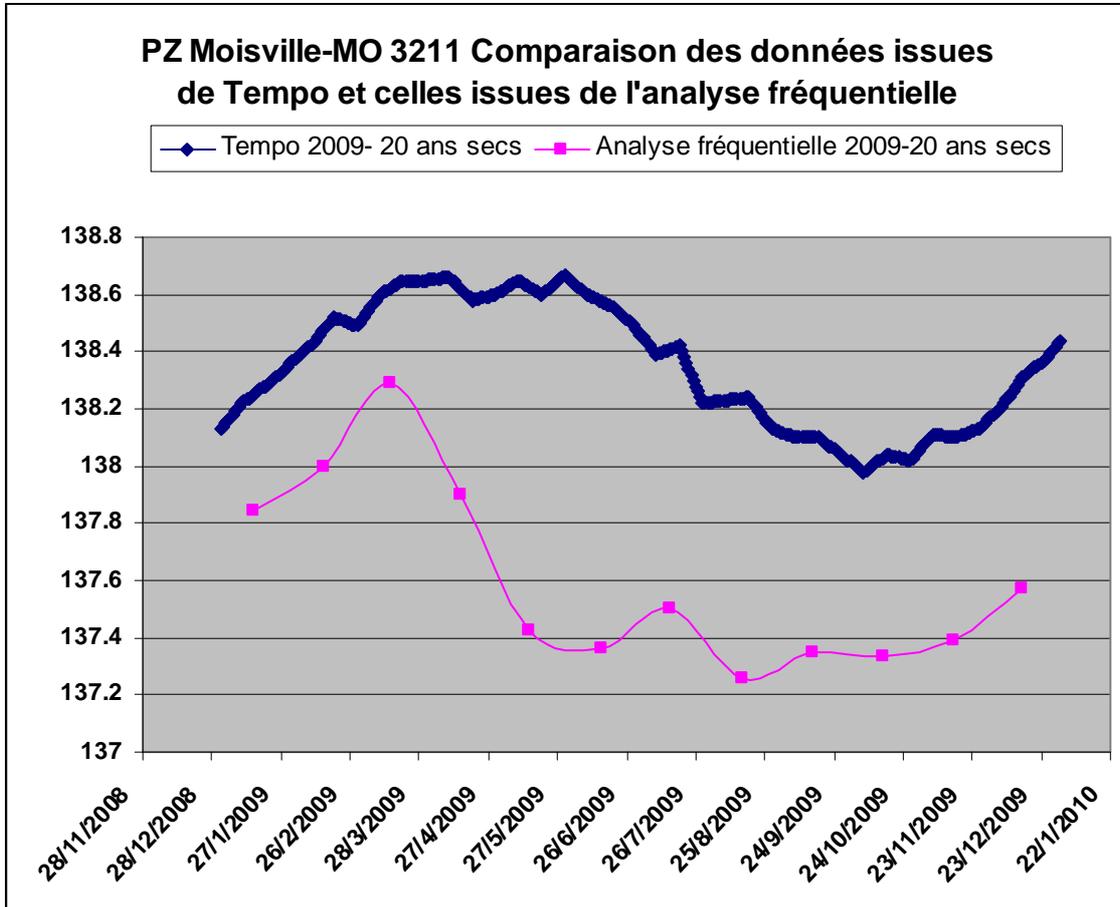


Illustration 312 : Piézomètre Moisville, comparaison entre les résultats de l'analyse fréquentielle et ceux de la prévision Tempo 2009 pour l'occurrence de 20 ans secs

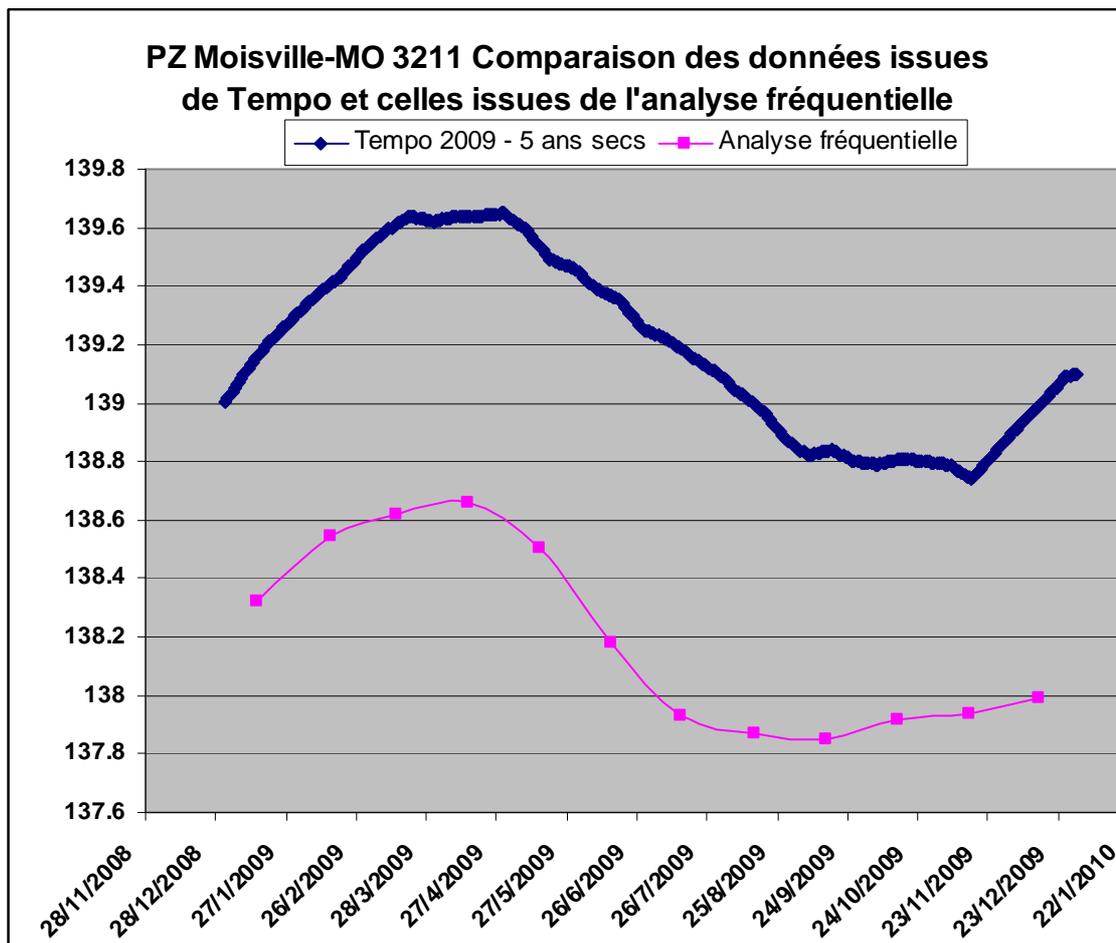


Illustration 313 : Piézomètre Moisville, comparaison entre les résultats de l'analyse fréquentielle et ceux de la prévision Tempo 2009 pour l'occurrence de 5 ans secs

Nom du piézo (Commune)	ANALYSE FREQUENTIELLE				Tempo 2009	
	extrêmes 20 ans secs (moyennes mensuelles)	extrêmes 10 ans secs (moyennes mensuelles)	extrêmes 5 ans secs (moyennes mensuelles)	Médiane (moyennes mensuelles)	PZ_Niv_j_min _printemps (20 ans secs)	PZ_Niv_j_min _printemps (5 ans secs)
CHAIGNES	78.2 à 79	79 à 81	81 à 82	83.1 à 84.2		
COULONGES	113 à 114	113 à 114	113 à 114.3	114 à 115.7		
GRAVERON SEMERVILLE	96	96	96.15 à 96.94	97.0	97.03 à 97.17	97.35 à 97.54
MOISVILLE	137.3 à 138.3	137.4 à 138.4	137.9 à 138.7	139 à 140	137.98 à 138.67	138.74 à 139.65
NOGENT LE SEC	126.1 à 126.8	126.5 à 126.9	126.8 à 127.4	128.1 à 128.6		

Illustration 314 : Comparaison des résultats obtenus avec Tempo 2009 et l'analyse fréquentielle pour les fréquences de retour 20 et 5 ans secs pour la masse d'eau 3211

Les niveaux estimés par Tempo pour 2009 sont supérieurs à ceux obtenus avec l'analyse fréquentielle.

20. CONCLUSIONS POUR LA MASSE D'EAU 3211

Il n'y a pas de relation exploitable entre les niveaux du piézomètre Chaignes et les débits de l'Eure, que ce soit à la station Cailly-sur-Eure ou à la station Louviers.

Il existe des corrélations (relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière et le niveau moyen mensuel du piézomètre pour la même année) entre les niveaux dans le piézomètre Coulonges et les débits de la rivière Iton à la station Bourth.

Pour la prévision d'étiage, il n'y a pas de liaison exploitable entre le débit de la rivière Iton à Normanville et les niveaux dans le piézomètre Graveron-Semerville. Par contre, elles existent avec le piézomètre Nogent le Sec.

Entre les débits de la rivière AVRE à la station Muzy, l'approche des relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière et le niveau moyen mensuel des piézomètres Moisville et Coulonges pour la même année permet de définir des niveaux repères des deux piézomètres Moisville et Coulonges.

Avec les débits de cette même rivière (Avre) mais à la station Acon, il n'est pas possible d'établir de corrélation avec le piézomètre Moisville, mais elles fonctionnent bien avec le piézomètre Coulonges.

Annexe 8

Masse d'eau souterraine 3212

MASSE D'EAU 3212

1. PRESENTATION DES DONNEES ANALYSEES SUR LA MASSE D'EAU 3212 (CRAIE DU LIEUVIN-OUCHÉ - BASSIN VERSANT DE LA RISLE)

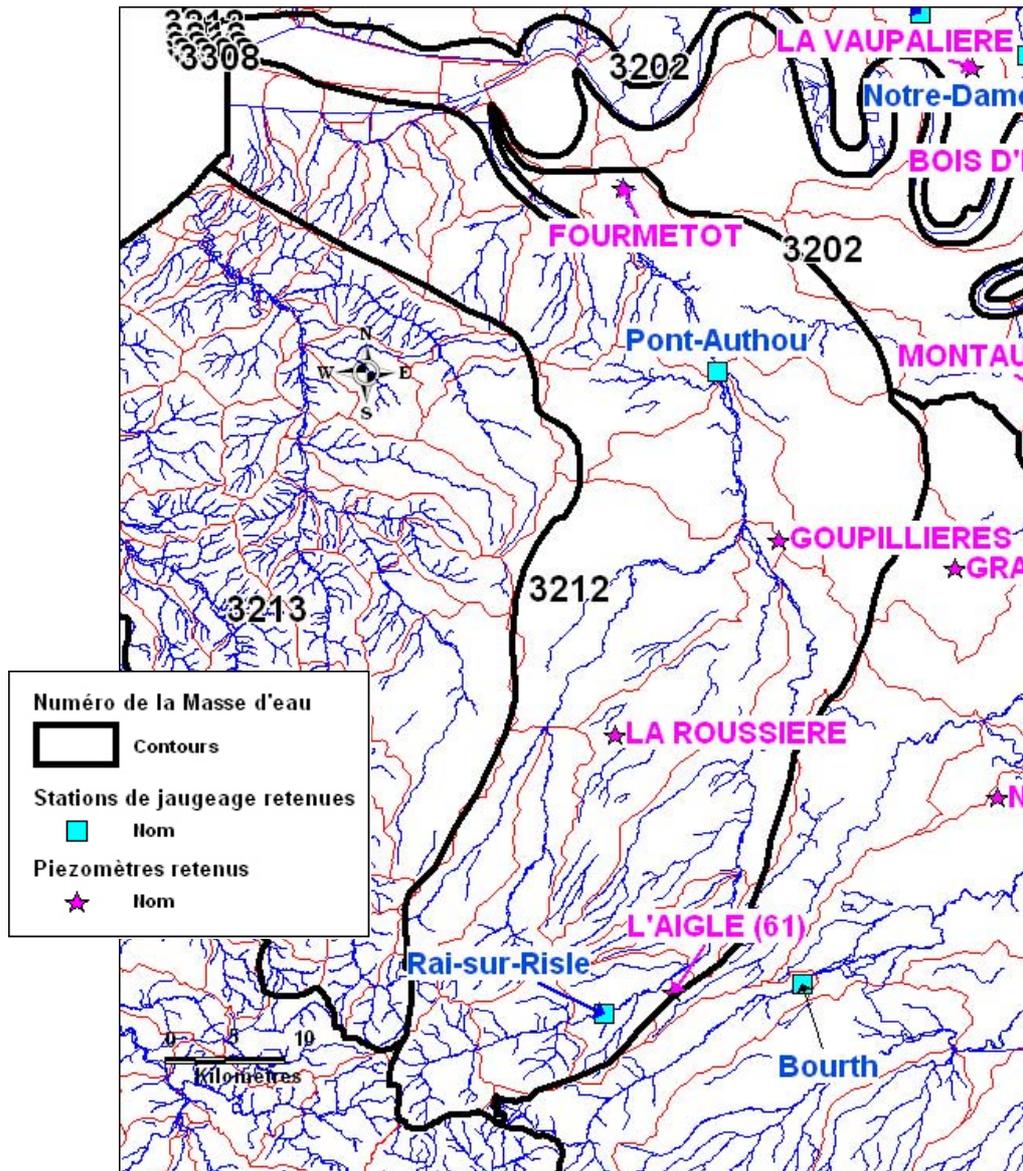


Illustration 315 : Contours de la masse d'eau 3212 et localisation des piézomètres et stations de jaugeage retenues

Les quatre piézomètres sélectionnés de la masse d'eau 3212 sont :

- Fourmetot (00987X0009/S1), Goupillières (01491X0009/S1), La Roussière (01487X0001/S1) et Aigles (61) (02144X0005/S1). Ils sont tous les quatre localisés dans le bassin versant de la rivière Risle. Leurs niveaux seront comparés aux débits de la Risle, soit à la station Pont Authou pour les trois premiers, soit à la station Rai pour le piézomètre Aigles. Ce dernier sera également testé avec le débit de la rivière Iton à la station Bourth localisée à proximité.

2. CARACTERISTIQUES DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES

Piézomètres MO 3212	N°BSS	Coord X L2 (m)	Coord Y L2 (m)	Profondeur ouvrage(m)	MO captée	cote repère piezo (m)	cote nappe INF(m)	cote nappe MAX (m)	Battement max de la nappe (m)	Date début chronique
Aigles (61)	02144X0005/S1	476564	2419975	29.80	3212	230.30	202.2	225.83	23.63	31/01/1974
Fourmetot	00987X0009/S1	472424	2488387	67.50	3212	112.00	45.86	50.1	4.24	26/01/1971
Goupillières	01491X0009/S1	485546	2458524	47.40	3212	150.95	107.68	115.44	7.76	08/11/1972
Roussière	01487X0001/S1	471750	2441990	29.00	3212	199.00	173.61	174.95	1.34	28/01/1982

Illustration 316 : Caractéristiques des piézomètres de la masse d'eau 3212

3. LE PIEZOMETRE L'AIGLE

La chronique du relevé des niveaux du piézomètre démarre le 31/01/1974. La fréquence est mensuelle jusqu'au 03/02/1993 avec une lacune importante de données du 17/03/1976 au 26/01/1887, hebdomadaire jusqu'au 03/01/1994, irrégulière (2 à 15 fois par mois) jusqu'au 01/01/1997 et journalière à partir de cette date.

3.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre l'Aigle

Le niveau repère est à 230.30m, l'ouvrage atteint 29.8m de profondeur et le niveau de l'eau évolue entre les cotes 202.2 et 225.83m(NGF). L'amplitude des niveaux est de 23.63m maximum. Le cycle est annuel avec une influence pluri annuelle.

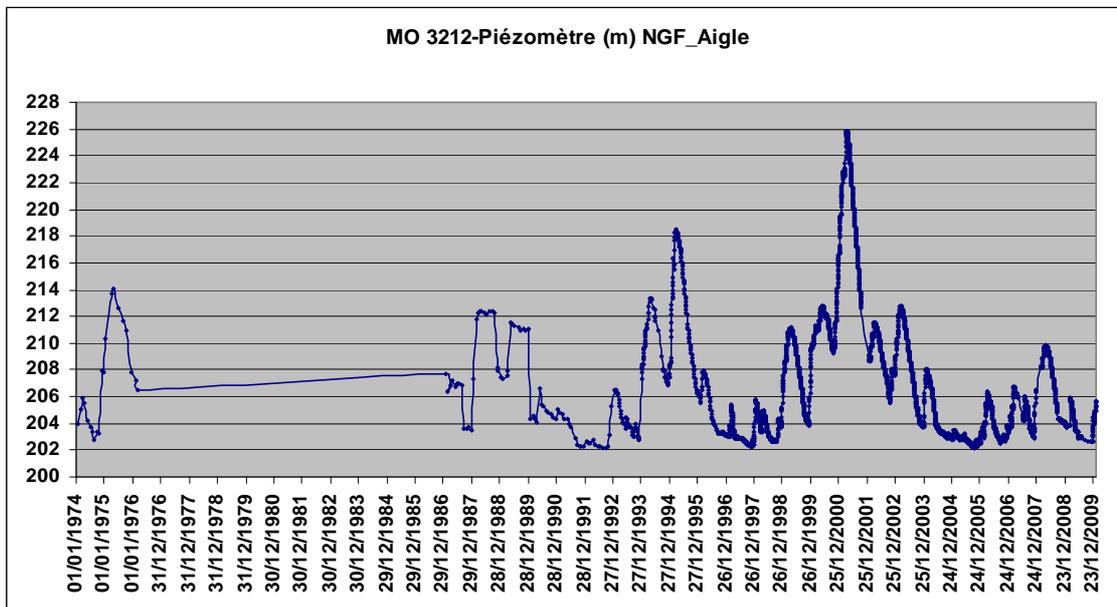


Illustration 317 : Chronique des niveaux du piézomètre L'Aigle

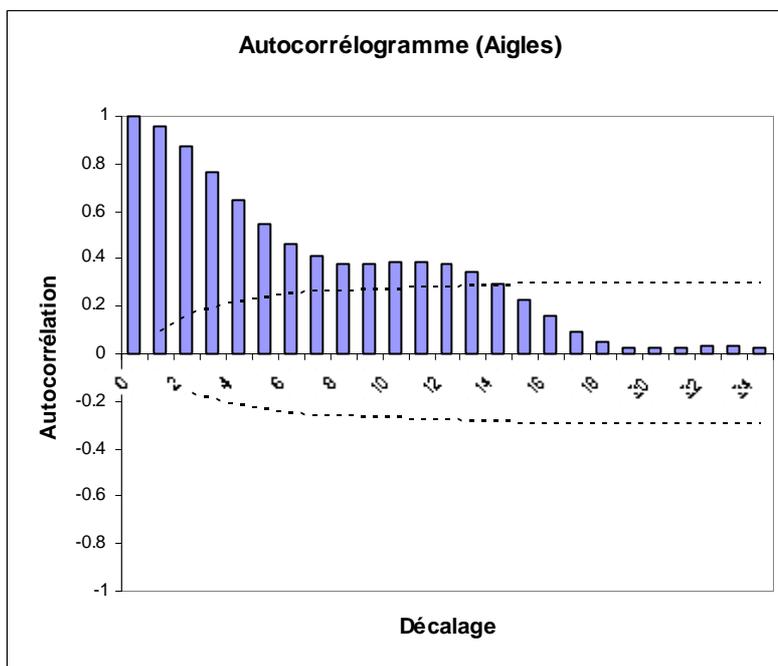


Illustration 318 : Autocorrélogramme du piézomètre L'Aigle (décalage en mois)

Les mesures dans le piézomètre sont bien corrélées entre elles sur 3 mois (0.8) à 5 mois (0.6).

3.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre L'Aigle

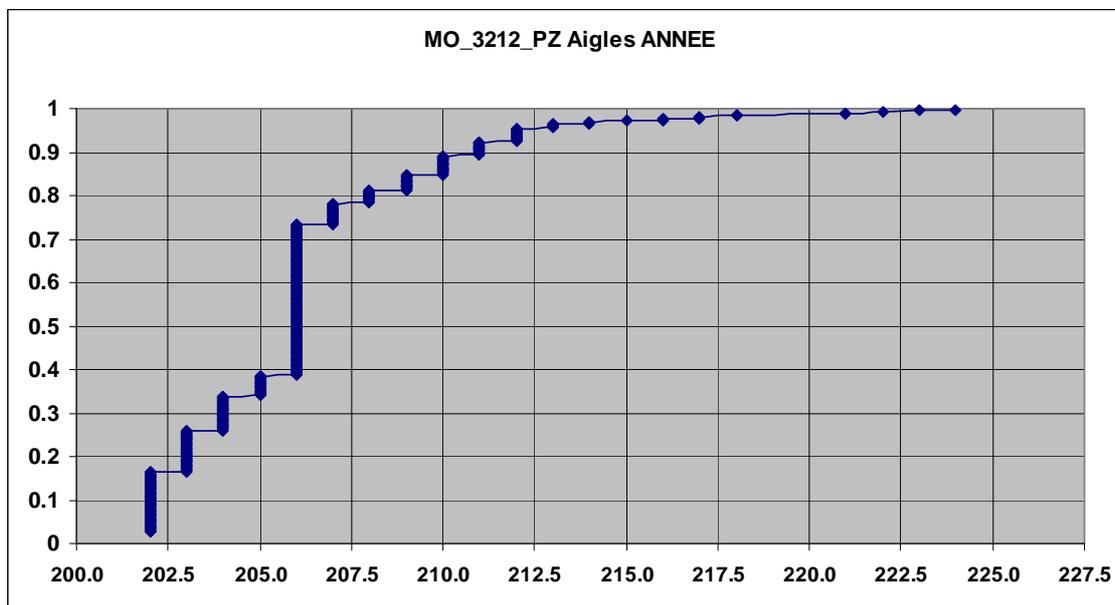


Illustration 319 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre L'Aigle

3.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre L'Aigle

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
ngf janv trié	202.0	203.0	204.0	206.0	207.0	209.0	209.0
ngf fev trié	203.0	203.0	204.0	206.0	209.0	211.0	213.0
ngf mars trié	202.0	204.0	205.0	206.0	210.0	212.0	217.0
ngf avril trié	202.0	203.0	204.0	206.0	211.0	212.0	217.0
ngf mai trié	202.0	203.0	204.0	206.0	210.0	212.0	216.0
ngf juin trié	202.0	202.0	203.0	206.0	211.0	212.0	215.0
ngf juil trié	202.0	202.0	203.0	206.0	210.0	211.0	213.0
ngf aout trié	202.0	202.0	203.0	206.0	209.0	211.0	212.0
ngf sept trié	202.0	202.0	202.0	206.0	208.0	210.0	212.0
ngf oct trié	202.0	202.0	202.0	206.0	207.0	210.0	211.0
ngf nov trié	202.0	202.0	202.0	206.0	207.0	208.0	210.0
ngf dec trié	202.0	202.0	203.0	206.0	206.0	207.0	210.0

Illustration 320 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre L'Aigle

Les courbes des périodes sèches sont très proches les unes des autres voire confondues sur certaines périodes.

Les extrêmes vont de 202 à 203m avec 11 mois à 202 (20 ans secs), de 202 à 204m avec les niveaux les plus bas de juin à décembre (10 ans secs), de 202 à 205m avec les mois les plus moins arrosés de septembre à novembre (5 ans secs), plat à 206m pour la médiane, de 206 à 211m (5 ans humides), de 207 à 212m (10 ans humides) et de 209 à 217m (20 ans humides).

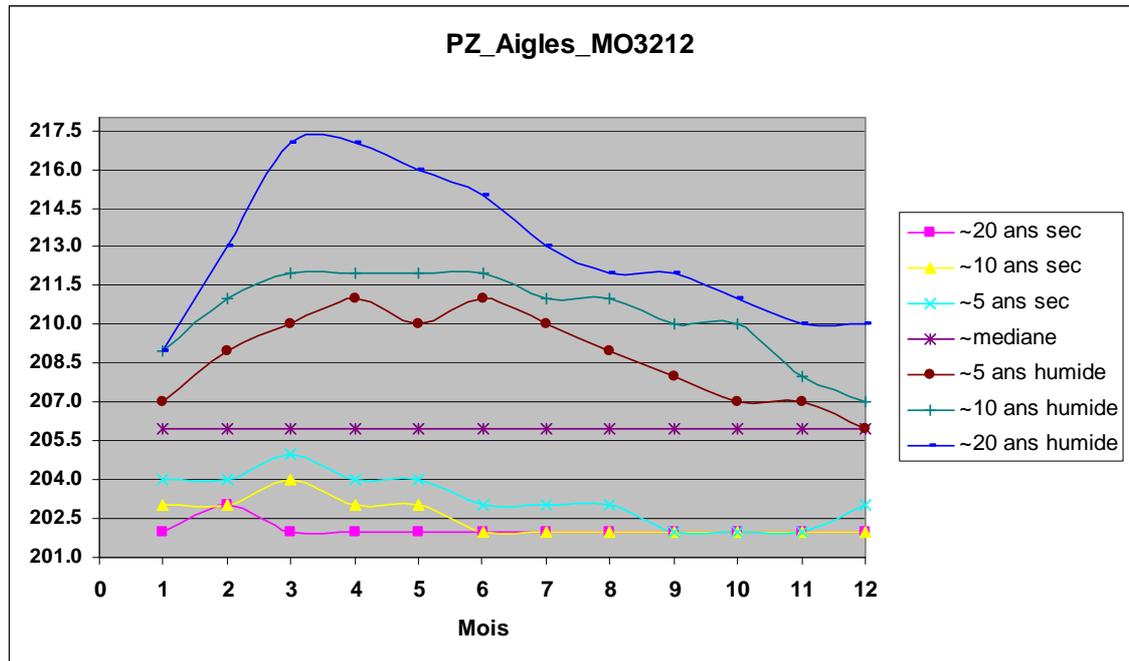


Illustration 321 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre L'Aigle

4. LE PIEZOMETRE FOURMETOT

La chronique du relevé des niveaux du piézomètre démarre le 26/01/1971. La fréquence est mensuelle jusqu'au 27/09/1984, tous les deux mois jusqu'au 07/09/1995, de nouveau mensuelle jusqu'au 27/11/1996 et journalière à partir de cette date.

4.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre Fourmetot

Le niveau repère est à 112m, l'ouvrage atteint 67.5m de profondeur et le niveau de l'eau évolue entre les cotes 45.86 et 50.1m(NGF). L'amplitude des niveaux est de 4.24m maximum. Le cycle est pluri annuel.

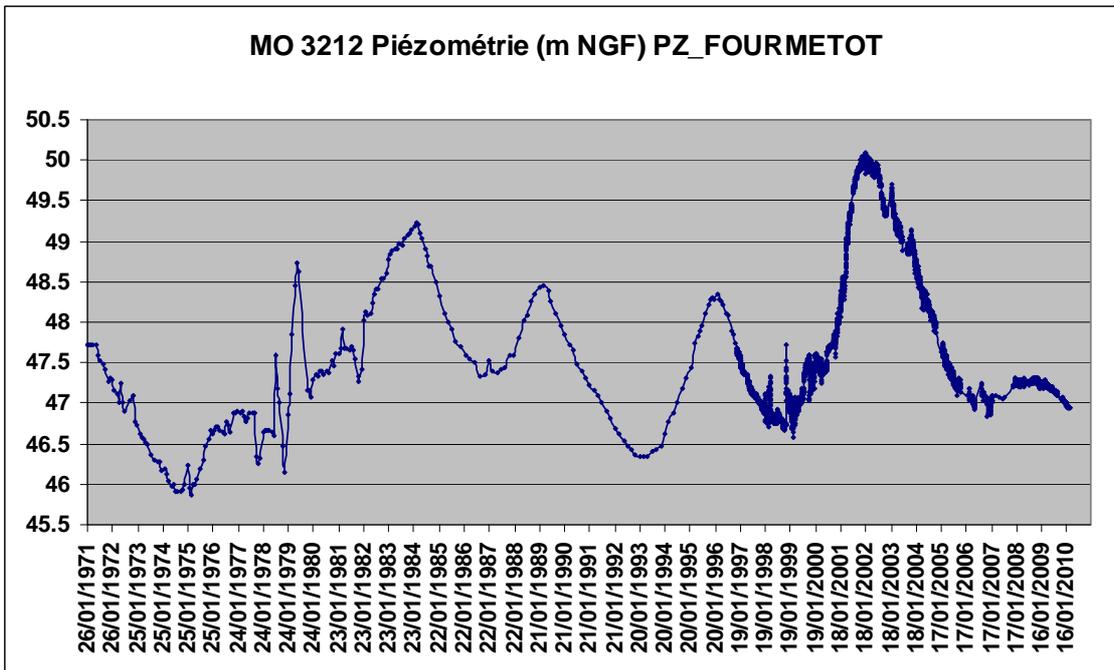


Illustration 322 : Chronique des niveaux du piézomètre Fourmetot

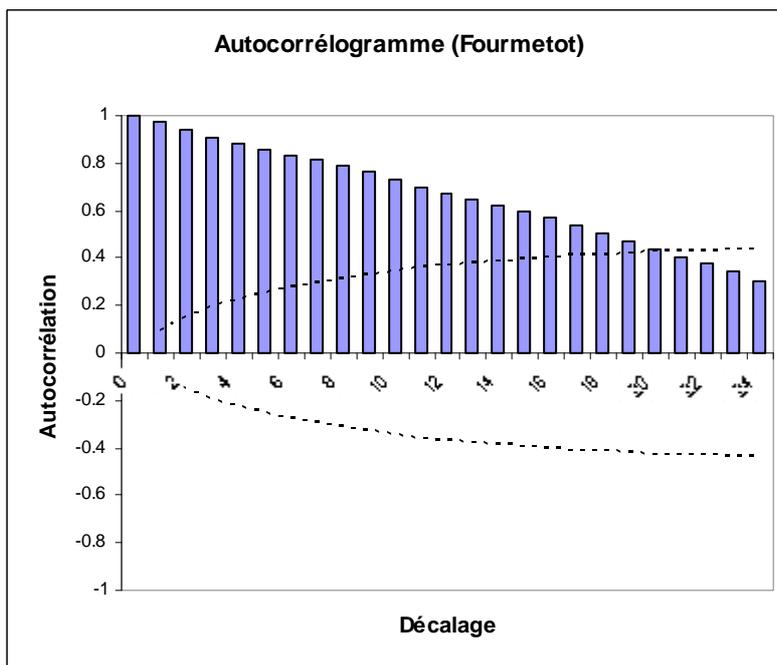


Illustration 323 : Autocorrélogramme du piézomètre Fourmetot (décalage en mois)

Les mesures dans le piézomètre sont bien corrélées entre elles sur 8 mois (0.8) à 16 mois (0.6).

4.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre Fourmetot

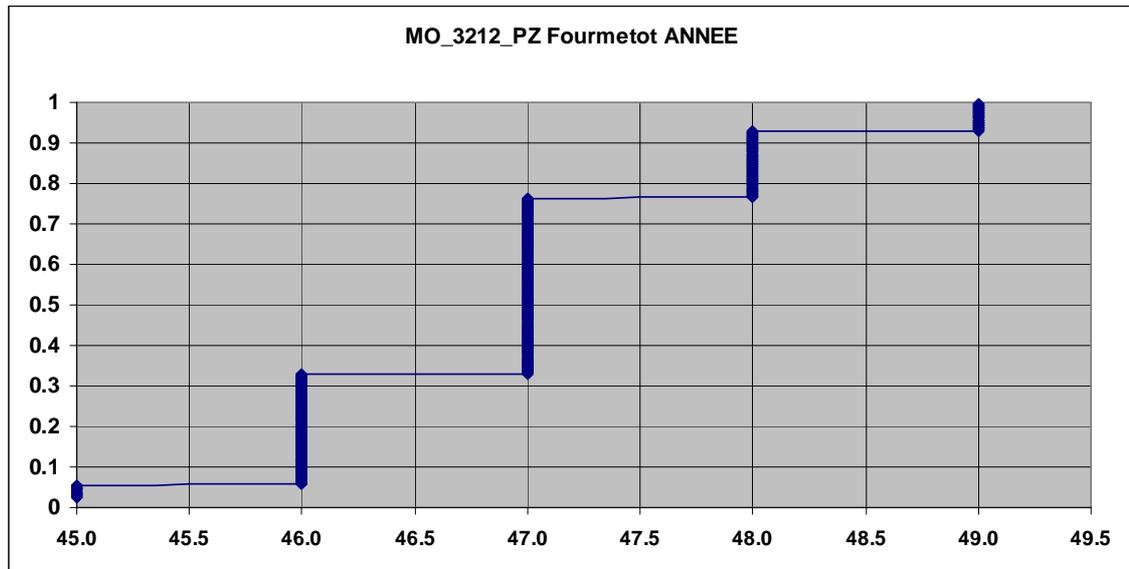


Illustration 324 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Fourmetot

4.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre Fourmetot

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
ngf janv trié	46.0	46.0	46.0	47.0	48.0	48.0	49.0
ngf fev trié	46.0	46.0	46.0	47.0	48.0	48.0	49.0
ngf mars trié	46.0	46.0	46.0	47.0	48.0	48.0	49.0
ngf avril trié	45.0	46.0	46.0	47.0	48.0	48.0	49.0
ngf mai trié	45.0	46.0	46.0	47.0	48.0	48.0	49.0
ngf juin trié	45.0	46.0	46.0	47.0	48.0	48.0	49.0
ngf juil trié	46.0	46.0	46.0	47.0	48.0	48.0	49.0
ngf aout trié	46.0	46.0	46.0	47.0	48.0	48.0	49.0
ngf sept trié	46.0	46.0	46.0	47.0	48.0	48.0	49.0
ngf oct trié	46.0	46.0	46.0	47.0	48.0	48.0	49.0
ngf nov trié	46.0	46.0	46.0	47.0	48.0	48.0	49.0
ngf dec trié	46.0	46.0	46.0	47.0	48.0	48.0	49.0

Illustration 325 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Fourmetot

L'ensemble des courbes sont plates exceptée celle des 20 ans secs. Les courbes des périodes sèches sont très proches les unes des autres voire confondues sur certaines périodes.

Les extrêmes vont de 45 à 46m avec les mois les plus secs d'avril à juin (20 ans secs), le niveau est à 46m (10 et 5ans secs), à 47m pour la médiane, à 48m (5 et 10 ans humides), et à 49m (20 ans humides).

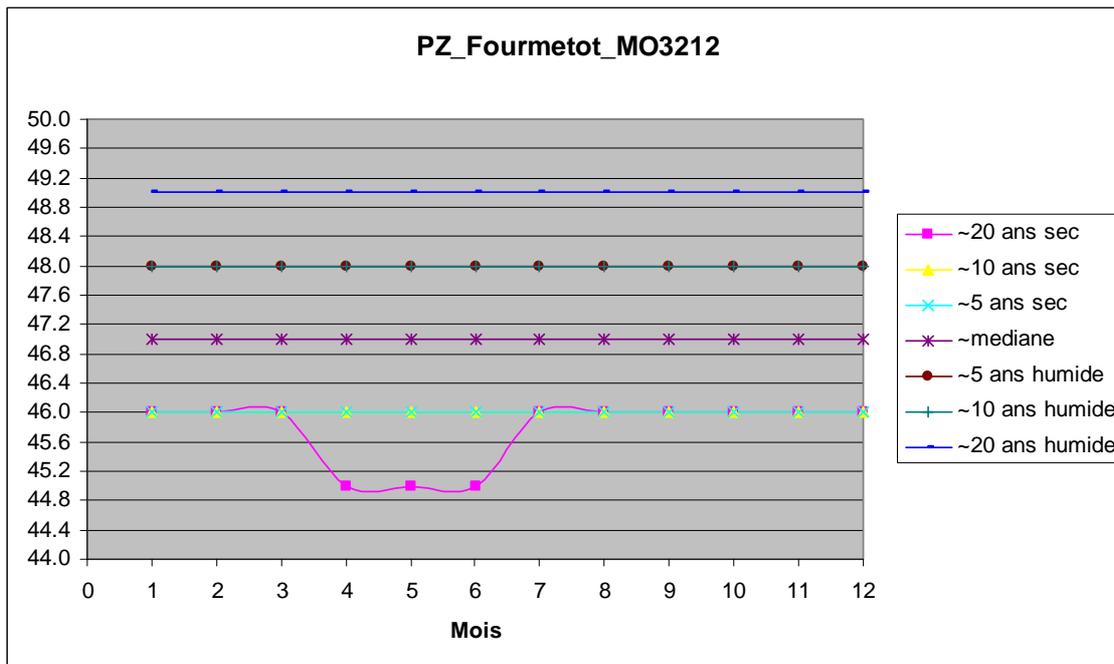


Illustration 326 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Fourmetot

5. LE PIEZOMETRE GOUPILLIERES

La chronique du relevé des niveaux du piézomètre démarre le 08/11/1972. La fréquence est mensuelle jusqu'au 05/12/1974, hebdomadaire jusqu'au 30/12/1981, de nouveau tous les mois jusqu'au 21/12/1990, de six à dix fois par an jusqu'au 27/11/1996, date à laquelle les mesures deviennent journalières à partir de cette date sauf de mai 2007 à novembre 2007 où les mesures sont mensuelles.

6. CARACTERISTIQUES DU CYCLE DU PIEZOMETRE GOUPILLIERES

Le niveau repère est à 150.95m, l'ouvrage atteint 47.4m de profondeur et le niveau de l'eau évolue entre les cotes 107.68 et 115.44m(NGF). L'amplitude des niveaux est de 7.76m maximum. Le cycle est pluri annuel.

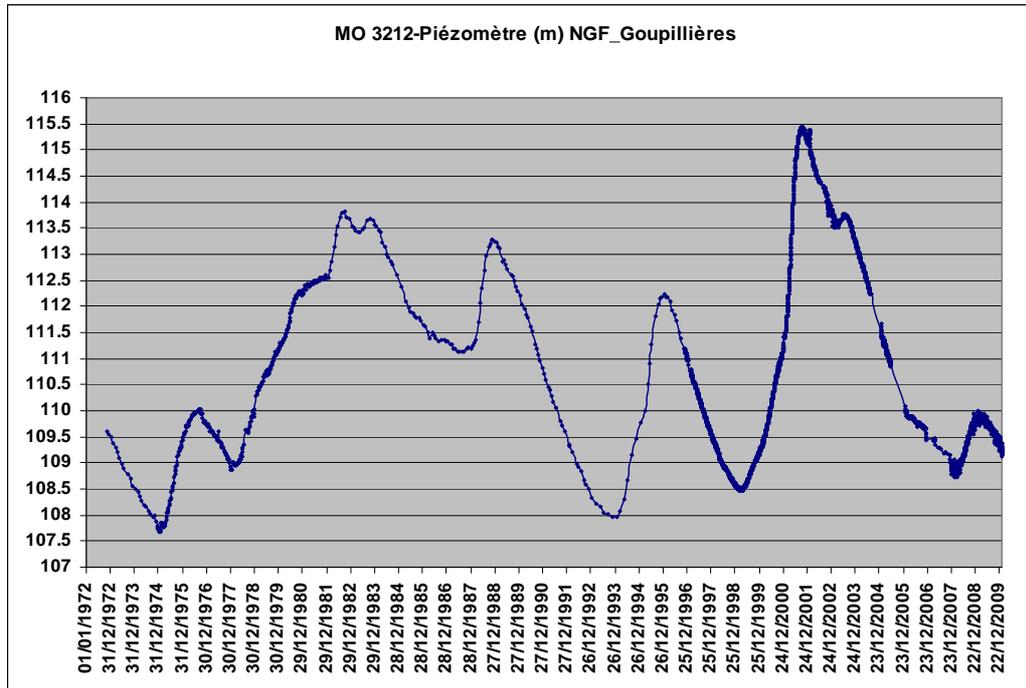


Illustration 327 : Chronique des niveaux du piézomètre Goupillières

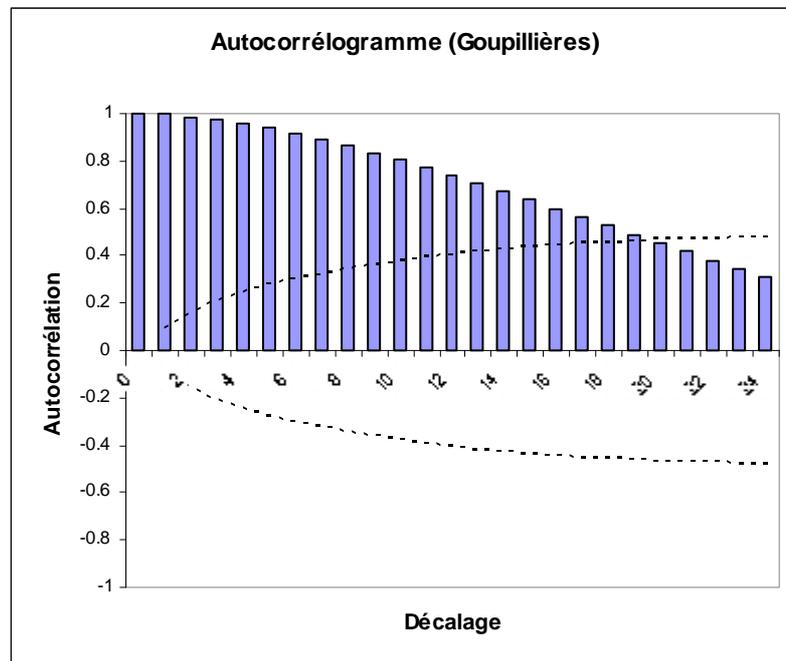


Illustration 328 : Autocorrélogramme du piézomètre Goupillières (délage en mois)

Les mesures dans le piézomètre sont bien corrélées entre elles sur 11 mois (0.8) à 17 mois (0.6).

6.1. Analyse fréquentielle des données du piézomètre Goupillières

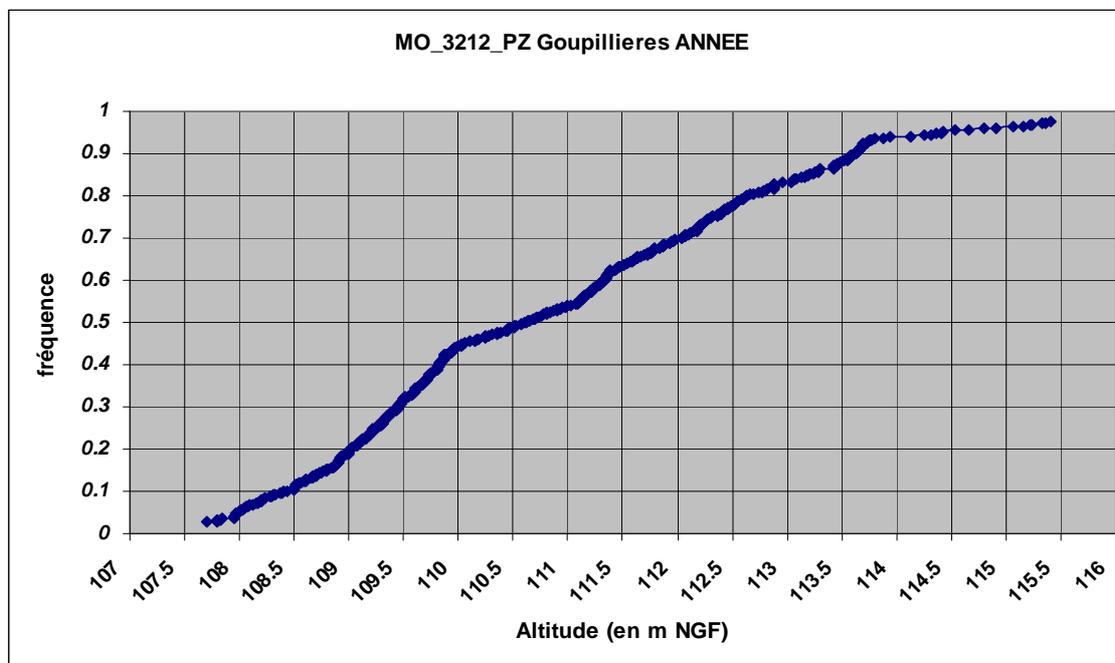


Illustration 329 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre Goupillières

6.2. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre Goupillières

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	~5 ans humide	~10 ans humide	~20 ans humide
ngf janv trié	107.96	108.51	109.25	110.71	112.42	113.54	113.74
ngf fev trié	108.00	108.44	109.30	110.61	112.37	113.47	113.66
ngf mars trié	108.07	108.38	109.20	110.51	112.40	113.43	113.61
ngf avril trié	108.16	108.29	109.10	110.52	112.77	113.30	113.59
ngf mai trié	108.15	108.30	109.05	110.57	112.65	113.42	113.70
ngf juin trié	108.18	108.50	109.02	110.70	112.51	113.48	114.41
ngf juil trié	108.12	108.69	108.93	110.73	112.60	113.65	114.36
ngf aout trié	108.05	108.76	108.93	110.69	112.62	113.72	114.31
ngf sept trié	108.01	108.80	109.13	110.64	112.58	113.66	114.26
ngf oct trié	107.97	108.73	109.19	110.80	112.54	113.67	114.13
ngf nov trié	107.95	108.65	109.15	110.95	112.53	113.66	113.94
ngf dec trié	107.95	108.56	109.15	110.84	112.53	113.60	113.88

Illustration 330 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Goupillières

Toutes les courbes sont distinctes les unes des autres.

Les extrêmes vont de 108 à 108.2m avec les mois les plus secs de septembre à février (20 ans secs), de 108.3 à 108.8m avec les niveaux les plus bas de mars à mai (10 ans secs), de 108.9 à 109.3m avec les mois les plus moins arrosés de juin à août (5 ans secs), de 110.5 à 111m pour la médiane, de 112.4 à 112.8m (5 ans humides), de 113.3 à 113.7m (10 ans humides) et de 113.6 à 114.4m (20 ans humides).

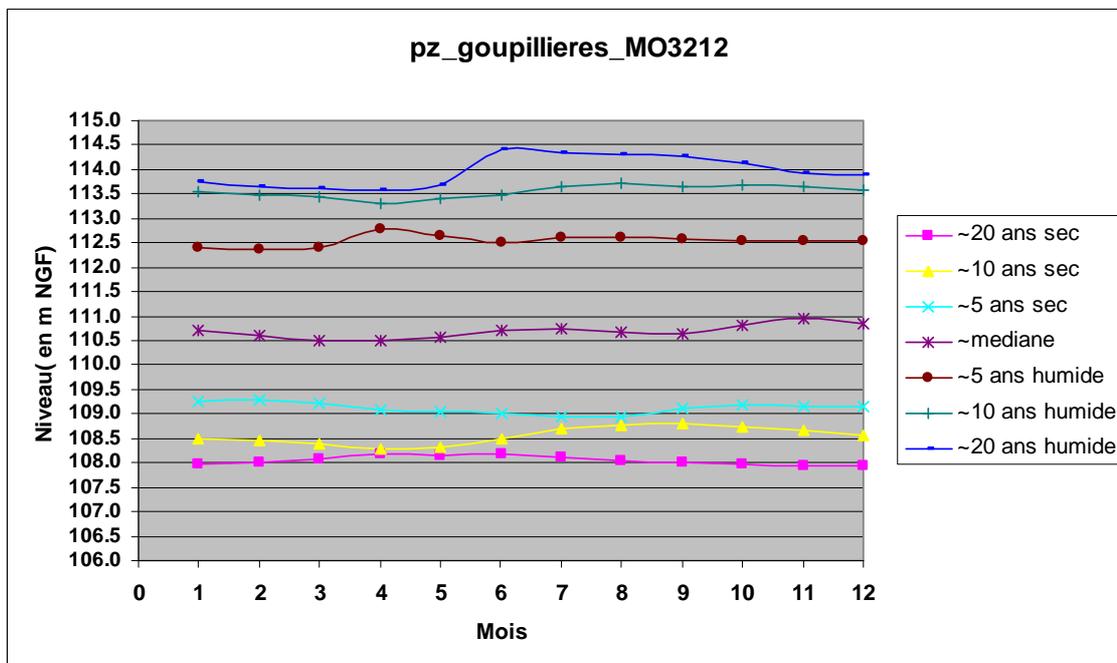


Illustration 331 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre Goupillères

7. LE PIEZOMETRE LA ROUSSIERE

La chronique du relevé des niveaux du piézomètre démarre le 28/01/1982. La fréquence est mensuelle (avec quelques manques) jusqu'au 15/01/1993, tous les deux mois jusqu'au 06/09/1995, de nouveau mensuelle jusqu'au 01/03/2005 et journalière à partir de cette date.

7.1. Caractéristiques du cycle du piézomètre La Roussière

Le niveau repère est à 199m, l'ouvrage atteint 29m de profondeur et le niveau de l'eau évolue entre les cotes 173.61 et 174.95m(NGF). L'amplitude des niveaux est de 1.34m maximum. Le cycle est pluri annuel avec une légère influence annuelle.

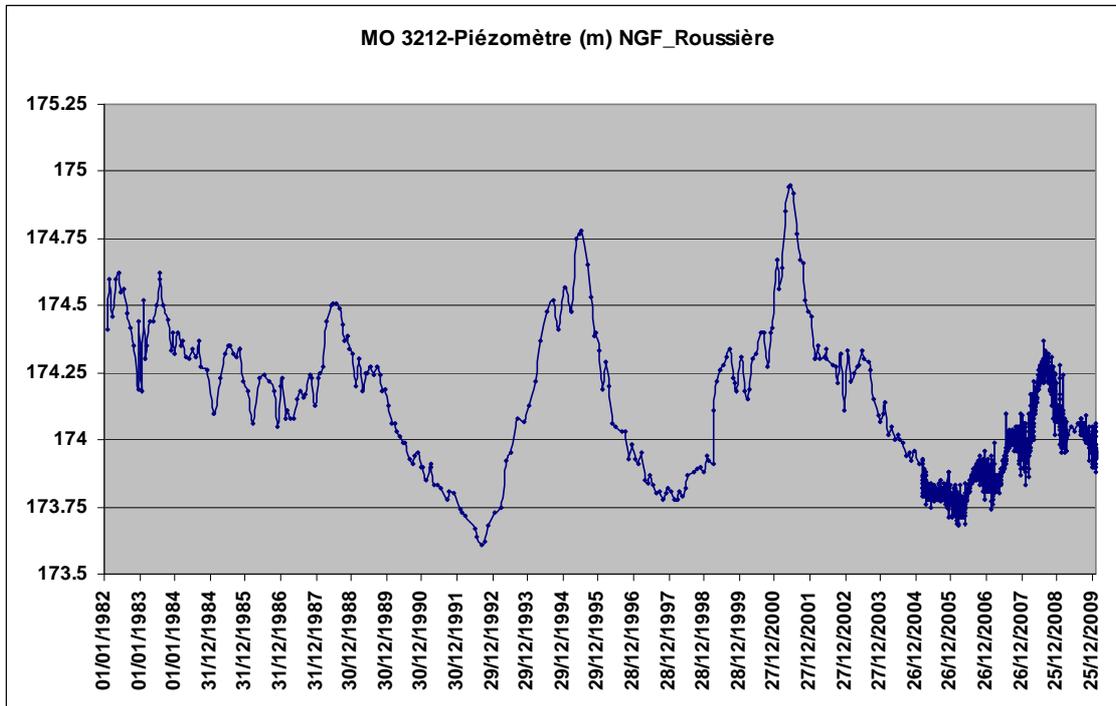


Illustration 332 : Chronique des niveaux du piézomètre La Roussière

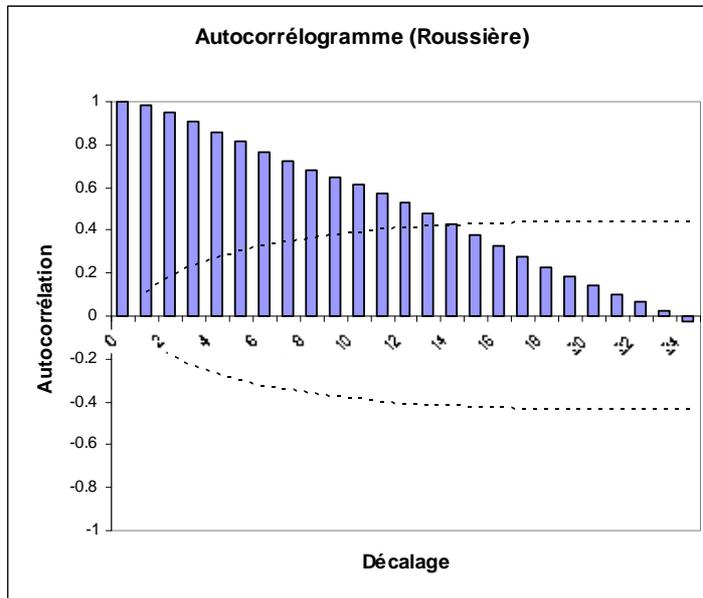


Illustration 333 : Autocorrélogramme du piézomètre La Roussière (décalage en mois)

Les mesures dans le piézomètre sont bien corrélées entre elles sur 6 mois (0.8) à 11 mois (0.6).

7.2. Analyse fréquentielle des données du piézomètre La Roussière

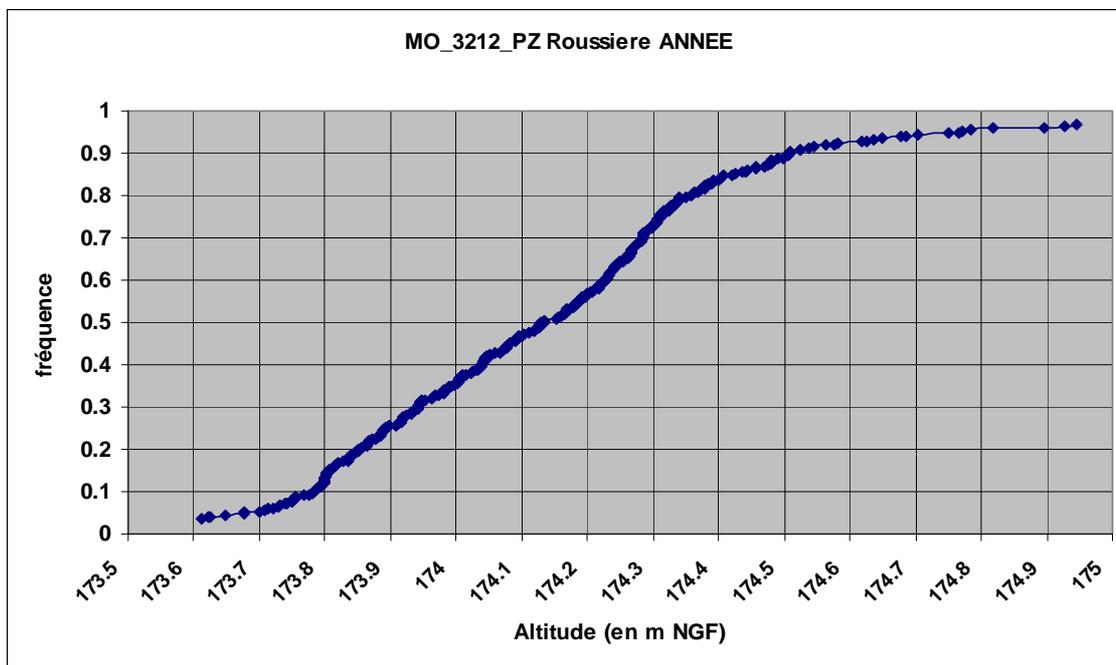


Illustration 334 : Courbe de l'analyse fréquentielle du piézomètre La Roussière

7.3. Détermination des niveaux moyens mensuels de différentes fréquences de dépassement sur le piézomètre Roussière

Mois	~20 ans sec	~10 ans sec	~5 ans sec	mediane	5 ans humid	10 ans humid	20 ans humid
ngf janv trié	173.7	173.8	173.9	174.1	174.3	174.4	174.5
ngf fev trié	173.7	173.8	173.9	174.1	174.2	174.4	174.5
ngf mars trié	173.8	173.8	173.8	174.1	174.3	174.4	174.5
ngf avril trié	173.7	173.8	173.8	174.1	174.3	174.4	174.6
ngf mai trié	173.8	173.8	173.8	174.1	174.3	174.5	174.7
ngf juin trié	173.8	173.8	173.9	174.2	174.3	174.5	174.8
ngf juil trié	173.8	173.8	173.9	174.2	174.4	174.6	174.8
ngf aout trié	173.8	173.8	173.9	174.2	174.4	174.6	174.7
ngf sept trié	173.8	173.8	173.9	174.2	174.4	174.5	174.6
ngf oct trié	173.8	173.8	173.9	174.2	174.3	174.5	174.5
ngf nov trié	173.8	173.8	173.9	174.1	174.4	174.4	174.4
ngf dec trié	173.8	173.8	173.9	174.1	174.3	174.5	174.5

Illustration 335 : Tableau des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre La Roussière

Les courbes des périodes sèches sont très proches les unes des autres voire confondues sur certaines périodes, notamment pour les 20 et 10 ans secs.

Les extrêmes vont de 173.7 à 173.8m avec les mois les plus secs en janvier, février et avril (20 ans secs), la courbe 10 ans secs est plate à 173.8m, les niveaux varient de

173.8 à 173.9m avec les mois les plus moins arrosés de mars à mai (5 ans secs), de 174.1 à 174.2m pour la médiane, de 174.2 à 174.4m (5 ans humides), de 174.4 à 174.6m (10 ans humides) et de 174.4 à 174.8m (20 ans humides).

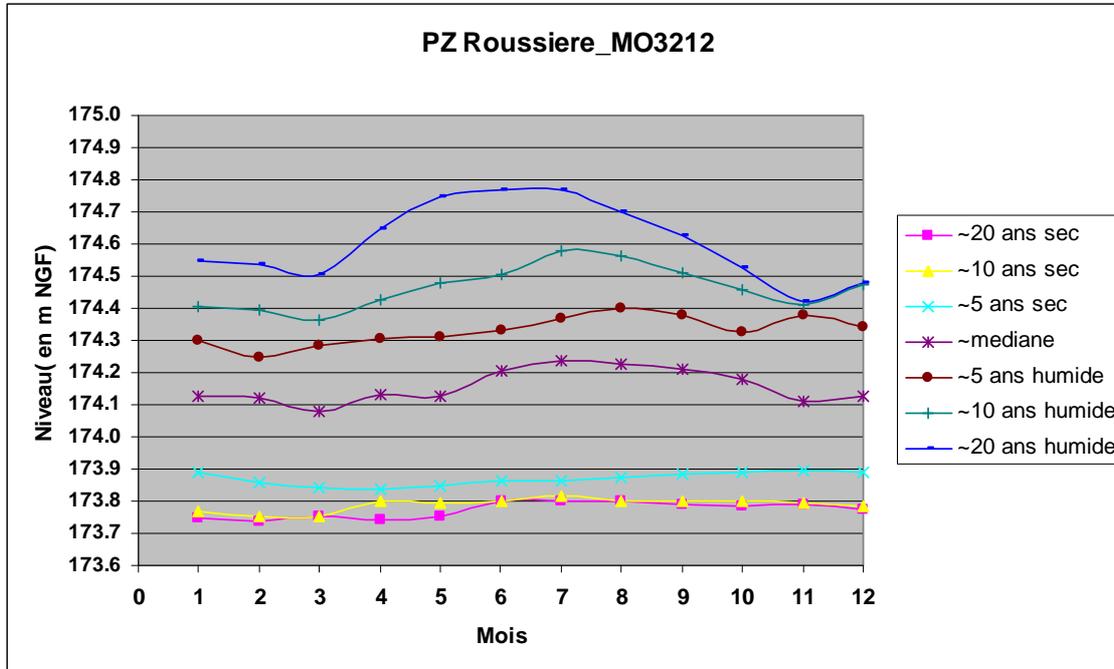


Illustration 336 : Courbes des niveaux moyens mensuels pour différentes périodes de retour sur le piézomètre La Roussière

8. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION PONT AUTHOU SUR LA RIVIERE RISLE

C'est la station Pont Authou sur la Risle qui est utilisée.

8.1. Distribution des débits et autocorrélogramme

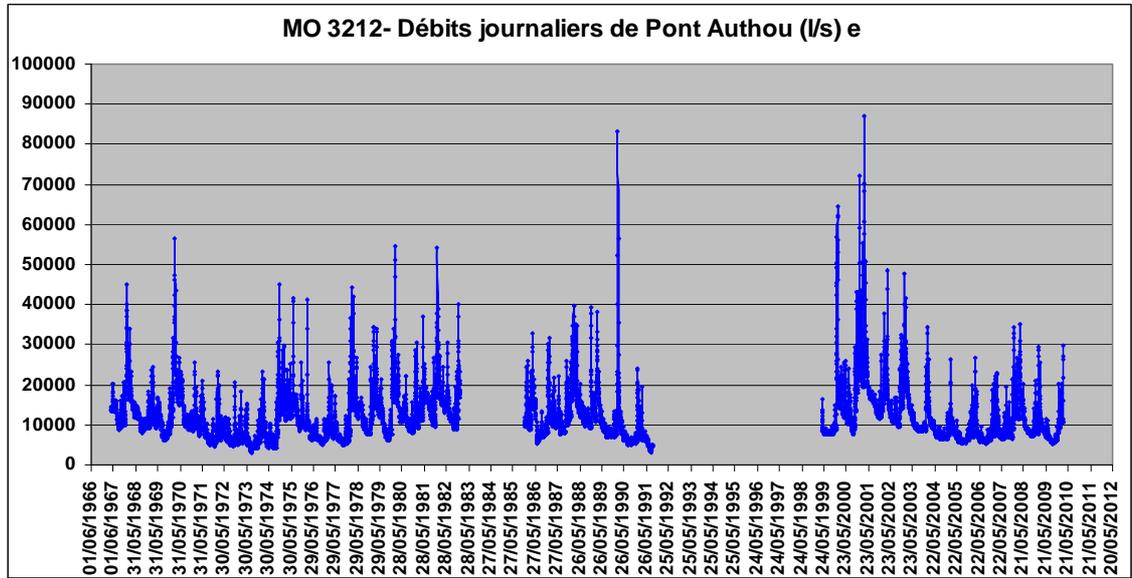


Illustration 337 : Chronique des débits à la station Pont Authou

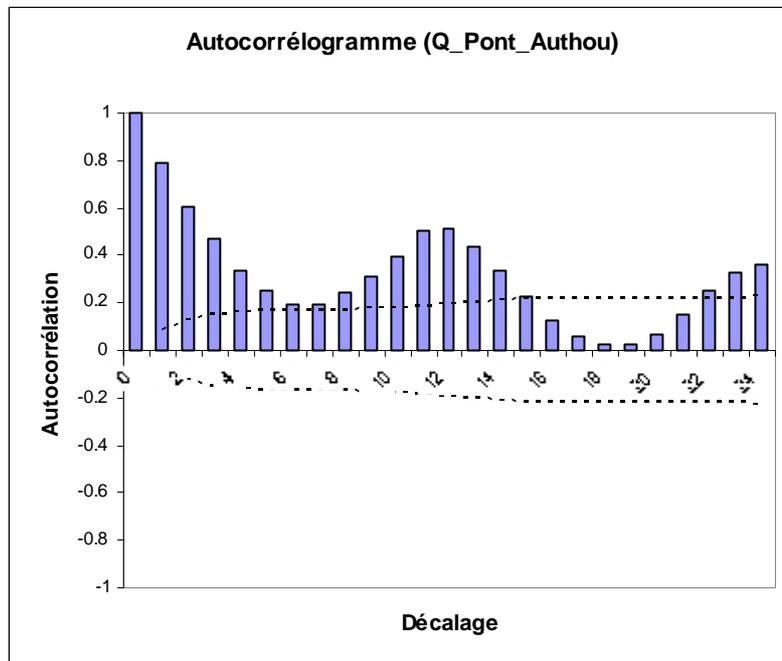


Illustration 338 : Autocorrélogramme des débits à la station Pont Authou (décalage en mois)

9. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE RISLE A LA STATION PONT AUTHOU ET LES PIEZOMETRES DE LA MASSE D'EAU

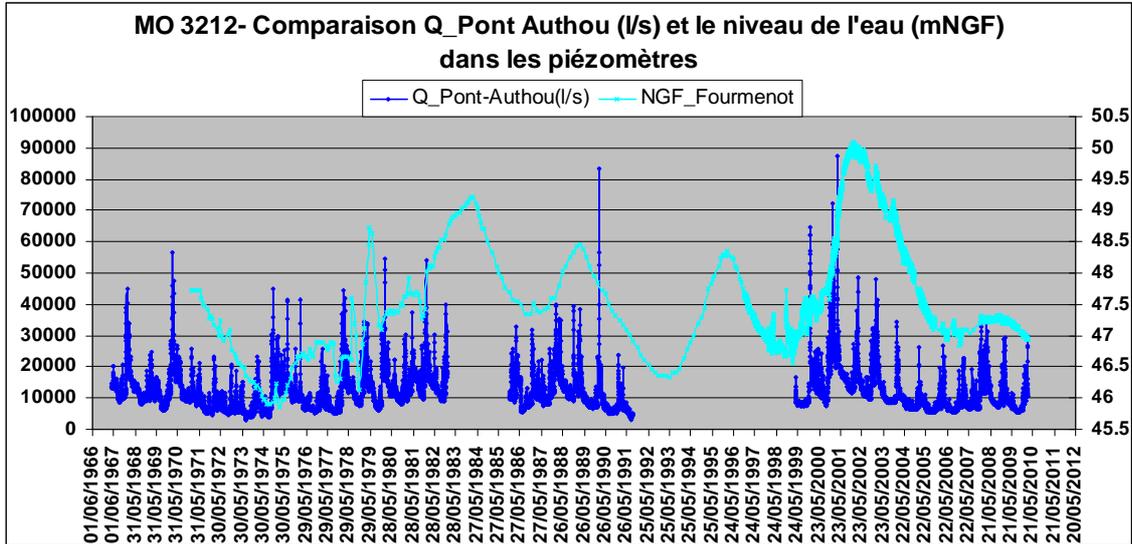


Illustration 339 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Fourmetot et des débits à Pont Authou

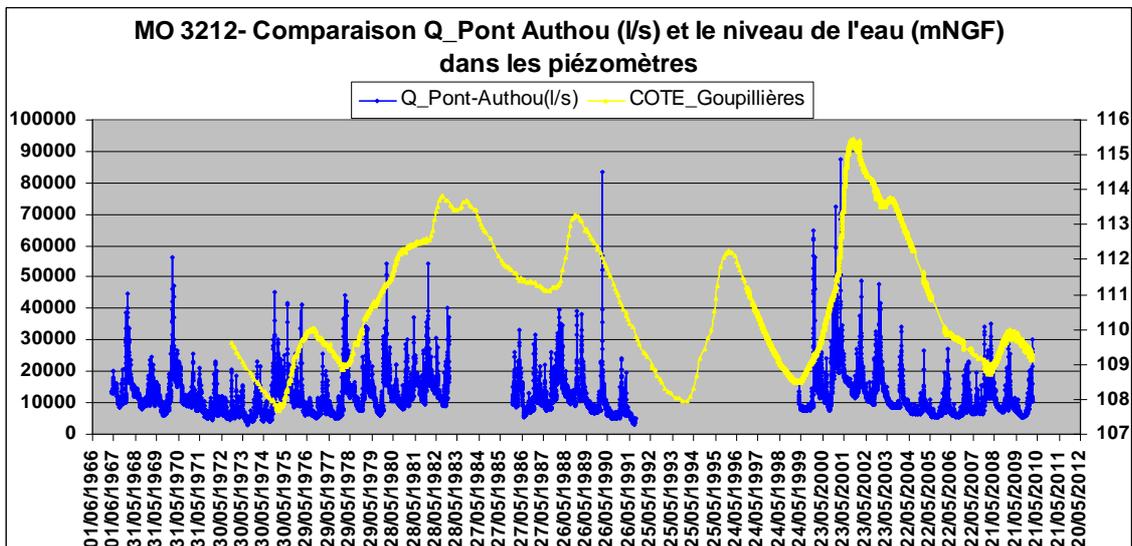


Illustration 340: Chroniques superposées des niveaux du piézomètre Goupillières et des débits à Pont Authou

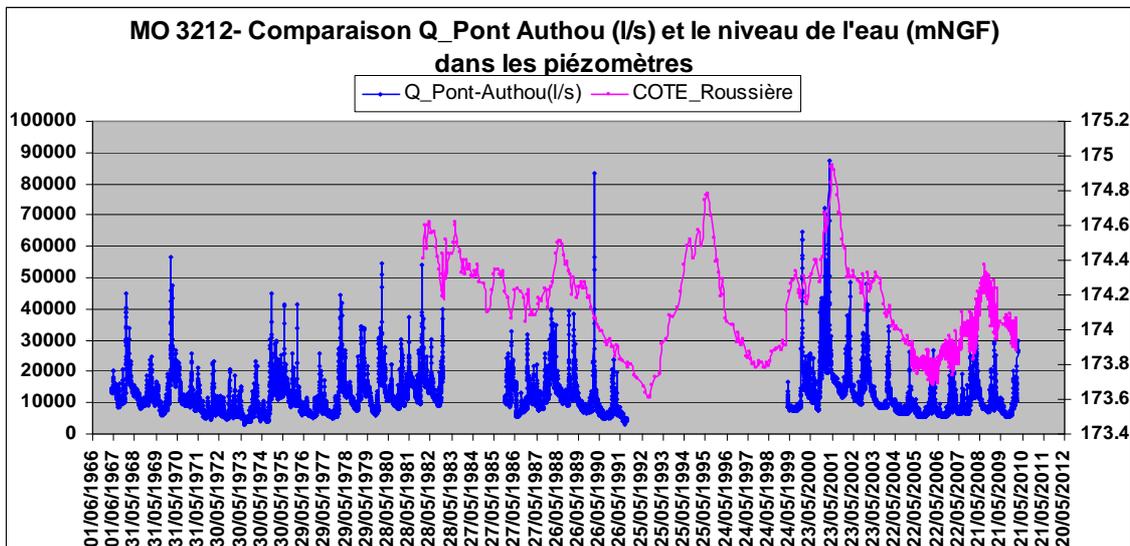


Illustration 341: Chroniques superposées des niveaux du piézomètre La Roussière et des débits à Pont Authou

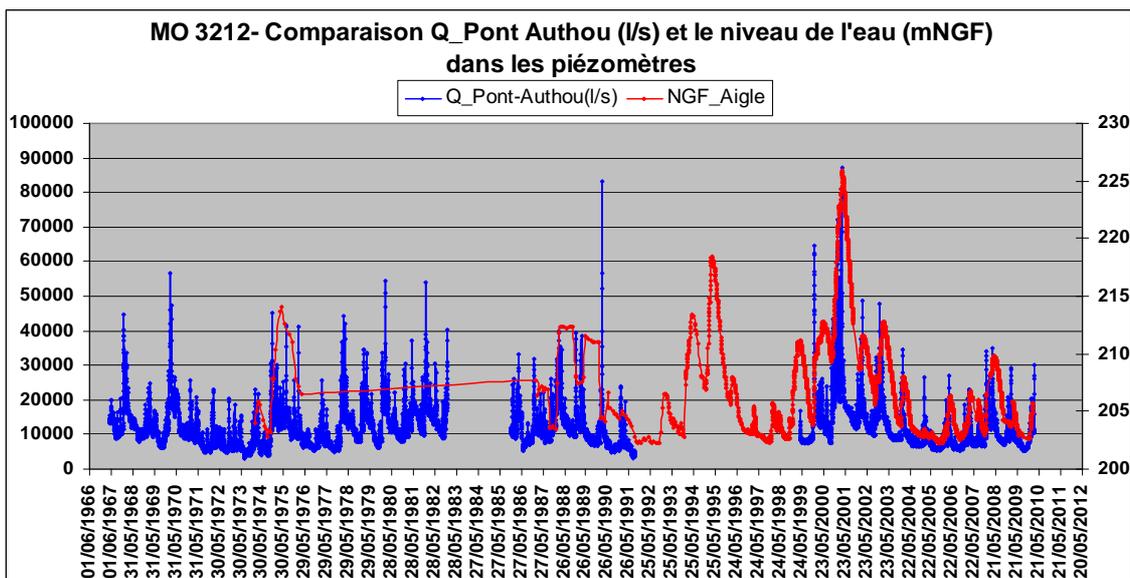


Illustration 342 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre L'Aigle et des débits à Pont Authou

9.1. Corrélogrammes croisés des moyennes mensuelles des débits et des niveaux

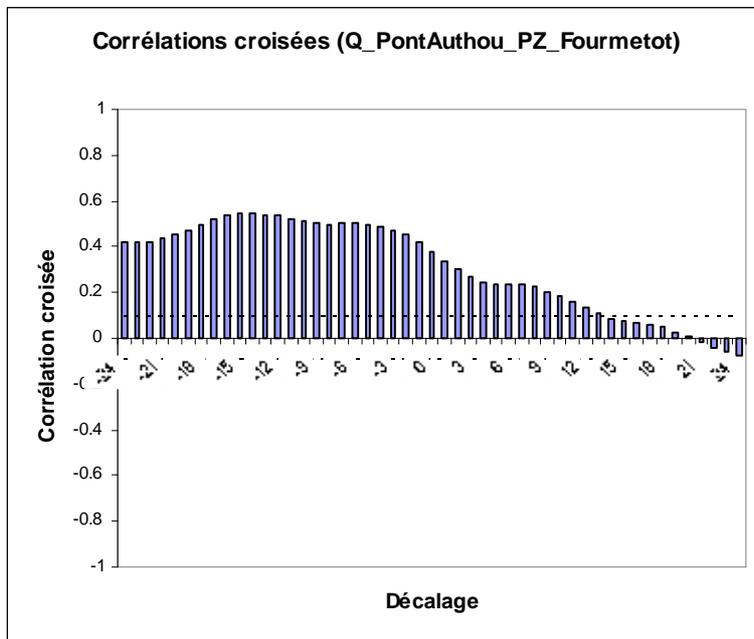


Illustration 343 : Corrélogramme croisé du débit à la station Pont Authou et des niveaux du piézomètre Fourmetot (décalage en mois)

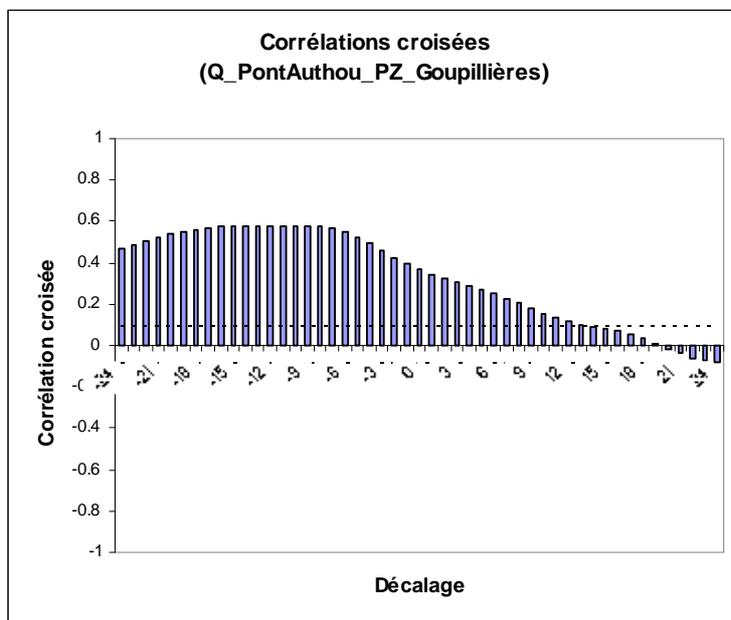


Illustration 344 : Corrélogramme croisé du débit à la station Pont Authou et des niveaux du piézomètre Goupillières (décalage en mois)

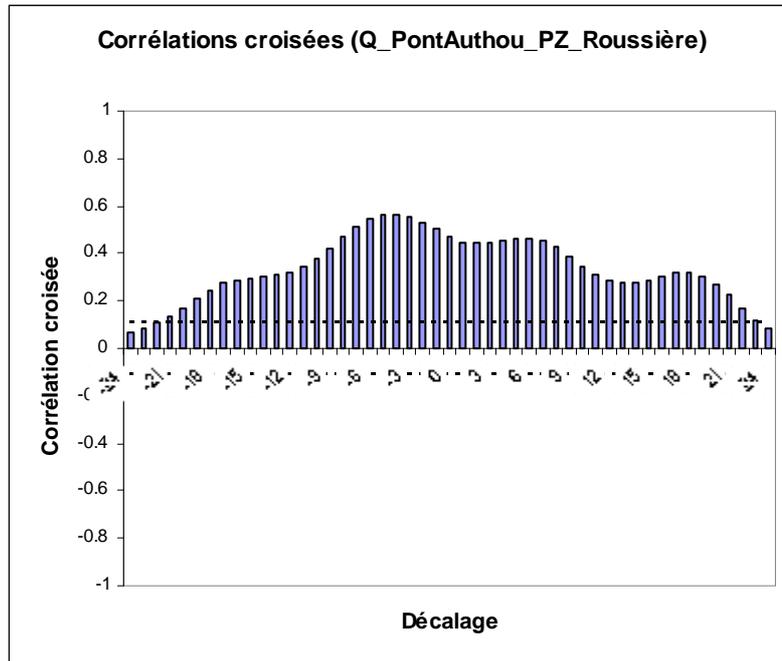


Illustration 345 : Corrélogramme croisé du débit à la station Pont Authou et des niveaux du piézomètre La Roussière (décalage en mois)

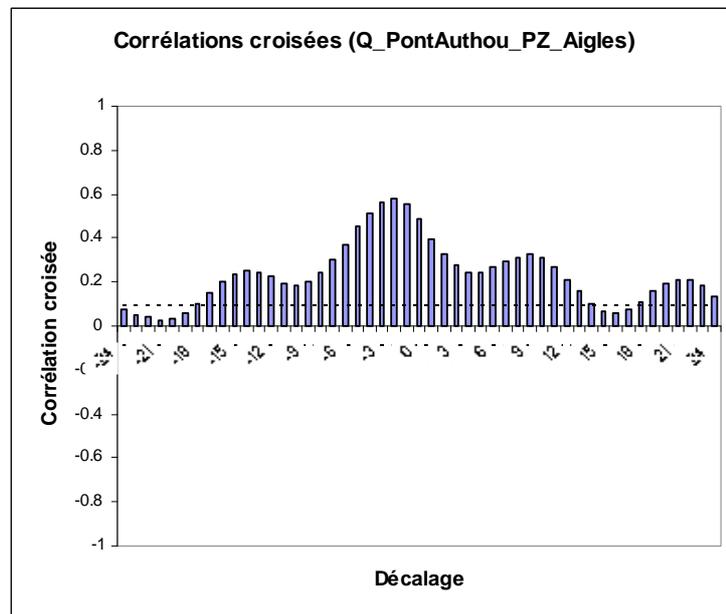


Illustration 346 : Corrélogramme croisé du débit à la station Pont Authou et des niveaux du piézomètre L'Aigle (décalage en mois)

9.2. Relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière Risle à la station Pont Authou et le niveau moyen mensuel des piézomètres pour la même année

Avec le piézomètre Fourmetot

Mois	Coefficient de détermination R^2
décembre	0.6168
novembre	0.5714
octobre	0.5373
août	0.5219
septembre	0.5139
juillet	0.5126
juin	0.4471
mai	0.3863
janvier	0.2965
avril	0.2861
février	0.2492
mars	0.2455

Illustration 347 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

La corrélation n'est bonne qu'en décembre.

Avec le piézomètre Goupillières

Mois	Coefficient de détermination R^2
décembre	0.6821
novembre	0.6596
octobre	0.6284
septembre	0.5934
août	0.5539
juillet	0.5
juin	0.4377
mai	0.3666
avril	0.2959
mars	0.2333
février	0.1927
janvier	0.1597

Illustration 348 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R^2

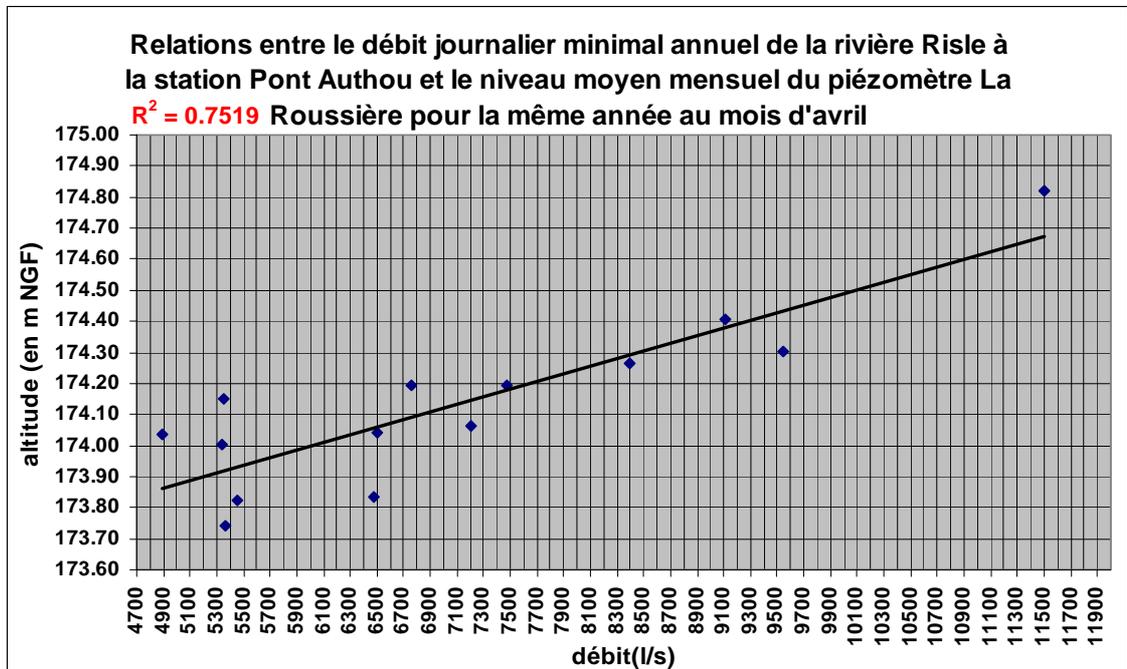
Les corrélations ne sont bonnes qu'en octobre, novembre et décembre.

Avec le piézomètre La Roussière

Mois	Coefficient de détermination R ²
juin	0.7544
avril	0.7519
juillet	0.7446
août	0.7444
mai	0.736
mars	0.7145
septembre	0.7131
octobre	0.7082
novembre	0.7057
février	0.6312
janvier	0.5619
décembre	0.5461

Illustration 349 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R²

Pour le prévisionnel avant l'étiage dans la rivière, les mois de juin, mai, mars et février peuvent être utilisés et le tableau ci-dessous présente les niveaux repères (cotes piézométriques) pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique.

*Illustration 350 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Pont Authou et le niveau moyen mensuel du piézomètre La Roussière pour le mois d'avril de la même année*

Département	Rivière	Station suivie	Piezomètre	MO	Mois de réf	coef R ²	Seuil de vigilance (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m ³ /s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
27	Risle aval	Pont Authou	Roussière	3212	juin	0.7544	6.7	174.15	5.1	173.90	4.4	173.85	4	173.75	5.7	174.00	5.76	174.20
27	Risle aval	Pont Authou	Roussière	3212	mai	0.736	6.7	174.10	5.1	173.90	4.4	173.80	4	173.75	5.7	173.98	5.76	174.00
27	Risle aval	Pont Authou	Roussière	3212	mars	0.7145	6.7	174.10	5.1	173.90	4.4	173.80	4	173.78	5.7	173.97	5.76	173.98
27	Risle aval	Pont Authou	Roussière	3212	février	0.6312	6.7	174.75	5.1	173.97	4.4	173.87	4	173.84	5.7	173.98	5.76	174.00

Illustration 351 : Cotes piézométriques correspondant aux seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les mois de début d'année dont le coefficient de corrélation est supérieur à 0.6

Avec le piézomètre Aigle

Mois	Coefficient de détermination R ²
mars	0.6205
avril	0.6125
février	0.5849
mai	0.571
juin	0.5517
juillet	0.5253
janvier	0.5046
août	0.4985
septembre	0.444
octobre	0.3403
novembre	0.2646
décembre	0.1473

Illustration 352 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R²

Pour le prévisionnel avant l'étiage dans la rivière, les mois de mars et avril peuvent être utilisés et le tableau ci-dessous présente les niveaux repères (cotes piézométriques) pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique.

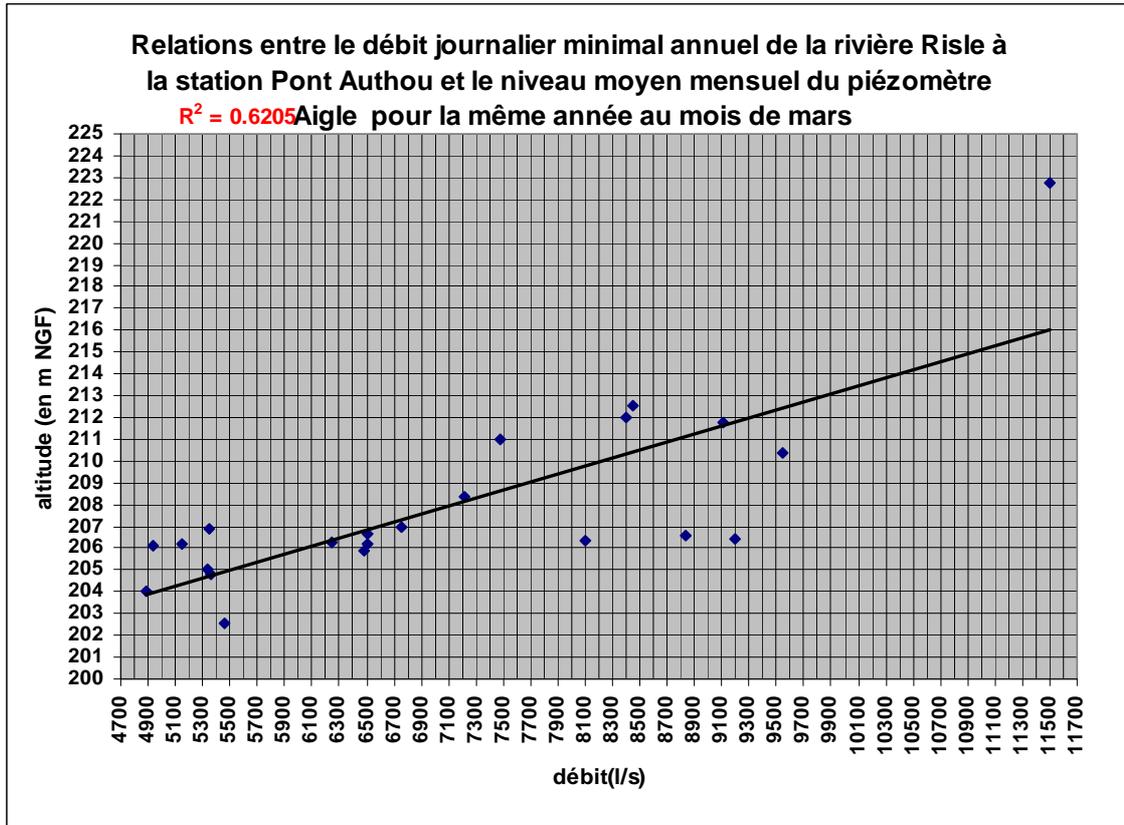


Illustration 353 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Pont Authou et le niveau moyen mensuel du piézomètre L'Aigle pour le mois de mars de la même année

Département	Rivière	Station suivie	Piézo mètre	MO	Mois de réf	coef R ²	Seuil de vigilance (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m ³ /s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
61	Risle aval	Pont Authou	Aigle	3212	mars	0.6205	6.7	207.20	5.1	204.20	4.4	203.00	4	202.20	5.7	205.40	5.76	205.55
61	Risle aval	Pont Authou	Aigle	3212	avril	0.6125	6.7	207.25	5.1	204.00	4.4	202.60	4	201.75	5.7	205.20	5.76	205.40

Illustration 354 : Cotes piézométriques correspondant aux seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les mois de début d'année dont le coefficient de corrélation est supérieur à 0.6

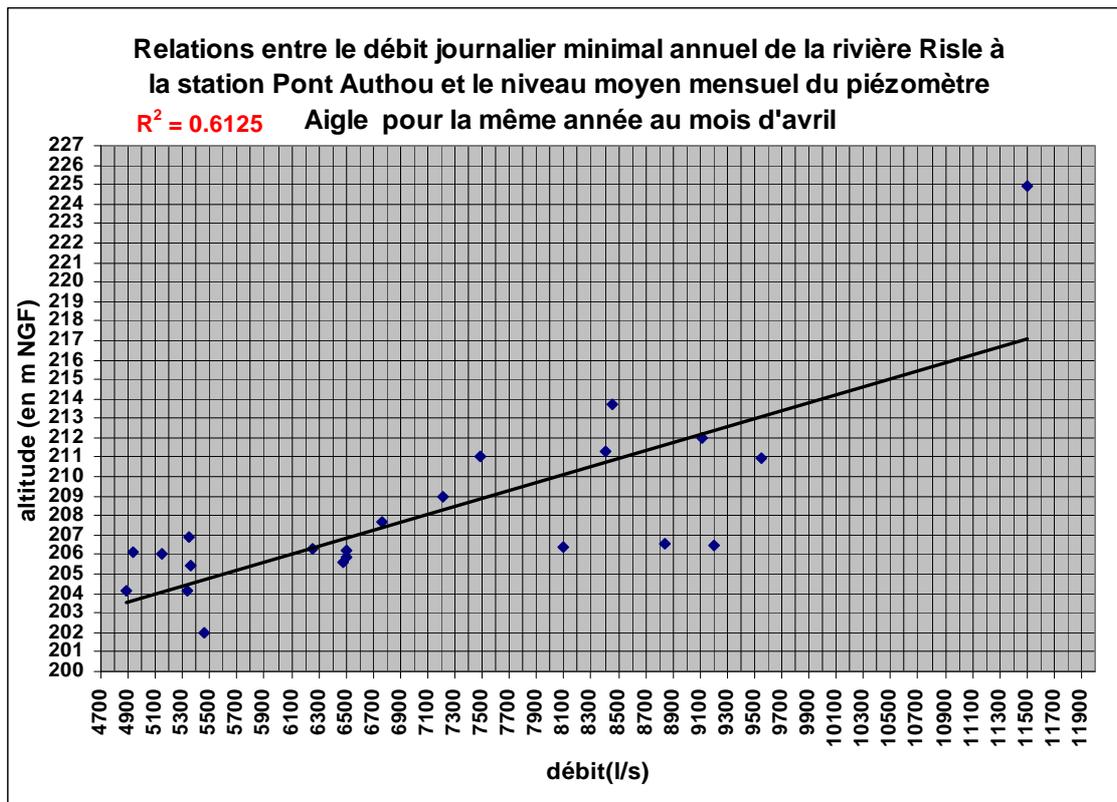


Illustration 355 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Pont Authou et le niveau moyen mensuel du piézomètre L'Aigle pour le mois d'avril de la même année

9.3. Relations entre le niveau journalier le plus haut des piézomètres La Roussière et Aigle (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Pont Authou (année civile)

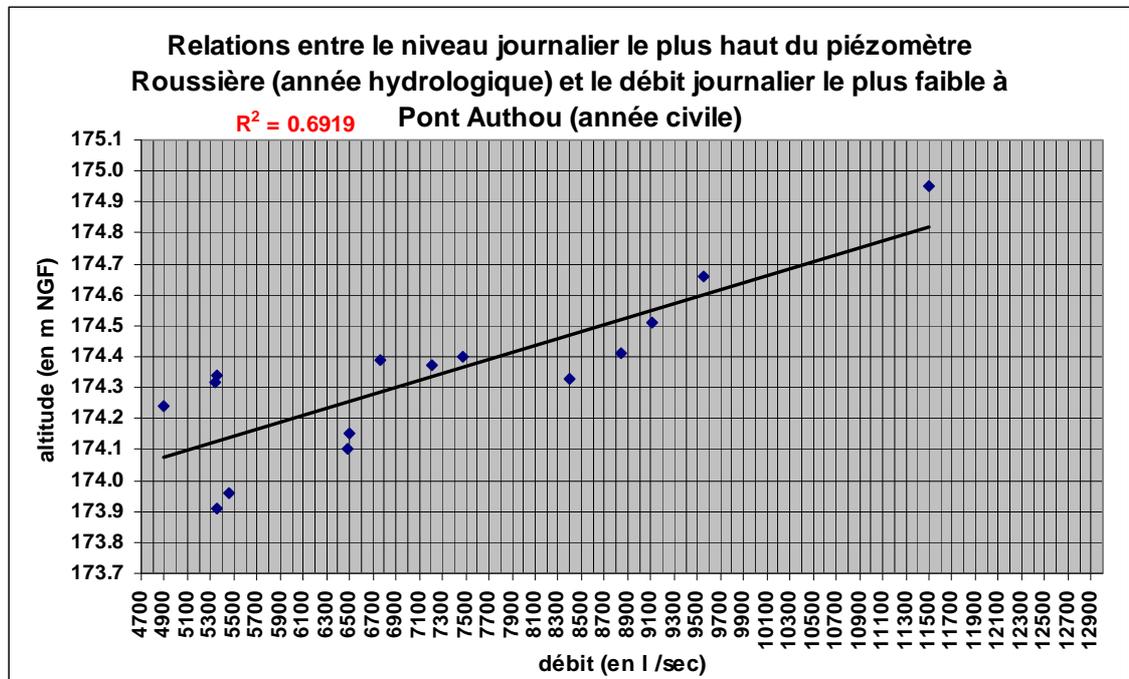


Illustration 356 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre Roussière (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Pont Authou (année civile)

Ce graphique peut permettre, également, de définir des niveaux repères pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique, Ex : QMNA5 (5700l/s) = 174.17m

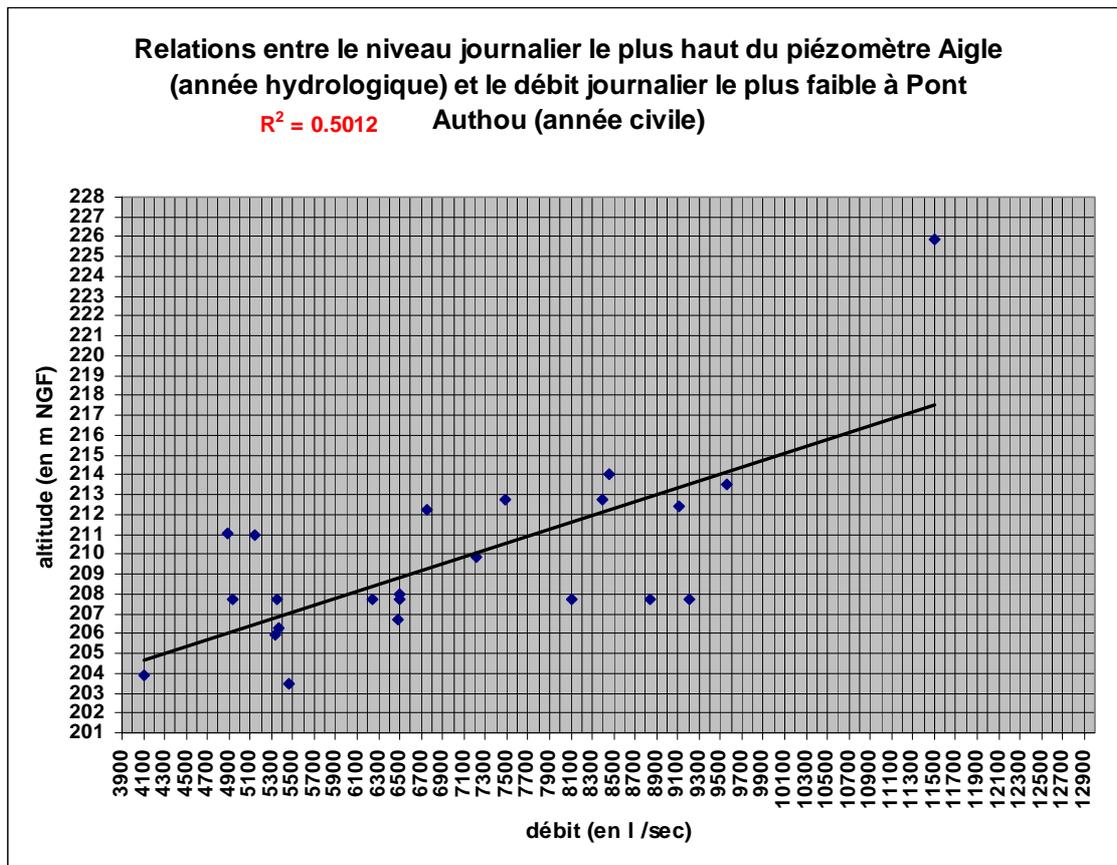


Illustration 357 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre L'Aigle (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Pont Authou (année civile)

Cette corrélation est trop faible pour être exploitable.

10. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION RAI SUR LA RIVIERE RISLE

10.1. Distribution des débits et autocorrélogramme

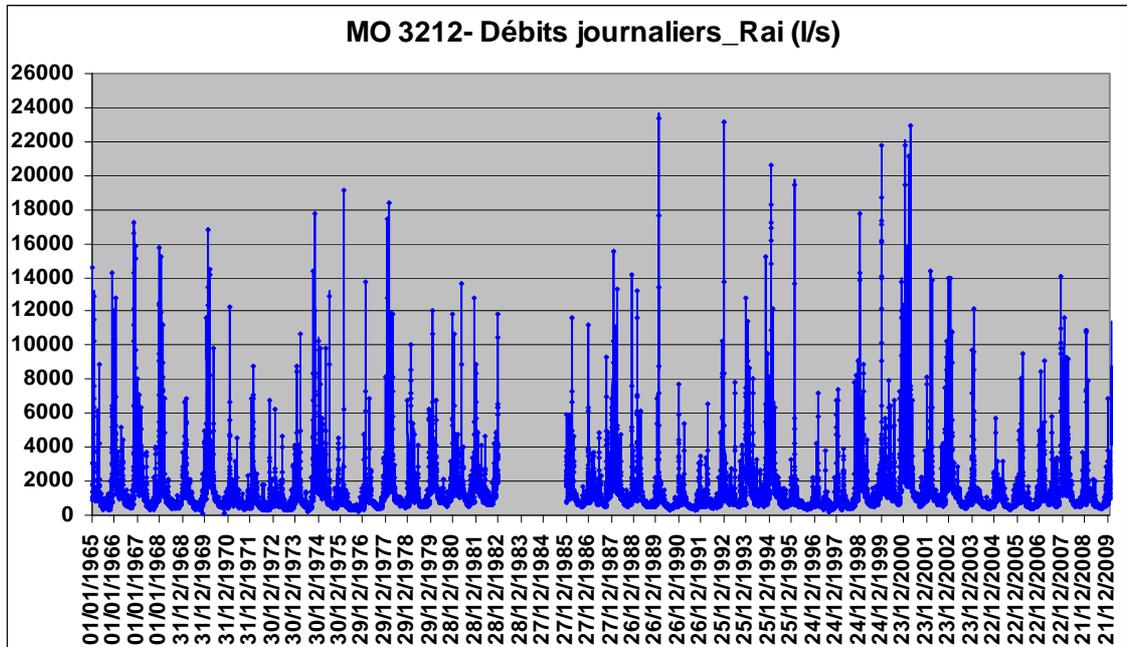


Illustration 358 : Chronique des débits à la station Rai

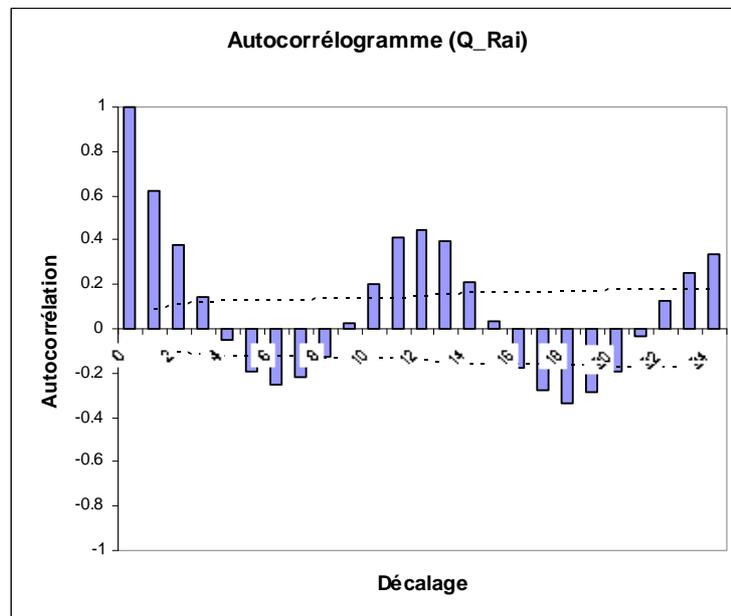


Illustration 359 : Autocorrélogramme des débits à la station Rai (décalage en mois)

Les mesures de débits sont bien corrélées entre elles sur 1 mois (0.8) à 2 mois (0.6).

11. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE RISLE A LA STATION RAI ET LE PIEZOMETRE DE LA MASSE D'EAU L'AIGLE

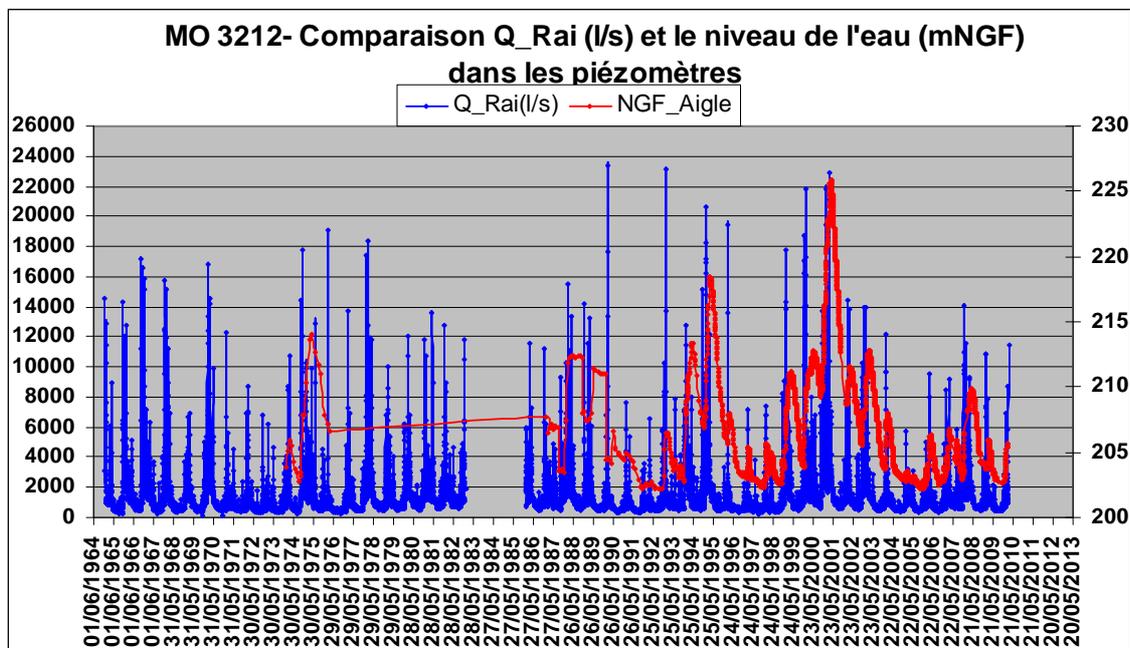


Illustration 360 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre L'Aigle et des débits à Rai

11.1. Corrélogrammes croisés des moyennes mensuelles des débits et des niveaux

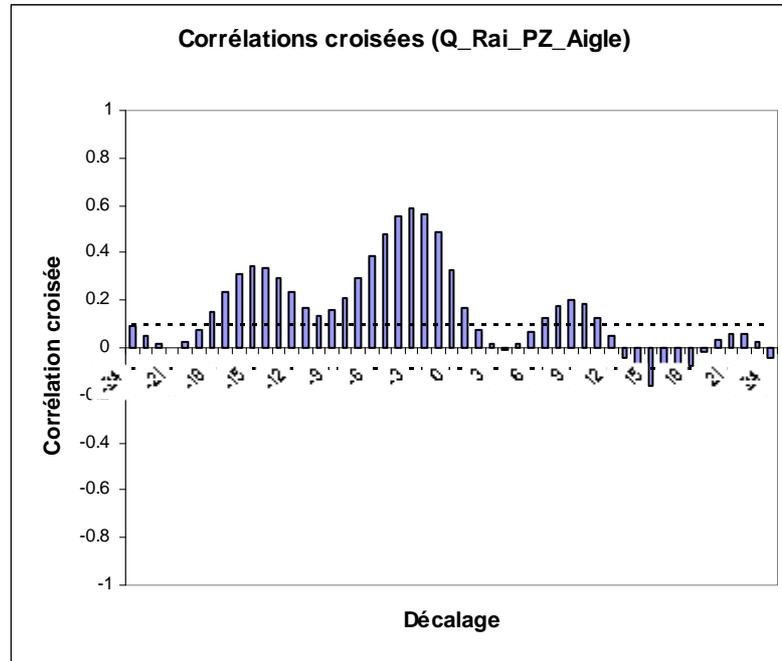


Illustration 361 : Corrélogramme croisé du débit à la station Rai et des niveaux du piézomètre L'Aigle (décalage en mois)

11.2. Relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière Risle à la station Rai et le niveau moyen mensuel du piézomètre L'Aigle pour la même année

Mois	Coefficient de détermination R ²
décembre	0.3133
août	0.2396
juillet	0.2141
novembre	0.213
septembre	0.2022
juin	0.1954
octobre	0.1792
mai	0.164
avril	0.1481
mars	0.1391
février	0.1331
janvier	0.1288

Illustration 362 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R²

Cette corrélation est trop faible pour être exploitable.

12. CARACTERISTIQUES DES DONNEES DE LA STATION BOURTH SUR LA RIVIERE ITON

Cette présentation a été faite au chapitre 6.11

13. RELATIONS ENTRE LA RIVIERE ITON A LA STATION BOURTH ET LE PIEZOMETRE L'AIGLE DE LA MASSE D'EAU

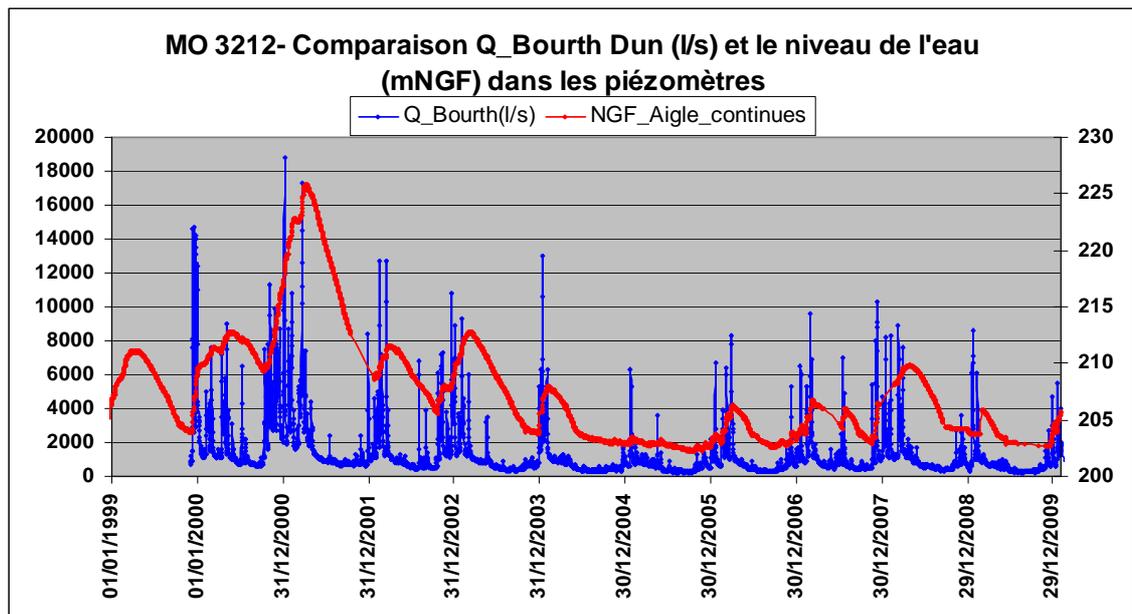


Illustration 363 : Chroniques superposées des niveaux du piézomètre L'Aigle et des débits à Bourth

13.1. Corrélogrammes croisés des moyennes mensuelles des débits et des niveaux

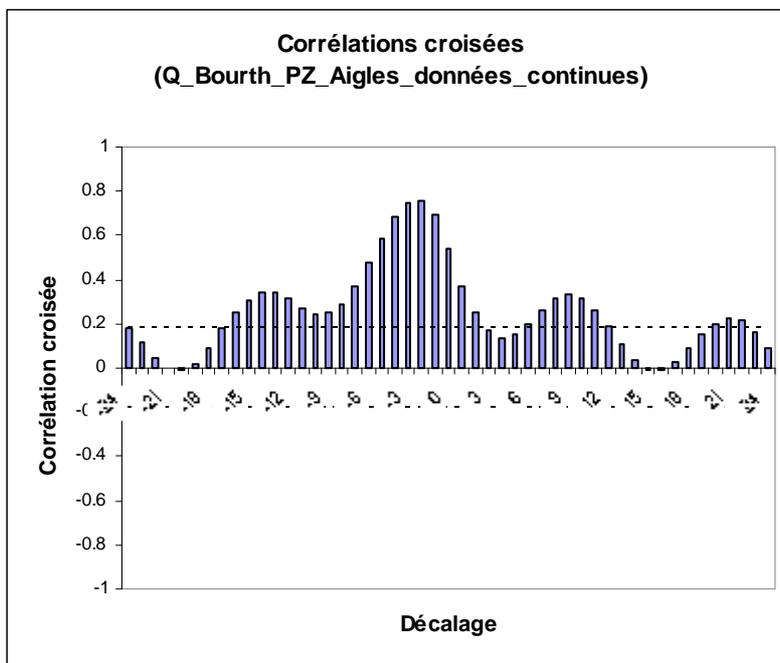


Illustration 364 : Corrélogramme croisé du débit à la station Rai et des niveaux du piézomètre L'Aigle (décalage en mois)

13.2. Relations entre le débit journalier minimal annuel de la rivière Iton à la station Bourth et le niveau moyen mensuel des piézomètres pour la même année

Mois	Coefficient de détermination R ²
novembre	0.9118
octobre	0.8739
septembre	0.8614
décembre	0.857
août	0.8428
juillet	0.7829
juin	0.7261
mai	0.6691
avril	0.6094
mars	0.6052
janvier	0.5741
février	0.5496

Illustration 365 : Répartition mensuelle du coefficient de corrélation R²

Pour le prévisionnel avant l'étiage dans la rivière, les mois de mars à juin peuvent être utilisés et le tableau ci-dessous présente les niveaux repères (cotes piézométriques) pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique.

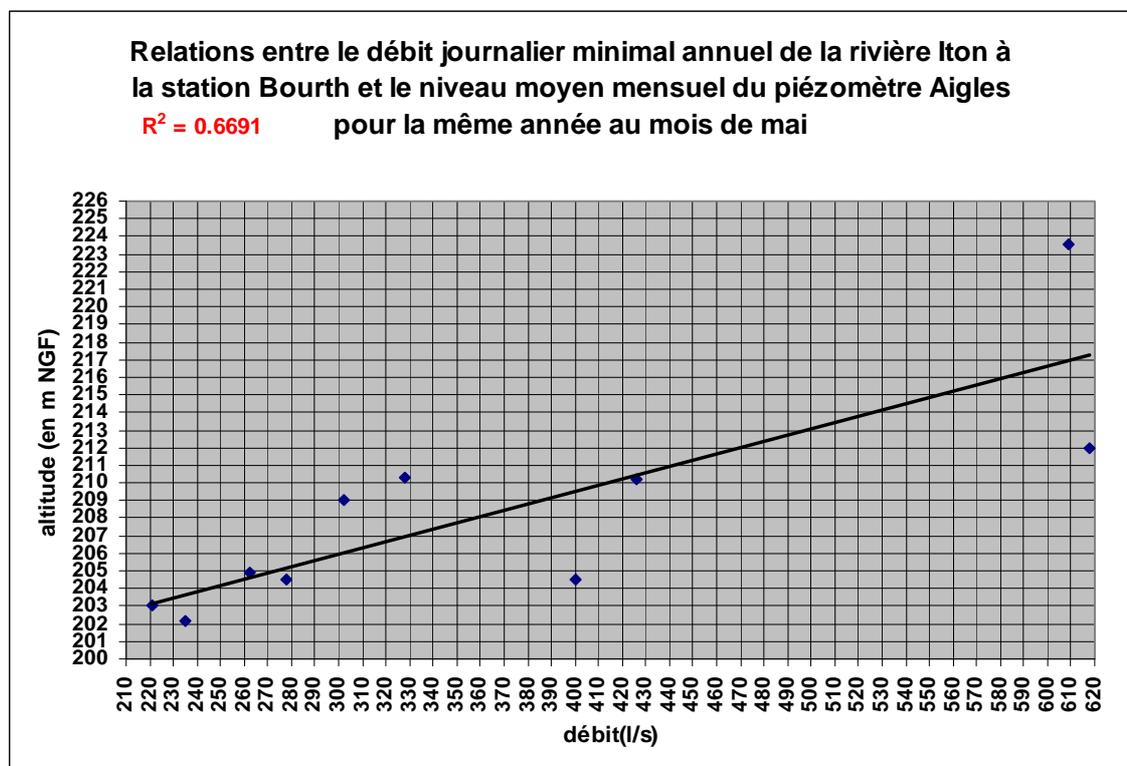


Illustration 366 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Rai et le niveau moyen mensuel du piézomètre L'Aigle pour le mois de mai de la même année

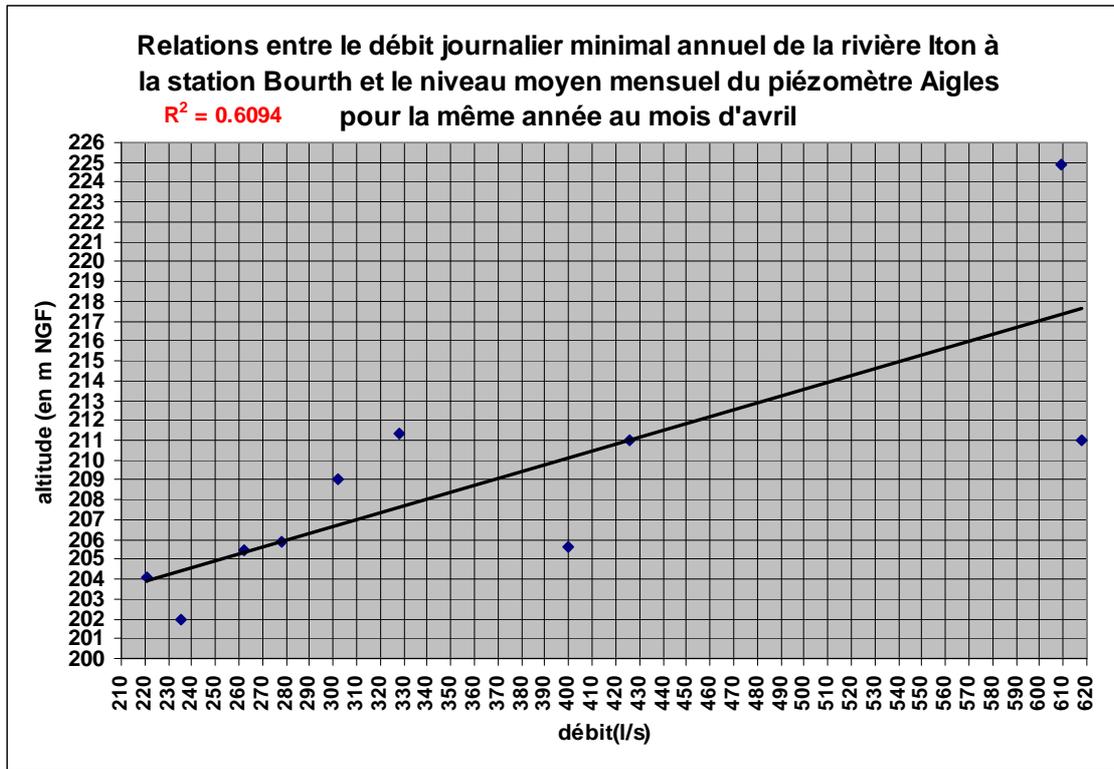


Illustration 367 : Relations entre le débit journalier minimal annuel à la station Rai et le niveau moyen mensuel du piézomètre L'Aigle pour le mois d'avril de la même année

Département	Rivière	Station suivie	Piézo mètre	MO	Mois de réf	coef R ²	Seuil de vigilance (m ² /s)	cote piézo (m)	Seuil d'alerte (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise (m ³ /s)	cote piézo (m)	Seuil de crise renforcée (m ³ /s)	cote piézo (m)	QMNA5	cote piézo (m)	VCN3	cote piézo (m)
61	Iton amont	Bourth	Aigle	3212	juin	0.7261	0.58	214.80	0.38	208.00	0.28	204.30	0.23	202.80	0.3	205.20	0.3	205.20
61	Iton amont	Bourth	Aigle	3212	mai	0.6691	0.58	216.00	0.38	208.80	0.28	205.30	0.23	203.55	0.3	203.00	0.3	203.00
61	Iton amont	Bourth	Aigle	3212	avril	0.6094	0.58	216.40	0.38	209.40	0.28	206.00	0.23	204.20	0.3	206.70	0.3	206.70
61	Iton amont	Bourth	Aigle	3212	mars	0.6052	0.58	215.40	0.38	209.30	0.28	206.20	0.23	204.70	0.3	206.80	0.3	206.80

Illustration 368 : Cotes piézométriques correspondant aux seuils définis dans le bulletin hydrogéologique pour les mois de début d'année dont le coefficient de corrélation est supérieur à 0.6

13.3. Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre L'Aigle (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Bourth (année civile)

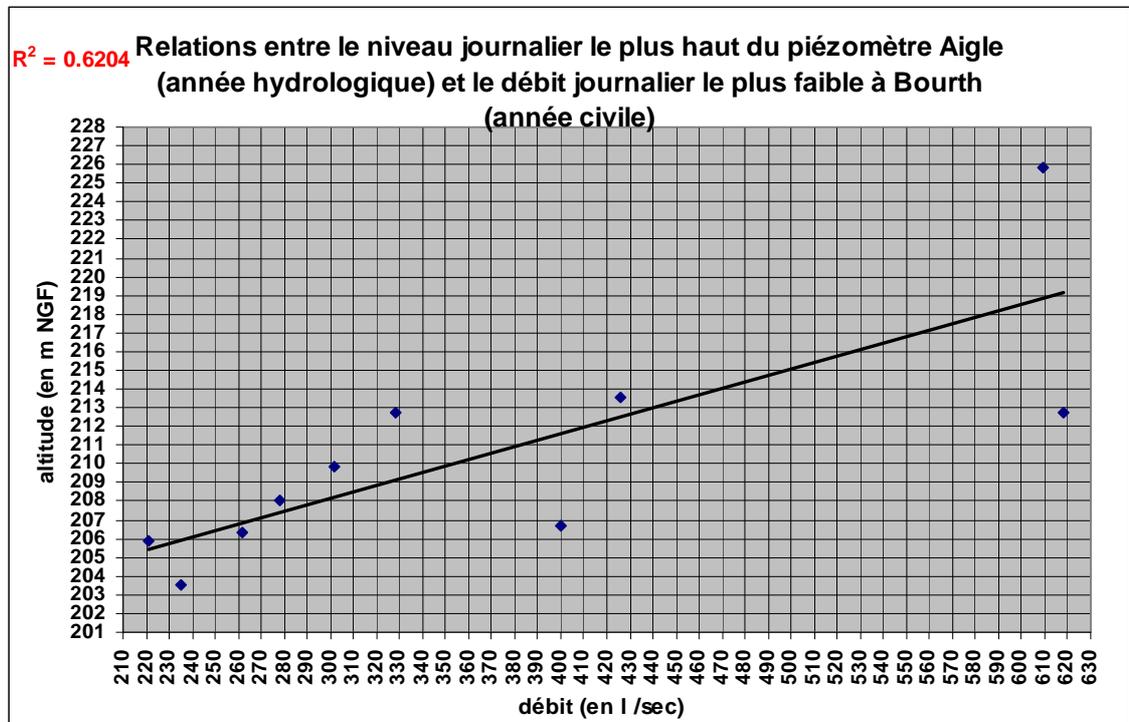


Illustration 369 : Relations entre le niveau journalier le plus haut du piézomètre L'Aigle (année hydrologique) et le débit journalier le plus faible à Pont Authou (année civile)

Ce graphique peut permettre, également, de définir des niveaux repères pour les différents seuils définis dans le bulletin hydrogéologique, Ex : QMNA5(300l/s) = 208.1m

14. COMPARAISON DES RESULTATS DE L'ANALYSE FREQUENTIELLE ET CEUX OBTENUS AVEC LA MODELISATION TEMPO

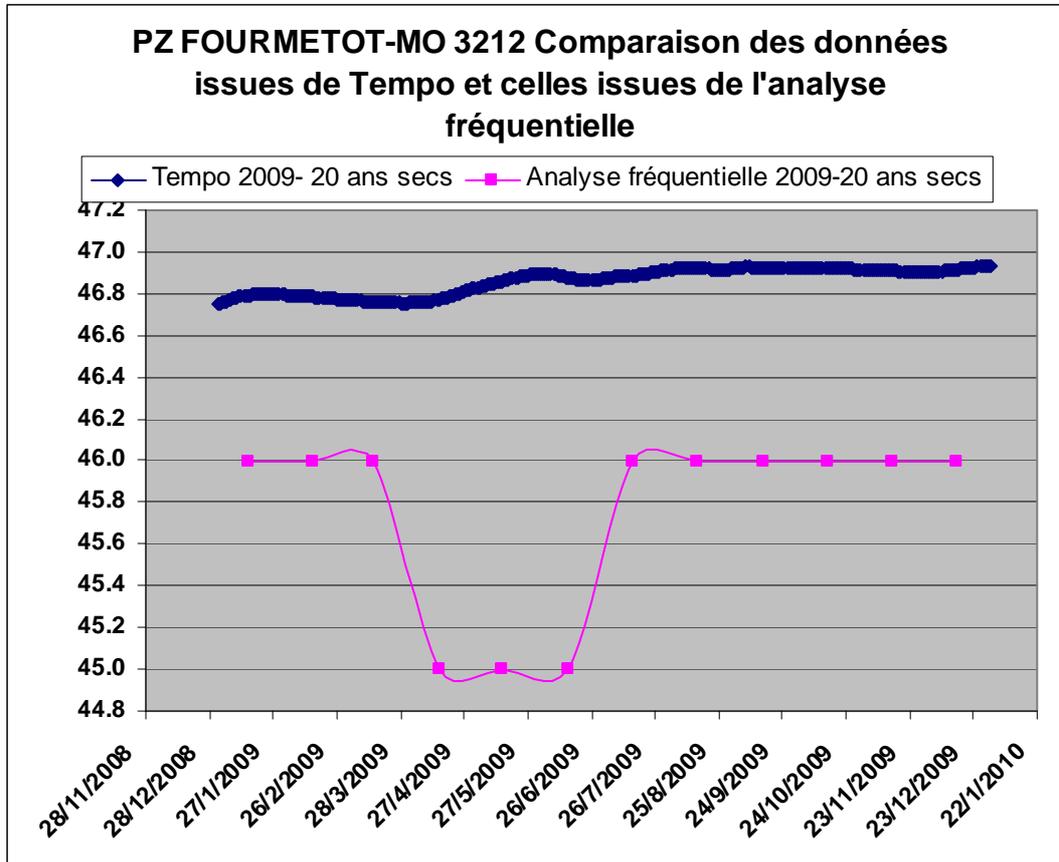


Illustration 370 : Piézomètre Fourmetot, comparaison entre les résultats de l'analyse fréquentielle et ceux de la prévision Tempo 2009 pour l'occurrence de 20 ans secs

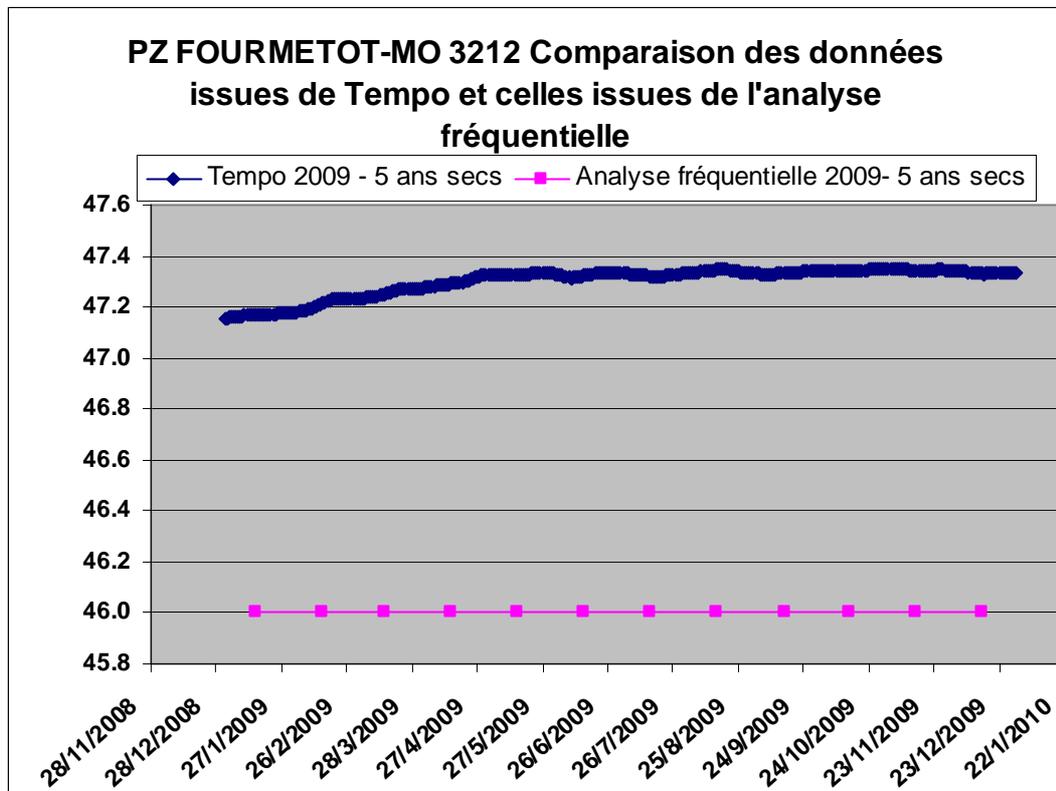


Illustration 371 : Piézomètre Fourmetot, comparaison entre les résultats de l'analyse fréquentielle et ceux de la prévision Tempo 2009 pour l'occurrence de 5 ans secs

Nom du piézo (Commune)	ANALYSE FREQUENTIELLE				Tempo 2009	
	extrêmes 20 ans secs (moyennes mensuelles)	extrêmes 10 secs(moyennes mensuelles)	extrêmes 5 ans secs (moyennes mensuelles)	Médiane (moyennes mensuelles)	PZ_Niv_j_min _printemps (20 ans secs)	PZ_Niv_j_min _printemps (5 ans secs)
L'AIGLE (61)	202 à 203	202 à 204	202 à 205	206.0		
FOURMETOT	45 à 46	46	46	47.0	46.75 à 46.93	47.16 à 47.35
GOUPILLIERES	108 à 108.2	108.3 à 108.8	108.9 à 109.3	110.5 à 111		
LA ROUSSIERE	173.7 à 173.8	173.8	173.8 à 173.9	174.1 à 174.2		

Illustration 372 : Comparaison des résultats obtenus avec Tempo 2009 et l'analyse fréquentielle pour les fréquences de retour 20 et 5 ans secs pour la masse d'eau 3212

Les niveaux estimés par Tempo pour 2009 sont supérieurs à ceux obtenus avec l'analyse fréquentielle.

15. CONCLUSIONS POUR LA MASSE D'EAU 3212

Il n'existe pas de corrélation exploitable pour les prévisions d'étiage entre les débits de la rivière Risle à la station Pont Authou et les piézomètres Fourmetot et Goupillières. Par contre, elles existent pour les piézomètres La Roussière et L'Aigle.

Rien ne ressort d'intéressant de la comparaison des débits de la rivière Risle à la station Rai et les niveaux dans le piézomètre L'Aigle. Par contre, ces derniers peuvent être exploités pour définir des indicateurs piézométriques pour la rivière Iton à la station Bourth.



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Haute-Normandie
Parc de la Vatine
10 rue A. Sakharov
76130 – Mont Saint Aignan - France
Tél. : 02 35 60 12 00