Document public

Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine
Caractérisation de l'impact du changement climatique sur les eaux souterraines en région Nouvelle-Aquitaine.

Convention Régionale Eaux Souterraines 2015-2020
Module 3.3 - Année 2

Rapport final

BRGM/RP-68816-FR
Juin 2019

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
NOUVELLE-AQUITAINE

UNION EUROPEENNE
Fonds Européen de développement Régional

AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE

RÉGION Nouvelle-Aquitaine

PYRENEES ATLANTIQUES LE DEPARTEMENT

Département des Landes

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine
Caractérisation de l'impact du changement climatique sur les eaux souterraines en région Nouvelle-Aquitaine.

Convention Régionale Eaux Souterraines 2015-2020
Module 3.3 - Année 2

Rapport final

BRGM/RP-68816-FR
Juin 2019

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM AP17BDX024

J-C. Manceau et A. Wuilleumier
Avec la collaboration de
P. Bourbon, F. Caperan, M. Branellec et R. Gregorio

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : Yvan CABALLERO	Nom : Nicolas PEDRON
Fonction : Responsable scientifique de programme	Fonction Directeur régional du BRGM Nouvelle-Aquitaine
Date : 09/04/2019	Date : 16/04/2019
Signature :	Signature :

Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.
Contact : qualite@brgm.fr

Mots-clés : Hydrogéologie, changement climatique, recharge de nappe, Pyrénées-Atlantiques, Landes, gave de Pau, gave d'Oloron, Midour, Helvétien, source, jaugeage, modèle GARDENIA.

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

Manceau J-C., Wuilleumier A., avec la collaboration de Bourbon P., Caperan F., Branellec M., Gregorio R. (2019) - Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine - Caractérisation de l'impact du changement climatique sur les eaux souterraines en région Nouvelle-Aquitaine - Module 3.3 - Année 2. Rapport final. BRGM/RP-68816-FR, 122 p., 93 ill., 7 ann.

© BRGM, 2019, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le présent rapport s'inscrit dans le cadre de la convention régionale eaux souterraines 2015-2020 signée entre la Région Aquitaine, l'Etat et le BRGM avec le concours financier de l'Union Européenne au travers du programme FEDER, des Départements des Pyrénées-Atlantiques et des Landes, et de l'Agence de l'eau Adour-Garonne (AEAG). Ce rapport porte plus particulièrement sur l'année 2 du module 3.3 de la convention, à savoir l'étude des eaux souterraines en lien avec le changement climatique dans les bassins versants du Gave de Pau et du Midour.

La deuxième année du module 3.3 porte ainsi sur deux territoires distincts :

- les bassins versants des gaves de Pau et d'Oloron, territoires sur lesquels le monitoring de sources engagé en année 1 a notamment été poursuivi ;
- le bassin versant du Midour, pour lequel une première analyse de son fonctionnement hydrogéologique a visé :
    - à déterminer les éventuels manques de connaissances et les acquisitions de données qui pourraient être à conduire ;
    - à identifier des impacts potentiels du changement climatique sur les eaux souterraines, sur la base des suivis temporels disponibles à ce jour.

Dans les Pyrénées-Atlantiques, six campagnes de jaugeages ont été effectuées de novembre 2017 à octobre 2018 sur les sources suivies en année 1 du module. La source de Gourgouch, équipée le 04/04/2017 d'un matériel de suivi en continu de son niveau d'eau, a été monitorée depuis cette date. La courbe de tarage hauteur-débit est en cours d'élaboration.

Enfin, l'équipement de la source de Riou à Bilhères est en cours de réalisation, faisant suite à l'étude de faisabilité conduite courant 2017.

Le bassin versant du Midour couvre une superficie de 785 km² à cheval entre le département des Landes et du Gers. Recevant une pluviométrie moyenne interannuelle comprise entre 850 à l'amont et 950 mm/an dans sa partie aval environ, il dispose de ressources en eaux souterraines limitées, essentiellement présentes à l'aval au sein des calcaires de l'Helvétien, le cas échéant en connexion avec les sables fauves sus-jacents et de moindre perméabilité.

Les ressources en eaux sont exploitées principalement pour un usage agricole (majoritairement les eaux de surface, des cours d'eau ou des retenues collinaires) et pour l'alimentation en eau potable (eaux souterraines), à hauteur de 16.5 à 19.5 Mm^3/an en moyenne sur la période 2003-2017. Les prélèvements s'effectuent pour les deux tiers dans les eaux de surface. Les besoins agricoles interviennent pour environ 80% des volumes prélevés.

Le changement majeur observé depuis le début des chroniques météorologiques utilisées dans cette étude (1958) semble être la hausse globale de l'évapotranspiration (ETP). Cette hausse globale de l'ETP se traduit par une baisse des pluies efficaces. La pluie efficace se partageant entre infiltration et ruissellement, une baisse du niveau piézométrique des nappes et du débit des rivières peut alors être attendue. Les nappes du bassin versant du Midour (principalement l'Helvétien) alimentant dans la très grande majorité les cours d'eau, la baisse du niveau des nappes est également préjudiciable au débit de ces cours d'eau, en particulier à l'étiage.

Sommaire

1. Introduction 13

2. Jaugeages et suivi en continu de sources dans les Pyrénées-Atlantiques 15

2.1. CAMPAGNES DE JAUGEAGES 15
2.1.1. Sources jaugées 15
2.1.2. Dates et méthodes de mesures 15
2.1.3. Débits mesurés 16
2.1.4. Physico-chimie mesurée 18

2.2. SUIVIS EN CONTINU EFFECTUES PAR DES EXPLOITANTS 18

2.3. SUIVI EN CONTINU DE LA SOURCE DE GOURGOUCH A LOUVIE-JOUZON (64) 20

2.4. EQUIPEMENT DE LA SOURCE DE RIOU A BILHERES (64) 22

3. Bassin versant du Midour : principales études disponibles 23

4. Contextes géographique et géologique du bassin versant du Midour 25

4.1. LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE 25

4.2. TOPOGRAPHIE DE LA ZONE D'ETUDE ET TRAITEMENTS ASSOCIES 25
4.2.1. Topographie 25
4.2.2. Pentes 26
4.2.3. Indice de Développement et de Persistance des Réseaux 26

4.3. ACTIVITES ANTHROPIQUES 28
4.3.1. Occupation du territoire et du sol 28
4.3.2. BASIAS et BASOL 29

4.4. FORMATIONS GEOLOGIQUES RENCONTREES DANS LA ZONE D'ETUDE 30
4.4.1. Carte géologique 30
4.4.2. Généralités 33
4.4.3. Schémas lithologiques 33

5. Climatologie, hydrographie et hydrométrie du bassin versant du Midour 35

5.1. CLIMATOLOGIE 35
5.1.1. Aperçu général 35
5.1.2. Précipitations 36
5.1.3. Evapotranspiration 41
5.1.4. Pluies efficaces 45

5.2. HYDROGRAPHIE ET HYDROMETRIE 51

6. Hydrogéologie du bassin versant du Midour 57

6.1. LES FORMATIONS AQUIFERES : RESSOURCES AVEREES OU POTENTIELLES ET LIMITES D'EXTENSION 57

6.1.1. Aquifères identifiés dans le bassin versant du Midour 57
6.1.2. Configurations rencontrées dans le bassin versant du Midour....57
6.2. CALCAIRES DE L'AQUITANIEN....59
6.2.1. Description....59
6.2.2. Piézométrie - relations nappe-rivière....59
6.2.3. Évolution de la piézométrie 59
6.2.4. Paramètres hydrodynamiques....60
6.3. CALCAIRES DE L'HELVETIEN....62
6.3.1. Description....62
6.3.2. Piézométrie - relations nappe-rivière....63
6.3.3. Evolution de la piézométrie 64
6.3.4. Paramètres hydrodynamiques....67
6.4. SABLES FAUVES 69
6.4.1. Description....69
6.4.2. Piézométrie - relations nappe-rivière....70
6.4.3. Evolution de la piézométrie 70
6.4.4. Paramètres hydrodynamiques....72
6.5. ALLUVIONS QUATERNAIRES 72
6.5.1. Carte géologique de Plaisance....72
6.5.2. Carte géologique de Nogaro 72
6.6. DOMAINE CONTINENTAL - MOLASSES TERTIAIRES 73
6.6.1. Description....73
6.6.2. Piézométrie - relations nappe-rivière....73
6.6.3. Paramètres hydrodynamiques....73
6.7. GÉORÉFÉRENCEMENT ET RECONNAISSANCE DE SOURCES 73
6.7.1. Identification et géo-référencement des sources....73
6.7.2. Reconnaissances de terrain 76
7. Usages de l'eau dans le bassin versant du Midour 85
7.1. PRELEVEMENTS EN EAUX DE SURFACE, HORS RETENUES COLLINAIRES....86
7.2. PRELEVEMENTS EN EAUX SOUTERRAINES 87
7.2.1. Nappe phréatique....87
7.2.2. Nappe « captive »....89
7.3. PRELEVEMENTS EN RETENUES COLLINAIRES 90
7.3.1. Cartographie des retenues....90
7.3.2. Estimation des volumes prélevés....91
8. Bilan hydrodynamique à l'échelle du bassin versant du Midour 93
8.1. METHODE DU BFI - BASE FLOW INDEX : DECOMPOSITION D'HYDROGRAMME...93
8.2. MODELISATION GARDENIA....95

8.2.1. Modélisation globale à partir des débits de la station Q2192510 95
8.2.2. Modélisation globale à partir des débits de la station Q2062510 97
8.3. APPROCHE INTER-REGIONALE DE L'ESTIMATION DE LA RECHARGE 98
8.3.1. Approche méthodologique 98
8.3.2. Résultats à l'échelle du bassin versant du Midour 99

9. Qualité des eaux souterraines dans le bassin versant du Midour 105
9.1. DEPARTEMENT DU GERS 105
9.2. DEPARTEMENT DES LANDES 108

10. Bassin versant du Midour : impact du changement climatique sur la ressource en eau 111
10.1. SYNTHESE SUR LES EVOLUTIONS OBSERVEES 111
10.2. COMPREHENSION DES RELATIONS DE CAUSE-A-EFFET : ARBRE DE CONSEQUENCES, IMPACTS POTENTIELS ET MESURES D'ADAPTATION 112

11. Conclusions 117

12. Bibliographie 119

Liste des illustrations

Illustration 1 - Sources suivies dans le cadre des campagnes de jaugeages ou par des exploitants 15
Illustration 2 - Technique de jaugeage mise en œuvre pour chacune des sources 16
Illustration 3 - Débits mesurés aux différentes sources lors des campagnes de jaugeages (2016-2018) 17
Illustration 4 - Volumes journaliers écoulés à la source de Miédougé à Aste-Béon (source : Suez) 19
Illustration 5 - Volumes journaliers écoulés à la source de La Mouscle à Montaut (source : SEAPAN) 19
Illustration 6 - Hauteur d'eau enregistrée dans le canal de collecte des eaux de la source de Gourgouch (les flèches indiquent la date de survenue des évènements) 20
Illustration 7 - Fermeture imparfaite du panneau du canal secondaire drainant la source de Gourgouch 21
Illustration 8 - Points hauteur-débit destinés à établir la courbe de tarage associée au suivi de la source de Gourgouch 21
Illustration 9 - Secteurs d'étude des travaux considérés dans la synthèse hydrogéologique du bassin versant du Midour 24
Illustration 10 - Topographie du bassin versant du Midour (MNT au pas de 5 m) 25
Illustration 11 - Pentes rencontrées sur le bassin versant (calculées à partir du MNT au pas de 5 m) 26
Illustration 12 - IDPR 2017 au sein du bassin versant du Midour 27
Illustration 13 - IDPR 2017 au sein du bassin versant : valeurs moyennes par zones hydrographiques 27
Illustration 14 - Occupation des sols (base de données Corine Land Cover, 2012) dans le bassin versant du Midour 28
Illustration 15 - Types d'occupation des sols dans le bassin versant du Midour ordonnés par les surfaces concernées 29

Illustration 16 - Sites BASOL et BASIAS dans le bassin versant du Midour....30
Illustration 17 - Carte géologique harmonisée au 1 / 50 000 de la partie landaise du bassin versant du Midour....31
Illustration 18 - Carte géologique harmonisée au 1 / 50 000 de la partie gersoise du bassin versant du Midour....32
Illustration 19 - Cartographie AURELHY des précipitations moyennes annuelles (1981 - 2010) dans le bassin versant du Midour....35
Illustration 20 - Mailles SAFRAN considérées dans l'étude....36
Illustration 21 - Moyenne (à gauche) et écart-type (à droite) des précipitations cumulées annuelles au niveau des mailles SAFRAN considérées (1958-2018). Les axes verticaux et horizontaux indiquent les coordonnées des différentes mailles SAFRAN (Lambert II étendu en hm). 37
Illustration 22 - Histogrammes des précipitations annuelles pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives : sur ce cas, aucune pente ni tendance n'est donc détectée.)....39
Illustration 23 - Histogrammes du nombre de jours dépassant le seuil de précipitation journalière de 20 mm/jour pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives)....40
Illustration 24 - Histogrammes de la contribution des 10 jours les plus pluvieux par an pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et les ruptures sont indiquées si elles sont significatives)....40
Illustration 25 - Evolution du SPI-6 mois calculé à partir de la moyenne des données de précipitations SAFRAN au sein du bassin versant....41
Illustration 26 - Moyenne (à gauche) et écart-type (à droite) de l'ETP cumulée annuelle (mm/an) au niveau des mailles SAFRAN considérées (1958-2018)....41
Illustration 27 - Histogrammes de l'ETP annuelle pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives)....43
Illustration 28 - Histogrammes des températures moyennes annuelles pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives)43
Illustration 29 - Moyenne (à gauche) et écart-type (à droite) de la pluie efficace moyenne annuelle au niveau des mailles SAFRAN considérées (1958-2018)....45
Illustration 30 - Histogrammes de la pluie efficace annuelle pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives)....47
Illustration 31 - Histogrammes de la pluie efficace annuelle (moyennée sur les 5 années précédentes) pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives)....47
Illustration 32 - Histogrammes du nombre de jours avec pluie efficace par an (moyenné sur les 5 années précédentes) pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives)....48
Illustration 33 - Histogrammes du nombre de jours par an dépassant le seuil de 10 mm/jour de pluie efficace (moyenné sur les 5 années précédentes) pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives)....48
Illustration 34- Histogrammes de la contribution en mm (moyennée sur les 5 années précédentes) de la pluie efficace des 5 jours les plus contributifs chaque année pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives)49
Illustration 35 - Stations de mesures hydrométriques présentes sur le bassin versant du Midour....51
Illustration 36 - Stations hydrométriques pour lesquelles des données de débits sont disponibles (source des données : Banque Hydro)....52

Illustration 37 - Chroniques des débits moyens annuels (gauche), avec une moyenne mobile au cours des 5 années précédentes (droite). Les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives....54

Illustration 38 - Chroniques des QMNA (gauche), avec une moyenne mobile au cours des 5 années précédentes (droite). Les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives...55

Illustration 39 - Comparaison entre les évolutions du débit moyen annuel (converti en lame d'eau, en mm/an) et la pluie efficace annuelle sur le bassin versant ou sous bassin versant drainé par la station hydrométrique. 56

Illustration 40 - Séquences litho-stratigraphiques observées à partir des informations des forages de la Banque du Sous-Sol....58

Illustration 41 - Chronique piézométrique du point d'eau 09258X0023/F (Source ADES) 60

Illustration 42 - Comparaison entre la chronique piézométrique mesurée à l'ouvrage 09258X0023/F, et celle de pluie efficace annuelle sur la maille SAFRAN concernée (la pluie efficace lissée par moyenne mobile sur 5 années est affichée ici) 60

Illustration 43 - Histogrammes des valeurs de transmissivités collectées pour l'aquifère des calcaires de l'Aquitanien 61

Illustration 44 - Cartographie des valeurs de transmissivité collectées pour l'aquifère des calcaires de l'Aquitanien. 61

Illustration 45 - Cartographie des valeurs de coefficient d'emmagasinement collectées pour les calcaires de l'Aquitanien 62

Illustration 46 - Piézométrie de la nappe des calcaires de l'Helvétien au niveau du bassin versant du Ludon (d'après UMPC, 2017)....64

Illustration 47 - Liste des points de suivi des niveaux piézométriques de la nappe de l'Helvétien au sein du bassin versant du Midour (source ADES) 65

Illustration 48 - Evolution des niveaux piézométriques de l'Helvétien au sein du bassin versant du Midour (source ADES)....66

Illustration 49 - Comparaison entre les chroniques piézométriques de deux ouvrages du bassin versant (source ADES)....66

Illustration 50 - Comparaison entre les chroniques piézométriques mesurées aux ouvrages 09514X0033/F2, 09526X0076/F et 09521X0013/F1 et celle de pluie efficace annuelle sur la maille SAFRAN concernée ((la pluie efficace lissée par moyenne mobile sur 5 années est affichée ici)....67

Illustration 51 - Histogramme des valeurs de transmissivités collectées pour les calcaires de l'Helvétien (en orange, les valeurs spécifiques au bassin versant du Midour) 68

Illustration 52 - Cartographie des valeurs de transmissivités collectées pour les calcaires de l'Helvétien.68

Illustration 53 - Carte de synthèse de l'étude Bernard (1980) sur l'aquifère des sables fauves (avec des indications sur les débits potentiellement atteignables) 70

Illustration 54 - Liste des points de suivi des niveaux piézométriques de la nappe des sables fauves au sein du bassin versant du Midour (source ADES)....71

Illustration 55 - Chronique piézométrique du point d'eau 09523X0032/F (Source ADES) 71

Illustration 56 - Comparaison entre la chronique piézométrique établie à l'ouvrage 09523X0032/F, et celle de pluie efficace annuelle sur la maille SAFRAN concernée (la pluie efficace lissée par moyenne mobile sur 5 années est affichée ici) 71

Illustration 57 - Localisation des sources inventoriées sur le bassin versant du Midour 74

Illustration 58 - Résultats de l'analyse de l'origine des sources, basée sur la carte géologique harmonisée au 1/50 000 du Gers (la description des formations géologiques concernées provient de cette carte)....75

Illustration 59 - Reconnaissance de sources dans le village de Ricau, commune de Beaumarchés (32), (fond de carte IGN au 1/25 000ème) 77

Illustration 60 - Reconnaissance de sources dans le village de Ricau, commune de Beaumarchés (32), (fond de carte géologique au 1/50 000ème) 77

Illustration 61 - Reconnaissance de sources au sud du village de Fromentas, commune d'Aignan (32), (fond de carte IGN au 1/25 000ème) 78

Illustration 62 - Reconnaissance de sources au sud du village de Fromentas, commune d'Aignan (32), (fond de carte géologique au 1/50 000ème) 78

Illustration 63 - Reconnaissance de sources aux lieux-dits Maniou et Bouheben, commune d'Aignan (32), (fond de carte IGN au 1/25 000ème) 79

Illustration 64 - Reconnaissance de sources aux lieux-dits Maniou et Bouheben, commune d'Aignan (32), (fond de carte géologique au 1/50 000ème) 79

Illustration 65 - Aménagement de la source de Labadie, vers le village de Fromentas 81

Illustration 66 - Emergences en pied de talus sur la flanc sud de la colline vers le village de Fromentas (plan large en haut, zoom en bas) 82

Illustration 67 - Emergences au fond de zones affaissées et arborées au sud du lieu-dit Maniou (les émergences en tant que telles ne sont pas visibles sur les photos) 83

Illustration 68 - Points de prélèvement du bassin versant du Midour - hypothèse de base (données AEAG) 85

Illustration 69 - Points de prélèvement du bassin versant du Midour - hypothèse haute (données AEAG) 86

Illustration 70 - Volumes prélevés dans les eaux de surface du bassin versant du Midour (en orange : estimation haute, en bleu : estimation de base. Données AEAG) 87

Illustration 71 - Volumes prélevés dans les nappes phréatiques du bassin versant du Midour (en orange : estimation haute, en bleu : estimation de base. Données AEAG) 88

Illustration 72 - Volumes prélevés dans les nappes captives du bassin versant du Midour (en orange : estimation haute, en bleu : estimation de base. Données AEAG) 89

Illustration 73 - Retenues / Réservoirs de stockage au sein du bassin versant du Midour 90

Illustration 74 - Volumes prélevés dans les retenues collinaires du bassin versant du Midour (en orange : estimation haute, en bleu : estimation de base. Données AEAG) 91

Illustration 75 - Ecoulement de base calculé à la station Q2192510-2192520 (moyenne glissante au cours des 10 années précédentes), et le BFI calculé sur 10 ans glissants (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives) 94

Illustration 76 - Ecoulement de base calculé à la station Q2062510 (moyenne glissante au cours des 10 années précédentes), et le BFI calculé sur 10 ans glissants (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives) 94

Illustration 77 - (Haut) Estimation de la recharge dans le bassin versant du Midour déduite du calcul de l'écoulement de base à la station Q2192510-2192520. En bleu l'estimation est faite à partir de la limite basse des prélèvements et en rouge à partir de la limite haute (Bas) Estimation de la recharge avec moyenne sur les 5 années précédentes 95

Illustration 78 - Débits moyens annuels observés et simulés (Gardenia) à la station Q2192510 96

Illustration 79 - Comparaison de la recharge estimée à l'aide de l'écoulement de base et de la recharge estimée par le modèle global (station Q2192510) 96

Illustration 80 - Débits moyens annuels observés et simulés (Gardenia) à la station Q2062510 97

Illustration 81 - Estimation des pluies efficaces moyennes inter-annuelles (1981-2010) selon la méthode de Dingman dans le bassin versant du Midour (d'après Le Cointe et al., 2019) 100

Illustration 82 - Estimation des pluies efficaces moyennes inter-annuelles (1981-2010) selon la méthode de Thornthwaite dans le bassin versant du Midour (d'après Le Cointe et al., 2019) 101

Illustration 83 - Estimation des pluies efficaces moyennes inter-annuelles (1981-2010) par la mise en œuvre d'un modèle global (GARDENIA) dans le bassin versant du Midour (d'après Le Cointe et al., 2019).....101

Illustration 84 - Estimation du Ratio Infiltration Ruissellement dans le bassin versant du Midour par Unité de Gestion (d'après Le Cointe et al., 2019).....102

Illustration 85 - Estimation du Ratio Infiltration Ruissellement (RIPE) dans le bassin versant du Midour d'après l'IDPR version 2017 (d'après Le Cointe et al., 2019) 102

Illustration 86 - Estimation du de la recharge pluviale dans le bassin versant du Midour (d'après Le Cointe et al., 2019).....103

Illustration 87 - Concentration maximale en nitrates (période 2000-2010) et occupation du sol (Beranger et al. 2012).....106

Illustration 88 - Produits phytosanitaires rencontrés dans les eaux souterraines (période 2000-2012) (Beranger et al. 2012).....107

Illustration 89 - Fiche qualité relative à l'unité aquifère des grès, calcaires et sables de l'Helvétien (ou Serravalien-Langhien, Beranger et al. 2012).....107

Illustration 90 - Point prélevés lors de la campagne de mars 2017 réalisée par l'UPMC (UMPC, 2017).108

Illustration 91 - Interpolation des teneurs en nitrates quantifiées lors de la campagne de mars 2017 (UMPC, 2017).....109

Illustration 92 - Pesticides quantifiés (en µg/l) à une teneur supérieure à la valeur seuil lors de la campagne de mars 2017 (UMPC, 2017).....110

Illustration 93 - Arbre de conséquences.....116

Liste des annexes

Annexe 1 Physico-chimie mesurée lors des campagnes de jaugeages.....123

Annexe 2 Compte rendu relatif au suivi automatisé du débit de la source de Gourgouch à Louvie-Juzon (64) 127

Annexe 3 Compte rendu de mise en place de l'équipement de suivi de la source de Riou (Bilhères, 64).....133

Annexe 4 Légende de la carte géologique de la partie gersoise du bassin versant du Midour.....143

Annexe 5 Carte piézométrique des calcaires de l'Aquitanien (Moreau, 1989) 147

Annexe 6 Carte piézométrique des calcaires de l'Helvétien (Moreau, 1989) 151

Annexe 7 Evolution des teneurs en éléments majeurs et en pesticides dans le bassin versant du Ludon (UPMC, 2017).....155

1. Introduction

La première année du module relatif au changement climatique de la convention régionale eaux souterraines de Nouvelle-Aquitaine avait comporté trois volets dans le domaine de l'hydrogéologie :

- 1/ apporter des éléments de connaissance sur le comportement hydrogéologique des bassins versants des Gaves de Pau et d'Oloron (64) ;
- 2/ préciser, sur la base des données climatiques, hydrologiques et hydrogéologiques disponibles, les évolutions temporelles constatées dans le cycle de l'eau à l'échelle de ces bassins versants ;
- 3/ préparer l'avenir en initiant un monitoring continu du débit d'une source de montagne dans les Pyrénées-Atlantiques.

Ces trois volets, complétés par un volet socio-économique, ont montré l'existence d'une baisse importante des débits écoulés dans les cours d'eau des bassins versants pyrénéens au cours des quarante dernières années, mais aussi l'existence d'une ressource en eau relativement abondante sur ces mêmes territoires. Face à ce constat, il est apparu opportun de s'intéresser à un territoire présentant des tensions quantitatives avérées pour travailler sur la question de l'adaptation au changement climatique. C'est le bassin versant du Midour, situé dans le SAGE Midouze et faisant l'objet d'un projet de territoire, qui a été retenu. Le rôle du changement climatique dans la baisse des niveaux piézométriques de la nappe du Serravallien a été mis en évidence sur ce territoire lors d'une étude pilotée par le Département des Landes.

C'est ainsi que la deuxième année du module relatif au changement climatique de la convention régionale eaux souterraines de Nouvelle-Aquitaine porte sur deux territoires distincts : les bassins versants des Gaves de Pau et d'Oloron dans les Pyrénées-Atlantiques et le bassin versant du Midour dans les Landes. De façon plus détaillée, l'étude a eu pour objectifs de :

- suivre et participer aux travaux de l'étude Adour 2050, afin de s'assurer de la bonne cohérence des investigations conduites à l'aide de fonds publics sur des territoires et des thématiques connexes ;
- conduire un monitoring continu ou temporaire du débit et des paramètres physico-chimiques de sources de montagne dans l'optique d'améliorer la compréhension de l'hydrodynamique des eaux souterraines dans le département des Pyrénées-Atlantiques (cf. chapitre 2) ;
- réaliser une synthèse hydrogéologique du bassin versant du Midour (chapitres 3 à 9) ;
- lister les conséquences potentielles du changement climatique et identifier des mesures d'adaptation susceptibles d'être mises en œuvre (chapitre 10).

2. Jaugeages et suivi en continu de sources dans les Pyrénées-Atlantiques

2.1. CAMPAGNES DE JAUGEAGES

2.1.1. Sources jaugées

14 sources sont suivies dans le cadre de cette étude (illustration 1). Elles se répartissent sur 11 sites de mesures (dont un double site à Arette pour les sources d'Abat D'Ire 1 et 2 d'une part et celle du Pas d'Este d'autre part). Les deux dernières sources de l'illustration 1 (apparaissant en vert) n'ont pas fait l'objet de mesures sur le terrain : les données acquises par les exploitants ont cependant été collectées (cf. chapitre 2.2).

Indice BSS	Commune	Lieu-dit	Bassin versant	Altitude BSS (mNGF)	Intégrée aux campagnes
10518X0016	BIELLE	CAPTAGE D'AYGUELADE	Gave d'Oloron	440	oui
10525X0005	LOUVIE-JUZON	SOURCE DE GOURGOUCH	Gave de Pau	470	oui
10696X0027	BORCE	LOUS CLOUTETS	Gave d'Oloron	1160	oui
10516X0007	SARRANCE	MOURTES	Gave d'Oloron	660	oui
10518X0012	BILHERES	RIOU,BAS-SERVICE	Gave d'Oloron	730	oui
10692X0010	ACCOUS	SOURCE CARE	Gave d'Oloron	630	oui
10698X0017	LARUNS	LES TROIS SAPINS	Gave d'Oloron	1130	oui
10696X0009	ACCOUS	BISCOS	Gave d'Oloron	1050	oui
10684X0022	ARETTE	AUMARRE	Gave d'Oloron	1050	oui
10682X0004	LARRAU	JEUXALBERRI	Gave d'Oloron	953	oui
	LARRAU	JEUXALGUIBERRIA	Gave d'Oloron	953	oui
10515X0004	ARETTE	SOURCE DE L'ABAT D'IRE 1	Gave d'Oloron	900	oui
	ARETTE	SOURCE DE L'ABAT D'IRE 2	Gave d'Oloron	900	oui
	ARETTE	SOURCE DU PAS D'ESTE	Gave d'Oloron	900	oui
10518X0021	*ASTE-BEON*	*SOURCE DE MIEDOUGE*	*Gave d'Oloron*	*450*	*Non - Suivi exploitant*
10523X0206	*MONTAUT*	*LA MOUSCLE*	*Gave de Pau*	*345*	*Non - Suivi exploitant*

Illustration 1 - Sources suivies dans le cadre des campagnes de jaugeages ou par des exploitants

2.1.2. Dates et méthodes de mesures

Six campagnes de jaugeages ont été conduites entre novembre 2017 et octobre 2018 sur les sources figurant dans l'illustration 2. Lors de chaque campagne, les paramètres mesurés sur le terrain ont été le débit de la source et sa physico-chimie, à savoir : température, pH, conductivité électrique, RedOx, oxygène dissous. Les paramètres physico-chimiques ont été mesurés à l'aide de multimètres équipés de sondes de mesures calibrées quotidiennement lors de chaque campagne.

La technique mise en œuvre pour la mesure du débit à chacune des sources est précisée dans l'illustration 2 ; elle demeure inchangée par rapport à la première année de mesures. Des précisions complémentaires figurent dans le rapport d'année 1 (rapport BRGM/RP-66803-FR).

Indice BSS	Commune	Lieu-dit	Points de mesure	Technique - point 1	Technique - point 2	Technique - point 3	Technique - point 4	Technique - point 5
10518X0016	Bielle	Ayguelade	Dans le lit du cours d'eau à l'aval immédiat de la source	Courantomètre				
10525X0005	Louvie-Juzon	Gourgouch	Dans le canal de collecte des eaux de la source	Courantomètre				
10696X0027	Borce	Lous-Cloutets	Une arrivée d'eau dans la chambre de captage	Volumétrique - bassine de 80L				
10516X0007	Sarrance	Mourtes	Deux arrivées d'eau dans un regard	Volumétrique - seau de 12L	Volumétrique - seau de 12L			
10518X0012	Bilhères	Riou, bas-service	Dans le lit du cours d'eau à l'aval immédiat de la source (1) et débit prélevé pour l'eau potable (2)	Courantomètre	Compteur volumétrique pendant la durée du jaugeage			
10692X0010	Accous	Care	Déversoir en V en sortie de la chambre de captage (1), écoulement immédiatement accolé à la chambre de captage (2) et débit prélevé pour l'eau potable (3)	Volumétrique - bassine de 80L	Volumétrique - seau de 12L	Compteur volumétrique pendant la durée du jaugeage		
10698X0017	Laruns	Trois-Sapins	Une arrivée d'eau dans la chambre de captage	Volumétrique - seau de 12L				
10696X0009	Accous	Biscos	Emergence du trop-plein issu de la chambre de captage (1), émergence du trop-plein issu du réservoir aval (2), débit prélevé pour l'eau potable (3), variation du niveau d'eau dans le réservoir (4)	Volumétrique - bassine de 80L	Volumétrique - seau de 12L	Compteur volumétrique pendant la durée du jaugeage	Contrôle de la hauteur d'eau et intégration éventuelle sur la surface ($Pi*r^2$)	
10684X0022	Arette	Aumarre	5 arrivées d'eau dans la chambre de captage	Volumétrique - seau de 12L	Volumétrique - seau de 12L	Volumétrique - seau de 12L	Volumétrique - seau de 12L	Volumétrique - seau de 12L
10682X0004	Larrau	Jeuxalberri	Une arrivée d'eau dans la chambre de captage	Volumétrique - seau de 12L				
	Larrau	Jeuxalguiberria	Une arrivée d'eau dans la chambre de captage	Volumétrique - seau de 12L				
10515X0004	Arette	Abat d'Ire 1	Deux arrivées d'eau - chambre de captage amont	Volumétrique - seau de 12L	Volumétrique - seau de 12L			
	Arette	Abat d'Ire 2	Une arrivée d'eau - chambre de captage amont	Volumétrique - seau de 12L				
	Arette	Pas d'Este	Deux arrivées d'eau - chambre de captage aval	Volumétrique - seau de 12L	Volumétrique - seau de 12L			

Illustration 2 - Technique de jaugeage mise en œuvre pour chacune des sources

2.1.3. Débits mesurés

Les résultats des campagnes de jaugeages sont restitués à l'illustration 3, qui inclut les mesures réalisées lors de la première année du module. L'amplitude des débits mesurés varie nettement d'un point à l'autre, ainsi potentiellement que la dynamique associée à chacun des points d'émergence des eaux souterraines. Un bilan complet des mesures effectuées sur chacune des sources sera réalisé lors de la troisième année de l'étude.

Indice BSS	Commune	Lieu-dit	23-27 mai 2016	25-29 juillet 2016	14-18 novembre 2016	27 février - 3 mars 2017	27-30 novembre 2017	29 janvier - 01 février 2018	09-12 avril 2018	28-31 mai 2018	31 juillet - 03 août 2018	01-04 octobre 2018
10518X0016	Bielle	Ayguelade	320	88	69	73	79	357	179	360	88	76
10525X0005	Louvie-Juzon	Gourgouch	28	24	22	28	21	37	30	33	16	18
10696X0027	Borce	Lous-Cloutets	32,4	8,4	4,0	15,9	5,2	23,4	29,4	29,0	12,7	5,9
10516X0007	Sarrance	Mourtes	4,2	3,0	2,1	4,5	3,1	8,3	8,9	8,9	4,0	3,0
10518X0012	Bilhères	Riou, bas-service	Débit sous-estimé	Débit sous-estimé	50	69	56	57	63	55	63	42
10692X0010	Accous	Care	22,9	12,1	10,8	18,2	13,0	19,4	12,9	14,9	11,8	4,1
10698X0017	Laruns	Trois-Sapins	3,0	2,3	3,2	3,8	1,5	3,3	6,1	1,9	1,6	0,3
10696X0009	Accous	Biscos	Débit sous-estimé	Débit sous-estimé	Débit sous-estimé	5,8	1,4	4,1	11,0	3,0	2,0	0,8
10684X0022	Arette	Aumarre	8,9	5,4	10,5	8,9	8,8	9,0	10,1	8,6	7,8	4,3
10682X0004	Larrau	Jeuxalberri	non visitée	0,31	0,35	0,39	0,44	0,40	0,41	0,42	0,41	0,40
	Larrau	Jeuxalguiberria	non visitée	0,03	0,41	0,73	0,69	1,76	2,08	2,10	0,58	0,32
10515X0004	Arette	Abat d'Ire 1	non visitée	non visitée	8,4	3,5	7,0	6,3	17,9	9,5	3,9	1,0
	Arette	Abat d'Ire 2	non visitée	non visitée	1,13	0,63	1,03	1,27	1,54	0,86	0,61	0,20
	Arette	Pas d'Este	non visitée	non visitée	1,04	0,97	1,08	1,03	1,13	1,07	0,94	0,73

Illustration 3 - Débits mesurés aux différentes sources lors des campagnes de jaugeages (2016-2018)

2.1.4. Physico-chimie mesurée

Les résultats concernant les paramètres physico-chimiques sont présentés en annexe 1. Des statistiques sommaires (minimum, maximum, écart-type et ratio écart-type / moyenne) sont également présentées dans cette annexe.

On note la variabilité des températures mesurées (de 5,6 à 12,2°C) d'une source à l'autre, ce qui est normal compte tenu de l'étendue des altitudes d'émergence des sources. On observe également une variation sensible d'une campagne à l'autre pour certaines sources, comme celle des Trois-Sapins à Laruns (de 5,6 à 8,9°C) ou d'Abat d'Ire 1 et 2 à Arette (respectivement de 6,7 à 9,7°C et de 7,7 à 12,2°C). A l'inverse, on note la stabilité de la température mesurée aux sources de Gourgouch, Lous-Cloutets, Mourtes, Riou, Care, Aumarre ou encore du Pas d'Este lors des différentes campagnes.

Le pH est en règle générale très stable d'une campagne à une autre, à l'exception de deux mesures faites à Gourgouch et Riou lors de la campagne du mois de juillet 2016, la valeur étant supérieure d'une unité pH environ par rapport aux autres mesures effectuées. Ces valeurs sont à considérer comme « douteuses » au vu de l'ensemble des autres mesures effectuées sur ces deux points.

Si le pH est en règle générale légèrement basique (entre 7 et 8 en dehors des deux valeurs citées précédemment), trois sources présentent des pH acides. Il s'agit des sources de Jeuxalberri (de 6,0 à 6,9) et de Jeuxalguiberria (de 5,9 à 6,4) à Larrau et de celle d'Abat d'Ire 2 (de 5,3 à 6,0) à Arette. Ces sources émergent de formations de socle présentant habituellement des pH acides.

Les conductivités électriques mesurées s'échelonnent de 18 à 452 µS/cm. Les eaux les moins minéralisées sont issues des formations de socle (Jeuxalberri et Jeuxalguiberria à Larrau et Abat d'Ire 2 à Arette), tandis que les plus fortes minéralisations sont rencontrées dans des eaux issues de massifs calcaires non karstifiés ou dont la karstification ne participe pas ou peu à l'écoulement (Gourgouch à Louvie-Jouzon par exemple) ou morainique (Riou à Bilhères). On observe une variation importante de la minéralisation aux sources d'Ayguelade et d'Aumarre, qui apparaissent corrélées aux variations de débit observées sur ces captages, traduisant probablement des apports d'eau d'origine différente en fonction du régime saisonnier sur ces captages. Enfin, la valeur de 73 µS/cm de la campagne de novembre 2016 parait élevée au regard des autres valeurs mesurées sur les sources de Jeuxalberri et surtout de Jeuxalguiberria.

2.2. SUIVIS EN CONTINU EFFECTUES PAR DES EXPLOITANTS

Les chroniques de débit constituées par les exploitants au travers de leur suivi respectif des sources de Miédougé à Aste-Béon (2012-2017) et de La Mouscle à Montaut (cf. illustration 1) sont présentées respectivement aux illustration 4 et illustration 5. La source de La Mouscle est en particulier suivie avec un pas de temps de 15 minutes. On observe ainsi finement sur cette chronique l'existence d'écoulements très rapides - probablement karstiques - qui se surimposent à des écoulements potentiellement plus inertiels permettant de maintenir le débit journalier moyen de la source à 30 m^3/h environ durant la période de suivi présentée (2014-2019).

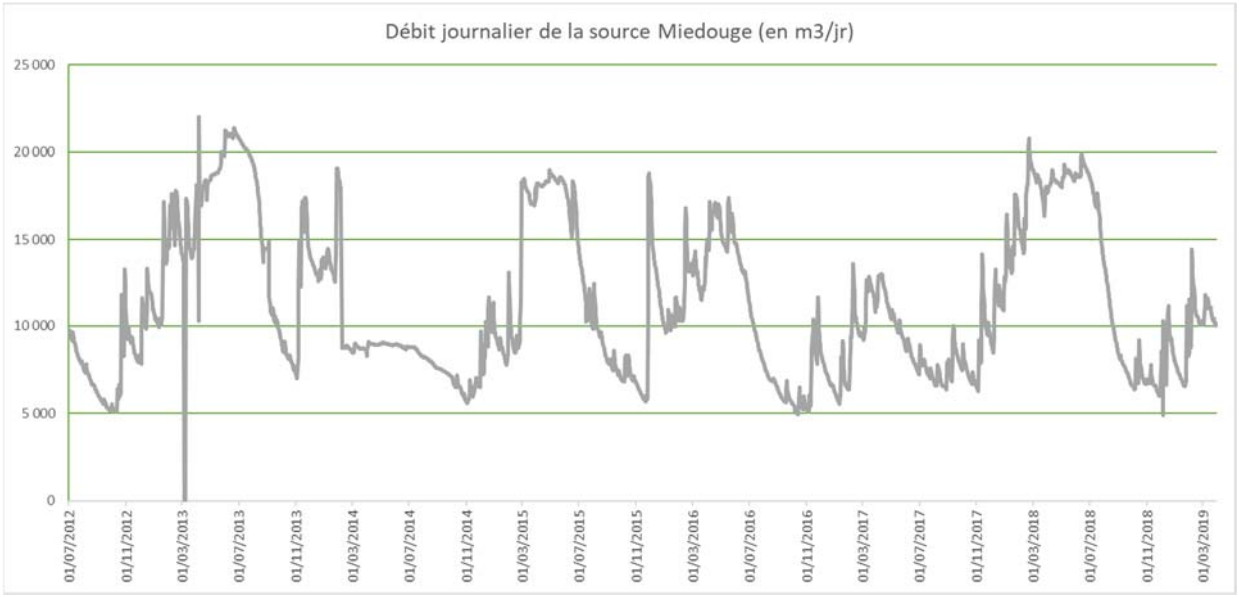


Illustration 4 - Volumes journaliers écoulés à la source de Miédougé à Aste-Béon (source : Suez)

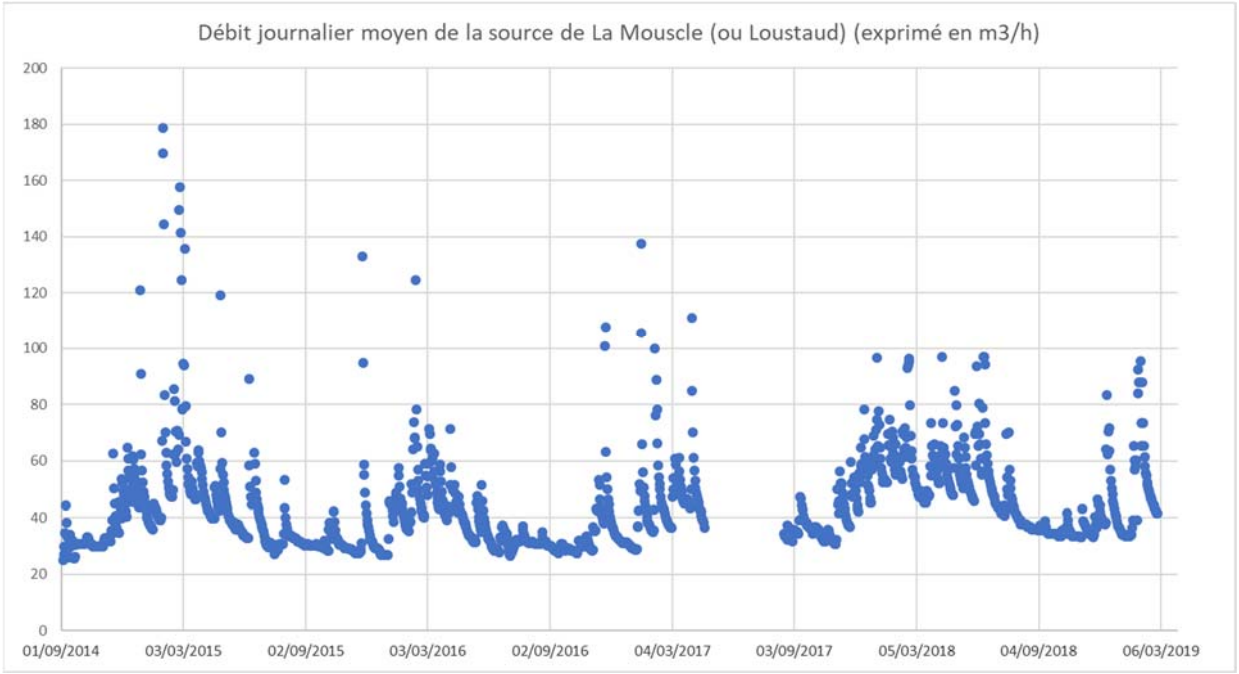


Illustration 5 - Volumes journaliers écoulés à la source de La Mouscle à Montaut (source : SEAPAN[1])

[1] SEAPAN : Syndicat d'Eau et d'Assainissement du Pays de Nay.

2.3. SUIVI EN CONTINU DE LA SOURCE DE GOURGOUCH A LOUVIE-JOUZON (64)

Un système automatisé de suivi de la hauteur d'eau dans le canal de collecte des eaux de la source de Gourgouch à Louvie-Jouzon a été mis en place le 4 avril 2017 (cf. rapport BRGM/RP-66803-FR). L'acquisition des données de hauteur d'eau s'est poursuivie depuis cette date jusqu'à mars 2019 (cf. illustration 6). Ces données sont télétransmises quotidiennement sur un site Internet afin d'en faciliter l'accès.

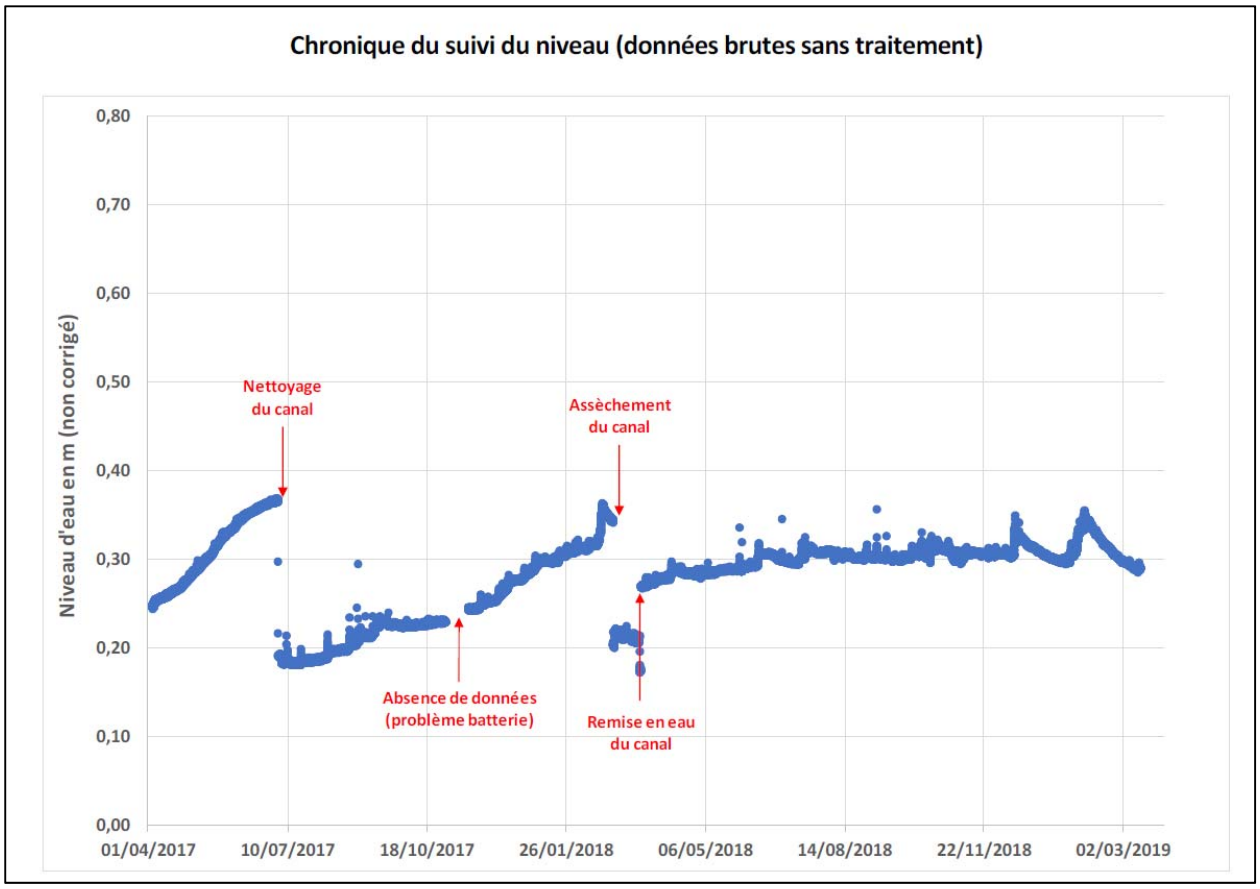


Illustration 6 - Hauteur d'eau enregistrée dans le canal de collecte des eaux de la source de Gourgouch (les flèches indiquent la date de survenue des évènements)

Le compte-rendu du suivi annuel est consultable en annexe 2. Il fait apparaitre deux difficultés principales :

- le développement de la végétation au voisinage et dans le canal, induisant une modification du régime d'écoulement nettement observable sur un graphique présentant les relations hauteur-débit ;
- l'ouverture d'une vanne à l'amont du site de mesure entre le 28 février et le 21 mars 2018. La remise en place imparfaite du panneau fermant le canal secondaire (cf. photo du 18/06/2018 en illustration 7) a généré une perte partielle de débit dans le canal principal. Cette perte est estimée à moins de 0.5 l/s.

Illustration 7 - Fermeture imparfaite du panneau du canal secondaire drainant la source de Gourgouch

Enfin, des jaugeages ont été effectués afin de préciser la relation hauteur-débit et établir la courbe de tarage correspondant au point de mesure (en les complétant des mesures effectuées lors des campagnes de jaugeages, cf. chapitre 2.1.3). Cette relation hauteur-débit sera établie lors de l'année 3 du suivi de la source.

Date	Hauteur d'eau dans canal (cm)	Q (l/s)	Observations
04/04/2017	27,6	28,3	-
26/04/2017	29,2	24,3	-
01/06/2017	33,8	19,1	Points non représentatifs (envahissement du canal par la végétation)
03/07/2017	18,3	16,7	
01/08/2017	16,3	17,4	-
30/08/2017	17,0	18,2	-
28/09/2017	17,2	19,4	-
31/10/2017	16,5	16,7	-
13/11/2017	17,6	17,9	-
18/06/2018	20,2	27,4	Fuites au niveau d'une vanne en amont du dispositif de mesure (Q<0,5 l/s)
19/03/2019	19,5	21,0	

Illustration 8 - Points hauteur-débit destinés à établir la courbe de tarage associée au suivi de la source de Gourgouch

2.4. EQUIPEMENT DE LA SOURCE DE RIOU A BILHERES (64)

Dans le cadre de la première année du module, une étude avait été conduite sur la source de Riou afin d'évaluer la faisabilité de son monitoring. Cette étude avait permis d'identifier les différentes mesures à effectuer, ainsi que de disposer d'une estimation du coût relatif à la mise en place d'une station de mesure.

Suite à la confirmation de l'accord de la mairie de Bilhères début 2019, la mise en place de l'équipement de la source a été finalisée en juin 2019 par ANTEAGROUP, prestataire de ce travail pour le compte du BRGM. Le compte rendu d'installation figure en annexe 3.

3. Bassin versant du Midour : principales études disponibles

Le bassin versant du Midour[2] n'a pas fait l'objet, en tant que tel, d'étude hydrogéologique dédiée. Toutefois, des travaux ont été menés sur des sous-bassins de ce bassin, ou bien sur des zones plus larges l'intégrant partiellement ou totalement. Nous présentons ces études brièvement dans la suite de cette section, par ordre chronologique. Nous nous contentons ici de préciser les objectifs des études ainsi que les systèmes aquifères d'intérêt ; les résultats de ces projets sont utilisés dans la suite de ce rapport lorsque cela semble nécessaire.

L'ensemble des références documentaires prises en compte est listé dans le chapitre relatif à la bibliographie placé à la fin de ce rapport.

Soulé, 1977 : Cette étude était consacrée au département du Gers. Son objectif était la réalisation d'une synthèse hydrogéologique du département, dans l'optique de l'évaluation des ressources en eau.

Bernard et al., 1980 : Cette étude était consacrée au complexe « Sable des Landes – Sables fauves », au niveau des 7 communes du SIVOM de Villeneuve de Marsan. Son objectif était de connaitre les ressources en eau exploitables pour l'irrigation dans cette zone.

Bernard et al., 1983 : Cette étude était consacrée à l'aquifère de l'Helvétien dans le bassin versant du Ludon (sous bassin du bassin versant du Midour). Son objectif était de définir les capacités de la nappe et de simuler son comportement après exploitation par forage (besoins en irrigation).

CARA (Compagnie d'Aménagement Rural d'Aquitaine), 1986 : Cette étude était consacrée à l'aquifère de l'Helvétien, dans les bassins versants du Lusson et de la Gaube (sous bassins versants du bassin versant du Midour). Son objectif était d'évaluer les ressources en eaux souterraines dans cette zone pour satisfaire les besoins en irrigation des communes de la zone. Cette étude fait suite à l'étude de Bernard et al. (1983).

Moreau et al., 1989 : Cette étude était consacrée à l'aquifère du Miocène (niveaux helvétien et aquitanien) autour de Mont-de-Marsan. Son objectif était de mieux connaitre les nappes du Miocène dans ce secteur afin de préserver la ressource, dans un contexte d'une exploitation croissante des eaux souterraines ; c'est la suite d'une étude générale du Miocène en Aquitaine (Chamayou et Mazurier, 1985) qui avait mis en évidence la sensibilité de cette zone.

Ricard et al., 1999 : Cette étude était consacrée aux calcaires de l'Helvétien dans la région du Houga (sur une zone comprenant une quinzaine de communes). Son objectif était d'améliorer la connaissance des ressources en eau des calcaires de l'Helvétien dans cette région, afin notamment d'évaluer le taux de renouvellement des eaux avec une problématique de qualité (nitrates).

Béranger et al., 2012 : Cette étude était consacrée au département du Gers. Son objectif était de mettre à jour la précédente synthèse hydrogéologique du département du Gers (Soulé, 1977) avec les nouvelles connaissances acquises en 35 ans.

[2] Dans la littérature, on peut trouver les écritures Midour ou Midou et les genres masculin et féminin sont utilisés. Ici, nous parlerons du Midour.

Bourdieu, 2013 : Cette étude était consacrée aux calcaires de l'Helvétien, à l'est de Mont-de-Marsan. L'objectif de cette étude était le recueil d'information sur l'aquifère de l'Helvétien dans le but d'une future modélisation hydrogéologique (réalisée dans le cadre de l'étude ANTEA, 2015).

Corbier et al., 2014 : Une partie de cette étude était consacrée au bassin versant de la Midouze (qui intègre le bassin versant du Midour). Son objectif était de venir en appui au SAGE « Midouze ».

ANTEA, 2015 : Cette étude était consacrée à l'aquifère de l'Helvétien, à l'est de Mont-de-Marsan sur un secteur de 20 km sur 10 km. Son objectif était de comprendre, par modélisation numérique, la baisse des niveaux piézométriques constatée sur certains secteurs et de quantifier le potentiel de la nappe.

UPMC (Université Pierre-et-Marie-Curie), 2017 : Cette étude était consacrée à l'aquifère de l'Helvétien, à l'est de Mont-de-Marsan. Son objectif était de faire un état des lieux sur la quantité et la qualité de la nappe de l'Helvétien dans le secteur d'étude.

La carte présentée à l'Illustration 9 résume les secteurs d'étude associés à ces travaux : on remarque un traitement inhomogène du territoire. La partie ouest du bassin versant bénéficie de nombreuses études quand la partie Est du bassin est très peu documentée.

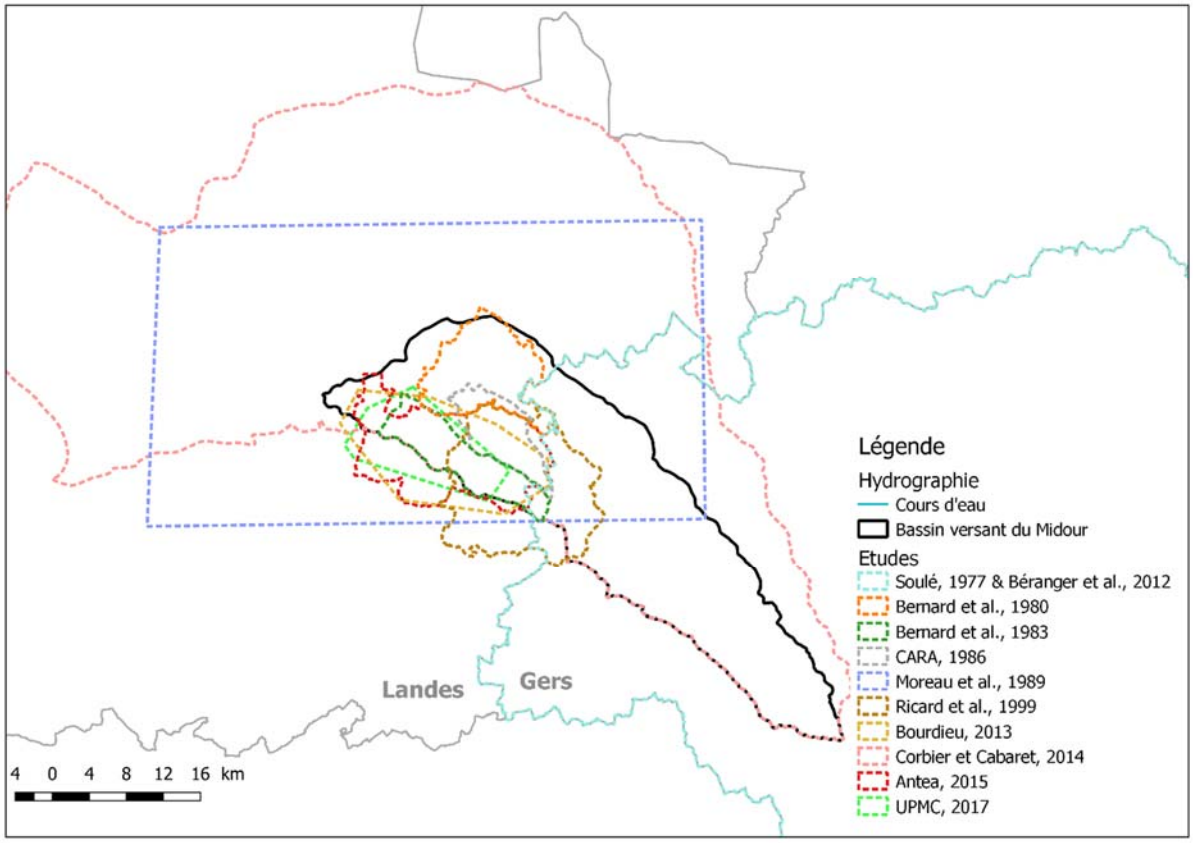


Illustration 9 - Secteurs d'étude des travaux considérés dans la synthèse hydrogéologique du bassin versant du Midour

4. Contextes géographique et géologique du bassin versant du Midour

4.1. LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le bassin versant du Midour est situé en aval du piémont pyrénéen, à cheval entre le département des Landes (pour sa partie occidentale) et du Gers (pour sa partie orientale). Sa superficie est de 785 km². La majeure partie du bassin (à l'exception de sa partie ouest) est située dans la région naturelle de l'Armagnac (principalement dans le bas-Armagnac) caractérisée par des paysages vallonnés, et des vallées relativement étroites. L'amont du bassin versant, aux confins des régions des Landes et de l'Armagnac, présente un relief moins marqué.

4.2. TOPOGRAPHIE DE LA ZONE D'ETUDE ET TRAITEMENTS ASSOCIES

4.2.1. Topographie

La topographie du bassin versant du Midour, présentée sur la base du MNT de l'IGN au pas de 5 m (cf. Illustration 10), fait apparaitre une gamme d'altitudes allant de 280 m NGF jusqu'à 25 m NGF environ de l'amont dans le Gers jusqu'à l'aval à Mont-de-Marsan. La partie landaise du bassin versant ne dépasse pas une altitude de 140 m NGF, présentant dans l'ensemble un relief relativement peu marqué par rapport à celui rencontré dans le Gers.

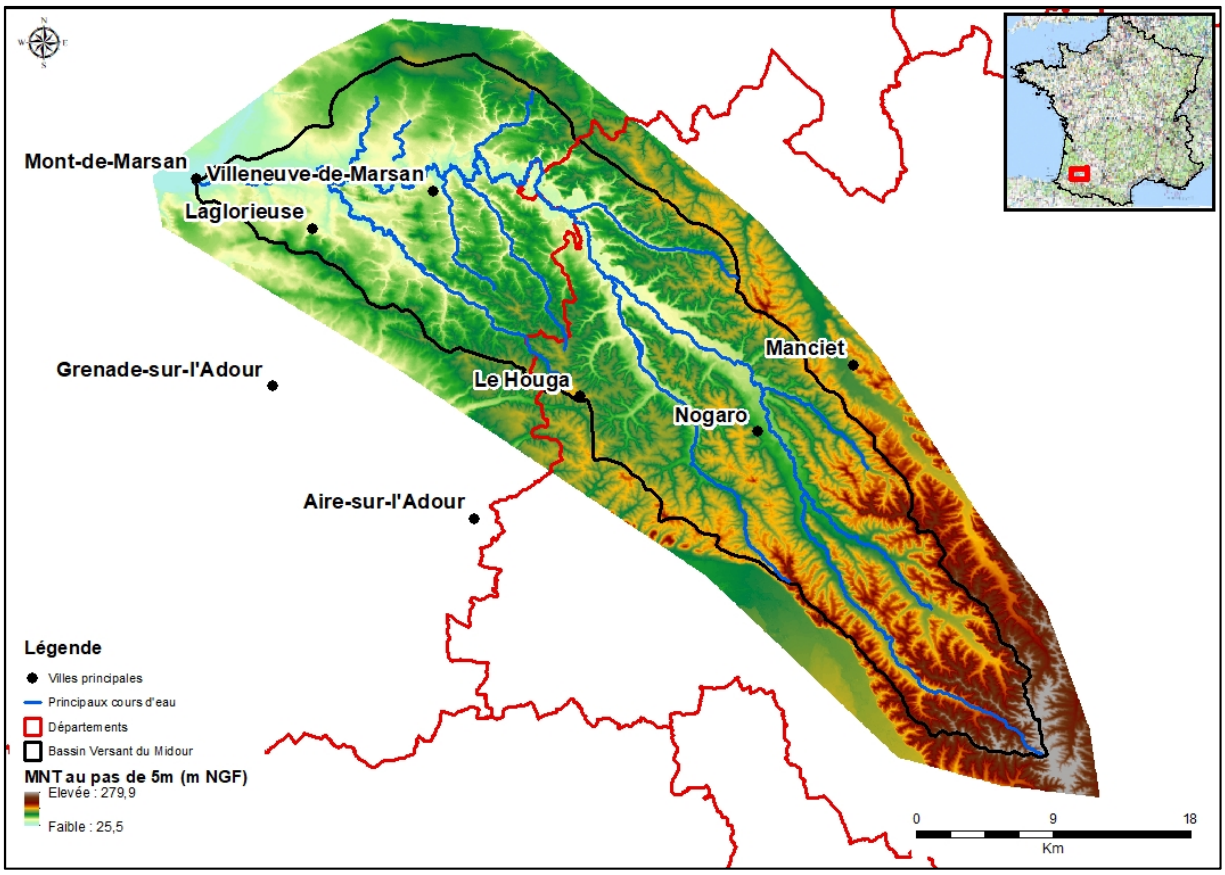


Illustration 10 - Topographie du bassin versant du Midour (MNT au pas de 5 m)

4.2.2. Pentes

Comme indiqué au 4.2.1, la carte des pentes (Illustration 11) montre que le relief est davantage marqué dans la partie gersoise du bassin versant que dans la partie landaise. Dans la partie gersoise, la zone alluviale - aux pentes très peu marquées - se détache nettement de la topographie alentour. Côté landais, on observe un relief plus « mou » dans la partie nord du bassin versant que dans sa partie sud dans laquelle les fonds de vallée peuvent être rencontrés dans des contextes assez marqués.

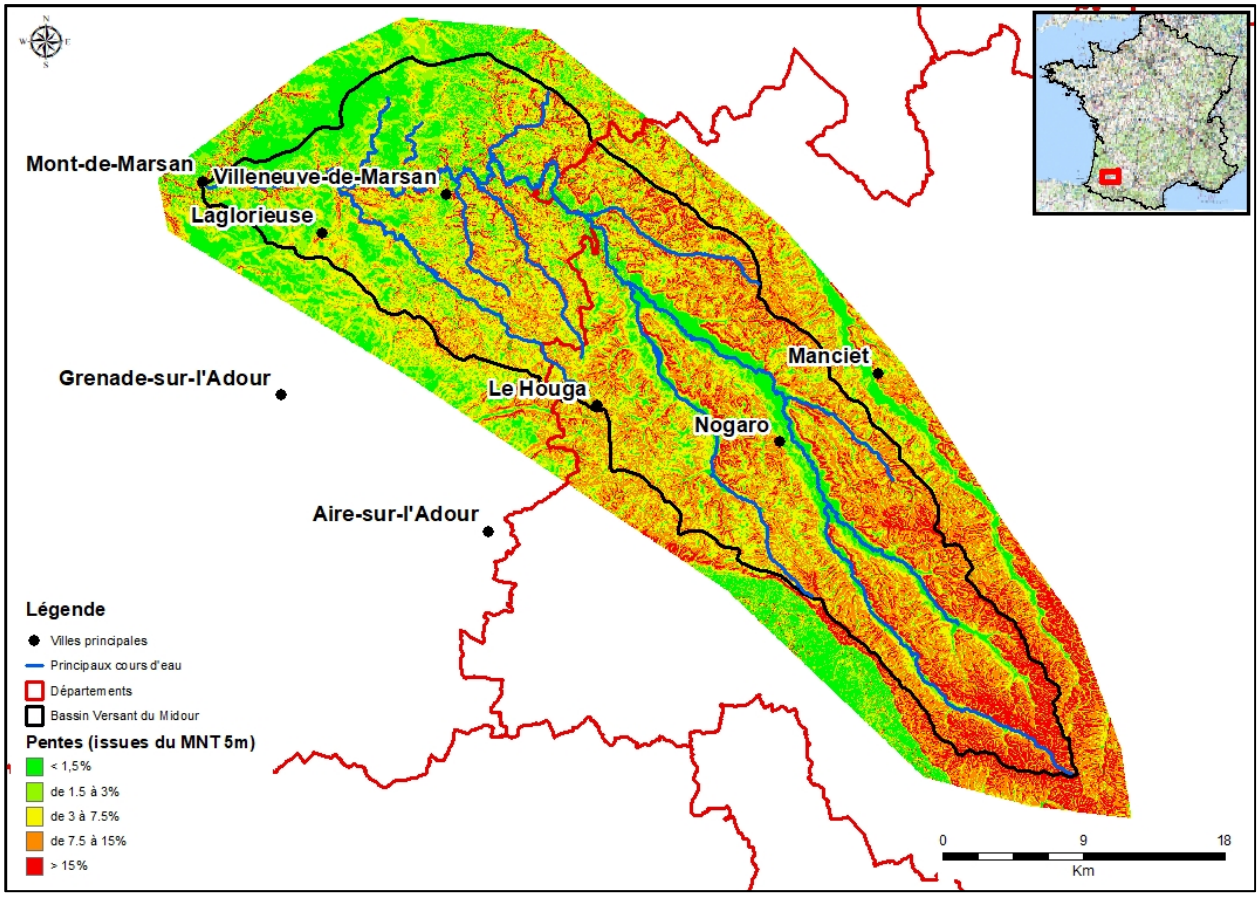


Illustration 11 - Pentes rencontrées sur le bassin versant (calculées à partir du MNT au pas de 5 m)

4.2.3. Indice de Développement et de Persistance des Réseaux

L'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux (IDPR) est un indice développé par le BRGM pour qualifier le caractère plus ou moins infiltrant des formations géologiques affleurantes. Sa distribution spatiale est présentée en Illustration 12 (l'IDPR mis à jour en 2017[3] est utilisé dans cette étude). Une valeur faible (rouge sombre) correspond à une prédominance de l'infiltration, tandis qu'une valeur forte (vert foncé) indique un ruissellement prépondérant.

Cet indice fait apparaître une prédominance relative du ruissellement dans la majeure partie du bassin versant. Les zones à fortes densité de cours d'eau sont spécialement concernées (secteurs sud-est et nord du bassin versant). Le sous-bassin versant du Ludon (ouest du bassin versant) est, à l'inverse, le secteur le plus infiltrant du bassin versant.

[3] http://infoterre.brgm.fr/actualites/mise-jour-couche-idpr-indice-developpement-persistance-reseaux

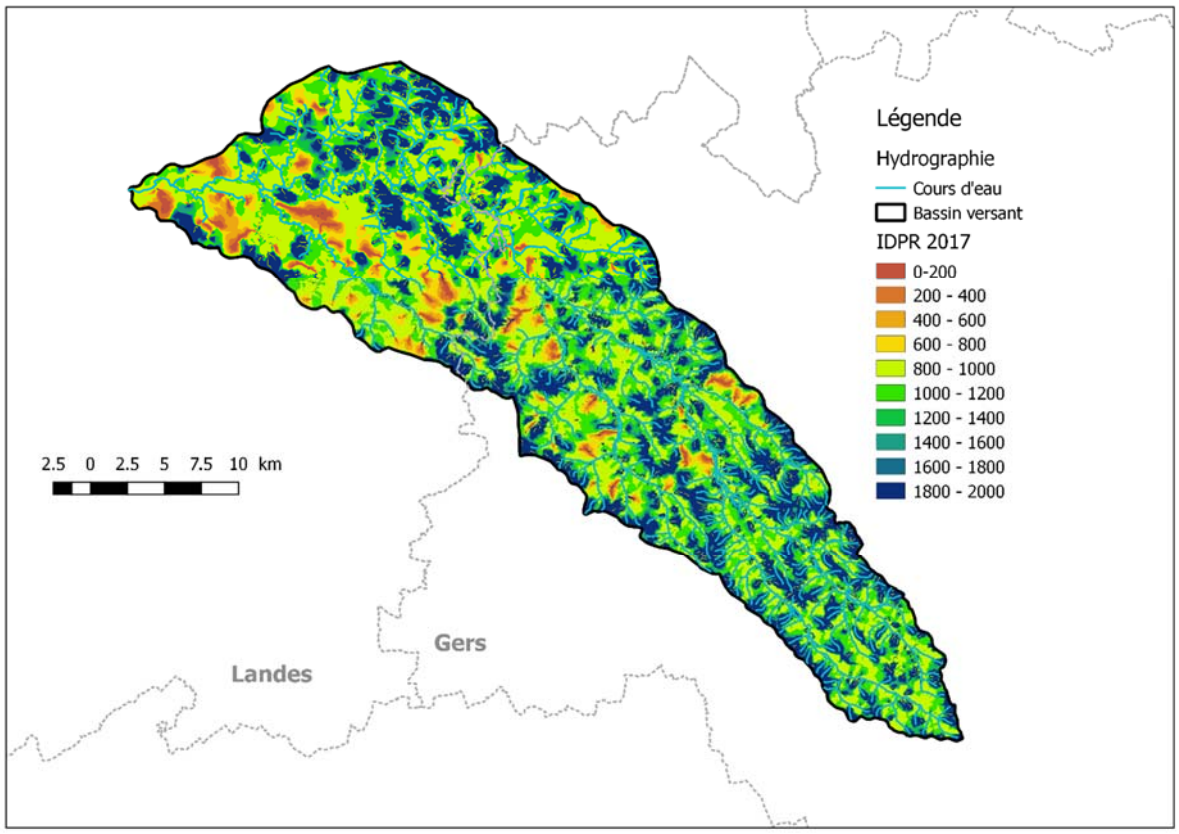


Illustration 12 - IDPR 2017 au sein du bassin versant du Midour

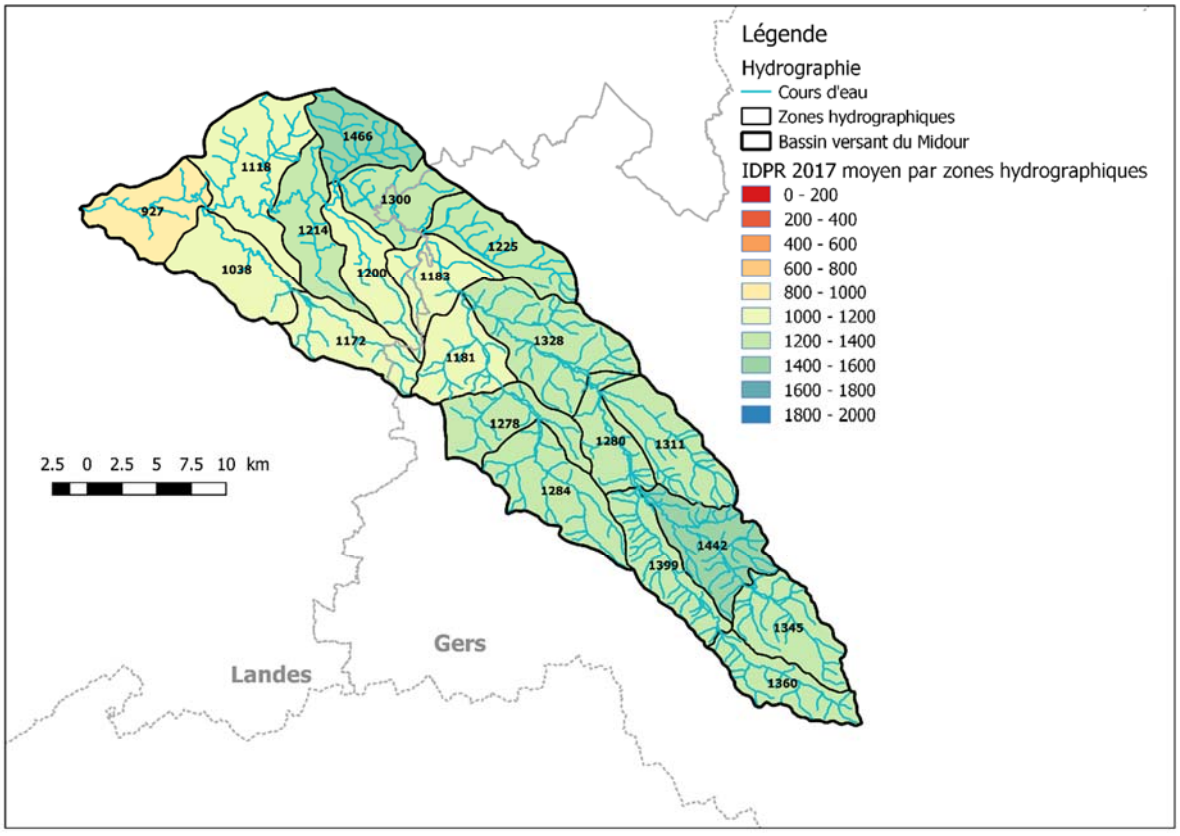


Illustration 13 - IDPR 2017 au sein du bassin versant : valeurs moyennes par zones hydrographiques

On peut également calculer l'IDPR moyen par zone hydrographique de la base de données Carthage. On rappelle que la zone hydrographique est l'élément le plus fin de la partition du territoire en bassins versants hydrographiques. L'Illustration 13 permet de bien visualiser les observations générales faites précédemment (ruissellement prédominant dans la partie nord et sud-ouest du bassin versant, secteur plus infiltrant dans le bassin versant du Ludon).

4.3. ACTIVITES ANTHROPIQUES

4.3.1. Occupation du territoire et du sol

L'occupation du territoire et du sol est analysée à partir de la dernière version de la base de données Corine Land Cover (2012). La spatialisation de l'occupation des sols du bassin versant du Midour est donnée à l'Illustration 14. En termes quantitatifs, les types d'occupation sont ordonnés par surface cumulée concernée au tableau fourni à l'Illustration 15. Le bassin est essentiellement rural et occupé par des terrains de type arables/agricoles et forêts. Le tissu urbain est peu dense et les zones industrielles et commerciales relativement rares. La densité de population y est faible : les 89 communes appartenant totalement ou partiellement au bassin versant totalisent 70 200 habitants, pour une superficie totale de 135 582 ha (logiquement supérieure à la superficie du bassin qui est de 78 531 ha, puisque certaines communes sont seulement très partiellement dans le bassin) ; la densité est donc de 90 habitants/km^2.

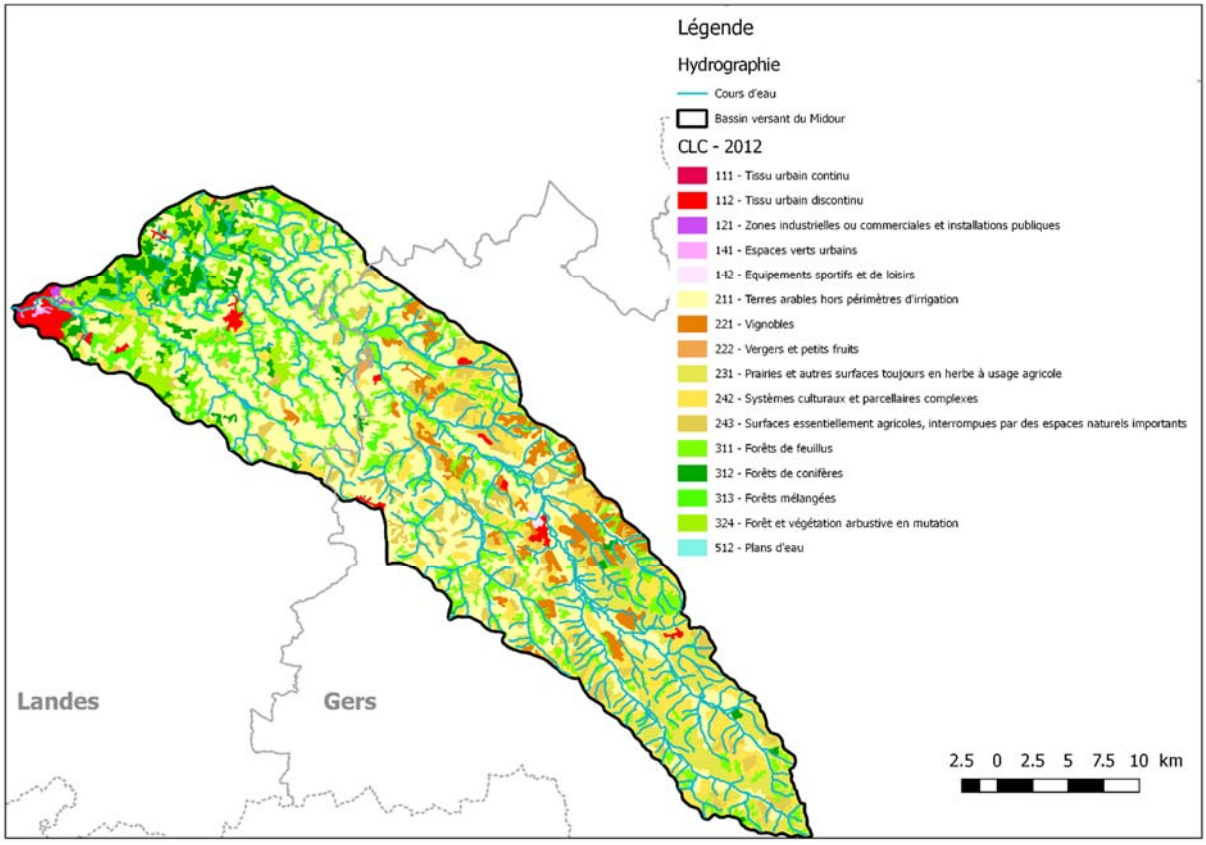


Illustration 14 - Occupation des sols (base de données Corine Land Cover, 2012) dans le bassin versant du Midour

CODE_12	TYPE	SURFACE (HA)	POURCENTAGE DE SURFACE (%)
211	Terres arables hors périmètres d'irrigation	30693	39.08
311	Forêts de feuillus	10465	13.33
242	Systèmes culturaux et parcellaires complexes	9967	12.69
243	Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	5967	7.60
231	Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole	5321	6.78
324	Forêt et végétation arbustive en mutation	4216	5.37
221	Vignobles	3386	4.31
313	Forêts mélangées	3345	4.26
312	Forêts de conifères	3176	4.04
112	Tissu urbain discontinu	1363	1.74
512	Plans d'eau	203	0.26
121	Zones industrielles ou commerciales et installations publiques	126	0.16
142	Equipements sportifs et de loisirs	108	0.14
222	Vergers et petits fruits	95	0.12
141	Espaces verts urbains	63	0.08
111	Tissu urbain continu	35	0.04

Illustration 15 - Types d'occupation des sols dans le bassin versant du Midour ordonnés par les surfaces concernées

4.3.2. BASIAS et BASOL

L'inventaire historique des sites industriels et activités de service (base de données dite BASIAS), recense sur les communes appartenant totalement ou partiellement au bassin versant 691 sites industriels abandonnés ou non, potentiellement susceptibles d'engendrer une pollution de l'environnement au travers des activités anciennement conduites sur ces sites. Il convient de noter toutefois qu'ils n'appartiennent vraisemblablement pas tous au bassin versant (par exemple, 255 sites sont recensés sur la commune de Mont-de-Marsan alors qu'une partie seulement de la commune est située sur le bassin versant). Les sites de la base de données BASIAS géolocalisés (tous ne le sont pas) sont au nombre de 257 (cf. Illustration 16).

La base de données sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif (base de données dite Basol) recense 3 sites (également géolocalisés sur l'Illustration 16).

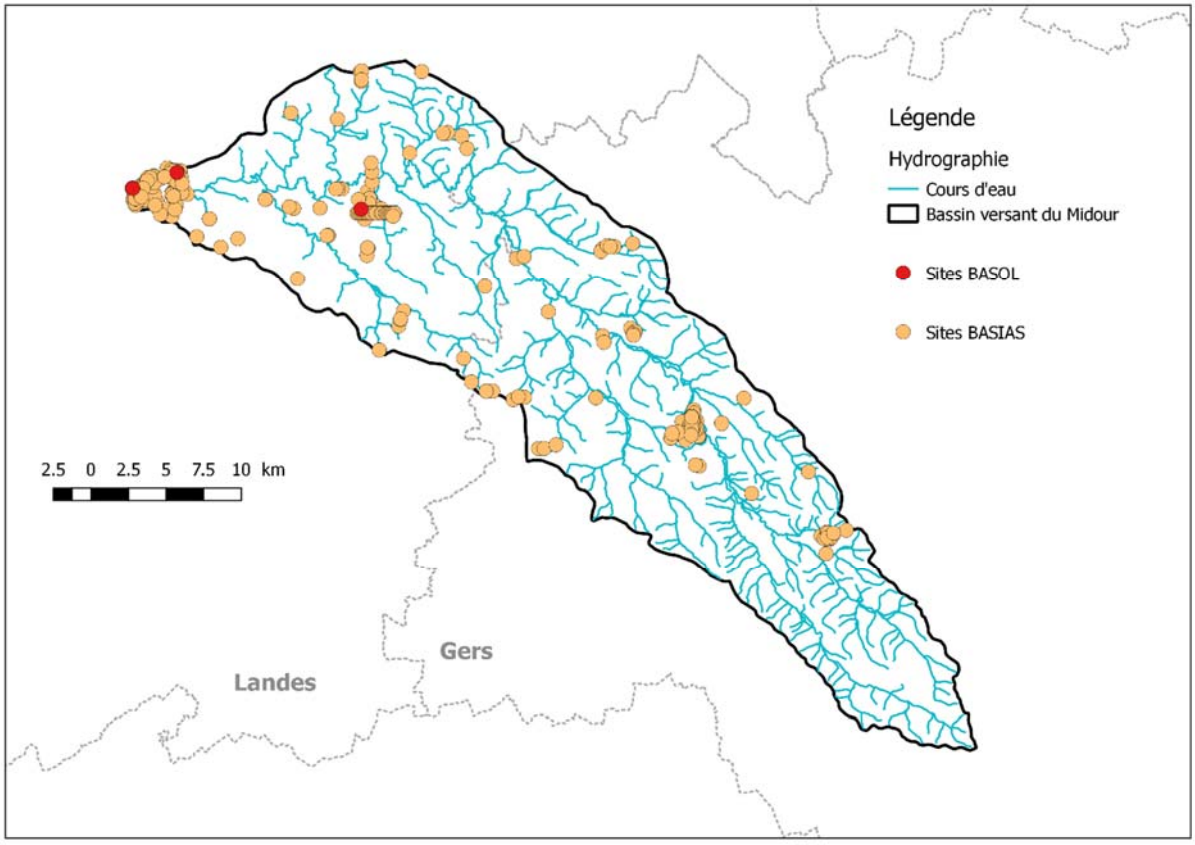


Illustration 16 - Sites BASOL et BASIAS dans le bassin versant du Midour

4.4. FORMATIONS GEOLOGIQUES RENCONTREES DANS LA ZONE D'ETUDE

4.4.1. Carte géologique

Le bassin versant du Midour est couvert par sept feuilles géologiques au 1 / 50 000 : principalement par les feuilles 952 (Nogaro) et 980 (Plaisance), dans une moindre mesure par les feuilles 925 (Brocas), 926 (Cazaubon), 951 (Mont-de-Marsan), 953 (Eauze) et 979 (Aire-sur-l'Adour).

La carte géologique harmonisée et vectorisée à l'échelle du bassin versant (provenant des cartes harmonisées et vectorisées des Landes et du Gers) est fournie à l'Illustration 17 et à l'Illustration 18 (la légende agrandie de cette dernière carte figure en annexe 3). Les terrains affleurants s'étagent du Miocène inférieur à l'Holocène.

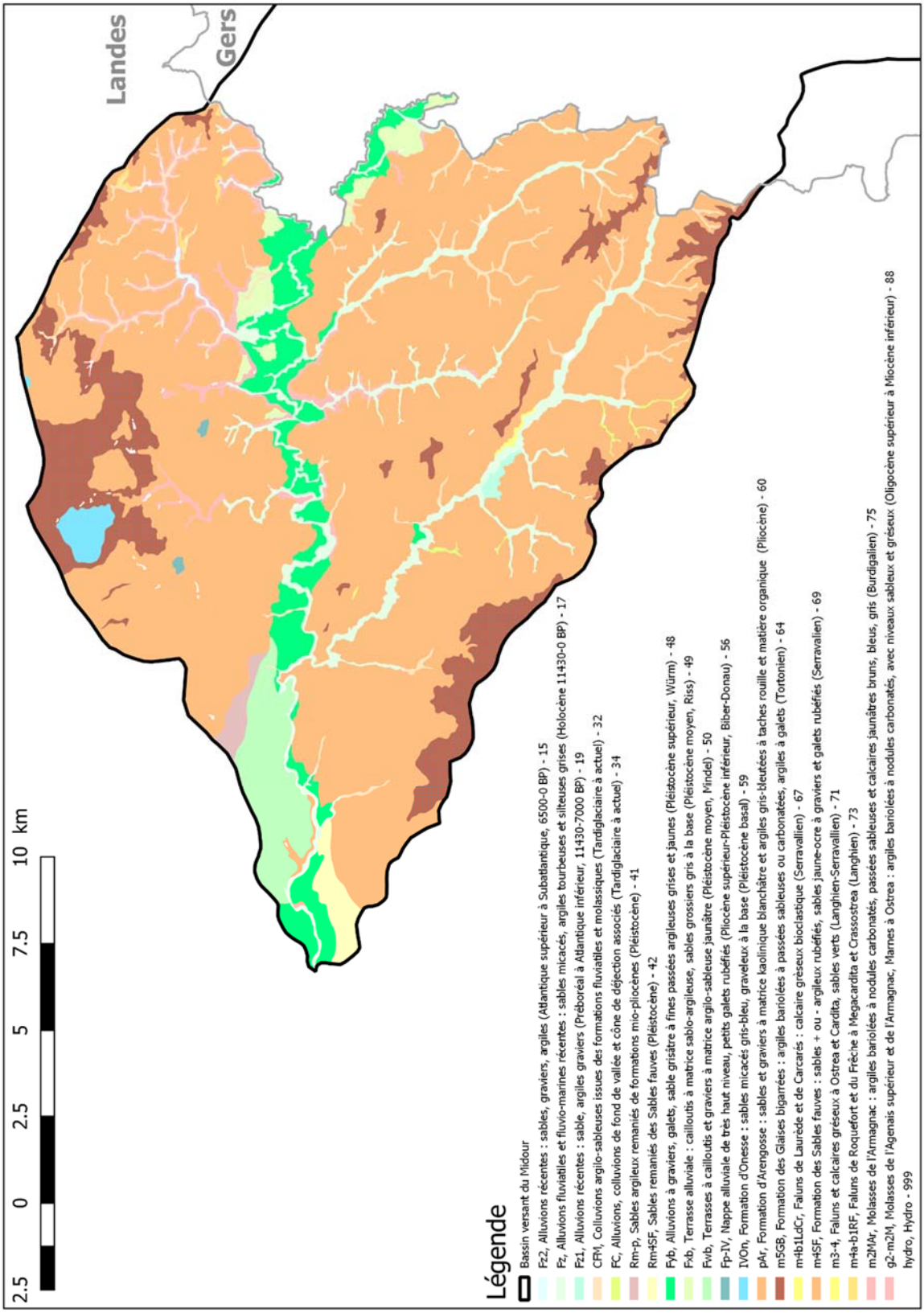


Illustration 17 - Carte géologique harmonisée au 1 / 50 000 de la partie landaise du bassin versant du Midour

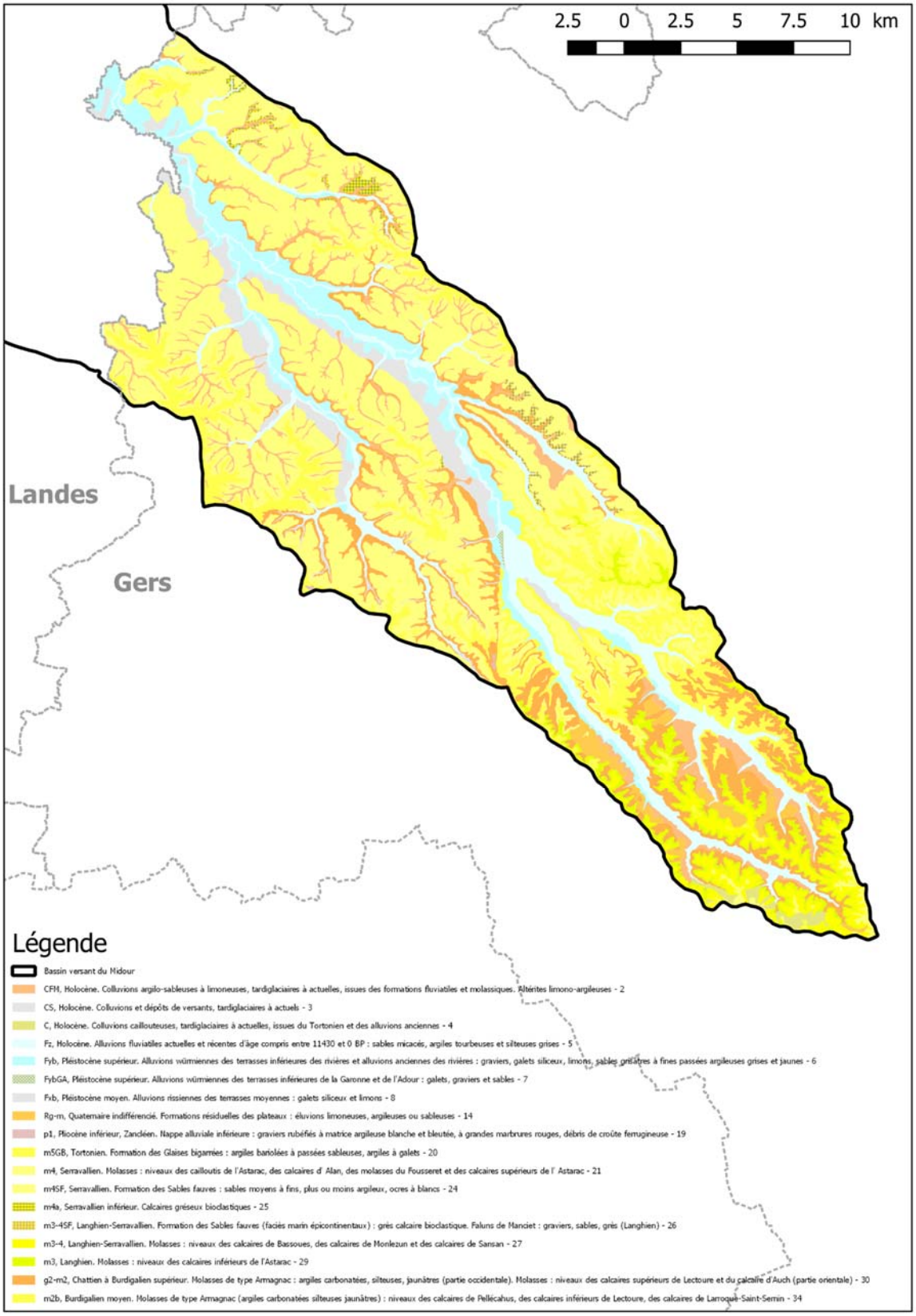


Illustration 18 - Carte géologique harmonisée au 1 / 50 000 de la partie gersoise du bassin versant du Midour

4.4.2. Généralités

Les paragraphes suivants ont été rédigés principalement à partir des informations fournies par Moreau (1989) et par Soulé (1977), permettant de couvrir l'ensemble du bassin versant. On se restreint ici aux formations qui seront d'intérêt pour la synthèse hydrogéologique, objet de ce rapport.

A l'Aquitanien inférieur, une transgression marine ramène la ligne de rivage jusqu'à la limite ouest du Département du Gers, puis une régression s'opère à l'Aquitanien moyen et supérieur, entrainant notamment des dépôts de calcaires lacustres bioclastiques gréseux sur les molasses de l'Oligocène. Le domaine de plateau continental aurait été présent jusqu'à Manciet (à l'est du bassin versant du Midour) à l'Aquitanien inférieur. Au-delà de cette limite est (jugée incertaine), c'est-à-dire dans le domaine continental, l'Aquitanien est caractérisé par une sédimentation molassique argileuse ; des dépôts lacustres carbonatés peuvent avoir eu lieu au sein des molasses.

Le Burdigalien (Miocène inférieur) est un épisode principalement régressif, avec des dépôts molassiques issus d'une sédimentation continentale fluvio-lacustre. Comme pour l'Aquitanien continental, on retrouve la présence de bancs calcaires lacustres au sein des molasses. Ces molasses du Burdigalien affleurent dans la partie amont du bassin versant.

A l'Helvétien inférieur (Miocène moyen), un nouvel épisode transgressif se produit moins important que la transgression aquitanienne mais avec des dépôts calcaires marins rencontrés jusqu'à Manciet également. Des similarités avec les dépôts aquitaniens existent. Les faciès marins, à l'ouest du bassin versant, sont constitués de calcaires bioclastiques gréseux, les faciès continentaux, à l'est, sont eux molassiques avec la présence de niveaux calcaires lacustres. Les molasses de l'Helvétien inférieur (Langhien) sont affleurantes dans la partie amont du bassin versant.

A l'Helvétien supérieur, une régression entraine le dépôt de sables marins de couleur ocre, les sables fauves, qui affleurent sur une grande partie du bassin versant, à l'exception de la partie amont où se sont déposées et affleurent des molasses (molasses du Serravalien). Il est à noter que la formation des sables fauves est parfois associée au Miocène supérieur (Tortonien supérieur, par exemple dans la notice de la carte géologique 980 Plaisance, ou dans Soulé, 1977).

Ensuite, les dépôts du Miocène supérieur et du Plio-Quaternaire sont constitués de glaises bigarrées présentes de façon discontinue[4] dans tout le secteur du bassin versant (Tortonien), de niveaux sableux (formations d'Arengosse et d'Onesse) très peu présents dans la zone d'étude, et des dépôts alluviaux.

4.4.3. Schémas lithologiques

La pile lithologique diffère donc, selon que l'on est dans le domaine principalement continental ou bien marin. On peut, en première approche, élaborer deux schémas litho-stratigraphiques :

I - Schéma litho-stratigraphique marin (partie ouest du bassin versant) :

- Formations plio-quaternaires (dont alluvions)
- Glaises bigarées (Tortonien)

[4] Une partie de la formation a été érodée après son dépôt.

- Sables fauves (Helvétien)
- Calcaires gréseux bioclastiques de l'Helvétien
- Molasses du Burdigalien
- Calcaires gréseux bioclastiques de l'Aquitanien

II - Schéma litho-stratigraphique continental (partie est du bassin versant) :

- Formations plio-quaternaires (dont alluvions)
- Glaises bigarées (Tortonien)
- Sables fauves (Helvétien)
- Molasses tertiaires (Aquitanien, Burdigalien, Helvétien [Langhien-Serravallien])

Toutefois, étant donné notamment que le secteur se situe en limite de paléorivages, ces séquences sont souvent incomplètes du fait de variations latérales de faciès et de lacunes de dépôts (CARA, 1986). Nous verrons par la suite que de multiples configurations de successions lithologiques existent et que le schéma lithologique marin « idéal » n'est, dans le bassin versant du Midour, que très peu représenté.

5. Climatologie, hydrographie et hydrométrie du bassin versant du Midour

5.1. CLIMATOLOGIE

5.1.1. Aperçu général

La cartographie AURELHY (Analyse Utilisant le RELief pour l'Hydrométéorologie, disponible auprès de Météo-France) fournit les précipitations moyennes en France métropolitaine au pas de 1 km^2, à partir des précipitations mesurées sur le réseau national des stations pluviométriques ; la méthode d'interpolation permettant la cartographie tient compte du relief. L'Illustration 19 montre les précipitations moyennes sur le bassin versant du Midour sur la période 1981-2010 : on y voit des précipitations moyennes annuelles qui diminuent globalement du nord vers le sud et de l'ouest vers l'est. Les précipitations moyennes varient de 856 mm/an à 953 mm/an sur le bassin versant, avec une moyenne à 906 mm/an, proche de la valeur moyenne française (925 mm/an).

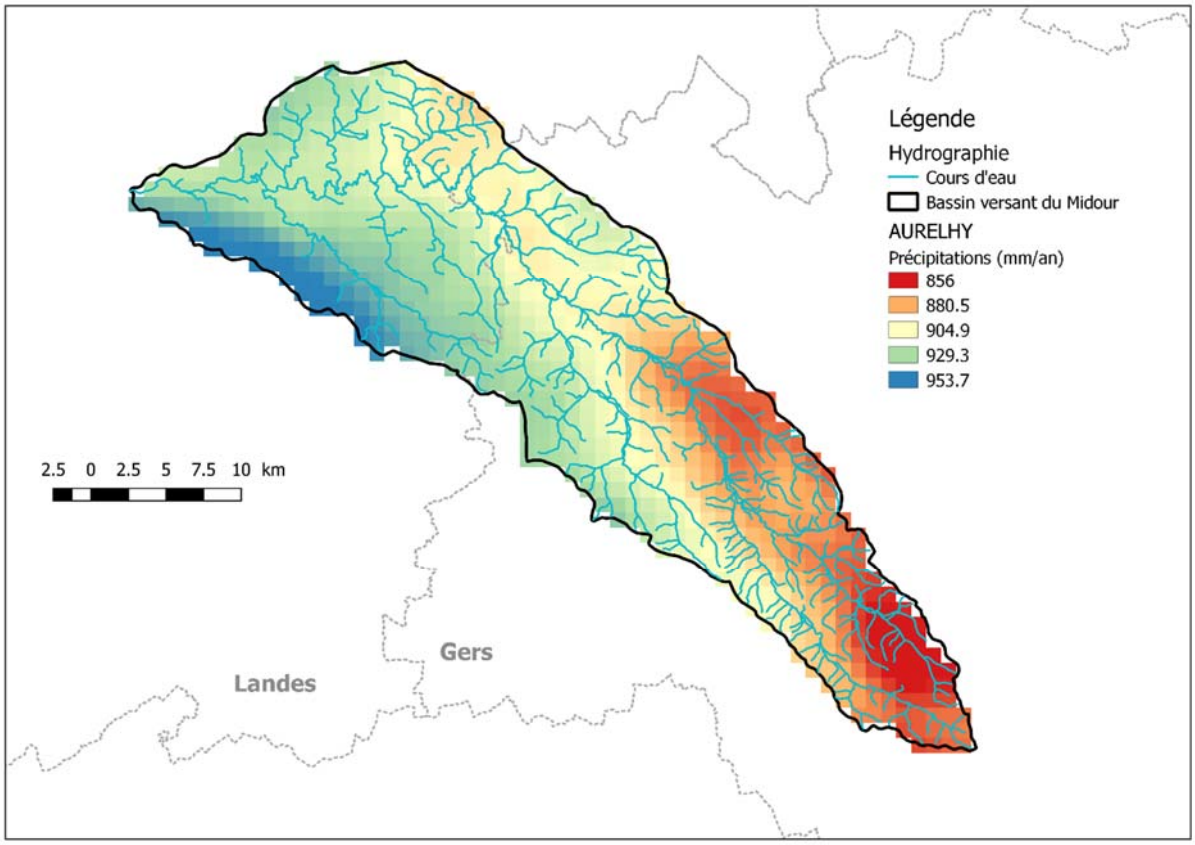


Illustration 19 - Cartographie AURELHY des précipitations moyennes annuelles (1981 - 2010) dans le bassin versant du Midour

Dans la suite, nous examinons plus précisément la climatologie du bassin versant et son évolution à partir des données SAFRAN[5] sur la zone d'étude, qui fournissent au pas de 8 km une série de paramètres météorologiques incluant les précipitations, les températures et l'évapotranspiration potentielle (ETP), à un pas de temps quotidien entre 1958 et 2018. Le bassin versant intersecte 23 mailles SAFRAN comme l'indique l'Illustration 20. Dans la suite, on se restreint donc à ces mailles.

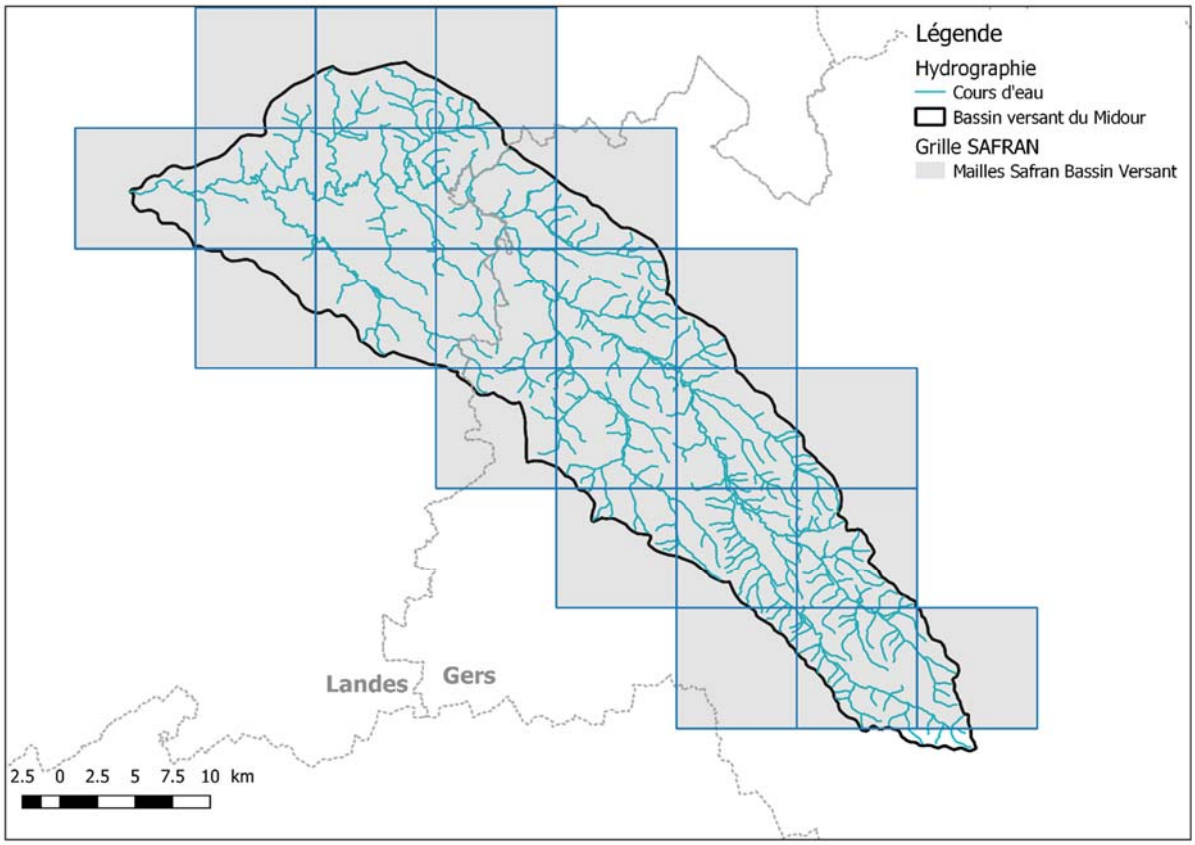


Illustration 20 - Mailles SAFRAN considérées dans l'étude

5.1.2. Précipitations

Le calcul des moyennes des précipitations cumulées annuelles montre la même variabilité spatiale des précipitations au sein du bassin versant (Illustration 21) que celle observée avec AURELHY. Les différences au sein du bassin sont un peu plus importantes pour les données SAFRAN avec des valeurs extrêmes (valeurs hautes et valeurs basses) plus marquées. La variabilité temporelle des précipitations annuelles est relativement semblable pour les mailles SAFRAN du secteur d'étude.

[5] SAFRAN est un système d'analyse à méso-échelle de variables atmosphériques près de la surface du sol. Il utilise des observations de surface combinées à des données d'analyse de modèles météorologiques pour produire les paramètres horaires suivants : température, humidité, vent, précipitations solides et liquides, rayonnement solaire et infrarouge incident. Ces paramètres sont analysés par pas de 300 m d'altitude. Ils sont ensuite interpolés sur une grille de calcul régulière (8 x 8 km). Le système d'analyse Safran a été développé à l'origine par le Centre d'études de la neige (Durand et al., 1993) pour la prévision des risques d'avalanches. L'acronyme Safran signifie : Système d'Analyse Fournissant des Renseignements A la Neige. Il a ensuite été étendu à l'ensemble de la France métropolitaine (Le Moigne, 2002 ; Vidal et al., 2010).

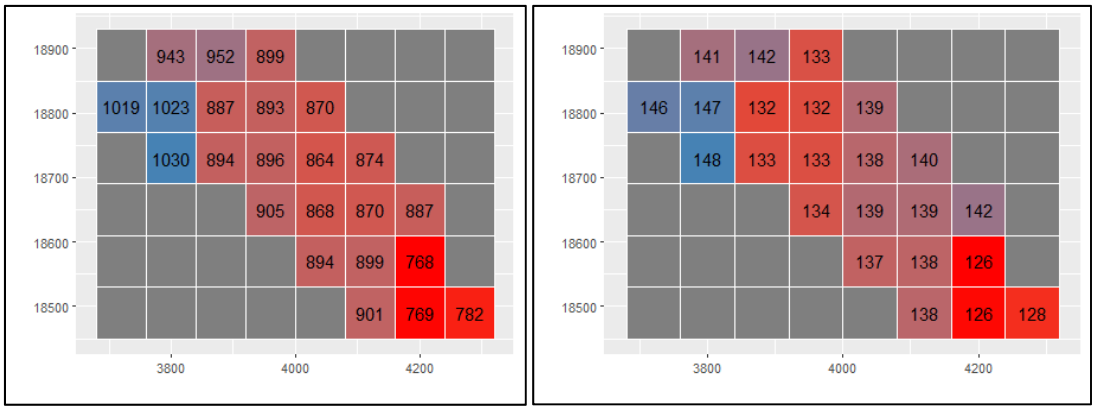


Illustration 21 - Moyenne (à gauche) et écart-type (à droite) des précipitations cumulées annuelles au niveau des mailles SAFRAN considérées (1958-2018). Les axes verticaux et horizontaux indiquent les coordonnées des différentes mailles SAFRAN (Lambert II étendu en hm).

L'Illustration 22 montre l'évolution dans le temps des précipitations annuelles des mailles SAFRAN du bassin versant du Midour. Les tests statistiques de Mann-Kendall et de Pettitt, respectivement utilisés pour la détection de tendance et de rupture au sein des chroniques, sont appliqués. Si ces tests montrent un rejet de la stationnarité ou de l'homogénéité de la chronique au seuil de significativité de 5%, alors les tendances (la droite de "tendance" est calculée par la méthode de Sen, 1968) ou bien les ruptures sont indiquées sur les histogrammes représentant les chroniques. Il faut toutefois être vigilant quant à l'interprétation de ces tests qui doivent être vus comme un indicateur et une aide à l'inspection visuelle plutôt que comme une vérité absolue. Ces tests ne renseignent pas sur la magnitude des tendances et des ruptures. De plus, ces tests font l'hypothèse d'absence d'autocorrélation (indépendance) dans les chroniques, ce qui est très souvent observé pour les données pluviométriques mais pas systématiquement le cas pour d'autres variables. Enfin, une attention doit être apportée quant aux résultats du test de Pettitt lorsqu'une tendance importante est détectée : ce test interprète en effet la tendance comme une rupture d'une caractéristique de la chronique (voir par exemple Lubes-Niel et al., 1998).

L'Illustration 22 montre qu'aucune tendance, ni aucune rupture n'est détectée sur les chroniques des précipitations annuelles sur la période analysée (1958-2018).

Nous nous intéressons ensuite à la typologie des précipitations, avec l'objectif de détecter, même si aucune évolution notable n'a pu être observée sur les précipitations annuelles, une évolution dans le régime des précipitations. Pour cela, trois indicateurs sont évalués : tout d'abord, le nombre de jours de pluie par an, ensuite le nombre de jours de pluie dépassant le seuil de 20 mm/jour et enfin la contribution des 10 jours les plus pluvieux chaque année (intensité des événements pluvieux importants). L'Illustration 22, l'Illustration 23, et l'Illustration 24 montrent l'évolution spatiale et temporelle de ces trois indicateurs.

Une tendance à la hausse est observée pour plusieurs mailles SAFRAN concernant le nombre de jours pluvieux. Toutefois, la tendance semble relativement faible excepté pour les deux mailles SAFRAN situées les plus au nord. Quelques ruptures sont détectées mais lorsque c'est le cas, une tendance l'est aussi. Il est difficile à dire si ces ruptures correspondent à une réalité, l'examen visuel ne permettant pas d'identifier de changements de comportement importants.

Aucune tendance ni rupture ne se dégage concernant une évolution de l'intensité des épisodes les plus pluvieux au cours du temps, que ce soit en matière de nombres de jours par an dépassant le seuil de 20 mm/jour ou bien en matière de précipitation cumulée sur les jours les plus contributifs d'une année.

Le SPI (index standardisé des précipitations, cf. McKee et al., 1993) calculé à partir des pluies cumulées sur 6 mois glissants est tracé à l'Illustration 25 : cet index permet, par rapport à la moyenne des précipitations sur une période donnée, de comparer la sévérité des épisodes déficitaires en précipitations (SPI<0) et les épisodes excédentaires (SPI>0). Aucun changement notable n'est détecté que ce soit en matières d'événements extrêmes (par exemple au-delà de 1.28 ou -1.28 correspondant respectivement à la décennale humide et sèche). On peut quand même noter que les 3 épisodes les plus déficitaires ont été observés dans la seconde moitié de la période d'observation.

Le régime des précipitations ne semble donc pas avoir évolué de façon significative au cours de la période d'observation, avec un doute subsistant sur l'évolution de la sévérité des épisodes de sécheresse intense.

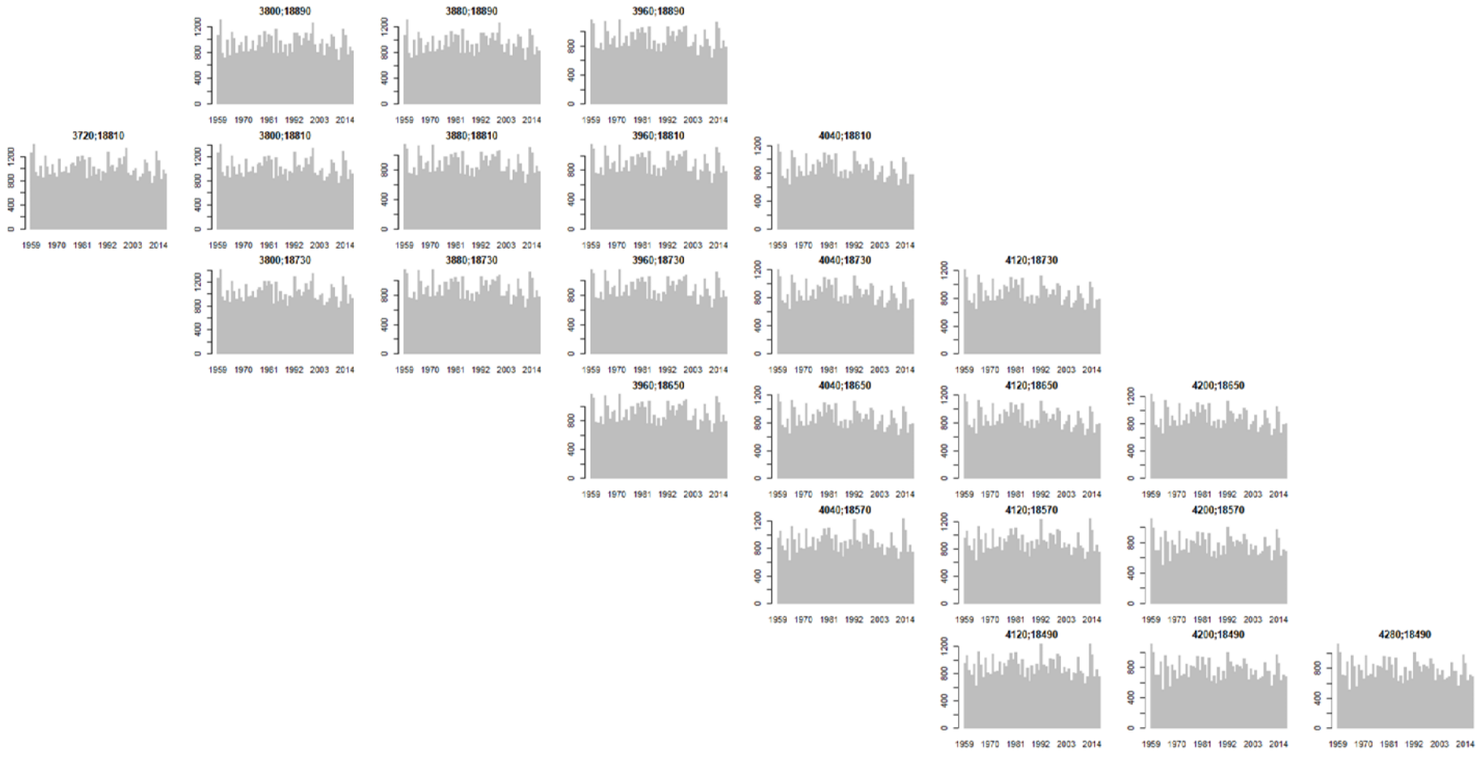


Illustration 22 - Histogrammes des précipitations annuelles pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives : sur ce cas, aucune pente ni tendance n'est donc détectée.)

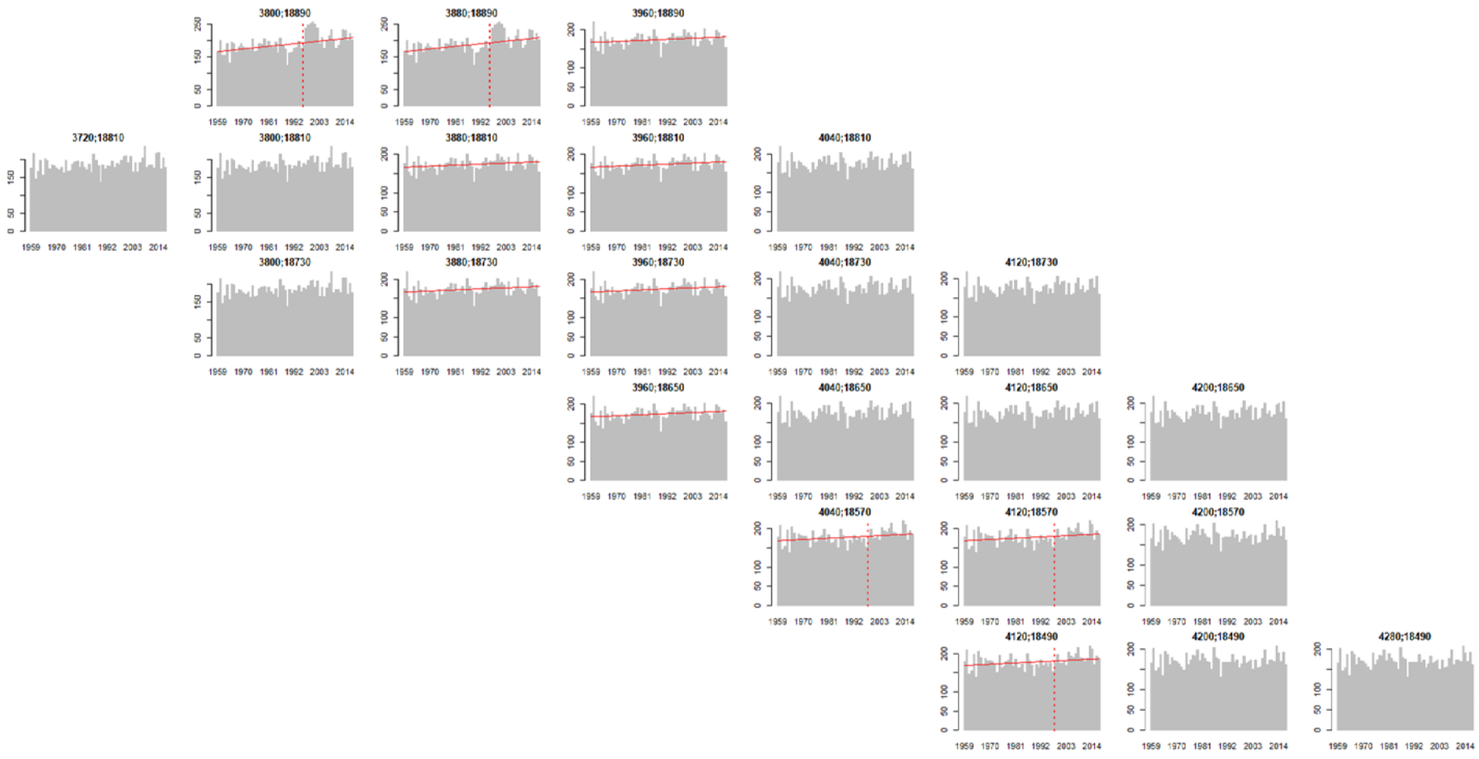


Illustration 23 - Histogrammes du nombre de jours de pluie par an pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives.)

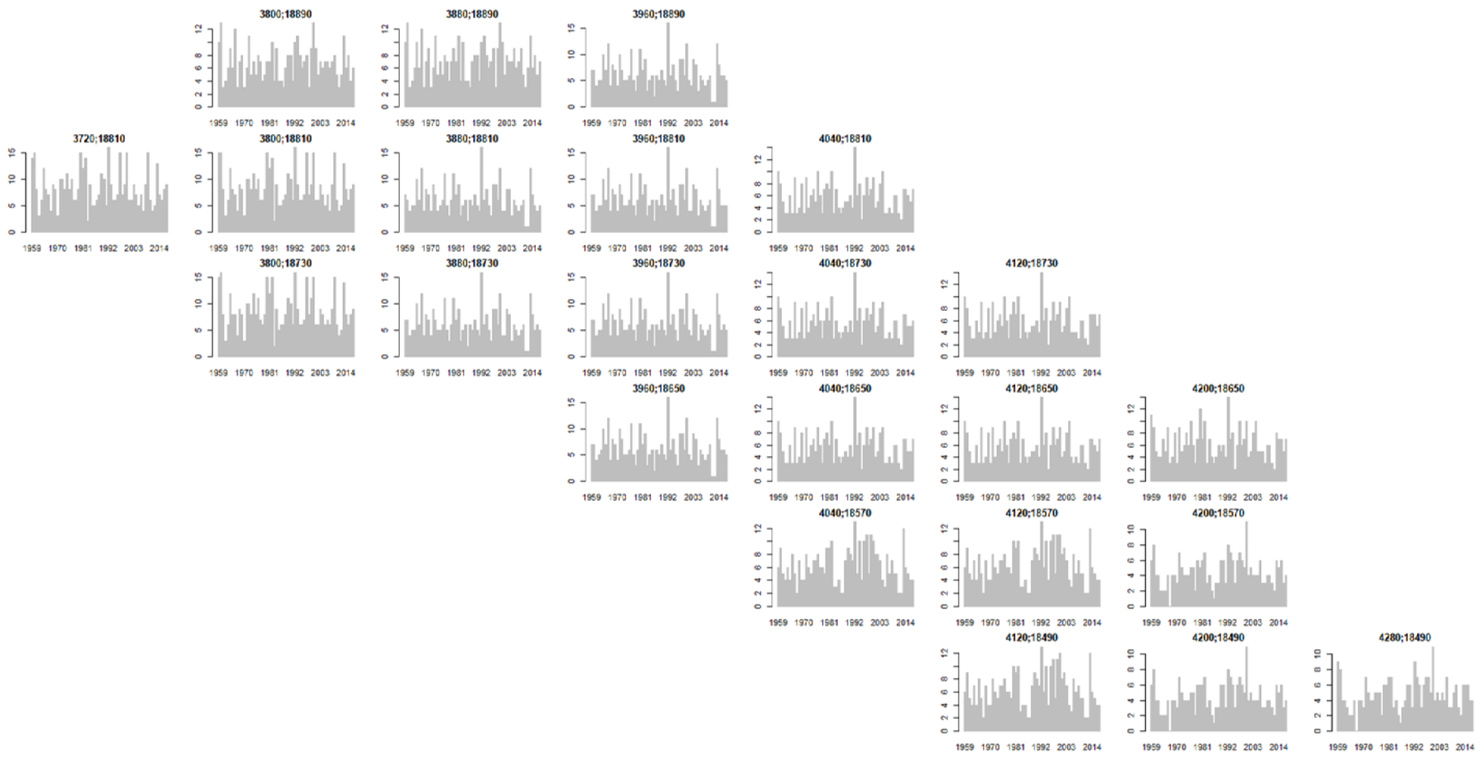


Illustration 23 - Histogrammes du nombre de jours dépassant le seuil de précipitation journalière de 20 mm/jour pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives)

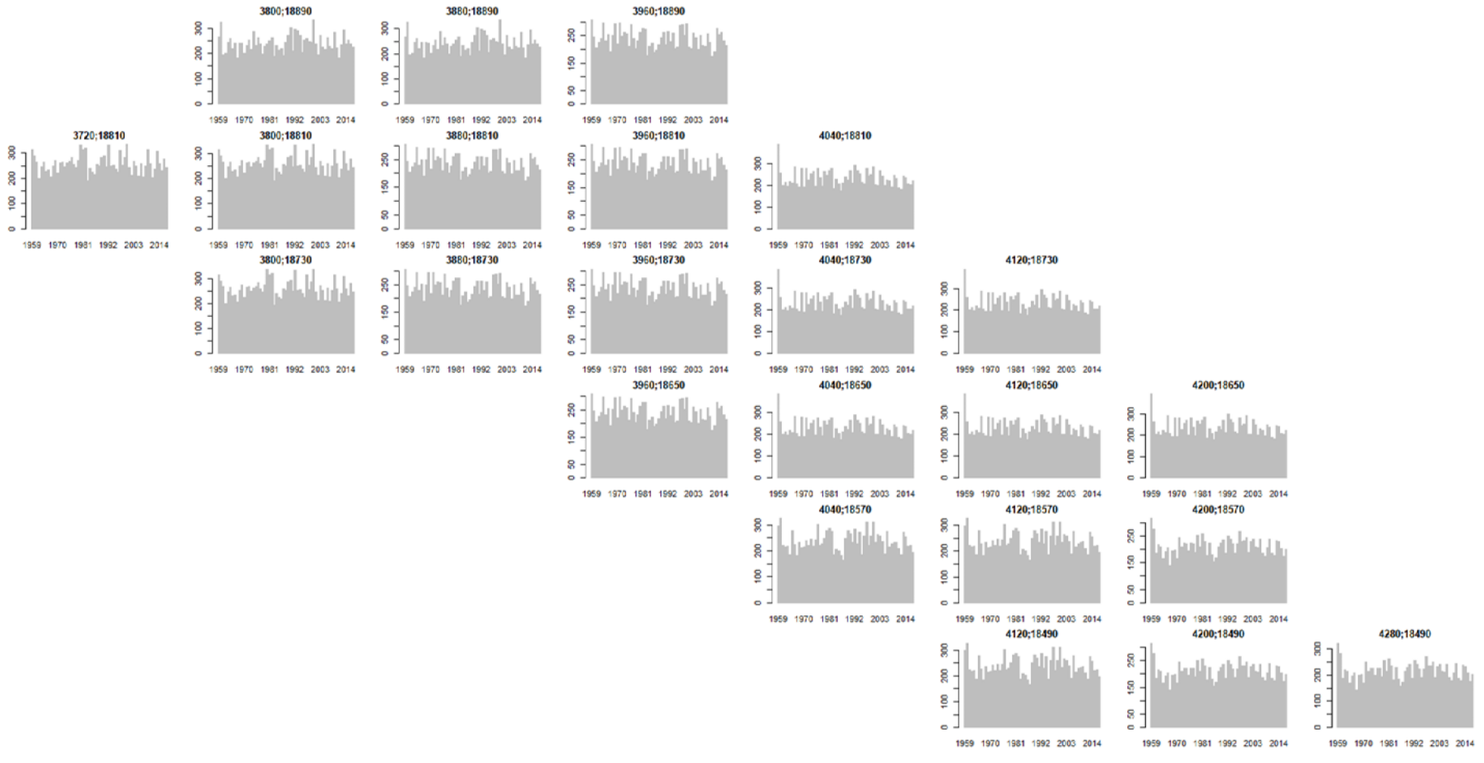


Illustration 24 - Histogrammes de la contribution des 10 jours les plus pluvieux par an pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et les ruptures sont indiquées si elles sont significatives)

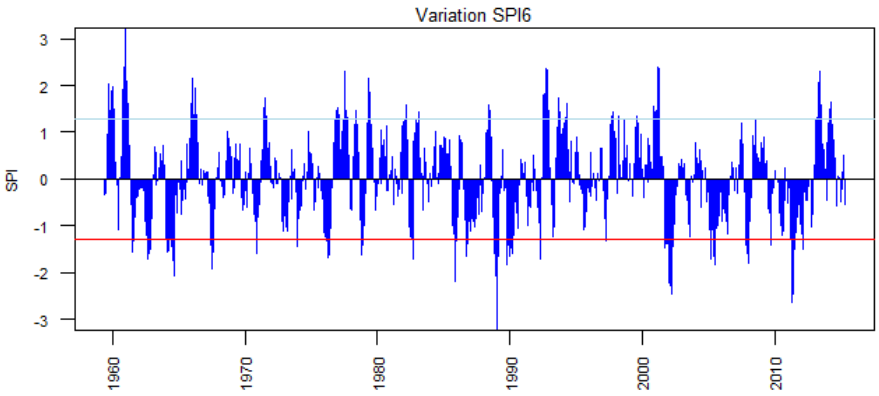


Illustration 25 - Evolution du SPI-6 mois calculé à partir de la moyenne des données de précipitations SAFRAN au sein du bassin versant

5.1.3. Evapotranspiration

Le calcul des moyennes de l'ETP annuelle montre une certaine homogénéité spatiale au sein du bassin versant (Illustration 26, moyenne de l'ETP cumulée annuelle sur la période 1958-2018). La variabilité temporelle de l'ETP annuelle semble toutefois être plus importante au sud du bassin versant qu'au nord (Illustration 26, écart-type de l'ETP cumulée annuelle).

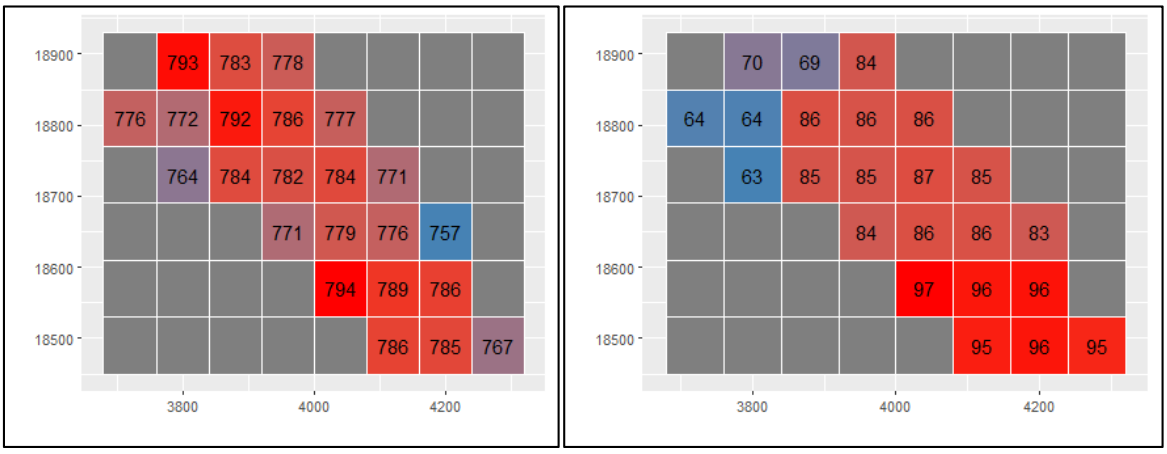


Illustration 26 - Moyenne (à gauche) et écart-type (à droite) de l'ETP cumulée annuelle (mm/an) au niveau des mailles SAFRAN considérées (1958-2018)

L'évolution temporelle de l'ETP cumulée annuelle pour toutes les mailles SAFRAN du bassin versant est tracée à l'Illustration 27. On y voit une tendance à la hausse homogène sur le territoire, ainsi qu'une période de rupture de comportement au milieu des années 1980. L'examen visuel permet effectivement de conjecturer une rupture de comportement avec, avant les années 1980, une ETP annuelle stable (voire à la baisse), une ETP annuelle à la hausse entre 1980 et le début des années 1990, puis une certaine stabilité ensuite, la tendance globale sur la période d'observation étant à la hausse. Une cyclicité pluriannuelle semble également se dégager.

L'ETP étant une variable calculée (l'ETP dite SAFRAN est calculée selon la méthode de Penman-Monteith), il semble intéressant de faire l'exercice sur la température, à laquelle elle est liée. Les évolutions temporelles des températures moyennes annuelles élaborées au niveau des mailles SAFRAN du bassin versant du Midour sont tracées à l'Illustration 28. Logiquement, les mêmes tendances à la hausse et les mêmes ruptures sont détectées que pour l'ETP. Si on considère la

tendance calculée par la méthode de Sen, on a une augmentation de plus de 1.5 C de la température moyenne sur la période d'observation, ce qui explique l'augmentation de l'évaporation observée sur la même période. Il faut toutefois être vigilant avec ces chiffres de tendance globale : sur les chroniques on observe plutôt une alternance entre période de stabilité et périodes de hausse, ainsi qu'une cyclicité.

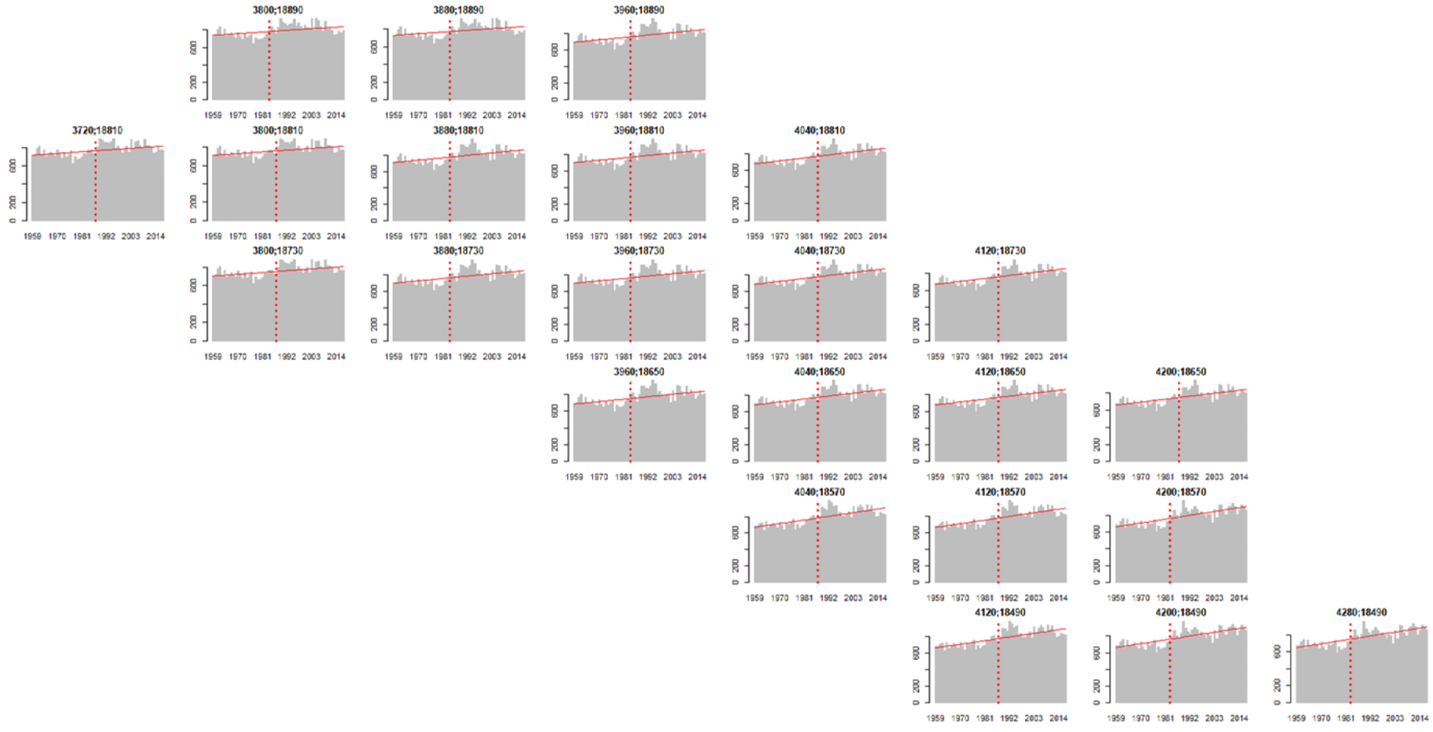


Illustration 27 - Histogrammes de l'ETP annuelle pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives)

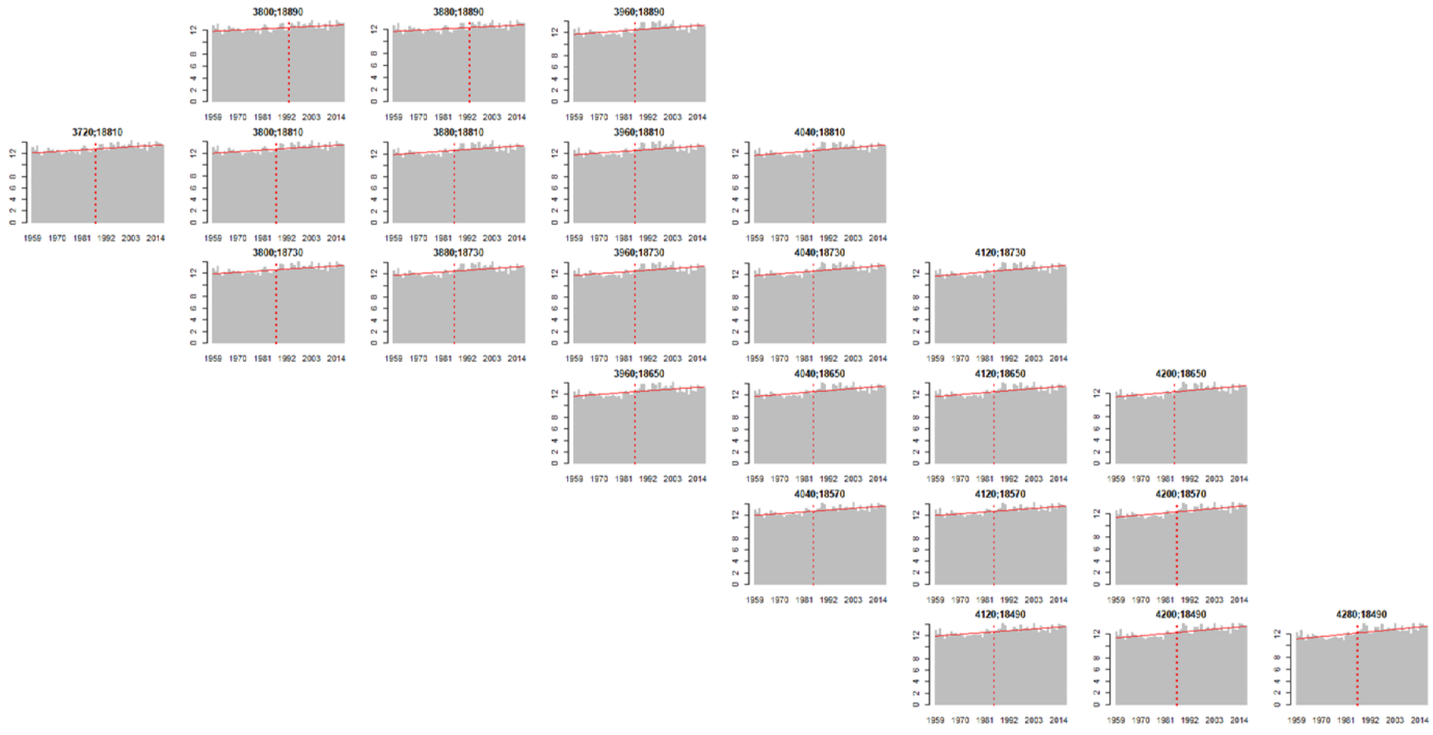


Illustration 28 - Histogrammes des températures moyennes annuelles pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives)

5.1.4. Pluies efficaces

A partir des chroniques des précipitations et de l'évapotranspiration et des évolutions constatées, nous avons ensuite évalué l'impact que pouvaient avoir ces changements en matière de pluie efficace. Pour cela, un bilan de type Thornthwaite (Thornthwaite, 1948) a été effectué. Ce bilan nécessite le renseignement de la capacité de stockage maximale en eau du sol ; nous avons ici considéré une valeur uniforme générique de 100 mm, l'idée n'étant pas forcément de caractériser précisément, en valeur absolue, la pluie efficace, mais plutôt les variations envisageables dans le temps et dans l'espace.

L'Illustration 29 montre des valeurs hétérogènes de pluie efficace moyenne annuelle, avec des pluies efficaces plus importantes au nord du bassin versant qu'au sud (en accord avec les précipitations annuelles). Une variabilité inter-annuelle homogène dans l'espace mais cependant importante est notée (Illustration 29, écart-type).

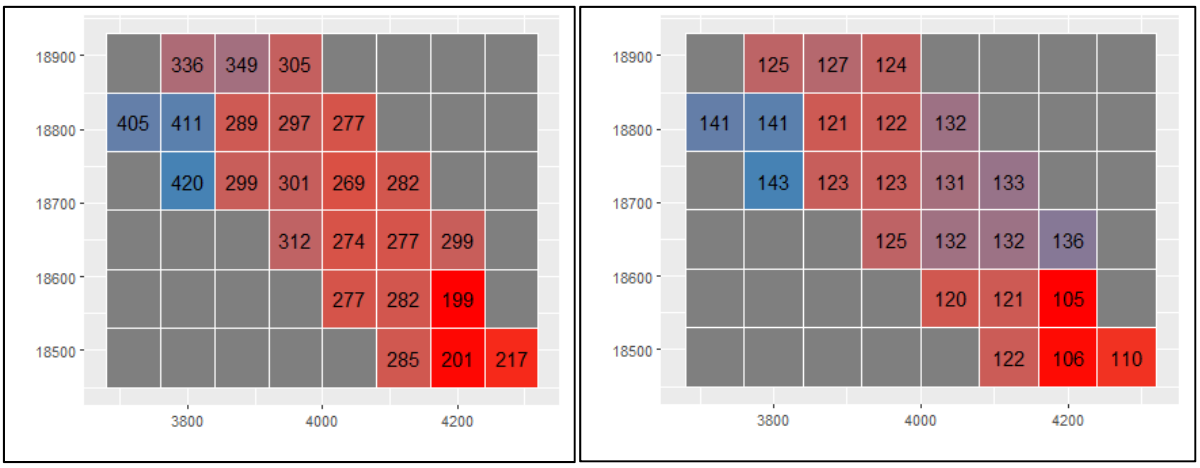


Illustration 29 - Moyenne (à gauche) et écart-type (à droite) de la pluie efficace moyenne annuelle au niveau des mailles SAFRAN considérées (1958-2018)

La grande majorité des chroniques temporelles de pluie efficace annuelle (fournies à l'Illustration 30) sont caractérisées par une tendance à la baisse et par des ruptures détectées vers le milieu des années 1980. Toutefois, la forte variabilité inter-annuelle des pluies efficaces calculées gêne à l'interprétation visuelle des résultats des tests statistiques : on devine une tendance à la baisse mais les ruptures sont plus difficiles à visualiser. Les chroniques de la moyenne mobile de la pluie efficace (lissage sur 5 années), tracées à l'Illustration 31, montrent une tendance à la baisse. La baisse semble un peu plus faible dans la partie nord-ouest du bassin, avec deux tendances non détectées et des pentes de l'ordre de -1.5 mm/an ; dans le reste du bassin, on oscille entre -2,5 à -2,7 mm/an au centre et -2 mm/an au sud-est. On remarque également sur la pluie efficace lissée la présence d'une cyclicité pluri-décennale de l'ordre d'une vingtaine d'années environ (*NB*. on observe la même cyclicité sur les précipitations cumulées annuelles) ; l'hypothèse d'un lien avec les oscillations pluri-décennales nord-atlantiques peut être avancée pour expliquer cette observation (voir par ex. Boé & Habets, 2014), même si une étude plus approfondie serait nécessaire pour évaluer la cohérence avec les fréquences observées.

Nous proposons également de caractériser un éventuel changement dans la dynamique des pluies efficaces, en analysant le nombre de jours par an contributifs aux pluies efficaces (Illustration 32), le nombre de jours par an dépassant le seuil de 10 mm/jour de pluie efficace (Illustration 33), et la pluie efficace cumulée des 5 jours qui, chaque année, sont les plus contributifs (Illustration 34). Même si la cyclicité pluriannuelle rend difficile une analyse précise,

on remarque une tendance à la baisse globale de tous ces indicateurs sur la quasi-totalité du bassin ; de plus, le seuil de 10 mm/jour a été arbitrairement choisi pour l'Illustration 33 mais de multiples tests ont montré que, quel que soit le seuil choisi, la tendance à la baisse semble exister : la baisse globale de la pluie efficace semble être due à la baisse de contributions de tous les épisodes de pluie efficace, qu'ils soient très contributifs ou moins contributifs.

En termes d'impacts sur la recharge, ces observations amènent à soupçonner une baisse de la lame d'eau infiltrante au cours du temps, mécaniquement, de par la baisse de la pluie efficace annuelle. Par contre, aucun changement de régime des pluies efficaces n'ayant été mis en évidence au pas de temps journalier, on peut conjecturer une certaine constance dans le rapport recharge / pluie efficace.

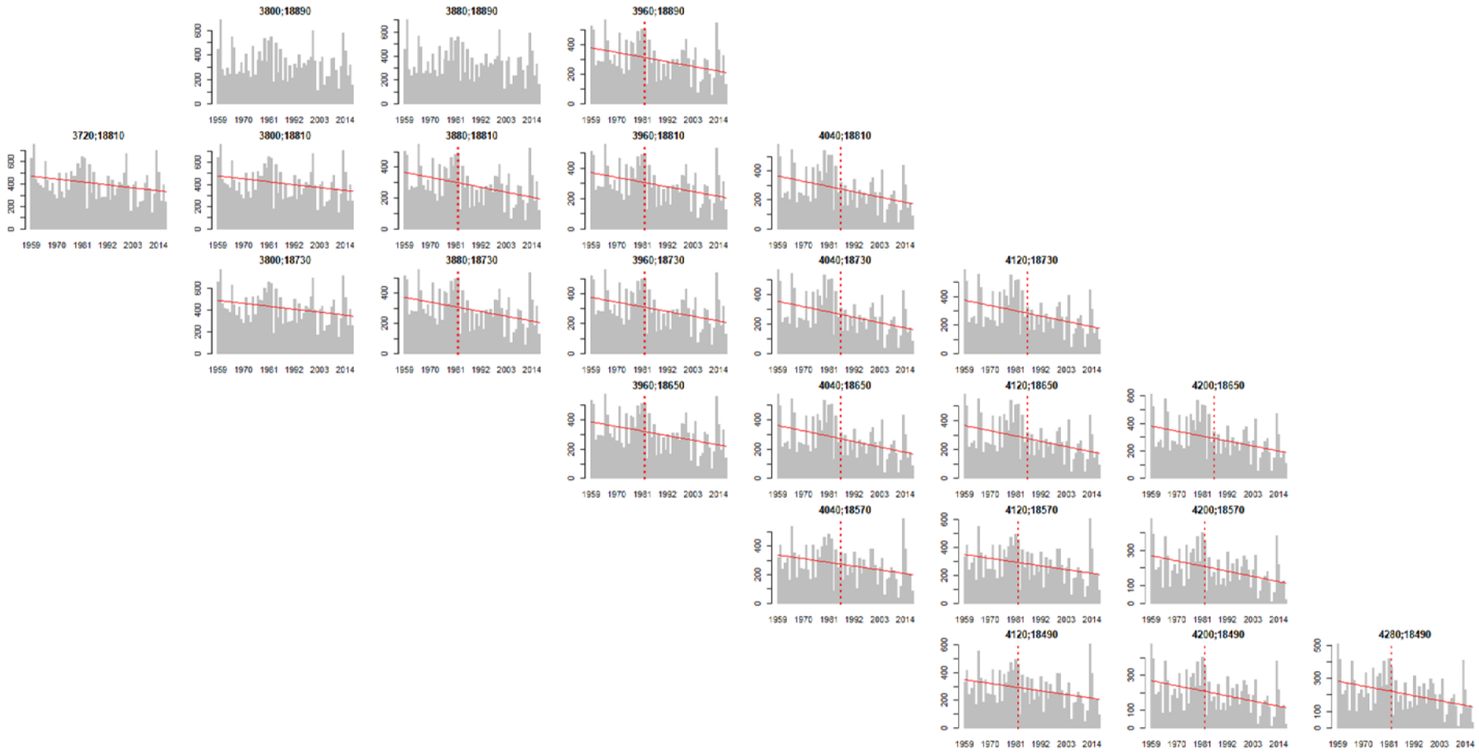


Illustration 30 - Histogrammes de la pluie efficace annuelle pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives)

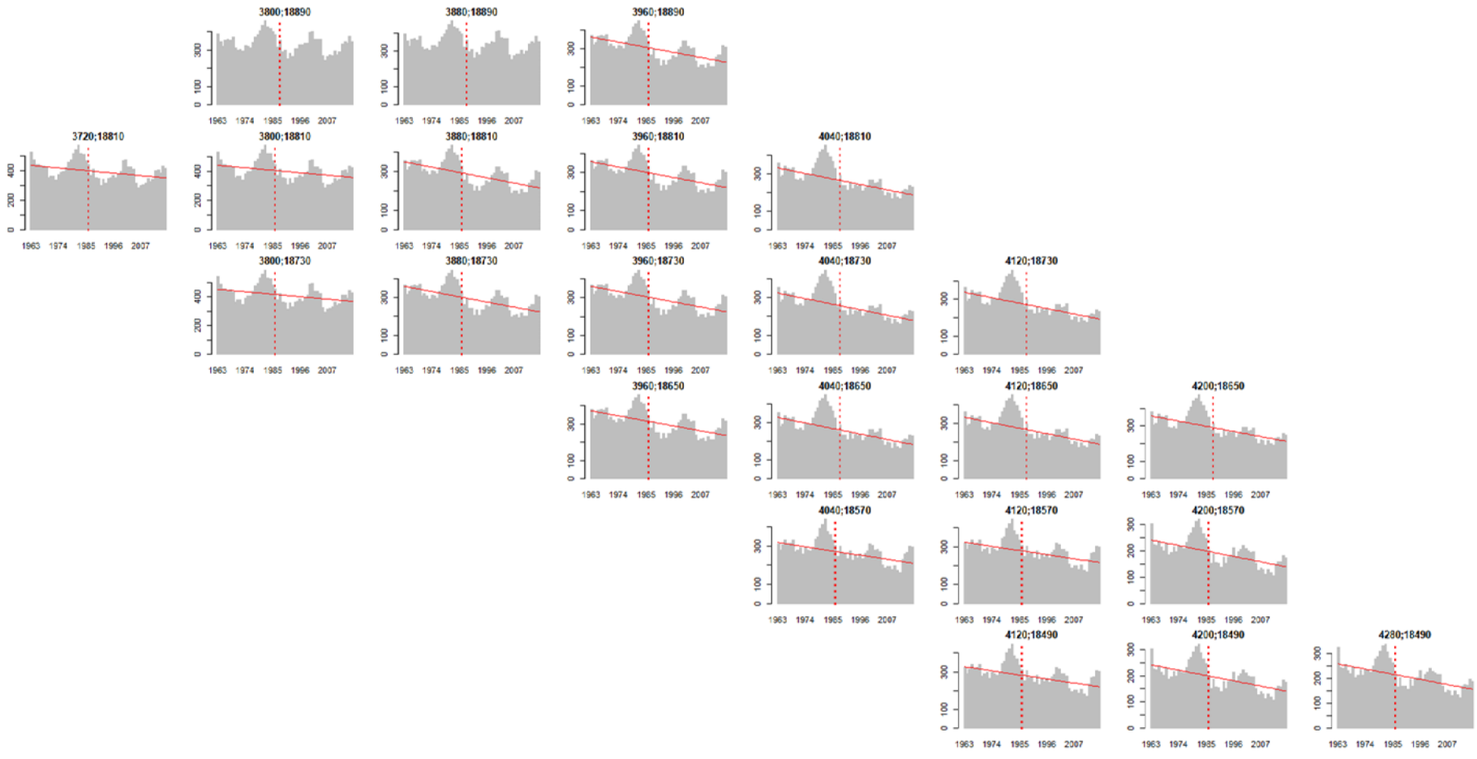


Illustration 31 - Histogrammes de la pluie efficace annuelle (moyennée sur les 5 années précédentes) pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives)

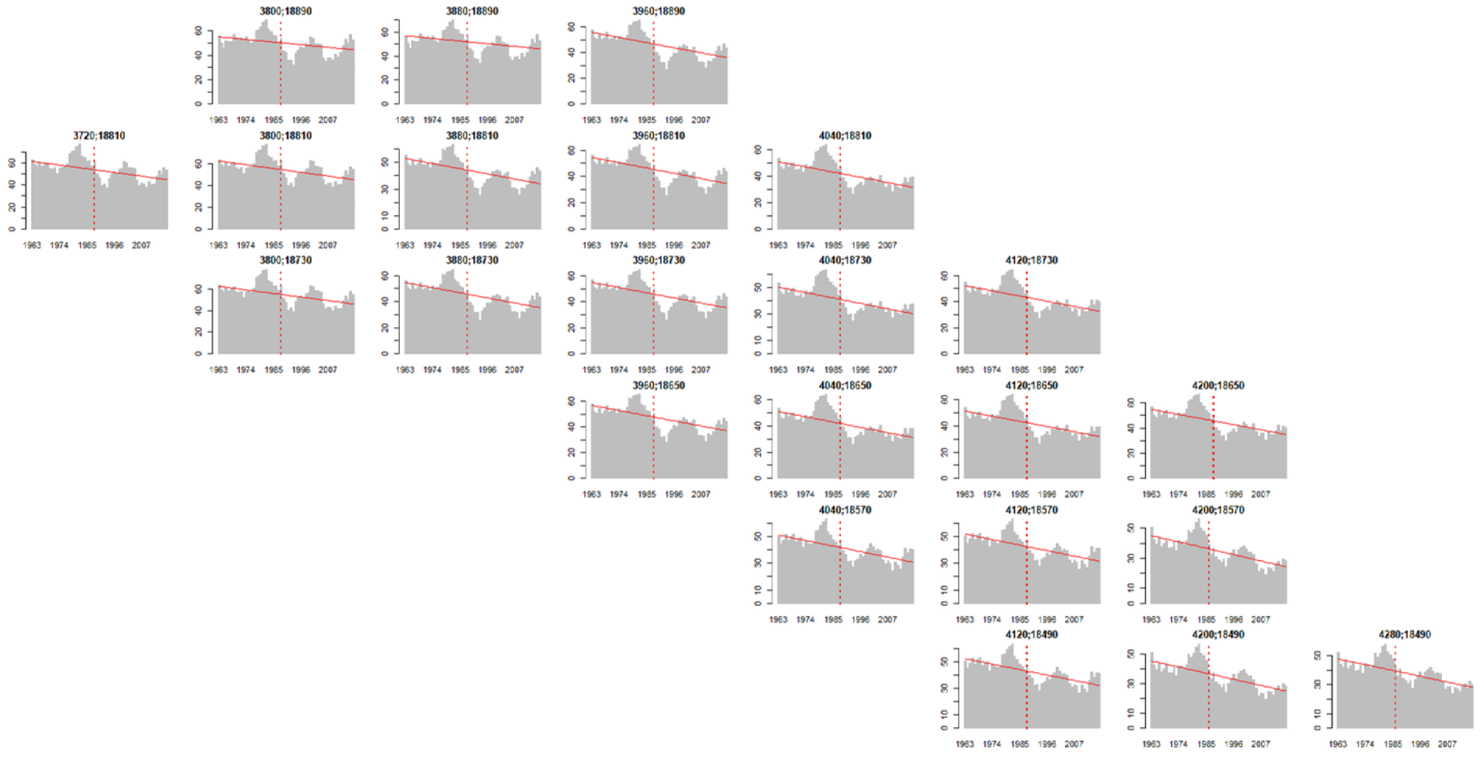


Illustration 32 - Histogrammes du nombre de jours avec pluie efficace par an (moyenné sur les 5 années précédentes) pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives)

Illustration 33 - Histogrammes du nombre de jours par an dépassant le seuil de 10 mm/jour de pluie efficace (moyenné sur les 5 années précédentes) pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives)

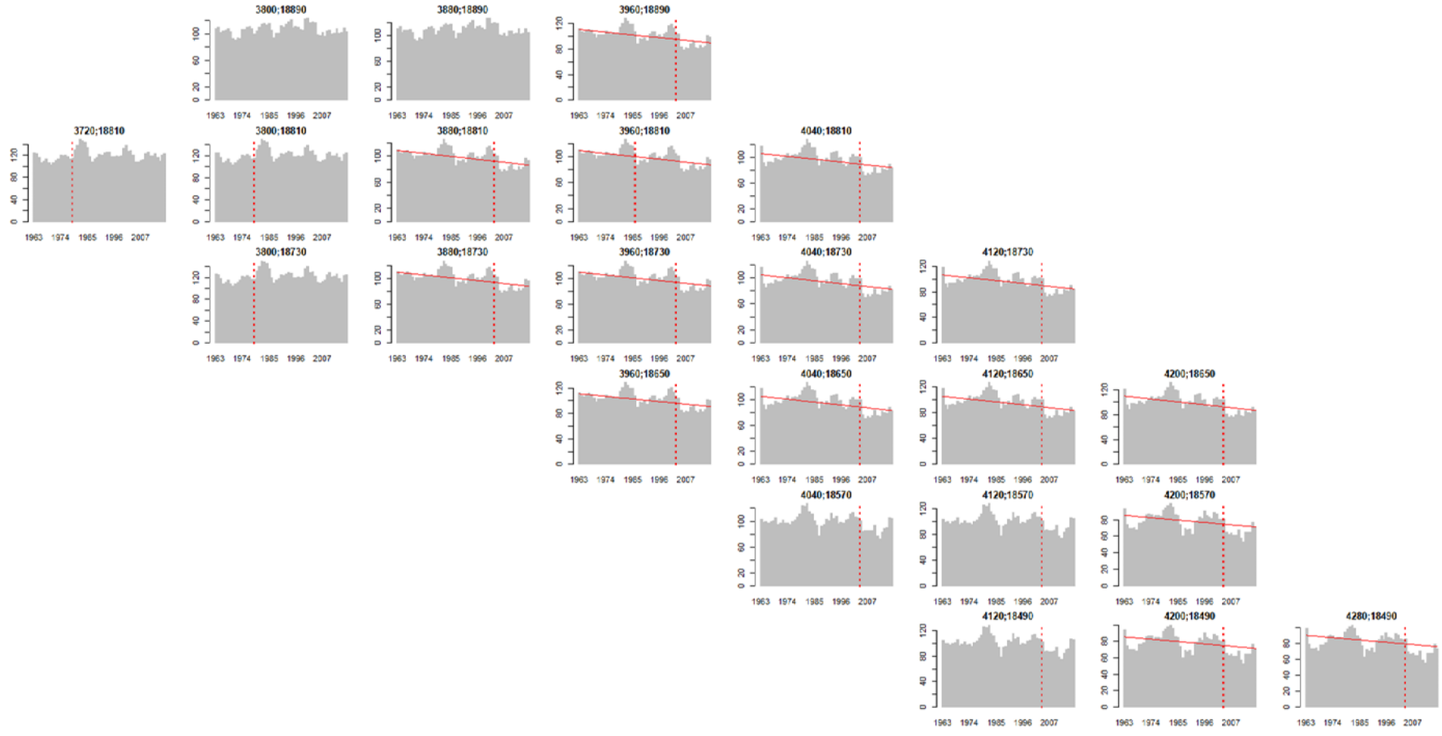


Illustration 34- Histogrammes de la contribution en mm (moyennée sur les 5 années précédentes) de la pluie efficace des 5 jours les plus contributifs chaque année pour les différentes mailles SAFRAN considérées (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives)

5.2. HYDROGRAPHIE ET HYDROMETRIE

Le bassin versant du Midour est caractérisé par un réseau hydrographique dense dans sa partie amont, là où les reliefs sont les plus marquées et moins dense en aval, en accord avec les observations faites sur l'IDPR (voir Illustration 35). On note en particulier trois sous-bassins où la densité des cours d'eau est faible en aval du bassin versant, il s'agit des sous-bassins du Ludon, du Lusson et de la Gaube.

On dénombre, dans le bassin versant du Midour, 7 stations hydrométriques localisées sur l'Illustration 35. Des données de débits sont disponibles au niveau de 6 stations hydrométriques ; leurs caractéristiques sont données au tableau de l'Illustration 36.

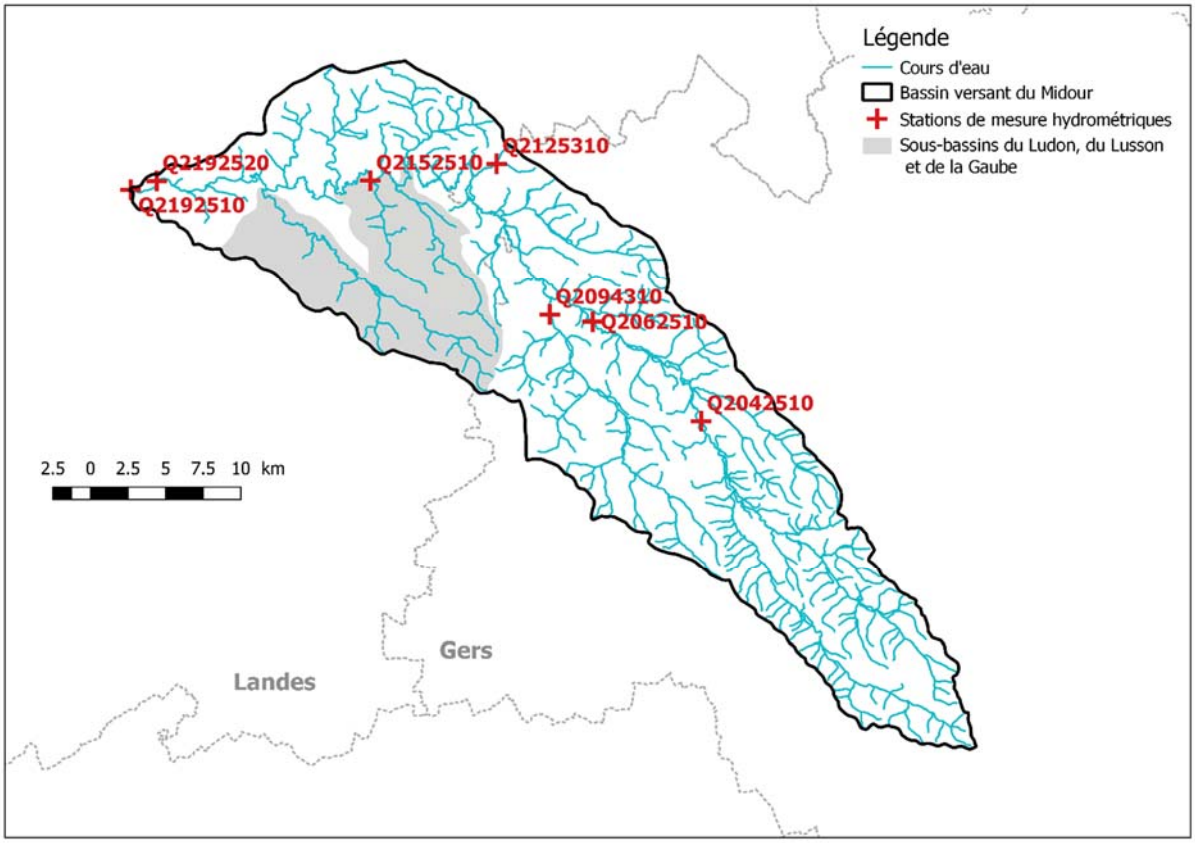


Illustration 35 - Stations de mesures hydrométriques présentes sur le bassin versant du Midour

CODE	Libelle de la station	Departement	Donnees disponibles - Debits	Debits	Regime influence	Superficie du bassin versant (km²)
Q2152510	La Midour a Villeneuve-de-Marsan	Landes (40)	1923 - 2018	Valides douteux	pas ou faiblement	600
Q2192510	Le Midou a Mont-de-Marsan	Landes (40)	1967 - 2011	Valides bons	pas ou faiblement	800
Q2192520	Le Midou a Mont-de-Marsan	Landes (40)	1967 - 2009 - 2018	provisoires	pas ou faiblement	800
Q2062510	Le Midour a Laujuzan	Gers (32)	1966 - 2006	Valides bons	fortement en etiage	256
Q2094310	L'Izaute a Monlezun-d'Armagnac	Gers (32)	1966 - 2006	Valides bons	fortement en etiage	111
Q2125310	La Houeillede a Lannemaignan	Gers (32)	1977 - 2006	Valides douteux	pas ou faiblement	4.43

Illustration 36 - Stations hydrométriques pour lesquelles des données de débits sont disponibles (source des données : Banque Hydro)

Les chroniques de débits moyens annuels mesurés à chacune de ces stations et jugés non « douteux » sont tracées à l'Illustration 37 : les stations Q2125310 et Q2152510 sont donc exclues de la suite de l'analyse. A chaque fois, les chroniques de débits moyens annuels avec moyenne mobile sur 5 années sont également tracées. La station de mesure des débits du Midour à Mont-de-Marsan a été remplacée en 2009 (Q2192510 → Q2192520) ; ces chroniques prennent en compte les débits mesurés à l'ancienne station pour la période pré-2009, et à la nouvelle station pour la période post-2009.

Le même travail est réalisé sur les QMNA à l'Illustration 37. On rappelle que le QMNA correspond au débit mensuel minimal d'une année calculé pour des mois calendaires. C'est donc une manière de calculer un débit d'étiage.

Les remarques suivantes peuvent être faites :

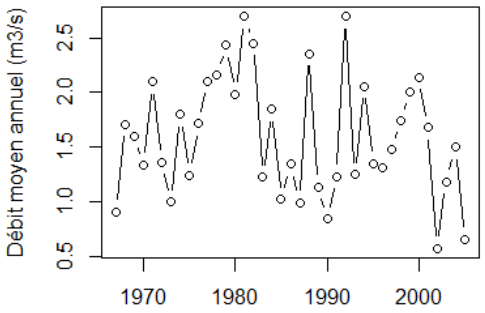
- Au-delà de la variabilité annuelle observée, on retrouve pour toutes les chroniques des débits moyens annuels (avec moyenne mobile) une cyclicité semblable à la cyclicité mise en évidence sur les pluies efficaces (visible sur les chroniques lissées avec moyenne mobile) : des cycles d'une petite vingtaine d'années environ semblent se produire avec les années ~1980 et ~2000 comme années « hautes ».
- Des tendances ou ruptures au sein des chroniques ne sont pas évidentes à distinguer du fait de la cyclicité : toutefois une tendance à la baisse globale se dégage sur la station située en aval du bassin versant (Q2192510-Q2192520), moins visible pour les stations amont. Les chroniques des stations amont sont plus courtes de plus d'une dizaine d'années, ce qui peut aussi expliquer la détection plus difficile de tendance.
- Une comparaison entre les débits moyens convertis en lame d'eau et les pluies efficaces annuelles est faite à l'Illustration 39 ; la corrélation entre débit moyen et pluie efficace se dégage bien et la baisse globale observée notamment sur les débits en aval du bassin versant semble s'expliquer quantitativement par la baisse estimée des pluies efficaces (*NB*. il faut rester vigilant sur les valeurs absolues de pluie efficace calculées dans la mesure où une valeur de capacité de stockage du sol arbitraire a été prise en compte dans le calcul ; ce sont les évolutions relatives qui sont plus pertinentes).
- Concernant les QMNA, on retrouve une tendance à la baisse pour la station située en aval du bassin versant du Midour. En revanche, cette tendance n'apparait pas pour les autres

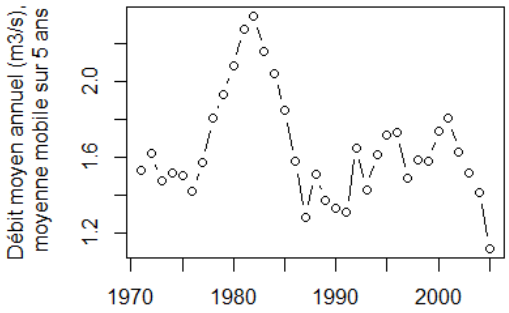
stations, avec même une tendance à la hausse pour la station Q2062510, du fait d'une hausse semblant se produire aux alentours début des années 1990, correspondant à la mise en place de réservoirs de soutien d'étiage sur le bassin versant (voir section 7.3).

- Afin d'évaluer l'impact potentiel de ces retenues sur le QMNA, nous avons calculé un débit moyen annuel de soutien d'étiage estimé à partir du volume cumulé des réservoirs du secteur à partir de la date de mise en service des retenues (on fait donc l'hypothèse que la totalité du volume des retenues est utilisé à des fins de soutien d'étiage) :
  - Pour la station Q2062510, les débits de soutien calculés valent 0.05 m^3/s à partir de 1986, puis 0.1 m^3/s à partir de 1989 pour atteindre 0.2 m^3/s à partir de 1993. Cette estimation simplificatrice montre qu'en matière d'ordre de grandeur, le soutien d'étiage assuré depuis 1986 est en mesure d'expliquer la hausse des QMNA. Si ces débits estimés correspondent à la réalité, on pourrait même avoir une tendance à la baisse des débits d'étiage (non observable sur la chronique car compensée par le soutien d'étiage provenant des retenues).
  - Pour la station Q2094310, aucun réservoir de soutien d'étiage défini comme tel ne semble exister.
  - Pour la station aval Q2192510-Q2192520, les débits de soutien calculés sur la base du volume des réservoirs valent 0.05 m^3/s à partir de 1986, puis 0.1 m^3/s à partir de 1989, puis 0.2 m^3/s à partir de 1990 pour atteindre 0.4 m^3/s à partir de 1993. Ces débits de soutien sont donc proportionnellement moins importants à ce niveau du bassin versant qu'en amont par rapport aux débits mesurés pour le cours d'eau, ce qui explique qu'ils n'ont pu compenser la tendance à la baisse observée sur les QMNA.

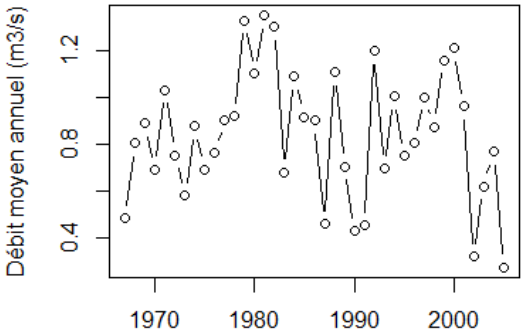
Ces hydrogrammes sont analysés plus en détail dans le chapitre 8.

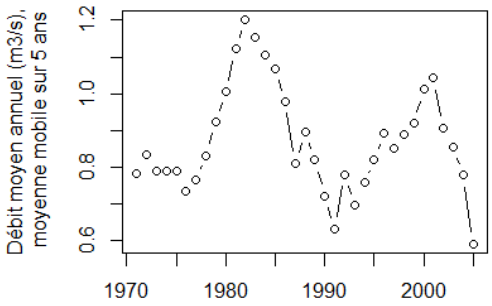
Q2062510



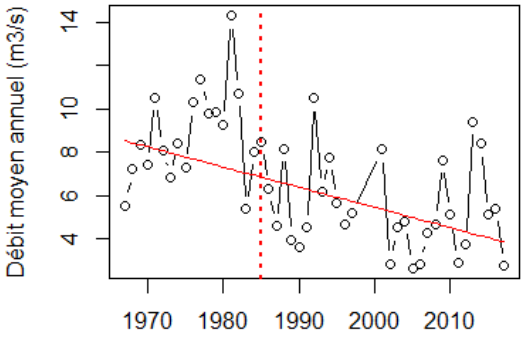


Q2094310





Q2192510 (avant le 01/11/2009) & Q2192520 (après le 01/11/2009)



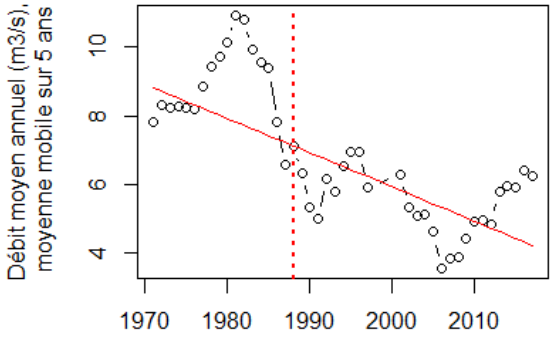
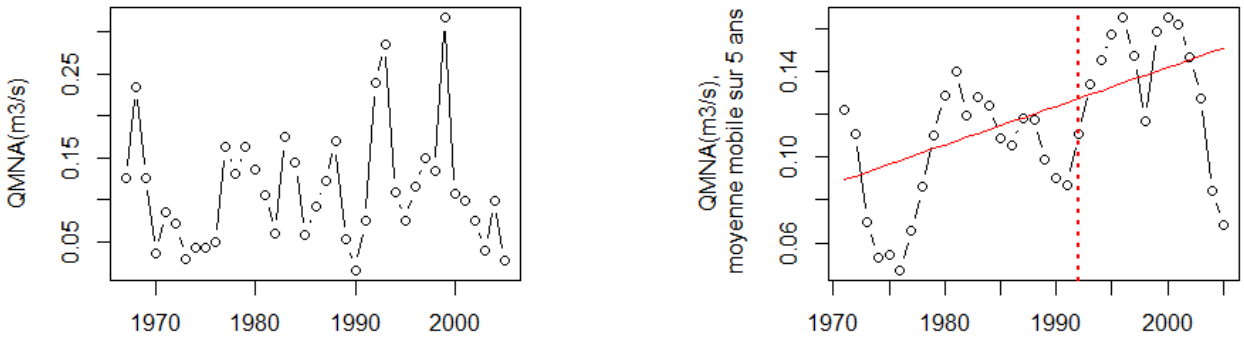
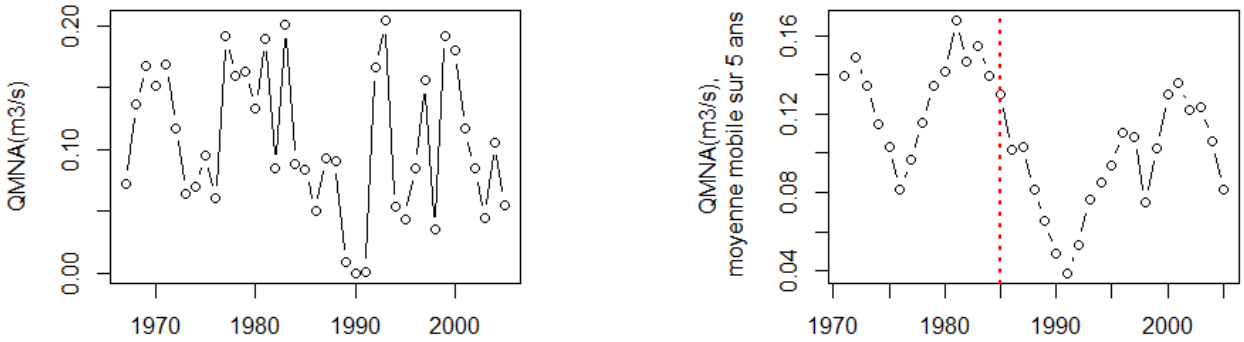


Illustration 37 - Chroniques des débits moyens annuels (gauche), avec une moyenne mobile au cours des 5 années précédentes (droite). Les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives.

Q2062510



Q2094310



Q2192510 (avant le 01/11/2009) & Q2192520 (après le 01/11/2009)

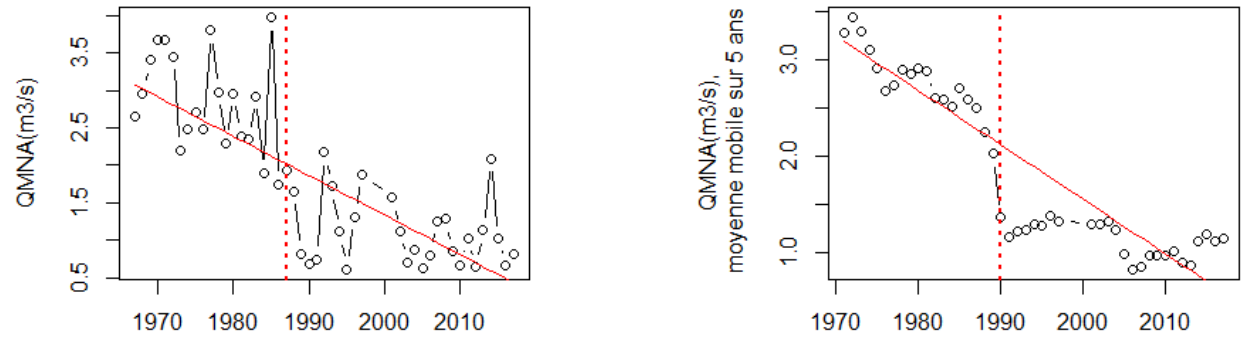
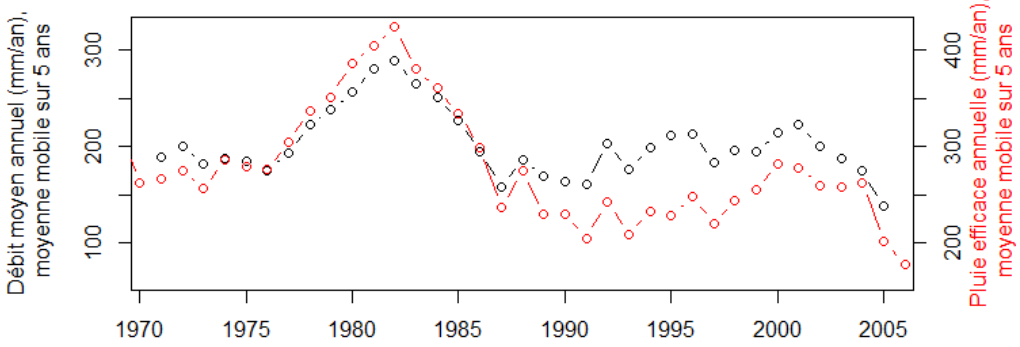
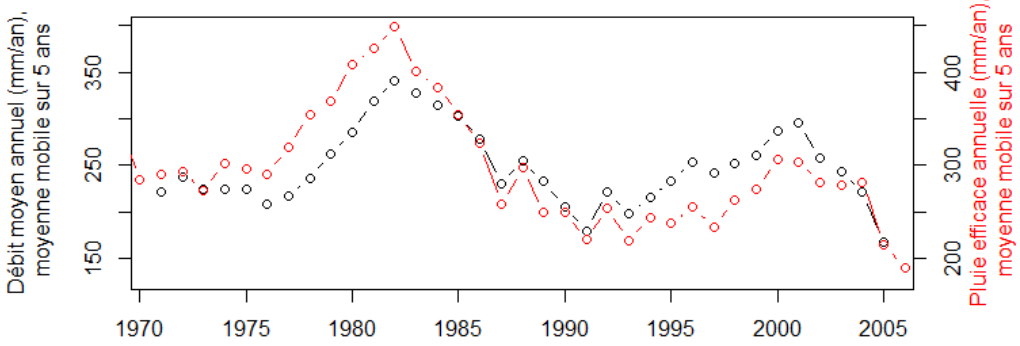


Illustration 38 - Chroniques des QMNA (gauche), avec une moyenne mobile au cours des 5 années précédentes (droite). Les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives.

Q2062510



Q2094310



Q2192510 (avant le 01/11/2009) & Q2192520 (après le 01/11/2009)

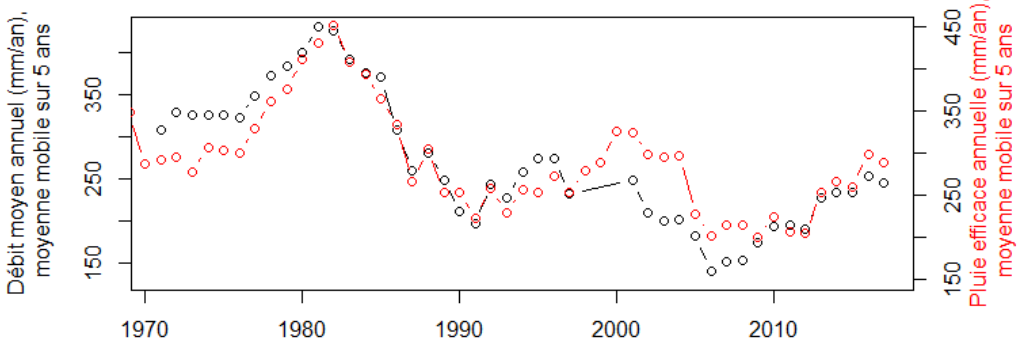


Illustration 39 - Comparaison entre les évolutions du débit moyen annuel (converti en lame d'eau, en mm/an) et la pluie efficace annuelle sur le bassin versant ou sous bassin versant drainé par la station hydrométrique.

6. Hydrogéologie du bassin versant du Midour

6.1. LES FORMATIONS AQUIFERES : RESSOURCES AVEREES OU POTENTIELLES ET LIMITES D'EXTENSION

6.1.1. Aquifères identifiés dans le bassin versant du Midour

Les formations potentiellement aquifères identifiées à partir de la description géologique du bassin versant et des études bibliographiques sont les suivantes :

- Calcaires de l'Aquitanien ;
- Calcaires de l'Helvétien ;
- Sables fauves ;
- Formations plio-quaternaires (Alluvions) ;
- Bancs calcaires intercalés au sein des molasses tertiaires (domaine continental du bassin versant).

Beaucoup plus en profondeur, il existe aussi d'autres formations aquifères, telles que les Sables Infra-Molassiques (SIM) d'âge éocène et les calcaires du Paléocène. Ces deux ensembles font l'objet d'une exploitation locale, comme par exemple pour l'eau potable au forage de Nogaro 2 qui exploite les SIM et pour la géothermie au forage GMM1 de Mont-de-Marsan qui exploite le Paléocène (Wuilleumier et al., 2015). Les deux sites de stockage de gaz de Lussagnet et Izaute concernent par ailleurs les Sables Infra-Molassiques. Ces aquifères profonds font l'objet d'une étude destinée à mieux appréhender le caractère durable de leur exploitation[6]. Compte tenu de leur caractère très profond, ces aquifères ne sont pas étudiés spécifiquement dans le cadre du présent rapport.

6.1.2. Configurations rencontrées dans le bassin versant du Midour

Le caractère incomplet de la séquence idéale des dépôts a été mentionné précédemment, expliqué notamment par la localisation du secteur d'étude en limite de paléorivages. Afin de préciser les configurations possibles impliquant ces formations aquifères et ainsi de mieux comprendre le fonctionnement hydrogéologique du secteur (échanges potentiels entre nappes) et l'extension des formations, nous avons établi, à partir des logs géologiques validés des ouvrages du bassin présents dans la Banque du Sous-Sol, les séquences effectivement observées dans le bassin versant.

La sélection des ouvrages s'est faite selon les critères suivants :

- profondeur de l'ouvrage entre 10 et 250 m ;
- présence d'un log géologique validé.

Au final, les ouvrages sélectionnés permettent seulement de préciser le schéma lithologique marin, car seule la partie ouest du bassin versant est documentée. Les séquences effectivement observées sont les suivantes :

- « 0 » pas assez d'information (par exemple la coupe géologique s'arrête à la formation des Sables fauves)

[6] http://sigesaqi.brgm.fr/-Projet-de-recherche-GAIA-.html

- « 1-a » : Sables fauves / Calcaires de l'Helvétien / Molasse du Burdigalien / Calcaires de l'Aquitanien
- « 1-b » : Calcaires de l'Helvétien / Molasse du Burdigalien / Calcaires de l'Aquitanien
- « 1-c » : Sables fauves / Calcaires de l'Helvétien [/ Molasse du Burdigalien /]
- « 1-d » : Calcaires de l'Helvétien [/ Molasse du Burdigalien /]
- « 2-a » : Sables fauves / Molasse du Burdigalien / Calcaires de l'Aquitanien
- « 2-b » : Sables fauves / Calcaires de l'Aquitanien
- « 3-a » : Sables fauves / Molasses du Burdigalien
- « 3-b » : Molasses du Burdigalien

NB. La classification est réalisée de sorte à faciliter l'interprétation de ces schémas en terme de fonctionnement hydrogéologique : ainsi les séquences « 1-x » correspondent à la présence des calcaires de l'Helvétien, les séquences « 2-x » à la présence des calcaires de l'Aquitanien et l'absence des calcaires de l'Helvétien, et les séquences « 3-x » à l'absence des calcaires de l'Helvétien et de l'Aquitanien. La présence ou non des formations plio-quaternaires et des Glaises bigarrées n'est pas indiquée afin de ne pas démultiplier le nombre de configurations possibles.

La carte indiquant la localisation des ouvrages et la configuration effectivement observée est fournie à l'Illustration 40.

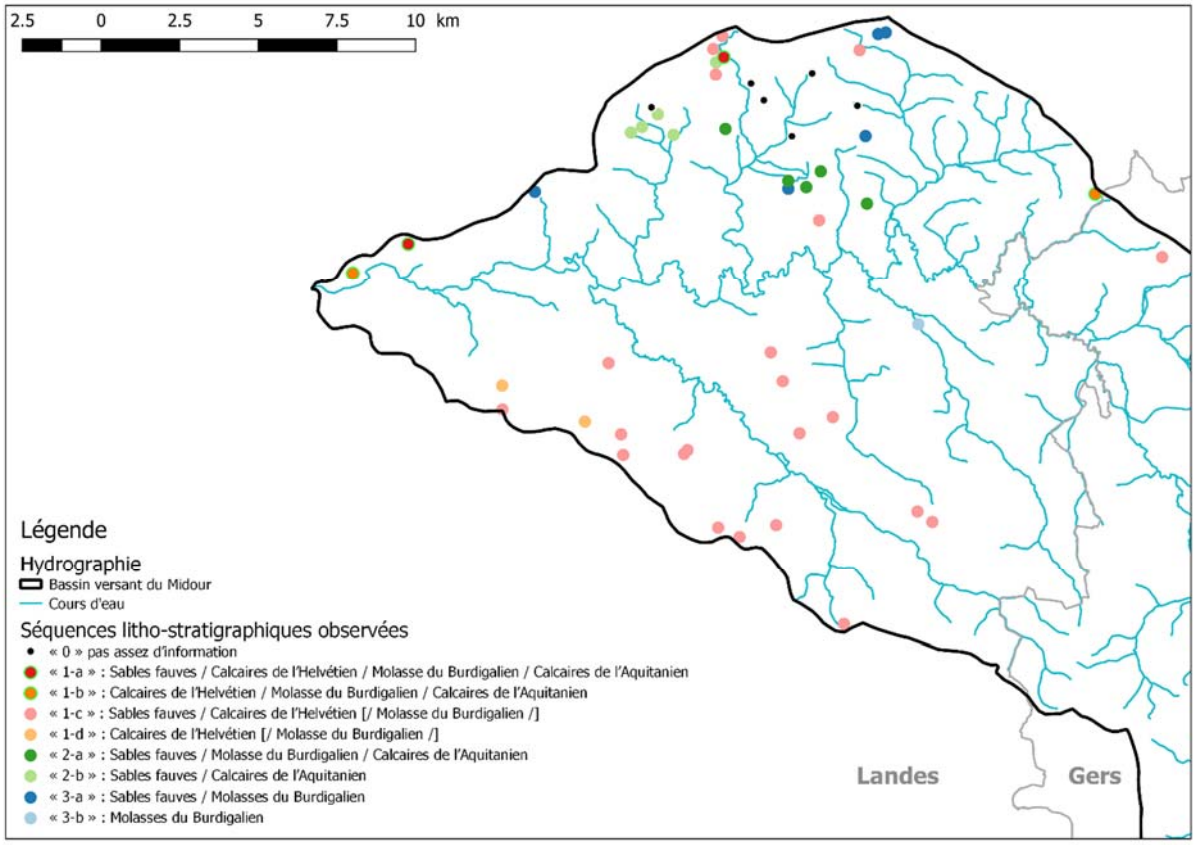


Illustration 40 - Séquences litho-stratigraphiques observées à partir des informations des forages de la Banque du Sous-Sol

On observe donc sur cette carte que des lacunes existent pour toutes les formations du schéma lithologique « idéal », entrainant un nombre de configurations important. On observe également qu'une certaine cohérence spatiale existe, donnant des indications sur les extensions des différentes formations. Nous utilisons, par la suite, ces résultats pour compléter les informations collectées dans la littérature sur les différentes formations aquifères.

6.2. CALCAIRES DE L'AQUITANIEN

6.2.1. Description

Peu d'informations existent sur les calcaires de l'Aquitanien au droit du bassin versant du Midour ; on se trouve en effet en limite est de la formation qui s'approfondit ensuite vers l'ouest au-delà de la zone d'étude. La formation aquifère des calcaires de l'Aquitanien n'est donc présente que dans la partie aval du bassin versant du Midour. D'après Moreau (1989), la nappe est libre dans sa partie amont, et les plus fortes épaisseurs de l'Aquitanien se situent à Mont-de-Marsan (75 m).

D'après l'illustration 40, on peut confirmer la présence des calcaires de l'Aquitanien dans la partie très aval du bassin versant. On voit également que la limite de captivité pourrait se situer au sein du bassin dans la mesure où les deux ouvrages qui recoupent cette formation le plus à l'amont dans le bassin montrent que les calcaires de l'Aquitanien sont sous couverture des molasses du Burdigalien, alors que d'autres ouvrages, au nord-ouest du bassin versant, montrent une connexion directe entre sables fauves (souvent affleurants, cf. la carte géologique à l'illustration 17) et calcaires de l'Aquitanien.

6.2.2. Piézométrie - relations nappe-rivière

Une seule carte piézométrique a été réalisée à l'échelle du secteur d'étude. Il s'agit de celle levée par Moreau (1989) après deux campagnes de mesures conduites en période d'étiage (octobre 1987) et en période de hautes eaux (printemps 1988). Cette carte est présentée en annexe 4. D'après Moreau (1989), la nappe de l'Aquitanien est libre dans sa partie amont du bassin versant du Midour (et du bassin versant de la Douze) ; il mentionne que l'Aquitanien est entaillé profondément par le Midour, sur une courte distance en aval de Villeneuve-de-Marsan, ce qui permet le drainage de la nappe par le cours d'eau ; mais ensuite, plus en en aval, la nappe est captive et n'est plus drainée. Il n'est pas fait mention de tels affleurements sur les cartes géologiques ni dans les notices.

La carte piézométrique montre un écoulement du nord/nord-est vers le sud-ouest, avec un gradient constant et de faible ampleur, montrant une formation dont la transmissivité est homogène.

6.2.3. Évolution de la piézométrie

Un point de suivi des niveaux piézométriques de la nappe des calcaires de l'Aquitanien existe sur le bassin versant ; il s'agit du piézomètre 09258X0023/F de Labesque à Gaillères. La chronique piézométrique associée est fournie à l'Illustration 41. La superposition de la chronique des pluies efficaces calculées dans le secteur (Illustration 42) semble montrer une certaine corrélation entre niveaux piézométriques et pluie efficace. Cette influence présumée des précipitations sur la piézométrie de l'Aquitanien serait en cohérence avec la littérature qui mentionne le caractère libre de l'Aquitanien, au moins en partie, dans le bassin versant du Midour.

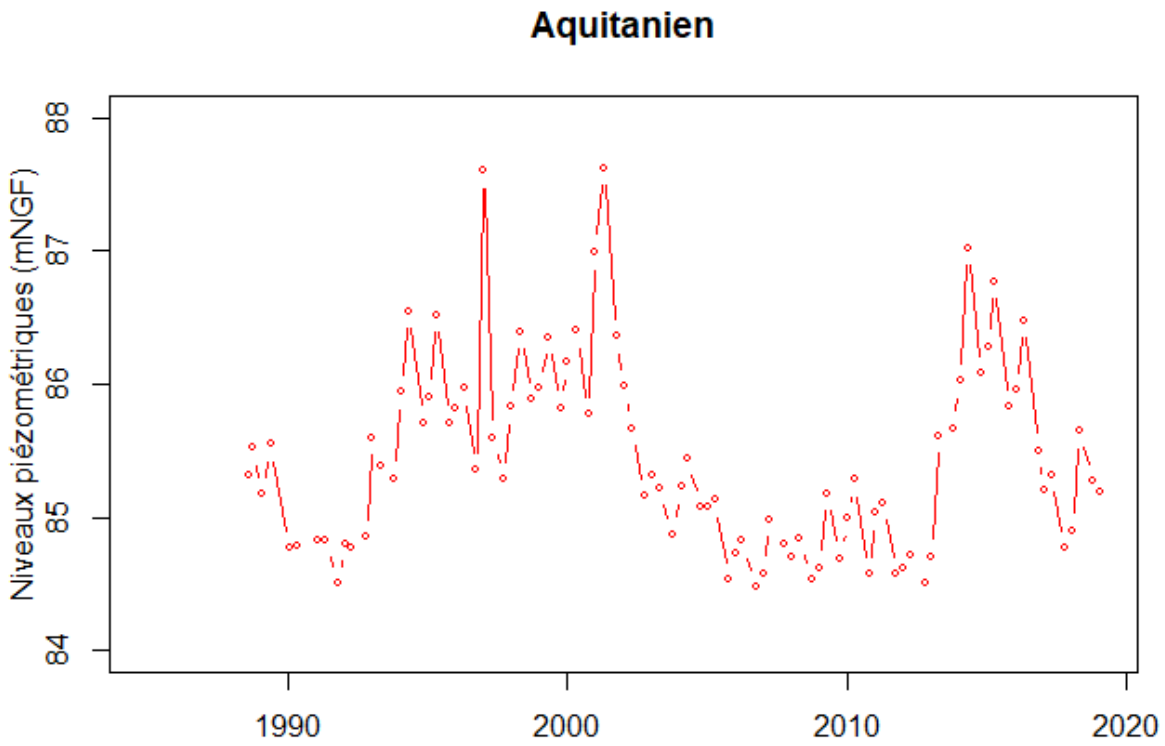


Illustration 41 - Chronique piézométrique du point d'eau 09258X0023/F (Source ADES)

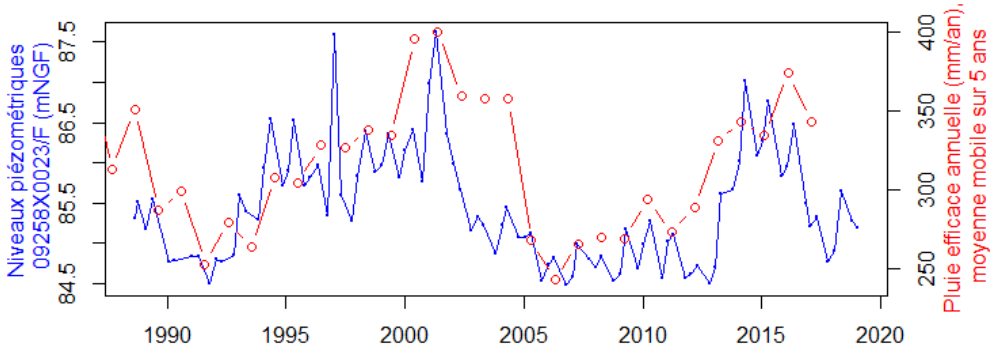


Illustration 42 - Comparaison entre la chronique piézométrique mesurée à l'ouvrage 09258X0023/F, et celle de pluie efficace annuelle sur la maille SAFRAN concernée (la pluie efficace lissée par moyenne mobile sur 5 années est affichée ici)

6.2.4. Paramètres hydrodynamiques

Les paramètres hydrodynamiques retrouvés pour l'aquifère des calcaires de l'Aquitanien proviennent de l'étude de Moreau (1989) : 23 valeurs de transmissivité ont été estimées à partir de pompages d'essai. Toutefois, les ouvrages testés sont tous à l'extérieur (à l'ouest) du bassin versant du Midour, même si certains points en sont très proches. A cet égard, il est à mentionner que de nombreuses autres valeurs de paramètres hydrodynamiques avaient été recensées par Pedron et al. (2001) sur cet aquifère, ainsi que sur celui de l'Helvétien (cf. partie 6.3.4), sur des secteurs néanmoins éloignés de la zone d'étude.

L'histogramme des transmissivités estimées est fourni à l'Illustration 43 et la cartographie des mesures à l'Illustration 44. On observe une certaine homogénéité des transmissivités, à des valeurs fortes.

Quelques valeurs de coefficient d'emmagasinement ont également été collectées juste en aval du bassin versant (voir Illustration 45). Les valeurs mesurées sont comprises entre 2.5 et 4.5 x 10^{-4} ce qui correspond à une valeur élevée dans ce secteur où la nappe est captive (voire l'influence d'une éventuelle zone libre ou semi-captive).

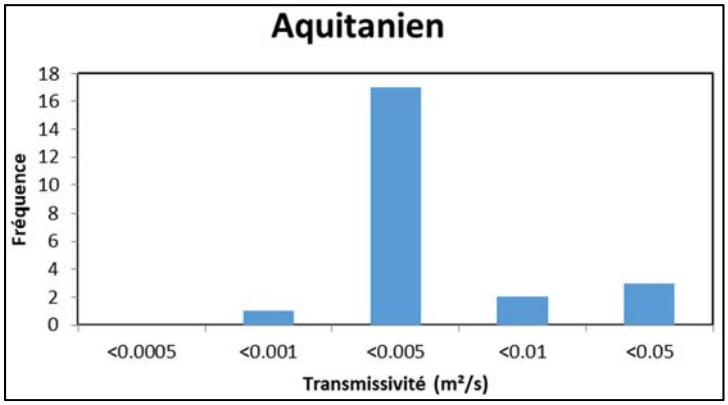


Illustration 43 - Histogrammes des valeurs de transmissivités collectées pour l'aquifère des calcaires de l'Aquitanien

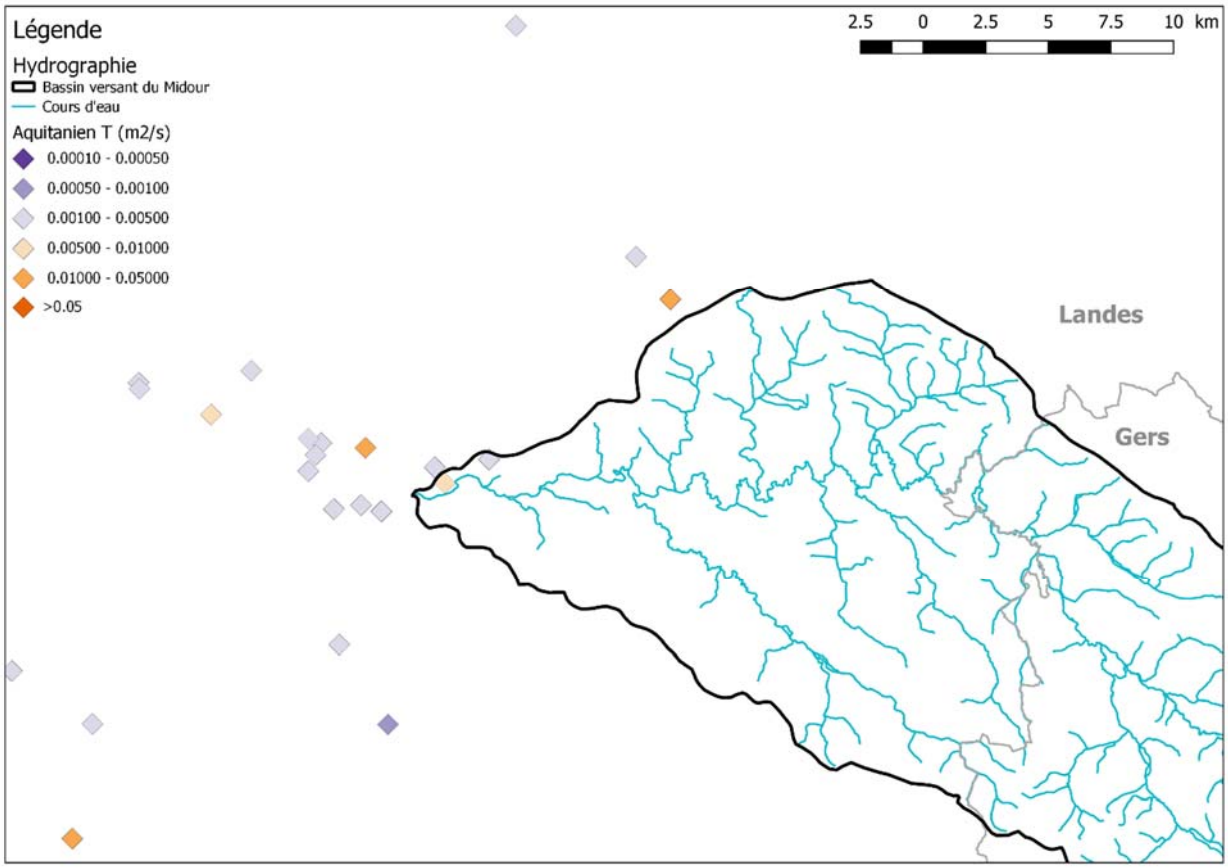


Illustration 44 - Cartographie des valeurs de transmissivité collectées pour l'aquifère des calcaires de l'Aquitanien.

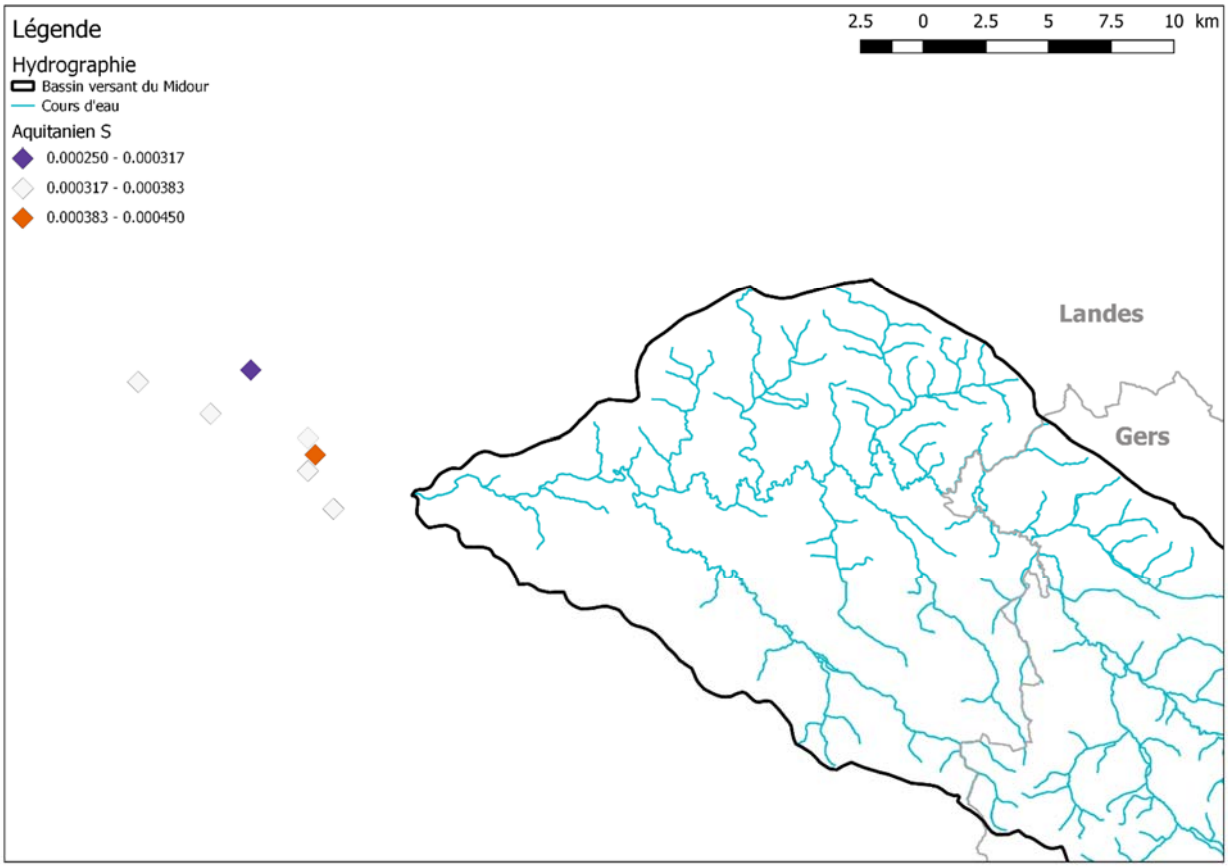


Illustration 45 - Cartographie des valeurs de coefficient d'emmagasinement collectées pour les calcaires de l'Aquitanien

6.3. CALCAIRES DE L'HELVETIEN

6.3.1. Description

La formation des calcaires de l'Helvétien est la plus documentée dans la mesure où elle constitue la ressource en eau souterraine la plus exploitée du bassin versant du Midour.

L'Helvétien s'étant déposé en limite de transgression au droit du bassin versant du Midour, des variations importantes de facies (calcaires, sableux, argileux) existent au sein de ces dépôts (voir Bernard et al., 1983 ; ANTEA, 2015 par exemple).

Toutefois, une certaine continuité d'une formation aquifère aux bonnes caractéristiques (porosité et perméabilité élevées) semble se dégager au droit du bassin versant du Ludon (Bernard et al., 1983, CARA, 1986, Ricard et al., 1999, ANTEA, 2015). Au nord et à l'est de ce bassin versant, on se rapproche des limites de sédimentation de ces calcaires gréseux bioclastiques. La CARA (1986), s'intéressant aux bassins versants du Lusson et de la Gaube (adjacents au bassin versant du Ludon à l'est), mentionne les mêmes propriétés porosité/perméabilité des calcaires et graviers coquillers du secteur que ceux du bassin versant du Ludon lorsqu'ils existent, mais une plus grande variabilité de leur épaisseur et une variation de faciès plus importante sont notées : les calcaires ne seraient présents que dans des secteurs localisés, et ailleurs les sables plus ou moins argileux présentent des propriétés aquifères dégradées. Ricard et al. (1989) proposent quant à eux une limite d'extension des calcaires de l'Helvétien englobant ces sous bassins versants du Lusson et de la Gaube alors qu'ANTEA (2015) n'a pas considéré cette zone dans

l'extension des calcaires de l'Helvétien, ce qui montre l'incertitude existant autour de la limite des calcaires helvétiens « continus ». L'étude de Bernard (1980), sur un secteur correspondant au nord de la partie amont du bassin versant du Midour montre que des dépôts calcaires coquillers helvétiens peuvent exister mais ils sont très peu présents. En se basant sur la limite sud établie par ANTEA (2015) à partir de l'analyse de sondages existants, on peut remarquer que la formation des calcaires de l'Helvétien ne s'étend que très peu au-delà des limites du bassin versant du Midour.

Le travail fait dans le cadre de cette étude sur les logs géologiques validés du secteur montre des conclusions cohérentes avec la synthèse bibliographique ; pour tous les ouvrages sélectionnés appartenant au bassin versant du Ludon, les calcaires de l'Helvétien ont été mis en évidence ; au nord des bassins versants du Lusson et de la Gaube, ces calcaires sont la plupart du temps inexistants.

La nappe des calcaires de l'Helvétien, quand cette formation aquifère est présente, est souvent libre, étant surplombée par les sables fauves serravaliens perméables, et alimentée principalement par les précipitations. Toutefois, les glaises bigarrées peu perméables sont en recouvrement sur une partie de la zone d'étude (secteur Artassenx, Pujo-le-Plan).

6.3.2. Piézométrie - relations nappe-rivière

Différentes cartes piézométriques des calcaires de l'Helvétien, couvrant un territoire plus ou moins étendu au sein du bassin versant du Midour, ont été établies :

- Bernard et al., 1983 : Levés piézométriques en janvier 1981 (hautes-eaux) ;
- CARA, 1986 : Levés piézométriques en décembre 1985 (hautes-eaux) ;
- Moreau et al., 1989 : Levés piézométriques en octobre 1987 (étiage) et au printemps 1988 (hautes-eaux) ;
- Ricard et al., 1999 : Levés piézométriques en juillet 1999 (étiage) ;
- UPMC, 2017 : Levés piézométriques en mars 2017 (hautes-eaux).

Une seule étude a permis l'établissement simultané d'une carte piézométrique pour les calcaires de l'Helvétien et d'une autre carte pour les calcaires de l'Aquitanien (Moreau, 1989), ce qui permet d'évaluer la possibilité d'échanges entre ces deux horizons calcaires : dans notre zone d'étude, les nappes ne semblent pas dépendantes et ont des sens d'écoulement relativement différents. Ces deux cartes sont présentées respectivement en annexe 4 et en annexe 5.

Toutes les études consultées mentionnent le fait que, dans le secteur d'étude et sous un régime peu influencé, la nappe de l'Helvétien est drainée (relativement fortement) par tous les cours d'eau : ANTEA (2015) par modélisation, Bernard et al. (1983), CARA (1986), Moreau et al. (1989), Ricard et al. (1999) et l'UPMC (2017) par levé d'une carte piézométrique (complétée par l'étude de la chimie des eaux pour l'UPMC, 2017) montrent un drainage de la nappe par le Midour et ses affluents notamment le Ludon, la Gaube, et le Lusson. Les écoulements se font donc principalement dans la direction de ces cours d'eau, du sud-est vers le nord-ouest.

L'étude de l'UPMC (2017) mentionne toutefois que, dans certains cas particuliers, certains cours d'eau du bassin versant du Midour (affluents du Ludon) pourraient alimenter la nappe des calcaires de l'Helvétien. De plus, cette même étude mentionne l'alimentation de la nappe par certains cours d'eau extérieurs au bassin versant (ruisseau de Bos, au sud du Ludon). La carte piézométrique établie dans la cadre de cette étude de 2017 (la plus récente) est reproduite à l'Illustration 46.

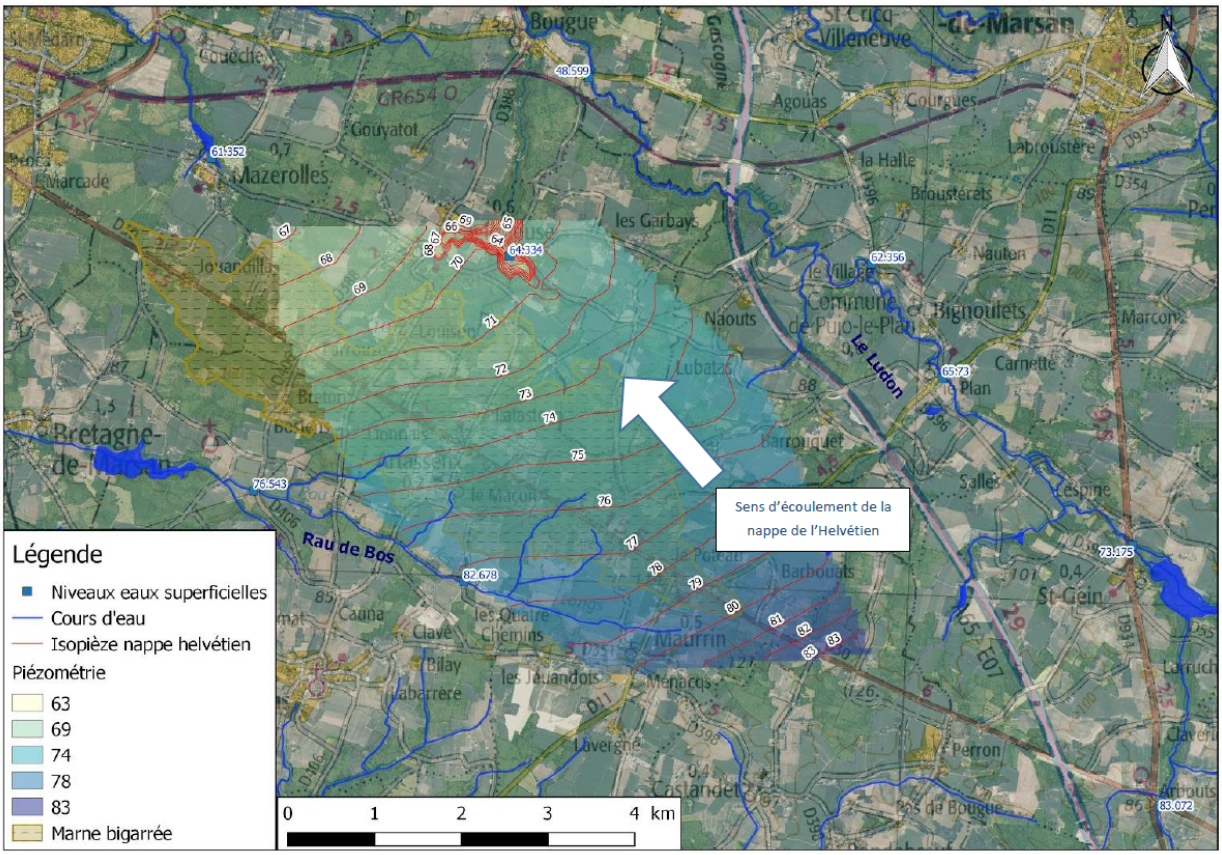


Illustration 46 - Piézométrie de la nappe des calcaires de l'Helvétien au niveau du bassin versant du Ludon (d'après UMPC, 2017)

6.3.3. Evolution de la piézométrie

Au sein du bassin versant du Midour, 11 points de suivi des niveaux piézométriques de la nappe de l'Helvétien sont présents ; ils sont listés à l'Illustration 47. Il convient de noter que ces ouvrages sont souvent associés à la masse d'eau relative aux sables fauves. Toutefois, lorsque l'Helvétien est directement sous recouvrement de cette dernière formation géologique, il n'y a pas de nappe distincte dans les sables fauves (voir section 6.4), et les ouvrages dans ces secteurs sont donc considérés ici comme captant la nappe de l'Helvétien, formation qui fournit les perméabilités et donc les débits les plus élevés.

La totalité des chroniques est affichée à l'Illustration 48. Les chroniques piézométriques semblent varier de façon relativement similaire, avec des variations pluriannuelles plutôt semblables à l'exception de l'ouvrage 09525X0006/PUITS situé au niveau du captage des Arbouts (à Saint-Gein), dont la stabilité des niveaux est expliquée, par ANTEA (2015), par la proximité de cet ouvrage avec un cours d'eau.

Toutefois, deux chroniques se distinguent des autres par une baisse globale des niveaux prononcée avant 2005 : il s'agit des mesures faites aux ouvrages de Pujo-le-Plan (09514X0033/F2 & 09514X0040/F). Cette remarque, qui a également été faite par ANTEA (2015), est illustrée par l'Illustration 49 qui compare une de ces deux chroniques (09514X0033/F2) avec celle enregistrée à Bourdalat (09526X0076/F) et dont la baisse est bien moindre.

Identifiant BSS	Ancien code national BSS	Type	Commune	Département	Dénomination
BSS002EDHD	09514X0033/F2	Piézomètre	Pujo-le-Plan (40238)	Landes	Captage de Bordes Rec.
BSS002EDHF	09514X0035/F	Piézomètre	Mazerolles (40178)	Landes	Broustet
BSS002EDHJ	09514X0039/F	Piézomètre	Laglorieuse (40139)	Landes	Pécoste
BSS002EDHK	09514X0040/F	Piézomètre et qualitomètre	Pujo-le-Plan (40238)	Landes	Bordes-Lafenêtre
BSS002EEQG	09521X0013/F1	Piézomètre	Perquie (40221)	Landes	Marcon
BSS002EEQT	09521X0024/F	Piézomètre	Villeneuve-de-Marsan (40331)	Landes	Côte Rouge
BSS002EFAM	09525X0006/PUITS	Piézomètre et qualitomètre	Saint-Gein (40259)	Landes	Captage des Arbouts
BSS002EFBN	09525X0033/F	Piézomètre	Castandet (40070)	Landes	Cachala
BSS002EFJR	09526X0076/F	Piézomètre	Bourdalat (40052)	Landes	Toujé
BSS002EFKF	09526X0090/F	Piézomètre et qualitomètre	Hontanx (40127)	Landes	Bacoge
BSS002EFMF	09526X0212/F	Piézomètre et qualitomètre	Houga (32155)	Gers	Latrille

Illustration 47 - Liste des points de suivi des niveaux piézométriques de la nappe de l'Helvétien au sein du bassin versant du Midour (source ADES)

Les évolutions des niveaux piézométriques observées sur une des chroniques de Pujo-le-Plan (09514X0033/F2), ainsi que sur celle de Bourdoulat (09526X0076/F) et de Perquie (09521X0013/F1) sont comparées avec celle des pluies efficaces lissées (moyenne mobile sur 5 années) à l'Illustration 50. Une certaine corrélation se dégage entre pluie efficace et niveaux piézométriques pour les deux derniers ouvrages (plus importante semble-t-il pour le dernier), et une corrélation beaucoup moins nette pour l'ouvrage de Pujo-le-Plan : en particulier, la baisse prononcée observée n'est pas corrélée avec les variations de pluie efficace. ANTEA (2015) a attribué la baisse des niveaux piézométriques observés à Pujo-le-Plan aux prélèvements sur 3 captages proches, ce qui semble cohérent avec les observations faites ici.

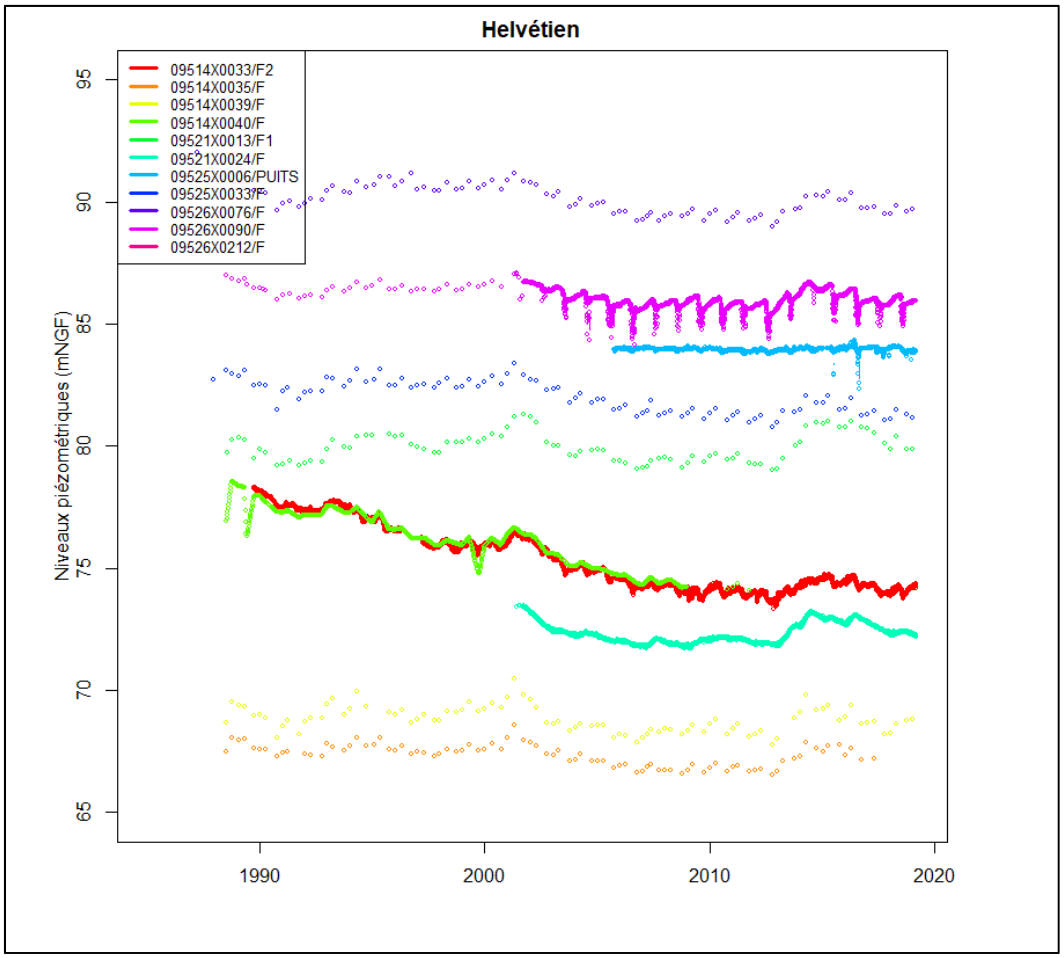


Illustration 48 - Evolution des niveaux piézométriques de l'Helvétien au sein du bassin versant du Midour (source ADES)

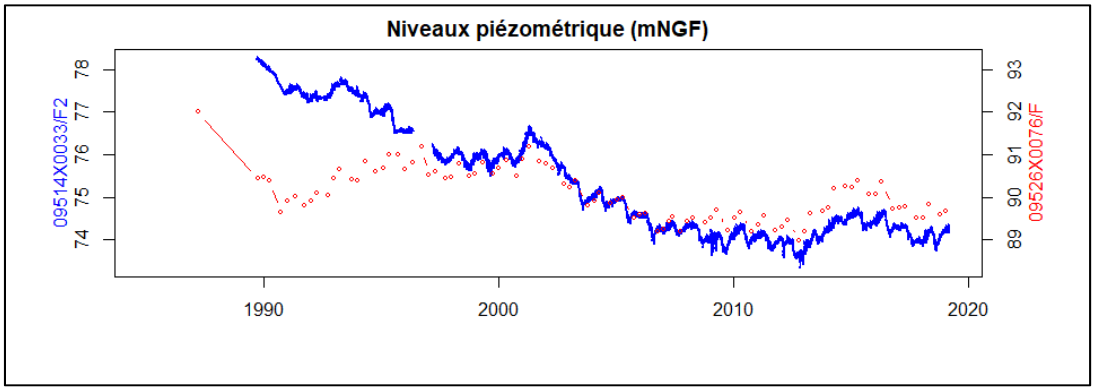


Illustration 49 - Comparaison entre les chroniques piézométriques de deux ouvrages du bassin versant (source ADES)

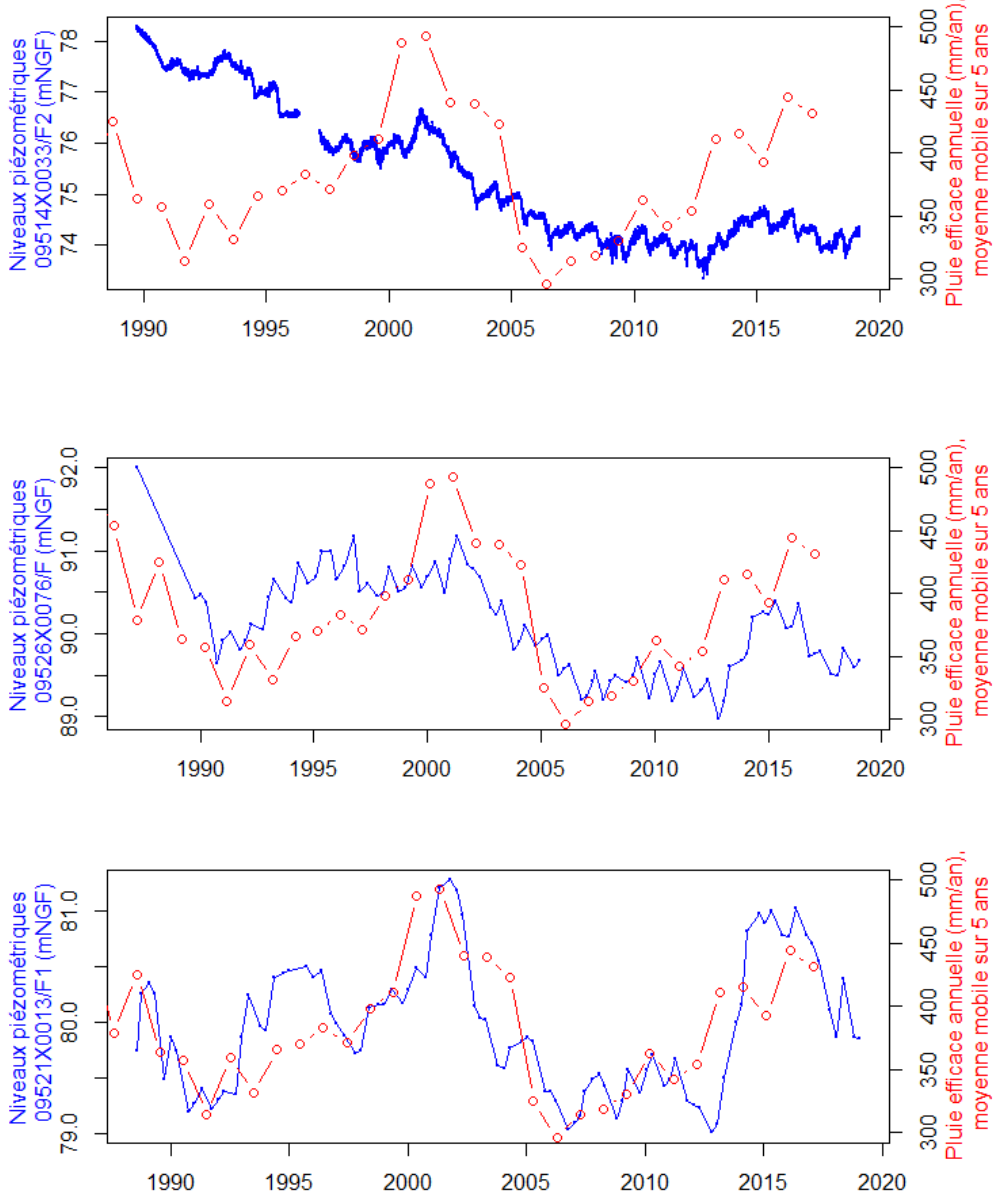


Illustration 50 - Comparaison entre les chroniques piézométriques mesurées aux ouvrages 09514X0033/F2, 09526X0076/F et 09521X0013/F1 et celle de pluie efficace annuelle sur la maille SAFRAN concernée ((la pluie efficace lissée par moyenne mobile sur 5 années est affichée ici)

6.3.4. Paramètres hydrodynamiques

Comme pour les calcaires de l'Aquitanien, c'est l'étude de Moreau (1989) qui a permis de collecter la plupart des données hydrodynamiques relatives à l'aquifère des calcaires de l'Helvétien. Ce jeu de données a été complété par des informations reprises dans les études de Bernard et al. (1983) et d'ANTEA (2015). Au total, 34 mesures de transmissivité sont cartographiées sur l'Illustration 52. Certaines sont en dehors des contours du bassin versant du Midour ; l'Illustration 51 montre la distribution de toutes les valeurs de transmissivité collectées et de celles spécifiques au bassin versant (essentiellement au sein du bassin versant du Ludon). On voit que les valeurs de transmissivité du bassin versant sont dans la fourchette haute des transmissivités estimées pour les calcaires de l'Helvétien.

L'étude d'ANTEA (2015) estime une valeur de 10% pour le coefficient d'emmagasinement libre et des valeurs comprises entre 8 x 10^{-2} et 9 x 10^{-3} pour le coefficient d'emmagasinement captif (correspondant aux zones sous recouvrement des glaises bigarrées) après calibration d'un modèle hydrodynamique en régime transitoire. Toutefois, on remarque que les valeurs d'emmagasinement captif obtenues sont très élevées et sont plutôt représentatives d'un fonctionnement libre.

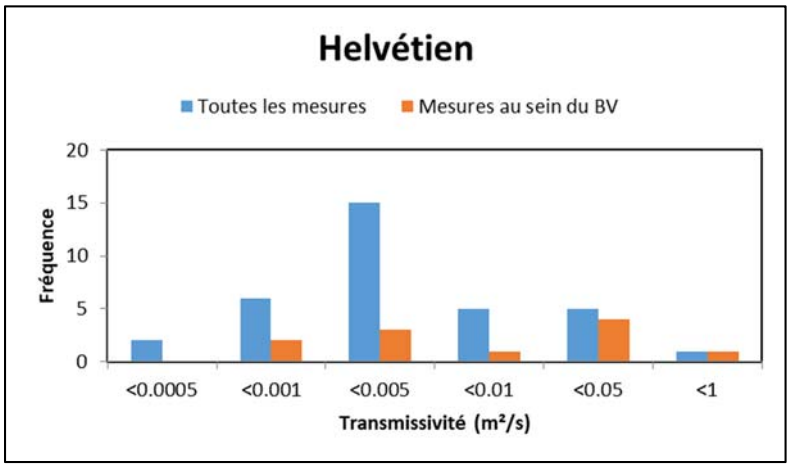


Illustration 51 - Histogramme des valeurs de transmissivités collectées pour les calcaires de l'Helvétien (en orange, les valeurs spécifiques au bassin versant du Midour)

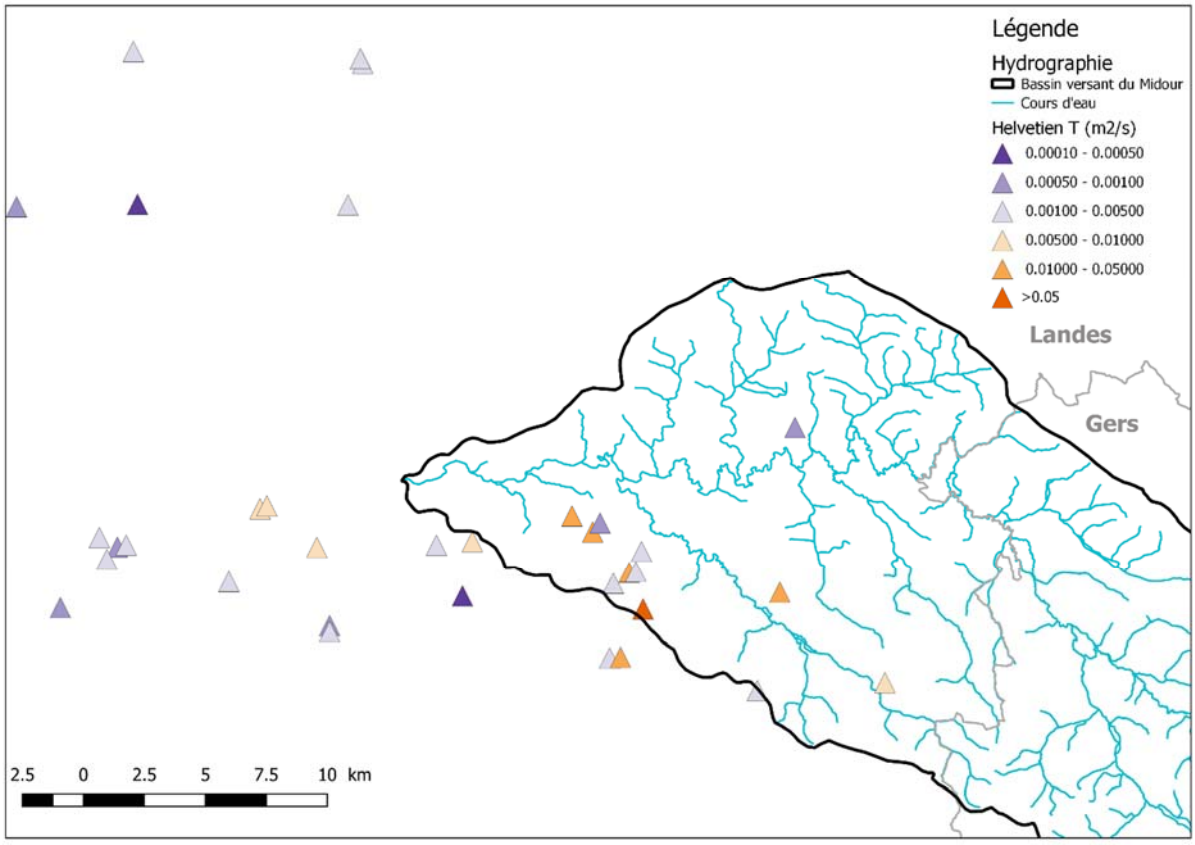


Illustration 52 - Cartographie des valeurs de transmissivités collectées pour les calcaires de l'Helvétien

6.4. SABLES FAUVES

6.4.1. Description

La formation des sables fauves est la formation aquifère la plus étendue sur le bassin versant du Midour. Toutefois, le contexte hydrogéologique diffère fortement selon les secteurs étudiés.

Là où la nappe des calcaires de l'Helvétien est présente, les sables fauves sont en recouvrement de ces calcaires et par conséquent, les sables drainent les eaux météoriques vers les calcaires sans l'établissement d'une nappe indépendante au sein des sables à proprement parler. Ceci induit potentiellement une dégradation de la qualité des eaux souterraines rencontrées dans les calcaires helvétiens sous-jacents, celles-ci ne bénéficiant pas à proprement parler d'une protection naturelle pouvant faire obstacle à la percolation d'éléments polluants.

Au nord de la partie aval du bassin versant, là où des lacunes existent au niveau des calcaires de l'Helvétien, elle peut être présente directement au contact des molasses du Burdigalien, et une nappe pourrait s'y développer. Celle-ci a fait l'objet de l'étude de Bernard (1980) et une carte de synthèse précisant des fourchettes de débits potentiels pour des prélèvements au sein des sables fauves a été établie à partir de travaux hydrogéologiques et géophysiques (Illustration 53) ; toutefois, le potentiel de cette formation dans cette zone reste peu documenté. Bernard (1980), dans sa conclusion, constate que ce sont les calcaires coquillers situés à la base des sables fauves qui, lorsqu'ils sont présents, présentent les meilleures propriétés. Cette formation parait peu exploitée dans ce secteur : seuls quelques forages agricoles semblent capter cette nappe. Si cette nappe existe, elle est principalement libre mais peut se retrouver sous recouvrement des glaises bigarrées peu perméables (et des sables plio-quaternaires plus perméables).

Ailleurs dans le bassin versant du Midour, les sables fauves se sont déposés sur les molasses tertiaires de l'Aquitanien, du Burdigalien, et de l'Helvétien inférieur en domaine continental. Les informations existantes sur la formation des sables fauves dans ce secteur sont issues de la synthèse hydrogéologique du département du Gers (Soulé, 1977) et de sa mise à jour (Béranger et al., 2012). Les sables fauves y sont décrits comme un milieu aquifère de bonne perméabilité, mais fortement découpé par les cours d'eau qui s'écoulent en général en dessous du mur des sables. Des nappes existent donc, alimentées par les précipitations, mais, de façon générale, le stockage d'eau y est faible. Certaines exceptions sont données comme le captage AEP de la Fontaine Sainte d'Estang.

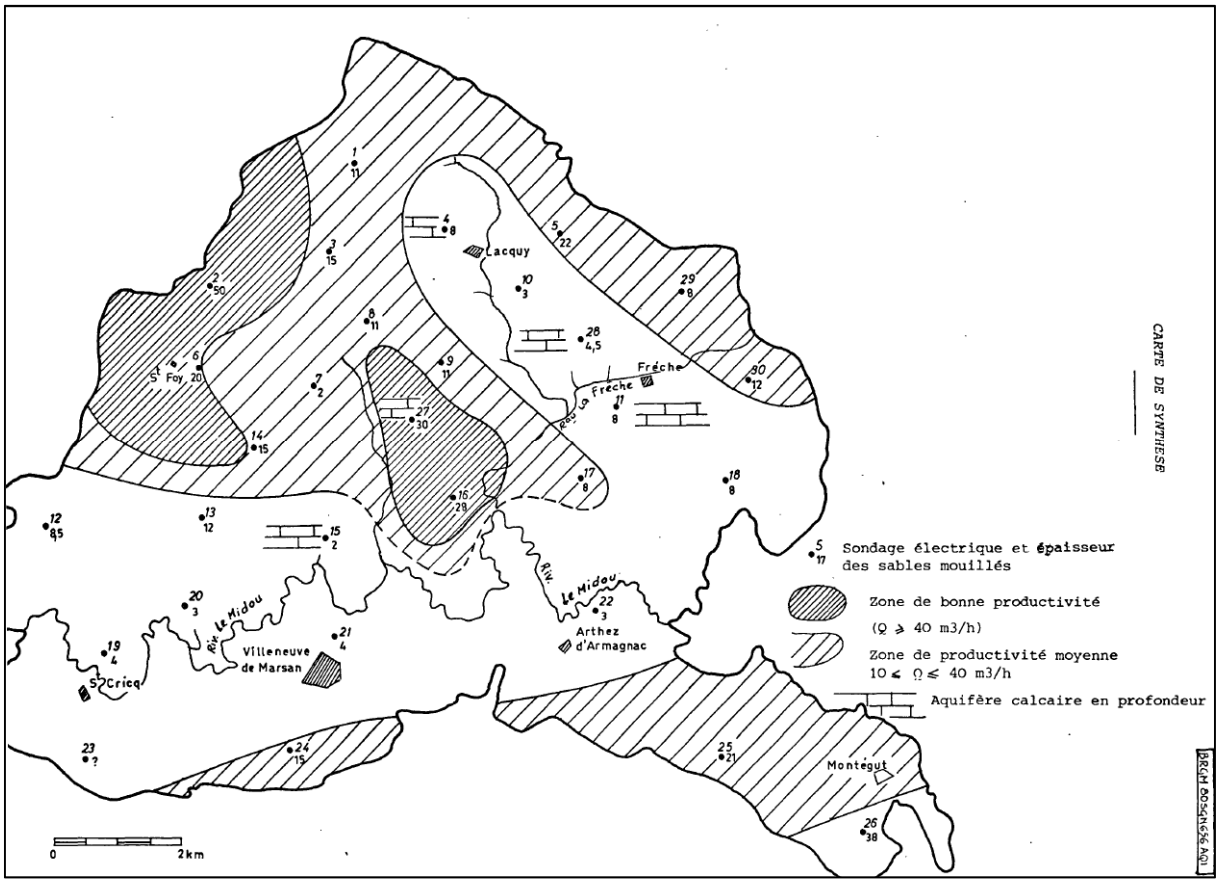


Illustration 53 - Carte de synthèse de l'étude Bernard (1980) sur l'aquifère des sables fauves (avec des indications sur les débits potentiellement atteignables)

6.4.2. Piézométrie - relations nappe-rivière

Comme discuté précédemment, la piézométrie des sables fauves est celle des calcaires de l'Helvétien là où les deux formations sont présentes.

Au nord de la partie aval du bassin versant, là ou des discontinuités importantes existent au sein des calcaires de l'Helvétien, une seule carte piézométrique de la nappe des sables fauves a été établie par Bernard (1983) (plus précisément de la nappe du complexe sables-fauves/sables des Landes) : celle-ci montre un drainage de la nappe par les cours d'eau notamment par les ruisseaux de Lacquy et du Frèche.

Aucune autre carte piézométrique ne semble exister, notamment pour la partie gersoise des sables fauves. Seuls les niveaux mesurés aux captages AEP sont disponibles sous ADES (captage AEP d'Estang, cf. Beranger et al., 2012).

6.4.3. Evolution de la piézométrie

Comme évoqué dans le paragraphe précédent, les niveaux mesurés à proximité du captage AEP d'Estang sont accessibles. Ce sont les seules informations disponibles concernant les sables fauves lorsqu'ils constituent un aquifère à part entière (c'est-à-dire lorsqu'ils ne sont pas en recouvrement d'autres formations aquifères). Au total, trois points de mesure sont disponibles (Illustration 54). Un seul point de suivi permet d'évaluer les niveaux sur plus de 10 années (09523X0032/F) ; la chronique associée est fournie à l'Illustration 55. L'Illustration 56 montre que

l'existence d'un lien entre pluie efficace et niveaux piézométriques mesurés n'est pas évidente mais peut être conjecturée : la faible durée de la chronique piézométrique rend incertaine cette analyse.

Il est intéressant de noter que, du fait du morcellement de la formation des sables fauves dont fait mention la littérature, les niveaux mesurés dans le secteur d'Estang ne sont pas forcément représentatifs de niveaux qui pourraient être mesurés ailleurs dans cette même formation.

Identifiant BSS	Ancien code national BSS	Type	Commune	Département	Dénomination
BSS002EEZC	09523X0032/F	Piézomètre et qualitomètre	Estang (32127)	Gers	Forage estang f1 fontaine sainte
BSS002EEZD	09523X0033/F	Piézomètre et qualitomètre	Estang (32127)	Gers	Forage estang f2 fontaine sainte
BSS002EEZE	09523X0034/F	Piézomètre et qualitomètre	Estang (32127)	Gers	Puits de las Cabanas (Estang-32)

Illustration 54 - Liste des points de suivi des niveaux piézométriques de la nappe des sables fauves au sein du bassin versant du Midour (source ADES)

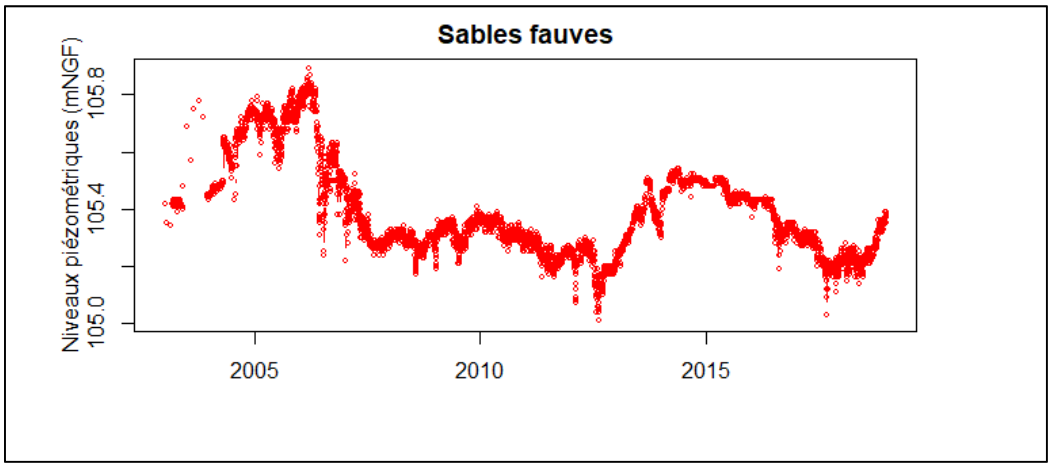


Illustration 55 - Chronique piézométrique du point d'eau 09523X0032/F (Source ADES)

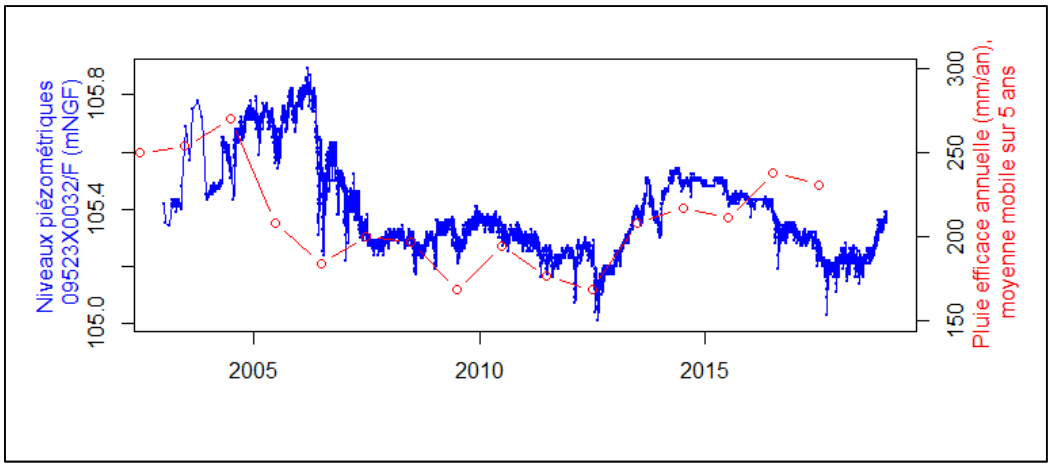


Illustration 56 - Comparaison entre la chronique piézométrique établie à l'ouvrage 09523X0032/F, et celle de pluie efficace annuelle sur la maille SAFRAN concernée (la pluie efficace lissée par moyenne mobile sur 5 années est affichée ici)

6.4.4. Paramètres hydrodynamiques

Aucune valeur de transmissivité de l'aquifère des sables fauves *stricto sensu* n'a pu être retrouvée ; dans deux forages, dans lesquels des pompages d'essai ont été effectués en 1983 par le BRGM, deux valeurs de transmissivité ont été calculées : l'une qui correspondrait aux niveaux calcaires de l'Helvétien, et l'autre plus faible (environ dix fois plus faible) qui correspondrait aux niveaux sableux Helvétien (sables fauves) (Bernard, 1983 ; ANTEA, 2015).

6.5. ALLUVIONS QUATERNAIRES

6.5.1. Carte géologique de Plaisance

Dans la vallée du Midour, deux types d'alluvions sont identifiés (Cosson et al., 1987) :

- les alluvions des basses terrasses würmiennes, composées de silts et d'argiles, rarement entrecoupés de lentilles graveleuses. Ces dépôts sont situés en rive gauche du Midour et du Petit Midour, de place en place. Leur épaisseur, très variable, peut atteindre 5 à 6 mètres d'après Cosson et al. (1987) ;
- les alluvions subactuelles et actuelles du lit majeur, situées de part et d'autre du chenal, sont constituées de dépôts argilo-limoneux, renfermant parfois des lentilles de sables fins et des granules ferrugineux. Localement, en rive droite, ils peuvent présenter, entre 0,40 et 1 m de profondeur, quelques amas calcaires post-sédimentaires très friables.

Cosson et al. (1987) indiquent que « les alluvions des rivières gersoises ont des extensions limitées, des épaisseurs faibles (4 à 5 m) et les passes sablo-graveleuses y sont très subordonnées aux matériaux argilo-limoneux. Elles ne recèlent donc pratiquement pas de nappe d'eau susceptible d'une exploitation par captage. »

Il n'a pas été identifié de carte piézométrique, ni de données de transmissivité ou de perméabilité relatives aux alluvions du Midour.

6.5.2. Carte géologique de Nogaro

Capdeville (1991) distingue trois ensembles retrouvés dans la vallée du Midour :

- les alluvions des basses terrasses dont le domaine est restreint à de petits lambeaux disséqués par les terrasses alluviales plus récentes. Ils sont composés d'un limon argileux gris-marron placé en recouvrement de graviers et galets pouvant atteindre 3 à 4 m d'épaisseur. On les rencontre très majoritairement en rive gauche du Midour et de l'Izaute ;
- les alluvions récentes tardiglaciaires, d'une épaisseur de 6 à 7 m, sont composées de graviers et galets arrondis dans leur partie inférieure et de dépôts plus franchement argileux dans la partie sommitale (épaisseur de 2 m). Ces dépôts sont retrouvés de part et d'autre du Midour et de l'Izaute dans la plaine alluviale ;
- les alluvions récentes en relation directe avec le cours actuel des rivières, pouvant atteindre 10 m d'épaisseur et constituées de graviers et sables.

Capdeville (1991) indique, sans distinction entre les alluvions du Midour et celles de l'Adour, que « cette nappe se rencontre aux abords immédiats de la rivière. Cette eau n'est utilisée qu'à des fins d'irrigation car les risques de pollution par infiltration sont importants ».

Il n'a pas été identifié de carte piézométrique, ni de donnée de transmissivité ou de perméabilité relatives aux alluvions du Midour.

6.6. DOMAINE CONTINENTAL - MOLASSES TERTIAIRES

6.6.1. Description

Les ressources en eaux au sein des molasses tertiaires du secteur d'étude sont discutées par Soulé (1977) et Béranger et al. (2012) :

- les nappes intra-molassiques profondes au sein de niveaux sableux ou calcaires, permettent, de façon générale, de ne satisfaire des besoins en eaux que très faibles, et les eaux y sont souvent salées ;
- aux affleurements (les molasses affleurent dans la partie amont de la zone d'étude), des bancs calcaires peuvent former de petits aquifères (parfois karstifiés) dont les sources sont les signes visibles ; toutefois, ces aquifères forment souvent des nappes perchées et leur capacité de stockage est jugée faible. Dans le meilleur des cas, on peut espérer des sources aux débits de quelques litres par seconde (Soulé, 1977).

L'étude relative à la surveillance de certaines masses d'eau de type « molasses » dans le bassin Adour-Garonne (ANTEAGROUP, 2015 et 2016) n'a pas donné lieu à des investigations spécifiques dans le bassin versant du Midour. De façon générale, seule la partie amont du bassin versant était concernée par cette étude.

6.6.2. Piézométrie - relations nappe-rivière

Aucune information ne semble être disponible sur ce point, mise à part la position perchée des nappes, issues des bancs calcaires intégrés aux formations molassiques. Ces nappes ne semblent donc pas pouvoir être alimentées par des cours d'eau et on peut donc supposer des écoulements directs de ces nappes vers les cours d'eau. Elles sont susceptibles de contribuer par contre, au travers des émergences perchées, à l'alimentation des nappes sous-jacentes.

6.6.3. Paramètres hydrodynamiques

Aucune information ne semble être disponible sur ce point.

6.7. GÉORÉFÉRENCEMENT ET RECONNAISSANCE DE SOURCES

6.7.1. Identification et géo-référencement des sources

Devant le peu d'informations disponibles pour caractériser le fonctionnement et le rôle hydrogéologique de certains horizons, notamment des sables fauves et des formations molassiques dans le département du Gers, un travail spécifique a été mené sur les sources.

Les sources/émergences du bassin versant ont tout d'abord été relevées et géoréférencées à partir d'informations provenant de différentes sources de données :

- la BSS ;
- les cartes IGN au 1/25000 ;
- les cartes géologiques au 1/50000.

Les résultats de cette recherche sont donnés à l'Illustration 57. On y observe clairement un biais anthropique concernant le recensement des sources sur les cartes IGN et géologiques : un grand nombre de sources ont été recensées à l'est du bassin versant quand quasi aucune n'a été

indiquée sur ces cartes à l'ouest du bassin, la limite visuelle correspondant à la séparation entre les cartes géologiques 952 et 979 à l'ouest et les cartes 953 et 980 à l'est. Les données de la BSS concernant les sources sont quant à elles réparties de façon plus homogène mais elles sont bien moins nombreuses.

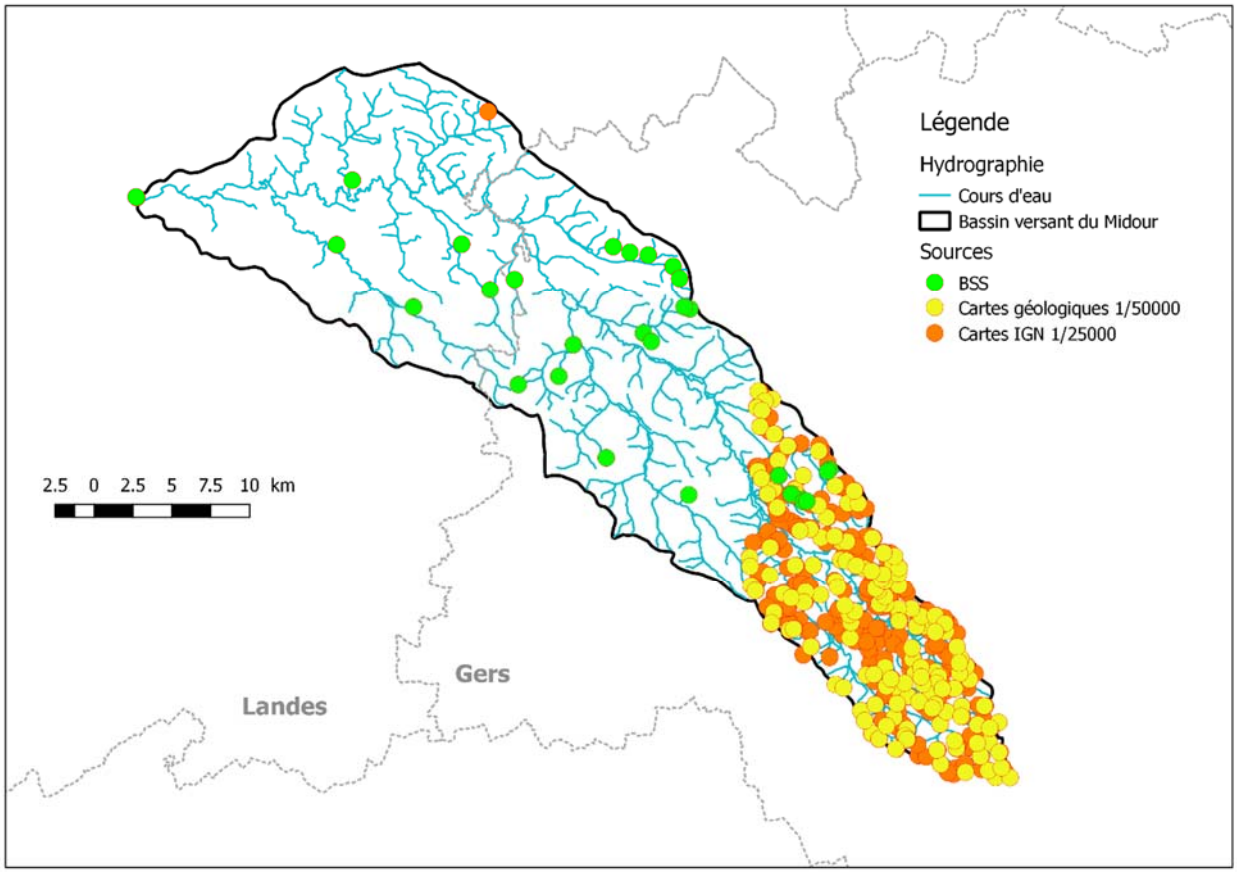


Illustration 57 - Localisation des sources inventoriées sur le bassin versant du Midour

Dans la suite de ce travail, nous nous sommes donc concentrés sur les sources dans le secteur où leur présence est bien documentée. Il s'avère que ce secteur correspond également à une zone où les interrogations sur le fonctionnement hydrogéologique sont fortes.

La deuxième partie du travail a consisté à associer les sources identifiées aux formations géologiques depuis lesquelles elles émergent. Cette association a été réalisée à partir de la carte géologique au 1/50 000ème harmonisée du département du Gers. Les résultats restent approximatifs dans la mesure où les précisions des différentes cartes utilisées ne permettent pas toujours une détermination précise des couches concernées. La plupart des sources se retrouvent logiquement aux interfaces entre deux formations, auquel cas la formation la plus haute topographiquement a été considérée comme origine de l'émergence. Les résultats de cette analyse sont fournis à l'Illustration 58.

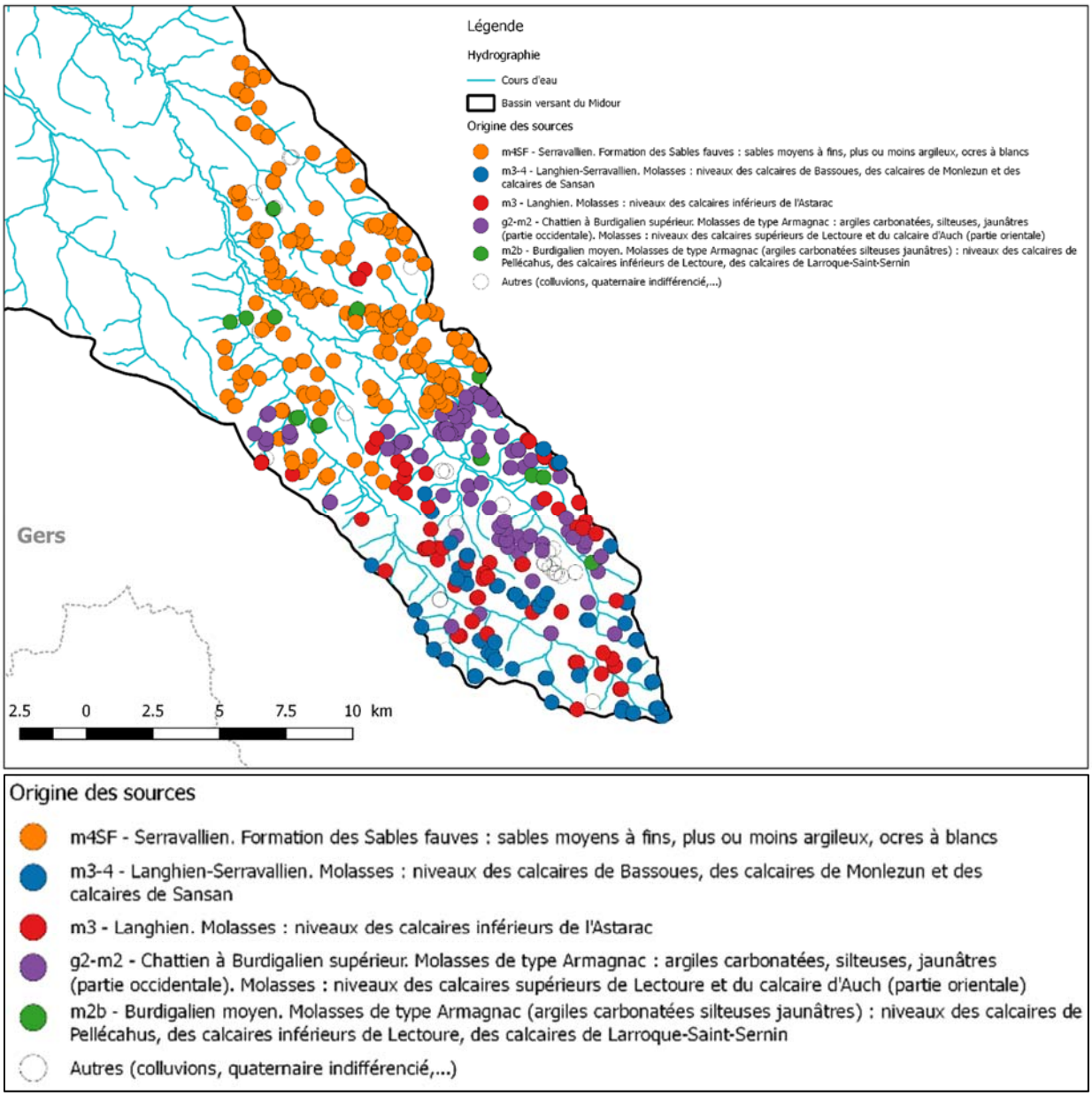


Illustration 58 - Résultats de l'analyse de l'origine des sources, basée sur la carte géologique harmonisée au 1/50 000 du Gers (la description des formations géologiques concernées provient de cette carte)

Nous voyons que la plupart des sources de la partie nord-ouest du secteur analysé proviennent des sables fauves. Cela corrobore l'existence de nappes souvent perchées dans cette zone où la formation des sables fauves, qui recouvre les molasses tertiaires, est compartimentée par le réseau hydrographique.

La formation des sables fauves disparait dans la partie complètement amont du bassin mais des sources y existent néanmoins. Ces sources sont principalement issues des formations molassiques (du Burdigalien moyen jusqu'à l'Helvétien supérieur - Serravalien), ce qui montre l'existence de nappes également souvent perchées au sein des molasses. Nous reportons ci-après quelques éléments caractérisant ces formations dans ce secteur du bassin versant, d'après la notice de la carte géologique n°980 (Plaisance), afin d'évaluer la possibilité d'existence de bancs calcaires ou sableux au sein de ces molasses justifiant les sources observées et leur nombre :

- *Le Burdigalien Moyen est composé de trois niveaux : le niveau de Pellécahus surtout détritique (molasse très fine) dans notre domaine d'étude, le niveau inférieur de Lectoure détritique dans les vallées du Midour et de la Douze (formé de molasse surmontée de calcaire), et le niveau de Larroque-Saint-Sernin détritique dans la vallée du Midour* : sur notre domaine d'étude, on est donc en présence de niveaux détritiques, peu favorables à l'existence de nappe, comme le montre le peu de sources identifiées dans ces niveaux ; les quelques sources cartographiées pourraient être dues à des passages calcaires ponctuels.
- *Le Burdigalien Supérieur est composé de deux niveaux : le niveau supérieur de Lectoure est plutôt marneux dans le secteur de l'Arrros, à l'ouest mais proche de notre secteur d'étude. Le deuxième niveau dit d'Auch est également marneux dans ce secteur d'Arros, mais s'associe vers l'est à des bancs calcaires peu épais qui re-disparaissent ensuite :* les sources observées dans la zone d'étude, plutôt nombreuses, pourraient alors provenir de ces bancs calcaires.
- *Le Langhien (Helvétien inférieur) est composé du niveau du Calcaire inférieur de l'Astarac. Dans le secteur du Midour, il est composé de calcaire surmonté de marnes.* Les sources correspondant à ce niveau sont plutôt nombreuses au niveaux de ses affleurements et montrent que des nappes peuvent y exister dans notre secteur d'étude.
- *L'Helvétien moyen (Langhien-Serravallien sur l'Illustration 58). Il est composé de trois niveaux : le niveau de Sansan, marneux et peu distinct, le niveau de Monlezun principalement marneux à l'ouest de la carte géologique là où se situe notre secteur d'étude, et le niveau du calcaire de Bassoues (village situé à la limite sud-est du bassin versant).* C'est vraisemblablement depuis ce dernier niveau que les sources identifiées dans le sud du domaine d'étude prennent leur origine.

6.7.2. Reconnaissances de terrain

La troisième et dernière étape de ce travail a consisté à reconnaitre certaines de ces sources afin de mieux les caractériser. Cette reconnaissance a eu lieu les 20 et 21 février 2019, en l'absence de pluie durant ces journées et les jours qui ont précédé. Les sources reconnues sur le terrain ainsi que les points d'observation sont indiqués :

- aux Illustration 59 et Illustration 60 pour un premier site localisé au voisinage du village de Ricau sur la commune de Beaumarchés (32) et reconnu le 20 février 2019 ;
- aux Illustration 61 et Illustration 62 pour un deuxième site localisé au voisinage du village de Fromentas, sur la commune d'Aignan (32), et reconnu le 21 février 2019 ;
- aux Illustration 63 et Illustration 64 pour un troisième site localisé au voisinage des lieux-dits Maniou et Bouheben sur la commune d'Aignan (32) et reconnu le 21 février 2019.

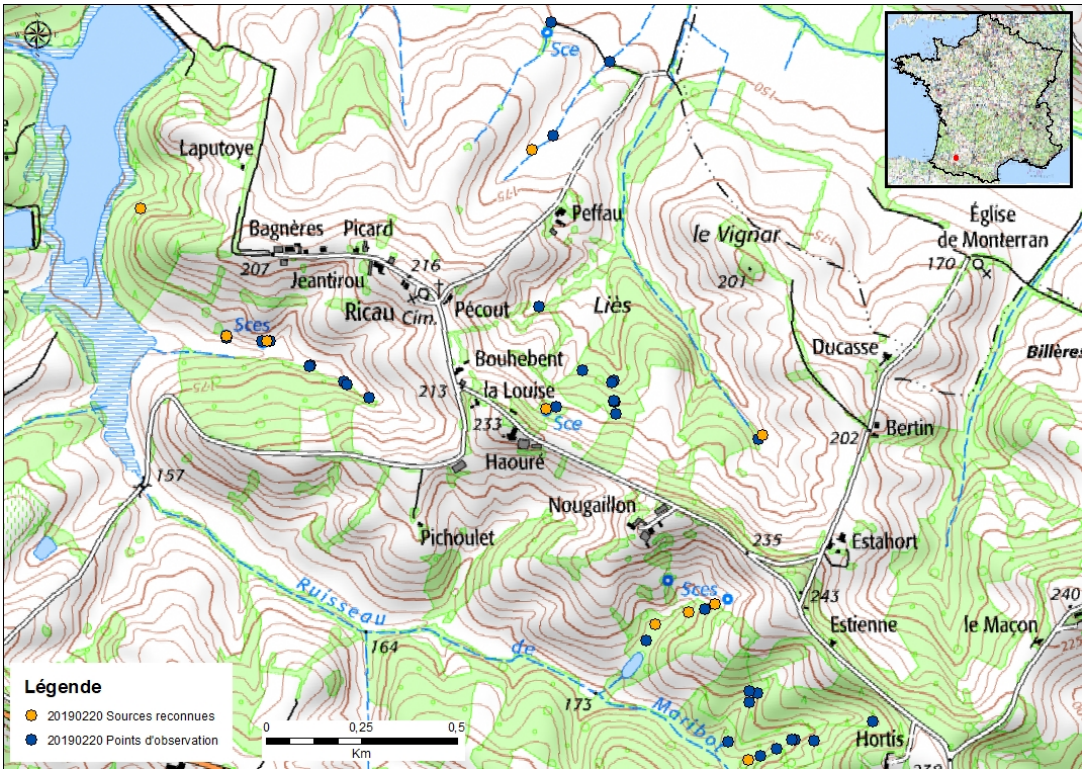


Illustration 59 - Reconnaissance de sources dans le village de Ricau, commune de Beaumarchés (32), (fond de carte IGN au 1/25 000ème)

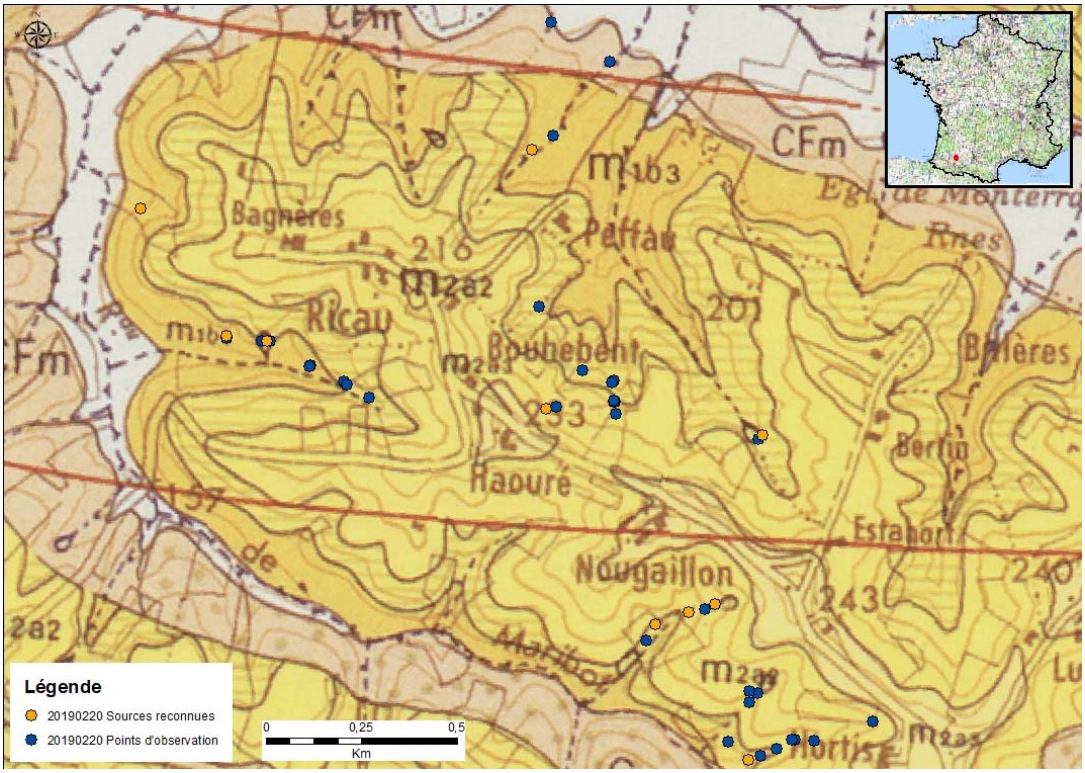


Illustration 60 - Reconnaissance de sources dans le village de Ricau, commune de Beaumarchés (32), (fond de carte géologique au 1/50 000ème)

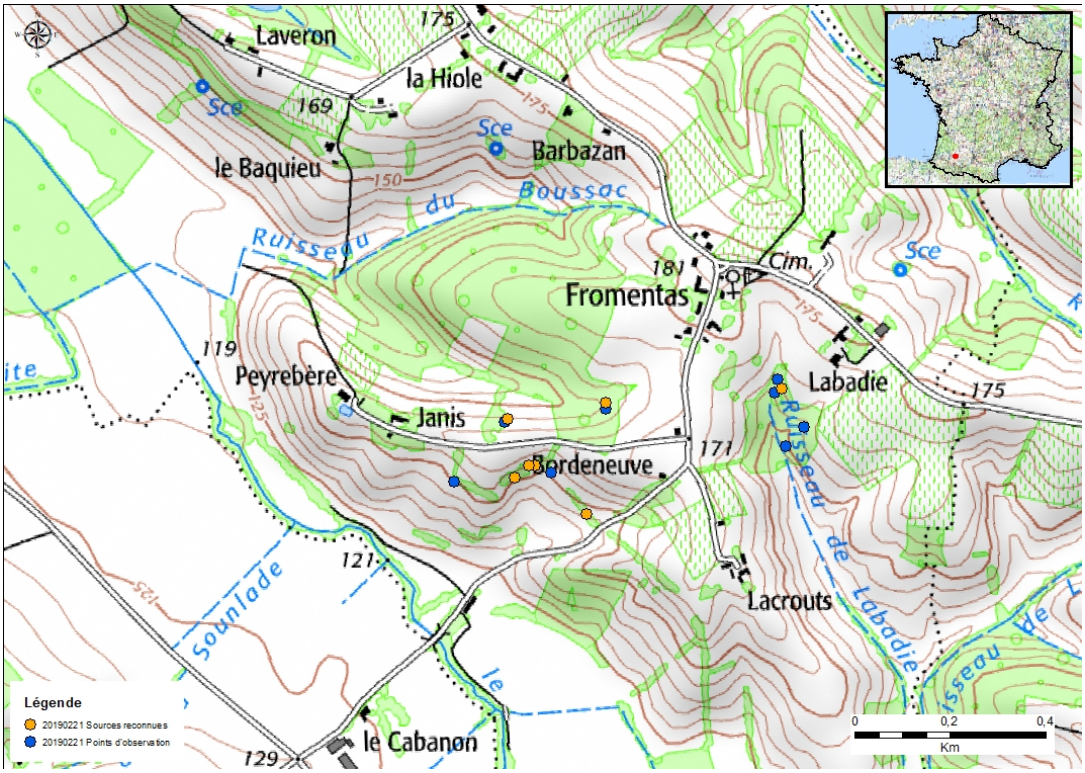


Illustration 61 - Reconnaissance de sources au sud du village de Fromentas, commune d'Aignan (32), (fond de carte IGN au 1/25 000ème)

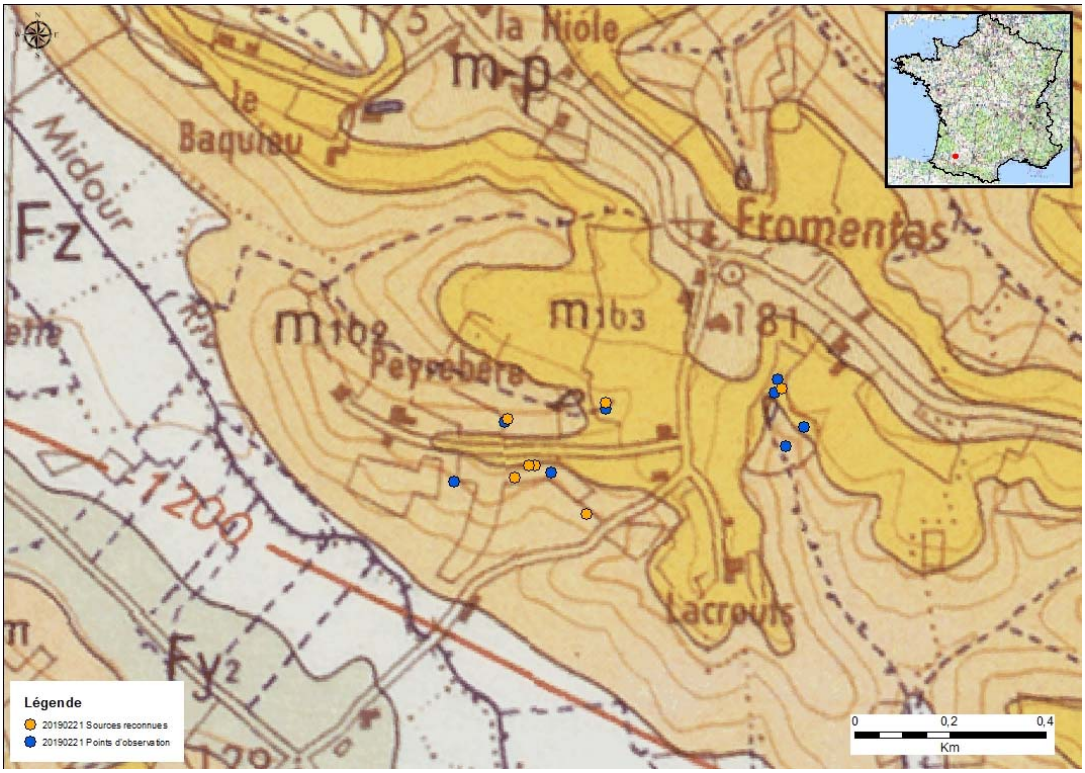


Illustration 62 - Reconnaissance de sources au sud du village de Fromentas, commune d'Aignan (32), (fond de carte géologique au 1/50 000ème)

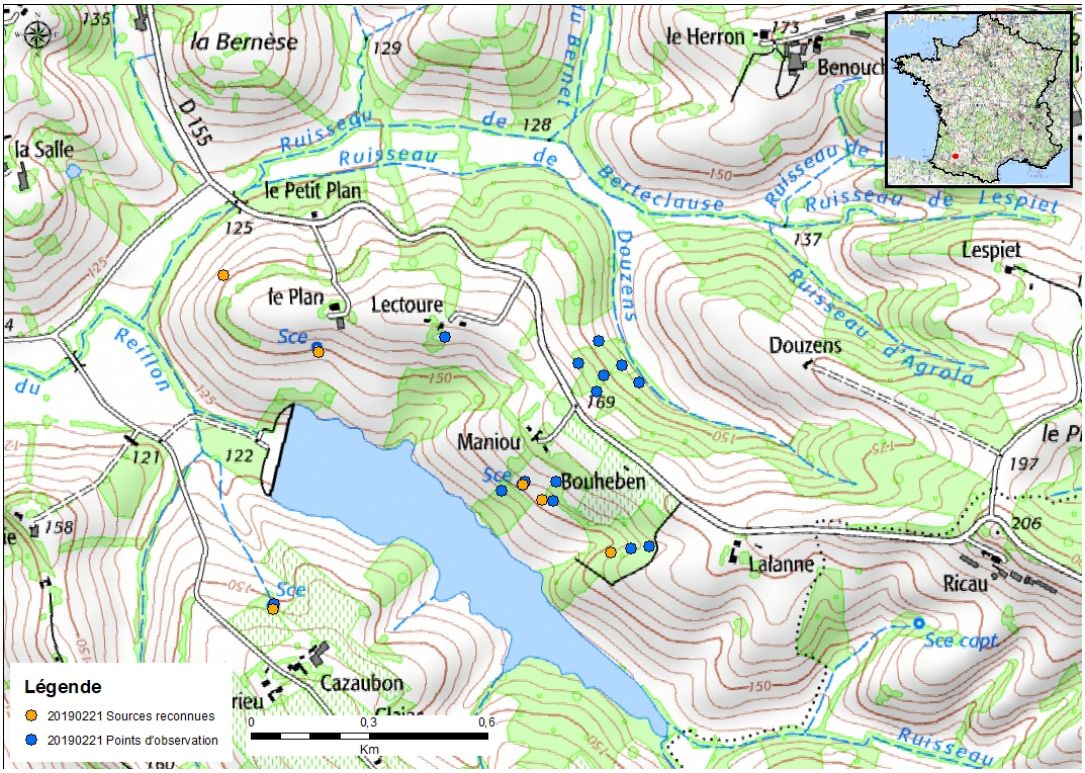


Illustration 63 - Reconnaissance de sources aux lieux-dits Maniou et Bouheben, commune d'Aignan (32), (fond de carte IGN au 1/25 000ème)

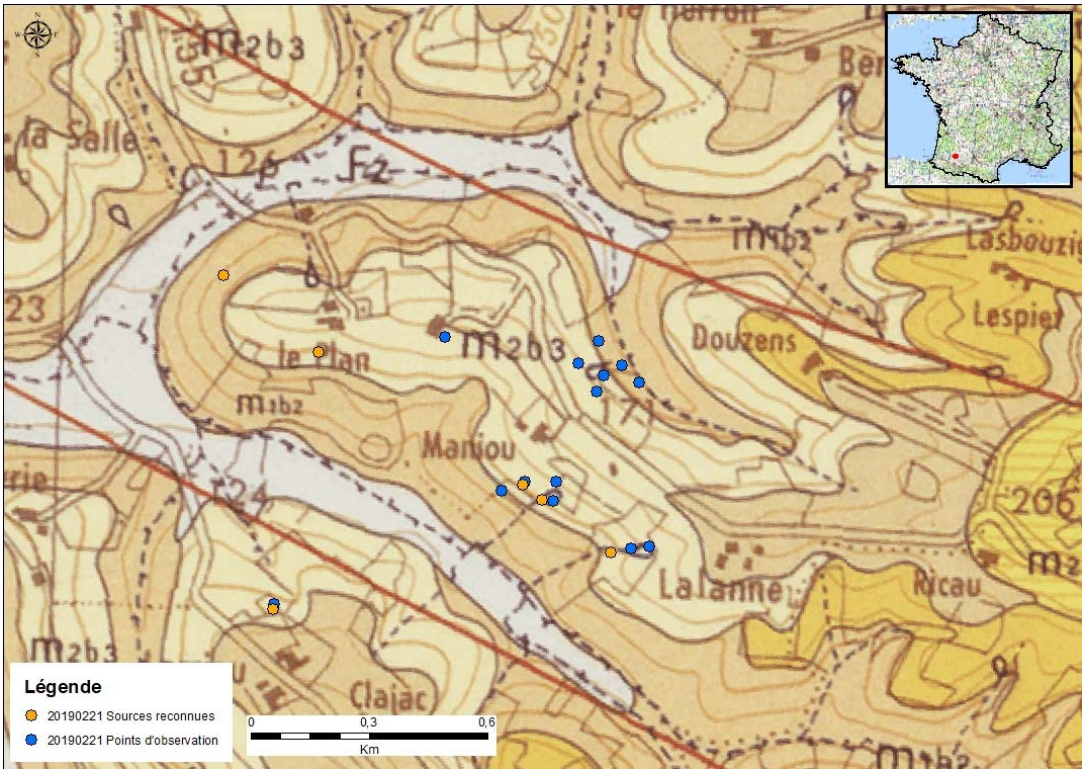


Illustration 64 - Reconnaissance de sources aux lieux-dits Maniou et Bouheben, commune d'Aignan (32), (fond de carte géologique au 1/50 000ème)

Dans la **commune de Beaumarchés**, les sources rencontrées émergent soit du Burdigalien supérieur composé du niveau supérieur du calcaire de Lectoure et du calcaire d'Auch sus-jacent (m1b3), soit de l'Helvétien moyen composé des calcaires de Sansan, de Monlezun et de Bassoues (m2a2). Ce dernier niveau repose sur le calcaire inférieur de l'Astarac, dont la partie supérieure est décrite comme marneuse au centre de la feuille géologique (soit au voisinage du site, Cosson et al., 1987). Ce niveau marneux pourrait constituer un motif d'émergence des eaux souterraines présentes dans l'Helvétien moyen, distinguant cet ensemble aquifère de l'ensemble sous-jacent (Helvétien inférieur et Burdigalien supérieur).

Qu'elles appartiennent à l'un ou l'autre de ces ensembles, les sources visitées[7] le 20 février au voisinage de Ricau fournissent un débit faible (< 0,1 l/s, au mieux 0,1 l/s pour la source de Las Places située au nord-ouest du lieu-dit Peffau). La conductivité mesurée s'étend de 604 à 672 µS/cm, à l'exception d'une des deux émergences situées au sud-ouest de Ricau pour laquelle une valeur de 857 µS/cm a été obtenue (la conductivité de la seconde émergence n'ayant pu être mesurée faute d'un accès). Ces valeurs sont relativement élevées, témoignant le cas échéant d'une interaction relativement importante entre l'eau et la roche. Le pH des sources est compris entre 7,2 et 7,8. Les mesures effectuées n'ont pas permis de distinguer une typologie différente entre les deux ensembles aquifères. Par ailleurs, plusieurs sources ont été transformées en plan d'eau utilisés pour l'abreuvement des animaux. Enfin, et malgré les faibles débits en jeu, deux sources ont été citées comme ayant été utilisées par le passé pour l'alimentation en eau potable.

Au niveau du **village de Fromentas**, plusieurs émergences issues des formations molassiques ont pu être identifiées. Si l'une d'entre elles (source de Labadie) a fait l'objet d'un aménagement maçonné (cf. Illustration 65) et une autre a été aménagée en plan d'eau (à l'est de Janis), la plupart demeurent de faibles débits, voire diffuses (sol spongieux). Il est intéressant de noter néanmoins l'alignement des émergences sur le flanc sud de la colline, au pied d'un talus d'épaisseur métrique, et marqué dans le paysage par une végétation arborée et/ou d'arbustes (cf. Illustration 66). Sur cette dernière illustration, on observe l'existence locale de différences de couleur de la végétation, concordant avec un écoulement d'eau en provenance d'émergences situées au pied du talus sus-jacent : l'eau s'écoule sur une courte distance avant de s'infiltrer (débit inférieur à 0,1 l/s). La conductivité relevée est de 735 µS/cm. Elle était de 1 175 µS/cm au niveau de la source de Labadie, dans une eau présentant un écoulement très faible, non mesurable.

[7] La source située la plus à l'ouest sur la carte (source des « pins ») n'a pu être visitée, mais elle a fait l'objet d'information fournie oralement lors de la visite : il s'agissait, d'après les informations recueillies, de la source la plus importante du secteur, qui ne tarissait « jamais » et à laquelle les villageois allaient s'approvisionner, en particulier en été. Elle se serait tarie suite à des aménagements effectués localement.

Illustration 65 - Aménagement de la source de Labadie, vers le village de Fromentas

Illustration 66 - Emergences en pied de talus sur la flanc sud de la colline vers le village de Fromentas (plan large en haut, zoom en bas)

Au niveau des **lieux-dits de Maniou et Bouheben**, des émergences ont été identifiées sur le flanc sud et à l'ouest de la butte tertiaire, à la base des sables fauves (m2b3) situés au contact des molasses du Burdigalien moyen. Des remarques complémentaires peuvent être apportées : tout d'abord, la localisation de la source occidentale demeure imprécise, celle-ci n'ayant pu être observée qu'à distance, depuis la route reliant le Petit Plan à la RD20. Une deuxième remarque porte sur l'impossibilité d'accéder à la source identifiée sur la carte géologique sur le flanc nord-ouest de la butte. Son existence n'a donc pu être confirmée. De la même manière, il n'a pas été possible d'accéder à la source située au sud du Plan : seule une observation distante a pu être effectuée. Par contre, la source portée sur la carte géologique directement au nord de Maniou n'a pu être retrouvée malgré une recherche dans ce secteur. Les deux sources relevées directement au sud de Maniou sont marquées dans le paysage par un affaissement des terrains et une végétation arborée (cf. Illustration 67). Aucun écoulement n'est visible à l'aval de ces deux site, signe probable de l'existence d'un écoulement hypodermique. Une seule mesure de conductivité a pu être effectuée : elle était de 783 µS/cm à la source la plus orientale de la zone (pour une température de 8,6°C et un pH de 8,0).

Illustration 67 - Emergences au fond de zones affaissées et arborées au sud du lieu-dit Maniou (les émergences en tant que telles ne sont pas visibles sur les photos)

Globalement, les investigations sur le terrain ont porté sur les sources émergeant depuis les sables fauves et des terrains molassiques tertiaires (Burdigalien, Helvétien). Des observations directes de petites émergences semblant former des écoulements hypodermiques ont pu être faites. Certaines sources ne sont plus observables du fait d'aménagements (plans d'eau, réorganisation des terrains) mais ont clairement existé et certaines observations indirectes laissent penser que des écoulements souterrains ont lieu (sol spongieux, végétation, voire suspicion de fontis). Même s'il ne faut pas généraliser ces investigations non exhaustives, il semble important de souligner qu'aucune source importante n'a pu être mise en évidence.

7. Usages de l'eau dans le bassin versant du Midour

L'estimation des prélèvements effectués dans le bassin versant du Midour a été conduite sur la base des données de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne. Les points de prélèvements, en particulier pour l'usage agricole, étant le plus souvent localisés au centroïde des communes, sans correspondance généralement avec l'indice BSS, une incertitude demeure sur l'appartenance effective au bassin versant des points situés dans des communes, qui recoupent ce dernier.

En conséquence, il a été établi deux estimations des prélèvements :

- la première intègre l'ensemble des points inclus dans le bassin versant, d'après les coordonnées géographiques fournies par l'AEAG ;
- la seconde prend en plus en compte les points de prélèvements situés géographiquement au centroïde d'une commune qui intersecte le bassin versant. Cette estimation permet de maximiser les prélèvements de la zone.

La localisation des points de prélèvements ainsi inventoriés est respectivement présentée en Illustration 68 et en Illustration 69.

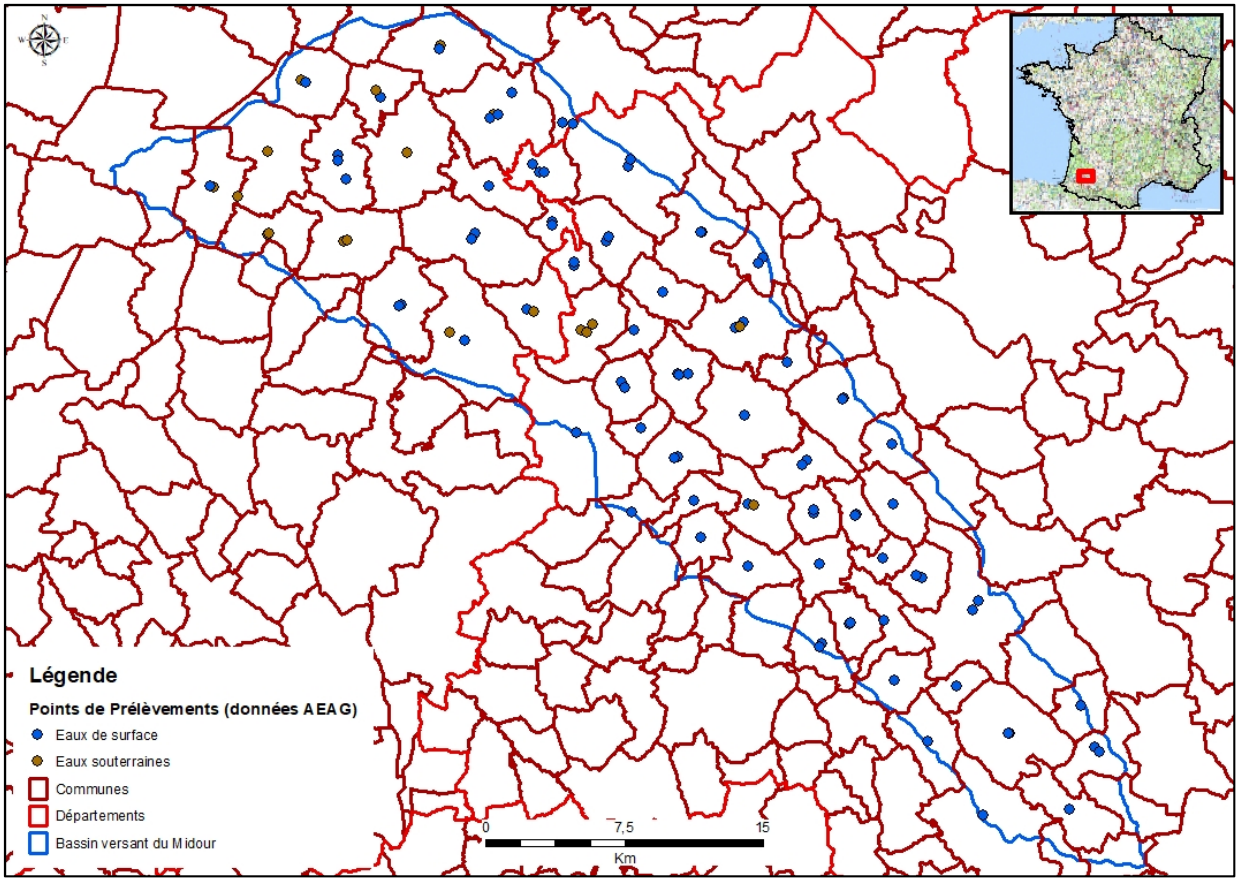


Illustration 68 - Points de prélèvement du bassin versant du Midour - hypothèse de base (données AEAG)

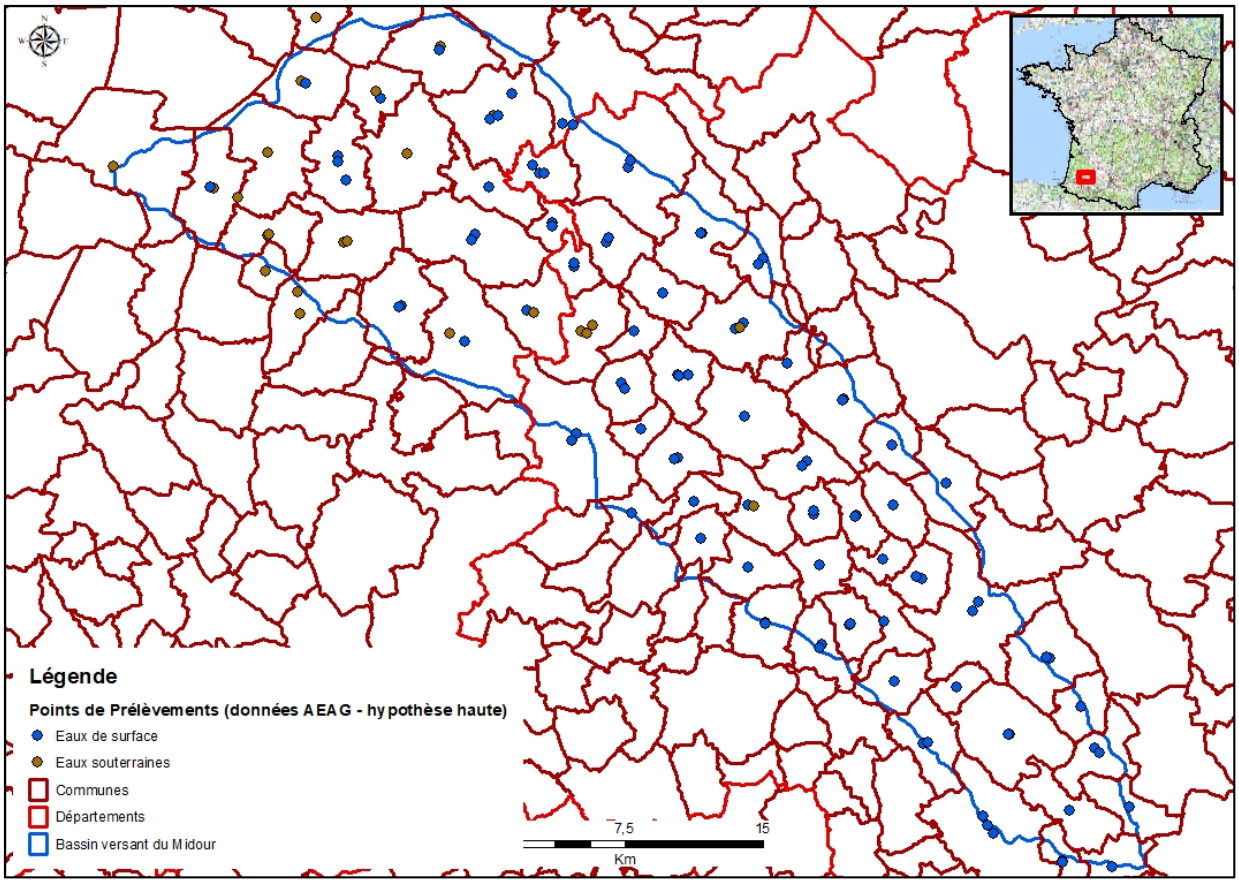


Illustration 69 - Points de prélèvement du bassin versant du Midour - hypothèse haute (données AEAG)

A titre de comparaison, une évaluation des prélèvements réalisés dans le bassin versant du Midour a été effectuée, dans le cadre de l'état des lieux du Projet de Territoire du Midour (Institution Adour, 2017). Cette évaluation fournit les chiffres suivants :

- pour l'année 2014 : 5,14 Mm^3 pour l'irrigation et 3,39 Mm^3 pour l'eau potable, soit un total de 8,53 Mm^3 ;
- pour l'année 2015 : 9,45 Mm^3 pour l'irrigation et 3,36 Mm^3 pour l'eau potable, soit un total de 12,81 Mm^3.

Il convient de noter que ces deux estimations ne tiennent pas compte des prélèvements réalisés dans la partie amont du bassin versant, les chiffres correspondant n'étant pas disponibles à la date de réalisation de l'étude.

7.1. PRELEVEMENTS EN EAUX DE SURFACE, HORS RETENUES COLLINAIRES

Selon la méthode mise en œuvre, de 209 (127 dans le département des Landes, 82 dans le Gers) à 247 points de prélèvements en eaux de surface (129 dans le département des Landes, 118 dans le Gers) sont identifiés dans le bassin versant du Midour. Ces points sont exclusivement à usage agricole.

Ces points de prélèvements génèrent un volume annuel compris entre 2,7 et 6,8 Mm^3 selon la méthode de calcul adoptée (cf. Illustration 70). Il est intéressant de noter la forte dispersion de ces valeurs selon les années (l'écart-type est supérieur à 1 Mm^3, quelle que soit la méthode

adoptée). On observe également une baisse sensible des prélèvements : ils passent de 5,5 Mm^3/an pour la période 2003-2010, à 4,4 Mm^3/an pour la période 2011-2017 (hypothèse haute). En pratique, cette baisse est essentiellement due à des années de faibles prélèvements (2011 / 2014 / 2017), tandis que les prélèvements des années 2012 / 2013 / 2015 et 2016 sont dans des ordres de grandeur tout à fait similaires à ceux de la période 2003 - 2010. Cette baisse relative ne peut donc en aucun cas préjuger de l'évolution des prélèvements à l'avenir.

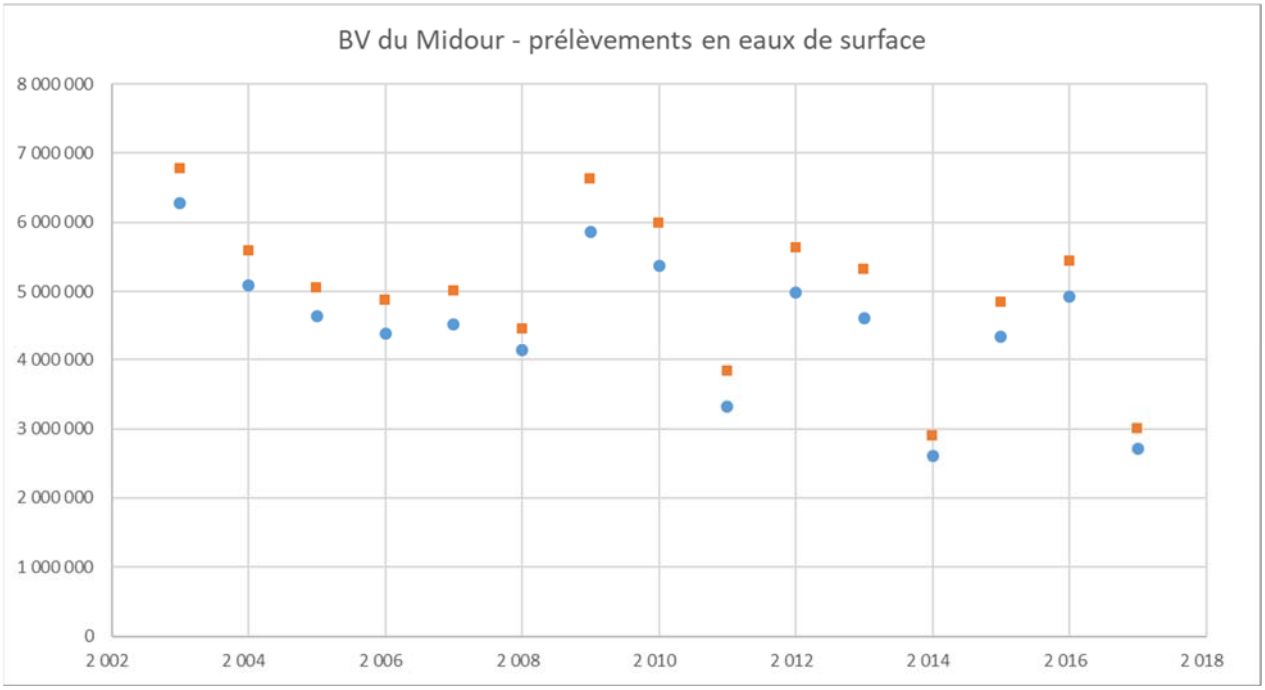


Illustration 70 - Volumes prélevés dans les eaux de surface du bassin versant du Midour (en orange : estimation haute, en bleu : estimation de base. Données AEAG)

7.2. PRELEVEMENTS EN EAUX SOUTERRAINES

Les prélèvements en eaux souterraines sont distingués selon les deux catégories présentes dans les fichiers mis à disposition par l'AEAG :

- « en nappe phréatique (nappe à renouvellement rapide, non séparée de la surface du sol par une couche imperméable, sources),
- en nappe captive (nappe à renouvellement long, séparée de la surface du sol par une couche imperméable). »

L'attention est attirée sur le fait que, dans le cas présent, cette classification induit que des prélèvements effectués dans l'aquifère helvétien sous recouvrement des glaises bigarrées sont intégrés dans la catégorie « nappe captive » (cf. partie 7.2.2).

7.2.1. Nappe phréatique

Selon la méthode mise en œuvre, de 143 (124 dans le département des Landes, 19 dans le Gers) à 178 points de prélèvements dans des nappes phréatiques (154 dans le département des Landes, 24 dans le Gers) sont identifiés dans le bassin versant du Midour. Ces points sont

majoritairement utilisés pour un usage agricole, à l'exception de 12 à 14 d'entre eux qui le sont pour un usage collectif (dont eau potable ; 10 à 11 dans le Gers, 2 à 3 dans les Landes).

En termes de volumes prélevés (cf. Illustration 71), l'estimation s'établit entre environ 3,3 et 6,4 Mm^3/an. Contrairement aux prélèvements dans les eaux de surface et les retenues collinaires, les volumes prélevés dans les nappes phréatiques ne semblent pas diminuer entre 2003 et 2017. La variabilité inter-annuelle demeure toutefois assez élevée (écart-type de 590 000 à 750 000 m^3/an).

Parmi les prélèvements importants, on peut citer ceux de :

- la source des Arbouts à Saint-Gein, dans les Landes (indice BSS : 09525X0006/PUITS), qui s'établit en moyenne à 830 000 m^3/an ;
- la source de Fontaine Sainte à Estang, dans le Gers (indice BSS : 09523X0001/HY), qui émerge des sables fauves et dont les prélèvements s'établissent en moyenne à 620 000 m^3/an ;
- le forage du Houga, dans le Gers (indice BSS : 09526X0212/F), qui capte un niveau de calcaires gréseux coquillers (calcaires helvétiens ?) sous recouvrement des sables fauves, pour un volume moyen annuel de 153 000 m^3, ce volume n'étant pris en compte que dans l'hypothèse haute ;
- un point de prélèvement agricole situé à Artassenx, dans les Landes (indice BSS inconnu), prélevant environ 165 000 m^3/an. Ce volume n'est pris en compte que dans l'hypothèse haute.

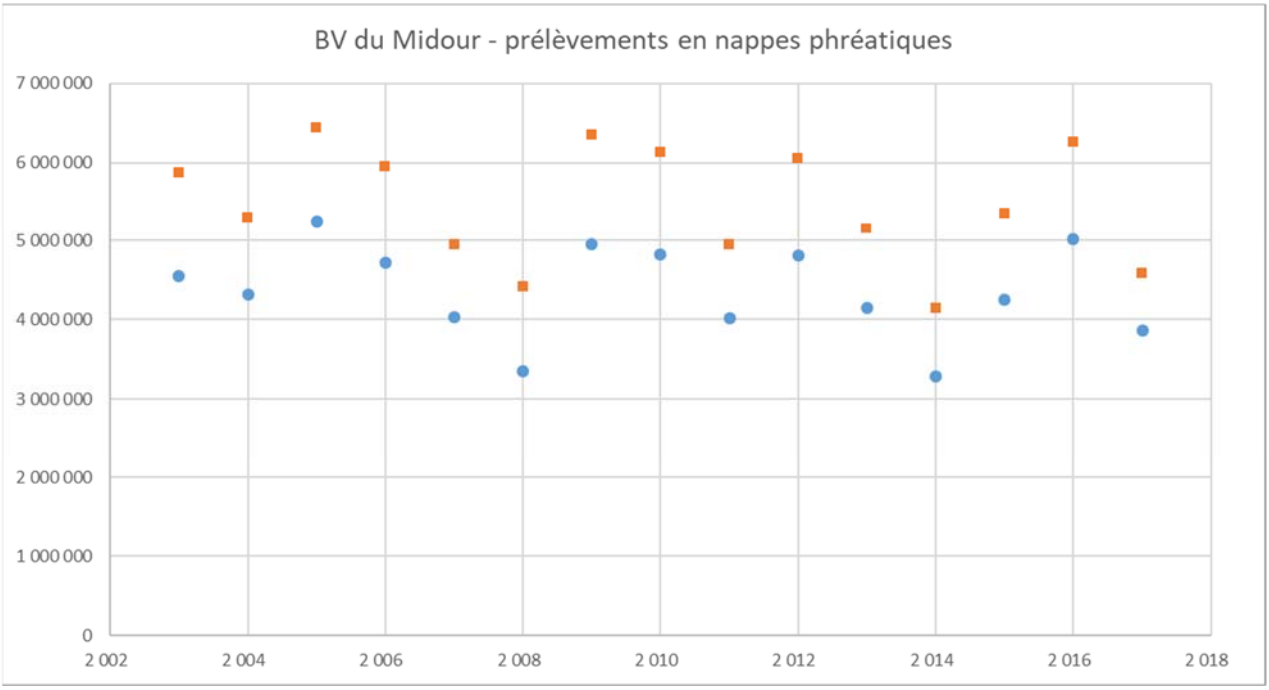


Illustration 71 - Volumes prélevés dans les nappes phréatiques du bassin versant du Midour (en orange : estimation haute, en bleu : estimation de base. Données AEAG)

7.2.2. Nappe « captive »

Certains prélèvements sont indiqués comme se faisant en nappe captive (de 16 à 21 dans la partie landaise du bassin versant, 1 dans la partie gersoise). Après évaluation plus précise de ces points, il apparait que les prélèvements en nappe captive dans la partie landaise sont réalisés dans la nappe de l'Helvétien, principalement libre, ou bien dans l'Aquitanien, pour lequel la question de la captivité se pose dans le bassin versant. Il est donc nécessaire d'en tenir compte lors du bilan hydrodynamique à l'échelle du bassin versant (cf. chapitre 8).

En revanche, le point de prélèvement en nappe captive de la partie gersoise correspond au forage de Nogaro, qui atteint la nappe profonde des sables infra-molassiques. Ces prélèvements devront donc être considérés à part lors de l'établissement du bilan.

En termes de volumes prélevés (cf. Illustration 72), l'estimation s'établit entre environ 1,5 et 2,5 Mm^3/an. L'essentiel de la différence entre les estimations est lié à la prise en compte dans l'évaluation des volumes prélevés au forage d'Artassenx (indice BSS : 09514X0032/F1). Ce dernier étant localisé dans le bassin versant, l'estimation haute parait en l'occurrence plus proche de la réalité.

La modification des prélèvements observés sur l'Illustration 72 en 2014 est liée à :

- la hausse des prélèvements effectués au forage Laglorieuse (40) dans l'Helvétien (environ 430 000 m^3/an en moyenne de 2003 à 2013, contre 850 000 m^3/an de 2014 à 2017) ;
- la baisse drastique des prélèvements effectués au forage d'Artassenx (40) dans l'Helvétien (610 000 m^3/an de 2003 à 2013, puis forte diminution en 2014 et arrêt complet courant 2016) ;
- la baisse des prélèvements effectués dans les Sables Infra-Molassiques à Nogaro (32) (de 513 000 m^3/an environ de 2003 à 2013, à 355 000 m^3/an environ de 2014 à 2017).

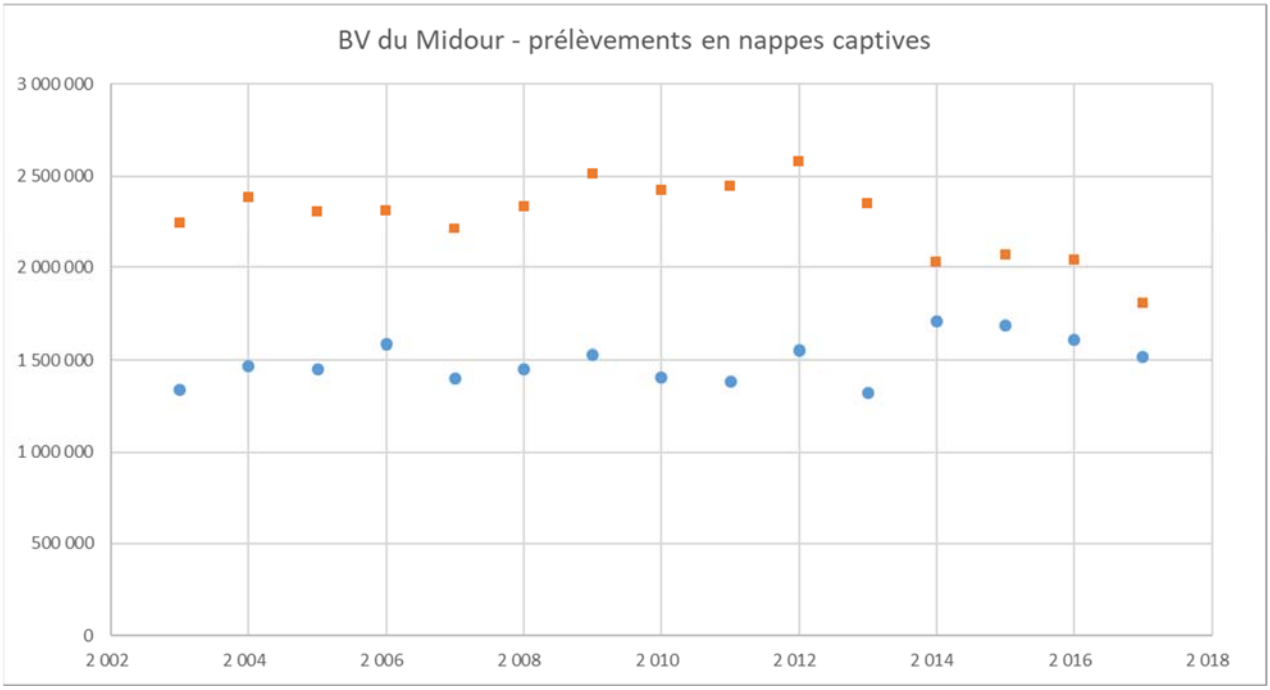


Illustration 72 - Volumes prélevés dans les nappes captives du bassin versant du Midour (en orange : estimation haute, en bleu : estimation de base. Données AEAG)

7.3. PRELEVEMENTS EN RETENUES COLLINAIRES

Selon la méthode mise en œuvre, de 267 (70 dans le département des Landes, 197 dans le Gers) à 324 points de prélèvements dans des retenues collinaires (71 dans le département des Landes, 253 dans le Gers) sont identifiés dans le bassin versant du Midour (plusieurs points de prélèvements pouvant correspondre à une même retenue collinaire). Ces points sont exclusivement destinés à un usage agricole.

7.3.1. Cartographie des retenues

Selon un rapport de 2009 de l'institution Adour, deux types de retenues existent sur le bassin versant du Midour : des réservoirs collectifs d'irrigation et des réservoirs de soutien d'étiage. Ces retenues sont cartographiées à l'Illustration 73. La cartographie a été réalisée à partir de la base de données Carthage : les retenues de soutien d'étiage y étaient renseignées. Sans plus d'information, le reste des eaux de surface adjacentes au réseau hydrographique a été assimilé aux réservoirs collectifs d'irrigation.

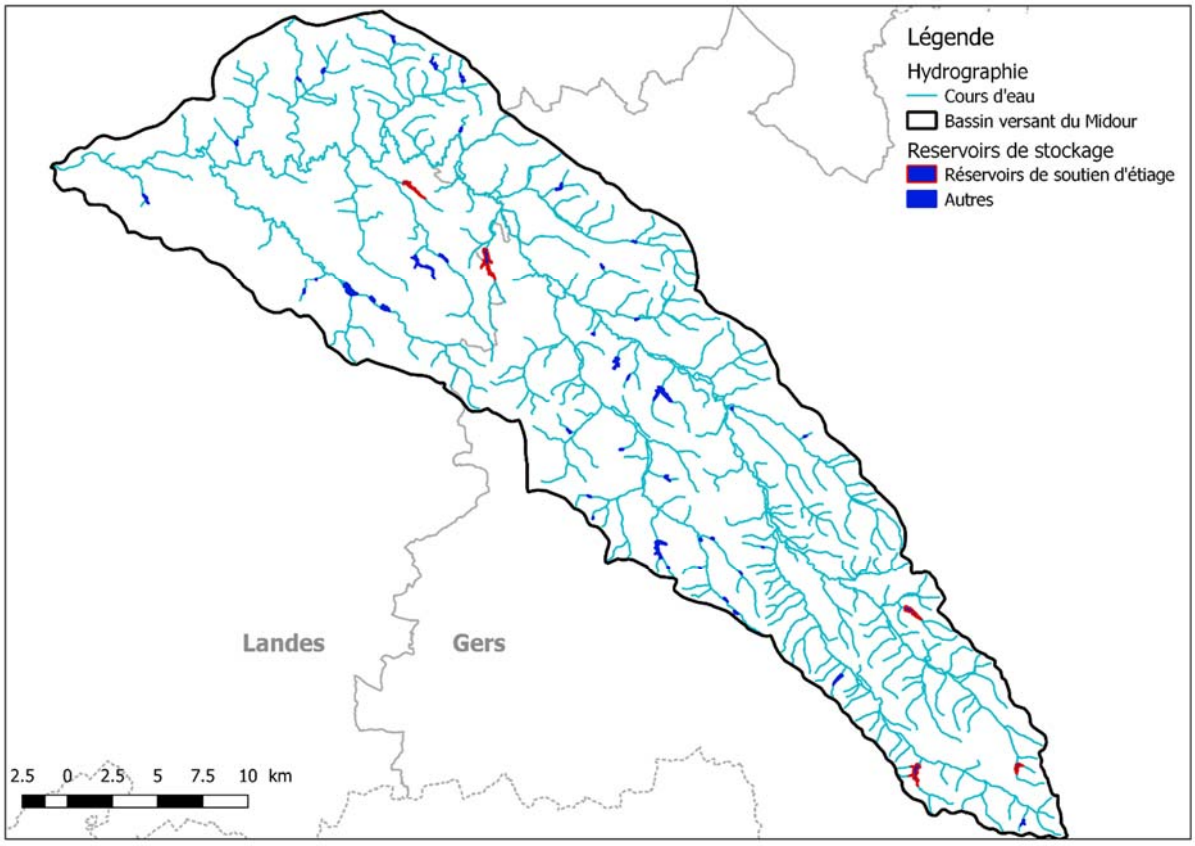


Illustration 73 - Retenues / Réservoirs de stockage au sein du bassin versant du Midour

7.3.2. Estimation des volumes prélevés

Les prélèvements en retenues collinaires génèrent un volume annuel compris entre 3,7 et 8,4 Mm^3, selon la méthode de calcul adoptée (cf. Illustration 79). De même que pour les prélèvements dans les cours d'eau, il est intéressant de noter la forte dispersion de ces valeurs selon les années (l'écart-type est supérieur à 1 Mm^3 quelle que soit la méthode adoptée). On observe également, là encore de façon similaire, une baisse sensible des prélèvements : ils passent de 7,2 Mm^3/an au cours de la période 2003-2010, à 6,2 Mm^3/an pour la période 2011-2017 (hypothèse haute). La même observation pouvant être faite concernant les années de faibles prélèvements, cette baisse relative ne peut donc en aucun cas préjuger de l'évolution de ceux-ci à l'avenir.

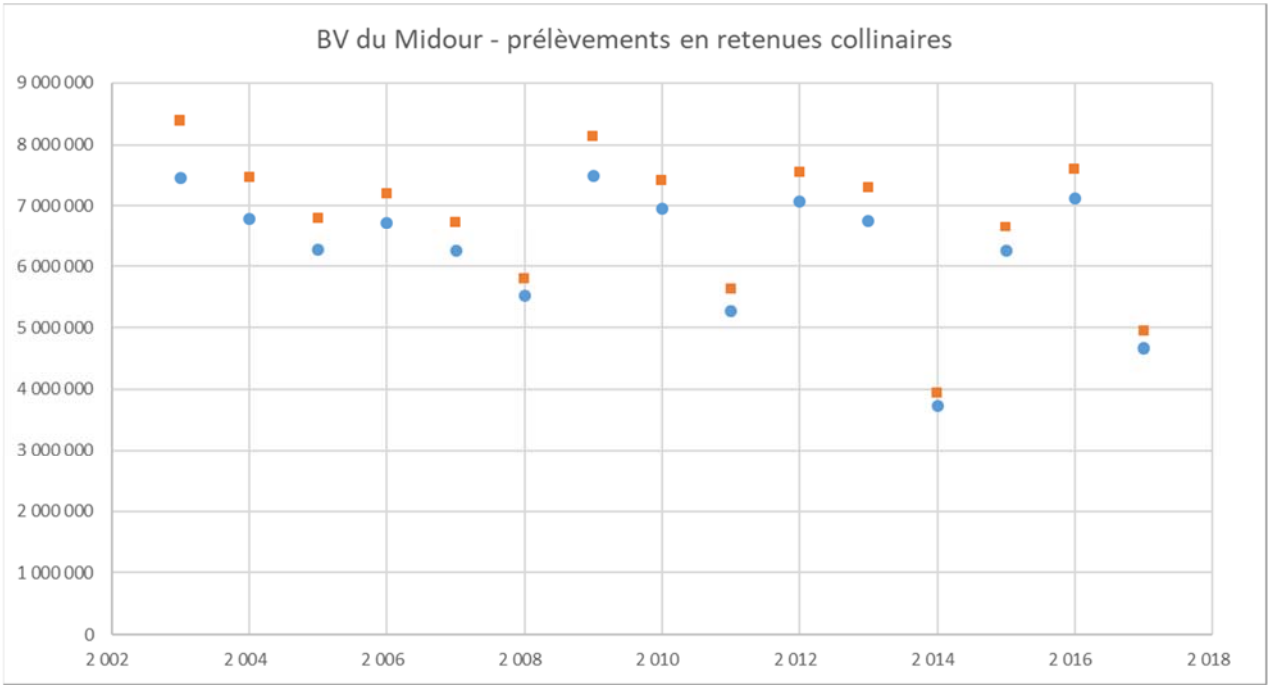


Illustration 74 - Volumes prélevés dans les retenues collinaires du bassin versant du Midour (en orange : estimation haute, en bleu : estimation de base. Données AEAG)

8. Bilan hydrodynamique à l'échelle du bassin versant du Midour

8.1. METHODE DU BFI - BASE FLOW INDEX : DECOMPOSITION D'HYDROGRAMME

La méthode du BFI consiste en l'analyse de l'hydrogramme d'un cours d'eau afin d'obtenir la part du débit qui provient de la nappe connectée à ce cours d'eau (c'est ce qui est appelé l'écoulement de base ou base flow). Cet écoulement de base est assimilable à la recharge et aux prélèvements sous certaines conditions :

- les lignes de crêtes coïncident avec celle d'un bassin versant de surface,
- il n'y a pas de relation avec des nappes sous-jacentes,
- la nappe est connectée avec un cours d'eau uniquement drainant,
- la nappe n'est pas sollicitée par l'évapotranspiration,
- on considère une période assez longue de sorte à ce que la variation de stock soit négligeable.

Une procédure de calcul automatisée de l'écoulement de base a été mise au point (Gustard, 1983 - Gustard et al. 1992). Un exemple de calcul est détaillé dans Hisdal et al. (2004).

Le Base Flow Index (BFI) est le rapport entre le débit de base d'un cours d'eau et le débit total calculé sur une assez longue période. Les nombreuses études réalisées avec un calcul du BFI montrent que cet index varie de 0,15 pour des bassins très peu perméables avec des cours d'eau réagissant très rapidement ("*flashy flow regime*") à plus de 0,95 pour des bassins à forte capacité d'infiltration et des régimes d'écoulement relativement réguliers.

Au vu des différences attendues en matière d'infiltration/ruissellement au sein du bassin versant (identifiées à la section 4.2.3), nous avons analysé les hydrogrammes de la station Q2062510 (Le Midour à Laujuzan) et de la station Q2192510 (Le Midour à Mont de Marsan, complétée par Q2192520). Dans l'idéal, il aurait été intéressant de faire l'exercice sur un sous-bassin plus « infiltrant », comme le sous-bassin du Ludon, mais aucune chronique de débit n'est disponible. Au final, la première station permet de caractériser la partie amont du bassin versant « ruisselante », et la seconde permet de caractériser le bassin dans son ensemble.

Les valeurs calculées pour le BFI et l'écoulement de base (ramené à une lame d'eau annuelle, considérant la superficie du bassin versant telle que donnée dans les fiches de la Banque Hydro) sont les suivantes :

- Q2192510 et Q2192520 - Le Midou à Mont-de-Marsan : 51 % pour le BFI, et 138 mm pour l'écoulement de base ; l'Illustration 75 montre une bonne stabilité concernant le BFI (calculé de façon glissante sur 10 années), alors que l'écoulement de base subit d'importantes variations : une baisse globale est mise en évidence, et des effets de cyclicité semblent se produire ;
- Q2062510 - Le Midour à Laujuzan : 32 % pour le BFI et 63 mm pour l'écoulement de base ; l'Illustration 76 montre, au-delà de la cyclicité, un certaine stabilité du BFI et de l'écoulement de base dans le temps.

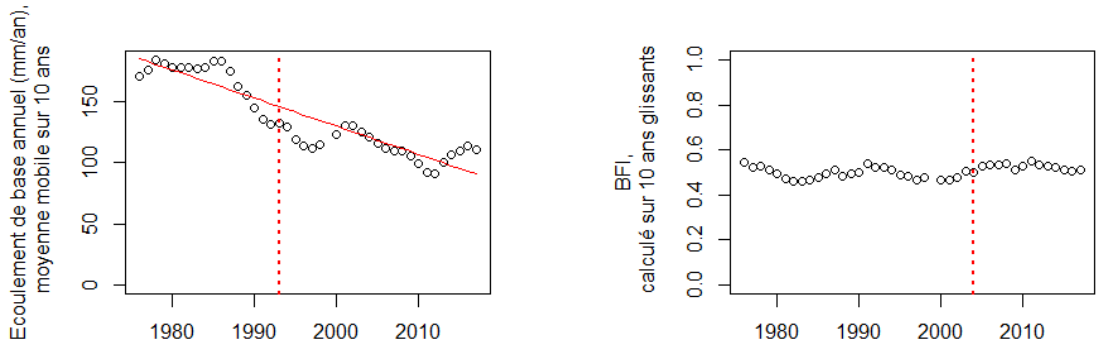


Illustration 75 - Ecoulement de base calculé à la station Q2192510-2192520 (moyenne glissante au cours des 10 années précédentes), et le BFI calculé sur 10 ans glissants (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives)

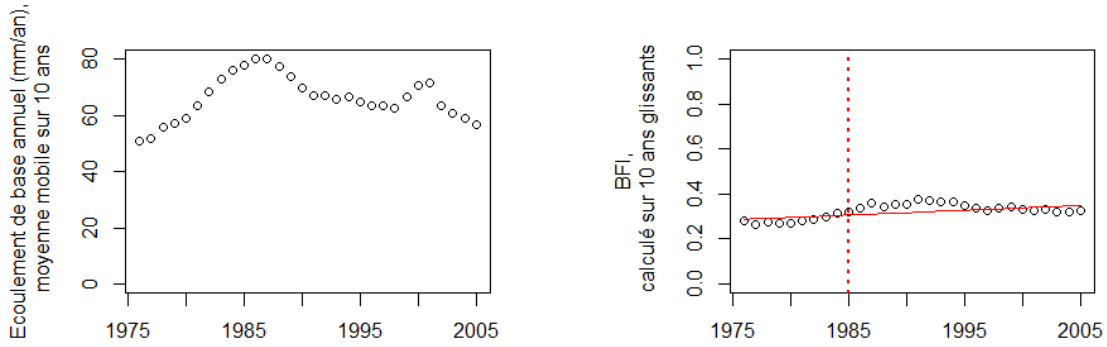


Illustration 76 - Ecoulement de base calculé à la station Q2062510 (moyenne glissante au cours des 10 années précédentes), et le BFI calculé sur 10 ans glissants (les pentes et ruptures sont indiquées si elles sont significatives)

On retrouve, pour la première station, une valeur de BFI global sur la période d'observation autour de 0,5 ; ce qui semble cohérent avec l'IDPR. Les valeurs plus faibles obtenues pour la seconde station montrent des valeurs plus basses, en cohérence avec le caractère plus ruisselant de l'amont du bassin versant.

Ensuite, nous nous proposons d'estimer la recharge des nappes à partir de l'estimation de l'écoulement de base à laquelle il s'agit d'y ajouter les prélèvements (hors prélèvement dans les SIM[8]) et d'y soustraire les débits de soutien d'étiage provenant des retenues collinaires. Nous réalisons cette estimation pour la station Q2192510-Q2192520 en aval du bassin versant. Comme discuté au chapitre 7, les valeurs de prélèvements sont disponibles pour la période 2003-2017 avec une incertitude liée au référencement des prélèvements par communes. Nous proposons donc d'utiliser les valeurs réelles pour les années 2003-2017 et des valeurs moyennes pour les autres années. Les valeurs hautes et basses des estimations de prélèvements sont considérées (i.e. moyenne comprise entre 16 Mm^3 et 19,5 Mm^3 par an, soit une lame d'eau située entre 20 et 24 mm par an). Le volume fourni en soutien d'étiage a quant à lui été estimé en première approximation au volume cumulé des retenues mises en services (i.e. ~4 Mm^3 à partir de 1993, soit ~5 mm par an).

[8] Les prélèvements en retenues collinaires n'ont pas été soustraits dans la mesure où leur mode d'alimentation est très probablement double : une part issue du ruissellement, une autre issue des émergences des nappes intra-molassiques situées au-dessus du fond des vallées. Pour mémoire, les prélèvements en retenues collinaires s'élèvent en moyenne à 6,2 Mm^3/an pour la période 2011-2017 (hypothèse haute, cf. partie 7.3.2.).

Au final, l'incertitude sur les prélèvements est faible au regard de la recharge estimée à partir du BFI ; la valeur globale de la recharge pour la période d'observation est comprise entre 155 et 159 mm. L'évolution de l'estimation de la recharge au cours du temps est tracée à l'Illustration 77 : comme on le voyait pour l'écoulement de base, une baisse à l'échelle de la période d'observation et des effets de cyclicité se produisent.

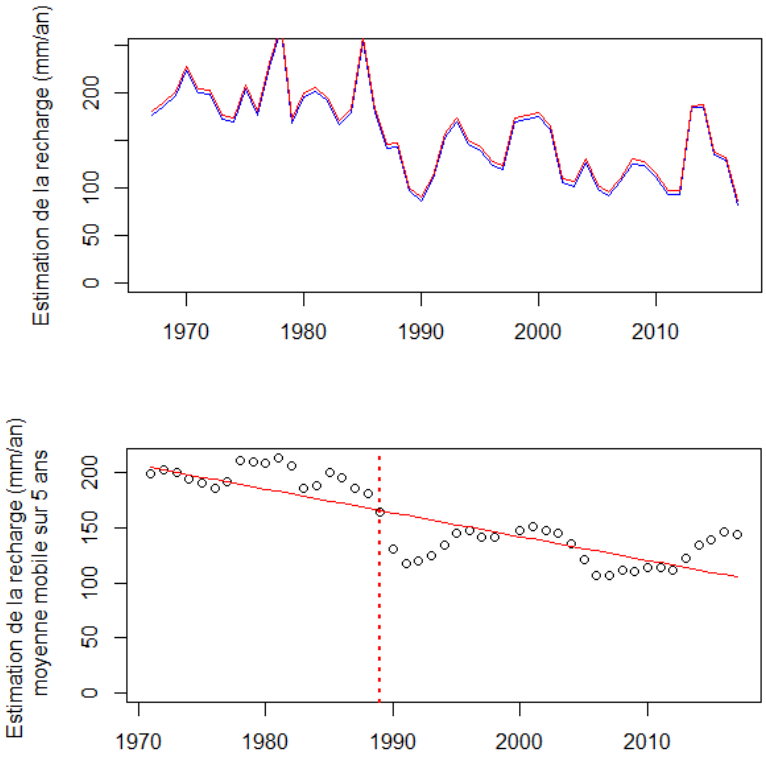


Illustration 77 - (Haut) Estimation de la recharge dans le bassin versant du Midour déduite du calcul de l'écoulement de base à la station Q2192510-2192520. En bleu l'estimation est faite à partir de la limite basse des prélèvements et en rouge à partir de la limite haute
(Bas) Estimation de la recharge avec moyenne sur les 5 années précédentes

8.2. MODELISATION GARDENIA

Comme pour le calcul de l'écoulement de base et du BFI, une modélisation globale du bassin versant est faite pour le bassin dans sa totalité (station Q2192510-2192520), puis pour un sous bassin versant semblant plus homogène (station Q2062510). Il est important de noter que l'hétérogénéité du bassin versant que ce soit en matière de caractéristiques hydrogéologiques, de caractéristiques météorologiques ou de capacité d'infiltration rend plus incertaine la modélisation globale dont l'objectif est d'estimer le comportement hydrodynamique d'un bassin versant dans son ensemble. Il parait cependant intéressant de faire cet exercice notamment pour évaluer la cohérence entre les résultats des calculs du BFI et de l'écoulement de base d'une part et ceux de la modélisation globale d'autre part.

8.2.1. Modélisation globale à partir des débits de la station Q2192510

La modélisation globale a été réalisée en prenant en compte les prélèvements estimés : c'est la valeur moyenne des prélèvements pour tous les ans où ces prélèvements ont été quantifiés qui a été considérée (0,6 m^3/s). Les moyennes journalières de l'ETP et des précipitations associées

aux mailles SAFRAN intersectées par le bassin versant ont été prises en compte. L'optimisation a été faite sur toute la période d'observation de la station Q2192510, c'est-à-dire jusqu'en 2010, en prenant en compte la possibilité d'un effet retard étant donnée la taille du bassin versant. Un schéma simple à un réservoir a été choisi.

Au final, l'ajustement a été obtenu avec un coefficient de corrélation de 0,85 ; ce coefficient indique un ajustement correct, mais il est remarqué que l'ajustement en période d'étiage est moins bon, vraisemblablement dû à des prélèvements à ces périodes et à la modélisation délicate de l'impact des précipitations estivales. La comparaison observation / simulation en termes de débits annuels moyens est fournie à l'Illustration 78.

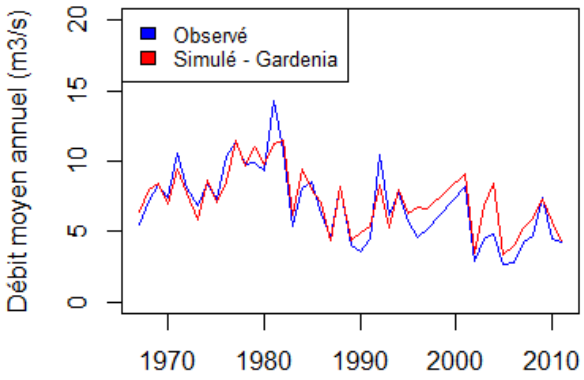


Illustration 78 - Débits moyens annuels observés et simulés (Gardenia) à la station Q2192510

Sur toute la période d'observation, la lame d'eau correspondant à la recharge moyenne (assimilée à l'écoulement lent simulé par le modèle) est évaluée à 108 mm, soit 36 % de l'écoulement total. La recharge moyenne et le rapport écoulement lent/écoulement total sont estimés à des valeurs plus faibles avec cette modélisation globale qu'avec l'écoulement de base.

On peut également tracer la recharge annuelle estimée par le modèle global et la comparer à la recharge estimée à partir de l'écoulement de base. C'est ce qui est fait à l'Illustration 79. Même si des similarités existent (notamment sur la deuxième moitié de la chronique), on voit que la recharge estimée à partir de l'écoulement de base est quasi-toujours plus forte que celle estimée avec le modèle global ; la tendance à la baisse y est également plus visible. Les disparités observées traduisent une partie des incertitudes existantes sur la quantification de la recharge ; il faut donc prendre ces estimations avec précaution et en tirer des ordres de grandeur plutôt que des valeurs quantitatives précises.

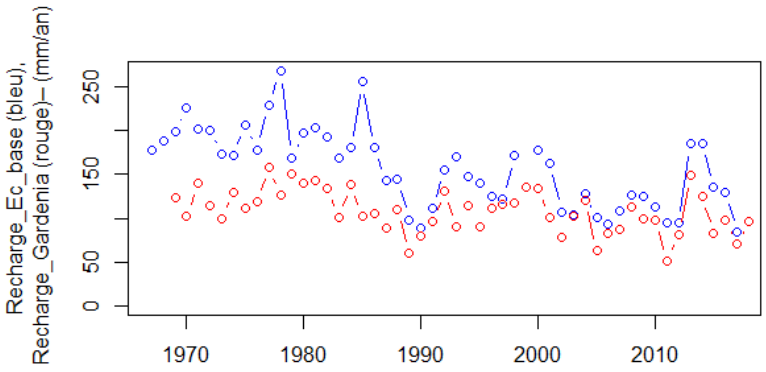


Illustration 79 - Comparaison de la recharge estimée à l'aide de l'écoulement de base et de la recharge estimée par le modèle global (station Q2192510)

8.2.2. Modélisation globale à partir des débits de la station Q2062510

Cette station est indiquée comme « fortement influencée en étiage » ; nous réalisons donc l'ajustement de la modélisation globale pour la période de temps où les retenues de soutien d'étiage n'existaient pas, c'est-à-dire pour la période pré-1987 avec l'objectif d'étudier la période la moins influencée. Un débit de prélèvement approximatif de 0,15 m^3/s a été pris en compte. Un schéma simple à un réservoir a été choisi, avec la possibilité d'un retard.

Un ajustement est obtenu avec un coefficient de corrélation de 0,87 ; ce qui est correct. Néanmoins, la comparaison entre les débits moyens annuels observé et simulé (Illustration 80) montre qu'en termes de débits moyens annuels, la simulation a tendance à surestimer les débits observés. En outre, les débits simulés semblent présenter une légère tendance à la baisse (suivant les pluies efficaces) alors qu'une relative stabilité des débits observés avait été notée en section 5.2.. Il faut toutefois rester prudent quant aux résultats de la modélisation globale dans la mesure où le soutien d'étiage n'a pas été considéré (sa prise en compte entrainerait une augmentation des débits moyens annuels simulés pour la période post-1987) et où des incertitudes existent notamment sur les prélèvements au sein de ce sous-bassin, sur les chroniques météorologiques à considérer (la moyenne des chroniques des mailles SAFRAN intersectées par le sous bassin versant a été considérée dans la simulation présentée).

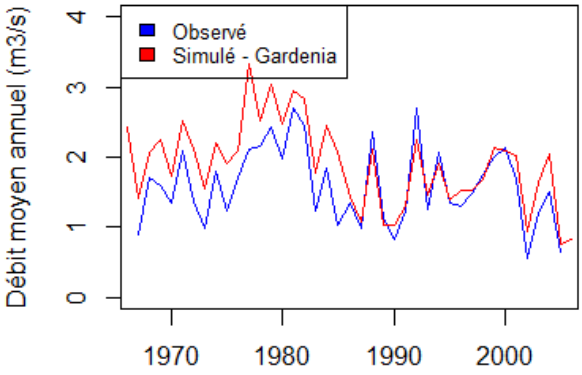


Illustration 80 - Débits moyens annuels observés et simulés (Gardenia) à la station Q2062510

Sur toute la période d'observation, la lame de recharge moyenne (assimilée à l'écoulement lent) est évaluée à 58 mm soit 26 % de l'écoulement total, confirmant le caractère plus ruisselant de cette partie amont du bassin. Pour cette station également, on observe donc également une recharge moyenne plus faible avec le modèle global qu'avec la méthode de l'écoulement de base (63 mm auxquels il faut ajouter les prélèvements, inconnus à cette époque-là dans le secteur considéré), ainsi qu'un ratio écoulement lent/écoulement total plus faible.

8.3. APPROCHE INTER-REGIONALE DE L'ESTIMATION DE LA RECHARGE

8.3.1. Approche méthodologique

Une estimation de la pluie efficace et de la recharge a été conduite à l'échelle du bassin Adour-Garonne (Le Cointe et al., 2019). Plusieurs méthodes ont été testées parallèlement, celles-ci étant de trois grands types :

- celles qui s'appuient sur les chroniques météorologiques pour réaliser un bilan hydrologique et évaluer la pluie efficace, qu'il s'agit ensuite de décomposer en ruissellement et recharge pluviale ;
- celles qui analysent l'hydrogramme d'un cours d'eau, pour déterminer la part du débit du cours d'eau qui provient de la nappe connectée au cours d'eau (écoulement de base) et peut, sous certaines conditions, être assimilée à la recharge ;
- celles qui analysent les fluctuations d'une chronique piézométrique et utilisent la porosité de drainage pour calculer la recharge.

Le calcul de la pluie efficace a été effectué à l'aide des données météorologiques issues du système SAFRAN de Météo-France et d'une méthode de bilan hydrologique (Thornthwaite[9], Dingman[10] et Gardénia / GR4J), puis cette pluie efficace a été répartie entre ruissellement et infiltration. Deux des trois méthodes (Dingman et Gardénia / GR4J) ont été conservées pour l'estimation de la recharge pluviale actuelle.

Plusieurs méthodes d'estimation du ratio d'infiltration de la pluie efficace (RIPE), déterminant le partage de la pluie efficace entre ruissellement et infiltration à l'échelle interannuelle ont été utilisées en se basant notamment sur :

- le ratio déterminé à partir de l'étude sur la vulnérabilité des Unités de Gestion du bassin Adour-Garonne ;
- l'IDPR et un tableau de correspondance permettant d'en déduire le RIPE, basé sur la comparaison entre IDPR et BFI de Wallingford pour différents bassins versants.

C'est la méthode basée sur une correspondance entre BFI Wallingford et IDPR 2017 moyen, complétée par des forçages basés sur des expertises locales, qui a été retenue pour estimer le RIPE.

La méthode a d'abord été utilisée pour calculer la recharge des nappes libres par les précipitations atmosphériques sur la période 1981-2010, pour laquelle les données climatiques ont été enregistrées et modélisées dans le système SAFRAN.

Le rapport spécifie que *« les cartes présentées correspondent à une moyenne interannuelle de la recharge des nappes libres par les précipitations atmosphériques au cours de la période de référence (1981-2010), qui permet d'appréhender les différences liées à la quantité de précipitations et au contexte géologique, mais ne doit toutefois pas être considérée comme une estimation précise en valeur absolue, en raison des limitations induites par la méthode choisie pour le calcul, notamment dans les secteurs où le ratio d'infiltration est conditionné par le niveau piézométrique (Plio-Quaternaire), ou ceux dans lesquels l'occupation des sols ou l'intensité des précipitations (zones de montagne) peuvent augmenter la part du ruissellement. »*

[9] Thornthwaite (1948)

[10] Dingman (2002)

Dans un second temps, plusieurs scenarii d'évolution future de la pluie efficace ont été simulés, correspondant à :

- trois horizons temporels différents : 2030, 2050 et 2080 ;
- deux scenarii d'émissions de gaz à effet de serre issus du dernier rapport du GIEC : RCP 2.6 (optimiste) et RCP 8.5 (pessimiste) ;
- cinq modèles climatiques globaux pertinents pour une simulation de l'évolution du climat de la France : BCC-CSM1-1-M, CanESM2, IPSL-CM5A-MR, NorESM1-M et CNRM-CM5 ;
- deux méthodes de régionalisation des données issues des modèles climatiques globaux : descente climatique et méthode de Dayon ;
- deux méthodes de bilan hydrologique : Dingman et Gardénia / GR4J.

Cette deuxième partie de l'étude n'est pas reprise ici mais est consultable dans le rapport Le Cointe et al. (2019).

Les résultats ont été restitués sous forme cartographique, à l'échelle d'unités hydrogéologiques reposant sur un croisement entre les premières masses d'eau souterraine et les premières unités hydrogéologiques de la BD-LISA version 2 rencontrées depuis la surface d'une part et les mailles de la grille SAFRAN d'autre part (8 km par 8 km).

8.3.2. Résultats à l'échelle du bassin versant du Midour

Il est rappelé en préambule que l'approche conduite à l'échelle du bassin Adour-Garonne a donc été menée sur une étendue bien plus large que celle du bassin versant du Midour. Elle induit donc une vision de ce territoire insuffisamment précise géographiquement parlant mais fournit néanmoins une vision spatialisée et homogène pour évaluer la pluie efficace et la recharge pluviale sur ce territoire.

Les estimations produites sont restituées à l'échelle du Midour dans les illustrations suivantes :

- Illustration 81 à Illustration 83, estimation des pluies efficaces selon trois méthodes distinctes ;
- Illustration 84 et Illustration 85, estimation du ratio infiltration / ruissellement selon deux méthodes distinctes (les résultats sont présentés sans subdivision au pas de la grille SAFRAN de MétéoFrance) ;
- Illustration 86 : estimation de la recharge pluviale basée sur les pluies efficaces calculées sur un bilan global établi à l'aide du logiciel GARDENIA et une estimation du ratio infiltration / ruissellement à partir de l'IDPR (version 2017).

Les différentes illustrations montrent :

- une pluie efficace qui augmente de l'amont à l'aval du bassin versant, s'établissant entre 220 et 490 mm/an selon les méthodes de Dingman et Gardenia, et entre 140 et 415 mm/an avec la méthode de Thornthwaite (période 1981-2010). Les limites de la grille SAFRAN apparaissent très nettement sur ces illustrations, induisant des contrastes parfois forts d'une zone géographique à une autre, mais ne remettant pas en cause la tendance générale. Par comparaison, les estimations faites dans le cadre de ce rapport (méthode de Thornthwaite, capacité de stockage du sol de 100 mm) conduisaient à des valeurs comprises entre 200 et 420 mm/an, avec une gradation similaire de l'amont vers l'aval (cf. 5.1.4). Toujours pour comparer les ordres de grandeur, la lame d'eau moyenne écoulée dans le Midour est de 197 mm à Laujuzan et de 270 mm à Mont-de-Marsan, confirmant bien de fait l'augmentation de la pluie efficace vers l'aval du bassin versant (cf. 8.1) ;

- un ratio infiltration / ruissellement qui varie de 10 à 85 % dans la méthode des unités de gestion et de 25 à 60 % dans la méthode basée sur l'IDPR 2017. Le ruissellement le plus fort est localisé dans la partie amont du bassin versant. Plus en détail, on observe que le bassin versant du Ludon ou celui du Lusson n'apparaissent pas particulièrement infiltrants (ratio de l'ordre de 50 %), ce qui parait peu adapté et nécessiterait de travailler à une échelle plus fine pour faire ressortir leurs spécificités (que l'IDPR restitue partiellement, cf. Illustration 12 et Illustration 13). Le contraste de ratio avec les glaises bigarrées situées en bordure sud-ouest du bassin versant parait aussi insuffisamment marqué. Par comparaison, le BFI moyen du Midour est de 51 % à Mont-de-Marsan et de 32 % à Laujuzan (cf. 8.1), confirmant aussi cette variabilité spatiale ;
- une recharge pluviale qui est évaluée entre 50 et plus de 450 mm/an selon les secteurs géographiques. Les pluies efficaces étant les plus faibles et les coefficients de ruissellement les plus forts à l'amont, c'est aussi dans la partie amont du bassin versant que l'on retrouve les valeurs de recharge pluviale les plus faibles. On observe aussi une absence de contraste d'une part entre les bassins versants infiltrants (Ludon et Lusson notamment) et les autres, et d'autre part entre les secteurs recouverts par les glaises bigarrées et les autres zones au sein du bassin versant du Ludon par exemple. Comme pour les pluies efficaces, les limites de la grille SAFRAN induisent un découpage artificiel du territoire. A titre de comparaison, la part de la contribution des eaux souterraines au débit du cours d'eau à Mont-de-Marsan était estimée à 108 mm/an, avec une variabilité inter-annuelle notable (cf. Illustration 79), fixant un ordre de grandeur pour la recharge globale moyenne. Plus à l'amont, l'estimation était de 60 mm environ (cf. 8.2.2).

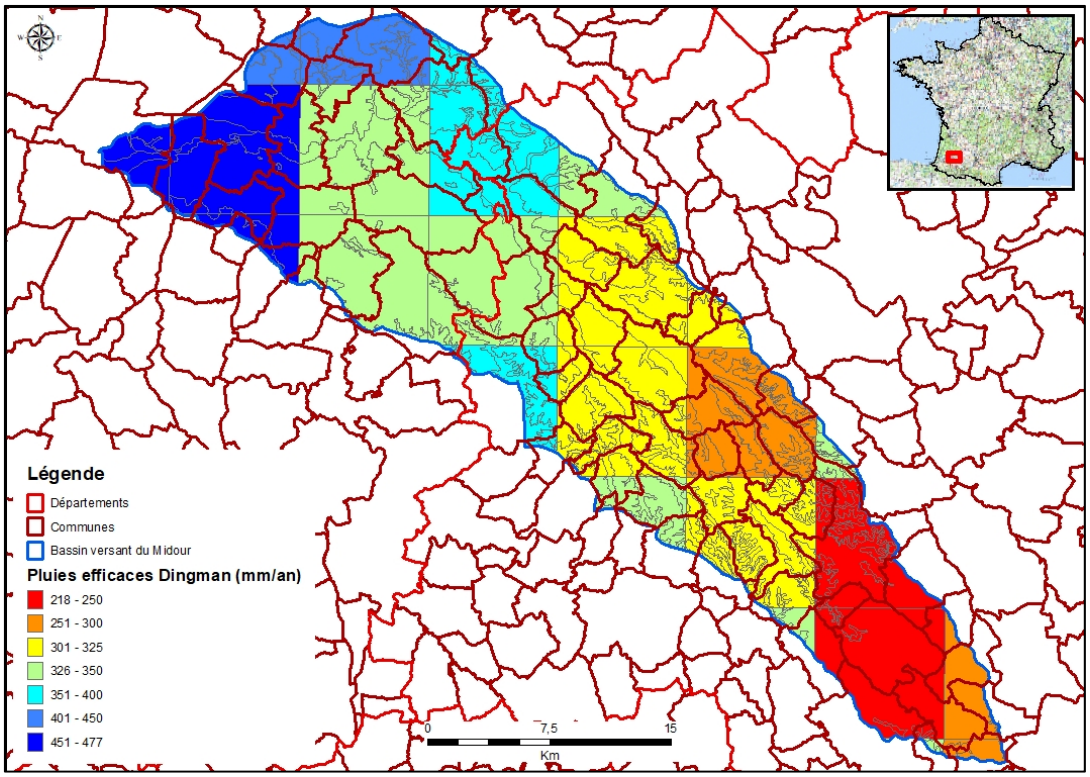


Illustration 81 - Estimation des pluies efficaces moyennes inter-annuelles (1981-2010) selon la méthode de Dingman dans le bassin versant du Midour (d'après Le Cointe et al., 2019)

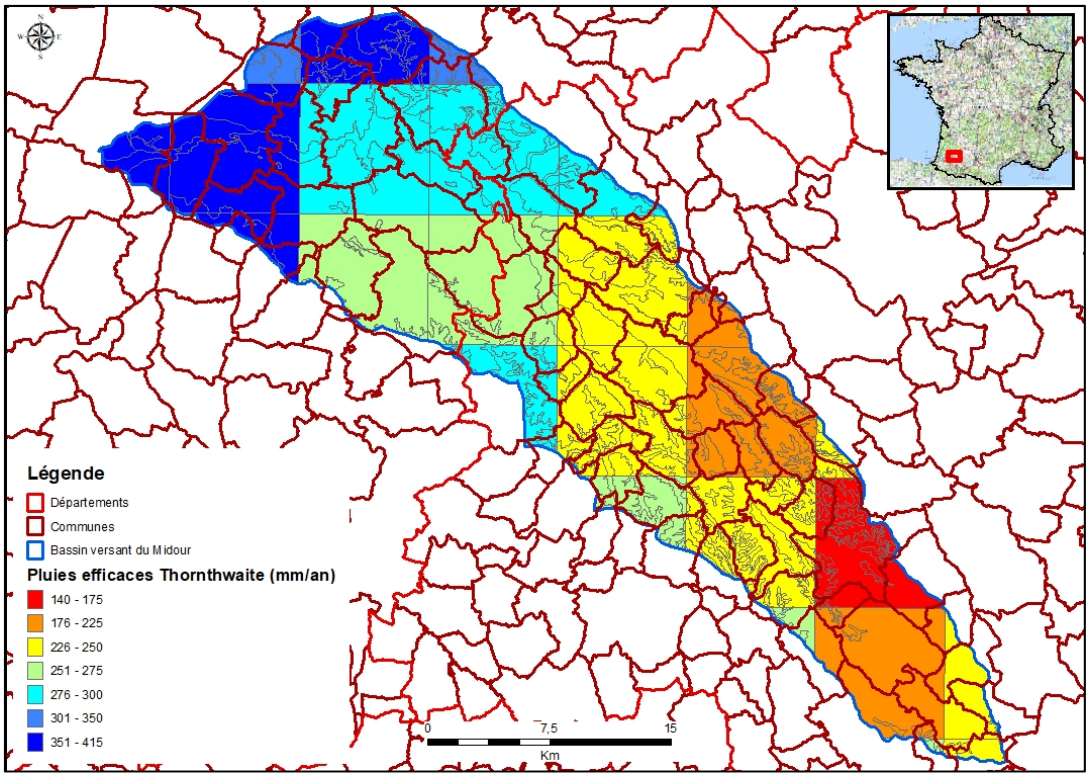


Illustration 82 - Estimation des pluies efficaces moyennes inter-annuelles (1981-2010) selon la méthode de Thornthwaite dans le bassin versant du Midour (d'après Le Cointe et al., 2019)

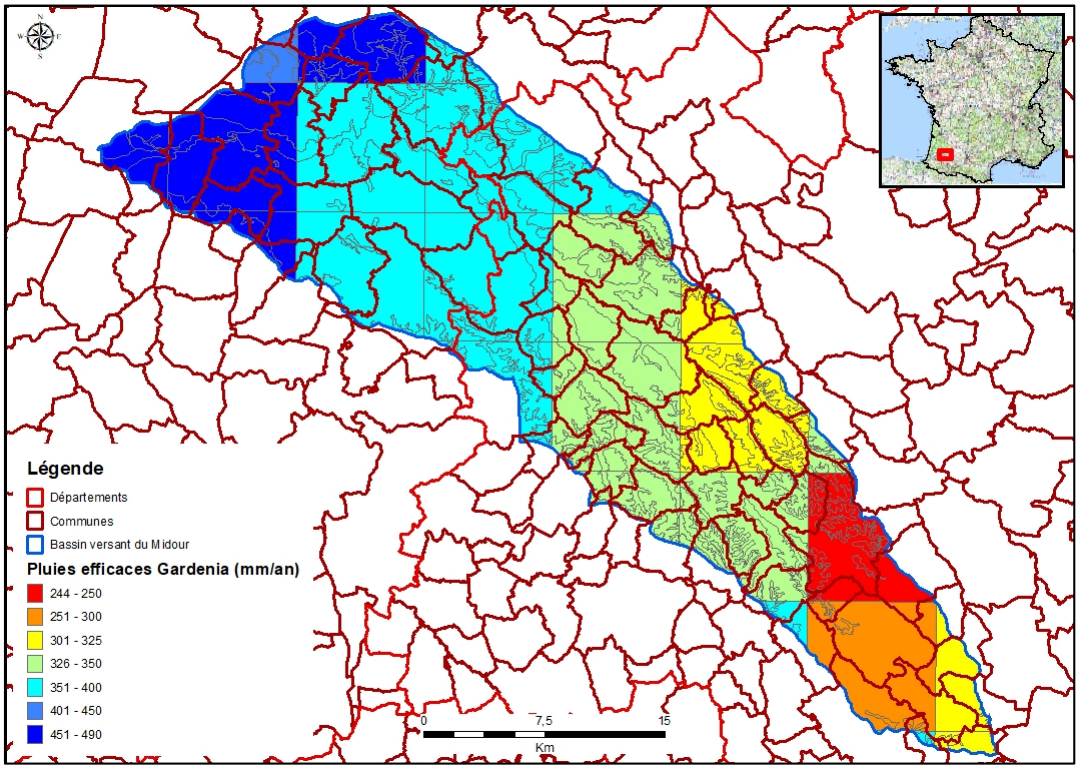


Illustration 83 - Estimation des pluies efficaces moyennes inter-annuelles (1981-2010) par la mise en œuvre d'un modèle global (GARDENIA) dans le bassin versant du Midour (d'après Le Cointe et al., 2019)

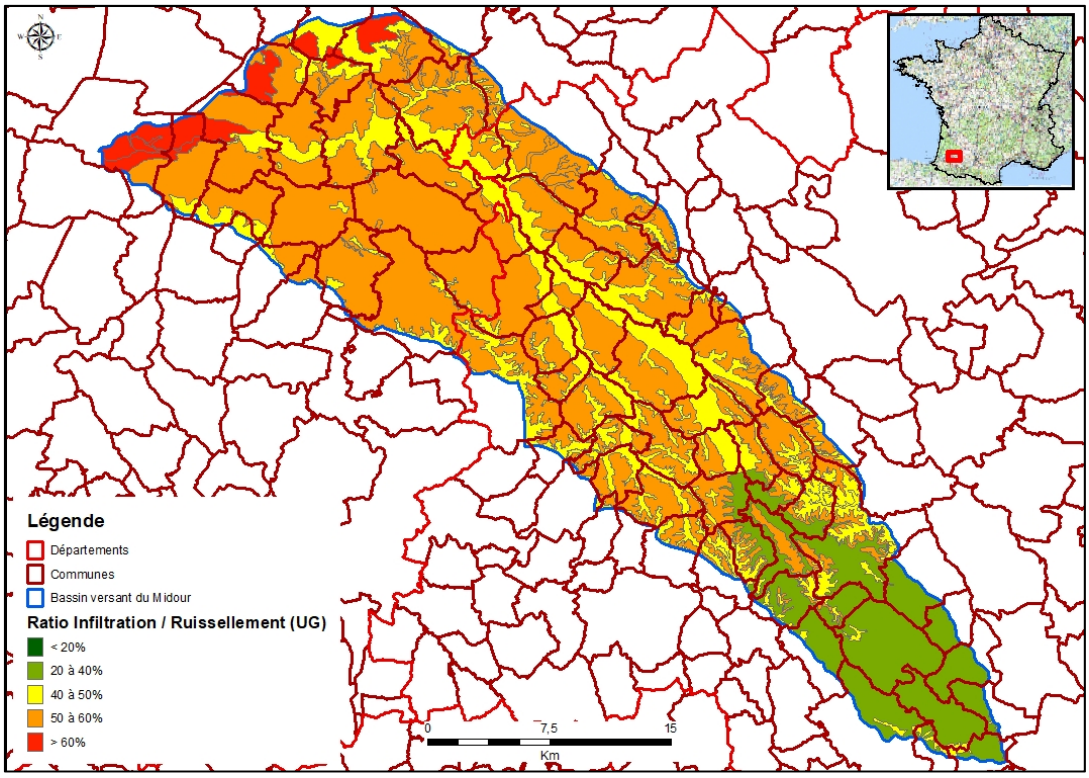


Illustration 84 - Estimation du Ratio Infiltration Ruissellement dans le bassin versant du Midour par Unité de Gestion (d'après Le Cointe et al., 2019)

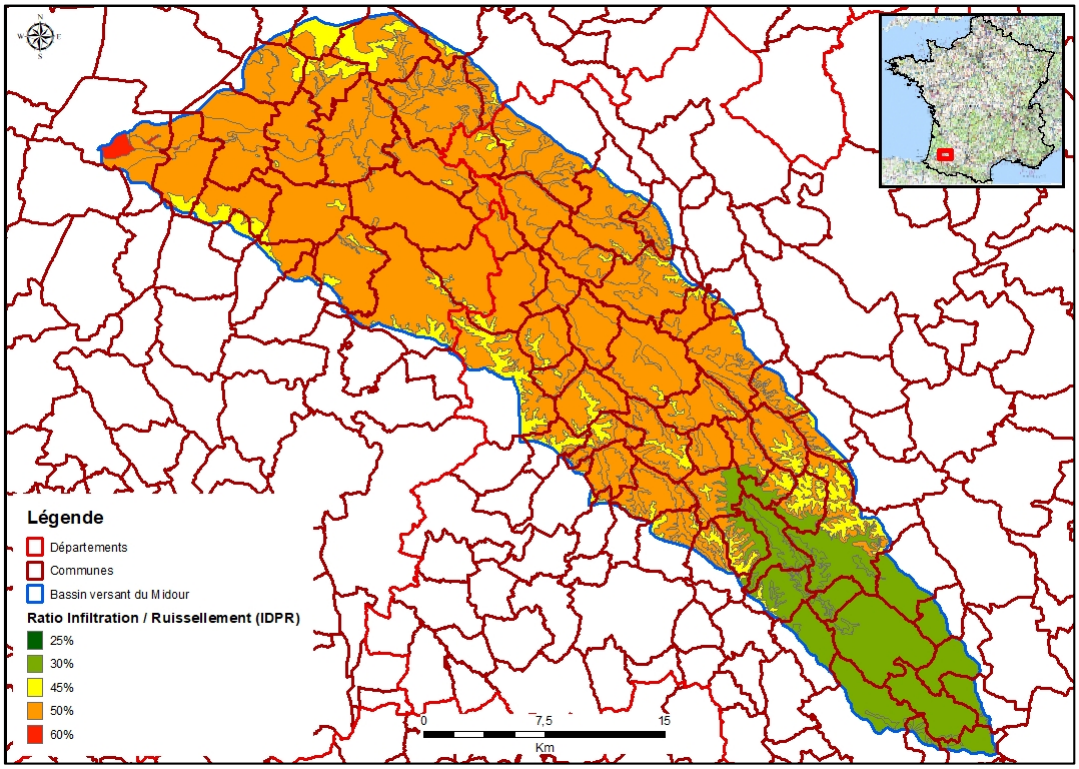


Illustration 85 - Estimation du Ratio Infiltration Ruissellement (RIPE) dans le bassin versant du Midour d'après l'IDPR version 2017 (d'après Le Cointe et al., 2019)

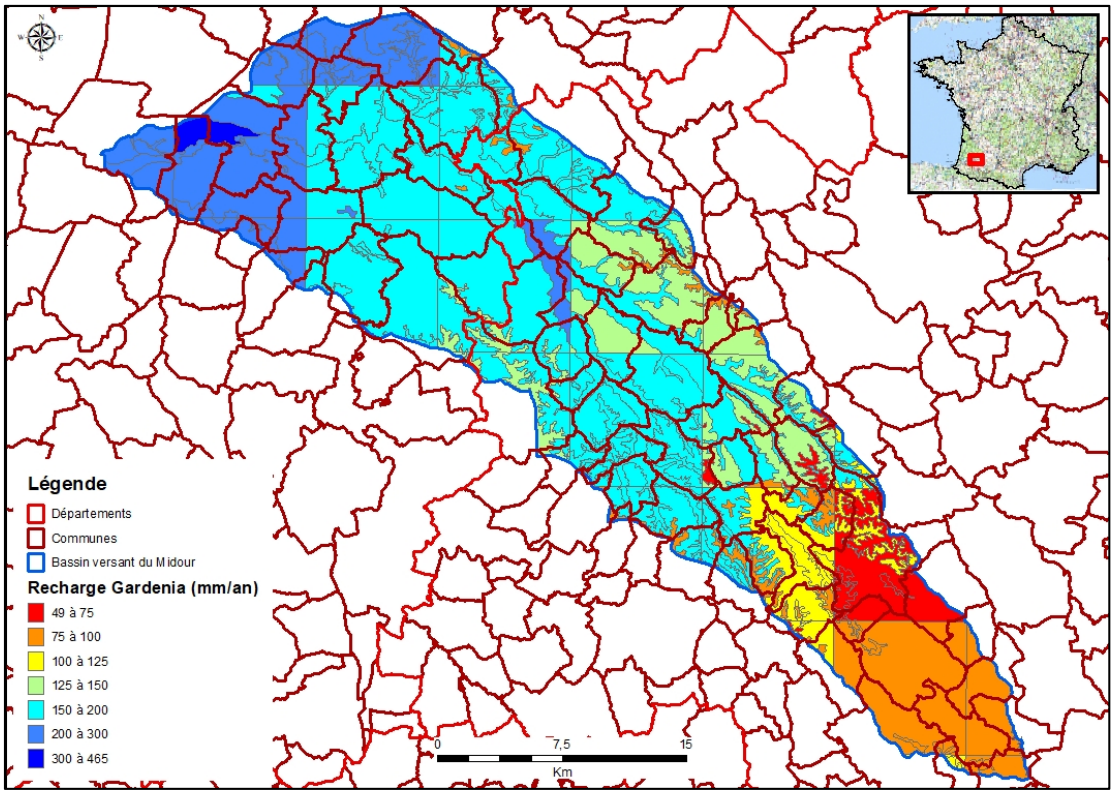


Illustration 86 - Estimation du de la recharge pluviale dans le bassin versant du Midour (d'après Le Cointe et al., 2019)

9. Qualité des eaux souterraines dans le bassin versant du Midour

Ce chapitre est abordé de façon très synthétique, principalement sur la base de deux documents :

- Beranger S. et al. (2012) : Actualisation de la synthèse hydrogéologique du département du Gers. Rapport BRGM/RP-61896-FR ;
- UPMC (2017) - Etude sur l'hydrogéologie et le dynamisme de la nappe de l'Helvétien.

Compte tenu des secteurs géographiques couverts par ces deux études, il est présenté par département.

9.1. DEPARTEMENT DU GERS

Beranger et al. (2012) dressent à l'échelle du département du Gers un aperçu des teneurs en différents éléments présents dans les eaux souterraines. Les teneurs en nitrates ont été collectées par point de suivi sur la période 2000-2010, puis une valeur moyenne et une valeur maximale (cf. Illustration 87) ont été générées. Les occurrences de produits phytosanitaires sont par ailleurs représentées pour 7 molécules (atrazine, déséthylatrazine, atrazine-déisopropyl, simazine, métolachlore, bentazone et therbutylazine) sur la période 2000-2012 (cf. Illustration 88).

Ces deux cartographies établies tous aquifères confondus montrent une situation contrastée pour le bassin versant du Midour : certains points de suivi présentent des teneurs en nitrates toujours inférieures à 5 mg/l sur la période, tandis que d'autres connaissent une valeur maximale qui dépasse 50 mg/l. Concernant les produits phytosanitaires, toutes les molécules ciblées sont rencontrées au moins une fois et sur au moins un point sur la période considérée, à l'exception de la bentazone.

Béranger et al. (2012) présentent par ailleurs une fiche synthétique de la chimie des eaux pour l'aquifère de l'Helvétien (cf. Illustration 89). En dehors d'une analyse de 1990 (point 09526X0211) pour laquelle une mesure anomalique de la teneur en sodium est relevée, les eaux présentent une composition bicarbonatée calcique sur les quatre points considérés (situés sur les communes du Houga, de Toujouse et d'Estang). Les teneurs moyennes en nitrates sur les mêmes points sont comprises entre 33 et 57 mg/l.

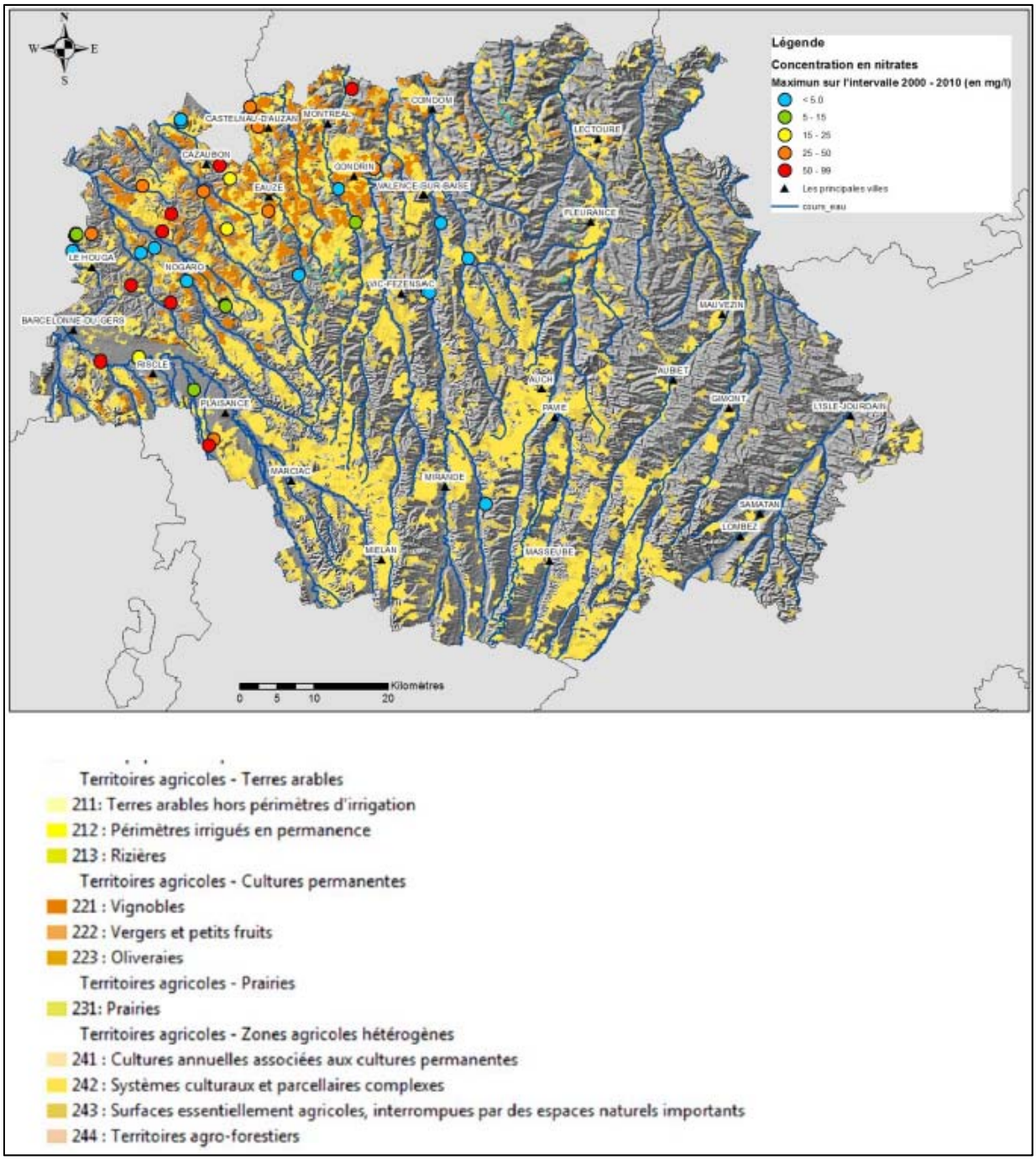


Illustration 87 - Concentration maximale en nitrates (période 2000-2010) et occupation du sol (Beranger et al. 2012)

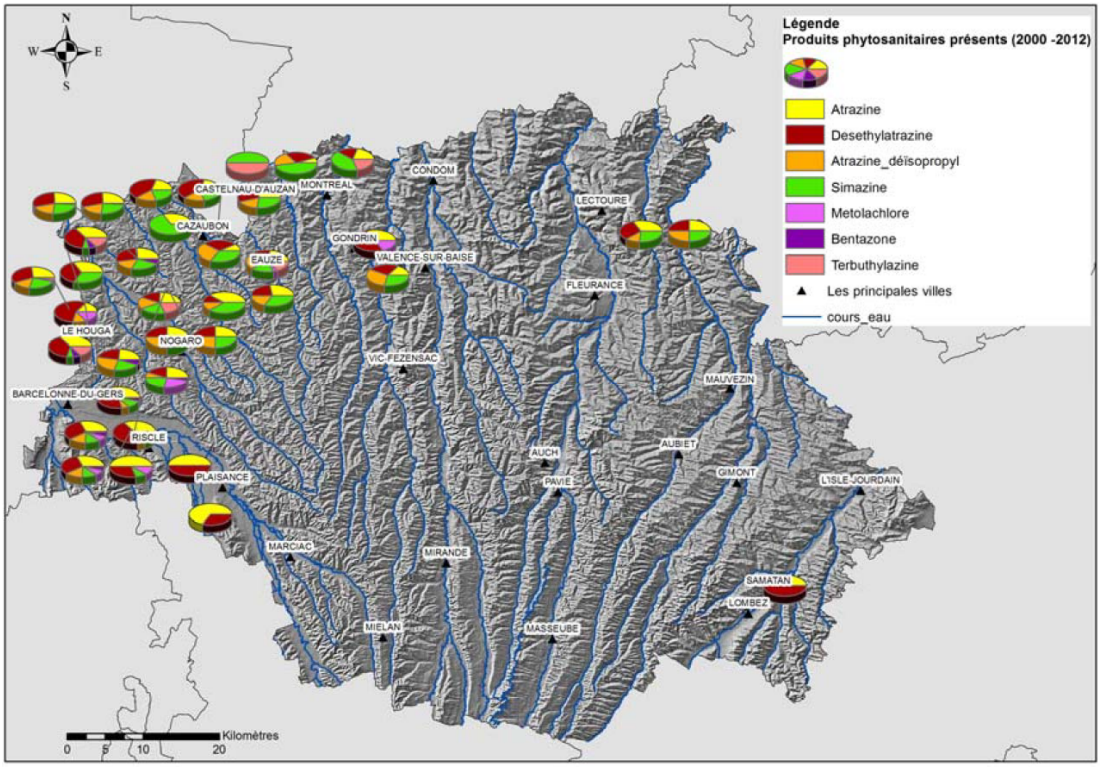
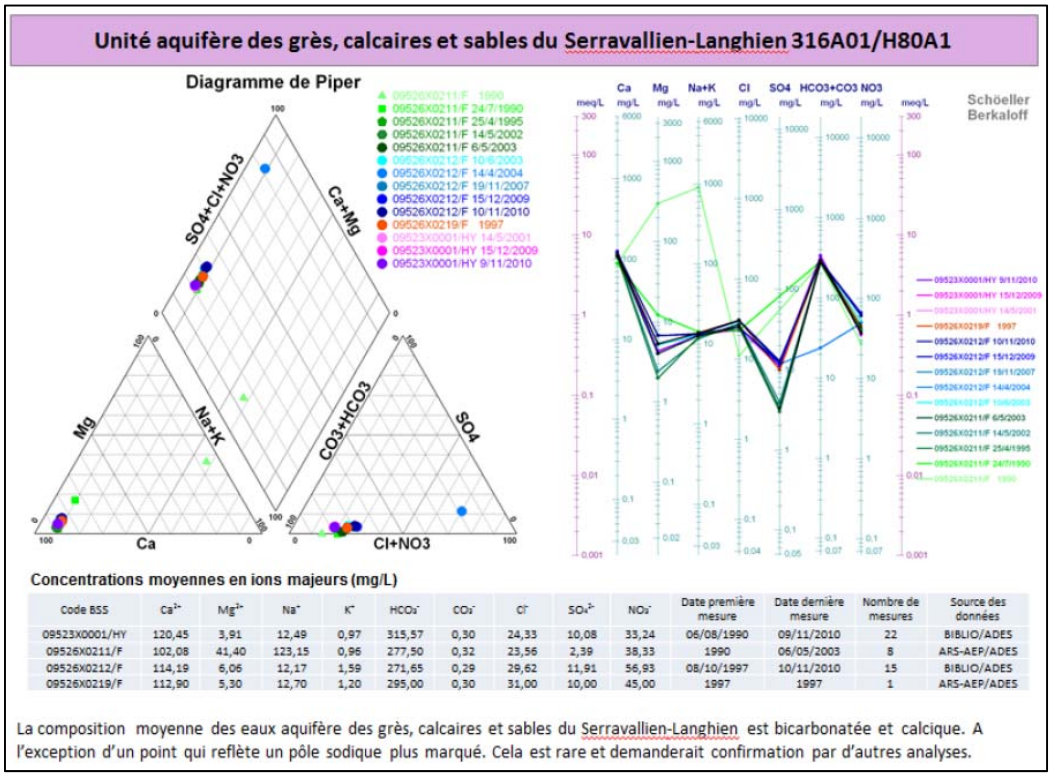


Illustration 88 - Produits phytosanitaires rencontrés dans les eaux souterraines (période 2000-2012) (Beranger et al. 2012)



Code BSS	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	HCO_3^{-}	CO_3^{-}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	NO_3^{-}	Date première mesure	Date dernière mesure	Nombre de mesures	Source des données
09523X0001/HY	120,45	3,91	12,49	0,97	315,57	0,30	24,33	10,08	33,24	06/08/1990	09/11/2010	22	BIBLIO/ADES
09526X0211/F	102,08	41,40	123,15	0,96	277,50	0,32	23,56	2,39	38,33	1990	06/05/2003	8	ARS-AEP/ADES
09526X0212/F	114,19	6,06	12,17	1,59	271,65	0,29	29,62	11,91	56,93	08/10/1997	10/11/2010	15	BIBLIO/ADES
09526X0219/F	112,90	5,30	12,70	1,20	295,00	0,30	31,00	10,00	45,00	1997	1997	1	ARS-AEP/ADES

Illustration 89 - Fiche qualité relative à l'unité aquifère des grès, calcaires et sables de l'Helvétien (ou Serravalien-Langhien, Beranger et al. 2012)

9.2. DEPARTEMENT DES LANDES

Dans le cadre d'une étude réalisée en 2017, l'UPMC a recensé les données de qualité des eaux souterraines disponibles dans le bassin versant du Ludon (cf. annexe 6) et a conduit une campagne de prélèvements en eaux souterraines et en eaux de surface du 06 au 08 mars 2017. Des analyses d'eau ont été effectuées (majeurs et isotopes de l'eau et des nitrates) sur une trentaine de points pré-ciblés sur la zone d'étude (cf. Illustration 90).

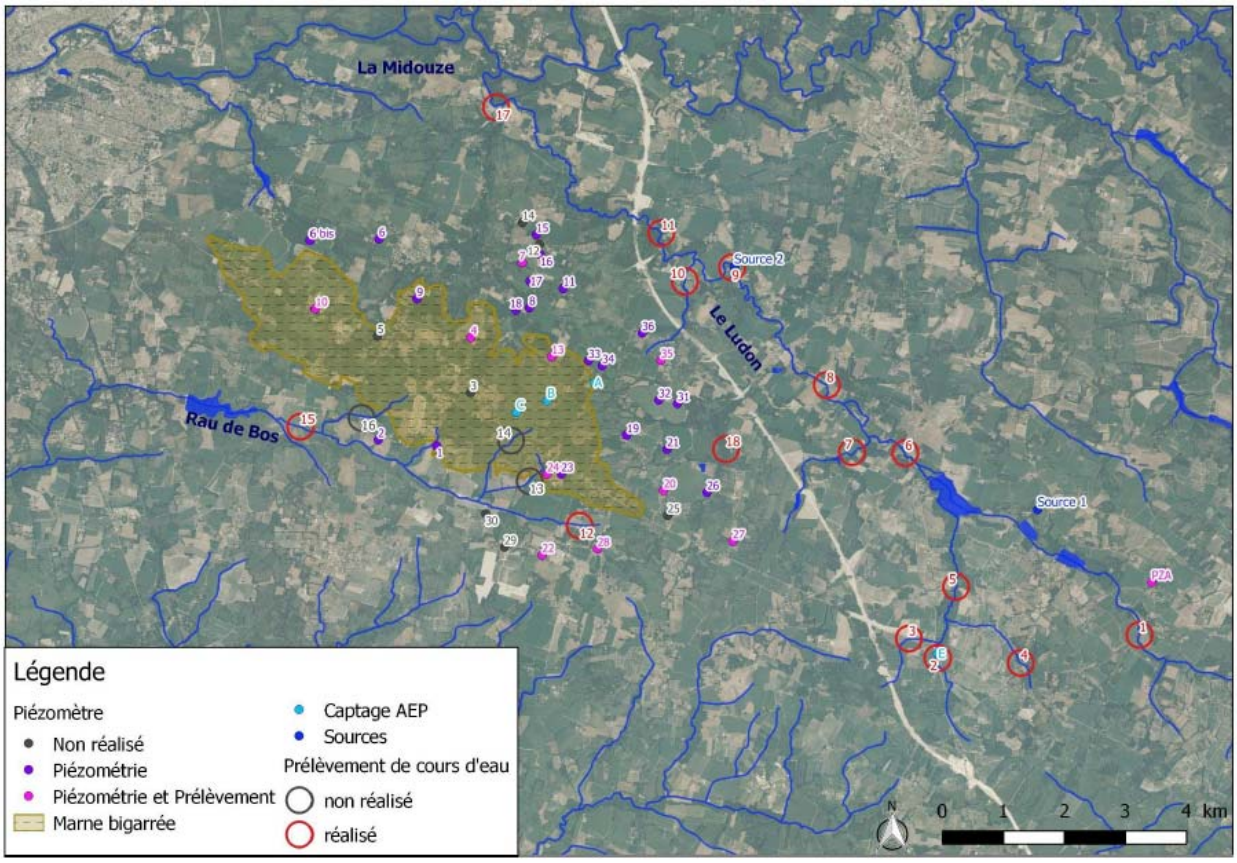


Illustration 90 - Point prélevés lors de la campagne de mars 2017 réalisée par l'UPMC (UMPC, 2017)

Les teneurs en chlorures et sulfates sont globalement stables sur les périodes considérées pour les 6 points de suivi présentés. Mis à part pour le forage de Pujo-le-Plan à Bordes pour lequel une hausse des teneurs est observée sur la période 2012-2015, les teneurs en nitrates sont aussi relativement stables. Les valeurs atteignent, voire dépassent cependant le seuil des 50 mg/l sur deux sites de mesure (source de Berdoulet à Hontanx et Hontanx Bocage).

Concernant les pesticides suivis dans les eaux souterraines, les molécules suivantes ont été rencontrées depuis avril 2014 (entre parenthèses, le nombre de points sur lesquels la molécule a été identifiée) :

- l'Alachlor ESA (4) ;
- le Métolachlor ESA (4) ;
- le Métolachlor OXA (1) ;
- l'Atrazine (1) ;
- le Déséthyatrazine (2) ;
- le Déisopropylatrazine (1) ;
- le Déisopropyl-déséthyl-atrazine (2).

Ces molécules sont rencontrées à des teneurs qui dépassent régulièrement le seuil de 0,1 µg/l relatif à la présence d'une molécule, ainsi que celui de 0,5 µg/l relatif au cumul des teneurs en pesticides dans les eaux souterraines.

Les teneurs en nitrates relevées dans les eaux souterraines lors de la campagne conduite du 06 au 08 mars 2017 ont fait l'objet d'une interpolation (cf. Illustration 91). Si une telle cartographie est à manier avec précaution, d'autant que le ou les aquifère(s) concerné(s) ne sont pas spécifiés, elle met en avant l'existence d'une hétérogénéité spatiale notable des teneurs rencontrées, avec en particulier un dépassement sensible des teneurs en limite entre les bassins versants du ruisseau de Bos et du Ludon. La zone dans laquelle les teneurs dépassent 40 mg/l couvre une superficie de l'ordre de 5 km² environ.

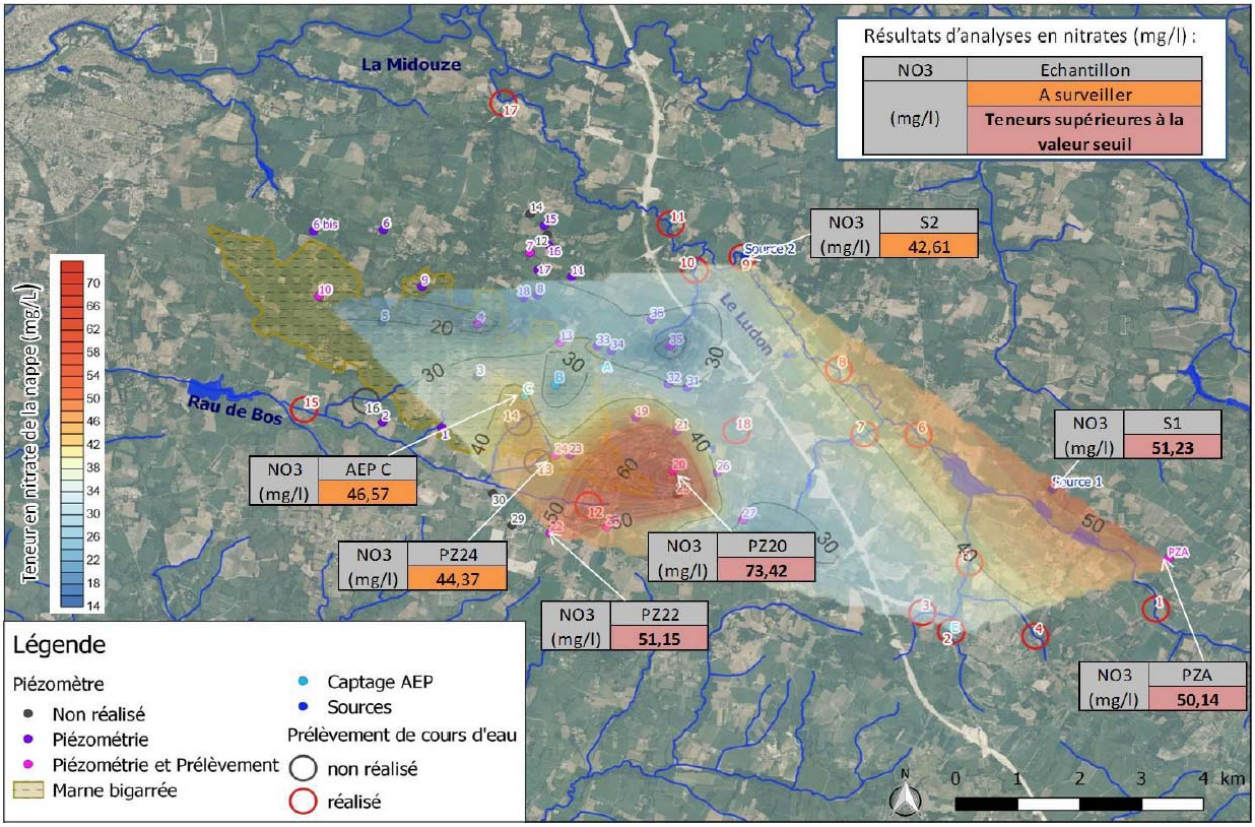


Illustration 91 - Interpolation des teneurs en nitrates quantifiées lors de la campagne de mars 2017 (UMPC, 2017)

Lors de la même campagne, des pesticides ont été recherchés sur 5 points, dont 4 portant sur les eaux souterraines. Les résultats sont présentés de façon synthétique en Illustration 92. On retrouve les mêmes molécules que celles rencontrées depuis le début du suivi en avril 2014 sur un certain nombre de points du secteur, ainsi que le Métolachlore, l'AcétoChlor ESA et OXA.

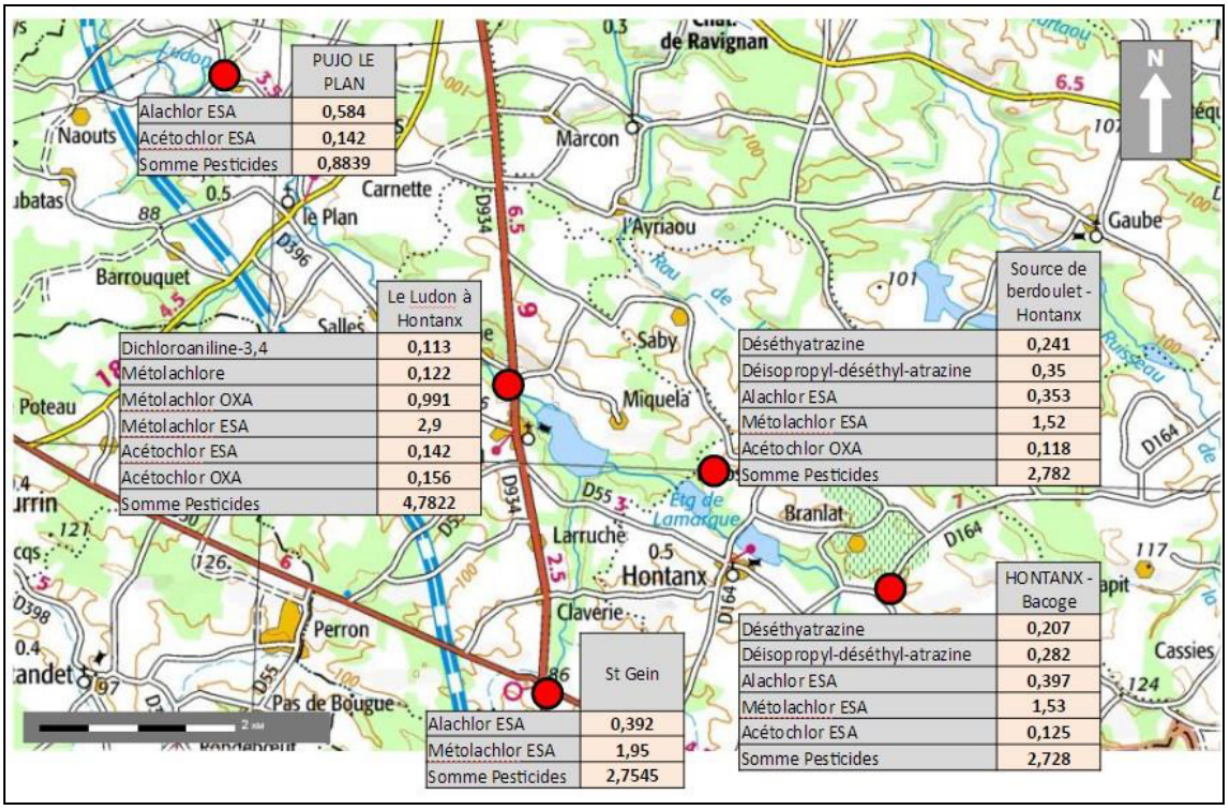


Illustration 92 - Pesticides quantifiés (en µg/l) à une teneur supérieure à la valeur seuil lors de la campagne de mars 2017 (UMPC, 2017)

10. Bassin versant du Midour : impact du changement climatique sur la ressource en eau

Les chapitres précédents ont permis de faire la synthèse des connaissances et des informations disponibles sur le bassin versant du Midour. Ils ont apporté des éléments de compréhension du fonctionnement de l'hydro-système associé au bassin versant et ont permis un état des lieux sur les évolutions observées jusqu'à aujourd'hui.

Devant les incertitudes associées à un éventuel établissement de projections hydro-climatiques et sur l'estimation de ses répercussions sur le fonctionnement de l'hydro-système local à partir de scénarios d'utilisation future de la ressource en eau, nous proposons d'étudier les impacts du changement climatique sur la ressource en eau à partir des observations passées. Des changements relativement significatifs ont en effet pu être mis en évidence et cette expérience des dernières décennies nous parait être suffisamment éclairante pour mener une réflexion sur les conséquences du changement climatique sur l'hydro-système du bassin versant, sur les impacts en termes d'utilisation de l'eau ainsi que sur les mesures d'adaptation à envisager.

Toutefois, si des changements d'un type différent de ceux observés sont amenés à se produire dans le futur, ils ne seront pas inclus dans cette réflexion. C'est la limite principale de ce travail.

Dans la partie 10.1, une synthèse des évolutions climatiques, hydrologiques et hydrogéologiques observées est réalisée ; puis les conséquences sur les ressources en eau, à partir des changements ayant déjà eu lieu, sont détaillées dans la partie 10.2. Enfin, et toujours dans cette partie, les conséquences attendues en matière de gestion de la ressource en eau sont listées afin d'y adjoindre des mesures d'adaptation *ad hoc*.

10.1. SYNTHESE SUR LES EVOLUTIONS OBSERVEES

Les évolutions observées sur la zone d'étude, par grands domaines du cycle de l'eau, depuis le début de l'acquisition des données disponibles et jusqu'à aujourd'hui sont listées ci-dessous ; nous nous concentrons ici sur les évolutions globales à moyen et long terme (à l'échelle des chroniques d'observations) et non sur la variabilité inter-annuelle qui est souvent très importante :

- **Précipitations :** une stabilité globale des précipitations est observée que ce soit sur la quantité annuelle cumulée ou bien sur la fréquence ou l'intensité des événements de fortes précipitations. Un doute existe sur l'augmentation de l'intensité des épisodes de sécheresse importante. Une cyclicité pluri-décennale semble cependant se dégager.
- **Potentiel d'évapotranspiration :** une hausse globale de l'ETP a été identifiée dans les séries temporelles. Cette hausse n'est pas linéaire sur la période de disponibilité de la donnée et une cyclicité pluri-décennale semble apparaitre. Les températures moyennes suivent la même évolution et semblent expliquer cette évolution de l'évapotranspiration.
- **Pluie efficace :** les chroniques de pluies efficaces estimées sont caractérisées par une tendance globale à la baisse ainsi qu'une cyclicité pluri-décennale visible sur les chroniques lissées. La baisse globale de la pluie efficace semble être due à la baisse de contributions de tous les épisodes de pluie efficace, qu'ils soient très contributifs ou moins contributifs. Cette stabilité du « régime » des pluies efficaces amène à faire l'hypothèse d'une certaine constance dans le rapport recharge / pluie efficace ; cette hypothèse est supportée par la stabilité observée de BFI et l'estimation recharge / pluie efficace par un modèle global sur le bassin versant. La baisse globale de la pluie efficace implique mécaniquement une baisse de la

recharge des nappes. Une baisse de la recharge sur la période d'observation est effectivement observée sur l'estimation de la recharge par l'écoulement de base, de façon moins importante sur la recharge simulée par le modèle global.

- **Piézométrie :** les informations recueillies sur la piézométrie portent sur des chroniques relativement peu nombreuses à l'échelle du bassin versant et dont la durée demeure souvent courte. Quelques chroniques présentent néanmoins 30 ans de données. La baisse importante des niveaux de l'Helvétien observée sur deux piézomètres ne semble pas liée principalement à une évolution de la pluie efficace. Les autres piézomètres captant cette nappe et ne montrant pas une telle tendance à la baisse ont par contre des niveaux mieux corrélés aux pluies efficaces. L'existence d'une corrélation entre niveaux piézométriques et pluies efficaces calculées peut également être conjecturée pour la nappe de l'Aquitanien et des Sables Fauves.
- **Débit des rivières :** les débits moyens et à l'étiage (QMNA) du Midour à l'aval du bassin versant présentent une tendance générale à la baisse sur la période d'observation ; une corrélation entre l'évolution de ces débits et l'évolution de la pluie efficace est visible. La tendance à la baisse est moins visible sur les débits mesurés à l'amont du bassin versant, mais les chroniques sont plus courtes et la réalimentation à l'étiage conséquente.
- **Prélèvements :** les prélèvements ont pu être évalués sur une période relativement récente (15 dernières années) ; l'absence de données pour la période pré-2003 empêche donc l'évaluation de la corrélation entre l'évolution des prélèvements dans la nappe de l'Helvétien et la baisse de ses niveaux piézométriques. Même si une baisse sensible des prélèvements en cours d'eau et dans les retenues est observée en moyenne, celle-ci est due à trois années de faibles prélèvements, ce qui ne permet pas de juger de la réalité de cette tendance sur une plus longue période. Une certaine stabilité des prélèvements en nappe libre et captive a été mise en évidence, avec toutefois une forte variabilité pour les prélèvements en nappe libre, et une tendance à la baisse (relativement faible) depuis 2014 pour les prélèvements en nappe captive.

10.2. COMPREHENSION DES RELATIONS DE CAUSE-A-EFFET : ARBRE DE CONSEQUENCES, IMPACTS POTENTIELS ET MESURES D'ADAPTATION

Le changement majeur observé depuis le début des chroniques météorologiques utilisées dans cette étude semble être la hausse globale de l'ETP. Cette hausse globale de l'ETP se traduit par une baisse des pluies efficaces. La pluie efficace se partageant entre infiltration et ruissellement, une baisse du niveau piézométrique des nappes et du débit des rivières peut alors être attendu. Les nappes du bassin versant du Midour (principalement l'Helvétien) alimentant dans la très grande majorité les cours d'eau, la baisse du niveau des nappes est également préjudiciable au débit de ces cours d'eau.

Une baisse des débits moyens annuels et à l'étiage a déjà pu être constatée, en particulier sur la partie aval du bassin versant. En termes d'impacts ou de défaillances, si la baisse se poursuit, cela pourrait se traduire à la fois par une difficulté de satisfaction des besoins en eau (les prélèvements en rivières sont utilisés exclusivement pour l'irrigation) et de maintien de débits réservés aux fonctionnements des écosystèmes. Parmi les solutions envisageables, les réservoirs de soutien d'étiage peuvent permettre de maintenir un débit réservé dans un cours d'eau. Un certain nombre ont déjà été mis en place depuis le début des années 1990 dans le secteur d'étude. Les prélèvements dans les cours d'eau étant relativement stables sur les 15 dernières années, aucun besoin supplémentaire n'est identifié sur la base des évolutions observées. Toutefois, si les besoins actuels venaient à être menacés par la baisse des débits, une solution existe déjà sur le bassin versant et repose sur l'utilisation d'ouvrages de stockage

qui sont, soit directement prélevés, soit sollicités pour alimenter les rivières dans lesquels les prélèvements sont réalisés.

Les principales alternatives à ces solutions sont le report vers d'autres ressources, voire l'importation depuis d'autres bassins sous réserve de faisabilité ; les ressources en eau souterraine non profondes sont très limitées (voire quasi inexistantes) dans une grande partie amont du bassin versant du Midour ; dans la partie aval, c'est l'aquifère de l'Helvétien qui semble être la seule ressource disponible, mais dont l'évolution des niveaux dans un contexte de changement climatique est incertaine (voir paragraphe suivant). La faisabilité du report vers des ressources en eau plus profondes du bassin ou bien l'importation de ressources provenant d'autres bassins n'est pas discutée de façon spécifique dans le cadre de ce travail ; plus généralement, celle-ci pourrait se heurter à des conflits d'usage, surtout dans un contexte où la disponibilité de la ressource serait de plus en plus limitée sur un secteur bien plus large que le secteur d'étude. Une autre alternative réside dans la mise en œuvre d'une recharge artificielle de la nappe, telle que cela a pu être conduit sur certains secteurs du territoire français (Wuilleumier et Seguin, 2008 ; Casanova et al., 2012).

La première des conséquences d'une diminution des infiltrations d'eau est la baisse des niveaux piézométriques des nappes exploitées. L'évolution passée des niveaux piézométriques de l'Helvétien, de l'Aquitanien et des Sables Fauves semble montrer une corrélation entre niveaux piézométriques et pluies efficaces. Toutefois, la baisse importante des niveaux de l'Helvétien observée sur certains piézomètres (entre 1990 et 2005-2010) ne semble pas être imputable à une baisse des pluies efficaces (cf. section 6.3.3). Cette baisse observée des niveaux piézométriques de l'Helvétien en certains points montre quand même que la ressource en eau souterraine du bassin versant est sensible, que ce soit à une surexploitation de la ressource ou bien à une diminution de la recharge. La baisse des niveaux piézométriques d'une nappe exploitée a des impacts sur les ouvrages de captage différents selon l'intensité de la baisse : si la nappe est libre, une baisse de niveau entraine une diminution de la transmissivité (produit de la perméabilité et de l'épaisseur de la zone saturée), ce qui se traduit par un rabattement plus important pour un même débit de pompage ; ensuite, si la baisse des niveaux piézométriques entraine un dénoyage des crépines, une augmentation des pertes de charges quadratiques (notamment dues à des effets de turbulence) pourra se produire, entrainant une baisse supplémentaire de la performance de l'ouvrage. En outre, le dénoyage des crépines peut modifier les équilibres physico-chimiques au niveau de l'ouvrage, avec potentiellement la formation de dépôts au niveau des crépines, pouvant conduire à leur colmatage. Enfin, et préalablement à un dénoyage éventuel des crépines, un dénoyage partiel ou total de la chambre de pompage est susceptible de survenir, auquel cas les pompes immergées ne peuvent plus fonctionner à moins de pouvoir être descendues plus en profondeur. Si la baisse des niveaux reste modérée, de sorte à rester au-dessus des niveaux critiques définis pour la nappe exploitée, une augmentation du nombre d'ouvrages d'exploitation constitue une solution permettant de prélever un volume constant en diminuant les rabattements aux puits de pompage. Les alternatives à cette solution sont un report vers des ressources en eau plus profondes du bassin, la recharge artificielle ou bien l'importation de ressources provenant d'autres bassins, avec les difficultés évoquées au-dessus.

Une autre conséquence de la baisse des quantités d'eau infiltrées est la baisse de la ressource exploitable au droit des sources, voire le tarissement de certaines d'entre elles. La reconnaissance des sources réalisées dans le cadre de cette étude n'a pas pu mettre en évidence de sources très importantes (en matière de débits) sur le secteur d'étude, à l'exception des sources exploitées de Fontaine Sainte à Estang et des Arbouts à Saint-Gein. Les autres sources ont pu être exploitées et/ou aménagées par le passé pour des usages très locaux, ce qui implique qu'elles présentent de faibles débits. Bon nombre ne sont plus exploitées actuellement du fait par exemple de la réorganisation du réseau d'alimentation en eau potable, ou bien de la réalisation

d'aménagements, et les aménagements qui subsistent satisfont des besoins ponctuels (par exemple plans d'eau pour l'alimentation en eau du bétail). Une baisse éventuelle du débit des sources aura donc des implications différentes en termes de gestion du territoire, avec des impacts conséquents et concentrés si la baisse concerne les sources utilisées pour l'AEP, et modérés et diffus si elle concerne les autres sources.

Enfin, une troisième conséquence de la diminution de l'infiltration concerne le lessivage d'une pollution diffuse du sol vers les eaux souterraines. Le changement du régime de pluie efficace et d'infiltration des eaux vers la zone saturée peut en effet entrainer des changements en matière de quantités lessivées : une recharge plus faible entrainera une quantité lessivée plus faible également, ce qui, *a priori*, permettra d'améliorer la qualité des eaux souterraines (mais sans résorber aucunement le stock de molécules présent dans la zone non saturée de l'aquifère). L'effet en termes d'évolution des concentrations est toutefois difficile à quantifier, notamment du fait d'une transformation potentielle des polluants au sein de la zone non-saturée, ainsi que de l'incertitude en termes de dilution des polluants, *a fortiori* dans un contexte où le niveau des nappes pourrait diminuer.

La hausse globale de l'ETP peut également avoir une conséquence directe sur l'évaporation, plus importante, des eaux de surface, en particulier des retenues d'eau contribuant à l'alimentation des débits des rivières dans une optique de prélèvements ou bien de soutien d'étiage. Pour avoir une idée de l'intensité de cette conséquence, nous proposons une évaluation rapide de l'évaporation sur une retenue donnée du bassin versant ; nous avons choisi celle de Charros, qui est la plus importante avec un volume utile de 1,2 Mm^3 et une surface de 34 ha. La pente maximale des tendances globales à la hausse identifiées à l'Illustration 27 est d'environ +4 mm/an sur l'ETP. Cette augmentation, qui se traduira par une augmentation d'évaporation réelle sur un plan d'eau, correspond à ~1 400 m^3/an, soit un peu plus d'1 ‰. Cela peut paraitre faible à court terme, mais à long terme, sur une échelle de 100 ans par exemple, les volumes concernés pourront être conséquents si la hausse de l'évaporation a lieu à ce rythme dans le futur.

Aucune évolution significative n'a pu être relevée sur les chroniques de précipitation. Cependant, si, comme évoqué en section 5.1.2, une augmentation de la sévérité des événements secs se produisait[11], cela viendrait se cumuler aux conséquences de la hausse de l'ETP, entrainant une baisse encore plus importante des pluies efficaces et des besoins en eau lors de ces épisodes.

On peut résumer ces relations dans un arbre de conséquences présenté à l'Illustration 93. Cet arbre est constitué d'un enchainement de *phénomènes* (rectangles gris clair) aboutissant à des *conséquences* (rectangles gris foncé). A noter que dans l'absolu, ces conséquences ne sont pas forcément des défaillances, mais peuvent également être « positives » ; l'exemple ici est la « modification des concentrations en polluants dans la nappe » qui, si elle est à la baisse du fait de la diminution des quantités lessivées atteignant la nappe, est alors un effet d'aubaine dans l'hypothèse d'un prolongement des changements observés. Les phénomènes qui s'enchainent sont caractérisés par une indication sur leur vraisemblance au regard des évolutions passées : « observé » caractérise les phénomènes déjà observés / « incertain » caractérise les phénomènes pour lesquels les observations disponibles permettent des suppositions qui demeurent cependant entachées d'incertitudes importantes / « envisagé » caractérise les phénomènes pour lesquels des présomptions existent (par ex. résultats de modélisation / quantification) mais sur lesquels aucune observation n'a pu être faite.

[11] Il est possible de citer à cet égard l'article de Soubeyroux et al. (2012), dans lequel un accroissement des sécheresses météorologiques sur 3 mois est attendu à l'horizon 2050 et surtout 2080 (au travers de l'indice SPI3), en particulier à l'automne et durant l'été.

Au-delà des conséquences et impacts listés, d'autres aspects sont susceptibles de se produire mais sans être pour autant spécifiquement identifiés sur le bassin versant du Midour. Ils sont mentionnés ici pour mémoire :

- modification des sens de drainage entre aquifères : cela pourrait concerner les situations où des échanges entre aquifères se produisent et où la perte d'alimentation de l'aquifère superficiel - par exemple - conduirait à une diminution, voire une inversion des écoulements par drainance. Sur le bassin versant du Midour, aucun échange conséquent entre aquifères n'a été mis en évidence ;
- modification du sens d'écoulement d'un panache de pollution ponctuelle : dans le cas où les caractéristiques d'écoulement d'une nappe (sens, vitesse) seraient modifiées et où une pollution ponctuelle aurait touché cette nappe, la pollution pourrait atteindre des zones non impactées auparavant : aucune situation de ce type n'a été identifiée sur le bassin ;
- enfin, des effets positifs peuvent dans certains cas se produire. On peut par exemple citer les régions dans lesquelles des phénomènes de remontées de nappe pérennes ou non se produisent et où l'effet d'une diminution générale du niveau des nappes pourraient contribuer à diminuer les impacts de ces remontées.

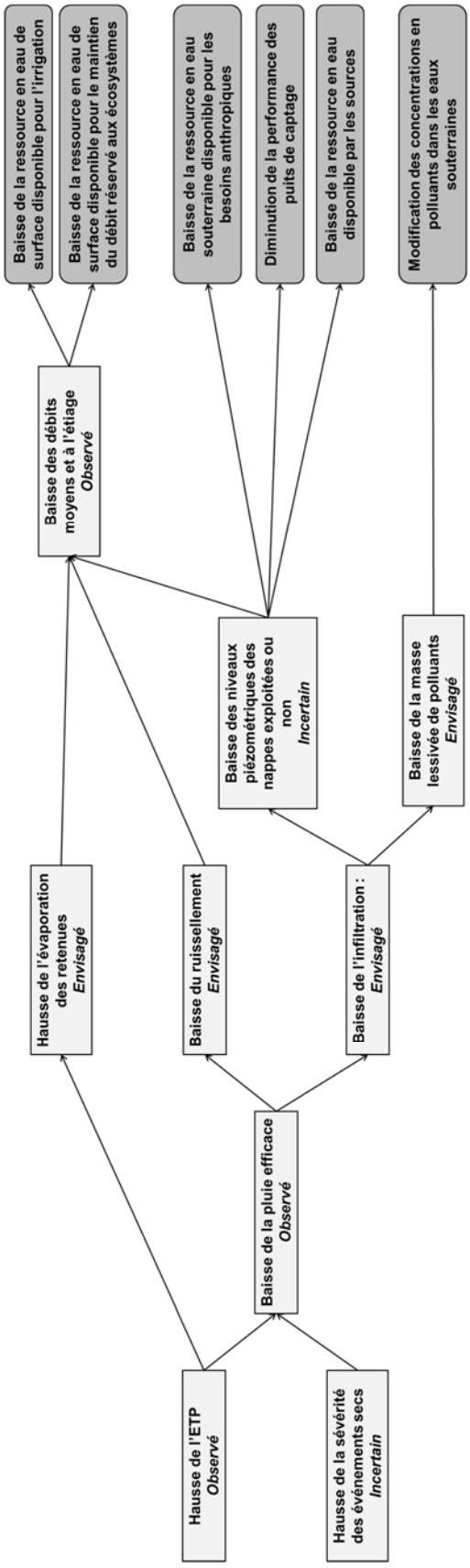


Illustration 93 - Arbre de conséquences

11. Conclusions

Dans les bassins versants des gaves de Pau et d'Oloron, six campagnes de jaugeages ont été menées sur 14 sources réparties sur 11 sites de mesure. Les suivis de débit effectués par des exploitants de deux sources ont par ailleurs été collectés jusqu'à début 2019. En parallèle, le monitoring mis en place en avril 2017 sur la source de Gourgouch à Louvie-Jouzon a été poursuivi au pas de temps horaire. Les données sont télétransmises et accessibles le jour-même via un site Internet. Le suivi s'effectuant en hauteur d'eau, une courbe de tarage est en cours d'établissement. Elle sera finalisée lors de l'année 3 du module. Enfin, suite à l'étude de faisabilité conduite en 2017, l'équipement de la source de Riou est en cours de réalisation.

Le bassin versant du Midour couvre une superficie de 785 km² à cheval entre le département des Landes et du Gers. Recevant une pluviométrie moyenne interannuelle comprise entre 850 à l'amont et 950 mm/an à l'aval environ, il dispose de ressources en eaux souterraines limitées, essentiellement présentes dans sa partie aval au sein des calcaires de l'Helvétien, le cas échéant en connexion avec les sables fauves sus-jacents et de moindre perméabilité.

Les ressources en eaux sont exploitées principalement pour un usage agricole (majoritairement les eaux de surface : cours d'eau ou retenues collinaires) et pour l'alimentation en eau potable (eaux souterraines), à hauteur de 16,5 à 19,5 Mm^3/an en moyenne sur la période 2003-2017. Les prélèvements s'effectuent pour les deux tiers dans les eaux de surface. Les besoins agricoles interviennent pour environ 80 % des volumes prélevés.

Le changement majeur observé depuis le début des chroniques météorologiques utilisées dans cette étude (1958) semble être la hausse globale de l'évapotranspiration (ETP). Cette hausse globale de l'ETP se traduit par une baisse des pluies efficaces calculées sur la période. La pluie efficace se partageant entre infiltration et ruissellement, une baisse du niveau piézométrique des nappes et du débit des rivières peut alors être attendue. Les nappes du bassin versant du Midour (principalement l'Helvétien) alimentant dans la très grande majorité les cours d'eau, la baisse du niveau des nappes est également préjudiciable au débit de ces cours d'eau, en particulier à l'étiage.

12. Bibliographie

Allard A. (1980) – La nappe du Miocène dans les Landes de Gascogne. Rapport BRGM.

Alvinerie J. (1979) – Alimentation en eau potable de la ville de Mont-de-Marsan. Création d'un forage de recherche d'eau potable sur le site de Mazerolles -Landes). Rapport géologique et hydrogéologique relatif à l'exécution du forage.

ANTEA (2014) – L'aquifère de l'Helvétien à l'est de Mont-de-Marsan. Rapport A74865D

ANTEAGROUP (2015) – Définition d'une stratégie de surveillance de certaines masses d'eau de type « molasses ». Phase 1 : Collecte des données, bilan des connaissances, choix des captages et propositions d'investigations. Rapport A76940/B. Juin 2015.

ANTEAGROUP (2016) – Définition d'une stratégie de surveillance de certaines masses d'eau de type « molasses ». Phase 2 : Investigations de terrain et interprétations des données et proposition d'une méthodologie pour les zones d'alimentation. Rapport A81875/B. Mai 2016.

Barrière J., Saltel M. (2017) – Gestion des eaux souterraines en Aquitaine. Plio-Quaternaire - Relations nappes / rivières / étangs. Convention Régionale Eaux Souterraines 2015-2020. Module 3.2. Année 1. Rapport BRGM RP-66844-FR

Beranger S., Calmels P., Gandolfi J-M., Grandemange A., Monod B., Pinson S., Wuilleumier A. (2012) – Actualisation de la synthèse hydrogéologique du département du Gers. RP-61896-FR

Beranger S., Gandolfi J-M. (2015) - Captage AEP du Houga (32) - Avis sur l'évolution de la concentration en nitrates. Rapport BRGM RP-64373-FR.

Bernard D. (1980) – Etude hydrogéologique de la nappe des Sables Fauves. Rapport BRGM 80-SGN-656-AQI

Bernard D., Martin J-C., Mondeilh C., Karnay G. (1983) – Etude hydrogéologique de la nappe Miocène dans le bassin versant du Ludon. Rapport BRGM 83-SGN-603-AQI.

Boe J. et Habets F. (2014) - Multi-decadal river flow variations in France. Hydrol. Earth Syst. Sci., 18, 691–708.

Bourdieu L. (2013) - Maîtriser l'état d'équilibre de l'aquifère Helvétien.

CACG (2003) - Etude contribuant à la mise en place d'une gestion globale et équilibrée sur le bassin versant de la Midouze par une détermination hydrobiologique de débit de référence. Volet 1 : Caractérisation du fonctionnement hydrobiologique.

Capdeville J-P. (1991) – Notice explicative de la feuille géologique de Nogaro à 1/50000ème (n°952).

CARA (1986) – Ressources en eau pour l'irrigation. Secteur Lusson-Gaube. Contribution à l'étude hydrogéologique de la nappe du Miocène.

CARA (1983) – Etude hydraulique de la nappe Miocène dans le bassin versant du Ludon. Note de synthèse.

Casanova J., Cagnimel M., Devau N., Pettenati M., Stollsteiner P. (2012) – Recharge artificielle des eaux souterraines : état de l'art et perspectives. Rapport final. BRGM/RP-61821-FR.

Chamayou et Mazurier (1985) – Evolution de la nappe du Miocène dans les Landes de Gascogne. BRGM 85 SGN 390 AQI.

Chambon C., Sourisseau B. (1986) - Résultat de la prospection géophysique réalisée par le Syndicat des Arbouts en vue de son renforcement en eau potable. Rapport BRGM 86-AQI-07.

Conseil départemental des Landes (1992) – Age et origine des eaux de la nappe Miocène dans la région montoise.

Conseil Général des Landes (1993) – Commune de Villeneuve-de-Marsan. Forage de Pujo-le-Plan - Bordes.

Corbier P., Cabaret O. (2015) – Gestion des eaux souterraines en Aquitaine. Reconnaissance des potentialités aquifères du Mio-Plio-Quaternaire des Landes de Gascogne et du Médoc en relation avec les SAGE. Module 6. Année 5. Convention 2008-2013. Rapport BRGM RP-64983-FR.

Corbier P., Cabaret O., avec la collaboration de Aubrun E. (2014) – Gestion des eaux souterraines en Aquitaine. Reconnaissance des potentialités aquifères du Mio-Plio-Quaternaire des Landes de Gascogne et du Médoc en relation avec les SAGE. Module 6. Année 4. Convention 2008-2013. Rapport BRGM RP-63168-FR.

Cosson J., avec la collaboration de Crouzel F., Icole M., Roche J. (1987) – Notice explicative de la feuille géologique de Plaisance à 1/50000ème (n°980).

Crouzel F. (1957) – Le Miocène continental du Bassin d'Aquitaine. Thèse.

Dingman S. L. (2002). Physical Hydrology, pp. 575, Waveland Press, 2nd edition, ISBN: 978-1-57766-561-8.

Durand Y., Brun E., Mérindol L., Guyomarc'h G., Lesaffre B., Martin E. (1993) - A meteorological estimation of relevant parameters for snow models. Annals of Glaciology, Vol. vol.18, pp.65-71.

Foraquitaine (1992) – Rapport de forage d'eau potable pour le SIAEP des Arbouts. Artassenx II.

Gustard, A., 1983 – Regional variability of soil characteristics for flood and low flow estimation. Agricultural Water Management, (2-3), 255-268.

Gustard, A., Bullock, A., Dixon, J. M., 1992 - Low flow estimation in the United Kingdom. Wallingford, Institute of Hydrology, 88pp. (IH Report No.108).

Hisdal H., Tallaksen L.M., Clausen B., Peters E., Gustard A. , 2004 – Hydrological drought characteristics. In : Hydrological Drought. Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater (Tallaksen L.M., Henny H.A.J. van Lanen, eds). Developments in Water Sciences, Elsevier (pp. 139-198).

Hydroassistance (2001) – SIAEP des Arbouts. Commune d'Artassenx. Inspection d'ouvrage. Forage F2. Rapport d'intervention.

Hydroassistance (2015) – SYDEC. Forage "Bordes" 40190 Pujo-le-Plan. Diagnostic d'ouvrage. Examen endoscopique. Diagraphies de production. Caractéristiques hydrauliques. Prélèvements sélectifs. Rapport HA_06-2015/01

Hydroassistance (2017) - SIAEP des Arbouts. Forage F1 40090 Artassenx. Diagnostic d'ouvrage. Examen endoscopique. Diagraphies de production. Caractéristiques hydrauliques. Rapport HA_08-2017/03

Hydroassistance (2017) - SIAEP des Arbouts. Forage F2 40090 Laglorieuse. Diagnostic d'ouvrage. Examen endoscopique. Diagraphies de production. Caractéristiques hydrauliques. Rapport HA_07-2017/14

Institution Adour (2017) – Projet de Territoire du Midour. Etat des lieux – septembre 2017.

Le Cointe P., Arnaud L., Beranger S., Caballero Y., Lanini S. (2019) – Réponse des Eaux souterraines au CHangement climatique dans le bassin AdouR-GaronnE (RECHARGE). Rapport final. BRGM/RP-67149-FR, 146 p., 47 ill., 12 tab., 7 ann.

Le Moigne, 2002 – Description de l'analyse des champs de surface sur la France par le système Safran. Note de centre GMME.

Lubes-Niel, H., Masson, J., Paturel, J. & Servat, E. (1998). Variabilité climatique et statistiques. Etude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité de chroniques. Revue des sciences de l'eau, 11(3), 383–408.

McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist (1993) - The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, Eighth Conf. on Applied Climatology. Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc., 179–184.

Moreau (1989) - Département des Landes. Etude de la nappe du Miocène dans le secteur de Mont-de-Marsan. Préservation de sa qualité et évaluation des potentialités. Rapport BRGM RR-30275-FR

Oller G. (1988) - Département des Landes. Syndicat Intercommunal d'AEP des Arbouts. Enquête hydrogéologique pour la définition des périmètres de protection sanitaire du forage d'Artassenx (40).

Oller G. (1992) - Enquête hydrogéologique pour la définition des périmètres de protection du forage de Laglorieuse (40). SIAEP des Arbouts.

Pedron N., Seguin J.J., Bichot F. (2001) - Gestion des eaux souterraines en Aquitaine. Année 5. Evaluation des ressources. Modélisation des aquifères du Miocène. Calage et simulations. Rapport BRGM RP-51176-FR.

Ricard J., Capdeville J-P., avec la collaboration de Grech B., Tilloloy F. et Schoën R. (1999) - Etude hydrogéologique de la nappe des calcaires helvétiens et des Sables Fauves dans la région de "Le Houga" entre les vallées de l'Adour et de l'Izaute. Rapport BRGM RR-40899-FR.

Sasmayoux J-P. (1970) - Etude hydrogéologique de la nappe phréatique de la région située au nord et à l'est de Mont-de-Marsan (Landes). Thèse.

Seguin JJ, Wuilleumier A. (2017) – Recherche d'évolutions climatique et hydrologique dans les bassins versants des Gaves de Pau et d'Oloron. Rapport final. BRGM/RP-66802-FR, 113 p., 67 fig., 30 tabl., 8 ann.

Sen, P.K., 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. J. Am. Stat. Assoc. 63, 1379–1389.

Soubeyroux J-M., Kitova N., Blanchard M., Vidal J-P., Martin E., Dandin P. (2012) – Sécheresse des sols en France et changement climatique. Résultats et applications du projet ClimSec. La Météorologie. N°78 – août 2012.

Soule J-C. (1977) - Evaluation des ressources hydrauliques de la France. Etat des connaissances et synthèse hydrogéologique au département du Gers. Rapport BRGM 77 SGN 405 MPY

Thornthwaite (1948) – An approach toward a rational classification of climate. The geographical review, volume XXXVIII, 1948, n°1, pp 55-94

UPMC (2017) - Etude sur l'hydrogéologie et le dynamisme de la nappe de l'Helvétien.

Vidal, J. P., Martin E., Franchistéguy L., Baillon M. and Soubeyroux J. M. (2010) – A 50-year high-resolution atmospheric reanalysis over France with the Safran system, Int.J.Climatol., 30(11), 1627-1644., doi:10.1002/joc.2003

Wuilleumier A., André L., Cabaret O., Abou Akar A., Bardeau M., Mazurier C., Sasseville P-L. (2015) – Projet GAIA – année 1. Collecte des données hydrogéologiques et hydrogéochimiques. Rapport final. BRGM/RP-64850-FR, 137 p., 98 ill., 9 tab., 19 ann.

Wuilleumier A., Graveline N., Rinaudo J-D., avec la collaboration de Caperan F., Hoareau A., Thicoïpe P. (2017) – Hydrogéologie, usage de l'eau et changement climatique dans les bassins versants des gaves de Pau et d'Oloron. Rapport final. BRGM/RP-66803-FR, 132 p., 87 ill., 11 tabl., 7 ann.

Wuilleumier A., Seguin J-J. (2008) – Réalimentation artificielle des aquifères en France. Une synthèse. Rapport final. BRGM/RP-55063-FR. 122 p., 21 fig., 3 tab., 5 ann.

Annexe 1

Physico-chimie mesurée lors des campagnes de jaugeages

	Indice BSS	Commune	Lieu-dit	23-27 mai 2016	25-29 juillet 2016	14-18 novembre 2016	27 février 3 mars 2017	27 au 30 novembre 2017	29/01/2018 au 01/02/2018	09-12 avril 2018	28-31 mai 2018	31 juillet - 03 août 2018	01-04 octobre 2018
Température (°C)	10518X0016	Bielle	Ayguelade	10,6	11,5	10,6	9,6	10,9	9,2	10,3	11,1	11,8	11,4
	10525X0005	Louvie-Juzon	Gourgouch	11,5	11,7	11,2	11,0	11,2	11,2	11,4	11,5	11,5	11,5
	10696X0027	Borce	Lous-Cloutets	6,5	6,6	6,5	6,3	6,8	6,7	6,6	6,6	6,6	6,6
	10516X0007	Sarrance	Mourtes	10,7	10,7	10,6	10,4	10,8	10,8	10,8	10,8	10,7	10,7
	10518X0012	Bilhères	Riou, bas-service	9,6	9,7	9,6	9,5	9,8	9,6	9,9	9,8	10,2	9,8
	10692X0010	Accous	Care	8,7	8,6	8,4	8,5	8,7	9	8,8	8,7	8,5	8,6
	10698X0017	Laruns	Trois-Sapins	6,5	8,6	7,3	5,6	8,4	6,1	5,7	6,7	8,8	8,9
	10696X0009	Accous	Biscos	6,7	7,4	7,1	6,7	7,2	7,1	6,9	6,9	7,1	7,3
	10684X0022	Arette	Aumarre	7,4	7,4	7,3	7,2	7,7	7,7	7,7	7,7	7,5	7,6
	10682X0004	Larrau	Jeuxalberri	non visitée	8,9	8,9	7,4	8,6	7,7	7,7	8,5	9,8	9,6
		Larrau	Jeuxalguiberria	non visitée	non mesurée		8,0	8,8	8,5	8,2	8,1	8,6	8,8
	10515X0004	Arette	Abat d'Ire 1	non visitée	non visitée	9,0	*6,7*	8,4	8,1	7,9	8,0	9,4	9,7
		Arette	Abat d'Ire 2	non visitée	non visitée	non mesurée	8,1	7,7	7,8	7,8	10,2	12,2	8,8
		Arette	Pas d'Este	non visitée	non visitée	non mesurée	8,7	9,1	8,9	9	9,2	9,2	9,2

	Indice BSS	Commune	Lieu-dit	Min	Max	ecart-type	Ecart-type / moyenne
Température (°C)	10518X0016	Bielle	Ayguelade	9,2	11,8	0,8	8%
	10525X0005	Louvie-Juzon	Gourgouch	11,0	11,7	0,2	2%
	10696X0027	Borce	Lous-Cloutets	6,3	6,8	0,1	2%
	10516X0007	Sarrance	Mourtes	10,4	10,8	0,1	1%
	10518X0012	Bilhères	Riou, bas-service	9,5	10,2	0,2	2%
	10692X0010	Accous	Care	8,4	9,0	0,2	2%
	10698X0017	Laruns	Trois-Sapins	5,6	8,9	1,3	18%
	10696X0009	Accous	Biscos	6,7	7,4	0,2	3%
	10684X0022	Arette	Aumarre	7,2	7,7	0,2	2%
	10682X0004	Larrau	Jeuxalberri	7,4	9,8	0,8	10%
		Larrau	Jeuxalguiberria	8,0	8,8	0,3	4%
	10515X0004	Arette	Abat d'Ire 1	6,7	9,7	1,0	11%
		Arette	Abat d'Ire 2	7,7	12,2	1,7	19%
		Arette	Pas d'Este	8,7	9,2	0,2	2%

	Indice BSS	Commune	Lieu-dit	23-27 mai 2016	25-29 juillet 2016	14-18 novembre 2016	27 février 3 mars 2017	27 au 30 novembre 2017	29/01/2018 au 01/02/2018	09-12 avril 2018	28-31 mai 2018	31 juillet - 03 août 2018	01-04 octobre 2018
pH (-)	10518X0016	Bielle	Ayguelade	8,0	7,9	8,0	8,0	8,0	7,9	7,9	8,0	8,0	8,1
	10525X0005	Louvie-Juzon	Gourgouch	7,6	*8,6*	7,7	7,5	7,7	7,6	7,6	7,7	7,7	7,6
	10696X0027	Borce	Lous-Cloutets	7,8	7,7	8,0	7,9	8,0	8,0	8,1	7,7	7,8	7,8
	10516X0007	Sarrance	Mourtes	7,6	7,4	7,7	7,6	7,7	7,6	7,6	7,5	7,6	7,5
	10518X0012	Bilhères	Riou, bas-service	7,5	*8,4*	7,5	7,4	7,5	7,4	7,4	7,5	7,8	7,5
	10692X0010	Accous	Care	7,8	7,8	7,9	7,6	7,9	7,7	7,7	7,7	7,9	7,7
	10698X0017	Laruns	Trois-Sapins	7,9	8,1	8,1	7,9	8,1	7,8	7,7	7,7	7,9	8,1
	10696X0009	Accous	Biscos	7,1	7,4	7,5	7,1	7,6	7,3	6,9	7,2	7,4	7,4
	10684X0022	Arette	Aumarre	7,9	7,8	7,8	7,9	7,9	8,0	7,7	8,0	8,0	7,9
	10682X0004	Larrau	Jeuxalberri	non visitée	6,3	6,9	6,8	6,2	6,0	6,1	6,0	6,5	6,4
		Larrau	Jeuxalguiberria	non visitée	non mesurée		6,4	5,9	6,0	6,3	6,0	6,4	6,1
	10515X0004	Arette	Abat d'Ire 1	non visitée	non visitée	7,9	7,8	7,9	7,8	7,7	7,7	7,6	8,2
		Arette	Abat d'Ire 2	non visitée	non visitée	non mesurée	5,6	5,6	5,4	5,9	5,3	5,9	6,0
		Arette	Pas d'Este	non visitée	non visitée	non mesurée	7,6	7,7	7,8	7,7	7,6	7,8	7,8

	Indice BSS	Commune	Lieu-dit	Min	Max	ecart-type	Ecart-type / moyenne
pH (-)	10518X0016	Bielle	Ayguelade	7,9	8,1	0,1	1%
	10525X0005	Louvie-Juzon	Gourgouch	7,5	8,6	0,3	4%
	10696X0027	Borce	Lous-Cloutets	7,7	8,1	0,1	2%
	10516X0007	Sarrance	Mourtes	7,4	7,7	0,1	1%
	10518X0012	Bilhères	Riou, bas-service	7,4	8,4	0,3	4%
	10692X0010	Accous	Care	7,6	7,9	0,1	1%
	10698X0017	Laruns	Trois-Sapins	7,7	8,1	0,2	2%
	10696X0009	Accous	Biscos	6,9	7,6	0,2	3%
	10684X0022	Arette	Aumarre	7,7	8,0	0,1	1%
	10682X0004	Larrau	Jeuxalberri	6,0	6,9	0,3	5%
		Larrau	Jeuxalguiberria	5,9	6,4	0,2	3%
	10515X0004	Arette	Abat d'Ire 1	7,6	8,2	0,2	3%
		Arette	Abat d'Ire 2	5,3	6,0	0,3	5%
		Arette	Pas d'Este	7,6	7,8	0,1	1%

	Indice BSS	Commune	Lieu-dit	23-27 mai 2016	25-29 juillet 2016	14-18 novembre 2016	27 février - 3 mars 2017	27 au 30 novembre 2017	29/01/2018 au 01/02/2018	09-12 avril 2018	28-31 mai 2018	31 juillet - 03 août 2018	01-04 octobre 2018
Conductivité électrique (µS/cm)	10518X0016	Bielle	Ayguelade	265	370	319	362	279	319	277	356	356	382
	10525X0005	Louvie-Juzon	Gourgouch	447	443	448	438	445	450	436	445	439	452
	10696X0027	Borce	Lous-Cloutets	143	141	149	141	148	145	136	142	141	148
	10516X0007	Sarrance	Mourtes	305	300	288	299	302	311	301	305	299	306
	10518X0012	Bilhères	Riou, bas-service	403	393	394	387	403	392	383	392	389	401
	10692X0010	Accous	Care	267	253	268	268	225	250	267	269	264	270
	10698X0017	Laruns	Trois-Sapins	142	142	170	151	158	145	123	138	143	160
	10696X0009	Accous	Biscos	80	82	81	85	85	84	*74*	81	83	86
	10684X0022	Arette	Aumarre	317	390	344	303	321	290	310	320	339	444
	10682X0004	Larrau	Jeuxalberri	non visitée	42	73	64	46	39	35	37	42	44
		Larrau	Jeuxalguiberria	non visitée	non mesurée		40	43	36	34	45	39	43
	10515X0004	Arette	Abat d'Ire 1	non visitée	non visitée	203	176	176	191	169	206	202	224
		Arette	Abat d'Ire 2	non visitée	non visitée	non mesurée	22	21	21	18	20	20	21
		Arette	Pas d'Este	non visitée	non visitée	non mesurée	278	290	289	270	272	275	294

	Indice BSS	Commune	Lieu-dit	Min	Max	ecart-type	Ecart-type / moyenne
Conductivité électrique (µS/cm)	10518X0016	Bielle	Ayguelade	265	382	42,9	13%
	10525X0005	Louvie-Juzon	Gourgouch	436	452	5,3	1%
	10696X0027	Borce	Lous-Cloutets	136	149	4,0	3%
	10516X0007	Sarrance	Mourtes	288	311	6,1	2%
	10518X0012	Bilhères	Riou, bas-service	383	403	6,8	2%
	10692X0010	Accous	Care	225	270	14,1	5%
	10698X0017	Laruns	Trois-Sapins	123	170	13,2	9%
	10696X0009	Accous	Biscos	74	86	3,4	4%
	10684X0022	Arette	Aumarre	290	444	46,4	14%
	10682X0004	Larrau	Jeuxalberri	35	73	12,9	28%
		Larrau	Jeuxalguiberria	34	45	4,0	10%
	10515X0004	Arette	Abat d'Ire 1	169	224	18,7	10%
		Arette	Abat d'Ire 2	18	22	1,1	5%
		Arette	Pas d'Este	270	294	9,7	3%

Annexe 2

Compte rendu relatif au suivi automatisé du débit de la source de Gourgouch à Louvie-Juzon (64)

Direction Régionale Grand Ouest
Diapason – Bâtiment B
Rue Jean Bart
31670 LABEGE
Tél. : 05.61.00.70.40
e-mail : secretariat.toulouse-fr@anteagroup.com

Labège, le 19/03/2019

BRGM
Direction Régionale Nouvelle-Aquitaine
Parc technologique Europarc
24, avenue Léonard de Vinci
33600 PESSAC

A l'attention de Monsieur WUILLEUMIER

N/Réf. : C19-0033 – AQUP18-0054

Objet : Suivi du débit de la source de Gourgouch (Louvie-Juzon, 64) – Suivi de l'année 2018
Affaire suivie par : Fabrice REY ☎ 05.61.73.76.22 - email : fabrice.rey@anteagroup.com

Monsieur WUILLEUMIER,

Dans le cadre du suivi du débit de la source Gourgouch (Louvie-Juzon, 64), le BRGM a mandaté Antea Group en 2017 pour installer une sonde de niveau autonome dans le canal de trop-plein de la source. La mise en place du matériel a été effectuée le 4 avril 2017.

Le BRGM a à nouveau sollicité Antea Group pour une mission de veille, de contrôle et d'alerte du dispositif de mesure pour l'année 2018.

L'enregistrement des données de niveau se poursuit à l'heure actuelle à un pas de temps de mesure de **30 minutes** depuis le mois d'avril 2017.

Depuis 2017, chacune des interventions sur site a en outre fait l'objet d'une mesure de débit dans le canal par jaugeage au micro-moulinet. Les résultats sont présentés ci-dessous :

Date	Hauteur d'eau dans canal (cm)	Q (l/s)	Observations
04/04/2017	27,6	28,3	-
26/04/2017	29,2	24,3	-
01/06/2017	33,8	19,1	Points non représentatifs (envahissement du canal par la végétation)
03/07/2017	18,3	16,7	
01/08/2017	16,3	17,4	-
30/08/2017	17,0	18,2	-
28/09/2017	17,2	19,4	-
31/10/2017	16,5	16,7	-
13/11/2017	17,6	17,9	-
18/06/2018	20,2	27,4	Fuites au niveau d'une vanne en amont du dispositif de mesure (Q<0,5 l/s)
19/03/2019	19,5	21,0	

Ces mesures ont permis d'établir une courbe de tarage (Cf. page suivante). La relation obtenue entre le niveau mesuré et le débit calculé est la suivante : $y = 2{,}2447x^{0{,}7467}$

Cette relation ne tient pas compte des mesures effectuées par vos soins à plusieurs reprises depuis 2016, l'emplacement de la mesure de jaugeage étant distinct du nôtre.

Parallèlement à ces jaugeages, des mesures physico-chimiques sont réalisées de manière systématique sur le canal et les six griffons que comportent la source. Les résultats sont présentés ci-après.

A noter que le canal a fait l'objet d'un nettoyage le 3 juillet 2017 en raison de son envahissement par la végétation. Celle-ci provoquait un débordement en amont du dispositif de mesure qui a donc faussé les mesures de niveau pendant plusieurs semaines (hausse artificielle du niveau dans le canal). En outre, le canal a été asséché par les propriétaires de la pisciculture entre le 28 février et le 21 mars 2018. La chronique des données brutes est présentée ci-après.

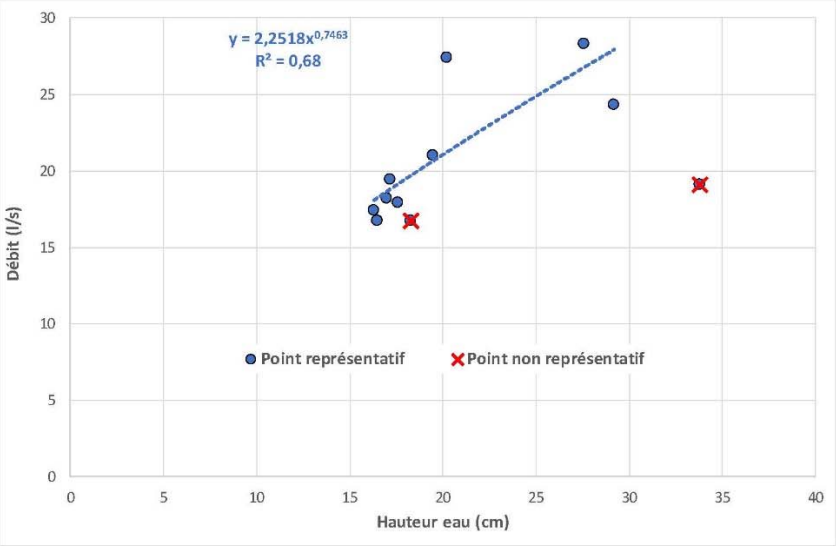
Je vous prie d'agréer, Monsieur, l'expression de mes sincères salutations.

Fabrice REY
Ingénieur de projets
Equipe Eaux Ressource et Géothermie
Direction Régionale Grand Ouest

Environnement – Infrastructures – Eau – Aménagement du Territoire

Siège social : ZAC du Moulin, 803 Boulevard Duhamel du Monceau, CS 30602, 45166 OLIVET CEDEX – France
Antea France – SAS au capital de 4 700 000 €
SIREN 393 206 735 – Code APE 7112 B
Antea Group est certifiée ISO 9001 par SGS en France - Portée de la certification définie sur Internet www.anteagroup.fr

Courbe de tarage



Résultats du suivi physico-chimique

Canal			
Date	Cond. (µS/cm à 25°C)	Temp. (°C)	pH
04/04/2017	431	11,5	7,8
26/04/2017	424	11,3	7,7
03/07/2017	434	11,5	-
01/08/2017	429	11,5	-
30/08/2017	431	11,7	-
28/09/2017	433	11,7	-
31/10/2017	432	11,3	7,7
18/06/2018	424	11,3	7,8
14/03/2019	449	11,1	-

Griffon 2			
Date	Cond. (µS/cm à 25°C)	Temp. (°C)	pH
04/04/2017	430	11,4	7,8
26/04/2017	423	11,2	7,7
03/07/2017	423	11,4	-
01/08/2017	421	11,5	-
30/08/2017	427	11,6	-
28/09/2017	423	11,5	-
31/10/2017	425	11,4	7,6
18/06/2018	406	11,2	7,9
14/03/2019	443	11,2	-

Griffon 4			
Date	Cond. (µS/cm à 25°C)	Temp. (°C)	pH
04/04/2017	416	11,2	7,8
26/04/2017	415	11,1	7,7
03/07/2017	410	11,4	-
01/08/2017	415	11,5	-
30/08/2017	414	11,6	-
28/09/2017	416	11,5	-
31/10/2017	421	11,3	7,7
18/06/2018	402	11,2	7,9
14/03/2019	435	11,0	-

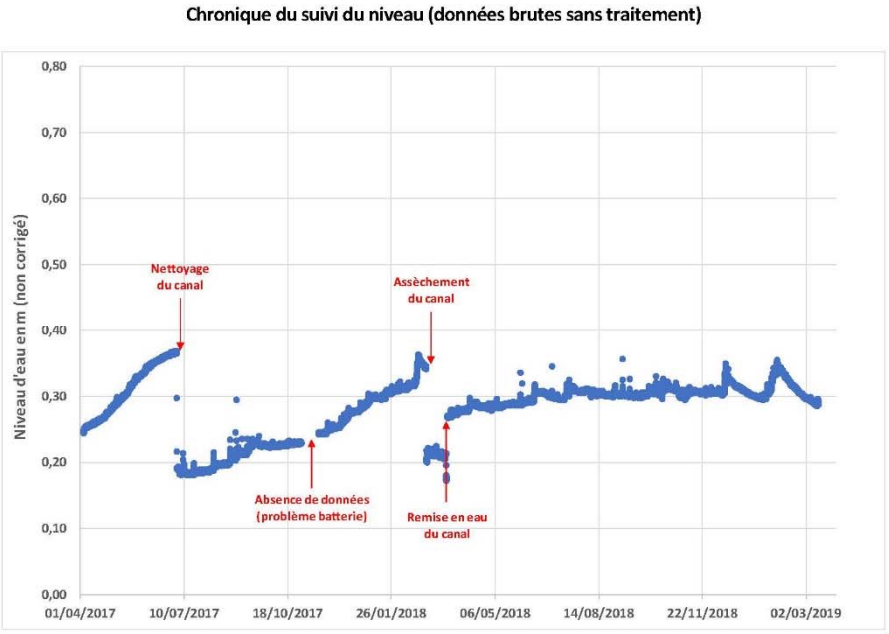
Griffon 6			
Date	Cond. (µS/cm à 25°C)	Temp. (°C)	pH
30/08/2017	419	11,6	-
28/09/2017	421	11,4	-
31/10/2017	427	11,2	7,7
18/06/2018	412	11,2	7,9
14/03/2019	440	11,0	-

Griffon 1			
Date	Cond. (µS/cm à 25°C)	Temp. (°C)	pH
04/04/2017	429	11,3	7,8
26/04/2017	421	11,1	7,7
03/07/2017	419	11,5	-
01/08/2017	418	11,6	-
30/08/2017	426	11,7	-
28/09/2017	421	11,6	-
31/10/2017	421	11,4	7,8
18/06/2018	394	11,2	7,9
14/03/2019	438	11,1	-

Griffon 3			
Date	Cond. (µS/cm à 25°C)	Temp. (°C)	pH
04/04/2017	430	11,4	7,8
26/04/2017	427	11,3	7,7
03/07/2017	428	11,4	-
01/08/2017	424	11,5	-
30/08/2017	425	11,6	-
28/09/2017	427	11,5	-
31/10/2017	431	11,3	7,7
18/06/2018	405	11,7	8,05
14/03/2019	446	11,1	-

Griffon 5			
Date	Cond. (µS/cm à 25°C)	Temp. (°C)	pH
04/04/2017	416	11,3	7,8
26/04/2017	415	11,1	7,7
03/07/2017	418	11,4	-
01/08/2017	415	11,4	-
30/08/2017	417	11,5	-
28/09/2017	416	11,4	-
31/10/2017	413	11,3	7,7
18/06/2018	405	11,1	7,9
14/03/2019	436	11,0	-

Environnement – Infrastructures – Eau – Aménagement du Territoire
Siège social : ZAC du Moulin, 803 Boulevard Duhamel du Monceau, CS 30602, 45166 OLIVET CEDEX – France
Antea France – SAS au capital de 4 700 000 €
SIREN 393 206 735 – Code APE 7112 B
Antea Group est certifiée ISO 9001 par SGS en France - Portée de la certification définie sur Internet www.anteagroup.fr



Environnement – Infrastructures – Eau – Aménagement du Territoire
Siège social : ZAC du Moulin, 803 Boulevard Duhamel du Monceau, CS 30602, 45166 OLIVET CEDEX – France
Antea France – SAS au capital de 4 700 000 €
SIREN 393 206 735 – Code APE 7112 B
Antea Group est certifiée ISO 9001 par SGS en France - Portée de la certification définie sur Internet www.anteagroup.fr

Annexe 3

Compte rendu de mise en place de l'équipement de suivi de la source de Riou (Bilhères, 64)

NB : les informations relatives aux accès Internet ont été effacées en page 7 du compte rendu.

NTMPYP19-023

Suivi du débit de la source Riou (Bilhères-en-Ossau, 64)
Travaux de mise en place du matériel de mesure

anteagroup **Direction Régionale Grand Ouest** **Pôle Eaux ressource et géothermies**	**Client : BRGM** **n° de l'affaire : AQUP19-0251** **Intitulé de l'affaire :** **Suivi du débit de la source Riou (Bilhères-en-Ossau,64)** **Mise en place du matériel de mesure**
Destinataire : Arnaud WUILLEUMIER (BRGM)	
Objet : Compte rendu de fin de travaux	

Note NTMPY19-023 du 03 juillet 2019

1. Rappel du contexte

Dans le cadre d'une étude portant sur les bassins versants des gaves de Pau et d'Oloron, le BRGM souhaite suivre en continu le débit de la source Riou. Cette source, issue d'un aquifère morainique, alimente en eau potable la commune de Bilhères-en-Ossau (64).

Le but de l'opération est de suivre sur le long terme l'évolution du débit de la source afin d'apprécier les effets du changement climatique sur la ressource. Préalablement à l'instrumentation du site, le BRGM a missionné Antea Group en 2017 afin d'étudier la faisabilité de la mesure en continu du débit de la source. L'aménagement proposé consistait en la réalisation d'un seuil bétonnée, équipé d'une sonde de niveau, en aval du trop-plein de la source, et en la pose d'un générateur d'impulsion sur le compteur volumétrique déjà installé dans le captage de la source afin de pouvoir comptabiliser, en continu, les volumes utilisés pour les besoins en eau potable de la mairie.

Le BRGM a sollicité Antea pour réaliser les travaux de mise en place du dispositif de mesure du débit. Le présent document constitue un compte-rendu de fin de travaux qui se sont déroulés au mois de juin 2019.

2. Compte rendu des travaux

2.1 Préambule

Une visite préparatoire aux travaux a été effectuée le 16 mai 2019 en compagnie de l'entreprise de travaux et de Monsieur BONNEMAZON, adjoint au maire de Bilhères-en-Ossau en charge de l'eau potable pour la mairie. Il a été constaté que le compteur volumétrique avait été changé par la commune en début d'année 2019. Le modèle installé, de marque différente de celui en place lors de l'étude de faisabilité en 2017, n'était pas compatible avec le matériel de mesure et de télétransmission commandé par anticipation au début du mois de mai 2019. La recherche de ce matériel auprès du fournisseur a engendré un délai supplémentaire d'1 semaine et de 3 autres semaines pour sa réception.

En outre, compte tenu des intempéries enregistrées au cours de cette même période, rendant délicate l'intervention de l'entreprise de maçonnerie pour la mise en place du seuil (coulage du béton), il a été décidé de repousser les travaux de 4 semaines afin de pouvoir disposer de l'ensemble du matériel de mesure et d'avoir la possibilité de réaliser les travaux de maçonnerie dans des conditions météorologiques favorables.

2.2 Déroulement des travaux du seuil

Préalablement à la mise en place du seuil bétonné, le cours d'eau formé par le trop-plein de la source a été dévié afin de travailler en assec (Cf. photographie ci-dessous). Ces travaux ont été effectués le 13 juin 2019.

Le seuil bétonné a été préfabriqué en atelier et mise en place en deux fois, les 18 (pose) et 24 juin 2019 (coulage du béton d'ancrage).

Le matériel de mesure comprenant une sonde de niveau, un générateur d'impulsion branché sur le compteur volumétrique ainsi que les systèmes de télétransmission, a été installé le 24 juin 2019. Le système de mesure de débit de la source Riou (dont les données sont consultables par Internet, Cf. ci-après) est opérationnel depuis cette date.

2.3 Matériel de mesure

2.3.1 Déversoir à paroi mince

a. Dimensionnement du seuil

Le déversoir rectangulaire à paroi mince a été conçu pour mesurer une gamme de débits compris entre 20 et 100 l/s (données issues de la bibliographie). Le seuil répond à la formule d'écoulement suivante :

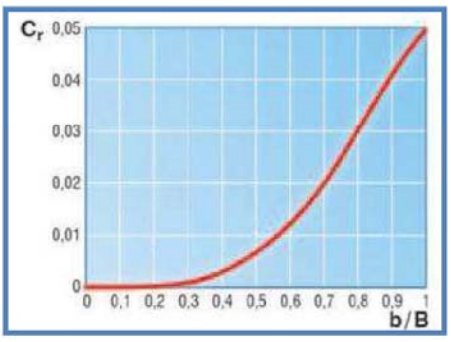
$Q=CV2g.b.h^{1.5}$

Où :

Paramètre	Dimension
Coefficient de débit	C [-]
Accélération de la pesanteur	g [m/s²]
Largeur de l'échancrure	b [m]
Lame d'eau	h [m]
Largeur du chenal	B [m]
Pelle	p [m]
Débit	Q [m3/s]

et : $C=0,4 + (h/p).Cr$

où Cr est défini par l'abaque suivante :



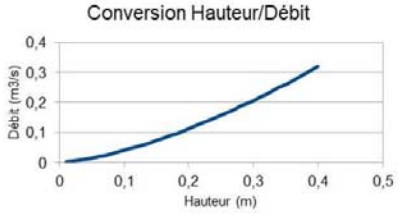
Les limites de l'application de cette formulation sont les suivantes :

- $h/p \leq 2,5$
- $b \geq 0,15$ m
- $h \geq 0,03$ m
- $p \geq 0,10$ m

Compte tenu des dispositions, dimensions, pente du cours d'eau né de la source, et pour respecter les contraintes d'application de la formule de débit, les caractéristiques de l'échancrure du seuil proposé sont les suivantes :

Largeur : 700 mm / Hauteur : 420 mm

Avec la courbe de tarage spécifique au seuil :



b. Mise en place du seuil béton et de la paroi mince

Le déversoir est supporté par un bâti béton coffré précoulé pour respecter les dimensions d'ouverture destinée à recevoir le déversoir.

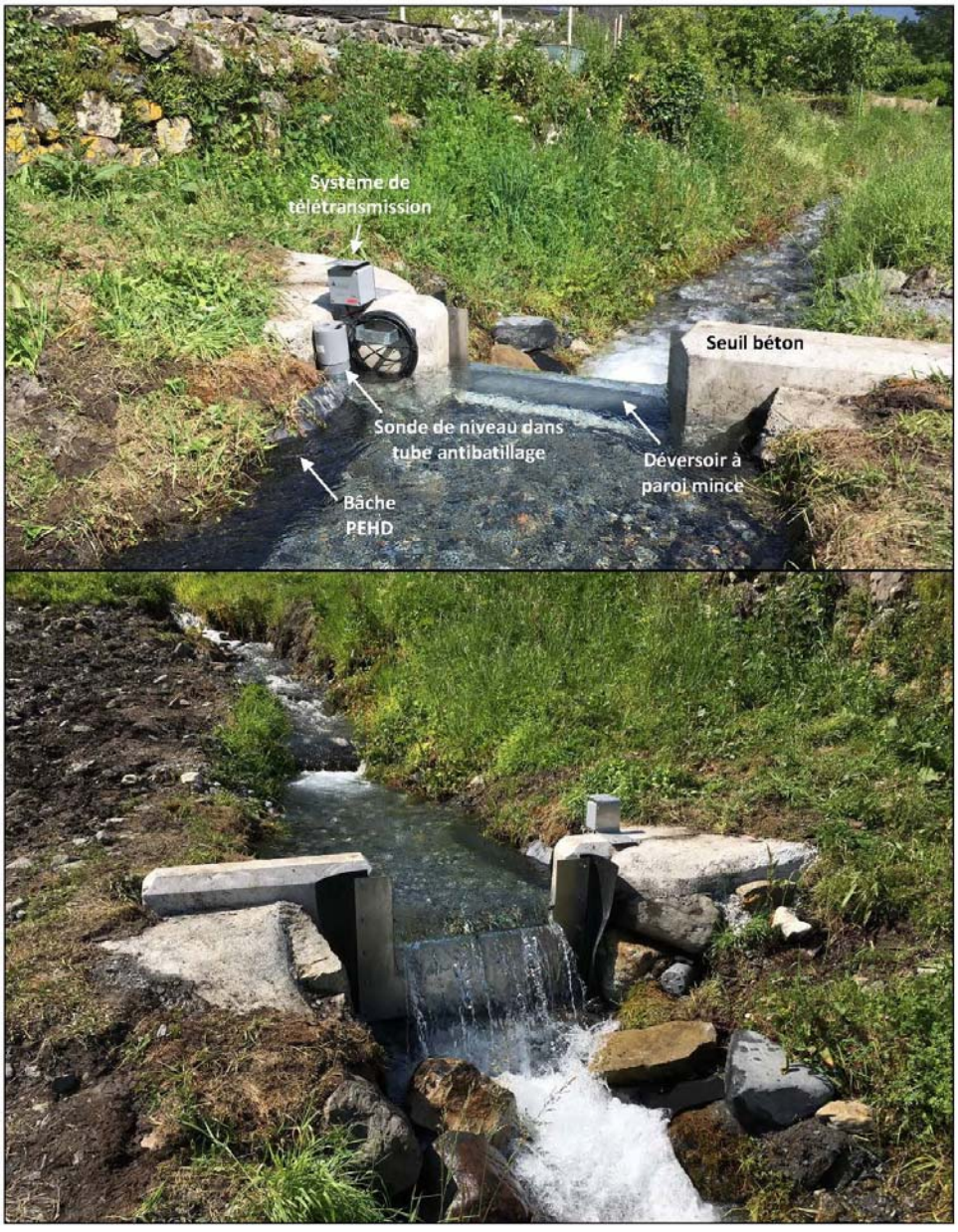
Le bâti est implanté dans le terrain naturel, dépassant largement en berge, pour assurer la stabilité. Le fond argileux est exploité pour assurer l'étanchéité de l'interface béton/sol. Même hors d'eau, et compte tenu de la présence d'eau ruisselant depuis les berges, la réalisation d'un radier et d'une bêche amont n'a pas été nécessaire, leur coulage aurait posé des problèmes. Seule la liaison à la berge est renforcée par coulage pour sceller et ancrer le seuil.

Une bâche PEHD renforcée a été disposée en fond de cours d'eau sur environ 2 m en amont comme à l'aval du seuil de façon à limiter les affouillements et fuites par les berges, perméables en superficie.

NTMPYP19-023

Suivi du débit de la source Riou (Bilhères-en-Ossau, 64)
Travaux de mise en place du matériel de mesure

Le déversoir est une paroi inox fixée par goujons dans le béton et étanchéifiée. La bâche est prise entre le seuil béton et la paroi mince. Au stade de la remise en eau, les vitesses d'eau étant trop importantes, une réhausse du déversement a été réalisée pour limiter les effets parasites d'écoulement turbulent.



Photographies du dispositif de mesure en fin de travaux

EAU

5

c. Equipement de mesure

Le dispositif de mesure installé est le suivant :

- sonde de pression Vortex-Sensor :
  - Pleine Echelle : 0-0,2 bar,
  - Précision 1 cm soit 0,5 %, résolution 1mm.
- tube antibatillage ;
- enregistreur/télétransmetteur Tétraèdre TRMC-Niveau, pour mesure du niveau d'eau et télétransmission GPRS/3G vers serveur, fonctionne sur batterie 3,7 V ;
- conversion et affichage en temps réel en débit sur serveur de visualisation (transmission toutes les 6 heures pour économiser la batterie).

2.3.2 Comptage sur le réseau AEP

Le dispositif de mesure sur le réseau d'eau potable communal est installé sur le compteur en tête situé dans le bâtiment abritant les équipements de vannage et de traitement.

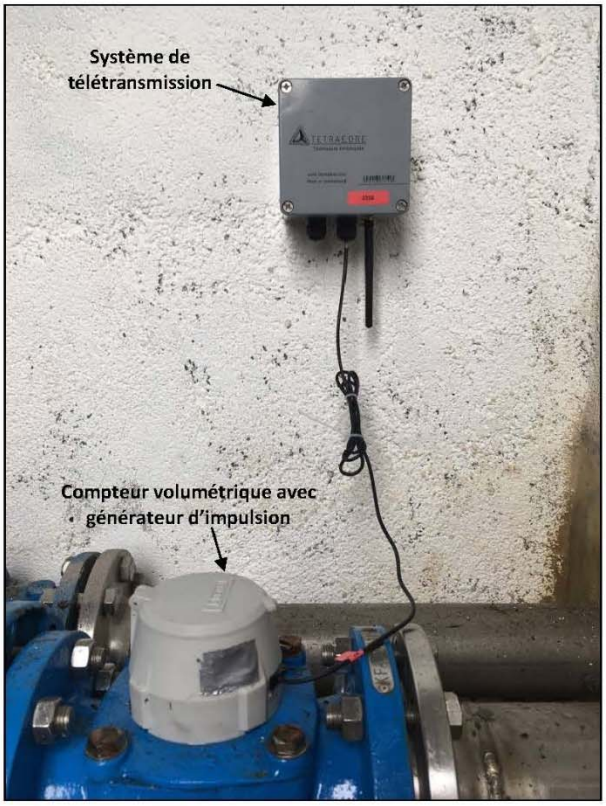
Le compteur en place est un Bmeters WE K40 non équipé de générateur d'impulsion mais disposant d'un emplacement pour recevoir le générateur (poids d'impulsion disponible : 0,1 m^3).

Le dispositif de comptage installé est le suivant :

- générateur d'impulsion : Reed B Meters référence Sferaco 9811017 ;
- enregistreur télé-transmetteur Tétraèdre TRMC-Pulse, pour comptage d'impulsion et télétransmission GPRS/3G vers serveur, fonctionne sur batterie 3,7 V ;
- conversion et affichage en débit, volume cumulé journalier et mensuel, sur serveur de visualisation. Données téléchargeables.

NTMPYP19-023

Suivi du débit de la source Riou (Bilhères-en-Ossau, 64)
Travaux de mise en place du matériel de mesure



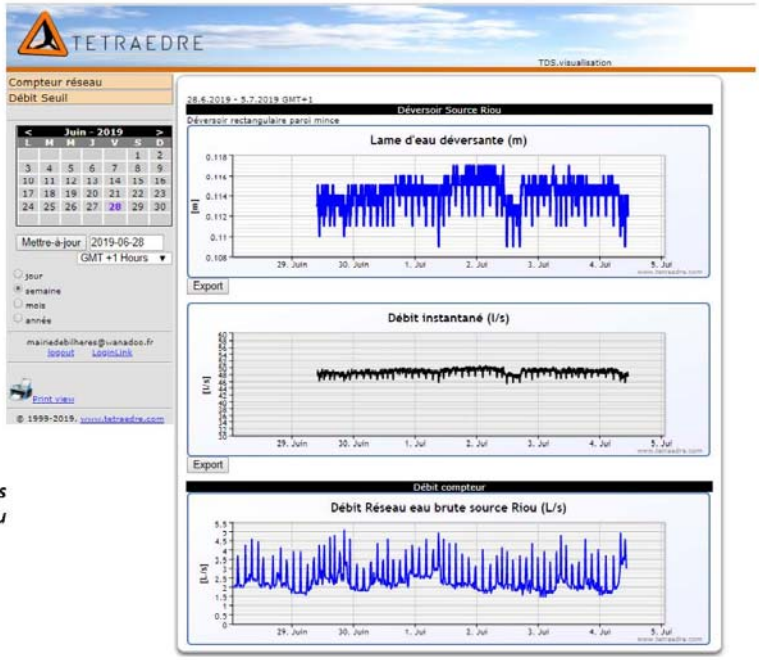
2.4 Accès aux données

Pour se connecter au site de visualisation des données enregistrées au niveau du compteur d'eau et du seuil sur le ruisseau, les éléments d'information suivants sont nécessaires :

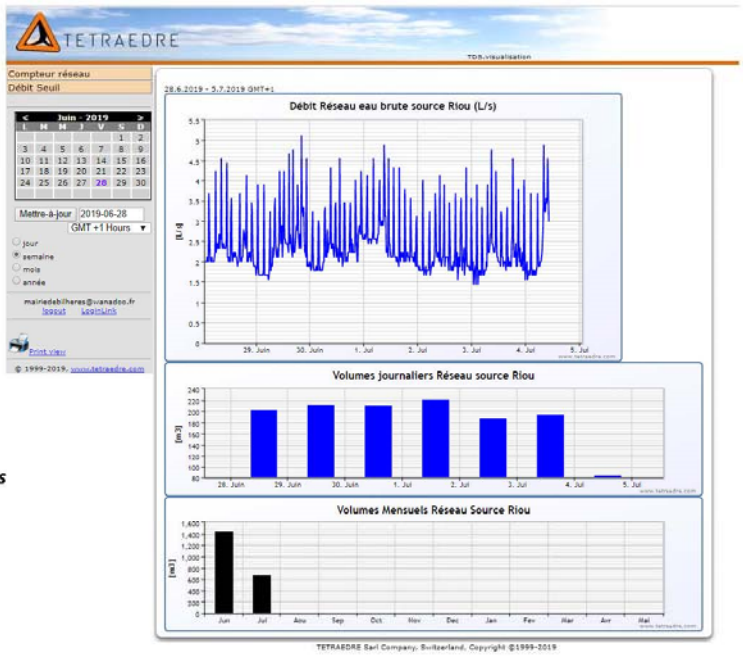
Les données sont téléchargeables au format CSV et sont disponibles pour une durée de 2 ans.

NTMPYP19-023

Suivi du débit de la source Riou (Bilhères-en-Ossau, 64)
Travaux de mise en place du matériel de mesure



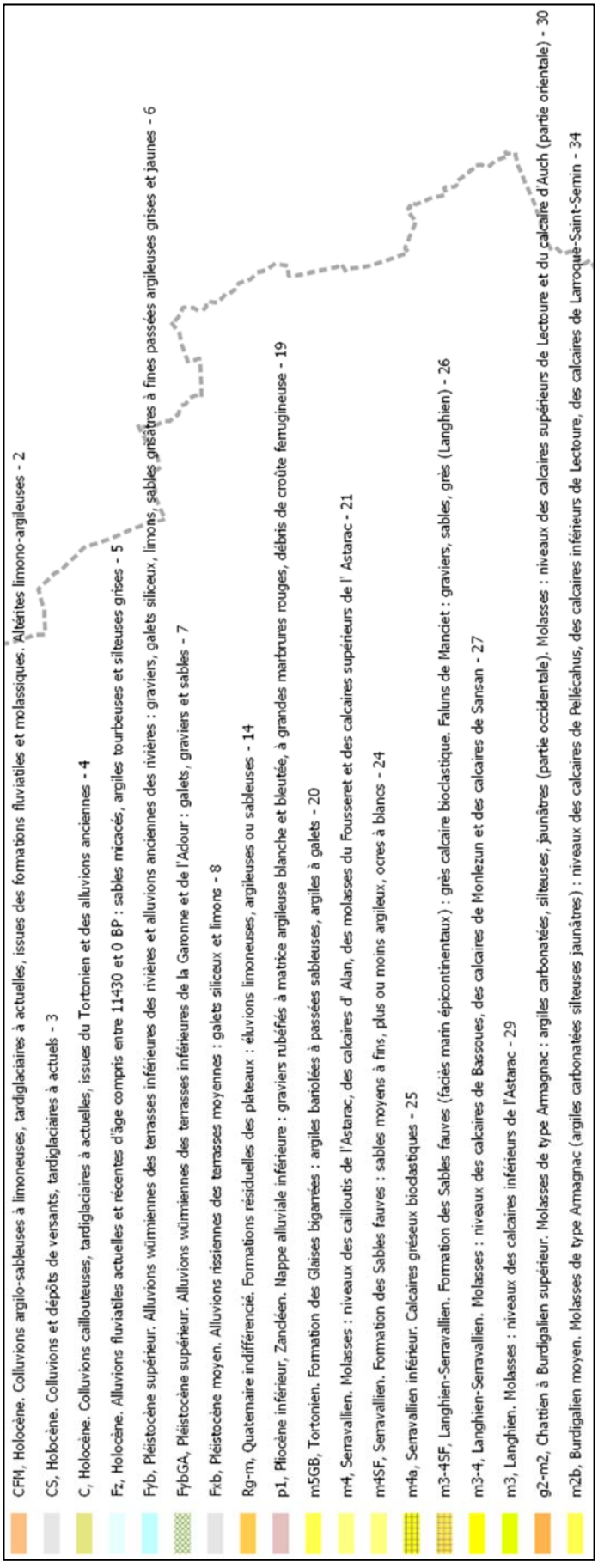
Affichage des données mesurées au droit du seuil



Affichage des données mesurées au compteur

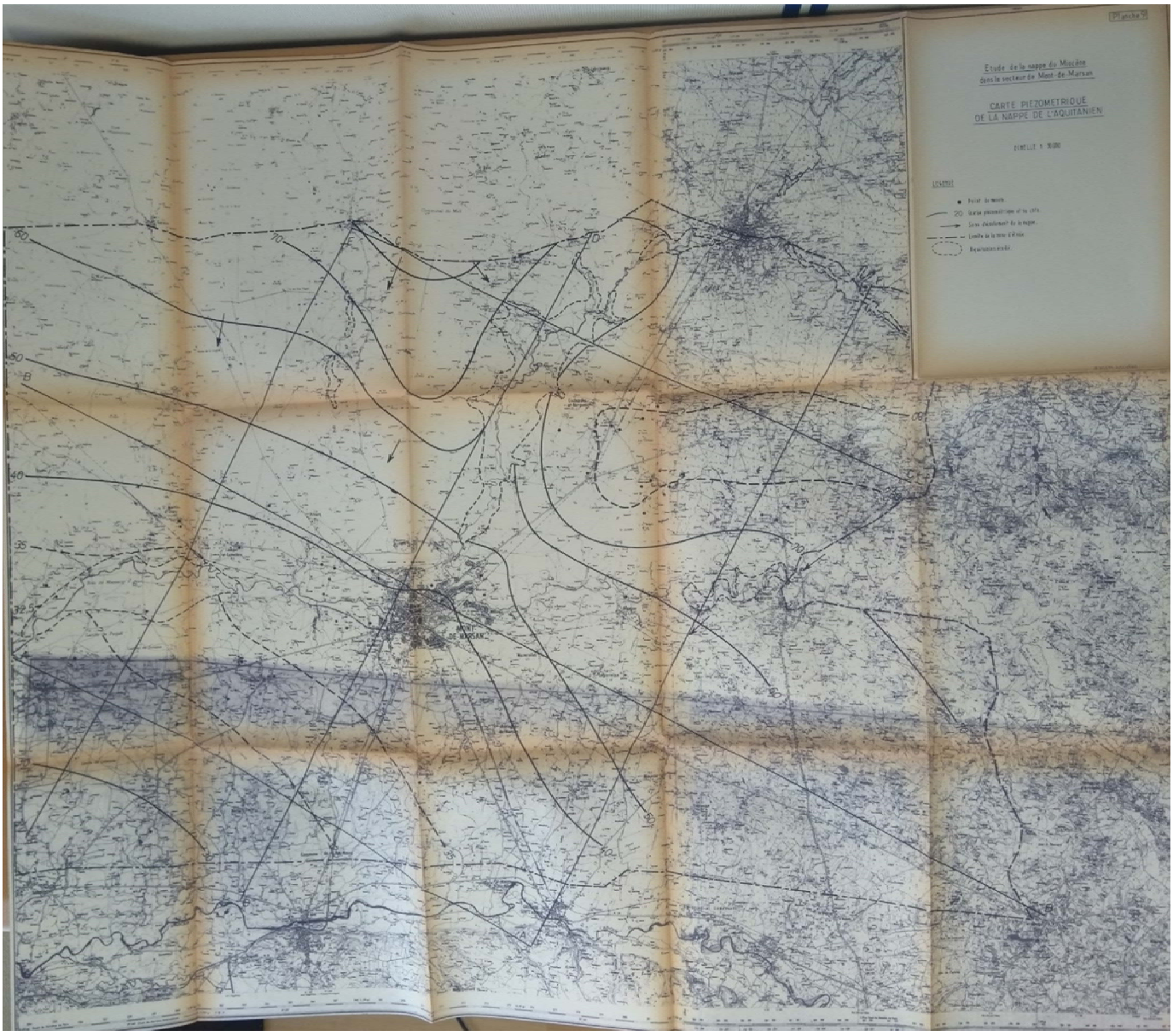
Annexe 4

Légende de la carte géologique de la partie gersoise du bassin versant du Midour


CFM, Holocène. Colluvions argilo-sableuses à limoneuses, tardiglaciaires à actuelles, issues des formations fluviatiles et molassiques. Altérites limono-argileuses - 2
CS, Holocène. Colluvions et dépôts de versants, tardiglaciaires à actuels - 3
C, Holocène. Colluvions caillouteuses, tardiglaciaires à actuelles, issues du Tortonien et des alluvions anciennes - 4
Fz, Holocène. Alluvions fluviatiles actuelles et récentes d'âge compris entre 11430 et 0 BP : sables micacés, argiles tourbeuses et silteuses grises - 5
Fyb, Pléistocène supérieur. Alluvions würmiennes des terrasses inférieures des rivières et alluvions anciennes des rivières : graviers, galets siliceux, limons, sables grisâtres à fines passées argileuses grises et jaunes - 6
FybGA, Pléistocène supérieur. Alluvions würmiennes des terrasses inférieures de la Garonne et de l'Adour : : galets, graviers et sables - 7
Fxb, Pléistocène moyen. Alluvions rissiennes des terrasses moyennes : galets siliceux et limons - 8
Rg-m, Quaternaire indifférencié. Formations résiduelles des plateaux : éluvions limoneuses, argileuses ou sableuses - 14
p1, Pliocène inférieur, Zancléen. Nappe alluviale inférieure : graviers rubéfiés à matrice argileuse blanche et bleutée, à grandes marbrures rouges, débris de croûte ferrugineuse - 19
m5GB, Tortonien. Formation des Glaises bigarrées : argiles bariolées à passées sableuses, argiles à galets - 20
m4, Serravallien. Molasses : niveaux des cailloutis de l'Astarac, des calcaires d' Alan, des molasses du Fousseret et des calcaires supérieurs de l' Astarac - 21
m4SF, Serravallien. Formation des Sables fauves : sables moyens à fins, plus ou moins argileux, ocres à blancs - 24
m4a, Serravallien inférieur. Calcaires gréseux bioclastiques - 25
m3-4SF, Langhien-Serravallien. Formation des Sables fauves (faciès marin épicontinentaux) : grès calcaire bioclastique. Faluns de Manciet : graviers, sables, grès (Langhien) - 26
m3-4, Langhien-Serravallien. Molasses : niveaux des calcaires de Bassoues, des calcaires de Monlezun et des calcaires de Sansan - 27
m3, Langhien. Molasses : niveaux des calcaires inférieurs de l'Astarac - 29
g2-m2, Chattien à Burdigalien supérieur. Molasses de type Armagnac : argiles carbonatées, silteuses, jaunâtres (partie occidentale). Molasses : niveaux des calcaires supérieurs de Lectoure et du calcaire d'Auch (partie orientale) - 30
m2b, Burdigalien moyen. Molasses de type Armagnac (argiles carbonatées silteuses jaunâtres) : niveaux des calcaires de Pellécahus, des calcaires inférieurs de Lectoure, des calcaires de Larroque-Saint-Sernin - 34

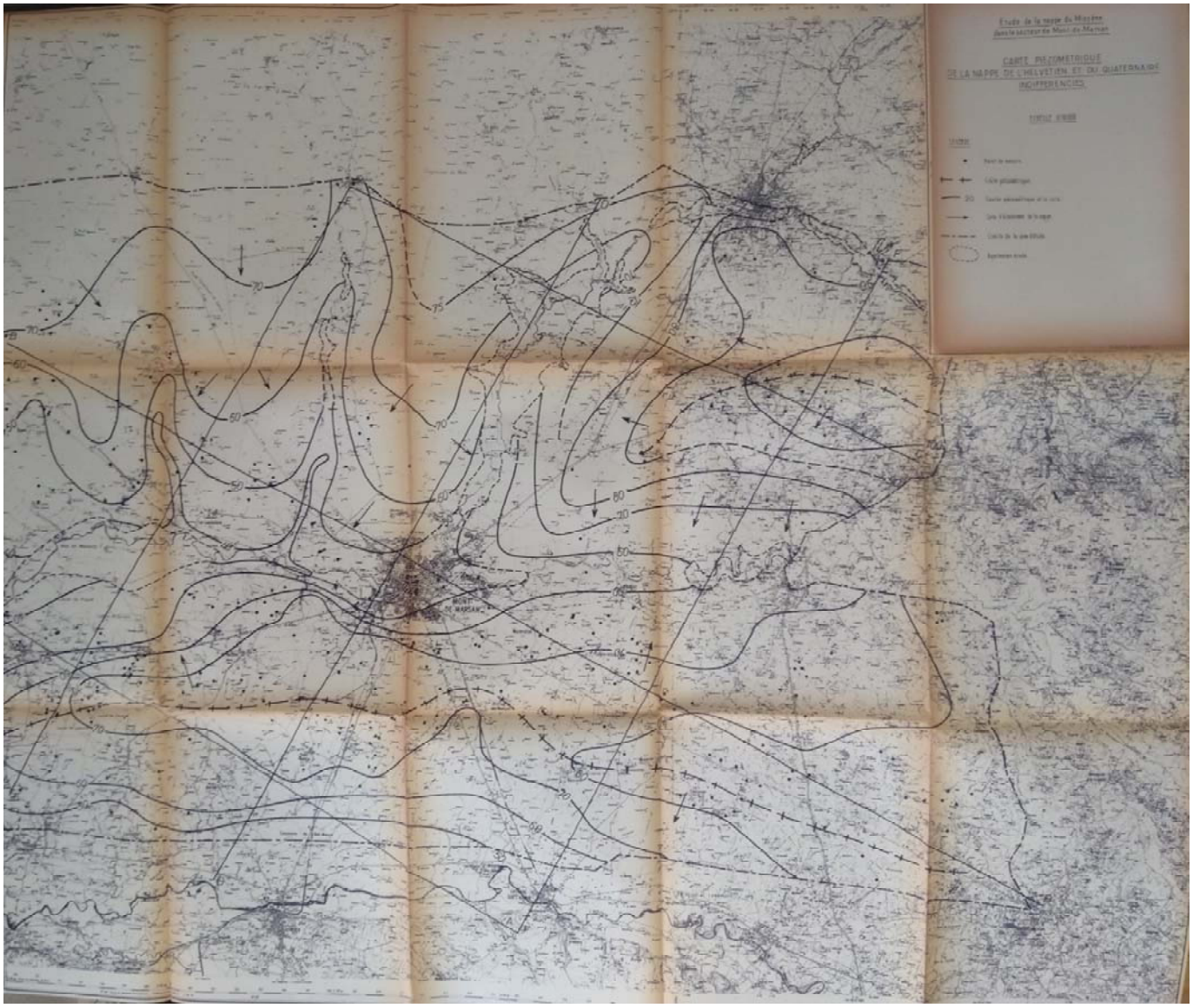
Annexe 5

Carte piézométrique des calcaires de l'Aquitanien (Moreau, 1989)


Etude de la nappe du Miocène
dans le secteur de Mont-de-Marsan
CARTE PIEZOMETRIQUE
DE LA NAPPE DE L'AQUITANIEN
LEGENDE
MONT DE MARSAN

Annexe 6

Carte piézométrique des calcaires de l'Helvétien (Moreau, 1989)


CARTE PIEZOMETRIQUE
DE LA NAPPE DE L'HELVETIEN ET DU QUATERNAIRE
INDIFFERENCIES

Annexe 7

Evolution des teneurs en éléments majeurs et en pesticides dans le bassin versant du Ludon (UPMC, 2017)

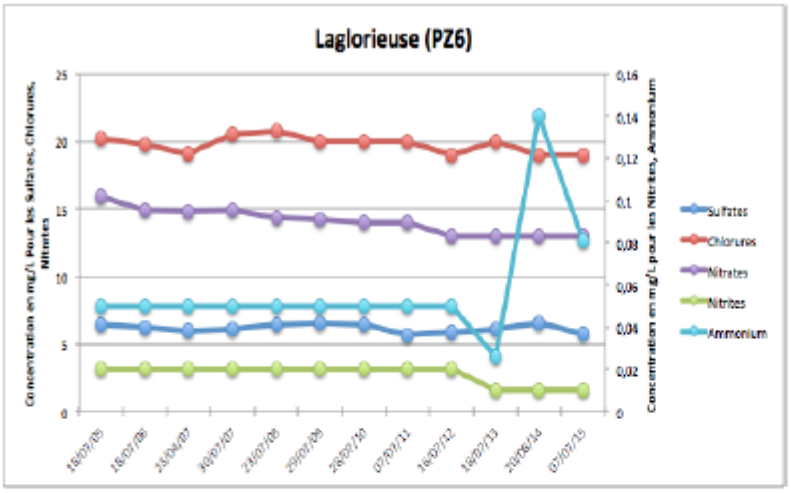


Figure 16 : Graphique de l'analyse chimique au niveau de Laglorieuse

Laglorieuse :

Les concentrations en nitrates, chlorures et sulfates sont globalement stables avec des valeurs respectives autour de 15 mg/L, 20 mg/L et 5 mg/L.

La concentration en ammonium est très variable depuis 2012, cependant la qualité chimique de ce point peut être considérée comme bonne au regard des concentrations.

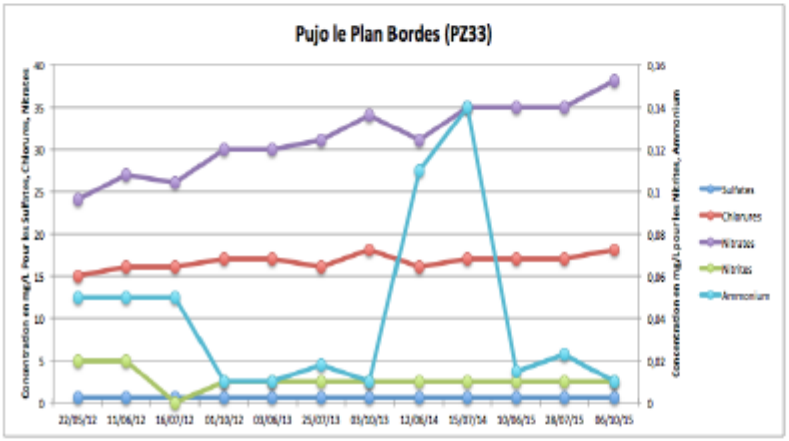


Figure 17 : Graphique de l'analyse chimique du point Pujo le Plan - Bordes

Pujo-le-Plan - Bordes :

Les concentrations en nitrates sont en évolution croissante avec des teneurs dépassant les 35 mg/L depuis 2015.

La concentration en ammonium est très variable avec un pic à 0,14mg/L en 2014.

Le reste des éléments semble stables depuis le début du suivi.

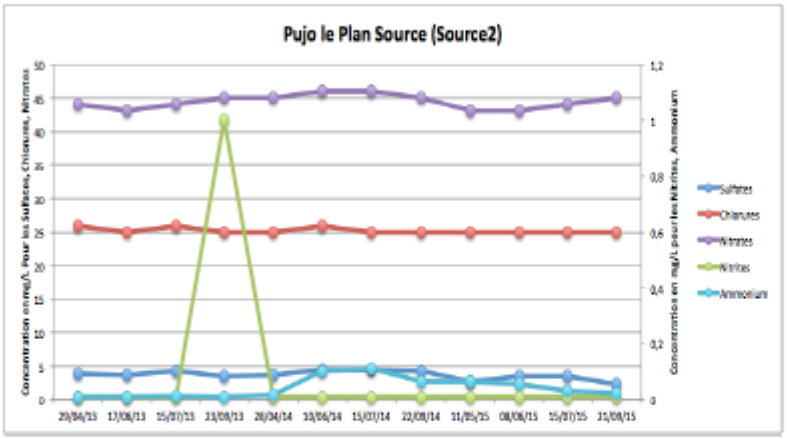


Figure 18 : Graphique de l'analyse chimique du point Pujo le Plan - Source

Pujo-le-Plan - Source :

Les concentrations en sulfates, chlorures, ammonium sont stables depuis 2012 avec des teneurs respectives autour de 5mg/L, 25mg/L, 0,1mg/L. Les teneurs en nitrates sont également stables mais proches de la valeur réglementaire de 50 mg/L.

La concentration en nitrites présente la même stabilité à l'exception d'un pic, en septembre 2013.

Les dates d'analyses sont identiques pour les trois prochains points. Ils se situent tous les trois en amont de la zone d'étude.

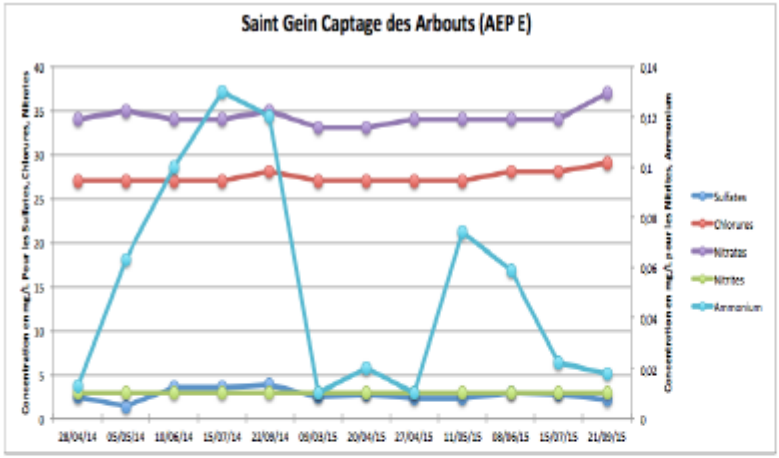


Figure 19 : Graphique de l'analyse chimique du captage AEP de Saint-Gein

Saint-Gein Captage des Arbouts :

Au cours de cette période, les concentrations en chlorures, nitrites, nitrates et sulfates montrent peu de variations sur ce captage d'eau potable.

La concentration en ammonium varie de la même façon que la concentration en ammonium de Pujo-le-Plan - Bordes pour le pic observé en juillet 2014.

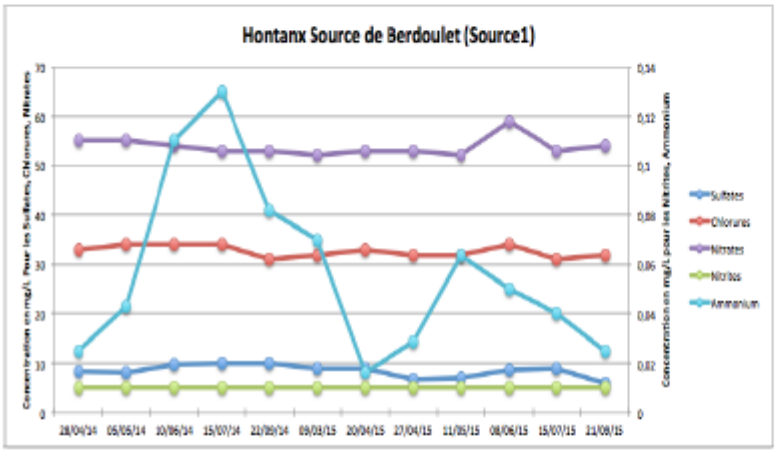
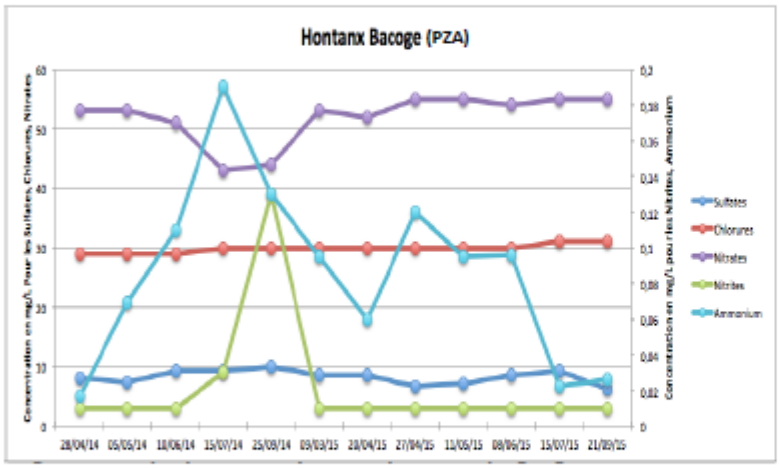


Figure 20 : Graphique de l'analyse chimique de la source de Berdoulet

Hontanx - Source de Berdoulet :

Les variations des cinq paramètres ammonium, chlorures, nitrites, nitrates et sulfates sont respectivement les mêmes que pour le captage des Arbouts. La concentration en nitrates de la source est supérieure à la valeur réglementaire de 50 mg/L.

On observe en effet les deux mêmes pics en ammonium en juillet 2014 et en mai 2015.



Hontanx Bacoge :

Sur cette période, les concentrations en chlorures et en sulfates sont stables. Au contraire, la concentration en nitrates présente une baisse de juin 2014 à mars 2015 à 43 mg/L. Avant et après cette baisse, les concentrations en nitrates sont stables mais supérieures à la valeur réglementaire (autour de 53 mg/L).

La variation des concentrations en ammonium est similaire à la source de Hontanx et au captage AEP de Saint-Gein.

1.4 Analyses des pesticides :

Afin de suivre l'évolution des concentrations de ces dernières années en pesticides, les résultats des analyses effectuées par le CD40 sont exposés sous forme de graphiques, page 18 à 21 (fig.22 à fig.27).

Ces analyses ont servi de base à la compréhension de la zone d'étude. La campagne de mars 2017 est représentée dans les graphiques afin de réaliser une comparaison avec les années précédentes, mais ces résultats seront plus amplement étudiés dans la suite de ce rapport. Les analyses en pesticides ont été réalisées par un laboratoire accrédité COFRAC à la demande du CD40.

Les graphiques ci-dessous représentent les concentrations des pesticides dépassant le plus régulièrement les valeurs seuil, définies par les annexes 13-1 à 13-3 des articles R.1321-1 à R.1321-66 du code de la santé publique relatives à l'eau destinée à la consommation humaine. L'ensemble des résultats d'analyses sont consultables en annexe 24.

Source de Berdoulet à Hontanx

La source de Berdoulet est suivie en pesticides depuis avril 2014. Cette source est principalement impactée par quatre pesticides : l'Alachlor ESA, le Déisopropyl-déséthyl-atrazine, le Déséthyatrazine et le Métolachlor ESA.

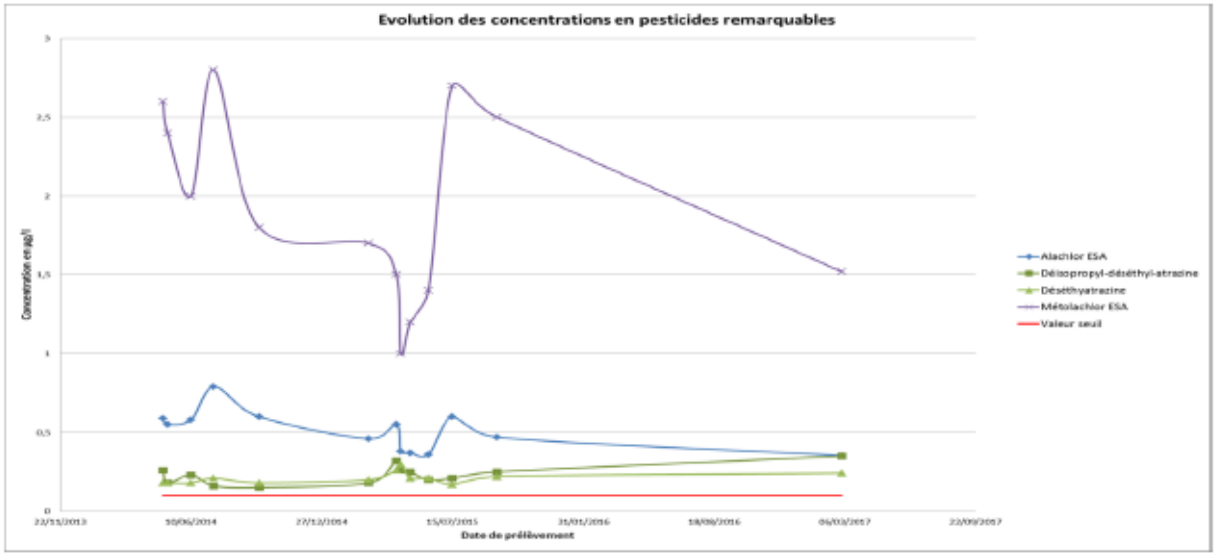


Figure 22 : Evolution des concentrations en pesticides remarquables depuis 2014 dans la source de Berdoulet

On n'observe pas de tendance particulière sur ces pesticides (baisse ou augmentation durable). Les teneurs fluctuent plus ou moins fortement. Le métolachlor est le pesticide montrant les teneurs les plus importantes. On remarque une perturbation des teneurs lors du premier semestre 2015.

Source de Bacoge à Hontanx

La source de Bacoge est également suivie depuis avril 2014. Elle montre une contamination par un plus grand nombre de pesticides.

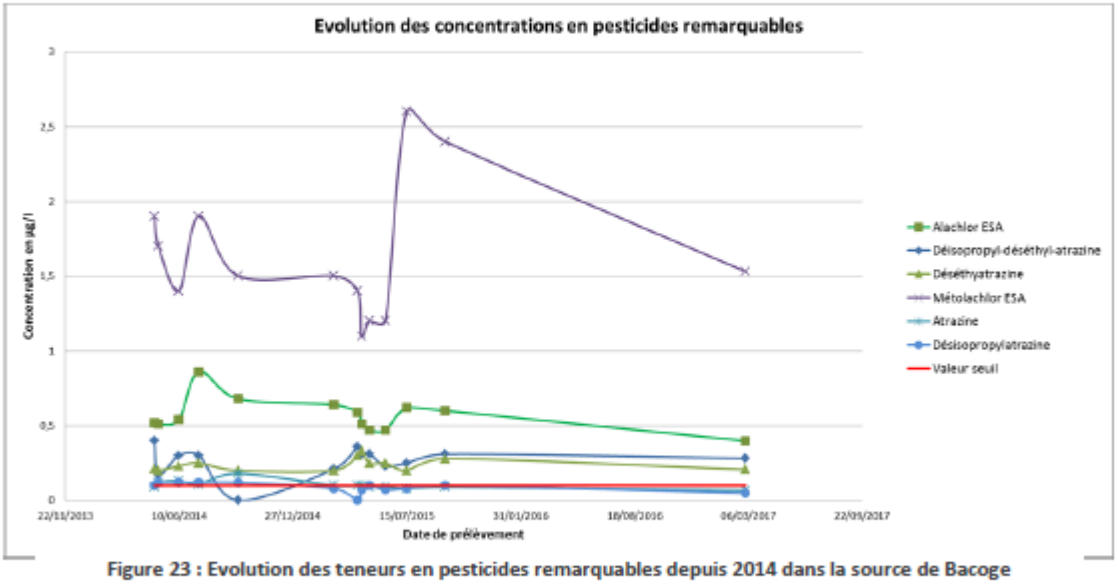


Figure 23 : Evolution des teneurs en pesticides remarquables depuis 2014 dans la source de Bacoge

De même que sur la source de Berdoulet, le métolachlor ESA est le pesticide montrant les teneurs les plus importantes. On n'observe également aucune tendance particulière. Néanmoins, on remarque qu'une perturbation des teneurs a eu lieu au premier semestre 2015, tout comme pour la source de Berdoulet.

Source de Pujo-le-Plan

La source de Pujo-le-Plan ne semble pas se comporter exactement de la même façon que les deux précédentes, avec un pic d'alachlor ESA en 2014 et une perturbation moins marquée des teneurs en pesticides en 2015.

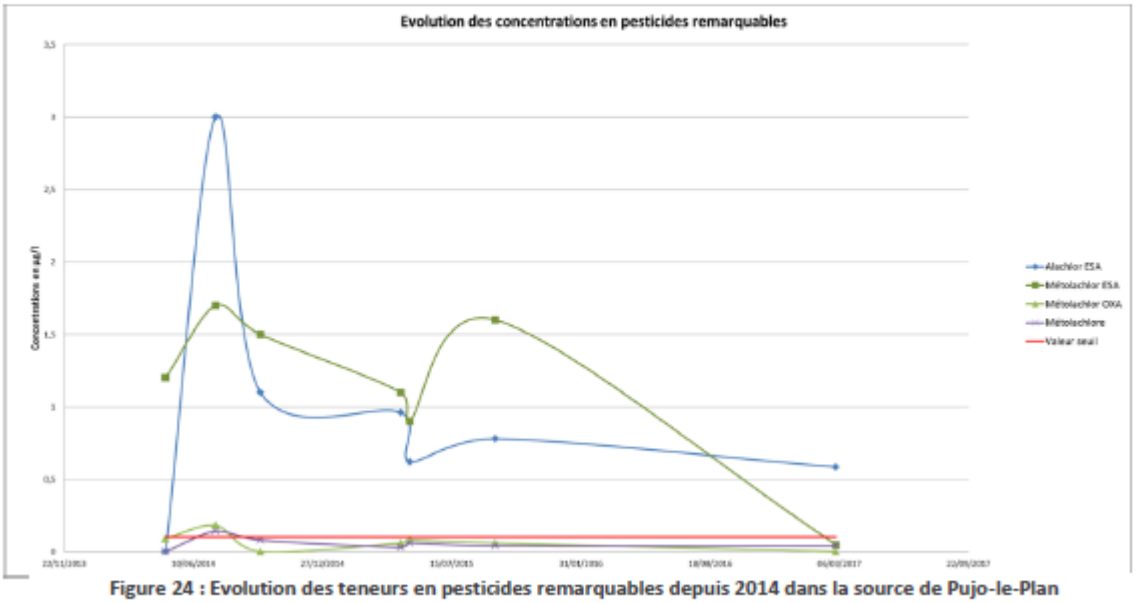


Figure 24 : Evolution des teneurs en pesticides remarquables depuis 2014 dans la source de Pujo-le-Plan

On remarque également que les teneurs en métolachlor ESA semblent avoir fortement diminué et qu'en règle générale les teneurs en pesticides sont à la baisse.

Source des Arbouts

La source des Arbouts est, elle aussi, suivie depuis avril 2014. Elle semble globalement moins impactée que les autres sources, et l'évolution de ses teneurs en pesticides ne montre pas de tendance particulière. Le graphique suivant représente les teneurs en Alachlor ESA et métolachlor ESA, les pesticides les plus retrouvés dans ces eaux.

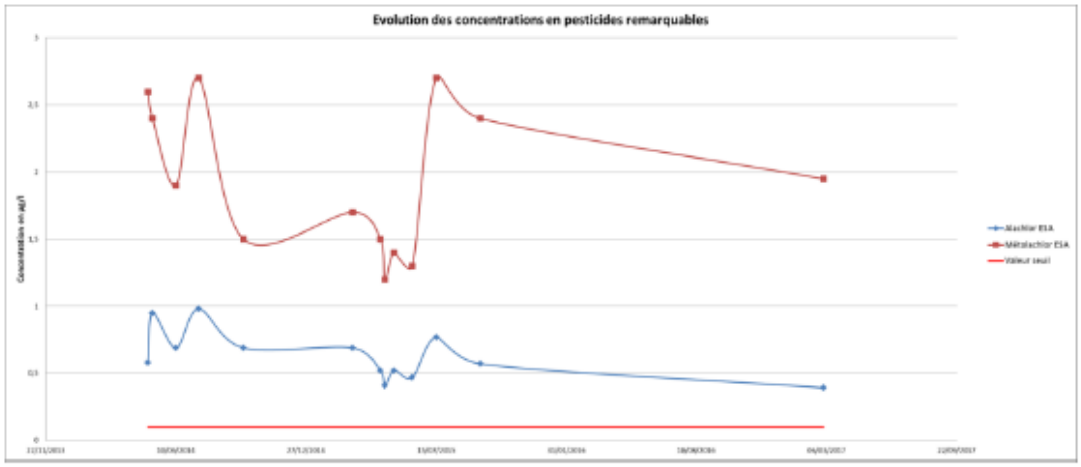


Figure 25 : Evolution des concentrations en pesticides remarquables sur la source des Arbouts

De même que pour la source de Berdoulet et de Bacoge, on observe une perturbation des teneurs en pesticides en 2015.

Le ruisseau du Ludon

Le ruisseau du Ludon est suivi depuis 2002 soit bien plus longtemps que les sources. Il montre régulièrement des dépassements de la valeur seuil pour plusieurs pesticides. Cependant, certains pesticides impactent plus régulièrement le Ludon : l'acétochlor ESA, l'acétochlor OXA, l'acétochlore, l'alachlor ESA, l'alachlor OXA, l'AMPA et l'Hydroxyatrazine. Afin de permettre une bonne lecture du graphique, seuls les deux pesticides présentant les teneurs les plus importantes sont représentées dans le graphique suivant, c'est à dire l'alachlor ESA et l'AMPA. On observe une tendance à la baisse pour ces pesticides.

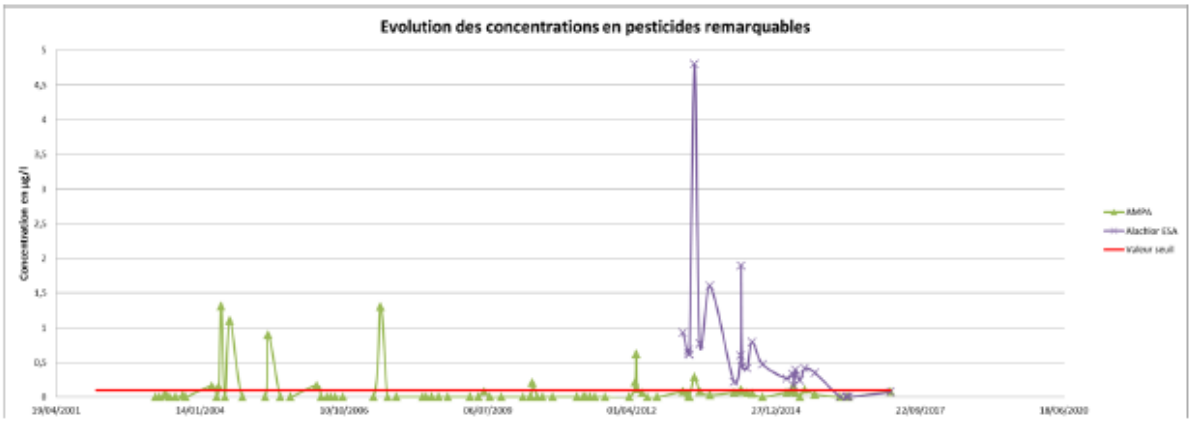


Figure 26 : Evolution des teneurs en pesticides remarquables dans le Ludon depuis 2002

20

Comparaison des sommes de pesticides

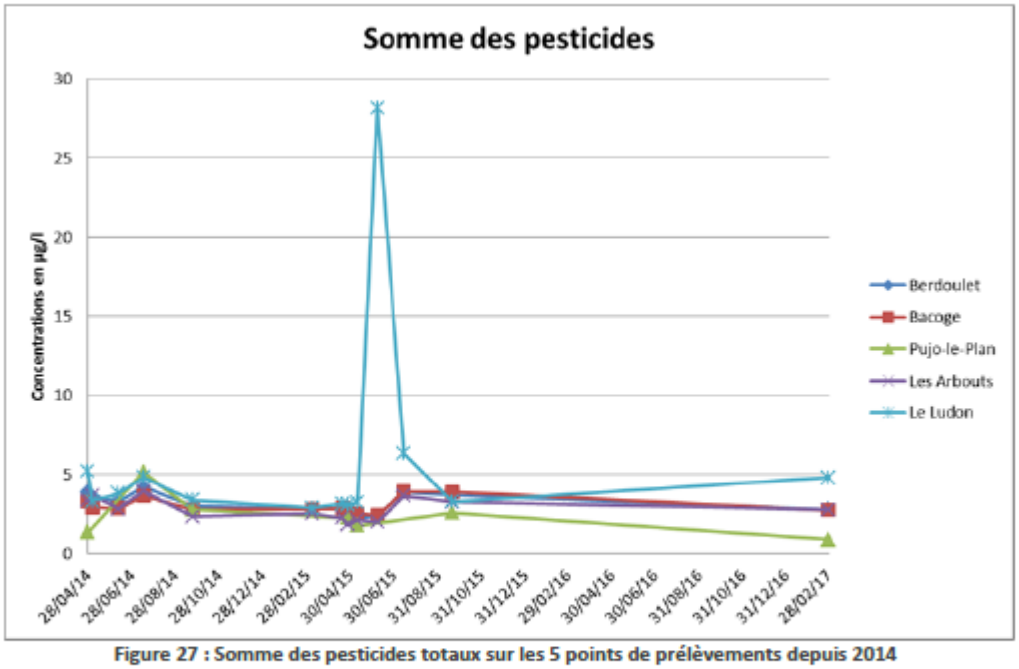


Figure 27 : Somme des pesticides totaux sur les 5 points de prélèvements depuis 2014

La comparaison des sommes de pesticides depuis 2014 entre les différentes sources et le Ludon montrent des teneurs du même ordre de grandeur.

Seul le Ludon semble être par moment plus impacté. Cette comparaison nous montre bien qu'un événement particulier semble avoir eu lieu aux alentours du premier semestre 2015, avec un pic important de contamination en pesticides dans le Ludon.

L'augmentation des teneurs dans les eaux souterraines observée peu de temps après le pic visible sur le Ludon, laisse supposer une infiltration et une diffusion dans les eaux souterraines.

21

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 - Orléans Cedex 2 - France
Tél. : 02 38 64 34 34 - **www.brgm.fr**

Direction régionale Nouvelle Aquitaine
Parc Technologique Europarc
24, avenue Léonard de Vinci
33600 - Pessac - France
Tél. : +33 (0) 5 57 26 54 81