Document public

Programme COQAS d'amélioration des COnnaissances pour la surveillance Qualitative des Aquifères de Socle du bassin Adour-Garonne

Phase 1 : Étude préalable pour la mise en place d'un réseau de surveillance « qualité »

BRGM/RP-67142-FR
Septembre 2017

AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE
ETABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTERE DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

Programme COQAS d'amélioration des COnnaissances pour la surveillance Qualitative des Aquifères de Socle du bassin Adour-Garonne

Phase 1 : Étude préalable pour la mise en place d'un réseau de surveillance « qualité »

BRGM/RP-67142-FR
Septembre 2017

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM AP15MPY010

JM. Gandolfi, ME. Bonnet, M. Saplairoles, E. Poux
Avec la collaboration de
V. Mardhel, B. Monod

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : B. Mougin	Nom : AV. Hau-Barras
Fonction : Responsable scientifique de programme	Fonction : Directrice régionale déléguée :
Date : 22/09/2017	Date : 27/10/2017
Signature : B. Mougin.	Signature :

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

AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE
ETABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTERE DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots-clés : Eau souterraine, Aquifères de socle, Pollutions diffuses, Nitrates, Produits phytosanitaires, Éléments traces, Pression anthropique, Eau superficielle, Zones de vigilance, Réseau « qualité », France, Bassin Adour-Garonne, Occitanie, Nouvelle Aquitaine, Auvergne-Rhône-Alpes.

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

Gandolfi JM., Bonnet ME., Saplairoles M., Poux E. avec la collaboration **de Mardhel V., Monod B.** (2017) - Programme COQAS d'amélioration des COnnaissances pour la surveillance Qualitative des Aquifères de Socle sur le bassin Adour-Garonne - Phase 1 : Étude préalable pour la mise en place d'un réseau de surveillance « qualité »**.** Rapport final. BRGM/RP-67142-FR, 114 p., 78 ill., 10 ann. (volume séparé).

© BRGM, 2017, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Dans le bassin Adour-Garonne, les formations de socle occupent près de 18 % du territoire (hors Massif des Pyrénées) et sont principalement présentes dans sa partie nord et nord-est correspondant au Massif central. Ces aquifères, longtemps considérés comme très peu productifs, ne constituaient pas un fort enjeu. Ainsi le domaine de socle est fortement dépourvu de données exploitables, notamment de réseaux de suivi, pour répondre à une gestion efficace des eaux souterraines, tant sur le plan quantitatif que qualitatif.

Les travaux de recherche développés par le BRGM depuis les années 90 sur les propriétés physiques des profils d'altération ont abouti à la révision du concept d'aquifère de socle en proposant un nouveau modèle d'aquifère multicouche. Plusieurs zones géographiques en domaine de socle sur le bassin Adour-Garonne ont ainsi pu faire l'objet d'études spécifiques visant à établir des cartes de potentialités aquifères de ces formations.

Le présent programme COQAS[1] s'inscrit dans une démarche d'amélioration des connaissances pour permettre une surveillance adaptée de la qualité des eaux souterraines des aquifères de socle à l'échelle du bassin Adour-Garonne. Cette conjonction d'intérêts entre le BRGM et l'Agence de l'Eau Adour-Garonne incite à sa mise en œuvre commune. Il est scindé en deux phases :

- Phase 1 (2015-2017) : Étude préalable pour la mise en place d'un réseau de surveillance « qualité » ;
- Phase 2 (2017-2019) : Compréhension des mécanismes de transfert des contaminants : nitrates, produits phytosanitaires, éléments traces, dans les formations de socle vers les eaux souterraines.

Le présent rapport concerne les résultats obtenus dans le cadre de la phase 1 du programme COQAS.

En préalable, **les travaux d'harmonisation de la carte d'altérabilité des formations de socle sur le bassin Adour-Garonne** ont été initiés à partir des études de référence existantes et des cartes géologiques harmonisées à 1/50 000, pour permettre une vision cohérente du potentiel hydrogéologique à l'échelle du bassin Adour-Garonne. La carte sera finalisée dans le cadre de la phase 2 du programme COQAS.

Afin de dresser **l'état des pollutions diffuses agricoles sur le bassin Adour-Garonne**, trois approches ont été menées. Il s'agit de l'exploitation :

- du Recensement Agricole 2010 (RA) ;
- du Registre Parcellaire Graphique 2013 (RPG) ;
- de la Banque Nationale des Ventes des Distributeurs 2013 (BNV-d).

[1] COQAS : programme d'amélioration des COnnaissances pour la surveillance Qualitative des Aquifères de Socle sur le bassin Adour-Garonne.

Les résultats sont cohérents entre eux. Cependant le RPG 2013 plus précis (échelle des « îlots » »), ramené à l'échelle des entités de la BD Lisa (Niveau 3)[2] et des zones hydrographiques BD Carthage[3], a été préféré pour la confrontation : pressions diffuses / états chimiques des eaux pour les paramètres « nitrates » et « phytosanitaires ».

Concernant la confrontation des données disponibles pour les paramètres « éléments traces et indésirables », les facteurs naturels ou anthropiques susceptibles d'influencer la présence d'éléments traces dans les eaux ont été déterminés. Il s'agit de l'exploitation :

- des rejets domestiques et industriels, et des bases de données des sites BASIAS et BASOL[4] ;
- des données de l'inventaire géochimique des sols ;
- des indices, gites, et sites miniers.

Cette confrontation sera réalisée dans le cadre de la phase 2 du programme COQAS.

Les cartographies de l'état qualitatif des eaux souterraines et superficielles ont été établies à partir du traitement des données d'ADES, de la base de données SISE-Eaux de l'ARS, et du Système d'Information sur l'Eau (SIE) du bassin Adour-Garonne, pour les nitrates, les produits phytosanitaires, et plusieurs éléments traces et indésirables. Afin de pallier le manque de données, une approche exploratoire a été menée en utilisant les analyses réalisées sur les ouvrages « eaux traitées » de type Station de Traitement-Production et les Unités de Distribution (traitements et réseaux simples). Le nombre d'analyses supplémentaires apportées est 2,5 fois plus important que si l'on considérait les seules analyses en eau brutes. Cependant cette approche a seulement pu être validée pour le paramètre « nitrates », et ainsi permettre l'élaboration de courbes de tendance.

Les **points « à problèmes »** pour les nitrates ont été définis pour une concentration moyenne dépassant 40 mg/l ou une concentration moyenne dépassant 10 mg/l avec une tendance avérée de cette concentration à la hausse. Les points « à problèmes » phytosanitaires ont été définis lorsqu'au moins une analyse (tout produit phytosanitaire confondu) dépasse la norme eau potable de 0,1 µg/l. **6 classes de zones de vigilance** sont établies avec une proposition d'action pour la surveillance des eaux souterraines. Ces zones de vigilance sont associées à chaque entité de niveau 3 de la BD Lisa. Elles sont établies en croisant le niveau de contamination (avérée ou supposée) avec la pression « pollution diffuse », en intégrant un niveau de confiance. Une classe « non traitée » est également définie pour considérer l'ensemble des secteurs sur lesquels le manque de données est constaté pour établir un classement complet. Ces classes ont été déterminées à partir de logigrammes propres à chacun des paramètres « nitrates » et « phytosanitaires ». C'est sur cette base que le choix des zones pour la recherche de points à intégrer au réseau de surveillance qualitative des eaux souterraines a été mené sur le terrain.

La campagne de terrain s'est déroulée en février-mars 2016, et a permis de sélectionner 27 points supplémentaires qui pourraient compléter les 15 points existants du Réseau de Contrôle de Surveillance de la qualité des eaux souterraines géré par l'Agence de l'eau Adour-Garonne. Pour chacun d'entre eux, une fiche signalétique a été élaborée visant à faciliter les futures interventions sur le terrain.

[2] BD LISA (Niveau 3) : référentiel hydrogéologique appelée Base de Données des LImites des Systèmes Aquifères (découpage au niveau 3 : entité hydrogéologique régionale au 1/50 000).

[3] BD Carthage : Base de Données sur la CARtographie THématique des AGences de l'eau et du ministère chargé de l'environnement.

[4] BASIAS : base de données des anciens sites industriels et activités de service. BASOL : base de données des sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif.

L'état qualitatif des eaux souterraines et superficielles pour les éléments traces et indésirables a également été établi. La sélection des points présentant des concentrations « anomales » s'est appuyée sur la méthode des vibrisses de Tukey (ou boîtes à moustaches). Afin de mettre en évidence d'éventuelles zones anomales pour les eaux souterraines, un croisement cartographique des points « anormaux » a été réalisé avec les zones hydrographiques BD Carthage. Les cartes de l'état des eaux souterraines (13 éléments retenus) et superficielles (11 éléments) ont ainsi pu être élaborées (type « camembert »). La confrontation avec les pressions anthropiques sera réalisée dans le cadre de la phase 2 du programme COQAS.

La phase 1 du programme COQAS - Mise en place d'un réseau de surveillance qualitatif des formations de socle - constitue une étape préalable indispensable pour mener à bien les travaux de recherche de phase 2 visant à améliorer la compréhension des mécanismes de transfert des contaminants dans les formations de socle, selon 3 axes principaux se focalisant sur les paramètres « nitrates, produits phytosanitaires, éléments traces », et un axe transverse visant à améliorer la connaissance du fonctionnement hydrogéologique des formations de socle. Cette seconde phase du programme COQAS débutera dès la fin 2017.

Sommaire

1. Introduction 15

2. Objectifs 17

2.1. OBJECTIFS GÉNÉRAUX DU PROGRAMME 17

2.2. PHASAGE DU PROGRAMME ET OBJECTIFS DE LA PHASE 1 17

3. Présentation de la zone d'étude et des points d'eau existants 21

3.1. EMPRISE GÉOGRAPHIQUE 21

3.2. ENTITÉS CONCERNÉES DU REFÉRENTIEL BD LISA 21

3.3. MASSES D'EAU SOUTERRAINE DE TYPE SOCLE 22

3.4. RÉSEAUX DE SUIVI DE LA QUALITÉ DES EAUX 24

3.4.1. Surveillance qualitative des eaux souterraines 24

3.4.2. Surveillance qualitative des eaux superficielles 26

3.5. BANQUE DE DONNÉES DU SOUS-SOL (BSS) 27

4. Harmonisation de la carte d'altérabilité des formations de socle sur le bassin Adour-Garonne 29

4.1. DONNÉES DISPONIBLES 29

4.1.1. Programmes d'études de référence 29

4.1.2. Coupures géologiques à 1/50 000 29

4.2. ÉLABORATION DE LA CARTE D'ALTÉRABILITÉ HARMONISÉE SUR LE BASSIN ADOUR-GARONNE 30

5. Pollutions diffuses agricoles 35

5.1. DONNÉES EXPLOITÉES 35

5.2. EXPLOITATION DU RECENSEMENT AGRICOLE 2010 (RA) 35

5.2.1. Méthode et résultats de traitement du Recensement Agricole 35

5.3. EXPLOITATION DU REGISTRE PARCELLAIRE GRAPHIQUE 2013 (RPG) 36

5.3.1. Méthode de traitement du Registre Parcellaire Graphique 36

5.3.2. Résultats du Registre Parcellaire Graphique 37

5.4. EXPLOITATION DE LA BANQUE NATIONALE DES VENTES DES DISTRIBUTEURS 2013 (BNV-D) 39

5.4.1. Méthode de traitement de la Banque Nationale des Ventes des Distributeurs 39

5.4.2. Résultats de la Banque Nationale des Ventes des distributeurs 40

5.5. PRESSIONS DE POLLUTIONS DIFFUSES : LIMITES D'UTILISATION ET PISTES D'AMÉLIORATION 41
5.5.1. Pression phytosanitaires 41
5.5.2. Pression nitrates 41
5.5.3. Données utilisées pour la détermination des points du réseau 41

6. Facteurs naturels ou anthropiques susceptibles d'influencer la présence d'éléments traces dans les eaux 43

6.1. DONNEES UTILISÉES 43

6.2. EXPLOITATION DES REJETS DOMESTIQUES ET INDUSTRIELS (AEAG) ET DES SITES BASOL/BASIAS (BRGM) 43

6.3. EXPLOITATION DES DONNÉES DE L'INVENTAIRE GEOCHIMIQUE SOLS 45
6.3.1. Méthode de traitement de l'inventaire géochimique sols 45
6.3.2. Résultats de l'inventaire géochimique sols 47

6.4. EXPLOITATION DES INDICES, GÎTES MINIERS (BSS) ET SITES MINIERS 49
6.4.1. Méthode de traitement des données de la BSS : indices, gîtes et concessions minières (GEODERIS) 49
6.4.2. Résultats du traitement des indices, gîtes et concessions minières 49

6.5. CONCLUSION SUR LA PRÉSENCE D'ÉLÉMENTS TRACES DANS LES SOLS, LIMITES ET PISTES D'AMÉLIORATION 50
6.5.1. Aluminium 50
6.5.2. Antimoine 50
6.5.3. Arsenic 54
6.5.4. Bore 54
6.5.5. Baryum 54
6.5.6. Cadmium 54
6.5.7. Chrome 54
6.5.8. Cuivre 55
6.5.9. Fluor 55
6.5.10. Nickel 55
6.5.11. Plomb 55
6.5.12. Zinc 56

7. État des eaux souterraines 57

7.1. DÉMARCHE PROPOSÉE 57

7.2. DONNÉES SISE EAUX ET ADES 57
7.2.1. Rappels 57
7.2.2. Extractions des données SISE Eaux 60
7.2.3. ADES 60

7.3. MÉTHODE DE TRAITEMENT DES DONNÉES OUVRAGES 61
7.3.1. Problèmes de géolocalisation des captages AEP 61
7.3.2. Choix des ouvrages TTP et UDI pertinents pour l'approche méthodologique « eaux traitées » AEP 62

7.4. MÉTHODES GÉNÉRALES DE TRAITEMENT ET D'EXPLOITATION DES ANALYSES « QUALITÉ » 64
7.4.1. Choix des paramètres 64
7.4.2. Traitement des analyses « douteuses » 66
7.4.3. Traitement des analyses en eau brute 66
7.4.4. Cas particulier des analyses SISE-Eaux sur MCA 68
7.4.5. Pertinence de l'exploitation des données d'analyses en TTP et UDI eaux souterraines 68

7.5. PRODUITS PHYTOSANITAIRES 73
7.5.1. Choix des valeurs seuils 73
7.5.2. Sélection de « points à problèmes » 73
7.5.3. Résultats 73

7.6. NITRATES 76
7.6.1. Choix des valeurs seuils 76
7.6.2. Tendances d'évolution des concentrations en nitrates 76
7.6.3. Sélection de « points à problèmes » 77
7.6.4. Résultats 77

7.7. ÉLÉMENTS TRACES ET INDÉSIRABLES 78
7.7.1. Choix des valeurs seuils 78
7.7.2. Sélection des points présentant des concentrations « anomales » 78
7.7.3. Sélection de points à « problème» pour les éléments traces indésirables 81
7.7.4. Résultats et limites 82

8. État des eaux superficielles 85

8.1. DONNÉES 85

8.2. MÉTHODES GÉNÉRALES DE TRAITEMENT DES DONNÉES 85
8.2.1. Délimitation des bassins versants d'alimentation des Stations Qualité Rivières 85
8.2.2. Choix des paramètres et des valeurs seuils 86
8.2.3. Traitement de certaines analyses « douteuses » 87
8.2.4. Traitement des analyses 88

8.3. PRODUITS PHYTOSANITAIRES 88
8.3.1. Choix des valeurs seuils 88
8.3.2. Sélection des points à problèmes 88
8.3.3. Résultats 88

8.4. NITRATES 91
8.4.1. Choix des valeurs seuils 91
8.4.2. Tendances d'évolution des concentrations en nitrates 91
8.4.3. Sélection de « points à problèmes » 91
8.4.4. Résultats 91

8.5. ÉLÉMENTS TRACES ET INDÉSIRABLES 93
8.5.1. Choix des valeurs seuils 93
8.5.2. Sélection des points présentant des concentrations « anomales » 93
8.5.3. Résultats et limites 95

9. Confrontation de l'état des eaux souterraines avec les pressions pollutions diffuses pour la mise en place d'un réseau qualité des eaux souterraines en domaine de socle 97

9.1. MÉTHODE RETENUE 97

9.2. DÉTERMINATION DES « ZONES DE VIGILANCE » 97
9.2.1. Logigramme relatif aux nitrates 98
9.2.2. Logigramme relatif aux produits phytosanitaires 100

9.3. CHOIX DES POINTS DU RÉSEAU DE SURVEILLANCE « EAU SOUTERRAINE » VIS-À-VIS DES PRESSION DIFFUSES 102
9.3.1. Tableau d'aide à la décision pour le choix du nombre de points du réseau 102
9.3.2. Recherche de points sur le terrain 103
9.3.3. Proposition d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines vis-à-vis des pollutions diffuses 104

10. Conclusion 107

11. Bibliographie 109

Liste des illustrations

Illustration 1 : Organigramme du programme COQAS 19
Illustration 2 : Emprise géographique de la zone d'étude sur le bassin Adour-Garonne 21
Illustration 3 : Carte des entités BD Lisa niveau 3 sur la zone d'étude (en couleur), zones de recouvrement (en gris clair) 22
Illustration 4 : Tableau des masses d'eau souterraine affleurantes de la zone d'étude 23
Illustration 5 : Carte des masses d'eau souterraine affleurantes de la zone d'étude (limite en noir) 23
Illustration 6 : État chimique des masses d'eau souterraine de la zone d'étude (données de l'état des lieux AEAG 2013) 24
Illustration 7 : Localisation des points de surveillance de la qualité des eaux souterraines sur la zone d'étude 25
Illustration 8 : Stations de mesures « qualité » en rivière (tout réseau confondu) sur la zone d'étude (points de surveillance extrait du Système d'Information sur l'Eau du bassin Adour-Garonne) 27

Illustration 9 : Localisation des points recensés en BSS sur la zone d'étude 28
Illustration 10 : Localisation des secteurs ayant fait l'objet d'une étude spécifique de référence « socle » sur le bassin Adour-Garonne 30
Illustration 11 : Codage de l'altérabilité des formations géologiques 31
Illustration 12 : Carte harmonisée de l'altérabilité des formations de socle sur le bassin Adour-Garonne (carte provisoire en attente des résultats de la phase 2 du programme COQAS) 33
Illustration 13 : Orientations technico-économiques des exploitations agricoles sur la zone d'étude ..36
Illustration 14 : Répartition des types de cultures sur la zone d'étude selon 4 familles de cultures (échelle zone hydrographique [ZH]) 38
Illustration 15 : Quantités de substances phytosanitaires vendues 40
Illustration 16 : Sites BASOL 44
Illustration 17 : Sites BASIAS 44
Illustration 18 : Sites BASIAS, groupes SEI 44
Illustration 19 : Nombre de sites BASIAS du groupe SEI 1 par zone hydrographique 44
Illustration 20 : Par zone hydrographique, rejets domestiques, capacités rejetées (en équivalent-habitants) 45
Illustration 21 : Par zone hydrographique, rejets industriels, nombre de rejets 45
Illustration 22 : Données de l'inventaire géochimique national BRGM 1998 46
Illustration 23 : Exemple de carte des résultats de l'inventaire géochimique national pour l'arsenic ...47
Illustration 24 : Éléments traces et indésirables - cartes des zones anomales dans les sols....48
Illustration 25 : Principaux indices et gisements miniers (BSS) 52
Illustration 26 : Périmètres des concessions minières 53
Illustration 27 : Ampleur des excavations minières et minerai associé 53
Illustration 28 : Types de TTP SISE-Eaux....58
Illustration 29 : Représentation géographique et schématique d'une installation (Extrait du manuel SISE Eaux v2.0)....59
Illustration 30 : Carte des points de mesure qualité ESO, SISE Eaux et ADES (hors ICSP) 61
Illustration 31 : Exemple de réseau AEP selon la nomenclature SISE'Eaux 62
Illustration 32 : Choix des réseaux « simples » (encadrés rouges) sur TTP et UDI 63
Illustration 33 : Paramètres physico-chimiques choisis dans l'export ADES 65
Illustration 34 : Tableaux de qualification des analyses pour les produits phytosanitaires, les nitrates, les éléments traces et indésirables 67
Illustration 35 : Graphe des analyses moyennes en TTP = f(analyses moyennes) en eau brute pour l'aluminium....69
Illustration 36 : Graphe des analyses moyennes en TTP = f(analyses moyennes) en eau brute pour l'arsenic....69
Illustration 37 : Graphe des analyses moyennes en TTP = f(analyses moyennes) en eau brute pour le baryum 70
Illustration 38 : Graphe des analyses moyennes en TTP = f(analyses moyennes) en eau brute pour les nitrates 70
Illustration 39 : Graphe des analyses moyennes en TTP = f(analyses moyennes) en eau brute pour les conductivités à 25 °C 71
Illustration 40 : Exemple de corrélation entre eau brute et TTP pour les nitrates....72

Illustration 41 : Nombre d'analyses supplémentaires apportées par les données en TTP et UDI 73
Illustration 42 : Méthode de choix des points à problèmes « phytosanitaires » pour les eaux souterraines et indice de confiance 73
Illustration 43 : Synthèse des résultats et nature des points à problèmes « phytosanitaires » pour les eaux souterraines 74
Illustration 44 : Graphe des taux de quantification des principales molécules rencontrées dans les eaux souterraines entre 2003 et 2014 (données SISE'Eaux et ADES) 74
Illustration 45 : Cartes des résultats « qualité » des eaux souterraines pour les produits phytosanitaires 75
Illustration 46 : Exemple de graphique proposé par HYPE pour le calcul des tendances nitrates sur un point d'eau de la zone d'étude 76
Illustration 47 : Synthèse des analyses de tendance « nitrates » pour les eaux souterraines 77
Illustration 48 : Méthode de choix des points à problèmes « nitrates » pour les eaux souterraine et indice de confiance 77
Illustration 49 : Synthèse des résultats des analyses « nitrates » pour les eaux souterraines 78
Illustration 50 : Cartes des résultats « qualité » des eaux souterraines pour les nitrates 79
Illustration 51 : Boîtes à moustaches pour les éléments traces sur les eaux souterraines (toutes analyses confondues à gauche, uniquement sur les analyses quantifiées à droite) α = 1,5 – logiciel R (unités en µg/l excepté pour F en mg/l) 80
Illustration 52 : Synthèse des valeurs associées aux boîtes à moustache « éléments traces » dans les eaux souterraines pour les analyses totales (en haut), pour les seules analyses quantifiées (en bas) 80
Illustration 53 : Valeurs seuils (VS) pour les eaux souterraines- Eléments : Al, As, Ba, F, Zn 81
Illustration 54 : Critères discriminants pour la mise en évidence de zones hydrographiques anomales pour les éléments traces dans les eaux souterraines 81
Illustration 55 : Méthode de choix des points « à problème » pour les éléments traces dans les eaux souterraines 82
Illustration 56 : Indices de confiance des points « à problème » pour les éléments traces dans les eaux souterraines 82
Illustration 57 : Taux de quantification des éléments traces et indésirables dans les eaux souterraines 83
Illustration 58 : Cartes de l'état des eaux souterraines pour les éléments traces (Al, As, Ba, F) 84
Illustration 59 : Carte des Stations Qualité Rivières (STQ) et des bassins versants associés sur la zone d'étude 86
Illustration 60 : Analyses « douteuses » corrigées pour les eaux superficielles 87
Illustration 61 : Méthode de choix des points à problèmes phytosanitaires pour les eaux superficielles et indices de confiance associés 88
Illustration 62 : Synthèse des analyses d'eaux superficielles pour les phytosanitaires 89
Illustration 63 : Graphe des taux de quantification des principales molécules rencontrées dans les eaux superficielles 89
Illustration 64 : Cartes d'état des eaux superficielles pour les produits phytosanitaires 90
Illustration 65 : Exemple de sorties HYPE pour l'analyse de tendance nitrates pour les eaux superficielles sur un point d'eau de la zone d'étude 91
Illustration 66 : Carte d'état des eaux superficielles pour les nitrates 92
Illustration 67 : Synthèse des analyses de nitrates en eaux superficielles par bassin versant des STQ 92

Illustration 68 : Boîtes à moustaches pour les éléments traces sur les ESU (toutes analyses confondues à gauche, uniquement sur les analyses quantifiées à droite) α = 1,5 – logiciel R 93

Illustration 69 : Synthèse des valeurs associées aux boîtes à moustache « éléments traces » pour les eaux superficielles (haut : toutes analyses confondues, bas : seulement analyses quantifiées) 94

Illustration 70 : Valeurs seuils (VS) déterminés pour les éléments Al, As, Ba, F, Zn pour les eaux superficielles 94

Illustration 71 : Taux de quantifications par élément trace analysé pour les eaux superficielles 95

Illustration 72 : Définition des classes de vigilance pour les paramètres « nitrates » et « phytosanitaires » à l'échelle de la BD Lisa (Niveau 3) 98

Illustration 73 : Logigramme d'aide à la décision pour le choix des classes entités BD Lisa « vigilance nitrates » - réseau qualité socle....99

Illustration 74 : Carte des zones de vigilance « nitrates » pour les eaux souterraines 100

Illustration 75 : Logigramme d'aide à la décision pour le choix des classes entités BDLisa « vigilance phytosanitaires » - réseau qualité socle 101

Illustration 76 : Carte des zones de vigilance « phytosanitaires » pour les eaux souterraines 102

Illustration 77 : Tableau d'aide à la décision pour mutualiser le choix des points du réseau 103

Illustration 78 : Localisation du réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines vis-à-vis des pollutions diffuses 105

Liste des annexes (volume séparé)

Annexe 1 : Cultures renseignées dans le RPG 2013 sur la zone d'étude et classes définies dans le cadre de COQAS.

Annexe 2 : Détection de valeurs anomaliques d'éléments traces métalliques dans les sols à l'aide du RMSQ 2008, (Villeneau *et al.*).

Annexe 3 : Cartes par éléments de l'inventaire géochimique des sols sur la zone d'étude.

Annexe 4 : Fréquences de prélèvements d'échantillons d'eau et d'analyses prélevées à la ressource et aux points de mise en distribution.

Annexe 5 : Normes de référence utilisées dans COQAS.

Annexe 6 : Valeurs seuils de qualification des analyses éléments traces et indésirables.

Annexe 7 : Analyse comparative des résultats d'analyses SISE-Eaux sur eau brute et sur TTP ou UDI sur eau traitée pour les nitrates et conductivité.

Annexe 8 : Cartes de l'état des eaux souterraines pour les éléments traces et indésirables (camemberts).

Annexe 9 : Cartes de l'état des eaux superficielles pour les éléments traces et indésirables (camemberts).

Annexe 10 : Fiches signalétiques des points du réseau qualité des eaux souterraines vis-à-vis des pollutions diffuses (proposés dans le cadre du programme COQAS**)**.

1. Introduction

Dans le bassin Adour-Garonne, les formations de socle occupent près de 18 % du territoire (hors Massif des Pyrénées) et sont principalement présentes dans sa partie nord et nord-est correspondant au Massif Central. Jusque vers la fin des années 1990, l'eau souterraine des régions de socle était considérée comme contenue dans des aquifères discontinus, isolés les uns des autres, et associés à des couloirs de fracturation plus ou moins verticaux hérités de l'histoire tectonique de la région. Ces aquifères, considérés comme très peu productifs, ne constituaient pas un fort enjeu. Ainsi, avant 2016, le domaine de socle était fortement dépourvu de données exploitables, notamment de réseaux de suivi, pour répondre à une gestion efficace des eaux souterraines tant sur le plan quantitatif que qualitatif.

La multitude de petites sources captées pour les besoins en eau potable, et répondant à un enjeu local, voit progressivement la qualité de leurs eaux se dégrader en raison de la pression anthropique liée aux activités agricoles, industrielles, minières, et à la croissance démographique. Cette qualité dépend également du fond géochimique naturel des eaux étroitement lié aux processus complexes de libération des éléments traces en relation avec l'altération des formations de socle.

Les travaux de recherche développés par le BRGM depuis les années 90 sur les propriétés physiques des profils d'altération ont abouti à la révision du concept d'aquifère de socle en proposant un nouveau modèle : aquifère multicouche constitué d'altérites meubles et d'un horizon fissuré lié à l'altération de certains minéraux des formations de socle (principalement les biotites). Cet aquifère composite est stratiforme, avec la présence d'une nappe plus ou moins continue. Plusieurs zones géographiques en domaine de socle sur le bassin Adour-Garonne ont fait l'objet d'études spécifiques visant à établir des cartes de potentialités aquifères de ces formations.

Il est maintenant nécessaire de poursuivre le développement de la connaissance de ces aquifères complexes dont la structure et le fonctionnement particuliers jouent un rôle prépondérant dans la qualité des ressources en eau qu'ils contiennent, qu'il s'agisse des mécanismes de transfert des polluants anthropiques du sol vers (ou au sein de) la nappe, ou des contaminations géogéniques propre à ces formations (fond géochimique naturel des eaux). L'amélioration des connaissances pour la surveillance qualitative des aquifères de socle, et la mise en place d'un réseau de suivi qualitatif spécifique aux formations de socle constitue une des missions du BRGM qui s'inscrit dans le cadre du contrat d'objectifs État-BRGM 2013-2017.

Cette mission contribue à la mise en œuvre du volet « eaux souterraines » de la directive-cadre européenne sur l'eau (DCE) qui impose depuis 2007 à l'Agence de l'Eau Adour-Garonne la mise en place sur son territoire d'un réseau de surveillance qualitatif des masses d'eaux souterraines. Plus particulièrement, l'Agence de l'Eau est confrontée à la problématique de représentativité des stations de mesure en domaine de socle, dans un contexte où la pression en nitrates, mais aussi en produits phytosanitaires, est mesurée en forte augmentation ces dernières années. Cette hausse des teneurs est confirmée par l'Agence Régionale de la Santé dans les nombreux captages d'eau potable présents sur ces territoires.

Le présent programme s'inscrit dans une démarche d'amélioration des connaissances des aquifères de socle pour permettre une surveillance adaptée de la qualité de leurs eaux souterraines à l'échelle du bassin Adour-Garonne. Cette conjonction d'intérêts entre le BRGM et l'Agence de l'Eau Adour-Garonne incite à sa mise en œuvre commune. Il est scindé en 2 phases :

- Phase 1 (2015-2017) : Étude préalable pour la mise en place d'un réseau de surveillance « qualité » ;
- Phase 2 (2017-2019) : Compréhension des mécanismes de transfert de contaminants : nitrates, produits phytosanitaires, éléments traces, dans les formations de socle vers les eaux souterraines.

Le présent rapport concerne les résultats obtenus dans le cadre de la phase 1 du programme COQAS.

2. Objectifs

2.1. OBJECTIFS GÉNÉRAUX DU PROGRAMME

Les principaux objectifs du programme COQAS (phases 1 et 2) sont les suivants :

- établir un état des lieux exhaustif de la qualité des eaux souterraines à partir des données existantes ;
- diagnostiquer l'ensemble des résultats d'analyses et les confronter à la carte des grands ensembles aquifères du domaine de socle à partir des travaux déjà réalisés ;
- confronter les zones anomales issues de l'état des lieux chimique aux pressions ponctuelles exercées, à la pression de pollution diffuse existante, et aux résultats de l'inventaire minier ;
- améliorer la compréhension des processus de libération des éléments traces dans les eaux souterraines liés à la structure et au fonctionnement particulier des aquifères composites de socle ;
- consolider les réseaux « qualité » DCE eaux superficielles et souterraines par l'étude des relations nappes/rivières sur le domaine de socle ;
- optimiser le réseau de surveillance existant de la qualité des eaux souterraines des aquifères de socle sur le bassin Adour-Garonne ;
- améliorer la connaissance scientifique sur le fonctionnement hydrogéologique des aquifères de socle, aussi bien sur les aspects quantitatifs que qualitatifs.

2.2. PHASAGE DU PROGRAMME ET OBJECTIFS DE LA PHASE 1

Le projet est organisé en deux phases principales, respectivement de 16 mois (phase 1) et 24 mois (phase 2), sur une durée totale de 40 mois. L'organigramme du programme COQAS est présenté en Illustration 1.

Phase 1 (objet du présent rapport) **: *« État des lieux chimique de la qualité des eaux souterraines des formations de socle sur le bassin Adour-Garonne, et mise en place d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines »***.

Cette première phase consiste à récupérer, diagnostiquer, et faire un bilan de toutes les données d'analyses existantes sur les eaux souterraines, les confronter aux différentes pressions exercées et aux résultats de l'inventaire minier, en s'appuyant sur une capitalisation des travaux dans le domaine de socle et l'harmonisation d'une carte d'altérabilité à partir des études déjà réalisées sur le bassin Adour-Garonne.

Cette phase a pour principal objectif de définir un réseau de surveillance « qualité » sur les formations du socle à l'échelle du bassin et de donner des pistes de réflexion pour l'élaboration du programme de recherche appliquée en phase 2. Elle comprend en particulier les tâches suivantes :

- élaboration d'un état des lieux de la qualité des eaux souterraines à partir des données existantes, en proposant également une approche innovante s'appuyant sur des données issues des stations de traitement et de distribution des eaux destinées à la consommation humaine ;
- caractérisation de la pression polluante exercée sur la zone d'étude et confrontation avec les résultats de l'état des lieux chimique ;

- harmonisation de l'altérabilité des formations de socle (hors Massif des Pyrénées) sur l'ensemble du bassin Adour-Garonne à partir des études déjà réalisées (POTAMAC ex-Midi-Pyrénées5, SILURES6 ex-Limousin), en s'appuyant sur les cartes géologiques harmonisées existantes en ce qui concerne les secteurs n'ayant pas fait l'objet d'une étude spécifique. Cette tâche sera poursuivie et finalisée dans le cadre de la phase 2 par des contrôles de terrain ;
- diagnostic préliminaire de l'état qualitatif des rivières afin de proposer des pistes d'actions qui seront menées dans le cadre de la phase 2, notamment vis-à-vis des échanges nappes/rivières sur le plan qualitatif ;
- définition d'un réseau de surveillance exploratoire de la qualité des eaux souterraines avec recherche de points sur le terrain et élaboration de fiches signalétiques. Ce réseau doit permettre à l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, dès 2016, la réalisation de campagnes de prélèvements et d'analyses. Ce réseau de surveillance exploratoire proposé en phase 1 sera consolidé à l'issue des travaux de la phase 2 ;
- proposition de pistes d'actions pour la mise en œuvre du programme de phase 2.

Phase 2 (non concernée par le présent rapport) : ***« Amélioration des connaissances des formations de socle sur le bassin Adour-Garonne pour une surveillance consolidée de la qualité des eaux souterraines ».***

Cette seconde phase consistera à mieux comprendre les processus de libération des éléments traces liés aux formations de socle, de définir des concentrations de référence du fond géochimique naturel des eaux afin d'apporter un argumentaire nécessaire au programme de surveillance de la qualité des eaux souterraines. Cet objectif impliquera de mener des travaux sur plusieurs sites expérimentaux représentatifs des différentes problématiques liées à la qualité des eaux et au fonctionnement particulier des aquifères de socle (influence de la recharge, du caractère composite des aquifères et de leur degré d'altérabilité, des conditions d'oxydoréduction, des relations nappes/rivières, etc.). Ces sites nécessiteront des investigations et un monitoring complet des bassins sélectionnés en s'appuyant sur des outils technologiques et des méthodologies innovantes (outils isotopiques, instrumentations en forage, mécanismes de transfert de pollutions, etc.). Il permettra *in fine* de consolider le réseau de surveillance qualitative à partir des résultats obtenus pour assurer une gestion cohérente et pérenne des ressources en eaux sur le domaine de socle (souterraines et superficielles) à l'échelle du bassin Adour-Garonne.

[5] Diagnostic des POTentialités Aquifères des formations de socle du secteur Massif Central

[6] Système d'Information pour la Localisation et l'Utilisation des Ressources en Eaux Souterraines

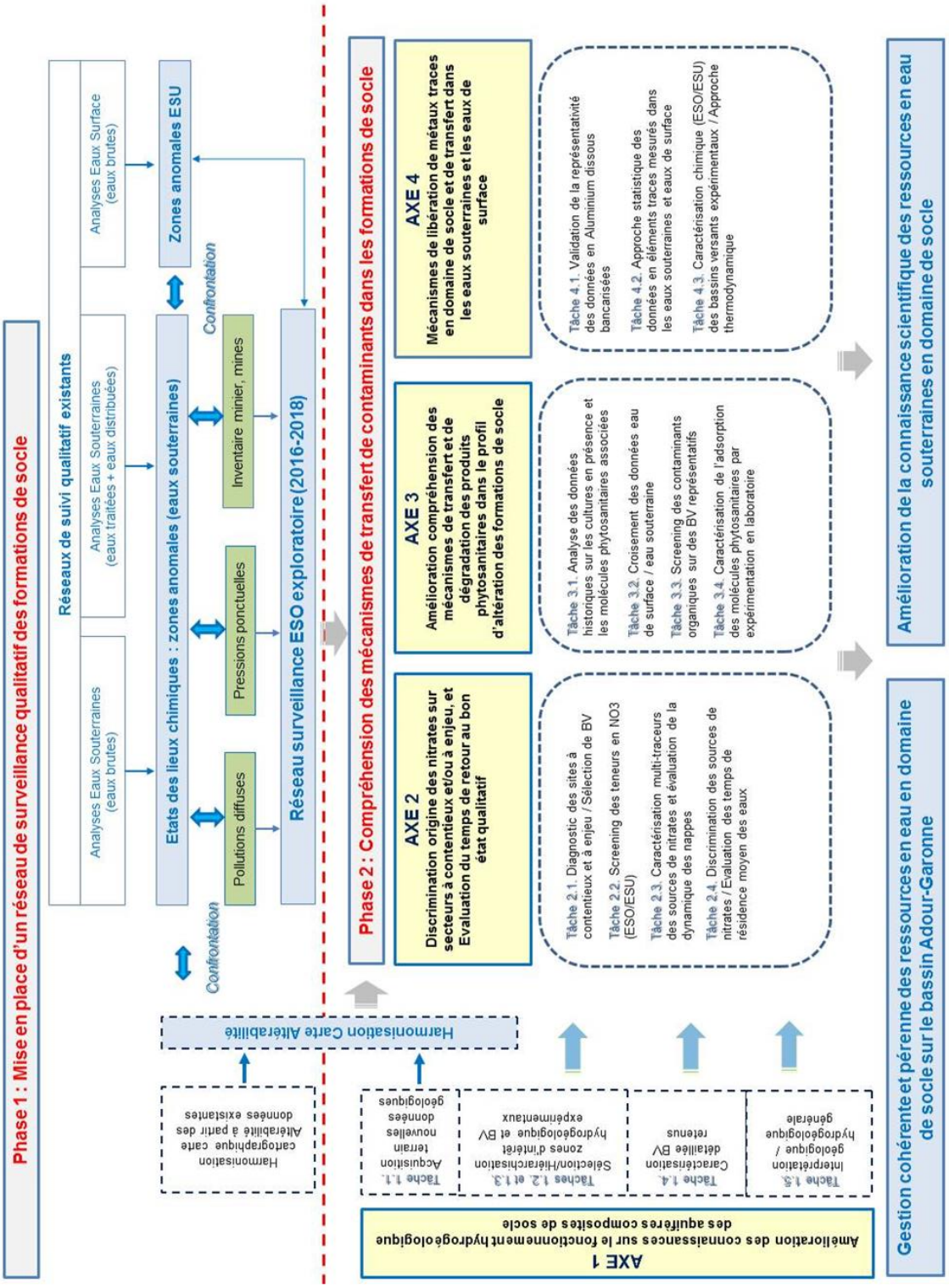


Illustration1 : Organigramme du programme COQAS.

3. Présentation de la zone d'étude et des points d'eau existants

3.1. EMPRISE GÉOGRAPHIQUE

Le secteur d'étude est limité aux formations de socle - au sens de la DCE - du Massif central situées dans le bassin Adour-Garonne. Cette emprise représente une superficie d'environ 20 900 km^2 (Illustration 2).

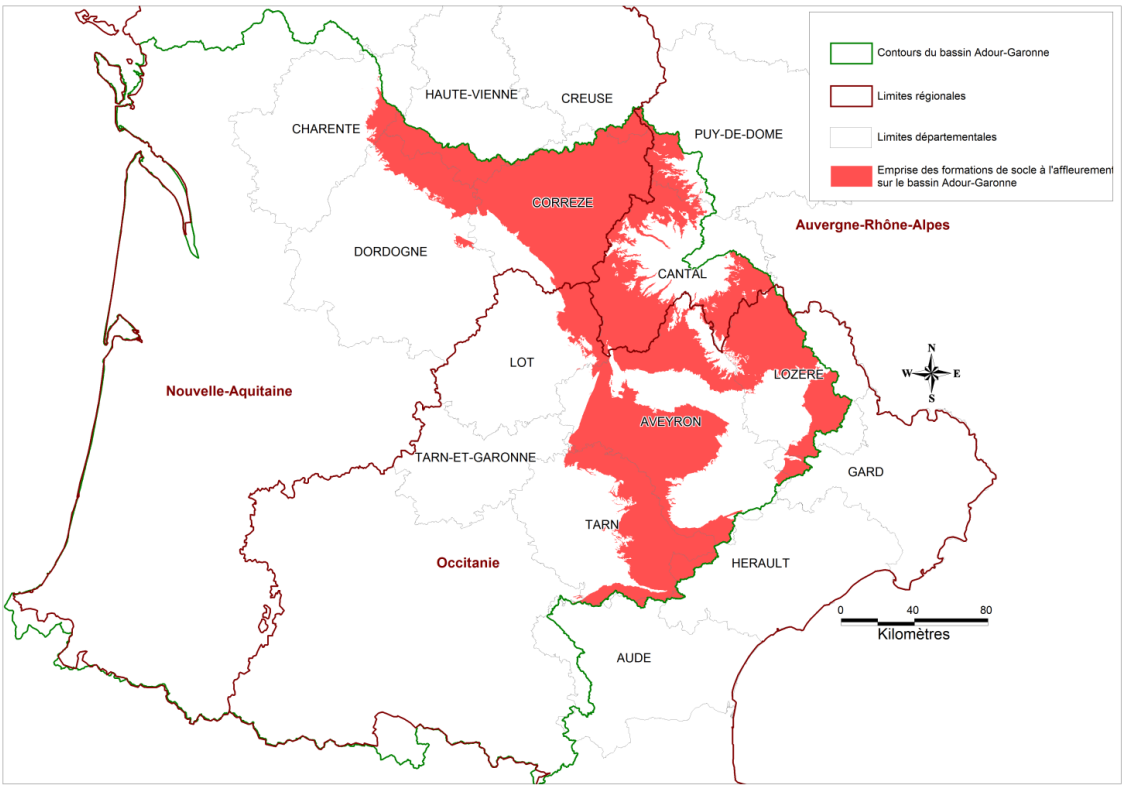


Illustration 2 : Emprise géographique de la zone d'étude sur le bassin Adour-Garonne.

Elle s'étend sur 14 départements : l'Aude (11), l'Aveyron (12), le Cantal (15), la Charente (16), la Corrèze (19), la Creuse (23), la Dordogne (24), le Gard (30), l'Hérault (34), le Lot (46), la Lozère (48), le Puy-de-Dôme (63), le Tarn (81) et la Haute-Vienne (87), et sur 3 régions : Nouvelle Aquitaine, Occitanie, Auvergne-Rhône-Alpes (5 ex-régions : Aquitaine, Auvergne, Languedoc-Roussillon, Limousin, et Midi-Pyrénées).

3.2. ENTITÉS CONCERNÉES DU RÉFÉRENTIEL BD LISA

La zone d'étude correspond à la partie affleurante des entités de socle de la BD Lisa niveau 2 (découpage à l'échelle régionale). Ceci correspond à un sous découpage de 115 entités BD Lisa de niveau 3 (découpage à l'échelle locale à 1/50 000) (Illustration 3). Quelques-unes présentent une partie sous couverture principalement au niveau des massifs volcaniques du Sancy-Mont-Dore, du Cézallier, des monts du Cantal et de l'Aubrac, dans une moindre mesure en bordure des Grands-Causses et dans le Tarn (brèches et conglomérats de la Grésigne, hautes terrasses).

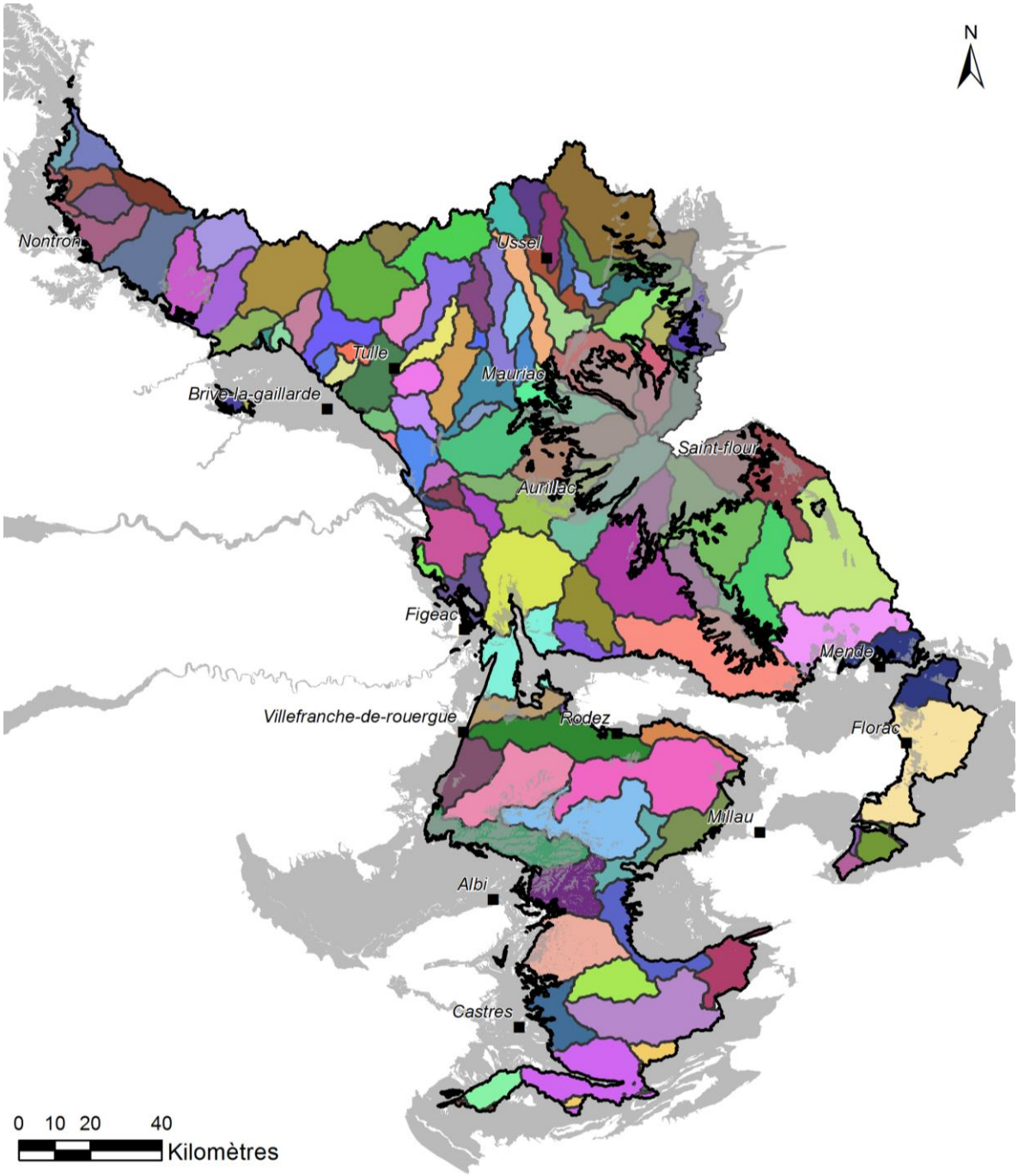


Illustration 3 : Carte des entités BD Lisa niveau 3 sur la zone d'étude (en couleur), zones de recouvrement (en gris clair).

3.3. MASSES D'EAU SOUTERRAINE DE TYPE SOCLE

La zone d'étude recoupe actuellement 8 masses d'eau souterraine (MESO) affleurantes. Elles ont été définies en 2004 sur la base des connaissances du moment en s'appuyant sur le référentiel BD RHF V1 (Version 1 du Référentiel Hydrogéologique Français). Elles sont présentées dans le tableau de l'Illustration 4 et localisées sur la carte de l'Illustration 5.

Code MESO actuel	Dénomination
FRFG001	Socle BV Haute-Charente secteur hydro r0
FRFG002	Socle BV Haut Bandiat et Tardoire secteur hydro r1
FRFG004	Socle BV Isle-Dronne secteurs hydro p6-p7
FRFG005	Socle BV Vézère secteurs hydro p3-p4
FRFG006	Socle BV Dordogne secteurs hydro p0-p1-p2
FRFG007	Socle BV Lot secteurs hydro o7-o8
FRFG008	Socle BV Aveyron secteur hydro o5
FRFG009	Socle BV Tarn secteurs hydro o3-o4

Illustration 4 : Tableau des masses d'eau souterraine affleurantes de la zone d'étude.

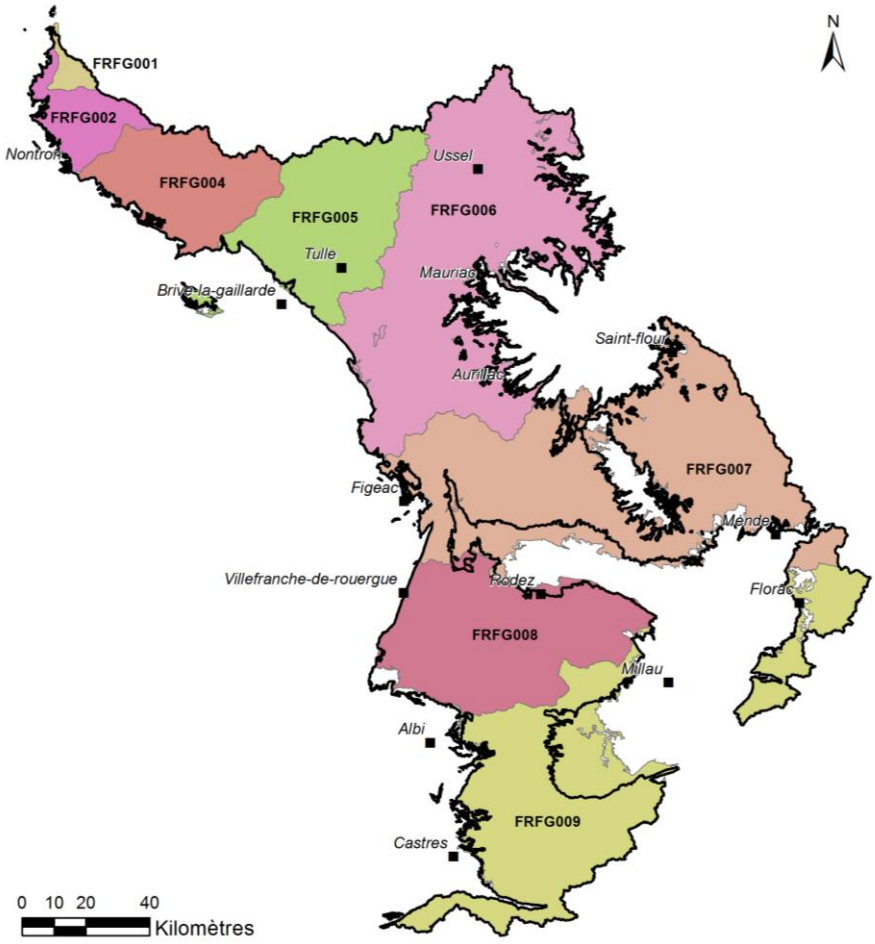


Illustration 5 : Carte des masses d'eau souterraine affleurantes de la zone d'étude (limite en noir).

Ces masses d'eau souterraines font actuellement l'objet d'une révision par le Secrétariat Technique de Bassin dans le cadre du cycle de gestion 2022-2027 en corrigeant leurs limites sur la base du nouveau référentiel des eaux souterraines BD LISA, et en redécoupant si nécessaire certaines d'entre elles. La version définitive des masses d'eau souterraine est actuellement consolidée à partir d'une série de consultations locales des acteurs techniques et sera arrêtée d'ici fin 2017 pour être utilisée dans le cadre de l'état des lieux en 2018.

La dernière actualisation de l'état des masses d'eau du bassin Adour-Garonne a été réalisée en 2013 sachant que les données utilisées pour évaluer l'état chimique des eaux souterraines ont été extraites des chroniques « qualité » 2007-2010 et proviennent de l'ensemble des réseaux de surveillance bancarisés dans ADES (banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines : http://www.ades.eaufrance.fr/). Il apparaît ainsi que 4 des 8 masses d'eau de la zone d'étude sont en mauvais état. La présence de nitrates et de produits phytosanitaires est la principale cause de déclassement de l'état chimique des masses d'eau souterraine (Illustration 6).

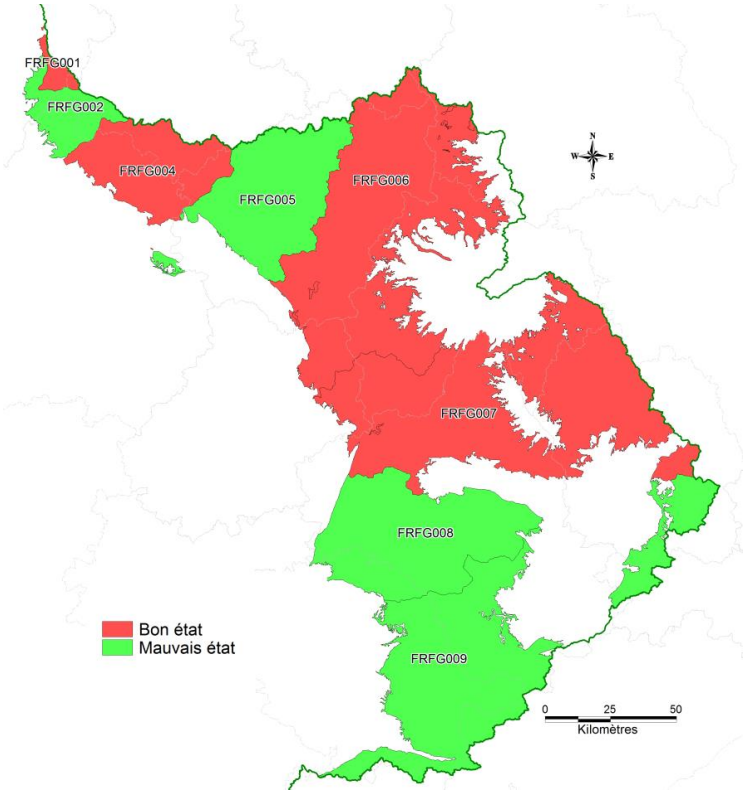


Illustration 6 : État chimique des masses d'eau souterraine de la zone d'étude (données de l'état des lieux AEAG 2013).

3.4. RÉSEAUX DE SUIVI DE LA QUALITÉ DES EAUX

3.4.1. Surveillance qualitative des eaux souterraines

La qualité des eaux des aquifères de socle du secteur Massif central est surveillée à travers différents réseaux de connaissance (DREAL, BRGM et Agence de l'Eau Adour-Garonne), d'usage (ARS) et d'impact (Nitrates) recensés sur la zone d'étude. Au total, 4 réseaux aux finalités distinctes sont dénombrés dans le secteur (Illustration 7). Ils concernent environ 2 230 points de suivi correspondant à différentes natures de points d'eau (forages, puits, piézomètres, drains, sources, affleurements d'eau).

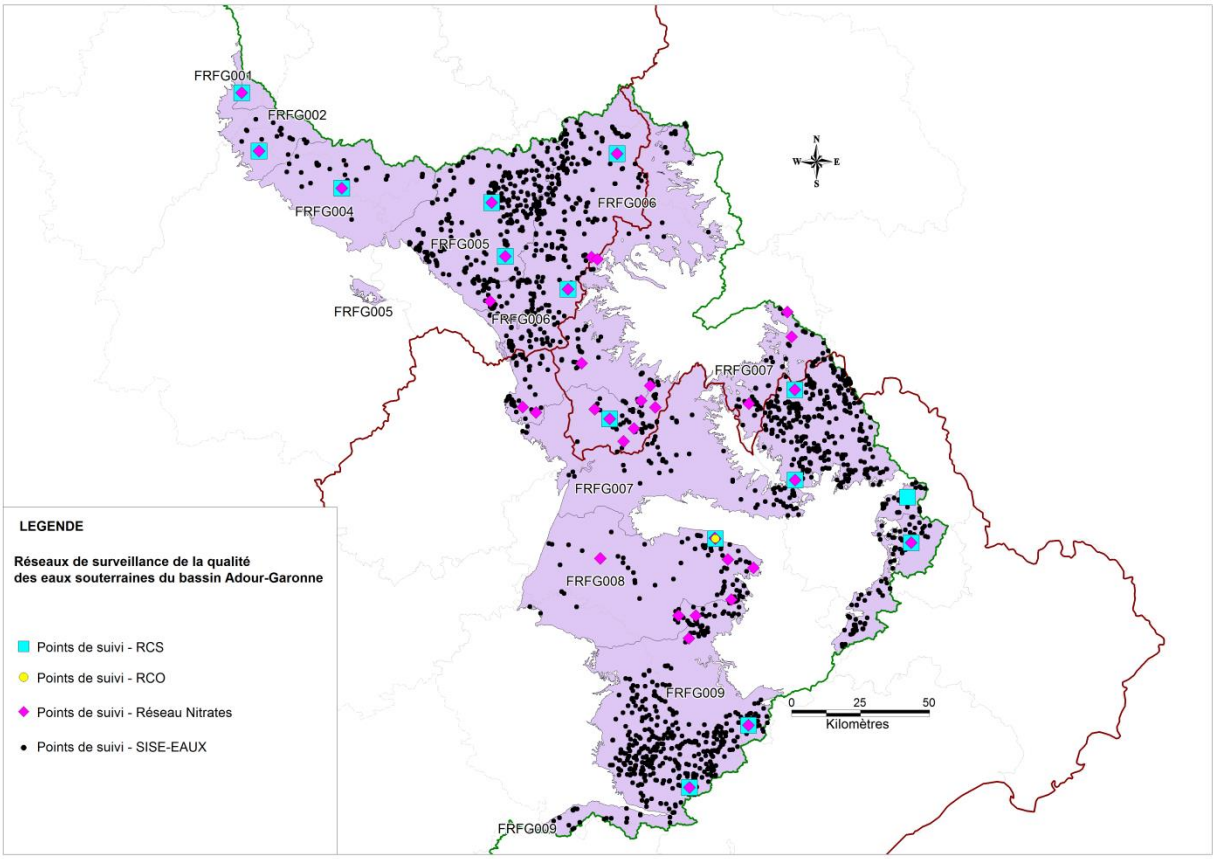


Illustration 7 : Localisation des points de surveillance de la qualité des eaux souterraines sur la zone d'étude.

Les réseaux sont listés ci-dessous.

Réseaux relatifs à la directive européenne 2000/60/CE (DCE) établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau impose de mettre en place :

- un réseau de contrôle de surveillance (RCS) permettant de caractériser l'état des milieux aquatiques et d'identifier les causes de leur dégradation afin d'orienter les actions à mettre en œuvre pour atteindre le bon état en 2021, voire 2027 ;
- un réseau de contrôle opérationnel (RCO) s'appliquant aux masses d'eau pour lesquelles un risque de non atteinte du bon état a été identifié. Il a pour principal objectif de suivre la tendance d'évolution des paramètres responsables de ce risque, sachant que les contrôles cessent lorsque la masse d'eau est revenue au bon état ou au bon potentiel.

Dans le bassin Adour-Garonne, le réseau de contrôle de surveillance de la qualité des eaux souterraines est complété localement par des réseaux complémentaires départementaux destinés d'une part, à confirmer les analyses du réseau DCE et d'autre part, à répondre aux problématiques de gestion départementale des ressources en eau.

Dans le secteur d'étude des formations de socle du bassin Adour-Garonne, le réseau de contrôle de surveillance de la qualité des eaux souterraines est constitué de 15 stations (puits, forages ou sources) appartenant à différents réseaux et destinés à suivre la qualité des masses d'eau souterraines délimitées sur la zone :

- réseau de suivi qualitatif des eaux souterraines de l'Agence Adour-Garonne (sans MO) – RBESOUAEAG.

Ce réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines sur le bassin Adour-Garonne concerne les stations de mesures dépourvues de maîtres d'ouvrages locaux (collectivité). L'Agence de l'Eau Adour-Garonne assure ainsi la maîtrise d'ouvrage avec pour objectif la connaissance de la qualité des eaux souterraines et de leurs évolutions en termes de ressources dans le cadre de la DCE. Sur la zone d'étude, ce réseau est complété par 4 points de contrôle.

- réseau de suivi qualitatif des eaux souterraines du Parc des Grands Causses - RLESOUQGC pour 1 point de suivi ;
- réseau départemental de suivi qualitatif des eaux souterraines de la Dordogne - RDESOUQ24 pour 2 points de suivi également intégrés au réseau de suivi qualitatif de l'AEAG (sans MO) ;
- réseau de suivi qualitatif des eaux souterraines de l'ex-région Poitou-Charentes - RRESOUQPOC pour 1 point de suivi.

Réseau national de suivi au titre du contrôle sanitaire sur les eaux brutes *utilisées pour la production d'eau potable - RNSISEAU*

Dans le cadre de la surveillance sanitaire réalisée par le Ministère de la Santé, les ARS contrôlent la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Le réseau est ainsi alimenté par des données qualitatives extraites de la base de données SISE-EAUX (Système d'Information mis en place par les services du Ministère chargé de la Santé). Ce réseau présente l'avantage d'offrir une densité de points importante. Les paramètres à analyser et la fréquence d'échantillonnage sont fixés par décret (normes de qualité des eaux brutes / décrets n° 61-987, n° 89-3 et n° 2001-1220). Ils varient en fonction du nombre d'habitants desservis et du débit journalier d'exploitation. De ce fait, ce réseau reflète partiellement la qualité de la ressource en raison des fréquences d'analyses variables, de l'absence d'homogénéisation dans la répartition des points et parfois de l'arrêt des suivis dans les zones identifiées comme polluées.

Réseau national de suivi de la directive Nitrates pour les eaux souterraines – *RNESOUNO3*

Ce réseau issu de la directive européenne 91/676/CEE, dite directive Nitrates, dont la finalité concerne la réduction de la pollution des eaux souterraines et superficielles par les nitrates d'origine agricole, est actuellement en cours de révision à l'échelle du bassin Adour-Garonne. Au niveau de la zone d'étude, 37 ouvrages avaient été sélectionnés pour être intégrés à ce réseau.

3.4.2. Surveillance qualitative des eaux superficielles

La qualité des eaux superficielles est surveillée sur l'ensemble des stations de mesures en rivières situées en domaine de socle. L'Illustration 8 présente l'ensemble des points de mesure de la qualité des eaux de rivière, tout réseau confondu (RCS, RCO, RCB [Réseau Complémentaire de Bassin], autres stations).

595 points de mesures (dont 4 stations DCE) sont répertoriés sur la zone d'étude pour des bassins versants appartenant en totalité ou en partie au domaine de socle.

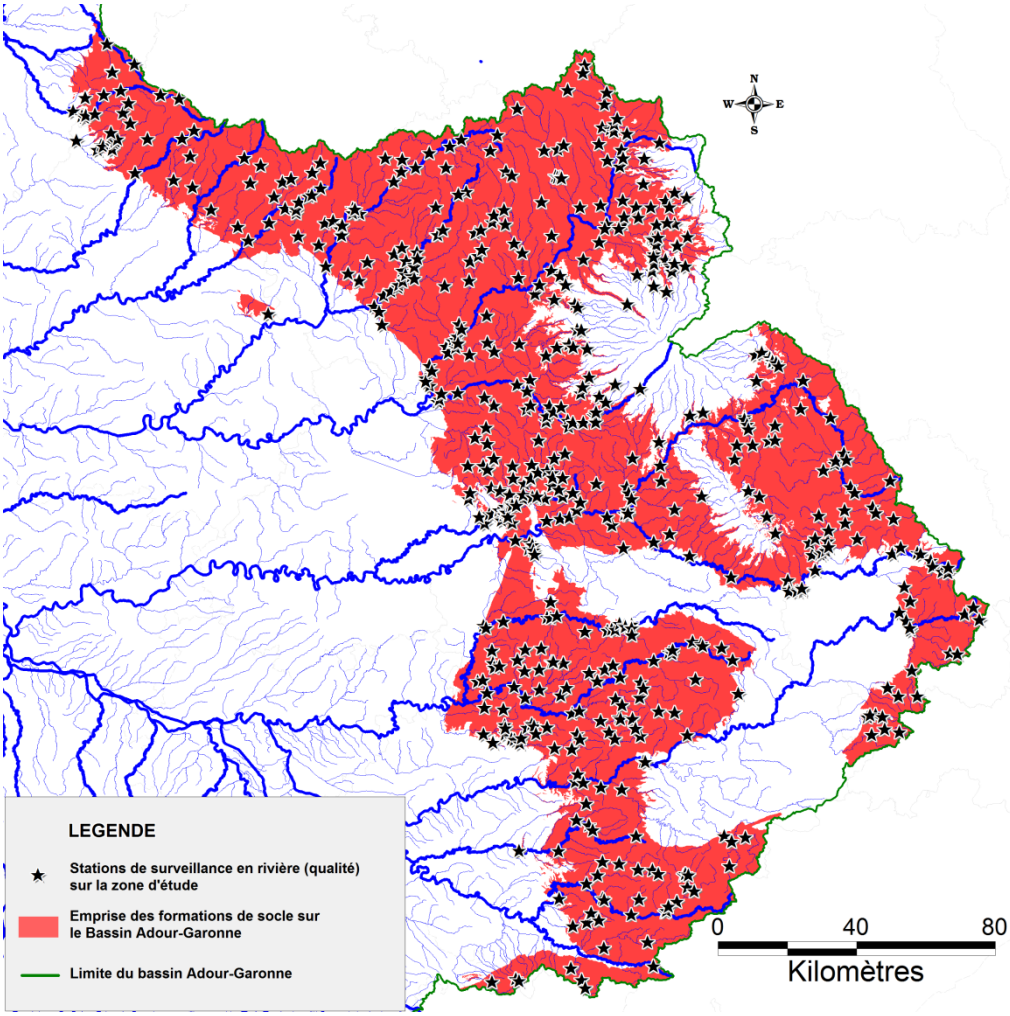


Illustration 8 : Stations de mesures « qualité » en rivière (tout réseau confondu) sur la zone d'étude (points de surveillance extrait du Système d'Information sur l'Eau du bassin Adour-Garonne).

3.5. BANQUE DE DONNÉES DU SOUS-SOL (BSS)

La Banque de données du Sous-Sol (BSS) est gérée par le BRGM comme base de données nationale des ouvrages souterrains déclarés sur le territoire français (au titre du Code minier).

À partir d'une extraction de la BSS, 11 502 points de reconnaissance sont inventoriés sur la zone d'étude dont 5 048 ouvrages déclarés comme point d'eau. L'ensemble de ces points est localisé sur l'Illustration 9.

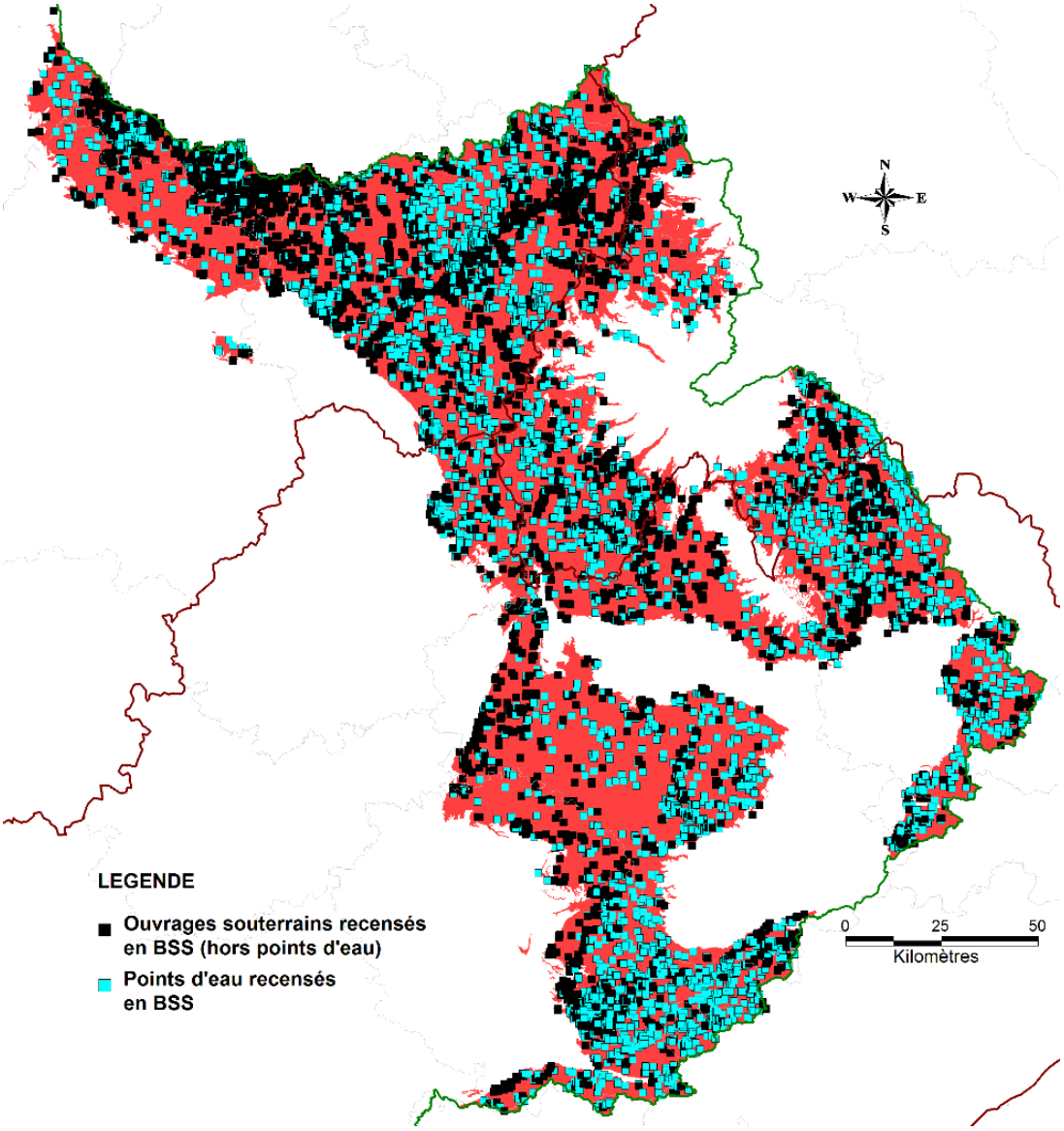


Illustration 9 : Localisation des points recensés en BSS sur la zone d'étude.

4. Harmonisation de la carte d'altérabilité des formations de socle sur le bassin Adour-Garonne

La carte d'altérabilité des formations du socle harmonisées sur l'ensemble du bassin Adour-Garonne est un préalable essentiel pour permettre une confrontation cohérente à l'échelle du bassin entre la faculté des formations à libérer des éléments traces et les zones « anomales » établies dans le cadre de l'état des lieux chimique de 2013. Les autres paramètres du type nature lithologique, préservation du profil d'altération, tectonique, voire potentiel aquifère lorsque disponible, sont également essentiels pour estimer leur influence sur l'état qualitatif des nappes. C'est à partir de ces constats que les axes de travail du programme COQAS phase 2 pourront être élaborés dans un objectif d'amélioration des connaissances et de consolidation des programmes de surveillance qui auront été mis en place. Dans le cadre de la phase 1, les travaux ont consisté à établir une carte d'altérabilité harmonisée des formations de socle sur l'ensemble du bassin Adour-Garonne à partir des données bibliographiques existantes.

4.1. DONNÉES DISPONIBLES

4.1.1. Programmes d'études de référence

Plusieurs travaux visant à améliorer la connaissance des formations de socle suivant des méthodologies et concepts développés par le BRGM dans les années 1990-2000 ont été réalisés sur le bassin Adour-Garonne, notamment ceux visant à déterminer leur potentiel aquifère. Il s'agit principalement de :

- POTAMAC, rapport *BRGM/RP-58808-FR, 2010* : Potentialités aquifères des formations de socle en ex-région Midi-Pyrénées sur le secteur « Massif central » ;
- SILURES Limousin, rapport *BRGM/RP-57901-FR, 2009* : Système d'Information pour la Localisation et l'Utilisation des Ressources en Eaux Souterraines en ex-région Limousin ;
- Hydrogéologie des aquifères discontinus sur les granites de la Margeride en Lozère, rapport *BRGM/RP-51318-FR, 2001 ;*
- ERESSAR, rapport *BRGM/RP-64075-FR, 2015* : Estimation des ressources en eaux souterraines renouvelables et évaluation de la sensibilité à la sécheresse des aquifères en ex-région Midi-Pyrénées.

Plusieurs cartes de synthèse ont ainsi été réalisées dans ce cadre avec un niveau de connaissance contrasté (bas concernant particulièrement la Lozère), et une classification propre à chaque étude :

- carte de l'altérabilité des formations de socle ;
- carte des paléo-surfaces d'altération ;
- carte du potentiel aquifère.

4.1.2. Coupures géologiques à 1/50 000

Plusieurs secteurs n'ont fait l'objet d'aucune carte de synthèse des aquifères de socle mais disposent de données d'études ponctuelles. Il s'agit principalement du département du Cantal, de la Dordogne, et pour une moindre part des départements des Charentes et de l'Aude. Dans le cadre de la phase 1, l'élaboration de la carte d'altérabilité des formations de socle sur ces

secteurs s'appuie essentiellement sur une approche bibliographique et les coupures géologiques à 1/50 000 concernées, selon le même concept que celui utilisé dans le cadre des programmes POTAMAC et SILURES Limousin. La carte harmonisée fera l'objet de contrôles de terrain dans le cadre de la phase 2 pour consolidation.

La zone d'étude concerne partiellement ou totalement 75 coupures géologiques du BRGM à 1/50 000 (Illustration 10). 52 d'entre elles ont déjà fait l'objet (totalement ou partiellement) d'un programme d'étude selon les nouveaux concepts de socle dans le cadre des programme SILURES Limousin et POTAMAC. Les secteurs n'ayant pas fait l'objet d'étude spécifique représentent une vingtaine de coupures géologiques à 1/50 000, le domaine de socle étant représenté parfois partiellement sur chacune de ces coupures.

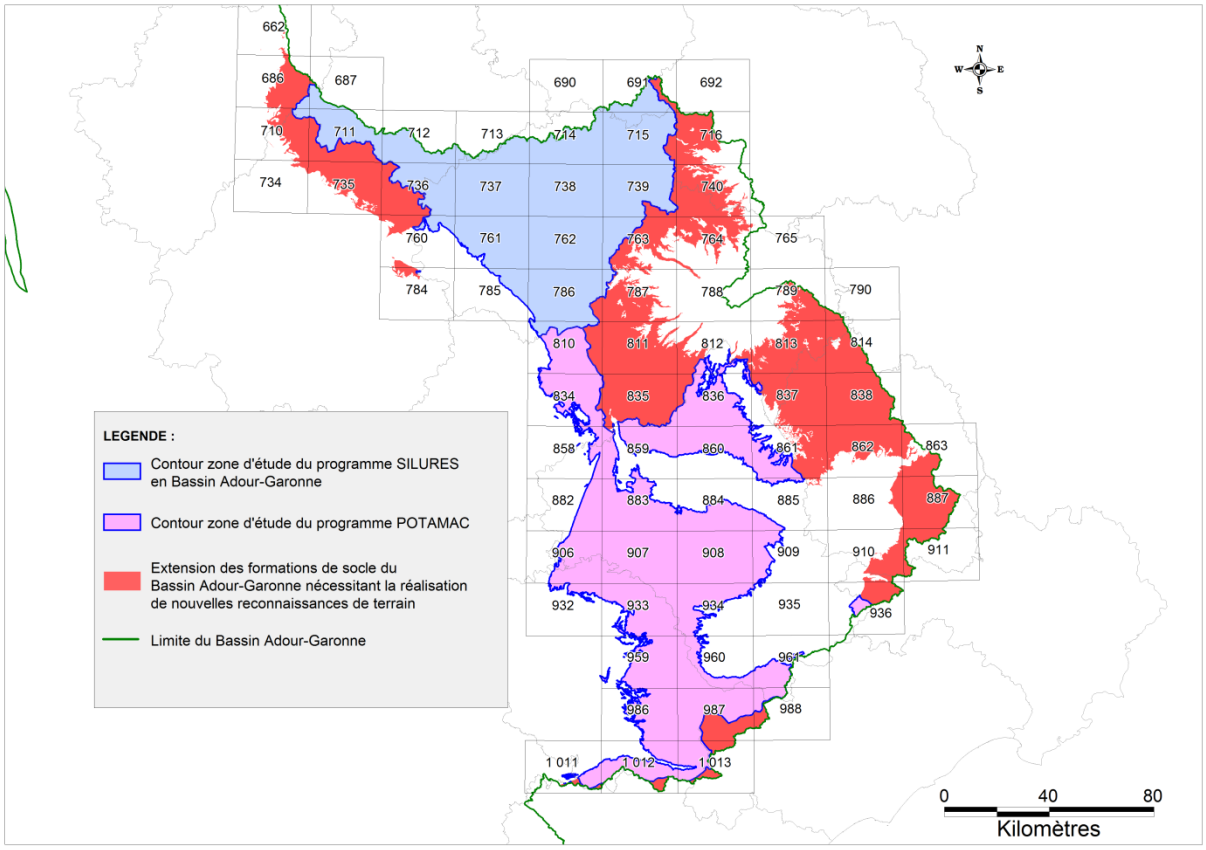


Illustration 10 : Localisation des secteurs ayant fait l'objet d'une étude spécifique de référence « socle » sur le bassin Adour-Garonne.

4.2. ÉLABORATION DE LA CARTE D'ALTÉRABILITÉ HARMONISÉE SUR LE BASSIN ADOUR-GARONNE

Les potentialités aquifères théoriques d'une formation géologique dépendent essentiellement de la présence et de la préservation d'un profil d'altération (altérites et horizon fissuré). Cette présence est liée à l'abondance et la taille des minéraux gonflants dans la roche mère (ex : biotites), mais aussi de l'orientation de ces minéraux. La carte d'altérabilité harmonisée sur le bassin Adour-Garonne a été établie à partir des données disponibles (cf. § 4.1.1 et 4.1.2).

Concernant les secteurs « POTAMAC » et « SILURES », qui ont fait l'objet d'une étude spécifique avec la réalisation de campagnes de terrain, une harmonisation cartographique a été effectuée à partir de la codification existante de l'altérabilité de chaque formation

géologique. Les données trop anciennes (2001) sur le département de la Lozère n'ont pas permis cette harmonisation cartographique.

L'échelle de favorabilité des formations à développer un potentiel aquifère d'altération qui avait été retenue est présentée sur l'Illustration 11 :

Altérabilité	Légende
0	Formation non concernée par la classification (formations sédimentaires, formations superficielles, coulées volcaniques)
1	Défavorable (roches hypovolcaniques acides, microgranites, quartzites, roches sans micas, leptynites)
2	Peu favorable (amphibolites, leucogranites à muscovite seule, granites à grain fin)
3	Favorable (granites à 2 micas, schistes, gneiss leucocrates)
4	Très favorable (granites à biotite, micaschistes et gneiss à biotite)
5	Extrêmement favorable (diorites, granodiorites)
6	Formation carbonatée paléozoïque (hors socle)

Illustration 11 : Codage de l'altérabilité des formations géologiques.

Concernant les secteurs n'ayant pas fait l'objet d'une étude spécifique, la codification a été établie à partir des seules Informations issues des notices des cartes géologiques, sans reconnaissance de terrain. Afin d'identifier les formations susceptibles de présenter une porosité de fracture issue de processus d'altération, un traitement des données pétrographiques a été réalisée à partir des notices des cartes géologiques concernant ces secteurs sur la zone d'étude.

Chaque polygone des cartes vectorisées a été codé selon l'échelle de favorabilité utilisée dans le cadre des études POTAMAC et SILURES.

Les formations sédimentaires telles que les alluvions, formations superficielles et bassins sédimentaires, ont été codées 0, et donc n'apparaissent pas sur la cartographie harmonisée ; leur fonctionnement hydrogéologique étant différent de celui des aquifères de socle. Toutefois, ces formations géologiques affleurantes recouvrent des zones de socle pouvant avoir une potentialité aquifère intéressante. Ces entités sédimentaires, souvent de faibles superficies, devront faire l'objet d'une reconnaissance particulière, et seront intégrées aux campagnes de terrain de contrôle qui seront effectuées dans le cadre de la phase 2 de COQAS. Les filons ont également été codés 0 en raison de leur faible superficie. Généralement peu épais, ils sont le plus souvent soumis aux contraintes du socle encaissant (développement d'une fissuration horizontale dans les granites, parallèle aux épontes dans les roches foliées).

Les formations carbonatées d'âge anté-permien désignées comme « formation karstique d'âge anté-permien » ont été codées 6. Ces formations sont considérées en tant que roche de socle, dans la nomenclature appliquée au présent programme, car elles sont datées anté-permienne. Mais de par leur composition minéralogique (présence de carbonates), elles développent lors de l'altération des phénomènes de karstification et ne sont donc pas dotées d'une porosité de fracture.

Toutes les informations collectées dans les notices des cartes géologiques ont été inventoriées, et bancarisées dans une base de données qui s'organise de la façon suivante :

- **« MI-PRINX »** : numéros d'incrémentation identifiant chaque polygone de la zone d'étude ;
- **« CARTE »** : numéro de la carte géologique à 1/50 000 concernée par le polygone ;
- **« NOTATION »** : code donné à la formation géologique dans les cartes géologiques vectorisées, selon la nomenclature nationale ;
- **« DESCRIPTION »** : désignation des formations géologiques dans les cartes géologiques vectorisées, selon la nomenclature nationale ;
- **« Description minéralogique »** : informations minéralogiques issues des notices des cartes géologiques ;
- **« Commentaire total »** : informations pétrographiques issues des notices des cartes géologiques ;
- **« Note de l'altérabilité »** : Note donnée, à partir des informations des colonnes précédentes, sur la favorabilité théorique de la formation concernée à développer une porosité de fracture.

Ces informations devront être confrontées aux observations de terrain dans le cadre de la phase 2 du programme COQAS. Une simplification des contours de chaque classe devra également être effectuée sous SIG pour s'affranchir des nombreuses hétérogénéités géologiques qui n'auront aucune utilité vis-à-vis des objets recherchés en phase 2. La carte harmonisée de l'altérabilité des formations de socle sur le bassin Adour-Garonne est présentée en Illustration 12 (carte provisoire en attente des résultats de la phase 2 du programme COQAS, élaborée à partir des cartes géologiques harmonisées à 1/50 000). Le réseau défini au § 8 sera consolidé, voire modifié, dans le cadre de cette phase 2 afin de prendre en compte les différents compartiments des aquifères composites de socle sur la zone d'étude.

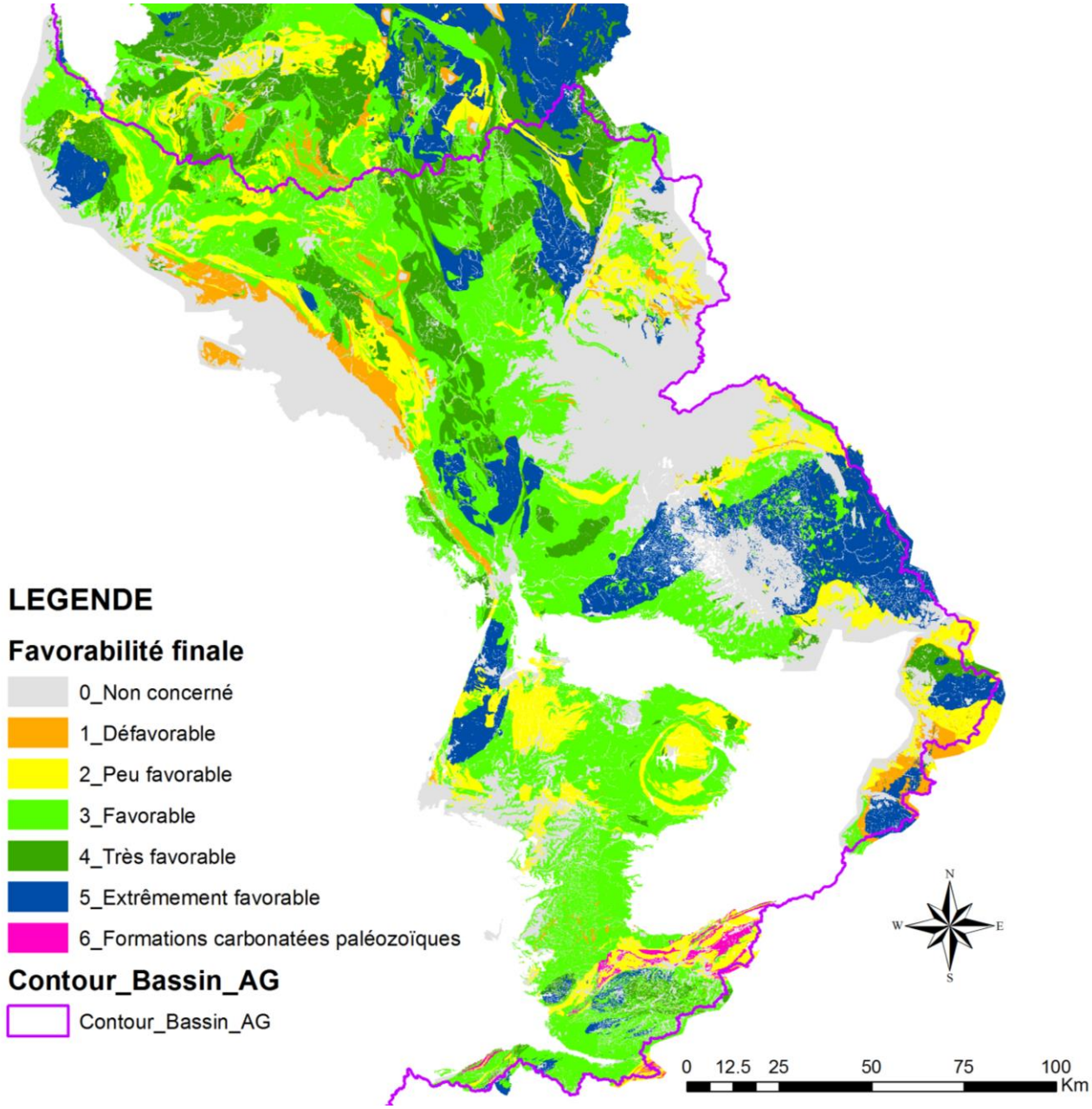


Illustration 12 : Carte harmonisée de l'altérabilité des formations de socle sur le bassin Adour-Garonne (carte provisoire en attente des résultats de la phase 2 du programme COQAS).

5. Pollutions diffuses agricoles

5.1. DONNEES EXPLOITÉES

Les données exploitées sont les suivantes :

- le Recensement Agricole (RA 2010, source : site Internet Agreste « Exploitations agricoles et superficie agricole utilisée par orientation technico-économique », extraction le *07/05/2012) ;*
- le Recensement Parcellaire Général (RPG 2013, source : BRGM, extraction le 20/07/2015) ;
- les quantités de substances phytosanitaires vendues par commune (BNV-d[7] 2013, source : Agence de l'Eau Adour-Garonne, envoi du 14/10/2015).

5.2. EXPLOITATION DU RECENSEMENT AGRICOLE 2010 (RA)

5.2.1. Méthode et résultats de traitement du Recensement Agricole

Tous les dix ans, le Ministère de l'agriculture enquête auprès de l'ensemble des exploitations du territoire national. Ce « recensement agricole » vise à collecter des informations sur tous les aspects de l'activité agricole : population agricole, taille des exploitations, surfaces cultivées suivant les types de culture, cheptel, diversification de l'activité (tourisme vert, vente directe, etc...). Il s'est déroulé d'octobre 2010 à avril 2011. Les résultats portent sur la campagne 2009-2010 et sont disponibles à l'échelle communale sauf secret statistique.

Les données utilisées ici portent sur les orientations technico-économiques des exploitations (OTEX). À partir des surfaces communales des différents OTEX, seul l'OTEX majoritaire est conservé pour une meilleure lisibilité cartographique. Les surfaces relatives aux élevages bovins (bovins lait, bovins viande, bovins viande) sont additionnées. La carte est présentée en Illustration 13 avec comme unité de découpage : la commune.

L'orientation technico-économique agricole principale sur la zone d'étude est l'élevage : bovin sur la moitié nord et plutôt ovin sur la moitié sud. On remarque une zone à orientation fruits à la frontière Corrèze/Lot, au-dessus de Brive et quelques communes de l'Aveyron et de la Haute-Vienne où les orientations polycultures ou grandes cultures prédominent. L'exploitation du Registre Parcellaire Graphique permet d'apporter quelques précisions sur la répartition des types de culture sur le territoire (cf. § 5.3).

[7] Banque Nationale des Ventes des distributeurs.

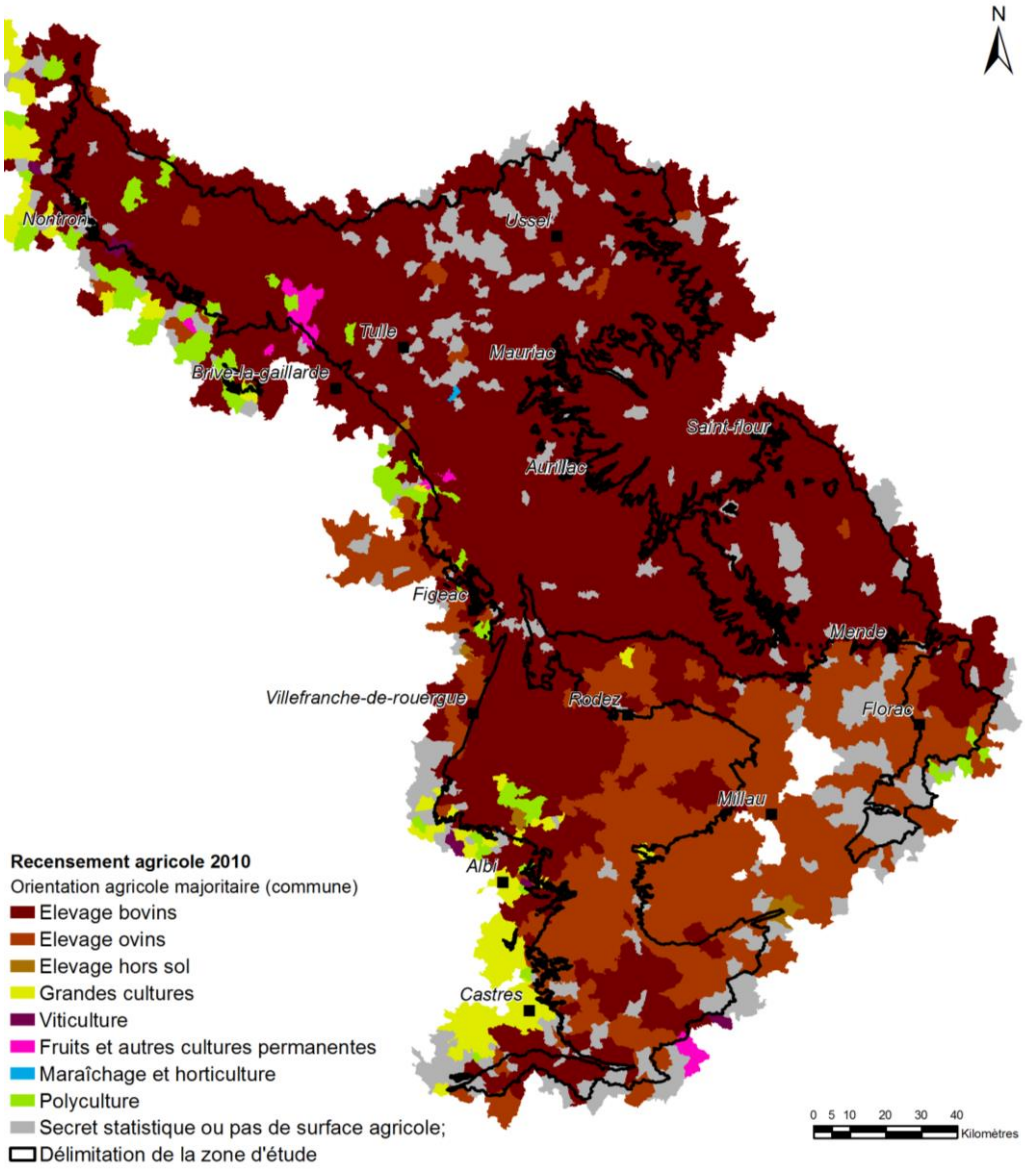


Illustration 13 : Orientations technico-économiques des exploitations agricoles sur la zone d'étude.

5.3. EXPLOITATION DU REGISTRE PARCELLAIRE GRAPHIQUE 2013 (RPG)

5.3.1. Méthode de traitement du Registre Parcellaire Graphique

Le RPG est constitué d'un ensemble de photographies aériennes sur lesquelles sont représentés les îlots des exploitations. Un îlot est un regroupement de parcelles culturales contiguës :

- portant une ou plusieurs cultures ;
- limité par des éléments facilement repérables et permanents (comme un chemin, une route, un ruisseau...) ou par d'autres exploitations.

Remarques complémentaires :

- une parcelle agricole culturale est une unité de surface portant un couvert (culture, surface en herbe, jachère). La parcelle culturale doit obligatoirement être contenue dans un îlot : elle peut le recouvrir totalement ou partiellement ;
- chacun de ces îlots est renseigné par les types de cultures pratiquées, ainsi que par les surfaces correspondantes. Seules les exploitations remplissant des déclarations auprès de l'ASP8 pour l'octroi d'aides PAC9 sont représentées dans le Registre Parcellaire de l'année concernée. Les systèmes de production indépendants des aides directes échappent ainsi au RPG ;
- dans le cadre de la présente étude, un regroupement des cultures RPG selon les grands types rencontrés a été effectué. 4 familles de cultures ont ainsi été définies (cf. annexe 1) :
  - vergers, vignes (classe 1),
  - grandes cultures [blé, maïs,...] (classe 2),
  - cultures de moyenne importance [tournesol, légumes, fleurs,...] (classe 3),
  - prairies (classe 4).

Afin d'avoir une représentation cartographique de ces données et de visualiser la répartition des cultures sur la zone d'étude, trois échelles de travail sont définies :

- échelle de l'îlot : représentation de la culture majoritaire en surface ;
- échelle de la zone hydrographique BD Carthage : proportion surfacique des cultures de classes 1, 2, 3 et 4, et cultures d'été ; la culture majoritaire sur la zone d'étude étant, de loin, la prairie permanente ou temporaire ;
- échelle de l'entité BD Lisa : proportion surfacique des cultures de classes 1, 2, 3 et 4, et cultures d'été.

Une carte permettant de visualiser la répartition géographique des cultures d'été (maïs, semences, tournesol) est également proposée. Ces cultures sont associées à une utilisation potentiellement importante de pesticides de même famille.

5.3.2. Résultats du Registre Parcellaire Graphique

Malgré une agriculture clairement orientée élevage, certains territoires présentent une proportion de surfaces cultivées types « grandes culture » (maïs, céréales, colza) plus importante que d'autres, notamment sur le nord du Tarn et l'Aveyron. L'exploitation du RPG confirme également la part plus importante de cultures type vergers sur une zone très localisée au nord-ouest de la zone d'étude (Lot/Corrèze). La « culture » majoritaire au sens RPG reste bien entendu la prairie permanente ou temporaire (Illustration 14).

[8] Agence de Service et de Paiement

[9] Politique Agricole Commune

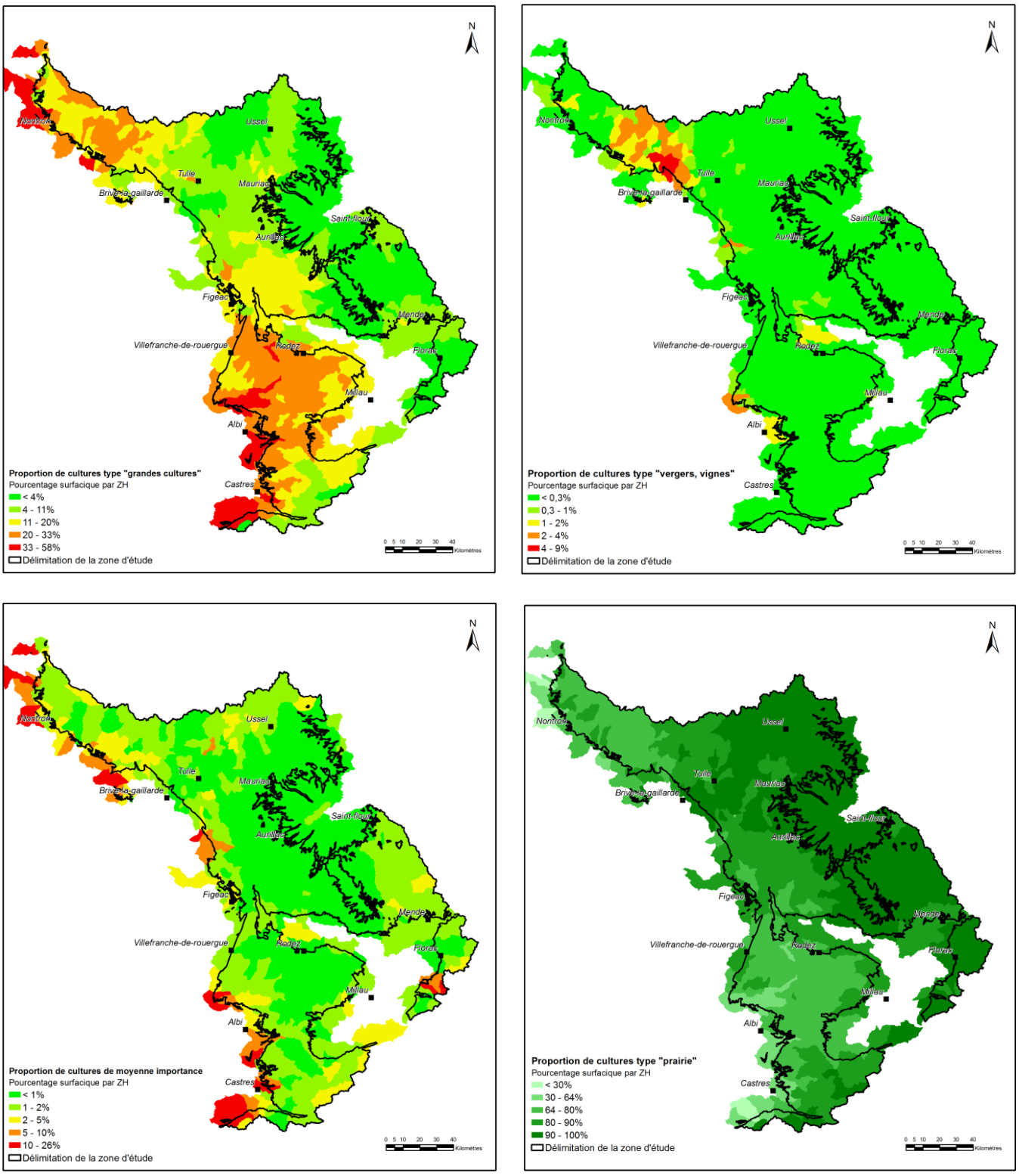


Illustration 14 : Répartition des types de cultures sur la zone d'étude selon 4 familles de cultures (échelle zone hydrographique [ZH]).

Même si ces proportions restent toutes relatives comparées aux grandes cultures des plaines alluviales, il est ainsi possible de visualiser les zones qui pourraient potentiellement présenter un risque vis-à-vis des pollutions diffuses agricoles, en particulier pour les produits phytosanitaires. Selon les différentes enquêtes « pratiques culturales » réalisées par le Ministère de l'agriculture, les fréquences de traitement sont les plus élevées pour les cultures type vergers, vignes, maïs, céréales, colza.

Sans connaissance spécifique des pratiques culturales sur la zone d'étude, il n'est pas possible de conclure à une utilisation excessive de fertilisants azotés ou bien de telle ou telle molécule phytosanitaire, et encore moins sur leur éventuel transfert dans les eaux souterraines. Ces cartes donnent simplement une indication sur l'occupation du sol en matière de cultures une année donnée et sur un risque potentiel à mettre en parallèle avec les concentrations dans les eaux souterraines.

5.4. EXPLOITATION DE LA BANQUE NATIONALE DES VENTES DES DISTRIBUTEURS 2013 (BNV-D)

5.4.1. Méthode de traitement de la Banque Nationale des Ventes des Distributeurs

La BNV-d a été mise en œuvre suite à l'instauration de la redevance pour pollutions diffuses. Cette taxe permet d'assurer la traçabilité de l'ensemble des produits phytosanitaires vendus (à usage agricole ou non) et d'inciter les utilisateurs à choisir des produits moins dangereux pour la santé humaine et les écosystèmes aquatiques. La BNV-d vise à stocker les données de cette redevance.

Les données stockées dans la BNV-d sont représentatives des ventes déclarées (et non des usages). Elles comprennent à la fois des informations sur les distributeurs, des données techniques de calcul de la redevance et des données « administratives ». Les données techniques (de vente) sont localisées à l'adresse de l'établissement. Elles comprennent le résultat de la conversion des produits en substances. Il s'agit de la quantité vendue par an par numéro d'autorisation de mise sur le marché et par substance. Les données peuvent ainsi être agrégées pour chaque produit ou substance vendu à l'échelle d'un territoire donné.

La base de données fournie par l'Agence de l'eau Adour-Garonne (envoi du 14/10/2015) agrège ces données à l'échelle communale.

Pour une représentation plus cohérente avec un découpage hydrographique, les données sont désagrégées à l'échelle des surfaces culturales du RPG puis réaffectées à l'échelle de la zone hydrographique. Cette ventilation de type « quantités vendues en fonction du mode d'occupation du sol » est une approximation dans la mesure où il n'y a pas nécessairement bijection entre le lieu de vente et le mode d'occupation du sol, d'autant plus que le lieu d'utilisation du produit est incertain. Ici l'hypothèse est faite que la substance est utilisée dans la commune de son lieu de vente.

Techniquement, l'intersection îlots RPG/commune/zone hydrographique permet d'obtenir la plus petite entité de travail. La quantité de substances vendues par commune est ensuite désagrégée sur l'unité de travail au prorata des surfaces RPG. Les quantités ainsi calculées par unité de travail sont ensuite sommées à l'échelle des zones hydrographiques.

5.4.2. Résultats de la Banque Nationale des Ventes des distributeurs

La carte du traitement de la BNV-d est présentée en Illustration 15.

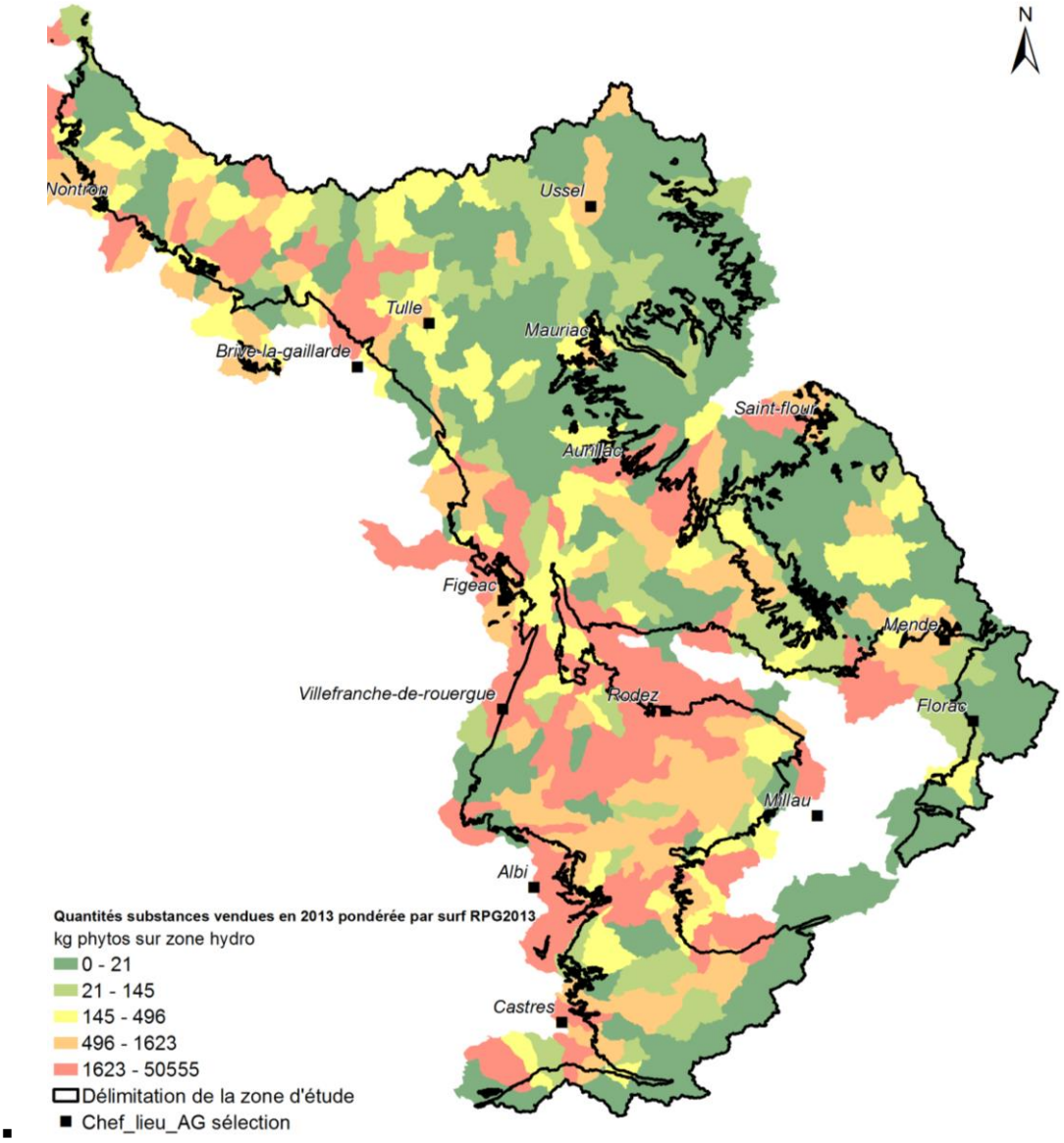


Illustration 15 : Quantités de substances phytosanitaires vendues.

On retrouve grossièrement sur cette carte, la zone de cultures type « grandes cultures » et/ou cultures d'été sur l'Aveyron et le nord du Tarn, ainsi que sur la pointe nord-ouest. Il faut être prudent sur l'interprétation des zones hydrographiques en bordure de zone d'étude qui sont probablement plutôt représentatives d'utilisations sur les bassins alluviaux (à l'ouest). La zone centrale (Lot/Cantal) montre cependant que les quantités vendues y sont relativement importantes, tout comme quelques « spots » en Corrèze et en Lozère.

Ces résultats doivent être interprétés avec précaution, étant données les incertitudes liées aux changements d'échelles et à la corrélation supposée entre lieu d'achat et lieu d'utilisation (hypothèse retenue).

5.5. PRESSIONS DE POLLUTIONS DIFFUSES : LIMITES D'UTILISATION ET PISTES D'AMÉLIORATION

5.5.1. Pression phytosanitaires

Plusieurs questions se posent lorsqu'on tente de qualifier la pression engendrée par l'utilisation de produits phytosanitaires sur la ressource en eau :

- connaissance des pratiques culturales : quelles molécules sont utilisées ? pour quel type de culture ? en quelles quantités ? à quelle fréquence ?
- connaissance des rotations culturales et de leur influence (la monoculture engendre une utilisation plus importante de produits phytosanitaires) ;
- quels sont les mécanismes de transferts dans le sol et dans l'eau ?

Actuellement, dans le cadre de sa convention avec l'AFB (ex-ONEMA) et de l'action « pression/impact phytosanitaires » 2016-2018, le BRGM travaille à la définition d'une pression effective sur les eaux souterraines en prenant en compte, notamment, les propriétés des molécules et des sols sur lesquels elles sont utilisées. Une piste de progrès serait d'approfondir la connaissance du couple « culture/molécule utilisée » en créant une base à partir des cultures du RPG et des informations disponibles sur le site E-PHY du Ministère de l'Agriculture (http://e-phy.agriculture.gouv.fr/) qui recense par usage, les substances susceptibles d'être utilisées et leur dose d'emploi. La connaissance locale des rotations culturales est également indispensable pour mieux comprendre l'évolution des pratiques agricoles au fil du temps.

5.5.2. Pression nitrates

Les modèles généraux existants et la généralisation de pratiques suivant les types de cultures, et d'élevages n'ayant pas fait leurs preuves, le calcul de la pression « nitrates » nécessiterait la collecte de données sur l'utilisation des fertilisants azotés sur le territoire. Parmi les pistes d'amélioration, la prise de contact avec les chambres d'agricultures des départements ou bien les directions régionales, serait un pas vers une meilleure connaissance de ces intrants.

Au niveau national, le SOeS[10] arrête la mise à jour son modèle de spatialisation de pressions diffuses agricoles. Le travail s'orienterait plutôt vers des fiches d'indicateur territorial. Dans le cadre des travaux ONEMA, les travaux de l'INRA Toulouse sur les successions culturales, à partir du RPG semblent également pouvoir être utiles[11].

5.5.3. Données utilisées pour la détermination des points du réseau

Les données utilisées pour le choix des points des réseaux à enjeu « nitrates » et/ou « phytosanitaires » sont :

- le RPG à l'échelle de la zone hydrographique (cartes de répartition des types de cultures) pour la détermination de zones à risque dans un premier temps ;
- le RPG à l'échelle de l'îlot cultural pour préciser le choix des point.

[10] Service de l'Observatoire et des Statistiques.

[11] V. Fuzeau, G. Dubois, O. Thérond, G. Allaire (2012) - Diversification des cultures dans l'agriculture française - État des lieux et dispositifs d'accompagnement - Études et documents du SEEIDD du CGDD.

6. Facteurs naturels ou anthropiques susceptibles d'influencer la présence d'éléments traces dans les eaux

6.1. DONNÉES UTILISÉES

Les données utilisées sont les suivantes :

- couches cartographiques des points de rejets domestiques, des points de rejets industriels (téléchargement depuis le SIE Adour-Garonne le 14/09/2015). De fortes incertitudes persistent sur l'exhaustivité et la géolocalisation des points de rejets industriels (un travail de mise à jour étant en cours à l'AEAG) ;
- couche cartographique des sites BASOL (2012) ;
- couche cartographique des sites BASIAS (01/10/2015) ;
- couche cartographique des sites miniers (polygones des concessions minières) (GEODERIS, 07/2012) ;
- indices et gîtes miniers BSS (22/09/2015) ;
- inventaire géochimique national BRGM (1998).

L'exploitation de ces données est qualitative : leur consultation permet de mieux appréhender l'origine naturelle (ou pas) de la présence d'éléments traces indésirables sur les points de mesures de la qualité de l'eau.

6.2. EXPLOITATION DES REJETS DOMESTIQUES ET INDUSTRIELS (AEAG) ET DES SITES BASOL/BASIAS (BRGM)

Les points de rejet domestiques (RJ) correspondent aux rejets des stations d'épuration collectives déclarées à l'Agence de l'Eau Adour-Garonne dans le cadre de l'instruction des dossiers pour la prime pour la performance épuratoire. Les données concernant la géolocalisation sont relativement fiables, un important travail de mise à jour ayant été fait. Les points de rejet industriels (RJI) correspondent aux rejets des stations d'épuration industrielles déclarées à l'Agence de l'Eau. La mise à jour de cette base de données étant actuellement en cours, leur géolocalisation reste à considérer avec prudence.

BASIAS (Base des Anciens Sites Industriels et Activités de Service) est une base de données faisant l'inventaire de tous les sites industriels ou de services, anciens ou actuels, ayant eu une activité potentiellement polluante. Développée par le BRGM pour le Ministère de l'Écologie, elle est accessible librement sur Internet (http://basias.brgm.fr). Les sites BASIAS extraits sur la zone d'étude ont été classés selon leur groupe SEI (Service de l'Environnement Industriel). Les trois groupes sont définis en fonction de leur dangerosité potentielle décroissante (1 > 2 > 3). Il est important de noter que leur géolocalisation n'est pas toujours précise ; beaucoup de sites sont en effet géolocalisés au centroïde de la commune.

BASOL, accessible sur www.basol.environnement.gouv.fr, est une base de données sur les sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif. Le recensement est réalisé par les préfectures et les DREAL. Cet inventaire a vocation à être actualisé en continu. Depuis mai 2005, les sites n'appelant plus d'action de la part des pouvoirs publics, chargés de la réglementation sur les installations classées, ont été transférés de BASOL vers BASIAS.

Les sites BASOL et BASIAS en activité, BASIAS tous confondus, et en activité du groupe SEI 1 (potentiel le plus dangereux) ont été dénombrés par entité BD Lisa et par zone hydrographique, et cartographiés sur la zone d'étude (Illustrations 16 à 19).

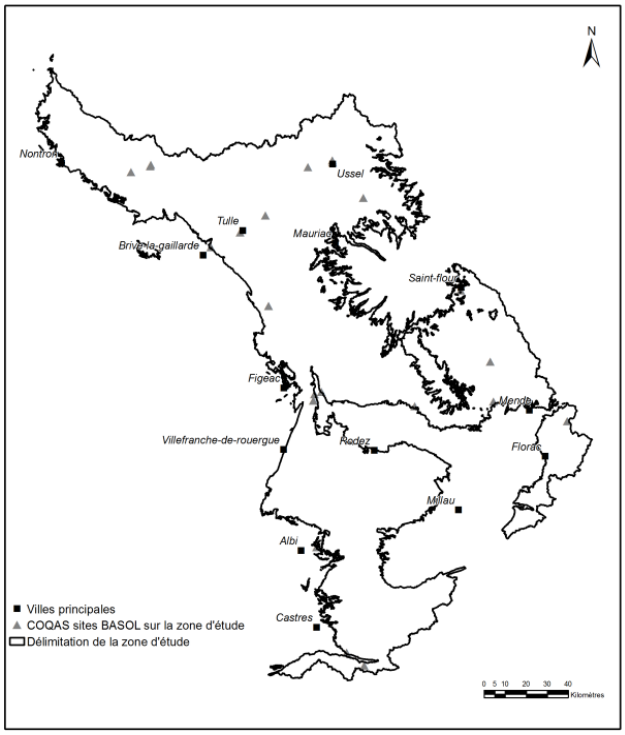


Illustration 16 : Sites BASOL.

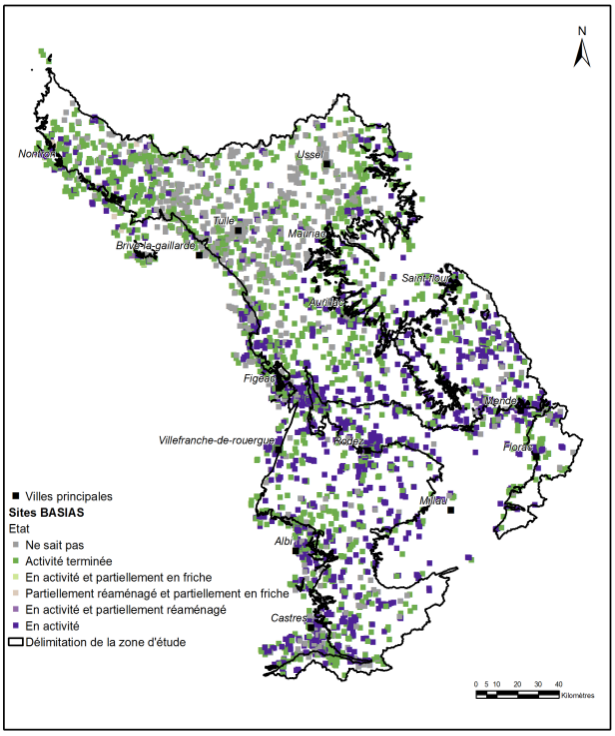


Illustration 17 : Sites BASIAS.

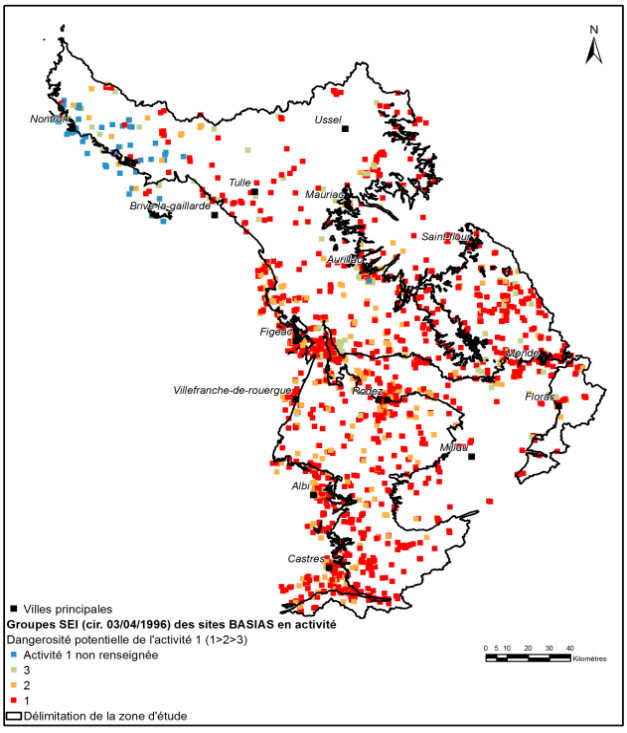


Illustration 18 : Sites BASIAS, groupes SEI.

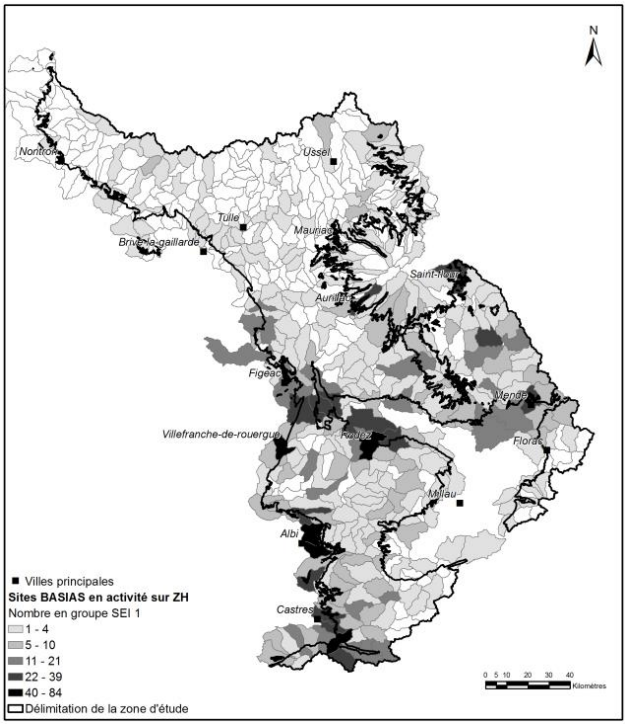


Illustration 19 : Nombre de sites BASIAS du groupe SEI 1 par zone hydrographique.

Il est à noter que l'activité de nombreux sites BASIAS n'est pas renseignée sur la partie nord de la zone d'étude.

Ces cartes, même si elles ne sont pas totalement exhaustives permettent de repérer quelques petits « bassins industriels » susceptibles d'être à l'origine d'une pression industrielle (Decazeville, Rodez, Saint-Chély-d'Apcher, Mende). Les zones à forte concentration qui ressortent sur le Tarn ne font pas partie de la zone d'étude (plaines alluviales et vallée du Thoré).

Les illustrations 20 et 21 présentent les rejets domestiques et industriels par zone hydrographique.

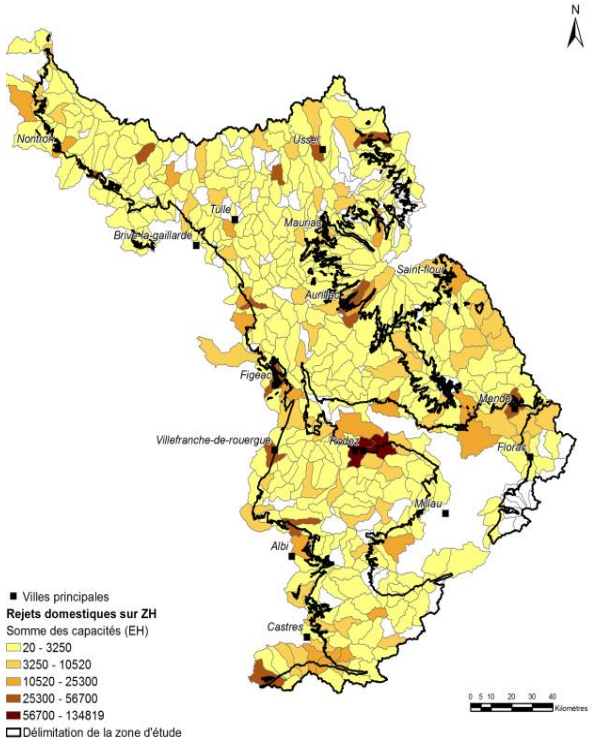


Illustration 20 : Par zone hydrographique, rejets domestiques, capacités rejetées (en équivalent-habitants).

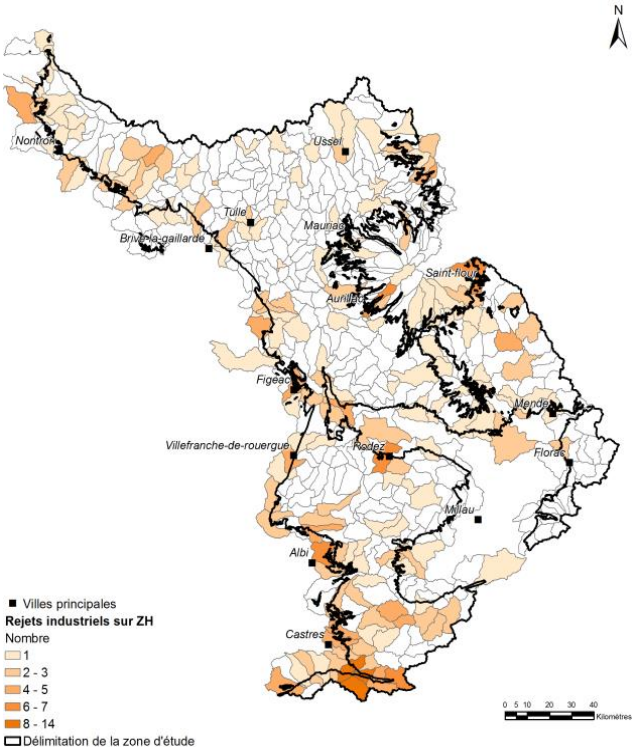


Illustration 21 : Par zone hydrographique, rejets industriels, nombre de rejets.

Ces cartes permettent de mettre en avant les zones urbaines susceptibles d'être à l'origine d'une pression domestique (Saint-Yrieix-la-Perche, Ussel, Aurillac, Figeac, Rodez, Mende).

6.3. EXPLOITATION DES DONNÉES DE L'INVENTAIRE GÉOCHIMIQUE SOLS

6.3.1. Méthode de traitement de l'inventaire géochimique sols

En 1998, le BRGM a été mandaté par le Ministère de l'Industrie en concertation avec le Ministère de la Santé pour mettre à disposition les données de l'Inventaire géochimique national (Chery et Gateau, 1998). L'objectif était d'identifier les zones à risque de teneurs naturellement élevées en éléments traces dans les eaux destinées à la consommation humaine à partir de l'analyse in-situ de certains éléments, considérés comme traces dans les eaux naturelles, dans les sols et sur des fines d'alluvions. Les zones de socle sont les plus couvertes. Seulement deux méthodes d'analyses ont été utilisées au cours de ces mesures : la spectrométrie à plasma diffusif (DCP) de 1976 à 1981 et la spectrométrie à plasma inductif (ICP) à partir de 1981. Ceci est gage, en théorie, d'une relative homogénéité des résultats. Il conviendra cependant de rester prudent lors de la comparaison des données entre elles.

D'après Chery et Gateau (1998), les fonds géochimiques que l'on peut calculer à partir de l'une ou l'autre des techniques analytiques peuvent en effet présenter des écarts sensibles. Une influence du type de méthode de mesure est visible pour le bore, le baryum et le cadmium. Des interrogations se posent sur des « ruptures » au niveau des coupures des cartes géologiques à 1/50 000 pour le bore, le baryum, le cadmium, le nickel.

La donnée se présente sous la forme d'une grille de points avec une teneur mesurée dans les sols ou les fines d'alluvions pour un élément donné. La carte des données de l'inventaire géochimique national sur le secteur d'étude est présentée en Illustration 22.

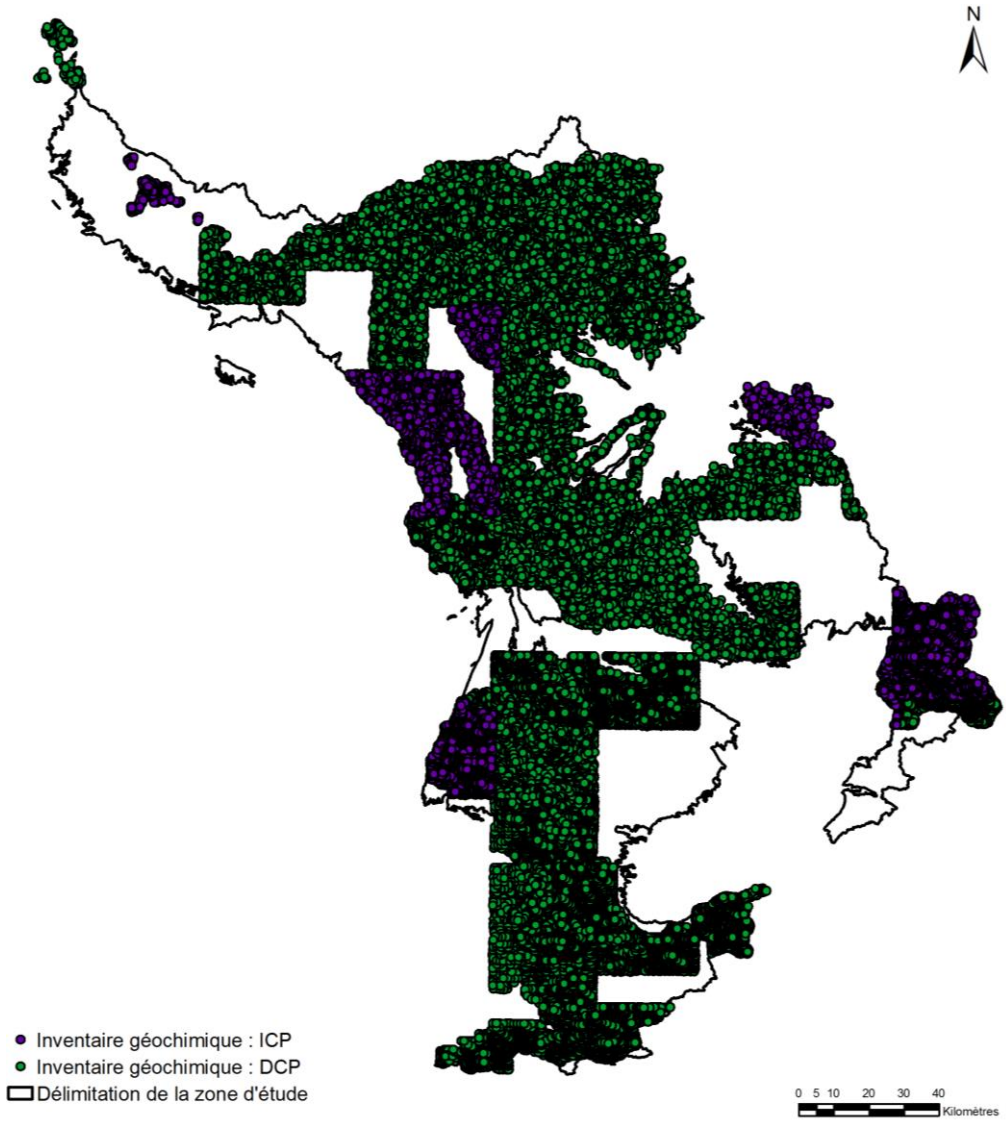


Illustration 22 : Données de l'inventaire géochimique national BRGM 1998.

Les éléments présentant un nombre de points de mesure pertinent pour la présente étude sont les suivants : As, Ba, B, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, Zn, F. Les mesures aluminium ne sont disponibles que sur les zones où l'ICP a été pratiquée.

Pour une exploitation plus aisée, un raster des données est créé par élément afin de visualiser les résultats. La méthode d'interpolation utilisée sur ArcGis est du type spline de courbure minimum bidimensionnelle. La surface lissée résultante passe exactement par les points en entrée. La taille des cellules choisie est de 100 m^2. Les autres réglages sont conservés par défaut (l'Illustration 23 présente un exemple de carte des résultats pour l'arsenic).

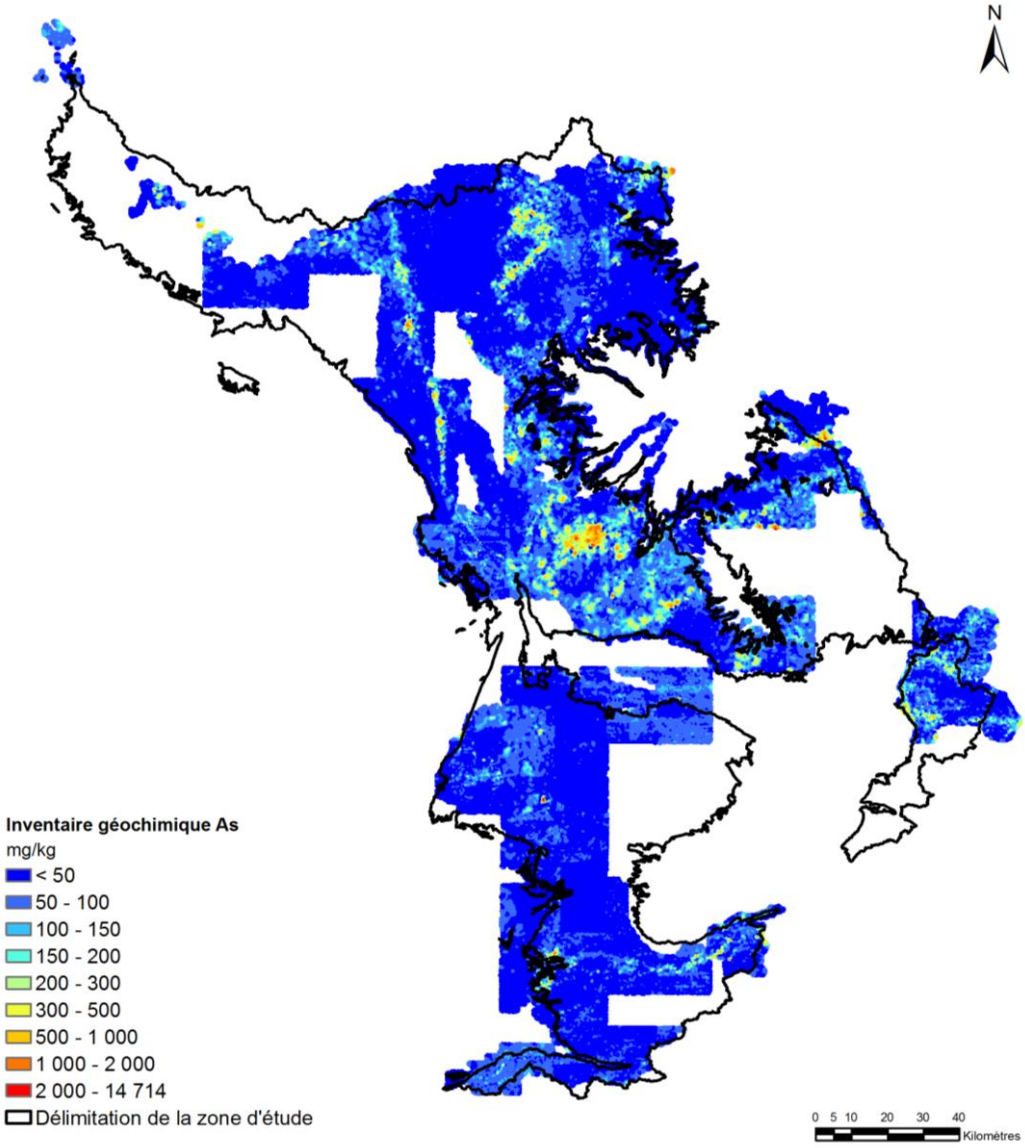


Illustration 23 : Exemple de carte des résultats de l'inventaire géochimique national pour l'arsenic.

Pour chaque élément trace, on nommera « teneurs habituelles », les teneurs fréquemment observées sur la zone d'étude. Toute valeur très largement supérieure à ces teneurs pourra être considérée comme « anomalique » et suspectée, soit de contamination locale d'origine anthropique, soit d'une teneur d'origine naturelle anormalement élevée à cause de son contexte géologique local, soit de l'addition des deux causes naturelle et anthropique (cf. calculs théoriques des vibrisses supérieures selon Villanneau *et al*., 2008, en annexe 2).

6.3.2. Résultats de l'inventaire géochimique sols

À partir des seuils d'anomalies calculés précédemment (§ 6.3.1), les cartes des zones « anomales » sont établies pour chaque élément pour lequel la vibrisse supérieure a pu être calculée (Illustration 24).

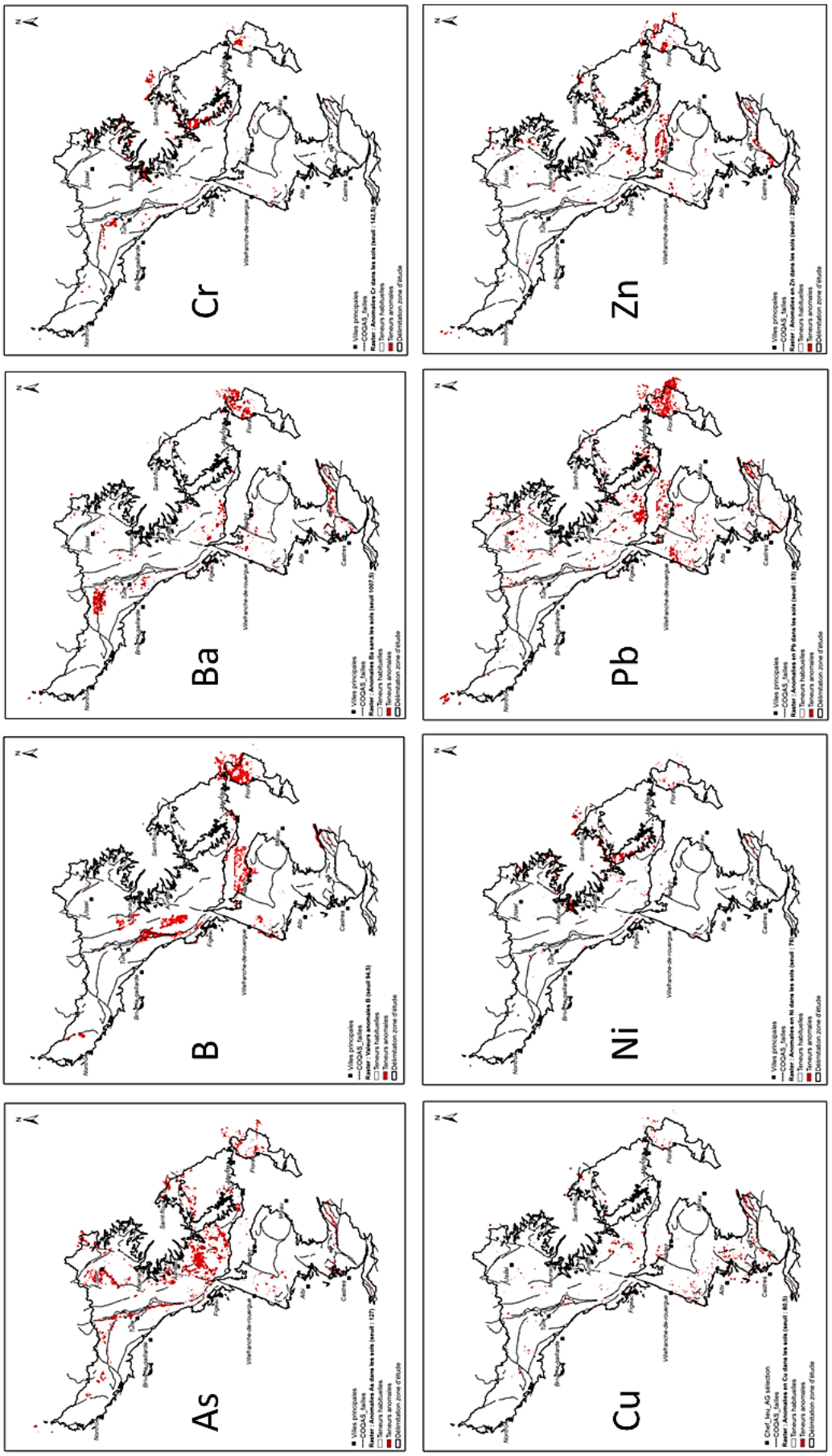


Illustration 24 : Éléments traces et indésirables - cartes des zones anomales dans les sols.

Les cartes des teneurs en éléments traces dans les sols sont disponibles en annexe 3.

Selon les différentes échelles étudiées, un indicateur surfacique (des zones anomales) a été calculé par entité BD Lisa, par zone hydrographique BD Carthage, par bassin versant des stations qualité. Il représente le pourcentage surfacique de zone anomale par rapport à la surface de l'entité. Cet indicateur pourra être utilisé dans le cadre des travaux de la phase 2.

6.4. EXPLOITATION DES INDICES, GÎTES MINIERS (BSS) ET SITES MINIERS

6.4.1. Méthode de traitement des données de la BSS : indices, gîtes et concessions minières (GEODERIS)

Les indices miniers peuvent être définis par la présence en un lieu donné d'indices de différentes natures pouvant être interprétés comme des critères favorables à la présence d'un gisement. Cette notion implique l'interprétation des données existantes (observations de terrain, analyses chimiques) en terme de probabilité sans préjuger de la taille du gisement. Dans le cadre de la présente étude, les indices miniers, documentés par le département Ressources Minérales du BRGM, viennent en complément des résultats analytiques obtenus sur les sols et les alluvions dans le cadre de l'inventaire géochimique.

Les données issues de l'inventaire des gisements miniers (ou gîtes) correspondent aux données de toutes les minéralisations qui ont fait l'objet d'au moins une exploitation, qu'elle soit petite ou grande. Elles sont enregistrées dans la BSS. L'exploitation des données issues de l'inventaire des gisements miniers permet de fournir plusieurs informations utiles à l'identification du fond géochimique local. Tout d'abord, elles viennent en complément des données issues de l'inventaire géochimique pour identifier les zones d'occurrences en éléments traces dans les lithologies locales. Par ailleurs, l'exploitation actuelle ou passée de ces mines constitue une source potentiellement importante de pollution en éléments métalliques dans les eaux naturelles. En effet, l'exploitation minière implique la mise en contact de nouveaux profils rocheux avec l'atmosphère et peut comporter également un ennoyage des galeries souterraines d'exploitation. Ainsi, l'excavation minière aboutit communément à une accentuation des processus naturels d'altération des roches et minerais et entraîne une importante mise en solution des éléments traces présents dans les lithologies locales. Il est donc important de localiser précisément les exploitations minières et de déterminer l'ampleur de l'excavation réalisée afin d'être capable de distinguer ces apports anthropiques par rapport à la présence naturelle des éléments métalliques dans les eaux naturelles.

Les données concernant les concessions minières présentes sur la zone d'étude ont été fournies par GEODERIS dans le cadre de l'état des lieux des masses d'eaux souterraines du bassin Adour-Garonne. Les données concernant la quantité totale de roche excavée en tonnes (tonnages extraits) permettent de donner un ordre de grandeur de l'ampleur de l'excavation réalisée pour chaque exploitation minière (cette donnée n'est cependant pas systématiquement renseignée).

6.4.2. Résultats du traitement des indices, gîtes et concessions minières

Les traitements de données ont permis d'élaborer plusieurs représentations cartographiques :

- la localisation des indices et gîtes miniers sont reportés sur la carte de la zone d'étude pour les éléments : Antimoine, Arsenic, Barytine, Chrome, Cuivre, Fluorine, Kaolin, Nickel, Plomb, Zinc, Disulfure Fer, Uranium (Illustration 25) ;
- les polygones des concessions minières sont également représentés pour les substances principales extraites : Alun, Antimoine, Arsenic, Cuivre, Fluorine, Manganèse, Or, Plomb, Pyrite (Illustration 26) ;

- une représentation cartographique des centroïdes des concessions minières permettant de visualiser l'ampleur de l'excavation est également proposée (en excluant les bitumes, le graphite, la lignite et la houille) (Illustration 27).

Ces représentations cartographiques permettent de visualiser les zones à « forte » exploitation minière, possible source de contamination des eaux. Elles constitueront des éléments importants dans l'étude des mécanismes de libération des métaux traces dans les formations de socle et leur transfert dans les eaux souterraines et superficielles (travaux qui seront effectués dans le cadre de la phase 2 de COQAS).

Les sites miniers les plus importants et les plus étudiés sur la zone d'étude sont les suivants :

- Cheni, le Chalard, l'Aurieras (87) : Or ;
- Le Beix (63) : Fluorine ;
- Puy-de-Teldes (15) : Uranium ;
- Mirabel-Enguialès (12) : Tungstène ;
- Asprières, Bouillac, Villefranche (12) : Plomb ;
- Saint-Sauveur (30) : Plomb ;
- Trèves (30) : Zinc.

6.5. CONCLUSION SUR LA PRÉSENCE D'ÉLÉMENTS TRACES DANS LES SOLS, LIMITES ET PISTES D'AMÉLIORATION

6.5.1. Aluminium

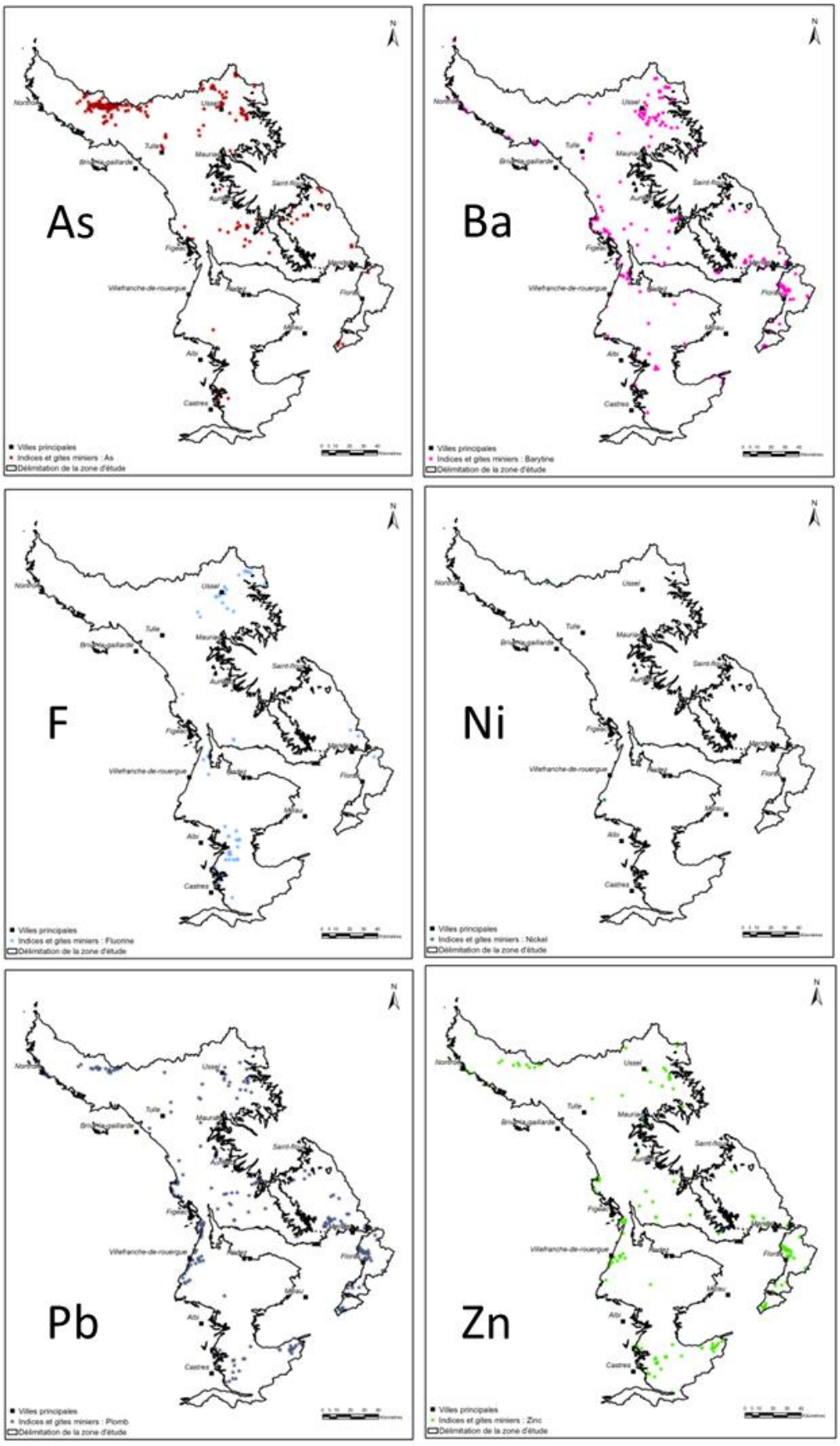
L'aluminium est relativement important dans les roches ignées. Il entre dans la composition des feldspaths, des feldspathoïdes, des micas et des amphiboles en se substituant au fer et au silicium. Au cours de l'altération des roches ignées, l'aluminium se concentre dans les phases solides néoformées : gibbsite [$Al(OH)_3$]. C'est dans les argiles que l'aluminium est le plus abondant.

L'inventaire géochimique n'étant pas disponible pour ce paramètre, seuls les indices et gîtes miniers peuvent donner quelques pistes sur la localisation des zones à teneurs plus élevées. Ces indices sont essentiellement présents dans la partie nord de la zone d'étude (kaolin autour de Saint-Yrieix-la-Perche et au nord-est de Tulle). Les concessions minières dont la substance principale est l'alun ne se situent pas sur la zone d'étude.

6.5.2. Antimoine

C'est un élément peu abondant dans les roches, comme dans les eaux naturelles. Les zones riches en antimoine correspondent souvent à la présence de filons miniers principalement dans les roches de socle. L'antimoine est souvent associé au plomb (sulfo-antimoniures de plomb), les zones plombifères constituent une source potentielle d'antimoine.

Comme indiqué sur la cartographie de l'inventaire géochimique, cet élément n'apparaît que très ponctuellement dans les sols. On retrouve cependant un certain nombre d'indices et gîtes liés à la présence de concessions minières dans le nord de la zone d'étude : Saint-Yrieix-la-Perche (Les Biards), Tulle (Chanac), est d'Ussel (Bois de Saint-Sauves).


As
Villes principales
Indices et gites miniers : As
Délimitation de la zone d'étude
Ba
Villes principales
Indices et gites miniers : Barytine
Délimitation de la zone d'étude
F
Villes principales
Indices et gites miniers : Fluorine
Délimitation de la zone d'étude
Ni
Villes principales
Indices et gites miniers : Nickel
Délimitation de la zone d'étude
Pb
Villes principales
Indices et gites miniers : Plomb
Délimitation de la zone d'étude
Zn
Villes principales
Indices et gites miniers : Zinc
Délimitation de la zone d'étude

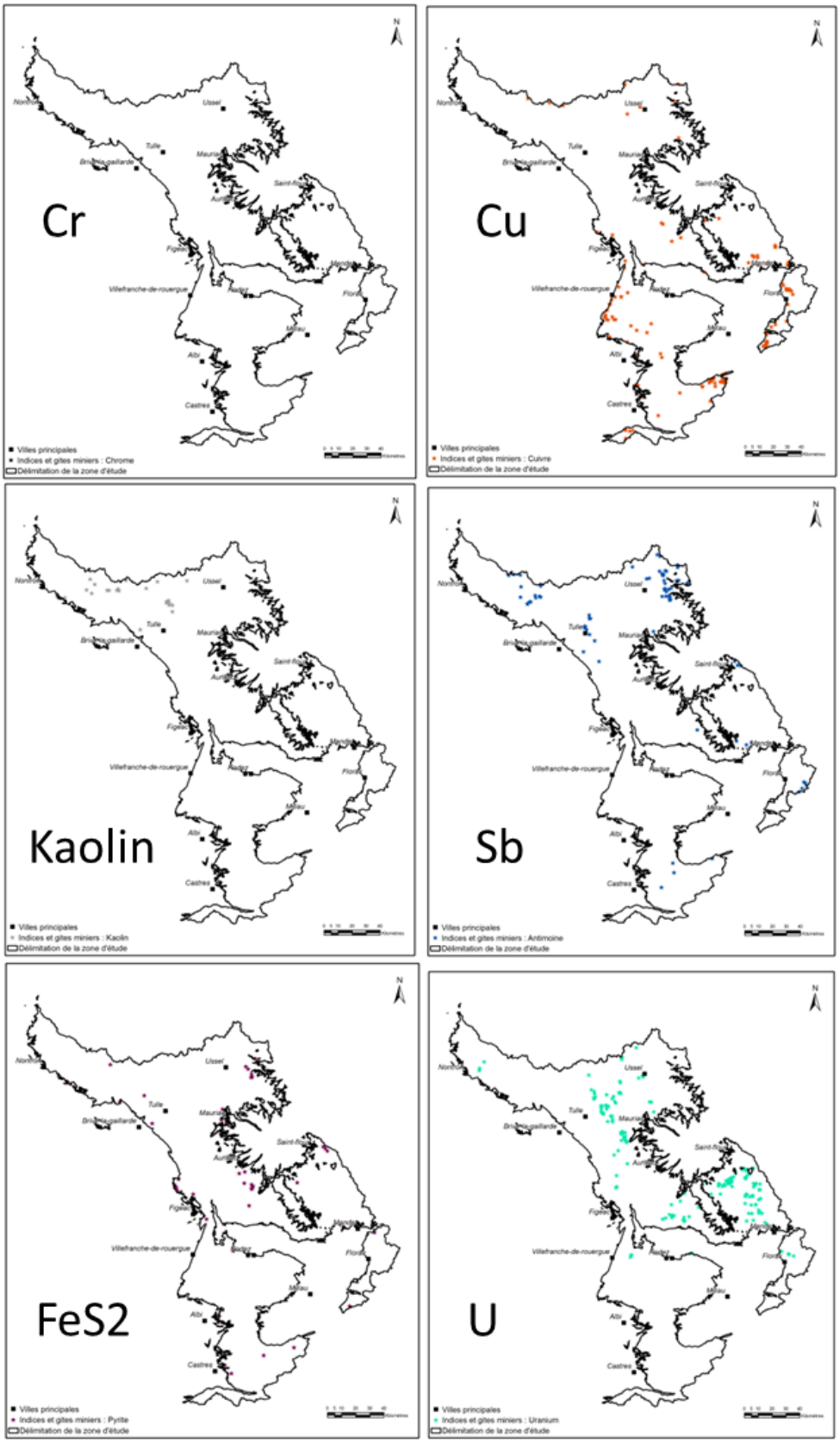


Illustration 25 : Principaux indices et gisements miniers (BSS).

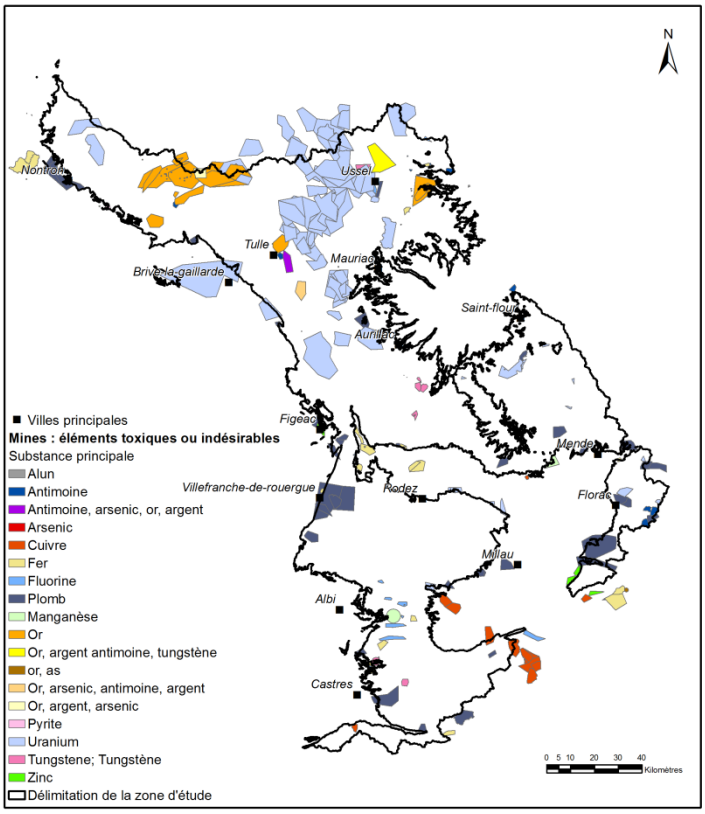


Illustration 26 : Périmètres des concessions minières.

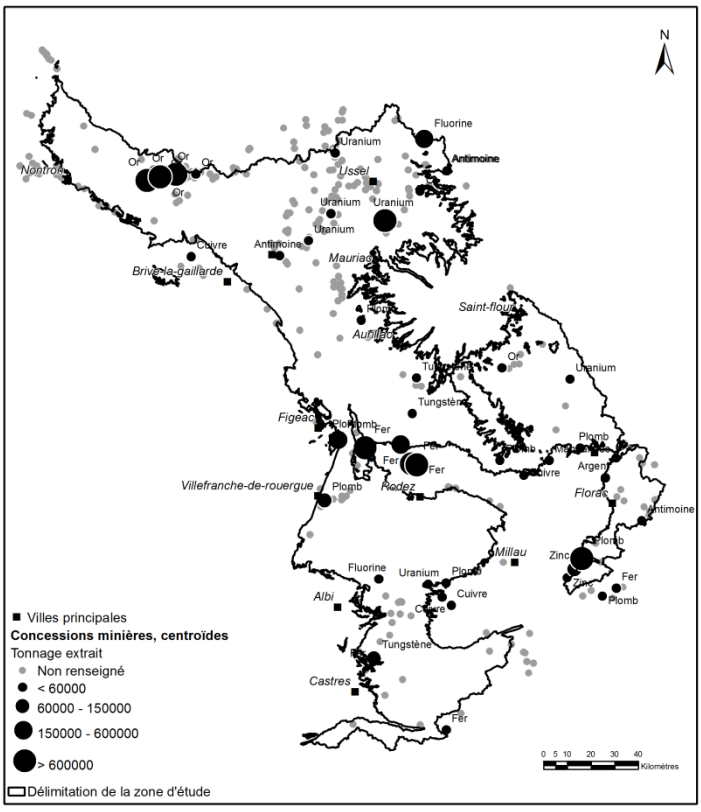


Illustration 27 : Ampleur des excavations minières et minerai associé.

6.5.3. Arsenic

L'arsenic est relativement concentré dans les verres volcaniques, les minéraux silicatés et les roches ignées contenant du fer ferrique. De fortes concentrations sont également possibles en milieu sédimentaire. L'arsenic peut être adsorbé sur les argiles, dans les marnes et être associé à de la matière organique ou à de la pyrite (arsénopyrite).

Lorsque l'inventaire géochimique est disponible, on observe de nombreuses zones à anomalies en arsenic dans les sols sur la zone d'étude. Certaines zones sont clairement reliées à la présence d'accidents géologiques (failles à l'est de Tulle, dans la Montagne Noire). Certaines zones sont plus vastes : Ussel, Sud d'Aurillac, Florac. Dans le Limousin, l'arsenic est principalement lié aux zones aurifères (Laville-Timsit *et al.,* 1993 : cf. nombreux indices, gîtes miniers et concessions minières).

Le site d'Enguialès (Aveyron) qui a fait l'objet d'un travail de thèse (Courtin-Nomade, 2001; Courtin-Nomade *et al.,* 2003) montre aussi une anomalie en As. Ce site est une unité micaschisteuse localisée au sein d'une auréole de métamorphisme de contact qui s'est développée lors de l'intrusion du granite. La minéralisation principale est constituée par la wolframite ((Fe,Mn)WO4), la scheelite (CaWO4), la pyrite et l'arsénopyrite. Les teneurs en As varient de 30 à 1 000 mg kg-1 .

6.5.4. Bore

Dans les roches magmatiques et métamorphiques, le principal minéral contenant du bore est la tourmaline, dans laquelle le bore est associé au silicium. Les anomalies en bore dans les sols sur la zone d'étude apparaissent au niveau de plusieurs secteurs : à l'est de Tulle, au nord de Florac, de façon plus ponctuelle à l'extrême nord-ouest de la zone d'étude (liées aux zones de vergers et vignes ? aux engrais ?), et dans une moindre mesure dans le secteur de Rodez.

6.5.5. Baryum

Le baryum est relativement abondant dans les roches ignées. Le principal minéral contenant du baryum est la barytine ($BaSO_4$). Il peut également entrer dans la composition des feldspaths.

Les anomalies en baryum dans les sols dans la zone d'étude apparaissent à la faveur d'accidents géologique (Montagne Noire). Plusieurs secteurs présentent également des anomalies : au nord-est de Florac, à l'est d'Ussel (uniquement à partir des indices miniers), au nord de Rodez, voire au nord de Tulle.

6.5.6. Cadmium

Il est généralement présent dans les minerais de zinc comme la blende (ZnS) souvent associée aux filons hydrothermaux. Il est aussi couramment associé à la pyrite (FeS_2) et à la galène (PbS). Comme indiqué sur la cartographie de l'inventaire géochimique, cet élément n'apparaît que très ponctuellement dans les sols.

6.5.7. Chrome

Le principal minéral contenant du chrome est la chromite ($FeCr_2O_4$). Le chrome se substitue aisément au fer ferrique, ce qui lui vaut d'être présent dans de nombreux minéraux silicatés (pyroxènes, amphiboles, micas). Les roches riches en chrome sont les roches ignées ultramafiques. La chromite est particulièrement concentrée dans les latérites au-dessus de roches ultramafiques.

Les zones à anomalies en chrome ne concernent globalement pas la zone d'étude et se situent essentiellement en périphérie du volcanisme du Massif central. Deux zones posent cependant question : au nord de Tulle (présence liée à une faille ?), et au nord-est de Florac.

6.5.8. Cuivre

Le cuivre existe dans l'écorce terrestre sous trois degrés d'oxydation différents : Cu^0, CU^I, CU^{II}. La forme solide la plus courante est le carbonate de cuivre ($CaCO_3$). L'environnement géologique peut être source de cuivre, surtout dans le cas d'eaux acides et en présence, en profondeur, de sulfures de cuivre plus ou moins oxydés.

Ainsi, on trouve dans les sols peu de zones anomales en cuivre sur la zone d'étude, ou bien les anomalies sont ponctuelles à la faveur d'un accident géologique (Montagne Noire). On peut supposer que les anomalies « diffuses » observées dans le Nord du Tarn/Sud Aveyron sont liées à la présence de zones de cultures agricoles importantes dans ce secteur (vignes ?)

6.5.9. Fluor

Les sources de fluor sont multiples :

- la fluorine (CaF_2) dans les roches sédimentaires et ignées ;
- la fluorapatite ($Ca_5(PO_4)_3F$;
- les amphiboles comme la hornblende ou l'ion F^- se substitue à l'hydroxyde, leur solubilité est très faible ;
- les micas dont la solubilité est faible.

L'inventaire géochimique n'étant pas disponible pour ce paramètre, seuls les indices et gîtes miniers peuvent apporter quelques pistes sur la localisation des zones à teneurs plus élevées. Ces indices, le plus souvent associés à des concessions minières, sont essentiellement présents à l'est d'Ussel et au nord-est de Castres.

6.5.10. Nickel

Le nickel se substitue facilement au fer et au magnésium dans les roches ferromagnésiennes. Il est principalement présent dans les minéraux sulfurés comme la pyrite ou la pentlandite. Les zones concernées par des teneurs anomales dans les sols ne se situent pas dans la zone d'étude puisqu'elles concernent essentiellement le volcanisme du Massif central. De manière plus ponctuelle, une zone anomale semble apparaître au niveau de la Montagne Noire (présence d'une faille).

6.5.11. Plomb

Le plomb est présent dans plusieurs familles de minéraux :

- les orthophosphates, particulièrement répandus en milieu cristallin ;
- les carbonates, avec la cérusite PbCO3 ;
- les sulfures (PbS, galène) ;
- les sulfates (PbSO4, anglésite).

La présence de zones anomales en plomb dans les sols est détectée principalement au niveau de Villefranche-de-Rouergue, au nord de Rodez (Enguialès), à l'est de Florac. On peut également suspecter des teneurs importantes dans les sols au niveau de Saint-Yrieix-la-Perche liées aux nombreuses concessions minières dans le secteur.

6.5.12. Zinc

Le zinc est, comme le cuivre et le nickel, assez abondant dans la croûte terrestre. Les zones anomales en zinc dans les sols se situent plutôt dans la partie centre et sud de la zone d'étude : le long de la faille Montagne Noire, à l'est de Florac, et au nord de Rodez.

7. État des eaux souterraines

Préambule : Il est précisé qu'il s'agit de « l'état » » qualitatif des eaux souterraines sensu stricto sur la zone d'étude, et non de « l'état » au sens de la DCE.

7.1. DÉMARCHE PROPOSÉE

L'objectif est d'établir des cartographies de répartition des classes de concentrations mesurées en fonction des différents éléments chimiques analysés permettant de mettre en évidence des zones présentant des concentrations élevées sur le secteur d'étude.

La quantité d'analyses du contrôle sanitaire sur eaux brutes disponible sur la plupart des points (d'alimentation en eau potable AEP) ne permet pas une étude de la variabilité temporelle des éléments chimiques mesurés. Seuls les points des réseaux ADES autres que SISE-Eaux et les données issues du contrôle sanitaire en production et en distribution pourraient être utiles, en particulier pour les nitrates. C'est pourquoi il a été retenu une méthode de choix et d'exploitation de ces données afin d'étudier les tendances d'évolution des concentrations en nitrates.

L'analyse des pressions anthropiques potentielles et du fond géochimique des sols, dans la limite des connaissances méthodologiques actuelles, permettra de réaliser une évaluation qualitative du lien entre ces activités (agricoles en particulier) et la qualité des eaux : par entité BD Lisa, présence d'une activité anthropique importante et contamination (ou pas) des eaux souterraines et/ou de surface. Cette confrontation doit permettre d'aboutir au choix des zones de vigilance vis-à-vis des nitrates, des produits phytosanitaires (échelle BD Lisa niveau 3) afin de proposer un réseau provisoire de points de mesure qualité « socle » ciblé sur ces thèmes. L'étude des éléments traces indésirables permettra de mettre en avant les zones à risque vis-à-vis de ces éléments.

Cette première approche permettra de proposer les pistes d'amélioration et de recherche pour la suite du programme COQAS (phase 2) et de préciser les points du réseau de suivi de la qualité des eaux souterraine en zone de socle.

7.2. DONNÉES SISE EAUX ET ADES

7.2.1. Rappels

L'ensemble des résultats des analyses réalisées dans le cadre du contrôle sanitaire de l'eau potable distribuée à la population par les ARS alimente la base de données nationale « SISE-Eaux d'alimentation » du Ministère chargé de la santé. Cette base de données, créée en 1994, contient ainsi plus de 130 millions de résultats d'analyses mais également les schémas de fonctionnement des 33 500 captages, 16 300 stations de traitement et 25 300 unités de distribution d'eau potable de France.

Le fait d'utiliser un export direct de la base SISE-Eaux permet d'obtenir non seulement les analyses sur eau brute du contrôle sanitaire, mais également d'autres types d'analyses (études, demandes ponctuelles, etc.), ainsi que les analyses sur eau distribuée. L'ARS précise que les modalités de prélèvement sont pour la plupart des paramètres sur eau brute non filtrée. Ce détail est important quant à l'interprétation des analyses aluminium et fluor notamment.

a) Définitions

- **Captage (CAP)**

Point de prélèvement de l'eau brute dans le milieu naturel (ou zone de prélèvement ayant vocation à caractériser la qualité de l'eau au point de prélèvement.

- **Mélange de captages (MCA)**

Point où des eaux en provenance de plusieurs captages sont mélangées. Cette notion n'existe normalement dans SISE-Eaux que dans le cas où le contrôle règlementaire n'est pas effectué sur les captages eux-mêmes mais après ce MCA. Ces eaux sont censées être de qualités homogènes.

- **Station de traitement-production (TTP)**

Toute installation destinée à modifier la qualité de l'eau. Un traitement de production comporte techniquement des traitements élémentaires et/ou un réservoir de tête avant distribution. En sortie d'une TTP, il y a au moins un abonné. Plusieurs types de TTP existent (Illustration 28) :

A1	A2	A3	L
Traitement physique simple et désinfection (ou désinfection seule), par ex, filtration rapide et désinfection	Traitement normal physique, chimique et désinfection, par ex : prétraitement, coagulation, floculation, décantation, filtration, désinfection – chloration finale	Traitement physique, chimique, poussé, affinage et désinfection, par ex : prétraitement, coagulation, floculation, décantation, filtration, affinage – charbon actif – désinfection-chloration finale	Livraison (simple mélange d'eaux brutes). C'est une TTP « fictive »

Illustration 28 : Types de TTP SISE-Eaux.

- **Unité de distribution (UDI)**

Ensemble de tuyaux. C'est à la fois une unité technique (continuité des conduites), une unité de qualité de l'eau et une unité de gestion.

- **Point de surveillance (PSV)**

Point (ou zone réputée homogène) des installations matérielles qui peut faire l'objet d'un prélèvement. Toute installation comporte au moins un point de surveillance, qui est le point de surveillance principal (PSP). Des points supplémentaires peuvent être définis, ce seront alors des points de surveillance secondaires (PSS).

- **Prélèvement (PLV)**

Ensemble des opérations associées à une visite. À ne pas confondre avec analyse, il peut y avoir plusieurs analyses par prélèvement, y compris pour un même paramètre.

- **Liens entre installations**

CAP, MCA, TTP, UDI sont des installations. Dans SISE-Eaux, ils sont représentés schématiquement comme indiqué sur l'Illustration 29.

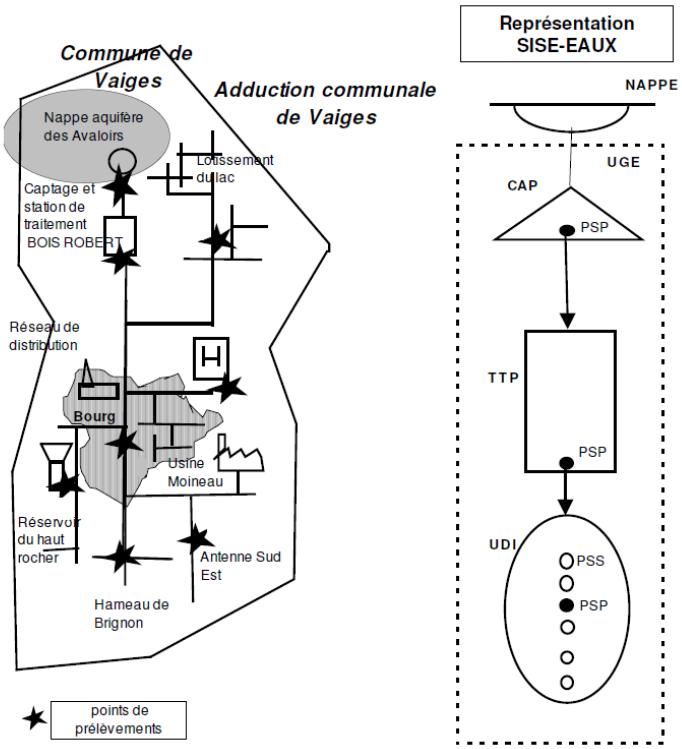


Illustration 29 : Représentation géographique et schématique d'une installation (Extrait du manuel SISE Eaux v2.0).

b) Programme de prélèvements et d'analyses du contrôle sanitaire

L'arrêté du 21 janvier 2010, modifiant l'arrêté du 11 janvier 2007, relatif au programme de prélèvement et d'analyses du contrôle sanitaire pour les eaux fournies par un réseau de distribution, décrit le contenu des analyses types à effectuer sur les échantillons d'eau prélevés et la fréquence des prélèvements (voir extrait en annexe 4).

- **RP : Programme d'analyses effectué à la ressource, pour les eaux d'origine souterraine ;**
- **RS : Programme d'analyses effectué à la ressource, pour les eaux d'origine superficielle ;**
- **RSadd : Programme d'analyses supplémentaire par rapport à RS, effectué, à la ressource, pour les eaux d'origine superficielle, dont le débit prélevé est supérieur ou égal à 100 m^3/j en moyenne ;**
- **P1 : Programme d'analyses effectué en routine au point de mise en distribution ;**
- **P2 : Programme d'analyses complémentaires de P1 permettant d'obtenir le programme d'analyses complet (P1 + P2) effectué au point de mise en distribution ;**
- **D1 : Programme d'analyses de routine effectué aux robinets normalement utilisés pour la consommation humaine ;**
- **D2 : Programme d'analyses complémentaires de D1 permettant d'obtenir le programme d'analyses complet (D1 + D2) effectué aux robinets normalement utilisés pour la consommation humaine.**

7.2.2. Extractions des données SISE Eaux

Le travail d'extraction des analyses a été réalisé en étroite collaboration avec l'ARS de Bassin. Il concerne les prélèvements effectués entre le 01/01/2003 et le 31/12/2014, sur les eaux souterraines (ESO), sur les points de prélèvements principaux et secondaires, pour tout type de motifs (contrôle sanitaire, études, demandes ponctuelles, recontrôles,…). Les données utilisées sont les suivantes :

- CAP (actifs et abandonnés) situés à l'intérieur de la zone d'étude avec information sur les coordonnées X, Y ;
- analyses eaux brutes sur les CAP et MCA (RP) de la zone d'étude ;
- informations sur les CAP issues des bases départementales SISE-Eaux (X, Y et BSS) ;
- analyses en production sur les TTP type L ou A1 (P1, P2) : requête afin de ne sélectionner que les TTP appartenant à un réseau dit « simple » (1 TTP-1CAP/MCA en amont) afin de pouvoir rattacher l'analyse à un captage de la zone d'étude ;
- analyses en distribution sur les UDI (D1, D2) : requête similaire aux analyses TTP ;
- liens aval-amont TTP-CAP ;
- liens aval-amont UDI-CAP.

La zone d'étude présente 2 624 captages actifs entre 2003 et 2014 ou abandonnés (1 172 CAP, 253 MCA. Seules les données en eaux souterraines ont été exploitées. Ceci correspond à **1 919 CAP** (ESO) présentant au moins une analyse eau brute sur les paramètres choisis.

7.2.3. ADES

ADES est la banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines qui rassemble sur un site internet public www.ades.eaufrance.fr des données quantitatives et qualitatives relatives aux eaux souterraines. L'ensemble des données ADES des qualitomètres situés dans la zone d'étude a été extrait de la base le 28/07/2015 sur toute la période disponible dans ADES soit 1900-2014. Dans un deuxième temps, les données fournies par les producteurs suivants ont été exclues :

- chargement par transfert de la banque nationale de la Direction Générale de la Santé, SISE-Eaux, afin de ne pas avoir de doublons avec les données SISE-Eaux déjà obtenues ;
- producteurs du réseau ICSP (Installations Classées des Sites Pollués), conçu pour suivre les pollutions industrielles des ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) afin de ne pas biaiser l'étude avec des analyses non représentatives du fond géochimique naturel des eaux.

Ceci correspond à 29 qualitomètres sur la zone d'étude.

L'ensemble des points de mesure « qualité » des divers réseaux recensés concernant le domaine de socle et les eaux souterraines est présenté sur la carte de l'Illustration 30.

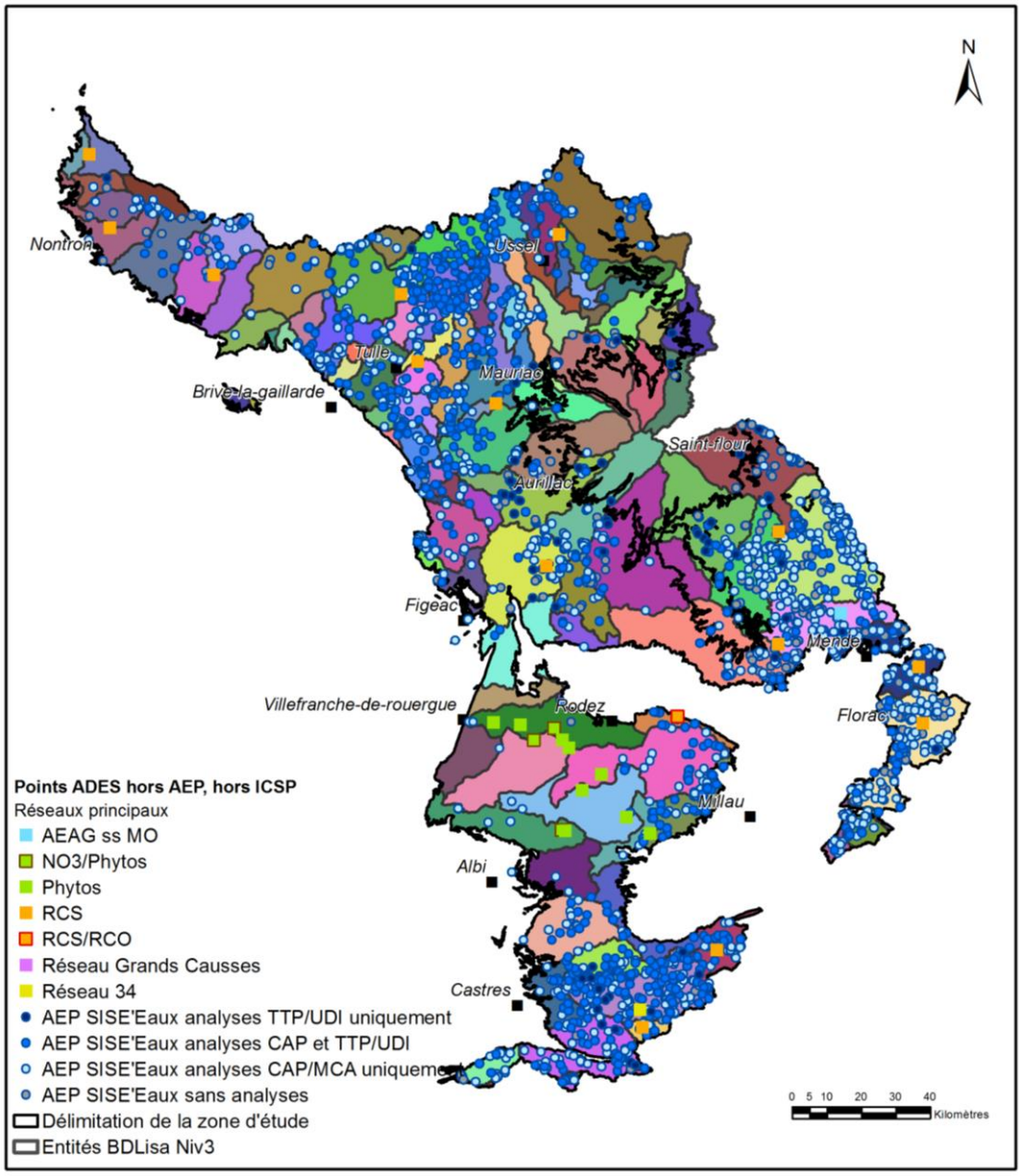


Illustration 30 : Carte des points de mesure qualité ESO, SISE Eaux et ADES (hors ICSP).

7.3. MÉTHODE DE TRAITEMENT DES DONNÉES OUVRAGES

7.3.1. Problèmes de géolocalisation des captages AEP

Pour cette étude, 3 sources de données différentes concernant la géolocalisation des points AEP ont été fournies par l'ARS de Bassin :

- base MIPYGEO, coordonnées en Lambert 93 (ex-Midi-Pyrénées) ;
- base nationale SISE-Eaux, coordonnées en diverses projections, pour les points hors ex-Midi-Pyrénées ;
- bases départementales SISE-Eaux, coordonnées en diverses projections, sur l'ensemble des points avec analyses.

Après examen des données, les informations de la base SISE-Eaux relatives aux CAP concernant leur géolocalisation et la correspondance code SISE/code BSS peuvent être :

- non homogènes (systèmes de coordonnées différents selon les départements) ;
- fausses (erreur d'écriture des coordonnées, erreur de géolocalisation, erreur d'association code BSS/code SISE Eaux ou code BSS incomplet) ;
- manquantes (code BSS pas dans SISE Eaux).

Sans pour autant travailler précisément sur la vérification de la géolocalisation des points ou sur la mise en cohérence SISE/BSS, quelques corrections et contrôles de cohérence ont été réalisés :

- homogénéisation des coordonnées en Lambert 93 ;
- confrontation des données des ouvrages issues de la base nationale (ou MIPYGEO) et des bases départementales ;
- confrontation avec le fichier de mise en cohérence BSS/SISE pour l'ex-Midi-Pyrénées et le Cantal ;
- ponctuellement, confrontation avec la base ADES.

Le même travail de mise en cohérence a été réalisé sur les codes BSS. Certains CAP restent cependant sans attribution de code BSS. La plupart se situe dans le Cantal. Par la suite, il s'agira de rester prudent sur la localisation réelle des points du réseau.

Un code BD Lisa (niveau 3) a été attribué à chaque point « eau souterraine ». Il correspond à l'entité située au droit du point ; la zone d'étude présentant peu de superpositions d'entités et donc de risque d'erreur d'attribution.

7.3.2. Choix des ouvrages TTP et UDI pertinents pour l'approche méthodologique « eaux traitées » AEP

Seules les TTP de type A1 et L ont été conservées, faisant l'hypothèse que ces types de traitement (ou l'absence de traitement) influenceront peu les concentrations des éléments mesurés. Dans un deuxième temps, la structure du réseau AEP construite dans SISE-Eaux a été analysée. Dans les fichiers des liens amont SISE-Eaux, la colonne « AMONT - INS – Niveau » permet de construire l'organisation du réseau amont de l'installation considérée. L'objectif est de pouvoir récupérer, pour l'installation concernée (UDI ou TTP), la structure du réseau amont pour ensuite pouvoir trier les installations par type de structure amont et ne conserver que les réseaux dits « simples » (Illustrations 31 et 32).

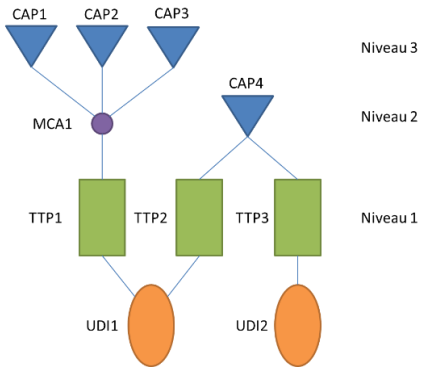


Illustration 31 : Exemple de réseau AEP selon la nomenclature SISE'Eaux.

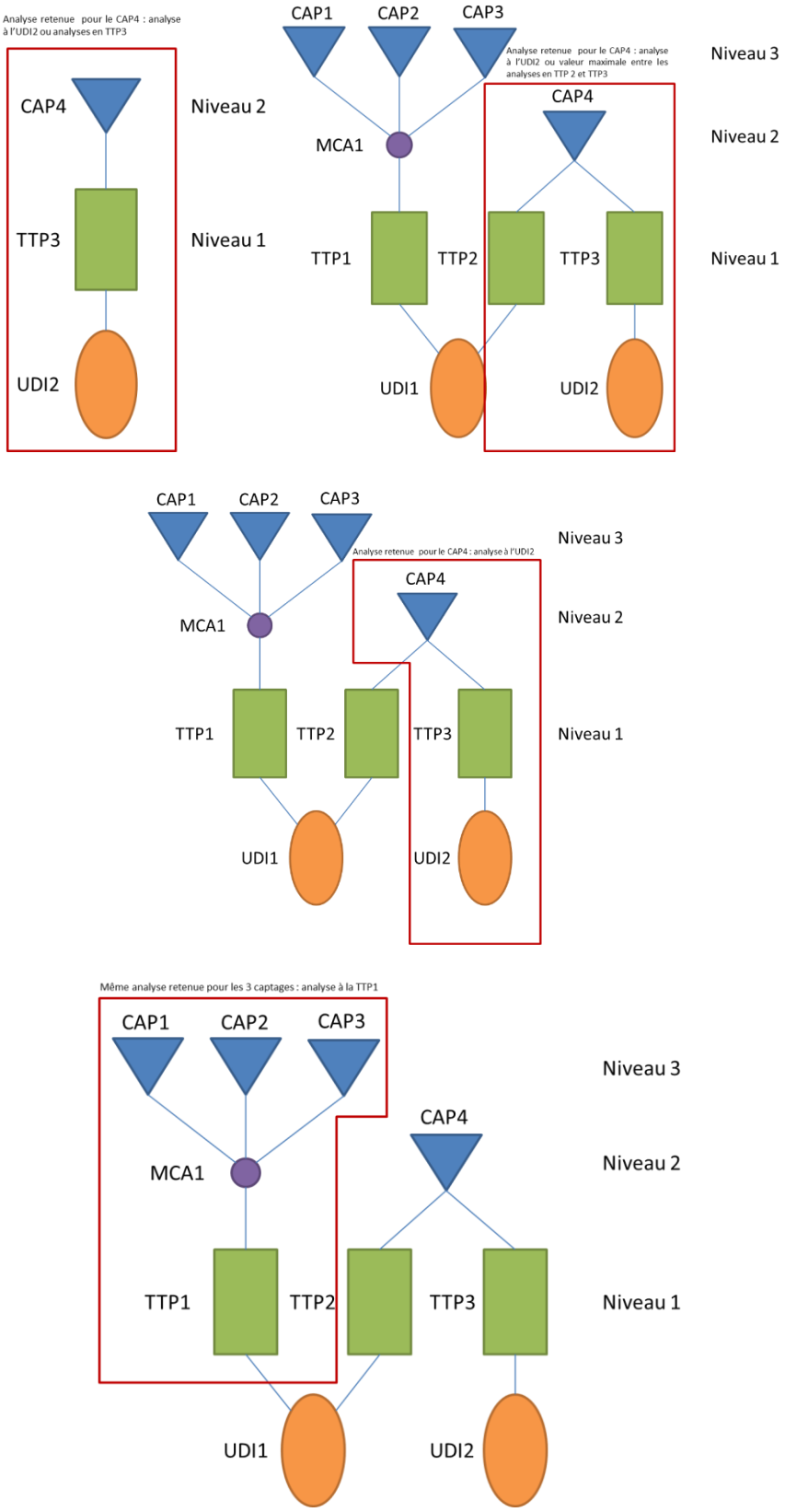


Illustration 32 : Choix des réseaux « simples » (encadrés rouges) sur TTP et UDI.

Cette approche permet de conserver les seules analyses sur TTP ou UDI (respectivement en production ou en distribution) représentatives d'un point ressource identifiable, dans l'objectif principal d'augmenter le nombre d'analyses (souvent très faible dans ce type de formation). La récupération de la structure du réseau en amont des UDI ou des TTP a été réalisée à l'aide d'un programme sous Visual Basic Excel. Au total 701 réseaux amont TTP ont été conservés et 634 réseaux amont UDI.

7.4. MÉTHODES GÉNÉRALES DE TRAITEMENT ET D'EXPLOITATION DES ANALYSES « QUALITÉ »

7.4.1. Choix des paramètres

En ce qui concerne les paramètres analysés, le point commun entre les différentes bases est le code SANDRE : il est la référence pour les analyses issues de la base ADES, et dans SISE Eaux, il permet le lien avec des libellés et codes particuliers à cette base.

Le grand nombre de paramètres analysés, notamment pour les produits phytosanitaires nécessite de les regrouper par famille. Pour les données issues d'ADES, les données des groupes déjà attribués dans cette base sont conservées moyennant quelques ajustements (certains métabolites) :

- phytosanitaires, éléments ayant les codes SANDRE suivants : 6800, 6855, 6856, 6862, 6894, 6895, 7073, 7074, 6798, 6372, 6853, 6808, 6435, 6483, 6601, 6620, 6662, 6664, 6679, 7010, 7340, 7460, 1235, 1276, 1472, 1486, 1487, 1490, 1498, 1517, 1530, 1548, 1584, 1641, 1655, 1702, 1834, 1835, 1888, 1936, 2879, 2886, 3396, 5478 ;
- micropolluants minéraux : tout le groupe en ajoutant le paramètre codifié 7073 « Fluorure anion » ;
- paramètres liés à la radioactivité : tout le groupe en ajoutant le paramètre « Dose Totale Indicative (DTI) » codifié 2059 ;
- paramètres physico-chimiques : présentés dans le tableau de l'Illustration 33.

Pour les données issues de SISE-Eaux, de façon à ne pas commettre d'erreur due à l'absence d'un code, les familles spécifiques à SISE-Eaux sont conservées en sélectionnant les paramètres potentiellement pertinents :

- contexte environnemental : température de l'eau ;
- équilibre calco-carbonique : CO2, CO3, HCO3, pH, TH ;
- Fer et Manganèse : Fer dissous, Fer total, Manganèse total ;
- minéralisation : Calcium (Ca), Chlorures (Cl), Conductivité à 20 °C, Conductivité à 25 °C, Magnésium (Mg), Potassium (K), Silicates (SiO2), Sodium (Na), Sulfates (SO4) ;
- oxygène et matières organiques : DCO, oxydabilité au KMnO4, O2 dissous, Potentiel rédox ;
- paramètres liés à la radioactivité : toute la famille ;
- paramètres azotés et phosphorés : Ammonium (NH4), Nitrates (NO3), Nitrites (NO2), Orthophosphates (PO4), Phosphore total (Pt) ;
- oligo-éléments et micropolluants minéraux : Aluminium (Al), Arsenic (As), Baryum (Ba), Bore (B), Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Fluorures (F), Mercure (Hg), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Zinc (Zn), Antimoine (Sb), Argent (Ag), Béryllium (Be), Cyanures totaux (Cy), Lithium (Li), Molybdène (Mo), Sélénium (Se), Strontium (Str), Uranium (Ur) ;

- 14 familles de pesticides : tous les paramètres sauf les sommes ou totaux (notamment endosulfan total, HCH alpha + beta + delta + gamma, terbuthylazine et ses métabolites, Dichloropropylène-1,3 total).

Code SANDRE	Nom du paramètre
1301	Température de l'Eau
1302	Potentiel en Hydrogène (pH)
1303	Conductivité à 25 °C
1304	Conductivité à 20 °C
1330	Potentiel REDOX
1335	Ammonium
1337	Chlorures
1338	Sulfates
1340	Nitrates
1345	Dureté totale
1350	Phosphore total
1327	Hydrogénocarbonates
1328	Carbonates
1339	Nitrites
1348	Silice
1367	Potassium
1372	Magnésium
1374	Calcium
1375	Sodium
1433	Orthophosphates (PO4)

Illustration 33 : Paramètres physico-chimiques choisis dans l'export ADES.

Les normes de référence et valeurs seuils utilisées pour l'étude sont récapitulées dans le tableau en Annexe 5.

7.4.2. Traitement des analyses « douteuses »

Aucune correction n'a été effectuée dans la base SISE-Eaux.

Les corrections faites dans la base ADES sont les suivantes :

- suppression des analyses avec un code remarque = 0 (analyse non faite) ;
- codes remarque 3 (> seuil de saturation) et 9 (dénombrement < valeur) remplacés par 10 (non quantifié) : le cas s'est présenté pour certaines analyses Arsenic ;
- erreurs d'unités flagrantes corrigées pour les cyanures et le fer (une dizaine).

7.4.3. Traitement des analyses en eau brute

a) Pré-traitements des données SISE Eaux

Un certain nombre de manipulations est nécessaire avant l'exploitation de ces données. En effet, les exports « bruts » de la base SISE-Eaux ont généré de nombreux doublons d'analyses d'origines diverses (par doublon, on entend même installation, même paramètre, même date de prélèvement). Les choix suivants sont faits :

- suppression des vrais doublons (même installation, même paramètre, même date de prélèvement, même résultat d'analyse) ;
- suppression du champ norme et valeur associée ;
- point principal privilégié par rapport au point secondaire ;
- contrôle sanitaire privilégié par rapport à une étude spécifique ;
- analyse de valeur maximale privilégiée par rapport aux autres.

Les unités sont ensuite homogénéisées pour les éléments traces et indésirables : µg/l sauf pour le fluor (mg/l). Des conversions d'unités ont donc été faites sur B, Ba, Cu, Zn. La base de données d'analyses « eaux brutes SISE-Eaux » ainsi obtenue compte environ 450 000 analyses.

b) Pré-traitements des données ADES

Dans ces bases, des cas de doublons « statistiques » existent également (plusieurs analyses pour un même paramètre, sur un même prélèvement et un même point). Le même pré-traitement que pour les analyses SISE Eaux a été réalisé : conservation de l'analyse la plus pénalisante à savoir, la valeur maximale. La base de données d'analyses ainsi « nettoyées » compte : 47 923 analyses.

c) Traitement statistique

La même méthode de traitement est mise en œuvre pour chaque base. De façon générale, chaque analyse est qualifiée par son appartenance à une classe de concentration. Cette classification s'inspire de la méthodologie d'étude des pressions industrielles sur les eaux souterraines décrite dans le rapport BRGM/RP-61227-FR.

Le travail d'analyse ne porte pas directement sur les données de concentrations mais sur leurs classes d'appartenance, selon que la substance recherchée est quantifiée ou non. Ceci permet de s'affranchir du biais qui serait introduit avec le calcul d'une moyenne ou médiane portant sur un jeu de valeurs présentant de nombreuses analyses inférieures à la limite de quantification et/ou éventuellement avec une ou plusieurs données aberrantes.

Selon les groupes de paramètres étudiés, cette qualification est adaptée. Elle est utilisée telle quelle pour le groupe des produits phytosanitaires. Pour les nitrates, dont les analyses présentent un taux de quantification important, des seuils intermédiaires ont été définis. Pour les éléments traces indésirables, des seuils variables, selon le type de paramètre analysé ont été définis (détail de ces seuils en annexe 6). L'Illustration 34 présente les tableaux de qualification des analyses pour les produits phytosanitaires, les nitrates et les éléments traces et indésirables.

Qualification des analyses phytosanitaires

NQi	NQs	RQi	RQs
Non quantifiée, LQ < VS[12]	Non quantifiée, LQ ≥ VS	Quantifiée, résultat < VS	Quantifiée, résultat ≥ VS

Qualification des analyses nitrates

NQ	RQi10	RQ1020	RQ2040	RQ4050	RQs50
Non quantifié	Résultat quantifié < 10 mg/l	10≤Résultat quantifié<20 mg/l	20≤Résultat quantifié<40 mg/l	40≤Résultat quantifié<50 mg/l	Résultat quantifié ≥50 mg/l

Qualification des analyses éléments traces indésirables

NQ	RQi1	RQ12	RQ23	RQ34	RQ45	RQ56
Non quantifié	Résultat quantifié < seuil 1	Seuil 1 ≤Résultat quantifié<seuil 2	Seuil 2 ≤Résultat quantifié<seuil 3	Seuil 3 ≤Résultat quantifié<seuil 4	Seuil 4 ≤Résultat quantifié<seuil 5	Seuil 5 ≤Résultat quantifié<seuil 6

RQ67	RQ78	RQs
Seuil 6 ≤Résultat quantifié<seuil 7	Seuil 7 ≤Résultat quantifié<seuil 2	Résultat quantifié ≥dernier seuil[13]

Illustration 34 : Tableaux de qualification des analyses pour les produits phytosanitaires, les nitrates, les éléments traces et indésirables.

Dans un deuxième temps, un résumé statistique permet d'obtenir par paramètre (sauf pour les phytosanitaires, toutes molécules confondues) et par point ADES ou par captage SISE :

- le nombre d'analyses sur la période totale, entre 2003 et 2007 et après 2007[14] ;
- la date du premier et du dernier prélèvement ;
- le minimum sur la période totale ;
- la moyenne sur la période totale (en prenant résultat/2 pour les analyses non quantifiées) ;
- le maximum sur la période totale, entre 2003 et 2007 et après 2007 ;

[12] VS = Valeur seuil

[13] Variable selon paramètre

[14] Distinction avant/après 2007 uniquement pour les nitrates et les phytosanitaires, cette date représentant un changement de cycle « DCE », et les améliorations des technologies analytiques étant considérées comme notables selon l'AEAG, particulièrement concernant les phytosanitaires

- le nombre d'analyses pour chaque classe définie ci-dessus ;
- le nombre total d'analyses quantifiées sur la période totale, entre 2003 et 2007 et après 2007.

Et en particulier pour les phytosanitaires :

- les molécules quantifiées (avec l'information sur le taux de quantification et le nombre de prélèvements avec recherche) ;
- le pourcentage d'analyses quantifiées supérieures au seuil par rapport au nombre de quantifications.

Ces résultats ont finalement été agglomérés par entité BD Lisa.

7.4.4. Cas particulier des analyses SISE-Eaux sur MCA

Il est important de noter que les analyses SISE-Eaux conservées sont réalisées sur les installations CAP et MCA. Les calculs statistiques sont d'abord effectués sur les installations (CAP ou MCA) puis elles sont ramenées aux captages (CAP) seuls ou situés en amont des MCA grâce à la table des liens entre installations CAP-MCA. Ceci permet d'affecter chaque analyse à un point géolocalisé (les MCA ne l'étant pas) et d'augmenter le nombre d'analyses par rapport à la seule exploitation des analyses sur CAP.

L'hypothèse est donc faite que la qualité d'eau des CAP alimentant un MCA est homogène. Il est important de garder en tête ce postulat lors de l'analyse et c'est pour cela que dans les bases finales, l'origine de la donnée est conservée (analyse sur CAP ou MCA). On constatera, dans certains cas, que cette hypothèse d'homogénéité des eaux ne peut malheureusement pas être assurée dans tous les cas.

7.4.5. Pertinence de l'exploitation des données d'analyses en TTP et UDI eaux souterraines

Dans un premier temps, afin d'évaluer s'il est pertinent d'utiliser ce type de données pour évaluer la qualité de la ressource en eau souterraine, les résultats moyens d'analyses eau brute sont comparés avec ceux sur eau distribuée (TTP ou UDI). Le calcul d'une moyenne des résultats d'analyses à la fois sur les eaux brutes et les eaux « traitées » n'est pertinent que sur certains paramètres, dotés nombreuses analyses avec un fort taux de quantification. Les analyses sur les phytosanitaires sont donc écartées de la comparaison ainsi que certains éléments traces présentant trop peu d'analyses ou trop peu de quantifications sur la période d'étude. Seules les analyses des paramètres nitrates, aluminium, arsenic et baryum sont donc comparées. Un test sur les éléments majeurs qui présentent le plus d'analyses a également été réalisé pour les conductivités à 25 °C (Illustrations 35 à 39).

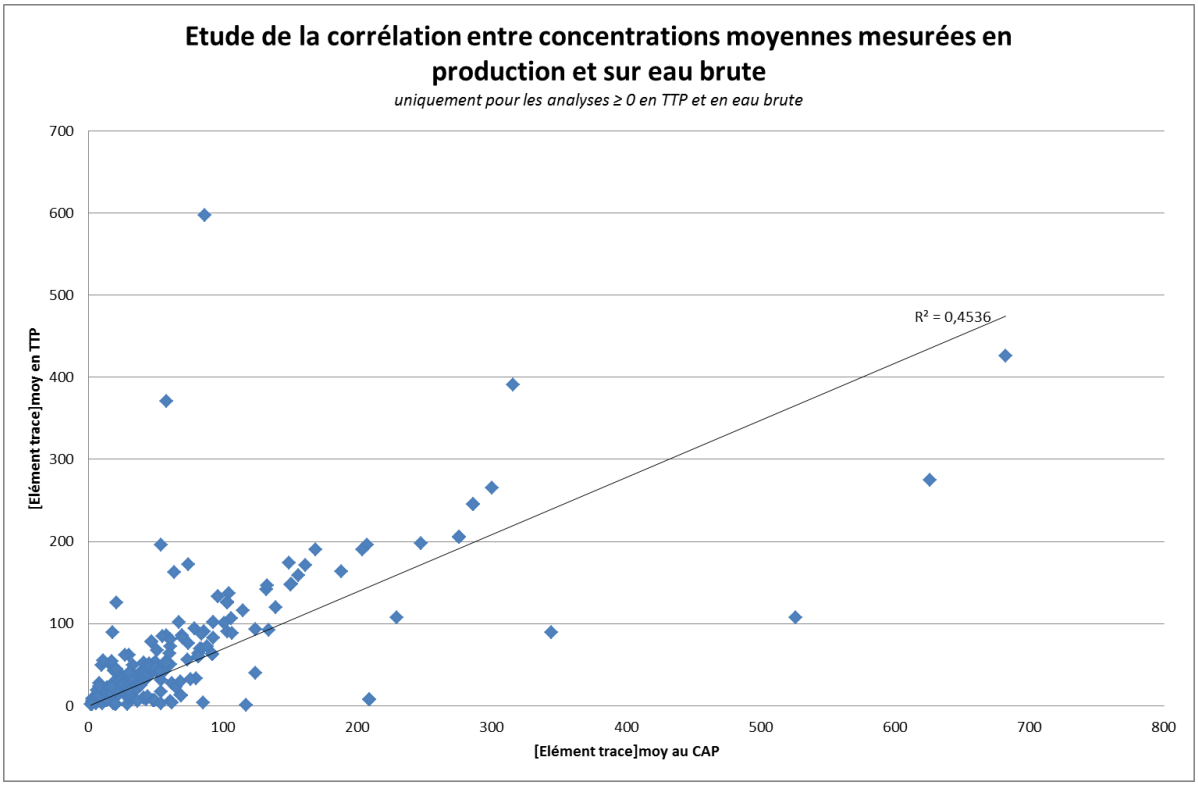


Illustration 35 : Graphe des analyses moyennes en TTP = f(analyses moyennes) en eau brute pour l'aluminium.

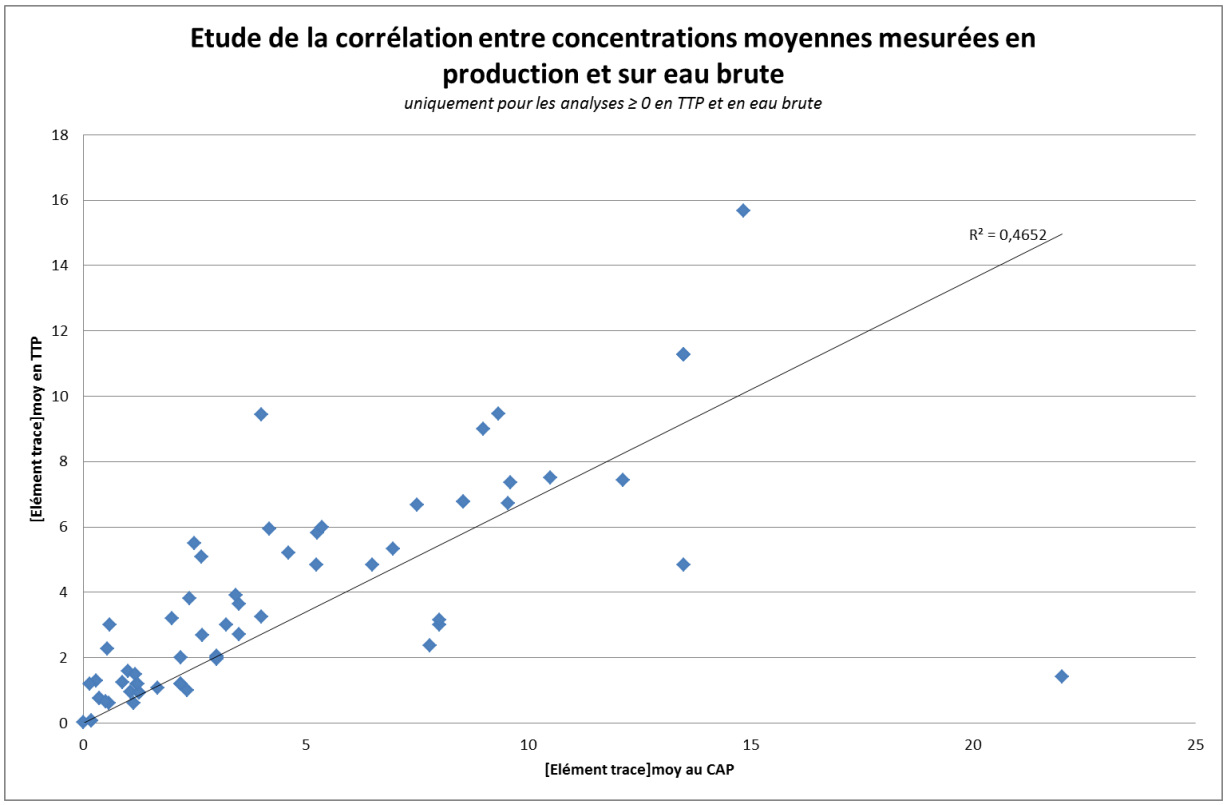


Illustration 36 : Graphe des analyses moyennes en TTP = f(analyses moyennes) en eau brute pour l'arsenic.

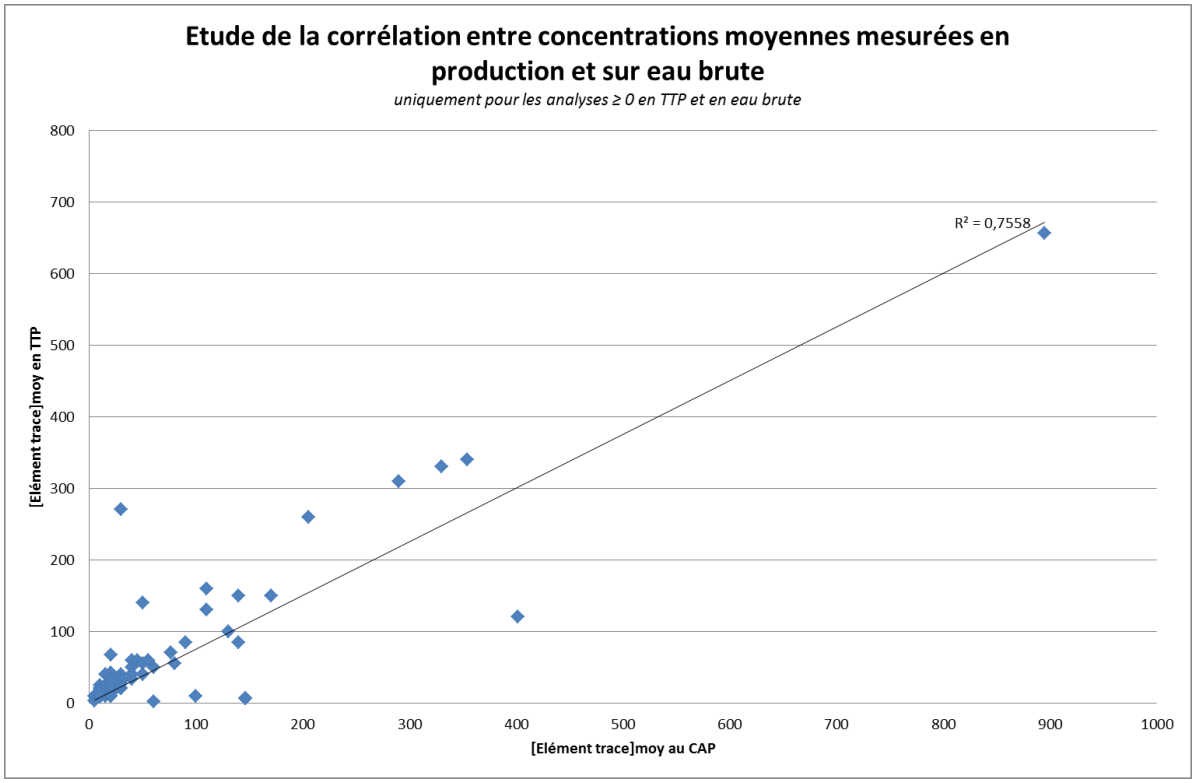


Illustration 37 : Graphe des analyses moyennes en TTP = f(analyses moyennes) en eau brute pour le baryum.

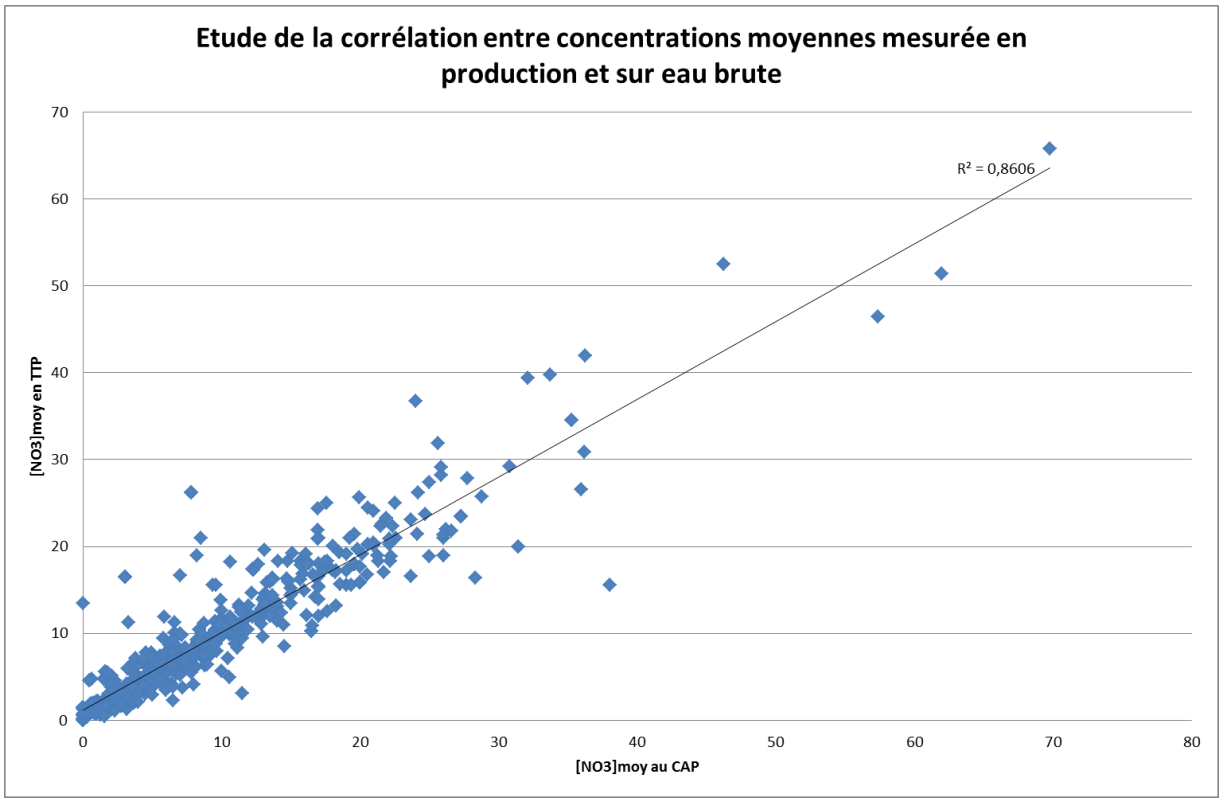


Illustration 38 : Graphe des analyses moyennes en TTP = f(analyses moyennes) en eau brute pour les nitrates.

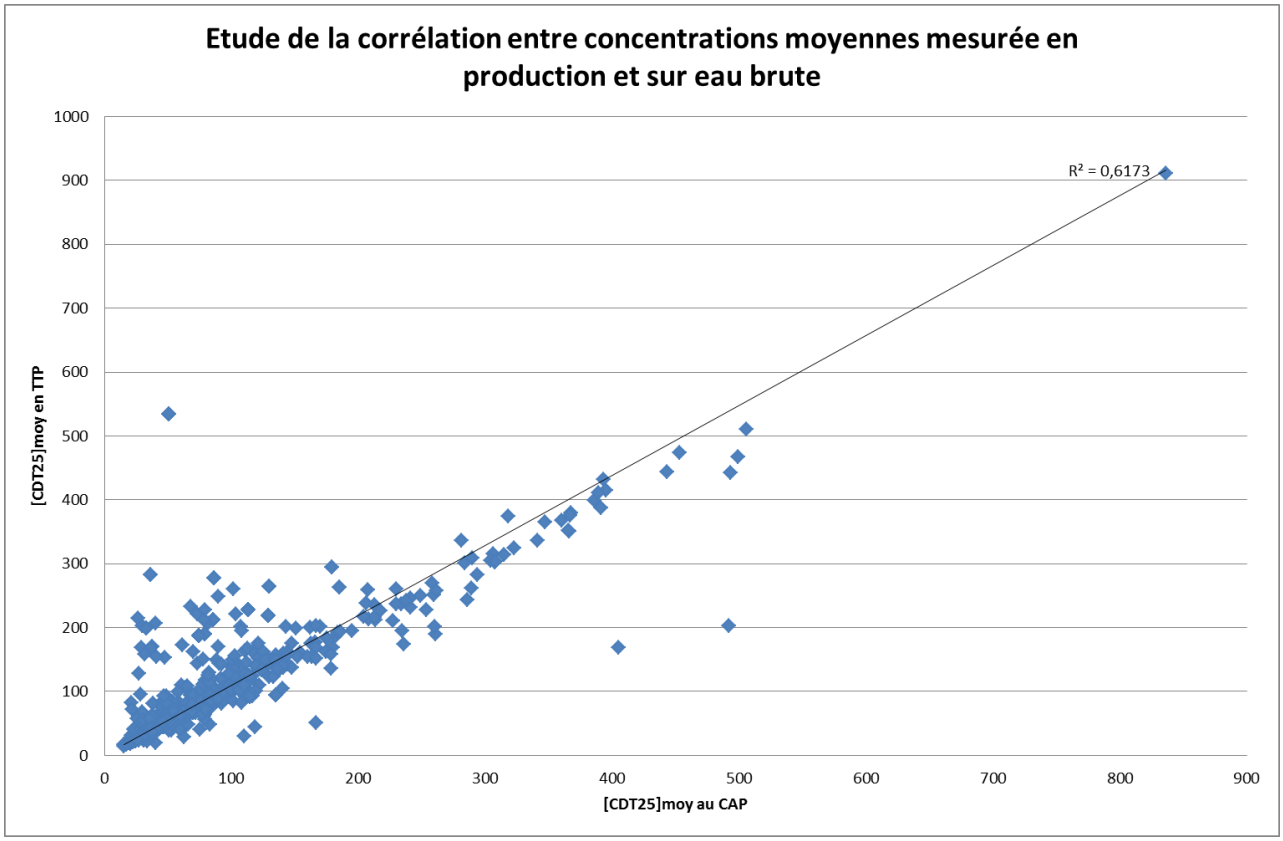


Illustration 39 : Graphe des analyses moyennes en TTP = f(analyses moyennes) en eau brut pour les conductivités à 25 °C.

En première approche, il semblerait que la corrélation entre valeurs mesurées en TTP et en eau brute soit valable pour certains points. Sur les points s'écartant de cette règle « générale », l'étude plus précise des types de traitement permet de préciser leur influence sur les concentrations de ces éléments. En effet, il est rappelé que la sélection TTP porte sur des traitements dits « simples » : filtration et/ou désinfection. Ce même travail de comparaison a été réalisé sur des analyses correspondant à des prélèvements réalisés le même jour sur le TTP et le captage, ou sur l'UDI et le captage. De fait, l'échantillon permettant la validation est plus réduit. Étant donné le nombre restreint d'analyses sur la période d'étude, cette comparaison n'a pu être effectuée que sur les paramètres conductivité et nitrates (nombres de couples d'analyses pour chaque paramètre considéré comme acceptables pour effectuer une régression linéaire). Les corrélations sont plutôt bonnes pour les deux paramètres, avec de meilleurs résultats pour les nitrates.

Le graphique de l'Illustration 40 présente l'exemple pour les résultats d'analyse nitrates sur les TTP. Les droites rouges et vertes représentent le résultat TTP ± l'écart-type des écarts entre eau brute et TTP.

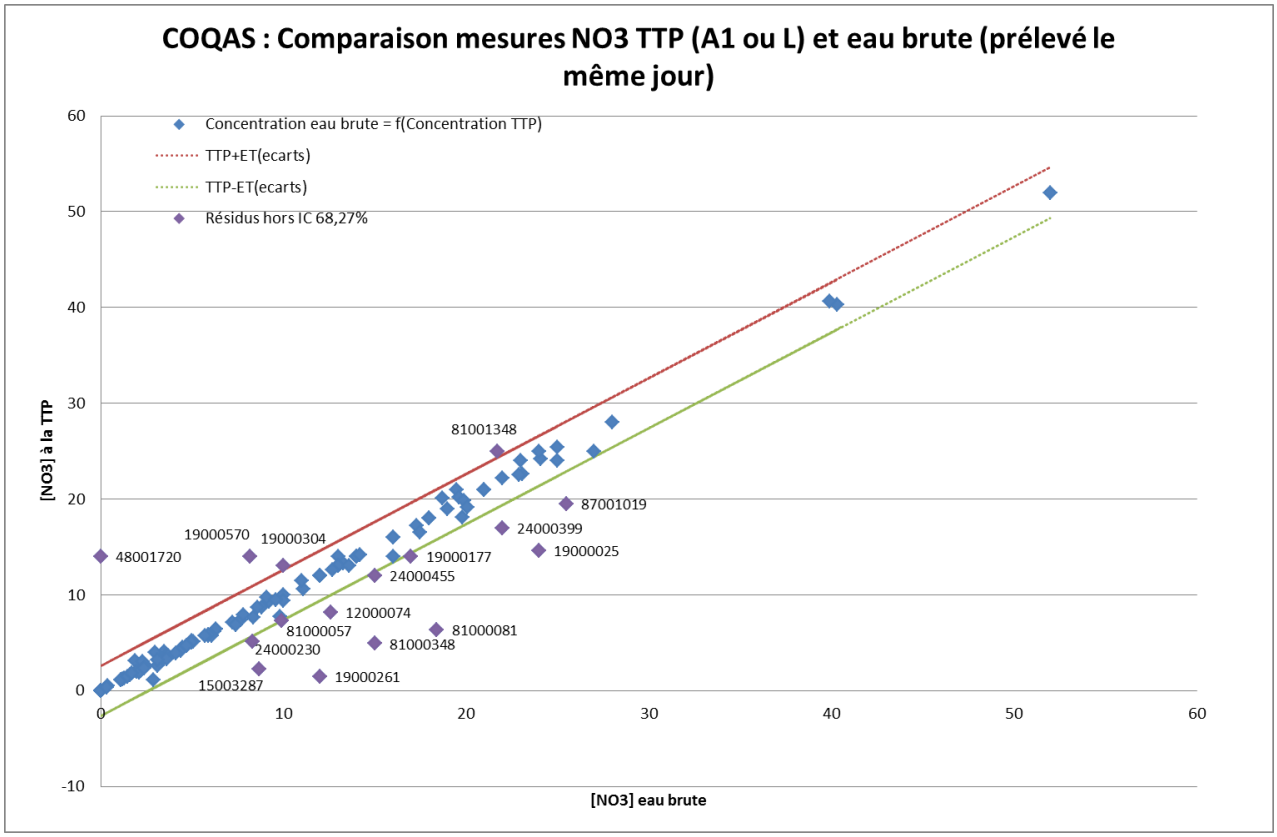


Illustration 40 : Exemple de corrélation entre eau brute et TTP pour les nitrates.

Les autres graphiques sont fournis en annexe 7.

Concernant les points s'écartant de la droite de régression, même si l'information n'est pas systématiquement disponible dans le fichier SISE Eaux, il est constaté que plusieurs d'entre eux alimentent une TTP avec un traitement de neutralisation/reminéralisation. Il semble probable que ce traitement pourrait modifier plus fortement la qualité de l'eau de l'eau brute qu'une simple filtration.

En conclusion, même si l'échantillon de validation est assez faible, on peut estimer que l'utilisation de données qualité en production ou en distribution n'est pas aberrante pour ces paramètres. En effet, la qualité de l'eau traitée semble représentative de la qualité de la ressource, moyennant un choix préalable du type de TTP (A1 ou L et hors reminéralisation) et sur des structures de réseaux simples. Leur utilisation est particulièrement pertinente pour l'analyse des tendances d'évolution des nitrates qui nécessite des chroniques les plus longues possibles. Même si des doutes peuvent en effet persister sur la valeur de concentration en TTP, on peut supposer que les tendances évoluent de la même manière entre une eau brute et une eau traitée. Il serait sans doute intéressant d'étudier plus finement et à partir d'une liste exhaustive de paramètres, dans quelle mesure le traitement va influencer (ou non) les concentrations des différents éléments. ***Dans le programme COQAS, les analyses en TTP et UDI, ainsi que celles sur eau brute, ont seulement été utilisées pour l'étude des tendances nitrates, qui nécessite une chronique d'analyses la plus longue possible.***

L'ordre de grandeur du nombre d'analyses supplémentaires apporté par l'utilisation des données TTP et UDI est d'environ 14 700, soit plus de 2,5 fois que si l'on considérait les seules analyses en eau brute (environ 9 130). Il est donné à titre indicatif sur le tableau de l'Illustration 41.

Paramètre	Nombre d'analyses eau brute	Nombre d'analyses TTP	Nombre d'analyses UDI
Nitrate	9136	12171	2538

Illustration 41 : Nombre d'analyses supplémentaires apportées par les données en TTP et UDI.

7.5. PRODUITS PHYTOSANITAIRES

7.5.1. Choix des valeurs seuils

Pour les paramètres phytosanitaires, la valeur seuil retenue est celle de la norme eau potable de **0,1 µg/l** pour la plupart des molécules et de 0,03 µg/l pour l'aldrine, la dieldrine, l'heptachlore et l'heptachlorépoxyde.

7.5.2. Sélection de « points à problèmes »

La sélection des points à problèmes « phytosanitaires » est basée sur la concentration de l'élément, du nombre de quantification, et de la date de l'analyse (avant ou après 2007) comme indiqué sur les tableaux de l'Illustration 42.

Le point présente-t-il une contamination en produits phytosanitaires significative ?	Non	Oui
	Aucune quantification ≥ 0,1 µg/l	Pourcentage de quantification ≥ 0,1 µg/l non nul

Indice de confiance	Nb d'analyses quantifiées < 5	5 ≤ Nb d'analyses quantifiées < 10	Nb d'analyses quantifiées ≥ 10
Nb d'analyses quantifiées après 2007 < 50 % du total	Faible	Faible	Moyen
Nb d'analyses quantifiées après 2007 ≥ 50 % du total	Faible	Moyen	Fort

Illustration 42 : Méthode de choix des points à problèmes « phytosanitaires » pour les eaux souterraines et indice de confiance.

7.5.3. Résultats

Les résultats des analyses d'eau souterraine pour les produits phytosanitaires sont récapitulés dans les tableaux de l'Illustration 43. Il est à remarquer le faible nombre d'analyses réalisées pour les données issues de ADES. Les molécules les plus recherchées et les plus détectées sur la zone d'étude concernent essentiellement des herbicides. Elles sont indiquées avec leur taux de quantification sur l'Illustration 44. Les points avec analyses phytosanitaires sont représentés cartographiquement en fonction du taux de quantification dépassant ou pas le seuil de 0,1 µg/l (Illustration 45).

Nombre d'analyses (tous paramètres confondus)	Nb de points avec au moins une analyse[15]	Nb moyen d'analyses par paramètre, par point sur la période	Origine donnée
34 932	6	12	ADES hors SISE-Eaux
326 738	923	<2	SISE-Eaux

Département	Nature inconnue	SOURCE	FORAGE/PUITS
12		20	1
15	4		7
19		24	29
24		5	1
34		1	
46		6	
48	1	6	
81		9	
87		2	1

Illustration 43 : Synthèse des résultats et nature des points à problèmes « phytosanitaires » pour les eaux souterraines.

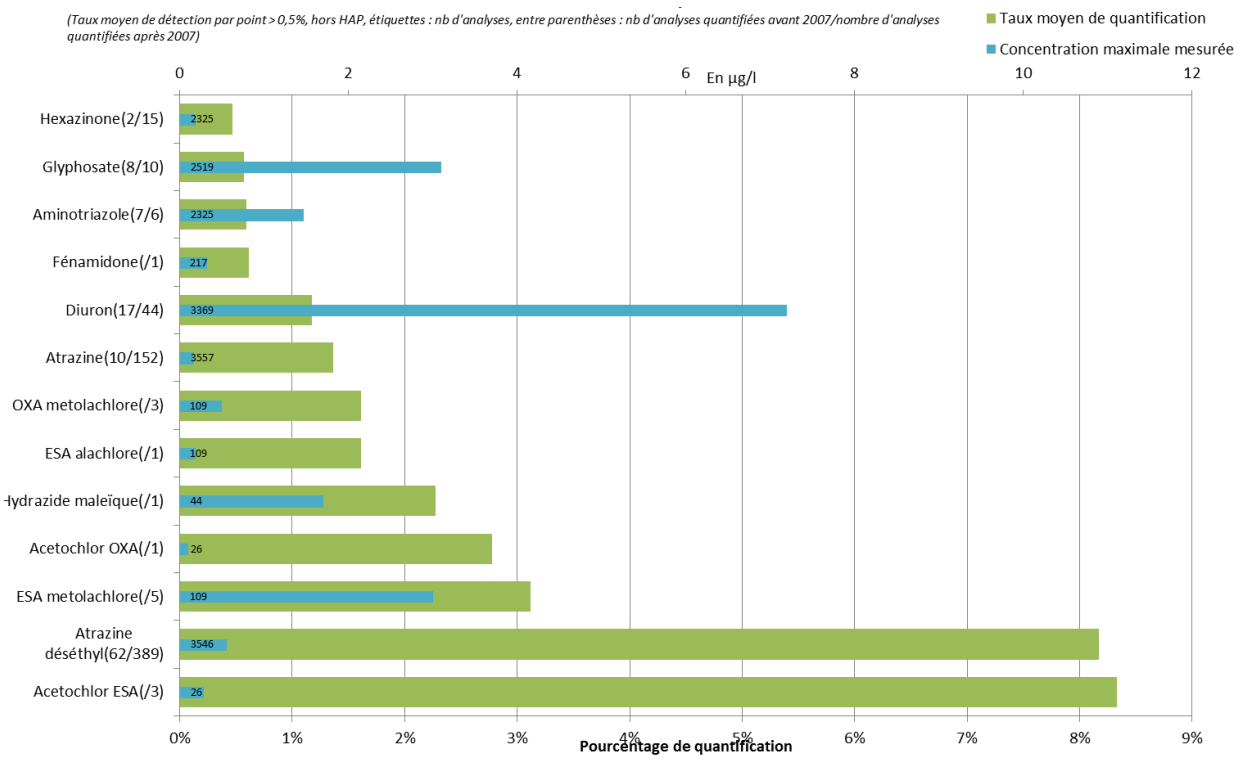
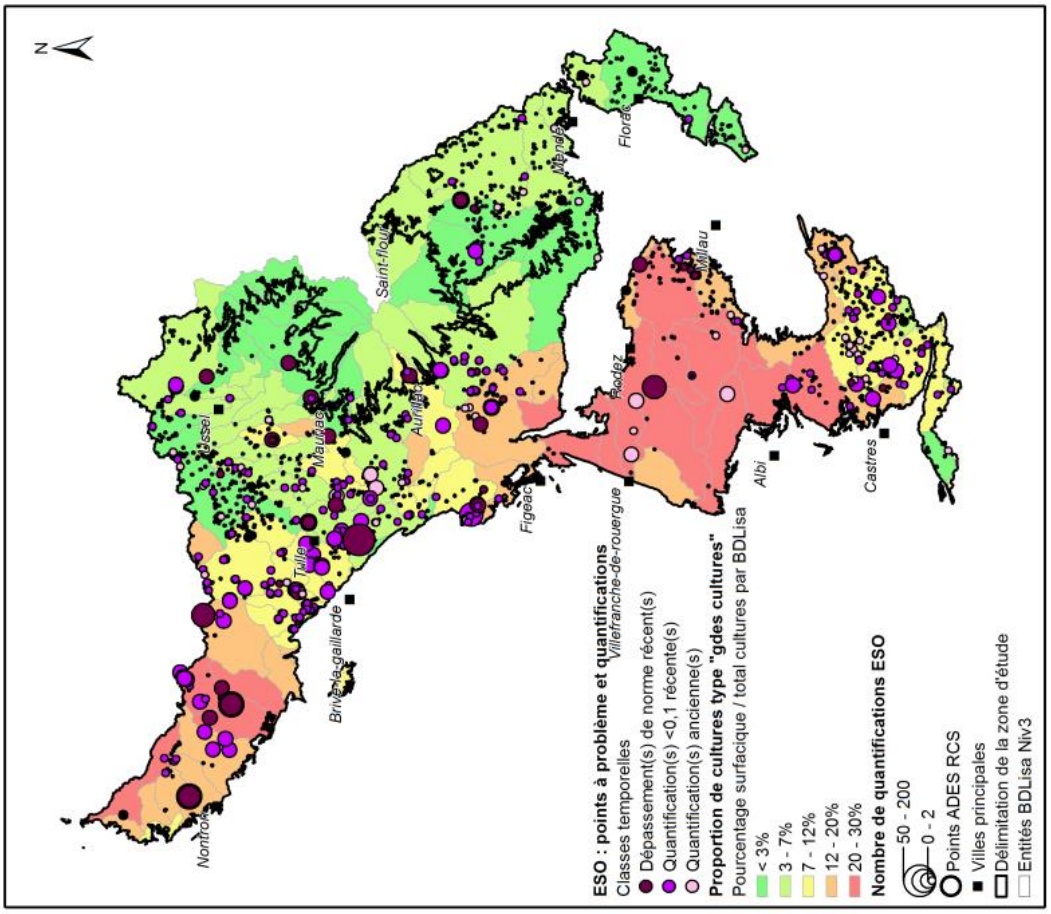


Illustration 44 : Graphe des taux de quantification des principales molécules rencontrées dans les eaux souterraines entre 2003 et 2014 (données SISE'Eaux et ADES).

[15] Variable d'un paramètre à l'autre.



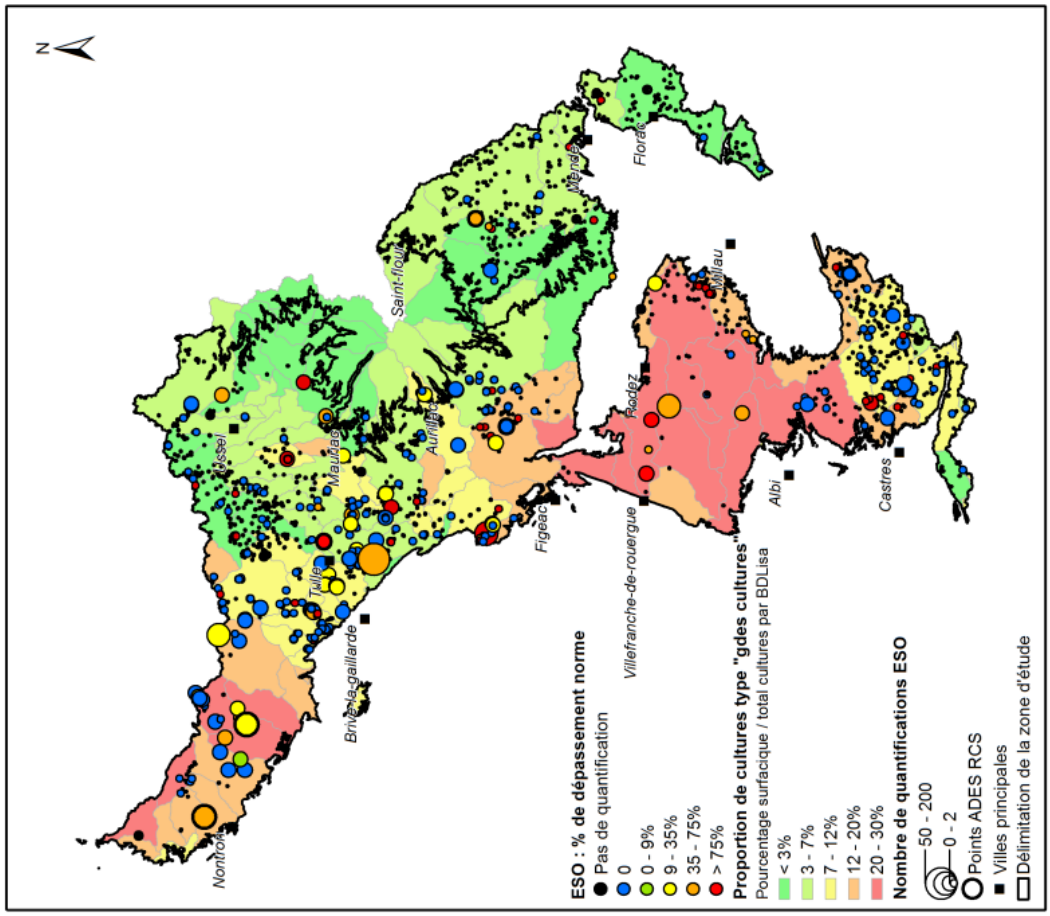


Illustration 45 : Cartes des résultats « qualité » des eaux souterraines pour les produits phytosanitaires.

Les points d'eau souterraine contaminés par les produits phytosanitaires se répartissent de façon ponctuelle sur toute la zone d'étude avec des densités de points à problèmes plus importantes au nord-ouest. La présence de zones sans ou à faible densité de points de mesures, le faible nombre d'analyses quantifiées, et le fait qu'une analyse sur des points AEP soit susceptible d'être influencée par une potentielle dilution de l'eau (mélange de captages) rend difficile l'interprétation de ces données.

7.6. NITRATES

7.6.1. Choix des valeurs seuils

Pour les nitrates, la norme AEP fait foi : toute analyse supérieure à 50mg/l doit être considérée comme « à problème ». Cependant, des valeurs seuils inférieures sont ajoutées afin de qualifier de façon plus précise le degré de contamination, notamment en les confrontant aux tendances d'évolution des concentrations : **0-20 mg/l / 20-40 mg/l / 40-50 mg/l**.

7.6.2. Tendances d'évolution des concentrations en nitrates

L'outil d'analyse statistique des séries temporelles d'évolution de la qualité des eaux (HYPE ; cf. rapport BRGM/RP-63066-FR) du BRGM a été utilisé sur le paramètre nitrates. C'est en effet le seul paramètre de l'étude dont le nombre d'analyses quantifiées est suffisant pour réaliser ce traitement. Pour chaque point de mesure (analyses eau brutes, TTP et UDI sélectionnées pour les données SISE, eau brutes pour ADES) est déterminée la présence ou non d'une tendance d'évolution significative, selon le test statistique de Mann-Kendall, lorsque le nombre de données le permet. La valeur de la pente est calculée à partir de la méthode de Sen. Les résultats sont disponibles sous forme tabulaire et sous format pdf pour les graphiques (exemple de traitement en Illustration 46). La synthèse des résultats des analyses de tendance « nitrates » pour les eaux souterraines avec l'outil HYPE est fournie dans le tableau de l'Illustration 47.

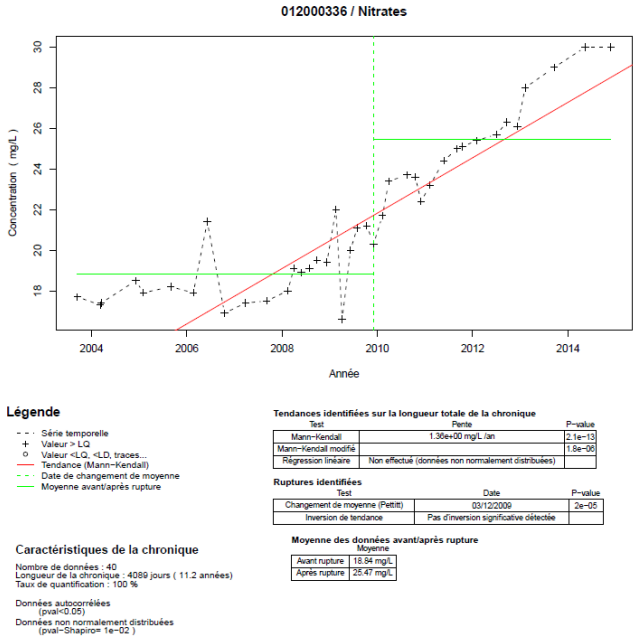


Illustration 46 : Exemple de graphique proposé par HYPE pour le calcul des tendances nitrates sur un point d'eau de la zone d'étude.

Sorties HYPE	Nombre de chroniques	Confirmation visuelle (pour les points avec moyennes ≥ 10 mg/l et pente ≥ 0,5)
Pas assez de données pour effectuer un test de tendance de Mann-Kendall	952	-
Aucune tendance significative n'est détectée	523	-
La chronique est stationnaire	399	-
Tendance significative à la baisse	175	-
Tendance significative à la hausse	256	53
Nombre total de chroniques analysées	2 305	-

Illustration 47 : Synthèse des analyses de tendance « nitrates » pour les eaux souterraines.

7.6.3. Sélection de « points à problèmes »

Afin de détecter les points présentant une problématique particulière selon les différents paramètres étudiés, des critères sont mis en place pour mettre en avant les contaminations les plus significatives. La sélection des points à problèmes « nitrates » est basée sur la concentration moyenne, la tendance à la hausse, et la date de l'analyse (avant ou après 2007) comme indiqué sur les tableaux de l'Illustration 48.

Le point présente-t-il une contamination nitrates significative ?	Non	Oui	Oui
	[NO3]moy < 10 mg/l ou 10≤[NO3] moy < 40 mg/l et pas de tendance à la hausse	10 ≤ [NO3]moy < 40 mg/l et tendance à la hausse	[NO3]moy ≥ 40 mg/l

Indice de confiance	Nb analyses < 5	5≤Nb analyses<10	Nb analyses≥10
Nb analyses après 2007 < 50 % du total	Faible	Faible	Moyen
Nb analyses après 2007 ≥ 50 % du total	Faible	Moyen	Fort

Illustration 48 : Méthode de choix des points à problèmes « nitrates » pour les eaux souterraines et indice de confiance.

7.6.4. Résultats

Les résultats des analyses d'eau souterraine pour les nitrates sont récapitulés dans le tableau de l'Illustration 49. Les classes de concentrations moyennes sont représentées cartographiquement, accompagnées des points avec tendances à la hausse confirmée (Illustration 50). Plusieurs points à problème « nitrates » pour les eaux souterraines sont mis

en évidence. Ils se situent principalement en Aveyron et dans le Tarn, et plus ponctuellement dans le Cantal, en Lozère, en Corrèze et en Dordogne.

Nombre d'analyses	Nb de points avec au moins une analyse	Nb moyen d'analyses par point sur la période	Origine donnée
468	23	20	ADES hors SISE-Eaux
6 960	1 470	5	SISE-Eaux

Illustration 49 : Synthèse des résultats des analyses « nitrates » pour les eaux souterraines.

7.7. ÉLÉMENTS TRACES ET INDÉSIRABLES

7.7.1. Choix des valeurs seuils

Le choix de valeurs seuils autres que celles correspondant aux normes AEP[16] eaux souterraines classiquement utilisées ou aux NQE[17] eaux superficielles s'est imposé afin d'analyser plus finement les concentrations en éléments traces et indésirables dans les eaux.

Pour les paramètres des groupes « métaux », « micropolluants minéraux » et « oligo-éléments », que l'on nommera plus simplement « éléments traces et indésirables », les faibles concentrations mesurées incitent à tester plusieurs valeurs seuils pouvant être inférieures aux normes, lorsqu'elles existent. Par soucis de simplification, ce travail a été fait uniquement sur les éléments présentant des analyses sur plus de 20 points de la zone d'étude et pertinents pour l'analyse (exclusion du Fer total et Manganèse total) : Fer dissous, As, Al, Ba, B, Ni, Cd, Zn, Pb, F, Cu, Sb, Cr. Les choix des seuils correspondent aux valeurs des quartiles des différents échantillons de données pour les eaux souterraines (ESO, données SISE) et pour les eaux superficielles (ESU), en intercalant les normes NQE ou AEP et des seuils intermédiaires arbitraires lorsque les écarts entre seuils sont importants. Les normes NQE ESU choisies le sont en concentration maximale admissible lorsqu'elles existent. Ces seuils sont récapitulés dans le tableau en annexe 6.

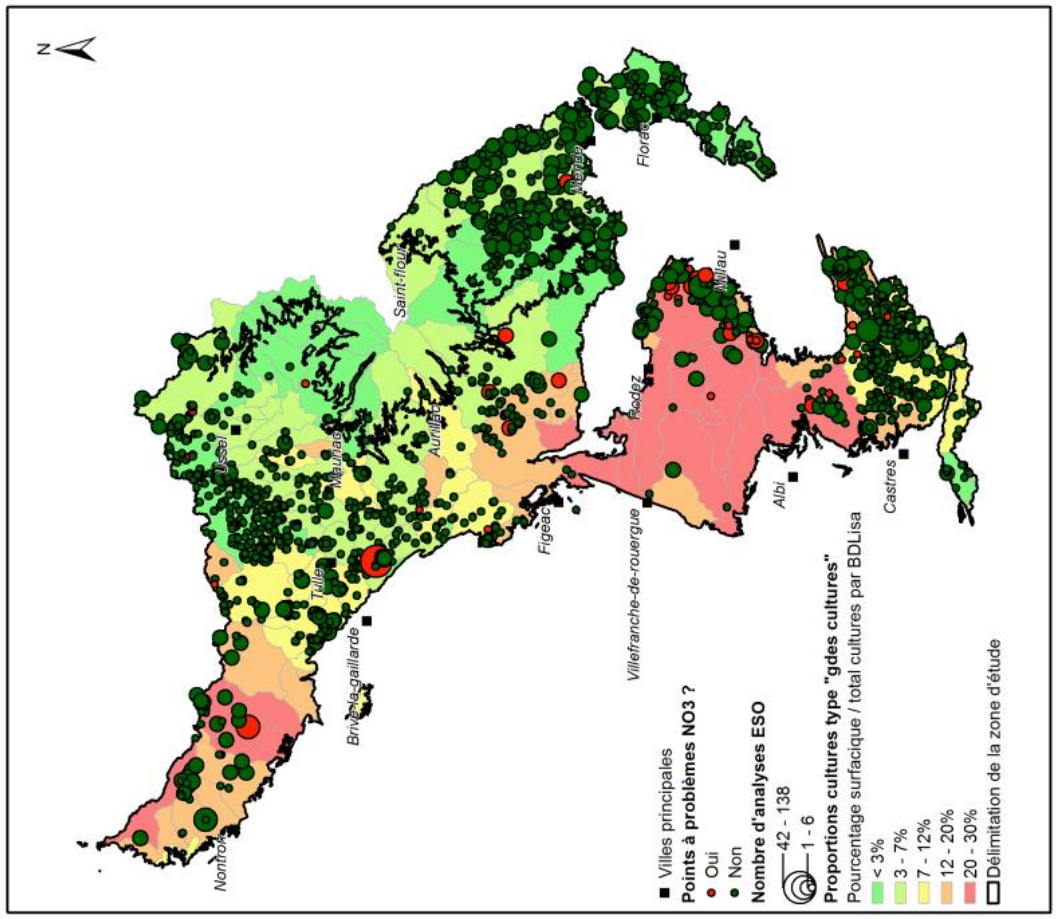
7.7.2. Sélection des points présentant des concentrations « anomales »

La même méthode que celle présentée pour les teneurs dans les sols est proposée pour déterminer les concentrations anomales, à savoir l'utilisation des vibrisses de Tukey (ou boîtes à moustaches). Les valeurs situées au-delà des vibrisses théoriques sont considérées comme étant anomaliques par rapport à la population considérée.

Le coefficient α = 1,5, permet, selon Tukey, de calculer une vibrisse théorique interne au-delà de laquelle les anomalies sont qualifiées de suspectes (un coefficient α = 3, permet de définir une vibrisse externe au-delà de laquelle les anomalies sont qualifiées d'extrêmes) (cf. boîtes à moustaches pour les éléments traces sur les eaux souterraines en Illustration 51 et la synthèse des résultats associés en Illustration 52).

[16] Limites et références de qualité définies dans l'arrêté du 11/01/2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine

[17] Norme de Qualité Environnementale issue de l'arrêté du 25/01/2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface ainsi que l'annexe II de la Directive 2013/39/UE du 12/08/2013 sur les substances prioritaires



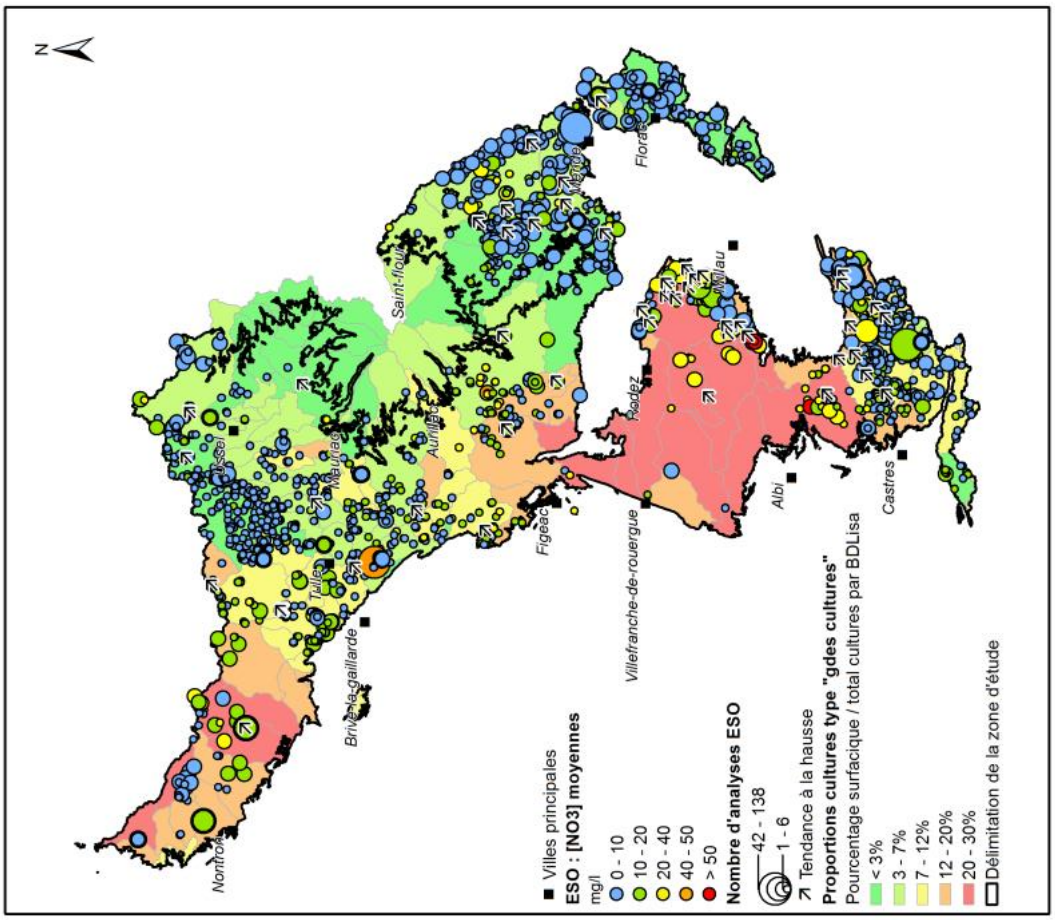


Illustration 50 : Cartes des résultats « qualité » des eaux souterraines pour les nitrates.

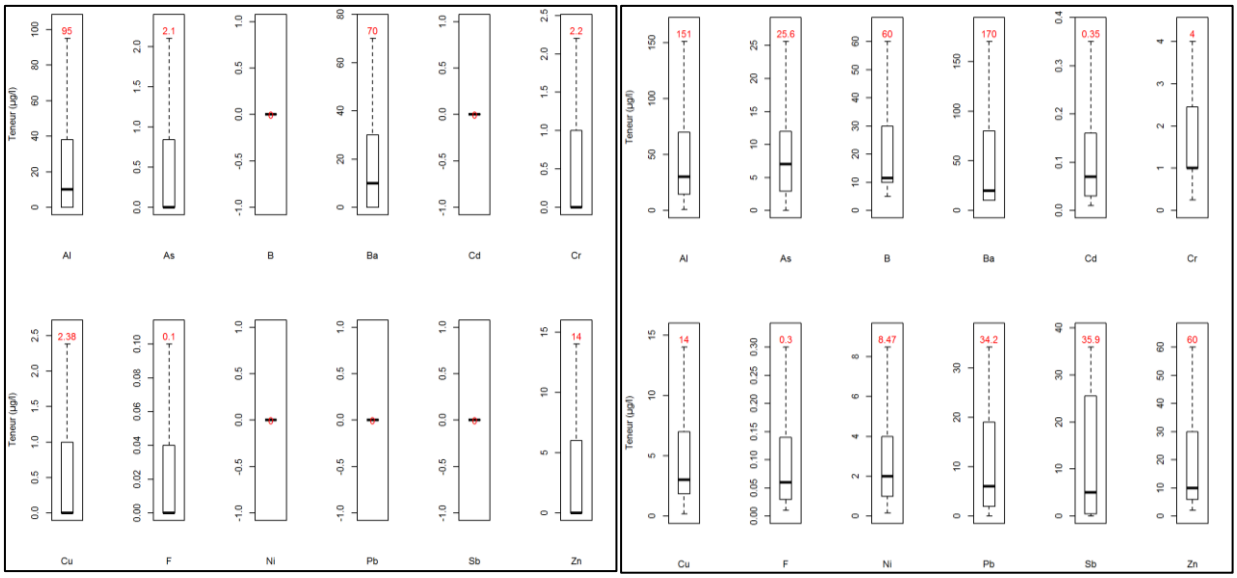


Illustration 51 : Boîtes à moustaches pour les éléments traces sur les eaux souterraines (toutes analyses confondues à gauche, uniquement sur les analyses quantifiées à droite) α = 1,5 – logiciel R (unités en µg/l excepté pour F en mg/l).

On constate que pour le calcul sur l'ensemble des analyses, la méthode de Tukey n'est pas discriminante pour les paramètres B, Cd, Ni, Pb et Sb. La particularité des vibrisses de Tukey est de définir un seuil d'anomalie n'étant pas influencé par les valeurs extrêmes de la population mais uniquement basé sur le rang des individus. Les vibrisses de Tukey ne requièrent théoriquement pas la normalité des données. Cependant une dissymétrie de la distribution influence directement le nombre d'anomalies. C'est le cas ici, et particulièrement pour ces éléments, pour lesquels il y a très peu de données quantifiées.

Par ailleurs, pour certains éléments, le nombre de valeurs disponibles est relativement faible et l'analyse doit être considérée avec prudence (ex : Cr, Zn).

Quantif et non quantif	Al (µg/l)	As (µg/l)	B (µg/l)	Ba (µg/l)	Cd (µg/l)	Cr (µg/l)	Cu (µg/l)	F (mg/l)	Ni (µg/l)	Pb (µg/l)	Sb (µg/l)	Zn (µg/l)
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Moyenne	42.78	2.52	9.34	61.50	0.05	0.74	1.47	0.19	0.67	1.38	0.74	43.30
Maximum	4462.00	165.00	10000.00	1460.00	6.00	130.00	150.00	71.00	114.00	175.00	35.90	9000.00
Moustache inf.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1er quartile	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Médiane	10.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3ème quartile	38.00	0.84	0.00	30.00	0.00	1.00	1.00	0.04	0.00	0.00	0.00	6.00
Moustache sup. interne	95.00	2.10	0.00	70.00	0.00	2.20	2.38	0.10	0.00	0.00	0.00	14.00
Moustache sup. externe	152.00	3.36	0.00	120.00	0.00	4.00	4.00	0.16	0.00	0.00	0.00	24.00
Nombre de valeurs	1780.00	3685.00	3036.00	1512.00	2819.00	890.00	979.00	3254.00	2989.00	1408.00	3071.00	946.00
Nombre d'outliers	179.00	738.00	448.00	223.00	375.00	28.00	126.00	245.00	510.00	292.00	362.00	133.00
% d'outliers	10.06%	20.03%	14.76%	14.75%	13.30%	3.15%	12.87%	7.53%	17.06%	20.74%	11.79%	14.06%

Quantifiées	Al (µg/l)	As (µg/l)	B (µg/l)	Ba (µg/l)	Cd (µg/l)	Cr (µg/l)	Cu (µg/l)	F (mg/l)	Ni (µg/l)	Pb (µg/l)	Sb (µg/l)	Zn (µg/l)
Minimum	0.79	0.02	5.00	10.00	0.01	0.25	0.19	0.01	0.16	0.05	0.01	2.00
Moyenne	73.28	10.85	117.48	106.14	0.20	7.27	7.22	0.69	4.25	18.53	11.87	205.71
Maximum	4462.00	165.00	10000.00	1460.00	6.00	130.00	150.00	71.00	114.00	175.00	35.90	9000.00
Moustache inf.	0.79	0.02	5.00	10.00	0.01	0.25	0.19	0.01	0.16	0.05	0.01	2.00
1er quartile	14.50	2.90	10.00	10.00	0.03	1.00	1.87	0.03	1.00	2.00	0.44	6.00
Médiane	30.00	7.00	11.45	20.00	0.07	1.00	3.00	0.06	2.00	6.00	5.00	10.00
3ème quartile	70.00	12.00	30.00	80.00	0.16	2.45	7.00	0.14	4.00	19.00	25.50	30.00
Moustache sup. interne	151.00	25.60	60.00	170.00	0.35	4.00	14.00	0.30	8.47	34.20	35.90	60.00
Moustache sup. externe	236.50	39.30	90.00	290.00	0.55	6.80	22.41	0.47	13.00	70.00	100.68	102.00
Nombre de valeurs	1023.00	791.00	190.00	876.00	194.00	31.00	107.00	687.00	299.00	73.00	138.00	190.00
Nombre d'outliers	94.00	58.00	12.00	143.00	24.00	5.00	10.00	86.00	34.00	12.00	0.00	18.00
% d'outliers	9.19%	7.33%	6.32%	16.32%	12.37%	16.13%	9.35%	12.52%	11.37%	16.44%	0.00%	9.47%

Illustration 52 : Synthèse des valeurs associées aux boîtes à moustache « éléments traces » dans les eaux souterraines pour les analyses totales (en haut), pour les seules analyses quantifiées (en bas).

Compte-tenu de ces résultats, seule la cartographie des points anomaux pour les éléments Al, As, Ba, F et Zn est proposée, en utilisant comme seuil la moustache supérieure externe (Illustration 53). Les points anomaux sont ceux qui présentent au moins un dépassement de cette valeur seuil.

Élément	VS ESO
Aluminium (µg/l)	152
Arsenic (µg/l)	3,36
Baryum (µg/l)	120
Fluor (mg/l)	0,16
Zinc (µg/l)	24

Illustration 53 : Valeurs seuils (VS) pour les eaux souterraines - Éléments : Al, As, Ba, F, Zn.

Afin de mettre en évidence d'éventuelles zones anomales pour les eaux souterraines, un croisement cartographique des points anomaux est réalisé avec les zones hydrographiques BD Carthage. Selon les paramètres et le nombre de quantifications observées, les choix suivants sont faits (Illustration 54) :

Élément	Critère ZH anomale
Aluminium	Au moins 2 points anomaux et pourcentage de non quantifications ≤ 10 %
Arsenic	Plus de 2 points anomaux
Baryum	Au moins 2 points anomaux
Fluor	Au moins 1 point anomal et pourcentage de non quantifications ≤ 30 %
Zinc	Au moins 1 point anomal et pourcentage de non quantifications ≤ 30 %

Illustration 54 : Critères discriminants pour la mise en évidence de zones hydrographiques anomale pour les éléments traces dans les eaux souterraines.

7.7.3. Sélection de points à « problème » pour les éléments traces indésirables

Comme décrit précédemment, différents seuils ont été testés pour les éléments traces indésirables étudiés. La représentation cartographique de la proportion d'analyses quantifiées au sein de ces classes permet de distinguer des zones de contamination plus ou moins homogènes, et surtout le seuil discriminant pour définir ces zones. Il est choisi visuellement, avec l'aide du fond cartographique de l'inventaire minier lorsqu'il existe. Les points à « problème » pour les différents éléments suivants sont donc identifiés grâce à ce seuil « discriminant » (Illustration 55). Les indices de confiance des points « à problème » pour les éléments traces dans les eaux souterraines sont estimés en fonction du nombre d'analyses quantifiées, comme présentés en Illustration 56.

Le point présente-t-il une contamination significative ?	Non	Oui
As	Majorité de quantifications < 4,2 µg/l	Majorité de quantifications ≥ 4,2 µg/l
B	Majorité de quantifications < 30 µg/l	Majorité de quantifications ≥ 30 µg/l
Ba	Majorité de quantifications < 32 µg/l	Majorité de quantifications ≥ 32 µg/l
Cd	Majorité de quantifications < 0,07 µg/l	Majorité de quantifications ≥ 0,07 µg/l
Cr	Majorité de quantifications < 2,3 µg/l	Majorité de quantifications ≥ 2,3 µg/l
Cu	Majorité de quantifications < 1,4 µg/l	Majorité de quantifications ≥ 1,4 µg/l
Ni	Majorité de quantifications < 2 µg/l	Majorité de quantifications ≥ 2 µg/l
Pb	Majorité de quantifications < 4 µg/l	Majorité de quantifications ≥ 4 µg/l
Zn	Majorité de quantifications < 5 µg/l	Majorité de quantifications ≥ 5 µg/l
Al	Majorité de quantifications < 30 µg/l	Majorité de quantifications ≥ 30 µg/l
F	Majorité de quantifications < 0,06 µg/l	Majorité de quantifications ≥ 0,06 µg/l
Sb	Majorité de quantifications < 5 µg/l	Majorité de quantifications ≥ 5 µg/l

Illustration 55 : Méthode de choix des points « à problème » pour les éléments traces dans les eaux souterraines.

	Nb d'analyses quantifiées < 5	5 ≤ Nb d'analyses quantifiées < 10	Nb d'analyses quantifiées ≥ 10
Indice de confiance	Faible	Moyen	Fort

Illustration 56 : Indices de confiance des points « à problème » pour les éléments traces dans les eaux souterraines.

7.7.4. Résultats et limites

L'analyse des taux de quantifications par élément permet de faire ressortir sur la zone d'étude, les éléments quantifiés le plus souvent mais aussi ceux qui présentent peu d'analyses. C'est le cas des cyanures, de l'argent, de l'étain, du sélénium et du mercure, qui ne seront donc pas étudiés ici par manque de données. Le manganèse et le fer (totaux), eux aussi, ne sont pas étudiés, les mesures sur eaux non filtrées ne permettant pas d'étudier de façon fiable la part dissoute de ces éléments. Les analyses en fer dissous n'existent que pour les données de la base SISE-Eaux.

Concernant les éléments Aluminium et Fluor, il conviendra d'affiner l'analyse des données sur les eaux souterraines, en ne considérant que celles effectuées après 2008. Avant cette date, des doutes subsistent sur la méthode de mesure, notamment en ce qui concerne la filtration sur eau brute. Ces travaux seront réalisés dans le cadre du programme COQAS 2 en concertation avec les services de l'ARS (doute sur les analyses anté 2008, voire post 2008).

Dans ces conditions, les taux de quantification des éléments traces et indésirables dans les eaux souterraines sont présentés sur le graphe de l'Illustration 57.

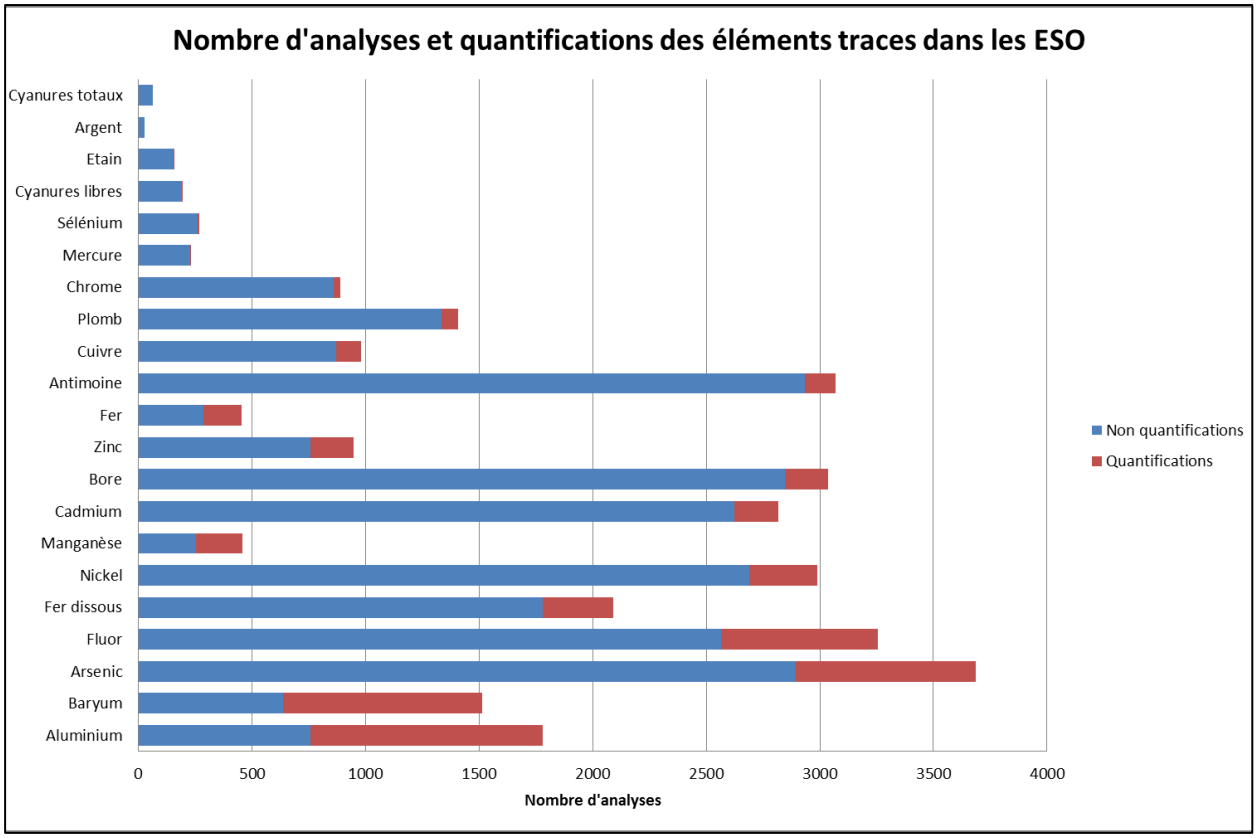


Illustration 57 : Taux de quantification des éléments traces et indésirables dans les eaux souterraines.

Les cartes de l'état des eaux souterraines ont été établies pour tous les points présentant au moins une quantification de type « camembert » représentant la part de chaque classe de quantification (selon les seuils présentés en annexe 6). La taille des « camemberts » correspond au nombre d'analyses sur ces points. L'ensemble des cartes est proposé en annexe 8. L'Illustration 58 présente l'état des eaux souterraines pour les éléments traces : Aluminium, Arsenic, Baryum, Fluor.

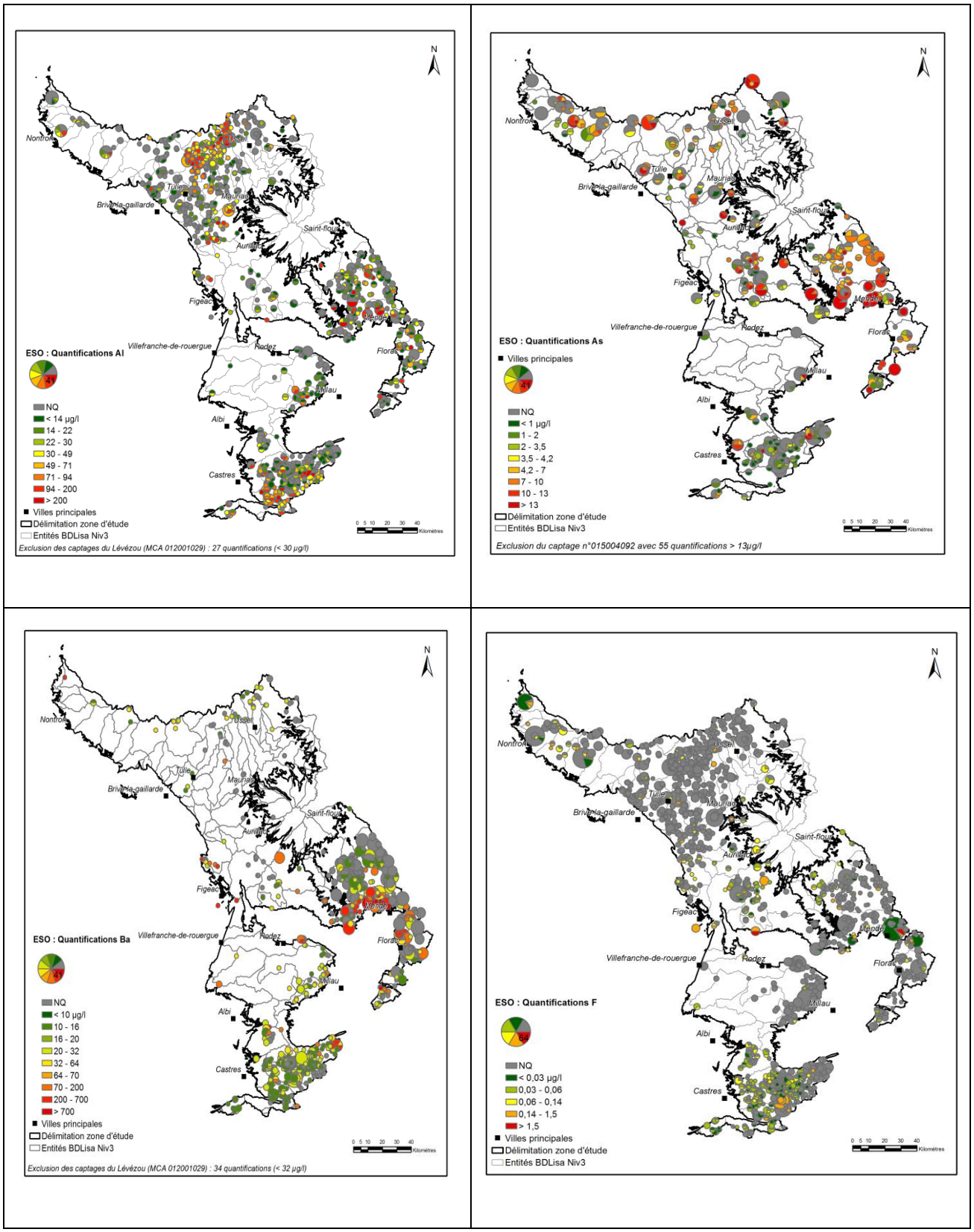


Illustration 58 : Cartes de l'état des eaux souterraines pour les éléments traces (Al, As, Ba, F).

8. État des eaux superficielles

Préambule : Il est précisé qu'il s'agit de « l'état » » qualitatif des eaux superficielles sensu stricto sur la zone d'étude, et non de « l'état » au sens de la DCE.

8.1. DONNÉES

Les données sources, fournies par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne le 15/07/2015, sont les suivantes :

- une couche cartographique descriptive des Stations Qualité Rivières (STQ) de la zone d'étude ; la sélection de ces stations ayant été faite par croisement cartographique avec la zone d'étude ;
- trois fichiers d'analyses sur ces STQ pour les produits phytosanitaires, les nitrates, et les métaux (plomb, nickel, zinc, arsenic, chrome, mercure, cuivre, aluminium, baryum, bore), entre 2007 et 2014.

Ceci représente 478 STQ sur la zone d'étude (cf. illustration 59). Seules 383 stations présentent des analyses sur les paramètres qui intéressent le programme COQAS. Les prélèvements sont réalisés sur eau brute filtrée pour n'avoir que la part dissoute des différents éléments. Il est à noter que l'analyse des résultats est soumise à une contrainte majeure (vis-à-vis de la connaissance des flux) du fait de la non connaissance du débit à la STQ au moment du prélèvement. Ce point sera si possible abordé dans la phase 2 du programme COQAS.

8.2. MÉTHODES GÉNÉRALES DE TRAITEMENT DES DONNÉES

8.2.1. Délimitation des bassins versants d'alimentation des Stations Qualité Rivières

Le travail de délimitation des bassins versants des STQ a été réalisé à l'aide du logiciel ArcGis en se basant sur le modèle numérique de terrain (MNT 25 m de l'IGN-BDTopo 2010) et le tracé des cours d'eau de la BD Carthage (issue du SIE Adour-Garonne, 08/2015). Après un traitement préalable du MNT en fonction de la BD Carthage, une succession d'étapes, visant notamment à modéliser les directions d'écoulement et la structure du réseau hydrographique, permet de délimiter les bassins versants superficiels des exutoires souhaités (ici les STQ représentés sur l'Illustration 59).

Après quelques ajustements liés à des erreurs dues à présence d'un bras mort dans le réseau hydrographique, à de mauvais rattachements de STQ au réseau modélisé, un rapide contrôle avec le découpage des zones hydrographiques de la BD Carthage permet de s'assurer de la fiabilité de ces délimitations, et si besoin d'opérer des corrections manuelles.

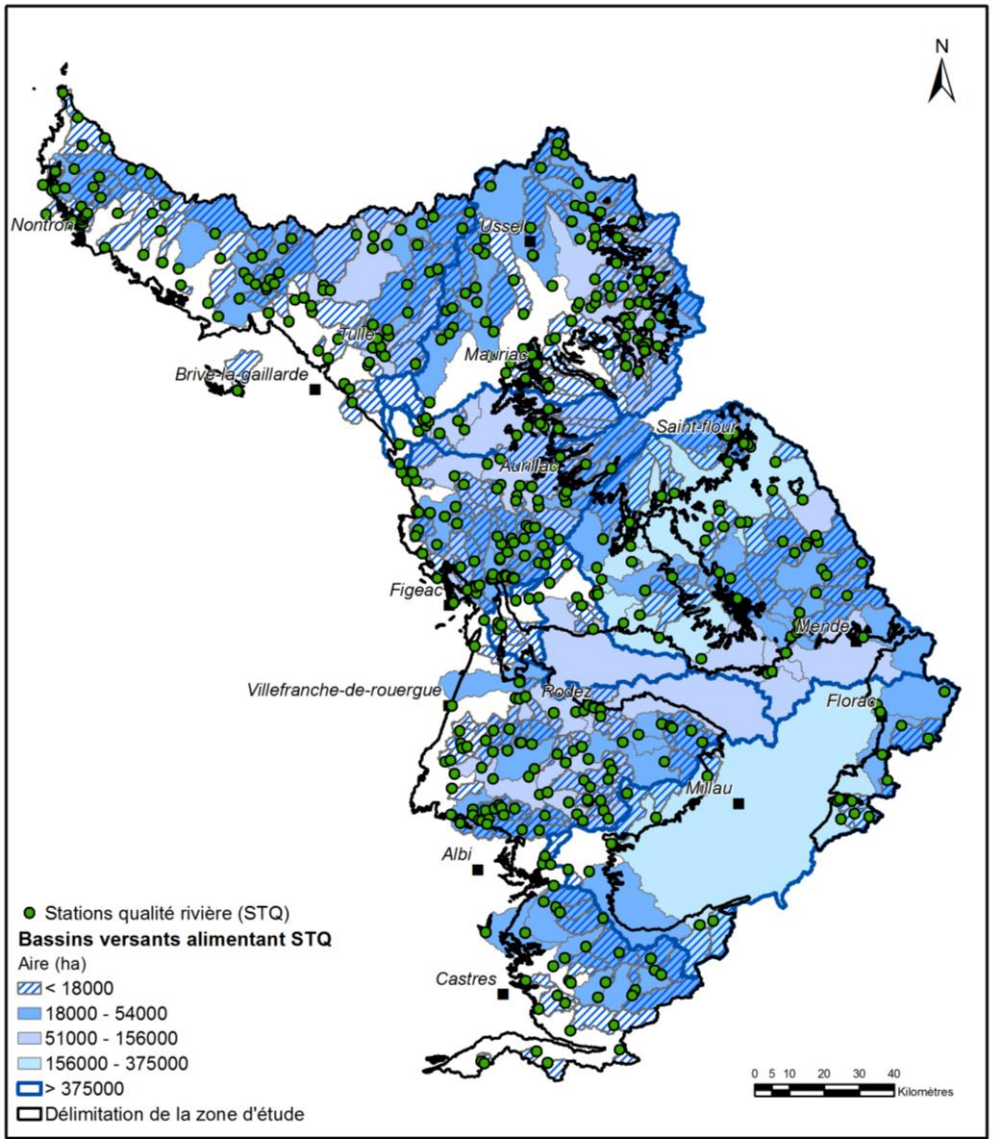


Illustration 59 : Carte des Stations Qualité Rivières (STQ) et des bassins versants associés sur la zone d'étude.

8.2.2. Choix des paramètres et des valeurs seuils

En ce qui concerne les paramètres analysés, le point commun entre les différentes bases est le code SANDRE : il est la référence pour les analyses issues de la base STQ de l'Agence. Le grand nombre de paramètres analysés, notamment pour les produits phytosanitaires, nécessite de les regrouper par famille. Pour les eaux superficielles, le choix des paramètres est réalisé avant l'export des données du SIE du bassin Adour-Garonne :

- le groupe « phytosanitaires » correspond aux paramètres des classes d'usage SANDRE « Phytosanitaires » et « Métabolites » ;
- le groupe « métaux » correspond aux paramètres définis comme les plus pertinents (nombre d'analyses, fiabilité des mesures) : Aluminium (Al), Arsenic (As), Baryum (Ba), Bore (B), Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Fluorures (F), Mercure (Hg), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Zinc (Zn) ;
- le groupe « nitrates » est spécifique au paramètre nitrates.

Les mêmes seuils que pour les eaux souterraines sont établis pour les eaux superficielles.

8.2.3. Traitement de certaines analyses « douteuses »

Une vérification rapide de la cohérence des analyses a été réalisée afin d'identifier d'éventuelles erreurs d'unités :

- vérification de la cohérence avec les LQ18 selon l'avis du 21/01/2012 du Ministère de l'Environnement qui fixe les LQ à atteindre pour obtenir l'agrément des laboratoires ;
- vérification de la cohérence avec les LQ notifiées dans l'arrêté du 17/09/2003 concernant les eaux destinées à la consommation humaine (EDCH) ;
- vérification de la cohérence avec les données du rapport BRGM/RP-61841-FR (intercomparaison sur l'analyse des métaux dans l'eau : essai à faibles niveaux de concentration) ;
- vérification de la cohérence avec l'ensemble des analyses du paramètre sur la station.

Ces doutes, soumis à l'Agence de l'Eau pour vérification, ont tous été corrigés pour les éléments traces et indésirables qui comportaient des erreurs d'unités (Illustration 60).

Paramètre	Nb doutes corrigés
Baryum	69
Aluminium	8
Arsenic	2
Cuivre	3
Nickel	0
Fluorure anion	1
Zinc	4
Bore	17
Plomb	0
Chrome	0
Cadmium	0
Mercure	0

Illustration 60 : Analyses « douteuses » corrigées pour les eaux superficielles.

Pour les phytosanitaires, les analyses qui pouvaient apparaître comme « douteuses » ont été validées par l'AEAG (DDD 24, Diméthylamine, Zirame).

[18] Limite de Quantification

8.2.4. Traitement des analyses

a) Pré-traitements

Des cas de doublons « statistiques » existent (plusieurs analyses pour un même paramètre, sur un même prélèvement et un même point). Le même pré-traitement que pour les analyses SISE Eaux et ADES est réalisé avec la conservation de l'analyse la plus pénalisante à savoir, la valeur maximale. Les bases d'analyses ainsi « nettoyées » comptent : 366 419 analyses pour les eaux superficielles.

b) Traitement statistique

Le même traitement que pour les eaux souterraines a été réalisé (cf. § 7). Certains éléments sont cependant non traités car absents des données brutes de départ.

8.3. PRODUITS PHYTOSANITAIRES

8.3.1. Choix des valeurs seuils

À l'instar de l'approche pour les eaux souterraines, la valeur seuil de 0,1 µg/l est choisie pour l'examen des résultats d'analyses.

8.3.2. Sélection des points à problèmes

La même méthode que pour les eaux souterraines est utilisée pour le choix des points à problèmes phytosanitaires, comme présenté dans l'Illustration 61.

Le point présente-t-il une contamination phytosanitaire significative ?	Non	Oui
	Aucune quantification ≥ 0,1 µg/l	Pourcentage de quantification ≥ 0,1 µg/l non nul

Indice de confiance	Nb d'analyses quantifiées < 5	5 ≤ Nb d'analyses quantifiées < 10	Nb d'analyses quantifiées ≥ 10
Nb d'analyses quantifiées après 2007 < 50 % du total	Faible	Faible	Moyen
Nb d'analyses quantifiées après 2007 ≥ 50 % du total	Faible	Moyen	Fort

Illustration 61 : Méthode de choix des points à problèmes phytosanitaires pour les eaux superficielles et indices de confiance associés.

8.3.3. Résultats

Les résultats des traitements des analyses concernant les eaux superficielles sur la zone d'étude sont présentés dans les Illustrations 62 et 63, et la carte de synthèse en Illustration 64. Les pourcentages de quantification sont représentés par point et par bassin versant d'alimentation, tout comme les points « à problème ».

Nombre d'analyses (tous paramètres confondus)	Nb de points moyen avec au moins une analyse	Nb moyen d'analyses par paramètre, par point sur la période	Origine données
323 972	49	18	AEAG ESU

Illustration 62 : Synthèse des analyses d'eaux superficielles pour les phytosanitaires.

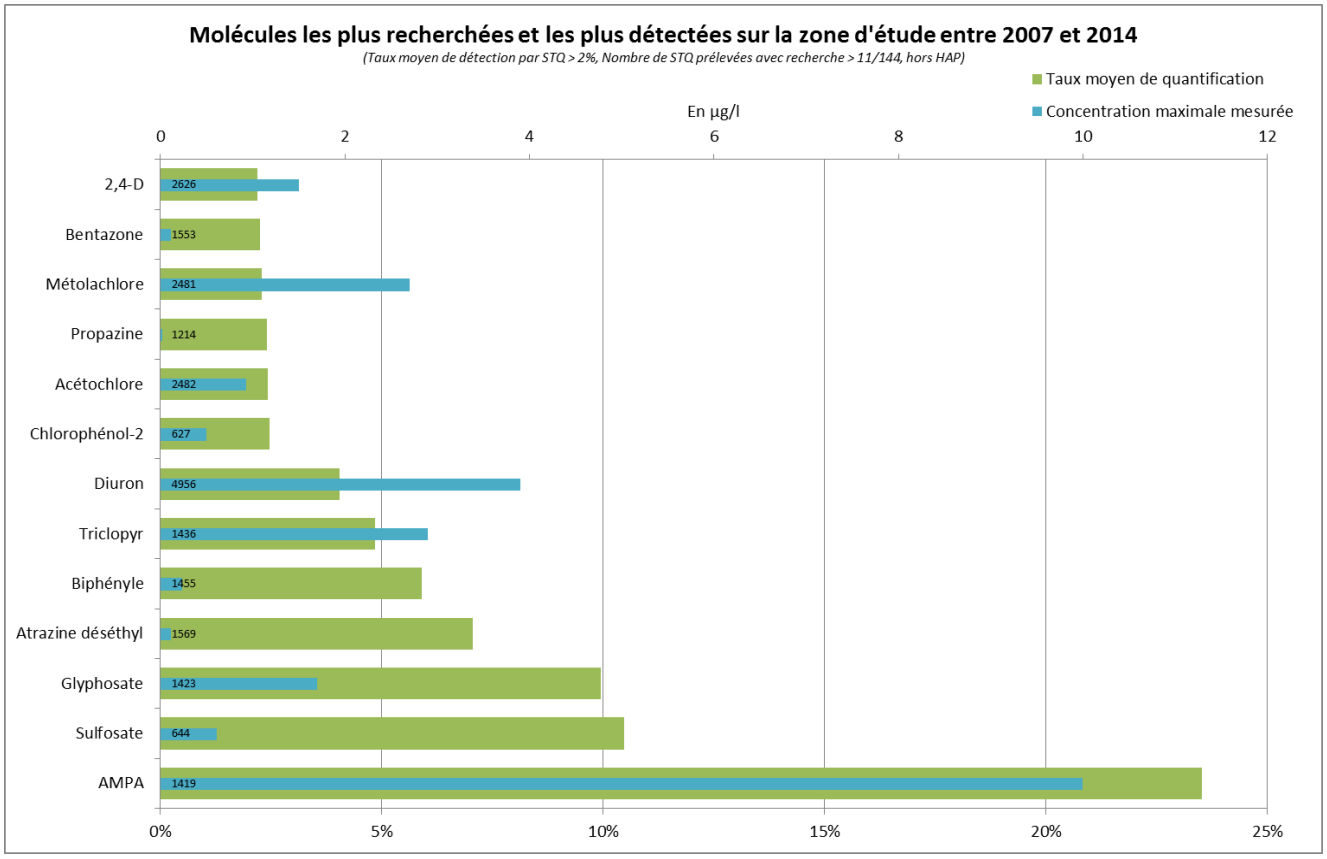


Illustration 63 : Graphe des taux de quantification des principales molécules rencontrées dans les eaux superficielles.

On constate une contamination assez généralisée des eaux superficielles par les produits phytosanitaires. Si on ne regarde que les points avec les dépassements de norme les plus fréquents (> 40 %), sur des bassins versants de petites tailles et non influencés par l'amont, il est observé une certaine corrélation avec les zones contaminées par les produits phytosanitaires dans les eaux souterraines : nord-ouest de la zone d'étude et nord du Tarn/sud Aveyron. Cette corrélation potentielle sera plus particulièrement étudiée dans le cadre des travaux de phase 2 du programme COQAS.

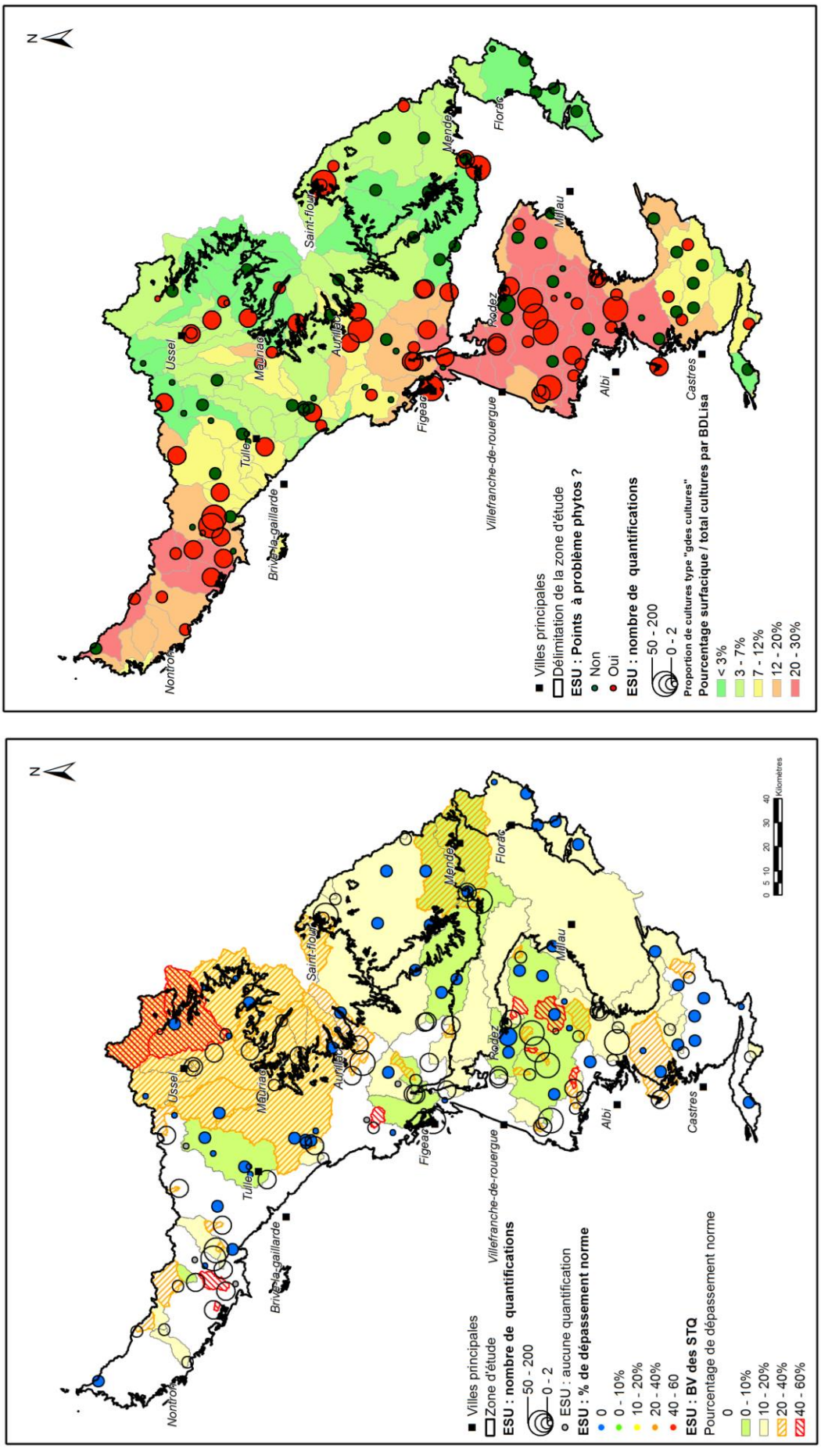


Illustration 64 : Cartes d'état des eaux superficielles pour les produits phytosanitaires.

8.4. NITRATES

8.4.1. Choix des valeurs seuils

À l'instar des eaux souterraines (§ 7), le choix des valeurs seuils pour les nitrates est le suivant : **0-20 mg/l / 20-40 mg/l / 40-50 mg/l**.

8.4.2. Tendances d'évolution des concentrations en nitrates

Comme pour les eaux souterraines, l'outil HYPE pour l'analyse des tendances a été utilisé (exemple en Illustration 65). Pour chaque point de mesure sur les eaux superficielles (eau brute seulement), lorsque le nombre de données le permet, la présence ou non d'une tendance d'évolution significative a été déterminée selon le test statistique de Mann-Kendall. La valeur de la pente est calculée à partir de la méthode de Sen. Les résultats sont disponibles sous forme tabulaire et sous format pdf pour les graphiques.

Concernant les eaux superficielles, le résultat n'est pas concluant. Les chroniques présentent en effet une trop grande variabilité pour être exploitables de façon fiable.

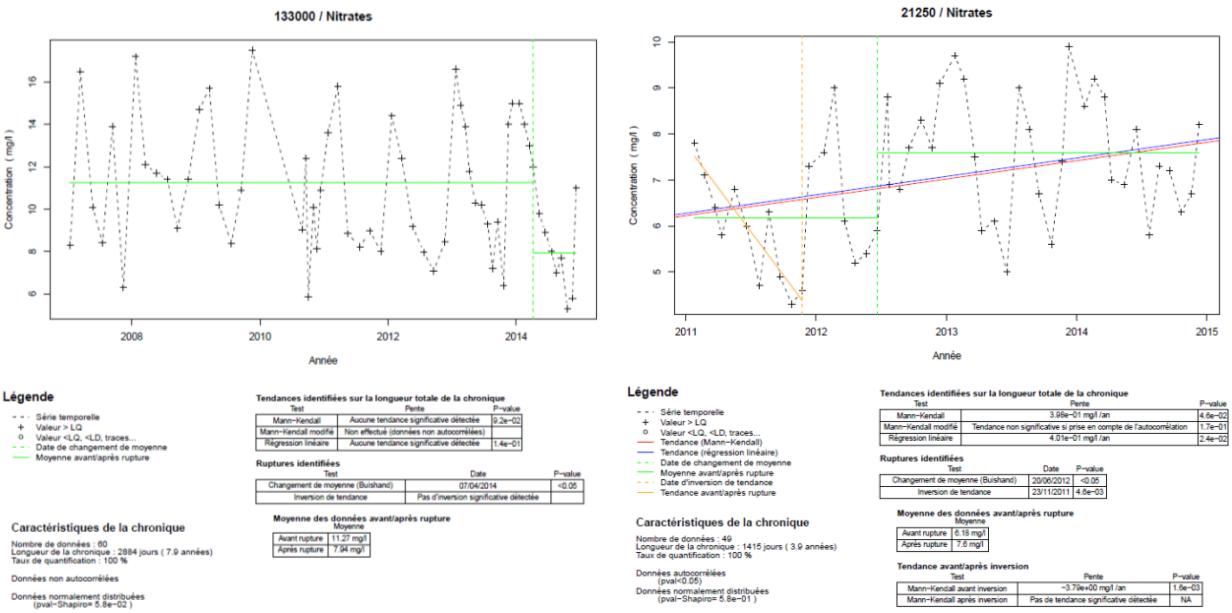


Illustration 65 : Exemple de sorties HYPE pour l'analyse de tendance nitrates pour les eaux superficielles sur un point d'eau de la zone d'étude.

Un essai de calcul de tendances a été réalisé uniquement sur les maxima mesurés annuellement, mais le nombre d'années de mesures est insuffisant pour permettre un calcul de tendances.

8.4.3. Sélection de « points à problèmes »

Tout comme pour les eaux souterraines, le seuil de concentration en nitrates pour l'identification de points « à problèmes » est fixé à 40 mg/l. Aucun point ne dépasse les 40 mg/l en concentration moyenne en nitrates dans les eaux superficielles.

8.4.4. Résultats

Les classes de concentrations moyennes en nitrates sont représentées cartographiquement par point et par bassin versant d'alimentation des Stations Qualité Rivières. En cas de

superposition de plusieurs bassins versants, la valeur moyenne de ceux ayant une plus petite taille a été privilégiée. La synthèse des résultats par bassin versant est présentée en Illustration 66 et la carte de l'état des eaux superficielles pour les nitrates en Illustration 67.

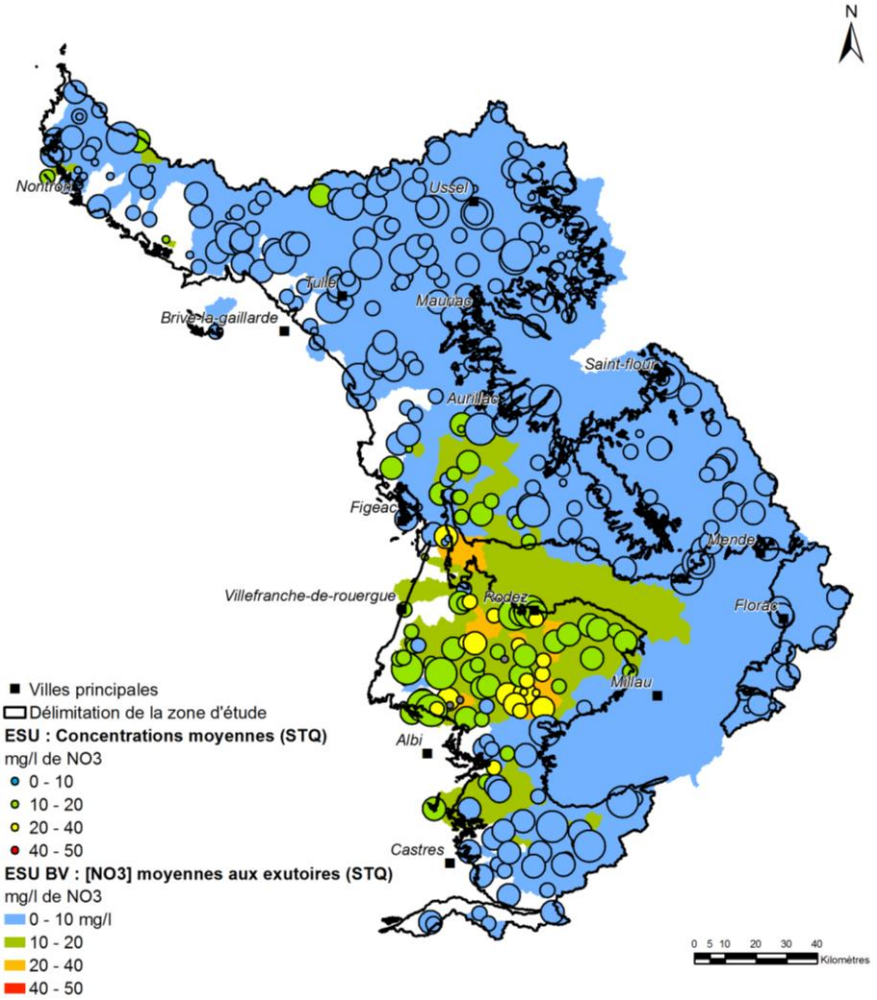


Illustration 66 : Carte d'état des eaux superficielles pour les nitrates.

Nombre d'analyses	Nb de points avec au moins une analyse	Nb moyen d'analyses par point sur la période	Origine données
16 144	380	42	AEAG ESU

Illustration 67 : Synthèse des analyses de nitrates en eaux superficielles par bassin versant des STQ.

Les eaux superficielles sont très majoritairement peu contaminées en nitrates sur l'ensemble de la zone d'étude (moyenne < 10 mg/l). Une zone de contamination plus importante des eaux superficielles (concentrations moyennes entre 10 et 40 mg/l) apparaît plus clairement dans la partie nord de l'Aveyron, au nord-est du Tarn et au sud-ouest du Cantal. Cependant ces concentrations restent faibles (< 20 mg/l en moyenne) excepté localement où elles ne dépassent toutefois pas 40 mg/l en moyenne. Une corrélation plus fine sera réalisée entre l'état des eaux souterraines et superficielles pour le paramètre nitrates dans le cadre de la phase 2 du programme COQAS.

8.5. ÉLÉMENTS TRACES ET INDÉSIRABLES

8.5.1. Choix des valeurs seuils

La même méthode que pour les eaux souterraines a été utilisée pour les eaux superficielles en retenant les mêmes valeurs seuils qui sont récapitulées dans l'annexe 6.

8.5.2. Sélection des points présentant des concentrations « anomales »

La même méthode que celle présentée pour les teneurs dans les eaux souterraines est proposée pour déterminer les concentrations « anomales » dans les eaux superficielles, à savoir les vibrisses de Tukey (ou boîtes à moustaches). Les valeurs situées au-delà des vibrisses théoriques sont considérées comme étant anomaliques par rapport à la population considérée. Le coefficient α = 1,5, permet, selon Tukey, de calculer une vibrisse théorique interne au-delà de laquelle les anomalies sont qualifiées de suspectes (un coefficient α = 3, permet de définir une vibrisse externe au-delà de laquelle les anomalies sont qualifiées d'extrêmes).

Les boîtes à moustaches ont été déterminées pour les éléments traces sur les eaux superficielles selon deux approches : toutes analyses confondues, puis uniquement sur les analyses quantifiées. Ces résultats sont présentés dans les Illustrations 68 et 69.

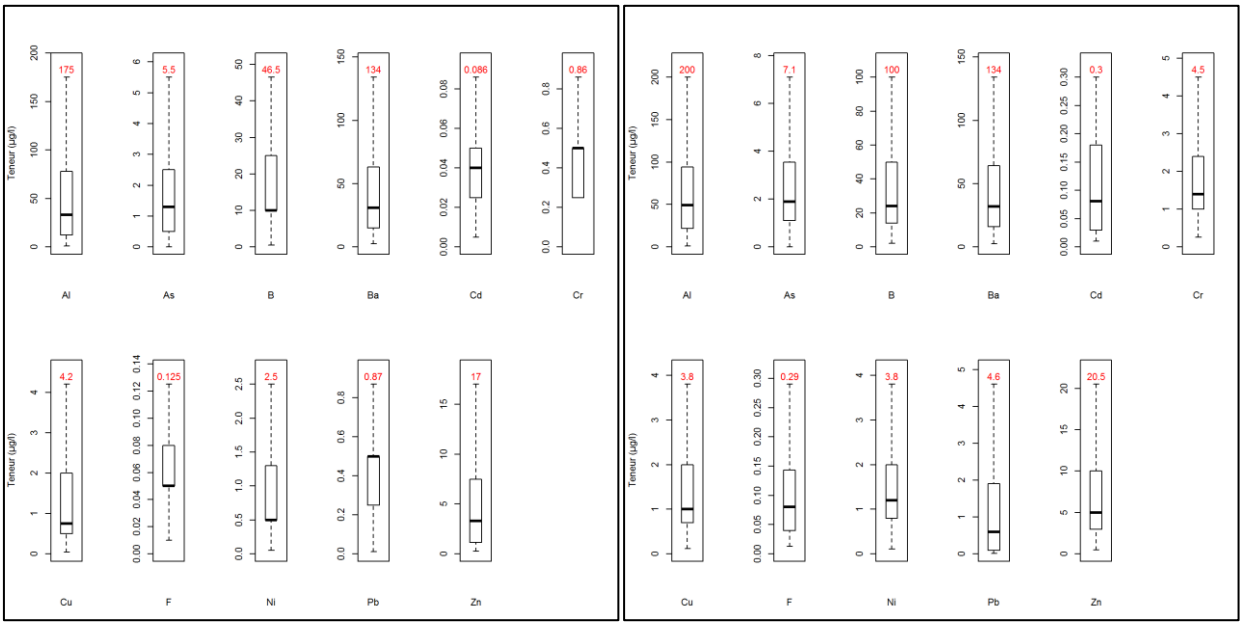


Illustration 68 : Boîtes à moustaches pour les éléments traces sur les ESU (toutes analyses confondues à gauche, uniquement sur les analyses quantifiées à droite) α = 1,5 – logiciel R.

Contrairement aux eaux souterraines, les distributions de concentrations dans les eaux superficielles ne sont pas aussi dissymétriques. Les concentrations sont globalement plus élevées que dans les eaux souterraines.

Par ailleurs, pour certains éléments, le nombre de valeurs disponibles est relativement faible, et l'analyse est donc à considérer avec prudence (exemples : Cr, Zn).

Quantif et non quantif	Al (µg/l)	As (µg/l)	B (µg/l)	Ba (µg/l	Cd (µg/l)	Cr (µg/l)	Cu (µg/l)	F (mg/l)	Ni (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)
Minimum	1.00	0.00	0.50	2.50	0.01	0.25	0.05	0.01	0.05	0.01	0.25
Moyenne	70.13	2.12	18.70	47.96	0.32	0.73	1.58	0.10	1.17	0.65	25.81
Maximum	6950.00	61.30	736.00	449.00	82.70	13.25	67.00	3.64	91.80	155.00	3940.00
Moustache inf.	1.00	0.00	0.50	2.50	0.01	0.25	0.05	0.01	0.05	0.01	0.25
1er quartile	12.50	0.50	10.00	15.00	0.03	0.25	0.50	0.05	0.50	0.25	1.15
Médiane	33.00	1.30	10.00	31.00	0.04	0.50	0.76	0.05	0.50	0.50	3.30
3ème quartile	78.00	2.50	25.00	63.00	0.05	0.50	2.00	0.08	1.30	0.50	7.50
Moustache sup. interne	175.00	5.50	46.50	134.00	0.09	0.86	4.20	0.13	2.50	0.87	17.00
Moustache sup. externe	274.50	8.50	70.00	207.00	0.13	1.25	6.50	0.17	3.70	1.25	26.55
Nombre de valeurs	1221.00	2849.00	1772.00	586.00	2928.00	2251.00	2364.00	1298.00	2927.00	2927.00	2251.00
Nombre d'outliers	77.00	176.00	79.00	34.00	338.00	446.00	120.00	161.00	179.00	398.00	212.00
% d'outliers	6.31%	6.18%	4.46%	5.80%	11.54%	19.81%	5.08%	12.40%	6.12%	13.60%	9.42%

Quantifiées	Al (µg/l)	As (µg/l)	B (µg/l)	Ba (µg/l	Cd (µg/l)	Cr (µg/l)	Cu (µg/l)	F (mg/l)	Ni (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)
Minimum	1.00	0.00	2.00	2.54	0.01	0.26	0.12	0.01	0.11	0.02	0.50
Moyenne	86.86	3.09	52.94	48.73	3.29	1.91	2.19	0.18	2.03	1.92	36.54
Maximum	6950.00	61.30	736.00	449.00	82.70	13.25	67.00	3.64	91.80	155.00	3940.00
Moustache inf.	1.00	0.00	2.00	2.54	0.01	0.26	0.12	0.01	0.11	0.02	0.50
1er quartile	22.00	1.10	14.00	16.00	0.03	1.00	0.70	0.04	0.80	0.10	3.00
Médiane	49.00	1.90	24.00	32.00	0.08	1.40	1.00	0.08	1.20	0.60	5.00
3ème quartile	94.00	3.54	50.00	64.00	0.18	2.40	2.00	0.14	2.00	1.90	10.00
Moustache sup. interne	200.00	7.10	100.00	134.00	0.30	4.50	3.80	0.29	3.80	4.60	20.50
Moustache sup. externe	310.00	10.86	158.00	208.00	0.63	6.60	5.90	0.45	5.60	7.30	31.00
Nombre de valeurs	961.00	1356.00	278.00	576.00	226.00	334.00	1303.00	433.00	1106.00	435.00	1550.00
Nombre d'outliers	60.00	120.00	24.00	34.00	36.00	24.00	140.00	63.00	72.00	32.00	167.00
% d'outliers	6.24%	8.85%	8.63%	5.90%	15.93%	7.19%	10.74%	14.55%	6.51%	7.36%	10.77%

Illustration 69 : Synthèse des valeurs associées aux boîtes à moustache « éléments traces » pour les eaux superficielles (haut : toutes analyses confondues, bas : seulement analyses quantifiées).

La cartographie des points anomaux pour les éléments Al, As, Ba, F et Zn sera proposée en phase 2 du programme COQAS, en utilisant comme seuil la moustache supérieure interne. Les autres éléments pourront également être traités mais le nombre de quantifications est estimé trop faible. Les valeurs seuils pour ces 5 éléments ont été déterminées (Illustration 70). Les points anomaux sont ceux qui présentent au moins un dépassement de cette valeur seuil. Afin de mettre en évidence d'éventuelles zones anomales pour les ESU, les résultats seront reportés cartographiquement sur le bassin versant d'alimentation de la station qualité (travaux de phase 2).

Élément	VS ESU
Aluminium (µg/l)	175
Arsenic (µg/l)	5,5
Baryum (µg/l)	134
Fluor (mg/l)	0,13
Zinc (µg/l)	17

Illustration 70 : Valeurs seuils (VS) déterminés pour les éléments Al, As, Ba, F, Zn pour les eaux superficielles.

8.5.3. Résultats et limites

L'analyse des taux de quantifications par élément permet de faire ressortir sur la zone d'étude les éléments le plus souvent quantifiés, mais aussi ceux qui présentent peu d'analyses. C'est le cas du Baryum (Illustration 71).

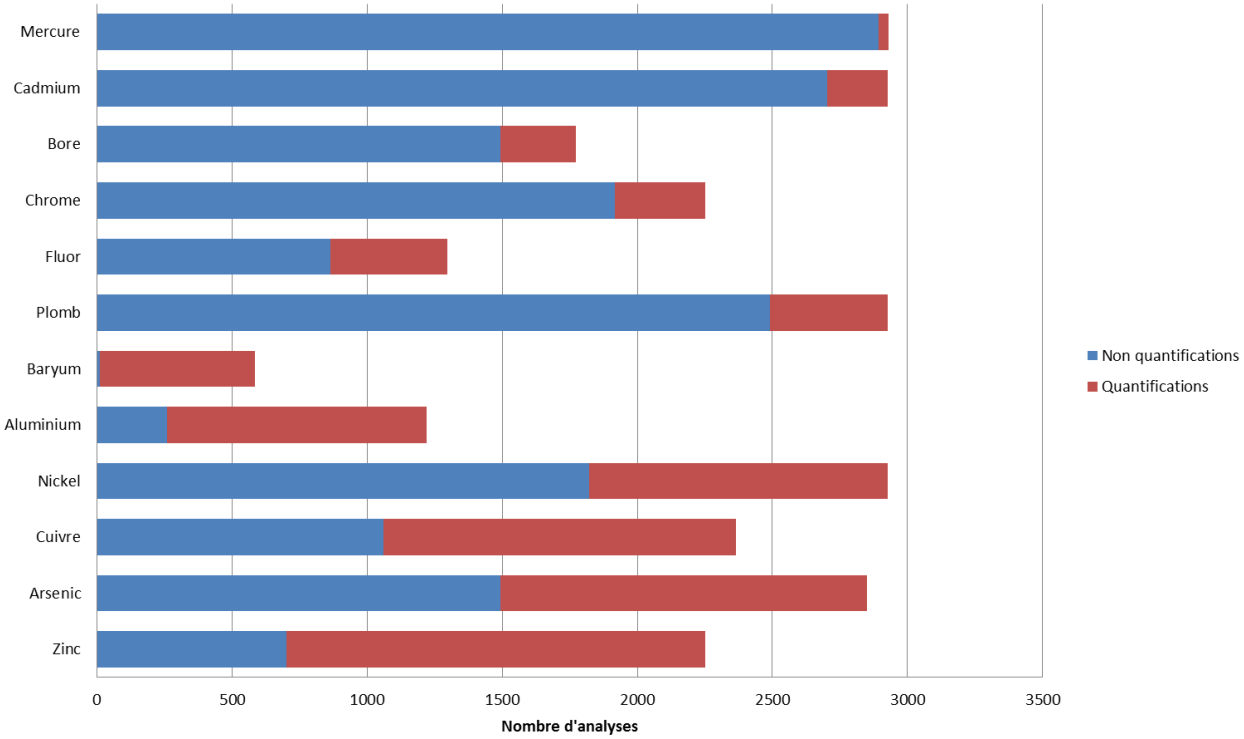


Illustration 71 : Taux de quantifications par élément trace analysé pour les eaux superficielles.

Les cartes de l'état des eaux superficielles en éléments traces ont été établies pour tous les points présentant au moins une quantification, avec une représentation de type « camembert » pour la part de chaque classe de quantification (selon les seuils présentés en annexe 6). La taille des « camemberts » correspond au nombre d'analyses sur ces points, et les cours d'eau ont été représentés en fonction de leur ordre selon la BD CARTHAGE. L'ensemble des cartes est proposé en annexe 9.

L'analyse de ces valeurs seuils pourra être étudiée plus finement dans le cadre de la phase 2 du programme COQAS, particulièrement pour les éléments suivants : As Cr, Cu, Zn. En effet, ces éléments, polluants spécifiques de l'état écologique des rivières, déclassent actuellement plusieurs cours d'eau de la zone d'étude. La justification apportée reste l'apport du « fond géochimique », sur lequel, d'ailleurs, les seuils pour l'évaluation de l'état des eaux s'appuient.

Deux questions se posent sur cette justification :

- les dépassements de NQE dans les eaux superficielles proviennent-ils du fond géochimique lié aux eaux souterraines ? Mis à part les problèmes liés à l'Arsenic dans le fond géochimique, aucune contamination évidente n'est apparente dans les eaux souterraines pour les autres éléments ;
- un contraste est observé entre les résultats au nord de la zone d'étude et ceux au sud. Ces différences peuvent-elles être liées à différents laboratoires d'analyses ou doit-on envisager une pollution anthropique localisée ? (exemple du cuivre utilisé dans l'agriculture).

9. Confrontation de l'état des eaux souterraines avec les pressions pollutions diffuses pour la mise en place d'un réseau qualité des eaux souterraines en domaine de socle

9.1. MÉTHODE RETENUE

Afin de cibler les implantations les plus pertinentes des points de mesure du « réseau qualité des eaux souterraines en domaine de socle » à créer dans le cadre du présent programme, une analyse croisée a été réalisée entre d'une part, les données qualité « nitrates », d'autre part, les données qualité « phytosanitaires », avec la « pression pollution diffuse », ici représentée par l'occupation du sol selon les types de cultures issue du RPG 2013.

Que ce soit pour les nitrates ou les produits phytosanitaires, la première approche consiste à délimiter des « zones de vigilance » orientées sur l'un et l'autre de ces paramètres. Les contours de ces zones sont établis sur les limites des entités BD Lisa de niveau 3. Dans ces « zones de vigilance », sont ensuite diagnostiqués des sous-secteurs plus représentatifs de la problématique observée. Ces derniers correspondent aux zones hydrographiques BD Carthage. Enfin dans ces sous-secteurs, les points les plus représentatifs sont sélectionnés à partir des données issues de la BSS pour la réalisation d'une expertise du choix du point directement sur le terrain. Cette dernière permet le plus souvent de localiser des points jusque-là inconnus dans la BSS qui peuvent également être retenus pour intégrer le réseau. À partir de cette étape, le choix final des points du réseau s'opère à partir des caractéristiques propres à l'ouvrage, de sa représentativité hydrogéologique, de son contexte environnemental, et des conditions d'accès et d'autorisation.

9.2. DÉTERMINATION DES « ZONES DE VIGILANCE »

6 classes de zones de vigilance sont définies avec une proposition d'action pour la surveillance des eaux souterraines. Elles sont établies en croisant le niveau de contamination (avérée ou supposée) avec la pression « pollution diffuse » en intégrant un niveau de confiance. Une classe « non traitée » est également définie pour considérer l'ensemble des secteurs sur lesquels le manque de données est constaté pour établir un classement. Les secteurs situés dans cette dernière classe, en toute théorie, devrait faire l'objet d'une surveillance des eaux souterraines, au moins dans un cadre d'amélioration des connaissances.

C'est à partir de ces 6 classes qu'a été défini le nombre de points de surveillance à retenir (cf. définition des classes de vigilance pour les problématiques « pollutions diffuses » en Illustration 72).

Classes	Description	Action proposée
1	Contamination avérée forte	Au moins 1 point de surveillance
2	Contamination avérée et pression moyenne à forte, généralisation supposée	Au moins 1 point de surveillance
3	Contamination supposée, doute sur généralisation et/ou risque lié à la pression par manque d'éléments de décision	Choix d'1 point de surveillance à discuter
4	Zone de vigilance faible, peu d'éléments permettant de suspecter une contamination généralisée	Pas de point de surveillance dans un premier temps
5	Zone de non vigilance dans l'état actuel des connaissances, pas de contamination, pas de pression	Pas de point de surveillance
Non traitée	Manque de données pour conclure (mais pression peut exister)	Choix d'1 point de surveillance à discuter

Illustration 72 : Définition des classes de vigilance pour les paramètres « nitrates » et « phytosanitaires » à l'échelle de la BD Lisa (Niveau 3).

La détermination des classes des zones de vigilance s'est appuyée sur l'existence de points « à problèmes » représentatifs, leur nombre, la généralisation de la contamination sur l'entité BD Lisa. Des tests sont réalisés par rapport à la superficie qu'occupent les « grandes cultures » sur l'entité. Une liberté, à dire d'expert, est laissée pour surclasser (déclasser) d'un rang les classes obtenues en fonction de la connaissance locale du secteur géographique. Deux logigrammes d'aide à la décision ont été nécessaires selon qu'il s'agit du paramètre « nitrates » ou du paramètre « phytosanitaires » pour déterminer les classes de vigilance.

9.2.1. Logigramme relatif aux nitrates

Les points « à problèmes » nitrates ont été définis pour une concentration moyenne dépassant 40 mg/l ou une concentration moyenne dépassant 10 mg/l avec une tendance avérée à la hausse. Les classes sont définies selon les critères suivants conformément au logigramme présenté en Illustration 73 :

- le nombre de points « à problèmes » ;
- le pourcentage de points sur l'entité dont la concentration moyenne est supérieure à 20 mg/l ;
- l'homogénéité de la répartition des points sur l'entité ;
- la proportion surfacique des grandes cultures par rapport à la totalité de la surface cultivée sur l'entité (selon RPG) ;
- les entités sur lesquelles le nombre d'analyses est inférieur à deux (donc une ou zéro analyse) intègrent de fait la classe « non traitée ».

Plus le nombre de points contaminés est élevé et la pression est forte, plus la classe aura un rang peu élevé (max : classe 1). Plus le nombre de points contaminés est faible et la pression est faible ou absente, moins la classe aura un rang élevé (min : classe 5).

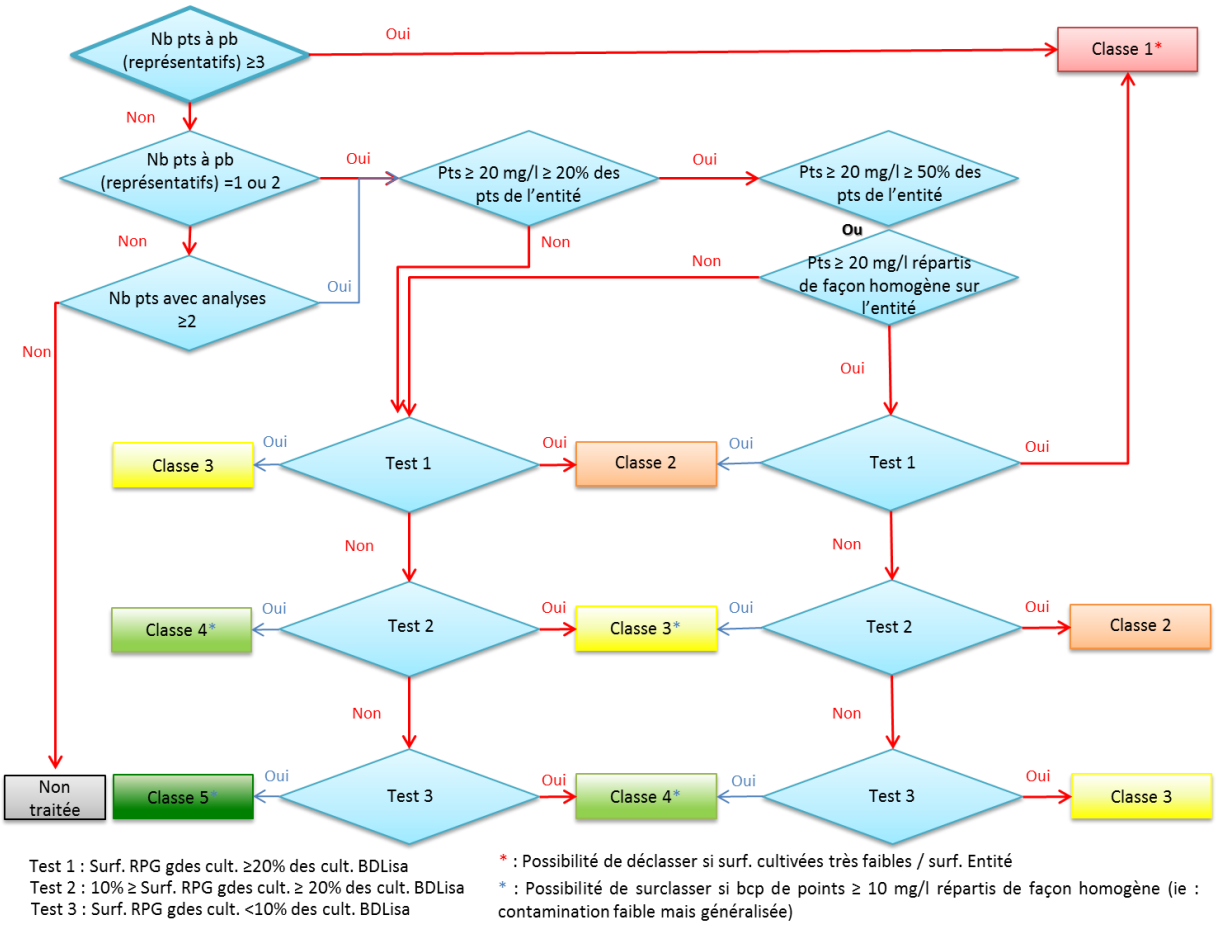


Illustration 73 : Logigramme d'aide à la décision pour le choix des classes entités BD Lisa « vigilance nitrates » - réseau qualité socle.

La carte des zones de vigilance « nitrates » pour les eaux souterraines est présentée en Illustration 74. Sur la zone d'étude :

- 7 entités se placent en classe 1 ;
- 6 entités se placent en classe 2 ;
- 11 entités se placent en classe 3 ;
- 18 entités se placent en classe 4 ;
- 40 entités se placent en classe 5 ;
- 33 entités se placent en classe « non traitée ».

On peut noter que ces zones de vigilance sont en relative cohérence avec les zones de « grandes cultures » issues du RPG.

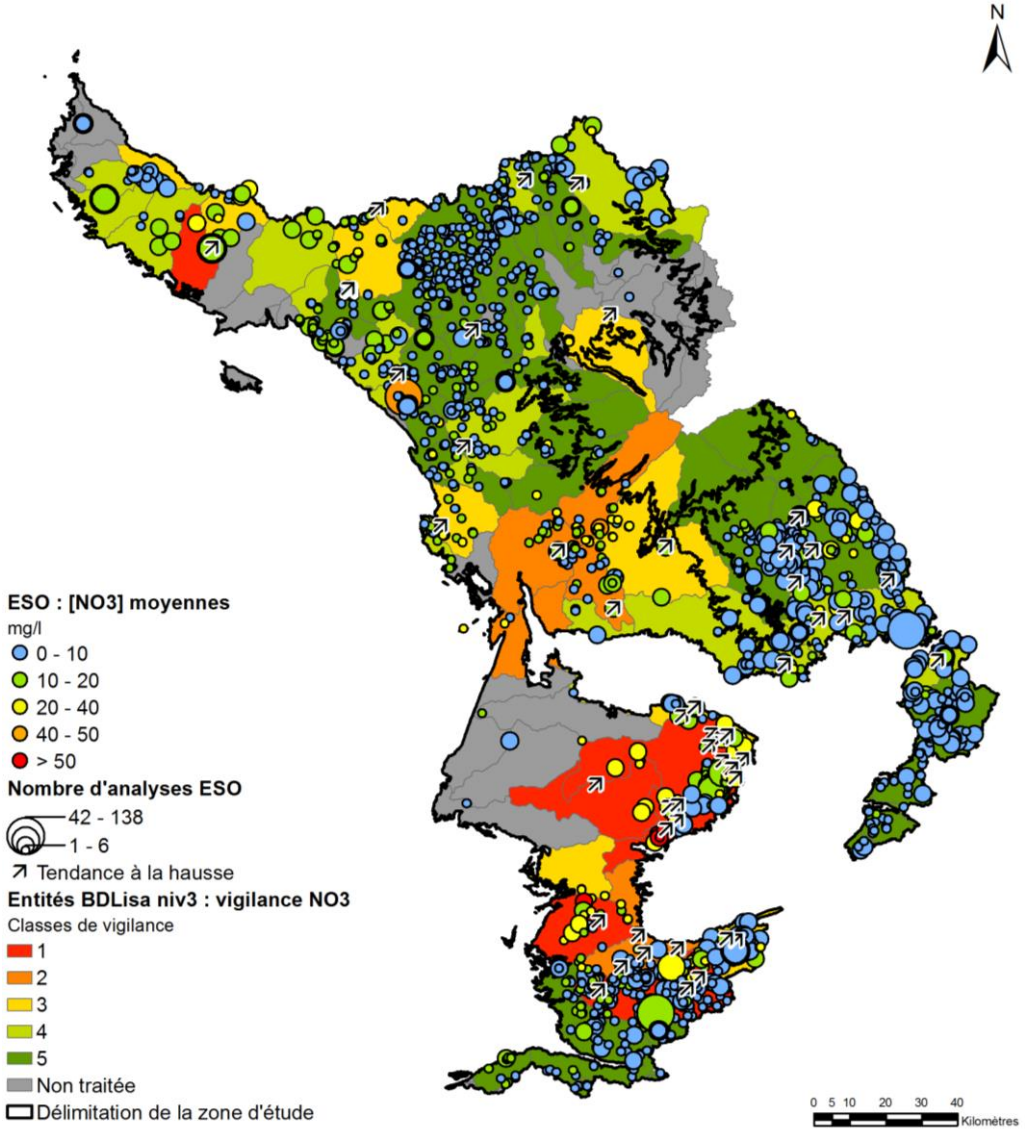


Illustration 74 : Carte des zones de vigilance « nitrates » pour les eaux souterraines.

9.2.2. Logigramme relatif aux produits phytosanitaires

Les points « à problèmes » phytosanitaires ont été définis lorsqu'au moins une analyse (tous produits phytosanitaires confondus) dépasse la norme AEP de 0,1 µg/l (0,03 µg/l pour les molécules aldrine, dieldrine, heptachlore, héptachloepoxyde). Les classes sont définies selon les critères suivants conformément au logigramme présenté en Illustration 75 :

- le nombre de points « à problèmes » ;
- le nombre de points avec quantification récente sur l'entité ;
- le nombre de points avec quantification ancienne ;
- la proportion surfacique des grandes cultures par rapport à la totalité de la surface cultivée sur l'entité (selon RPG) ;
- les entités sur lesquelles aucune quantification récente ou ancienne n'est observée et dont le nombre d'analyses non quantifiées est insuffisant (<7) intègrent de fait la classe « non traitée ».

Plus le nombre de points contaminés est élevé et la pression est forte, plus la classe aura un rang peu élevé (max : classe 1). Plus le nombre de points contaminés est faible et la pression est faible ou absente, moins la classe aura un rang élevé (min : classe 5). Pour les produits phytosanitaires, le rang des classes intermédiaires est également dépendant de l'ancienneté de la contamination.

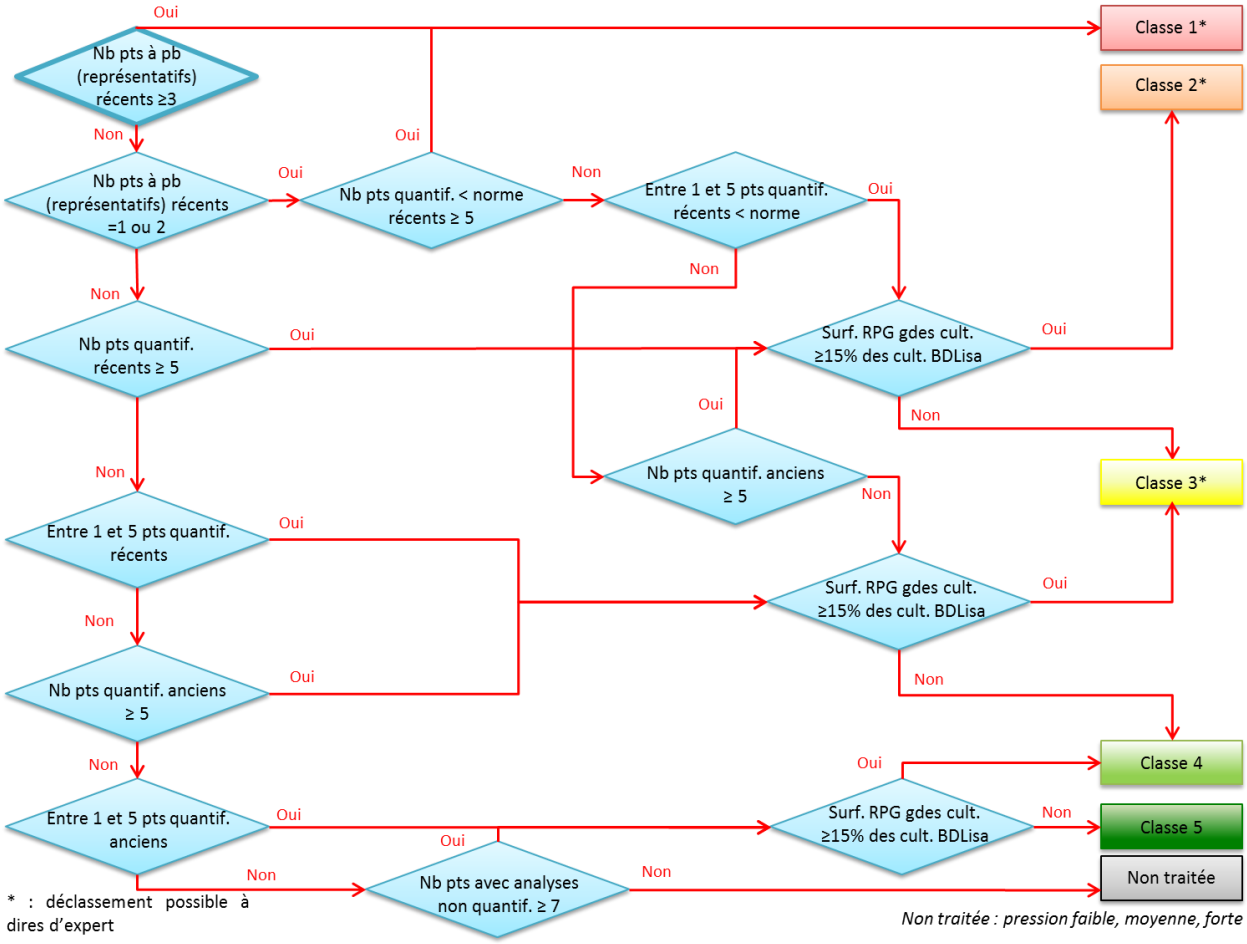


Illustration 75 : Logigramme d'aide à la décision pour le choix des classes entités BDLisa « vigilance phytosanitaires » - réseau qualité socle.

La carte des zones de vigilance « phytosanitaires » pour les eaux souterraines est présentée en Illustration 76. Sur la zone d'étude :

- 7 entités se placent en classe 1 ;
- 6 entités se placent en classe 2 ;
- 31 entités se placent en classe 3 ;
- 23 entités se placent en classe 4 ;
- 8 entités se placent en classe 5 ;
- 40 entités se placent en classe « non traitée ».

À noter que ces zones de vigilance ne sont pas réellement en cohérence avec les zones de « grandes cultures » issues du RPG, excepté au nord-ouest de la zone d'étude.

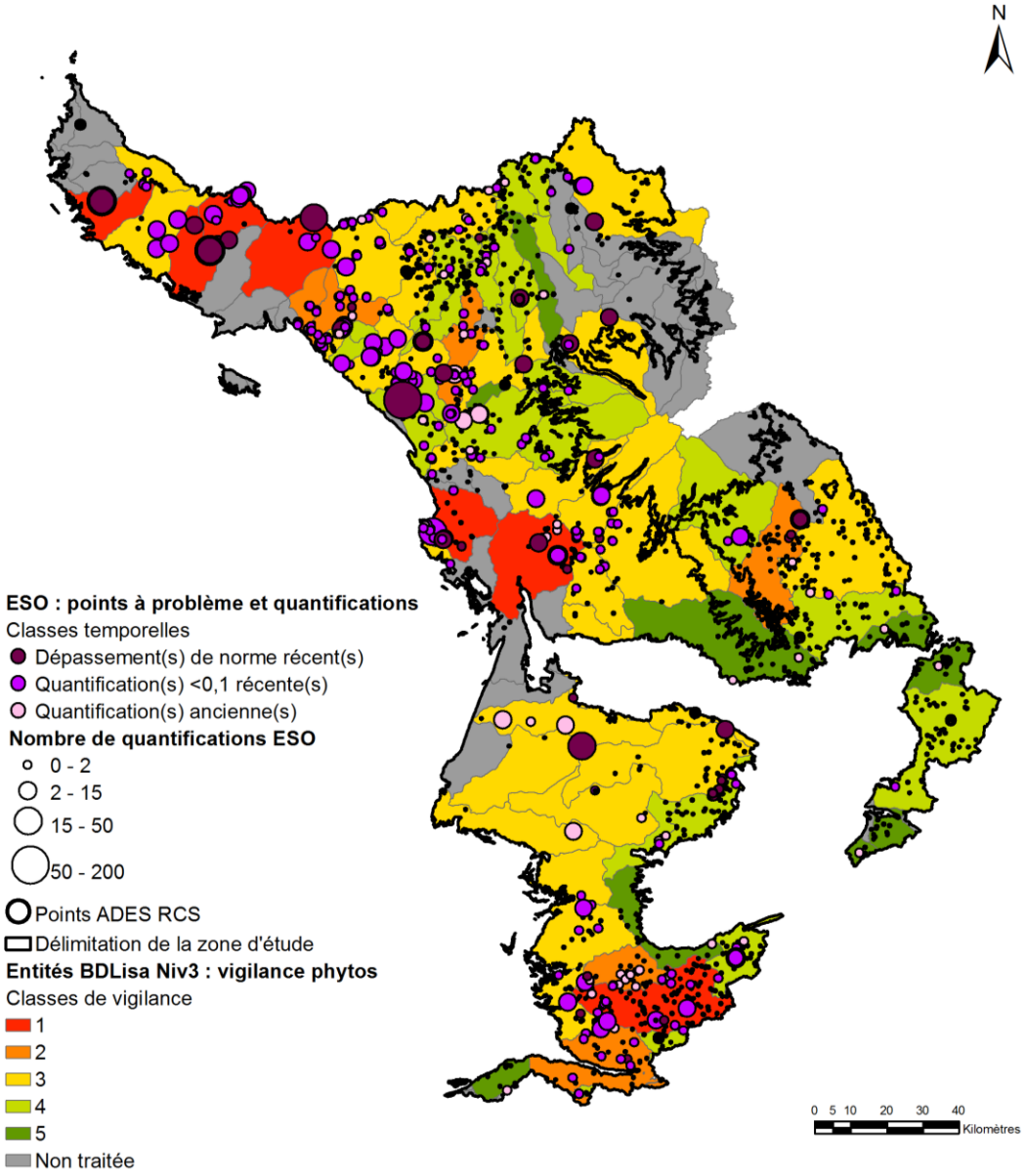


Illustration 76 : Carte des zones de vigilance « phytosanitaires » pour les eaux souterraines.

9.3. CHOIX DES POINTS DU RÉSEAU DE SURVEILLANCE « EAU SOUTERRAINE » VIS-À-VIS DES PRESSION DIFFUSES

9.3.1. Tableau d'aide à la décision pour le choix du nombre de points du réseau

Cette première version de liste de points se focalise en premier lieu sur l'enjeu prioritaire des pollutions diffuses. Une seconde version pourra être établie en phase 2 du programme afin de prendre en compte les éléments concernant le fond géochimique, et les différents compartiments des aquifères composites de socle sur la zone. Cette optimisation du réseau s'appuiera notamment sur une série de campagnes d'analyses (tous paramètres confondus) à raison de 4 campagnes par an depuis mars 2016, dans le cadre du programme de surveillance de la qualité des eaux souterraines de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne.

À partir de la détermination des zones de vigilance pour les nitrates et les produits phytosanitaires (cf. § 9.2), et les actions proposées pour chacune des classes des zones de vigilance, un tableau d'aide à la décision a été établi afin de rationaliser le nombre de points

du réseau. Le tableau croisé d'aide à la décision représentant le nombre d'entités BD Lisa par classe pour une problématique « nitrates » et « phytosanitaires » est fourni en Illustration 77.

Phytos / NO3	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Non traitée	Total NO3	Nb RCS
Classe 1	2		3	2			7	1
Classe 2	1	1	2		1	1	6	1
Classe 3	2		8	1			11	3
Classe 4	2	1	7	4	2	2	18	3
Classe 5		4	8	15	5	8	40	6
Non traitée			3	1		29	33	1
Total Phytos	7	6	31	23	8	40	115	
Nb RCS	3	1	2	5	2	2		15

Illustration 77 : Tableau d'aide à la décision pour mutualiser le choix des points du réseau.

Ce tableau permet également de mutualiser le choix des points du réseau en fonction des points du RCS déjà existants (nombre indiqué en Illustration 77). Conformément au tableau des actions proposées selon les classes de zones de vigilance (Illustration 72), 22 points de surveillance devraient être intégrés en toute théorie sur les seules classes de rang 1 et 2. En considérant les points existants faisant déjà partie du RCS, ce nombre de points est ramené à 16. En considérant les autres classes, notamment la classe « non traitée », le choix concerté du nombre de points a permis de retenir de l'ordre une trentaine de points (hors points du réseau RCS) en privilégiant les classes de rang 1 et 2, et les secteurs de classe « non traitée » tout en préservant une répartition géographique homogène sur l'ensemble de la zone d'étude.

9.3.2. Recherche de points sur le terrain

La campagne de terrain pour la recherche de points a été réalisée entre février et mars 2016 sur une durée de 3 semaines. Elle avait pour principal objectif de :

- vérifier l'état des ouvrages pressentis et leur représentativité vis-à-vis de l'objectif recherché (géologie et hydrogéologie) ;
- diagnostiquer le contexte environnemental immédiat de l'ouvrage ainsi que la représentativité environnementale du bassin versant dans lequel il s'inscrit ;
- le cas échéant, rechercher des ouvrages non recensés dans la BSS ;
- contrôler les conditions d'accès et d'autorisation, et prendre tous les contacts nécessaires en cas d'intégration de l'ouvrage au réseau (propriétaire, adresses, numéros de téléphone, accord oral, etc.) ;
- effectuer si besoin une série de mesures in situ (mesures physico-chimiques, voire débit, profondeur, dimensions de l'ouvrage etc.) afin de favoriser le diagnostic hydrogéologique et les conditions de prélèvement ;
- réaliser pour chaque point une série de photographies de l'ouvrage lui-même, de son contexte environnemental immédiat et éloigné, ainsi qu'apporter toutes les recommandations inhérentes à l'ouvrage et à son contexte environnemental.

L'ensemble des investigations de terrain sont compilées dans une « fiche » signalétique pour chaque point visité. Préalablement à la campagne de terrain, un dossier complet a été préparé pour faciliter l'intervention sur le terrain avec :

- une carte générale des bassins versants à visiter sur la zone d'étude, ainsi que les points pressentis pour la visite sur ce bassin, sur la base des données issues de la BSS ;
- la carte du bassin versant considéré et la localisation des ouvrages à visiter, ainsi qu'une carte du contexte environnemental issue du traitement du RPG ;
- un pré-diagnostic pour chaque bassin versant et chaque ouvrage pressenti avec toutes les recommandations auxquelles l'attention de l'intervenant sur le terrain devra se porter vis-à-vis des problématiques identifiées dans ce rapport.

9.3.3. Proposition d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines vis-à-vis des pollutions diffuses

Au total, 27 points de surveillance de la qualité des eaux souterraines vis-à-vis des pollutions diffuses sont recommandés pour intégrer le réseau existant DCE. Ils viendraient se rajouter au RCS existant actuellement composé de 15 points. Le domaine de socle serait donc doté d'un réseau de 42 points au total sur lequel 4 campagnes annuelles de prélèvements et d'analyses (tous paramètres) sont programmées depuis mars 2016. Les 8 masses d'eaux souterraines en domaine de socle (dans l'attente d'un redécoupage en cours) comprennent entre 1 et 11 points de surveillance chacune. L'Illustration 78 présente la localisation de ce réseau de surveillance « eau souterraine ».

Chacun des 27 points du réseau a fait l'objet d'une fiche signalétique, sous format A3, qui comprend toutes les informations utiles pour la bonne réalisation des campagnes de terrain :

- les informations géographiques générales (lieu-dit, commune, département) ;
- l'identification du point (indice BSS, numéro propre au projet COQAS) ;
- les coordonnées et l'altitude du point d'eau diagnostiqué et du point de prélèvement, ainsi que le nom et numéro de la carte géologique concernée ;
- le plan de situation d'après l'IGN à 1/25 000 ;
- les caractéristiques générales de l'ouvrage accompagné d'une photographie de l'ouvrage, et les codes d'affectation des masses d'eau souterraine et de la BD Lisa ;
- les mesures physico-chimiques in situ réalisées lors du diagnostic ;
- les informations et commentaires liés au point de prélèvement, accompagné d'une ou plusieurs photographies ;
- les informations liées à la situation administrative/foncière de l'ouvrage ;
- un plan de localisation du site vis-à-vis des conditions d'accès et une photographie aérienne ;
- un schéma explicatif du contexte accompagné de photographies.

L'ensemble des fiches est présenté en annexe 10.

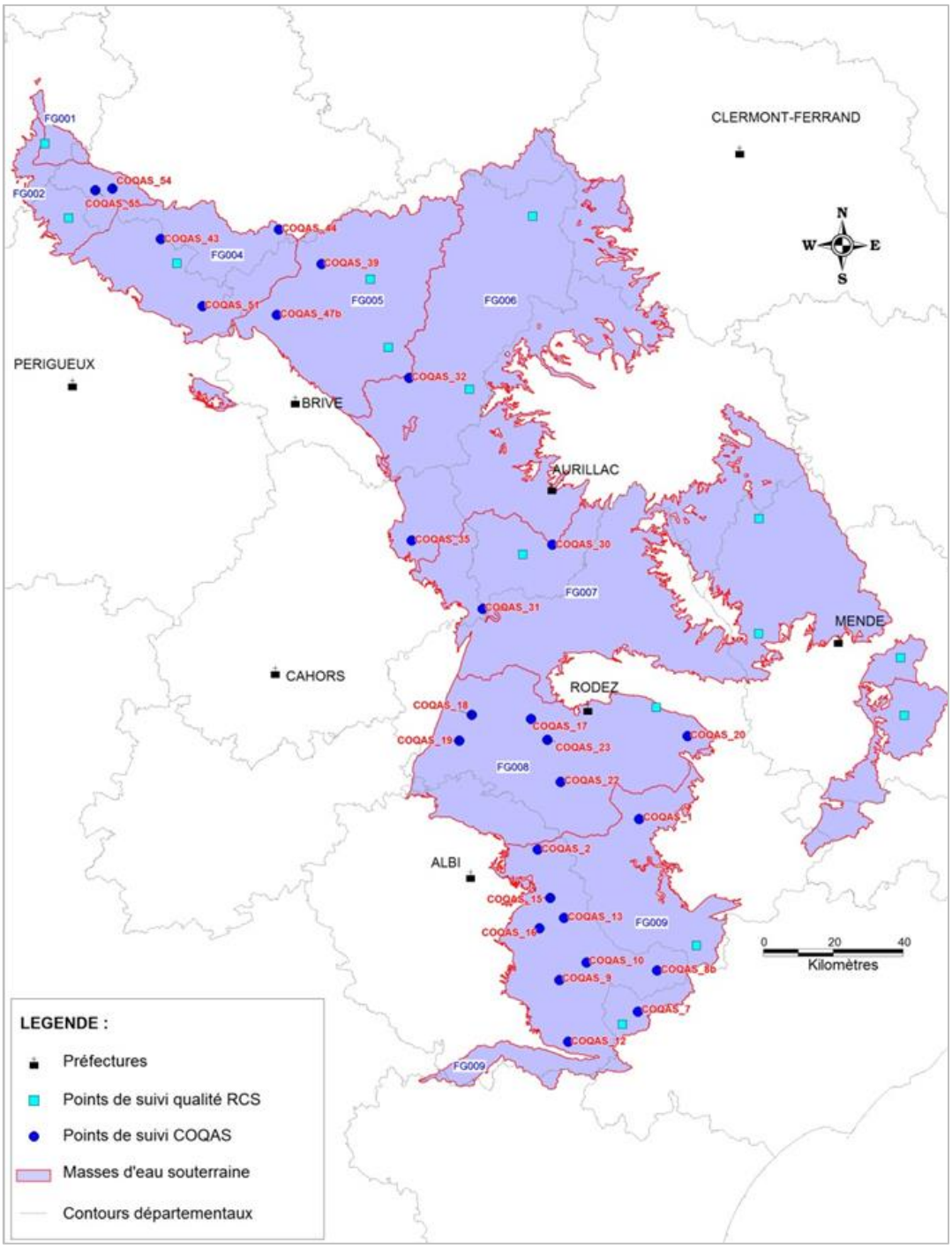


Illustration 78 : Localisation du réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines vis-à-vis des pollutions diffuses.

10. Conclusion

Le présent programme COQAS s'inscrit dans une démarche d'amélioration des connaissances pour permettre une surveillance adaptée de la qualité des eaux souterraines des aquifères de socle à l'échelle du bassin Adour-Garonne. Il est conçu en 2 phases :

- phase 1 (2015-2017) : Étude préalable pour la mise en place d'un réseau de surveillance « qualité » ;
- phase 2 (2017-2019) : Compréhension des mécanismes de transfert de contaminants : nitrates, produits phytosanitaires, éléments traces, dans les formations de socle vers les eaux souterraines.

La phase 1, objet du présent rapport, a permis de compléter le réseau DCE (directive-cadre européenne sur l'eau) existant de surveillance de la qualité des eaux souterraines, en proposant 27 points supplémentaires représentatifs, s'ajoutant aux 15 points du réseau de contrôle de surveillance existant géré par l'Agence de l'eau Adour-Garonne. Elle a également permis de proposer plusieurs approches exploratoires, notamment pour l'élaboration de l'état qualitatif des eaux superficielles, mais aussi l'utilisation d'analyses extraites de SISE Eaux sur des ouvrages de traitement-production et de distribution. Cette phase 1 constitue une étape indispensable pour mener à bien les travaux de recherche dans le cadre de la phase 2 du programme COQAS ciblée sur la compréhension des mécanismes de transfert de contaminants dans les formations de socle suivant 3 axes :

- discrimination de l'origine des nitrates sur des secteurs à contentieux et/ou à enjeu ;
- amélioration et compréhension des mécanismes de transfert et de dégradation des produits phytosanitaires dans le profil d'altération des formations de socle ;
- mécanismes de libération de métaux traces en domaine de socle, et de transfert dans les eaux souterraines et superficielles.

Cette seconde phase consistera ainsi à mieux comprendre les processus de libération des éléments traces liés aux formations de socle, à définir des concentrations de référence du fond géochimique naturel des eaux afin d'apporter un argumentaire nécessaire au programme de surveillance de la qualité des eaux souterraines. Cet objectif impliquera de mener des travaux sur plusieurs sites expérimentaux représentatifs des différentes problématiques liées à la qualité des eaux et au fonctionnement particulier des aquifères de socle (influence de la recharge, du caractère composite des aquifères et de leur degré d'altérabilité, des conditions d'oxydoréduction, des relations nappes/rivières, etc.). Ces sites nécessiteront des investigations sur le terrain et un monitoring complet des bassins sélectionnés en s'appuyant sur des outils technologiques et des méthodologies innovantes (outils isotopiques, instrumentations en forage, mécanismes de transfert de pollutions, etc.). Il permettra *in fine* de consolider le réseau de surveillance qualitative des eaux souterraines à partir des résultats obtenus pour assurer une gestion cohérente et pérenne des ressources en eaux sur le domaine de socle (souterraines et superficielles) à l'échelle du bassin Adour-Garonne.

Le programme COQAS s'insère dans une stratégie de long terme, initiée depuis 2010, pour l'amélioration de la connaissance scientifique des formations de socle sur le bassin Adour-Garonne, aussi bien sur le plan quantitatif que qualitatif.

11. Bibliographie

Technique (rapports consultés dans le cadre de la phase 1 du programme COQAS, pas forcément cités dans le présent rapport)

Auterives C., Gourcy L., Nicolas J. (2013) - Proposition méthodologique d'évaluation de la représentativité des réseaux DCE de surveillance des eaux souterraines - Rapport final - BRGM/RP-63055-FR, 261 p., 152 fig., 46 tabl.

Barbier J., Chery L. (1997) - Relation entre fond géochimique naturel et teneurs élevées en métaux lourd dans les eaux (antimoine, arsenic baryum, chrome, nickel, plomb zinc). Application (Auvergne et Limousin) et validation. Rapport BRGM RP39544, 45 p.

Bertin C., Barbier J., Rouzaire D. (2006) - Cartographie de l'aléa arsenic dans les eaux souterraines destinées à l'alimentation en eau potable de la région Auvergne. BRGM/RP-53427-FR, 65 p.

Blum A., Barbier J., Chery L., Petelet-Giraud E. (2001) - Contribution à la caractérisation des états de référence géochimique des eaux souterraines. Outils et méthodologie, Rapport BRGM/RP-51093-FR, 286 p., 6 ann., 78 fig., 56 tabl.

Blum A., Brenot A., Chery L., Sonney R. (2006) - Identification des zones à risque de fond géochimique élevé en éléments traces dans les cours d'eau et les eaux souterraines du basin Rhône Méditerranée et Corse. Rapport de phase 2. Caractérisation des secteurs à risque. Rapport BRGM RP-54530-FR, 137 p. + 3 annexes.

Blum A., Chery L, Barbier J., Baudry D., Petelet-Giraud E. (2002) - Contribution à la caractérisation des états de reference géochimique des eaux souterraines. Outils et méthodologie. Rapport final, Rapprt BRGM/RP-51549-FR, 5 volumes

Blum A., Gravier A., Mardhel V., Malon J-F. (2006) - Élaboration d'un réseau de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraines en Loire-Bretagne conforme aux prescriptions de la directive cadre sur l'eau. Rapport final. BRGM/RP-54830-FR, 73 p., 5 annexes, 1 CD-ROM.

Brenot A., Blum A., Chery L. (2006) - Identification des zones à risque de fond géochimique élevé en éléments traces dans les cours d'eau et les eaux souterraines du basin Rhône Méditerranée et Corse. Rapport de phase 3. Définition d'un programme d'acquisition de données. Rapport BRGM RP-54663-FR, 45 p. + 3 annexes.

Brenot A., Gourcy L., Allier D., Mascre C., Pons A., Chery L, Blum A. (2007) - Identification des zones à risque de fond géochimique élevé en éléments traces dans les cours d'eau et les eaux souterraines. Volume 5. Bassin Adour-Garonne. Rapport BRGM/ RP-55346-FR

Cantelaube P., Carles M. - Le registre parcellaire graphique : des données géographiques pour décrire la couverture du sol agricole - INRA, publication.

Chartier R., Orofino S., Merly C. (2012) - Pressions industrielles et impacts sur les eaux souterraines, Approche méthodologique en région Rhône Alpes - Rapport final - BRGM RP-61227-FR, 105 p., 29 ill., 6 ann.

Chery L., Gateau C. (1998) - Mise à disposition de l'inventaire géochimique sur le territoire national pour identifier les zones à risques de teneurs élevées en métaux lourds dans les eaux destinées à l'AEP. Rapport BRGM/R40207, 27p., 2 fig., 3 tabl., 111 cartes A3 hors texte, 1 CD-ROM.

Croiset N., Lopez B. (2013) - HYPE : Outil d'analyse statistique des séries temporelles d'évolution de la qualité des eaux souterraines - Manuel d'utilisation - BRGM/RP-63066-FR. 64 p., 33 fig.

Courtin-Nomade A., Bril H., Neel C. *et al.*(2003) - *Arsenic in iron cements developed within tailings of a former metaliferous mine - Enguiale's, Aveyron, France. Applied Geochemistry n° 18, p. 395-408.*

Dictor M.C., P. Baranger, L. Chéry, K. Michel, J. Barbier, B. Clozel, S. Touzé, A.C. Le Gall, P. Brosselin (2004) - Synthèse des travaux de R&D en France (1999-2004) sur la thématique Arsenic. BRGM/RP-53252-FR, 147 p., 4 III., 4 Ann.

Fuzeau V., Dubois G., Thérond O., Allaire G. (2012) - Diversification des cultures dans l'agriculture française, état des lieux et dispositifs d'accompagnement -Commissariat général au développement durable - Études et documents n° 67.

Fuzeau V., Dubois G., Thérond O., Allaire G. (2012) - Diversification des cultures dans l'agriculture française – état des lieux et dispositifs d'accompagnement - Études et documents du SEEIDD du CGDD.

Gandolfi. J.M., Wyns R., Damy P.C. (2010) - Diagnostic des potentialités aquifères des formations de socle en région Midi-Pyrénées. Rapport final. Rapport BRGM/RP-58808-FR. 141 p., 59 ill., 6 ann., 4 planches hors texte.

Ghestem J.P., Charpentier R., Labarraque G., Laurioux T., Guarini P. (2012) - Intercomparaison sur l'analyse des métaux dans l'eau : analyse à faibles niveaux de concentration. BRGM/RP-61841-FR, 43 p., 4 ann.

Lachassagne P. (2001) - Hydrogéologie des aquifères discontinus sur les granites de la Margeride en Lozère. Rapport BRGM/RP-51318-FR.

Ladouche B., Chery L., Petelet-Giraud E. (2004) - Contribution à la caractérisation des états de référence géochimique des eaux souterraines. Application de la méthodologie en milieu de socle fracturé (Naizin, Morbihan). Rapport BRGM/RP-53025-FR, 67 p.

Laville-Timsit L., Artignan D., Husson Y., Gandolfi J.M., Delbos R. (1993) - Cartographie régionale des concentrations en métaux lourds dans les sols. Essai de corrélation avec la qualité des eaux souterraines. Phase III. Rapport BRGM/R36862.

Leenhardt D., Thérond O., Mignolet C. (2012) - Quelle représentation des systèmes de culture pour la gestion de l'eau sur un grand territoire - Article de la revue Agronomie Environnement et Sociétés, p. 77 à 89.

Lions J., Pinson S, Aunay B. (2008) - Identification des zones à risque de fond géochimique élevé dans les cours d'eau et les eaux souterraines de La Réunion. Rapport BRGM/RP-56856-FR, 126 p.

Lopez B., Croiset N., Surdyk N., Brugeron A. (2013) - Développement d'outils d'aide à l'évaluation des tendances dans les eaux souterraines au titre de la DCE. Rapport final. BRGM/RP-61855-FR, 98 p., 45 ill., 1 ann.

Manlius N., Battaglia-Brunet F., Michel C. (2009) - Pollution des eaux par l'arsenic et acceptabilité des procédés de biotraitement. BRGM/RP-57640-FR, 173 p., 26 fig., 5 tabl., 9 ann.

Mauroux B., Wyns R., Castagnac C., Prognon C., Zammit C., Martelet G., Lions J. (2009) - Système d'Information pour la Localisation et l'Utilisation des Ressources en Eaux Souterraines en région Limousin (SILURES). Rapport BRGM/RP-57901-FR, 365 p., 54 ill., 25 ann.

Salpeteur I., Husson Y., Leistel J.M., Rouzaire D. (2005) - Répartition, spéciation et biodisponibilité des métaux dans les sols de la région Auvergne et du département de la Corrèze pour définir une stratégie d'épandage des boues de stations d'épuration - Module SIG BRGM. Rapport final. Rapport BRGM RP-54297-FR, 89 pages, 18 illustrations, 2 tableaux, 3 annexes (dont 5 cartes A3).

SAGE Clain (2012 - État des lieux des pratiques et pressions agricoles) - Géo-Hyd - Rapport final.

Saplairoles M., Beranger S., Gandolfi J.M., Bonnet M.E., Thinon-Larminach M. (2015) - Estimation des ressources en eaux souterraines renouvelables et évaluation de la sensibilité à la sécheresse des aquifères en région Midi-Pyrénées (ERESSAR). Rapport BRGM/RP-64075-FR, 198 p., 166 ill., 17 ann.

Sonney R., Blum A., Chery L. (2005) - Identification des zones à risque de fond géochimique élevé en éléments traces dans les cours d'eau et les eaux souterraines du basin Rhône Méditerranée et Corse. Rapport de phase 1. Recueil des données et informations. Rapport BRGM RP-54031-FR, 135 p. *(p.79 Massif central 48, 30, p. 81 Montagne noire).*

Villanneau E., Perry-Giraud C., Saby N., Jolivet C., Marot F., Maton D., Floch-Barneaud A., Antoni V., Arrouays D. (2008) - Détection de valeurs anomaliques d'éléments traces métalliques dans les sols à l'aide du Réseau de Mesure de la Qualité des Sols, Etude et Gestion des Sols, Volum 15,3, 2008, p. 183 à 200.

Autres documents techniques

Enquête pratiques culturales 2011, les traitements phytosanitaires sur les grandes cultures, indicateurs de fréquence de traitement (2013) - Agreste Les Dossiers - Numéro 18.

Manuel utilisateur SISE-Eaux V 2.0 (2006).

Règlementation

Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique.

Arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines.

Arrêté du 21 janvier 2010 modifiant l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif au programme de prélèvements et d'analyses du contrôle sanitaire pour les eaux fournies par un réseau de distribution, pris en application des articles R. 1321-10, R. 1321-15 et R. 1321-16 du code de la santé publique.

Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement.

Arrêté du 2 juillet 2012 portant modification de l'arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines.

Arrêté du 7 août 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement.

Circulaire du 23 octobre 2012 relative à l'application de l'arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines.

DIRECTIVE 2013/39/UE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 12 août 2013 modifiant les directives 2000/60/CE et 2008/105/CE en ce qui concerne les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau.

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 Occitanie – site de Toulouse
3, rue Marie Curie
Bât Aruba / BP 49
31527 – Ramonville-Saint-Agne – France
Tél. : 05 62 24 14 50