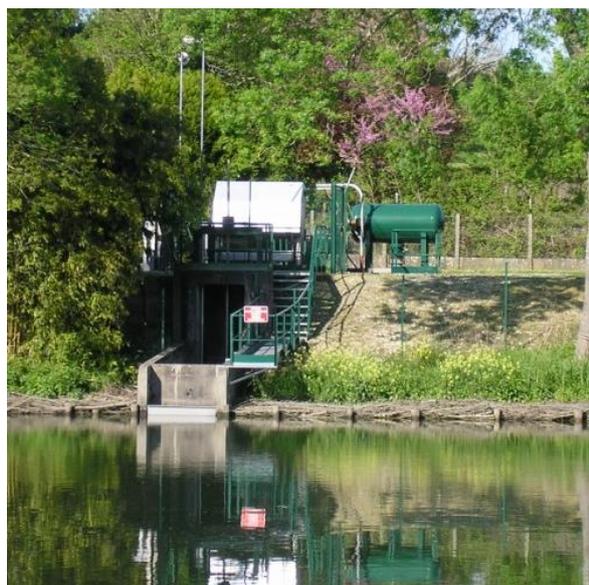


Délimitation des aires d'Alimentation des Captages prioritaires du bassin Adour Garonne

Phase 1 : Synthèse des données existantes
Classification C1, C2, C3



Fiche Signalétique

Délimitation des aires d’Alimentation des Captages prioritaires du bassin Adour-Garonne Phase 1 : Synthèse des données existantes – classification C1, C2, C3

CLIENT

Raison sociale	AGENCE ADOUR-GARONNE
Coordonnées	90 RUE FRERETRA 31078 TOULOUSE CEDEX
Contact	Mme BOULP et Mme AGUT TEL : 05.61.36.82.18 et 05.61.36.37.38

SITE D’INTERVENTION

Raison sociale	INTER LIEU
Coordonnées	INTER_ADRESSE INTER_CP - INTER_VILLE
Famille d’activité	Eau souterraine
Domaine	Eau

DOCUMENTmme

Destinataires	Mme BOULP et Mme AGUT TEL : 05.61.36.37.38 MAIL CONTACT : Lauriane.boulp@eau-adour-garonne.fr ; sandrine.agut@eau-adour-garonne.fr
Date de remise	Décembre 2017
Nombre d’exemplaire remis	1 sous format PDF
Pièces jointes	-
Responsable Commercial	Martine TROCHU

N° Rapport/ N° Projet	A87979VC/MPYP16-0256
Révision	/

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	TROCHU	Directeur de Projet	Décembre 2017	
Vérification	PERUCH	Chef de projet	Décembre 2017	



Sommaire

1	Contexte de l’étude	15
1.1	Contexte réglementaire.....	15
1.2	Limites de l’étude	17
1.3	Cadre géologique et hydrogéologique	18
1.3.1	Cadre géologique général	18
1.3.2	Cadre hydrogéologique	19
2	Méthodologie pour les eaux souterraines	21
2.1	Rappels sur la méthodologie du BRGM pour les eaux souterraines.....	21
2.1.1	Démarche proposée	22
2.1.2	Etude hydrogéologique et définition de la typologie de l’aquifère.....	23
2.2	Délimitation de l’AAC	25
2.2.1	Notions préliminaires	25
2.2.2	Délimitation en milieu continu.....	26
2.2.3	Délimitation en milieu discontinu fissuré	26
2.2.4	Délimitation en milieu discontinu karstique	27
2.3	Cartographie de la vulnérabilité	28
2.3.1	Notions préliminaires	28
2.3.2	Cartographie de la vulnérabilité en milieu continu	30
2.3.3	Cartographie de la vulnérabilité en milieu discontinu fissuré	32
2.3.4	Cartographie de la vulnérabilité en milieu discontinu karstique.....	33
2.4	Données nécessaires	36
2.5	Méthodologie proposée pour le classement C1, C2 et C3	38
2.5.1	Etablissement par captages de fiches de synthèse des données disponibles à la définition du niveau de classement C1, C2 et C3	38
2.5.2	Grille d’évaluation du niveau C1, C2 et C3.....	38
2.5.3	Investigations proposées en fonction de la typologie de l’aquifère et du classement C1, c2	43
3	Méthodologie pour les eaux superficielles	46
3.1	Délimitation de l’AAC	46



3.2	Cartographie de la vulnérabilité	46
3.2.1	Notions préliminaires	46
3.2.2	Vulnérabilité intrinsèque.....	52
3.3	Données nécessaires	61
3.4	Méthodologie proposée pour le classement C1, C2 et C3	63
3.4.1	Détermination du classement C1, C2, C3.....	63
3.4.2	Investigations proposées	64
4	Collecte des données et enquête de terrain	65
4.1	Organismes consultés.....	65
4.2	Sites internet	69
4.3	Enquête de terrain.....	70
4.4	Synthèse des principales données collectées	71
5	Classement.....	72
5.1	Préambule : contenu des annexes	72
5.2	Classement des captages d’eau souterraines par typologie d’aquifère	76
5.3	Classement C1, C2 et C3	76

FIGURES

Figure 1	: Localisation des captages « conférence environnementale »	17
Figure 2	: Carte géologique simplifiée du Bassin Aquitain (source BRGM)	18
Figure 3	: Démarche à adopter (source Onema – J.F. Vernoux-2014).....	22
Figure 4	: Représentation schématique d’une aire d’alimentation de captage (Onema – J.F. Vernoux – Février 2014).....	25
Figure 5	: Approche européenne de la cartographie de la vulnérabilité basée sur le modèle conceptuel "origine-écoulements-cible) (COST Action 620, 2004)	29
Figure 6	: Paramètres pris en compte pour le calcul de la vulnérabilité pour trois types d’aquifères (Onema – J.F. Vernoux -2014).....	30
Figure 7	: Conceptualisation du karst dans la méthode PaPRIKa	34
Figure 8	: principales voies d’écoulement dans un versant (d’après Voltz et Louchart, 2001).....	48
Figure 9	: principales voies de transfert des pesticides et devenir dans l’environnement (d’après Louchart, 1999)	49
Figure 10	: Exemple de normalisation non-linéaire avec 3 seuils entre les valeurs min (ici =0) et Max. Le graphe du bas montre la différence avec une approche par palier ou par classification (rectangle rouge et limites par palier en trait bleu), avec des ruptures brutales au niveau de chaque seuil.	51
Figure 11	: Agrégation d’information spatiale de type raster vers des entités de type vecteur	52
Figure 12	: Mécanismes de transfert de polluants vers les eaux de surface retenus pour l’évaluation de la vulnérabilité intrinsèque	53



Figure 13 : Données du milieu prises en compte et combinées pour évaluer les composantes RUISSELLEMENT, EROSION et CONNEXION du transfert hydrologique de surface et la DERIVE atmosphérique. 54

Figure 14 : Illustration de l’impact de l’occupation du sol sur le volume de ruissellement 56

Figure 15: Valeurs de références d’après les données de Rautman et al. 2001 pour différentes cultures (type céréalières, vigne, verger) et stade de développement de la végétation 60

TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des captages – masses d’eau et entités hydrogéologiques captées 20

Tableau 2 : Tableau d’aide à la définition de la typologie de l’aquifère 24

Tableau 3 : Classes de vulnérabilité – milieu continu poreux..... 31

Tableau 4 : Classes de vulnérabilité – milieu discontinu fissuré..... 32

Tableau 5 : Classification de la vulnérabilité finale PaPRIKa 35

Tableau 6 : modèle de tableau de synthèse des données disponibles par captage d’eau souterraine 37

Tableau 7 : Modèle de fiche de synthèse pour le classement des captages en milieu continu 40

Tableau 8 : Modèle de fiche de synthèse pour le classement des captages en milieu discontinu fissuré 41

Tableau 9 : Modèle de fiche de synthèse pour le classement des captages en milieu discontinu karstique..... 42

Tableau 10 : Informations sur les données brutes utilisées 54

Tableau 11 : Coefficient de Ruissellement (CR) affecté aux classes d’occupation du sol de Corine Land Cover de niveau 3 (source interne Envilys et CREPEPP, 2009) 57

Tableau 12 : Données nécessaires à la définition des AAC et à la caractérisation de la vulnérabilité 62

Tableau 13 : Observations – visite de terrain 71

Tableau 14 : Modèle de fiche de synthèse des données disponibles par captage d’eaux souterraines 74

Tableau 15 : Modèle de fiche de synthèse des données disponibles par captage d’eaux superficielles..... 75

Tableau 16 : Tableau de synthèse de la typologie des 19 captages d’eaux souterraines 76

Tableau 17: Tableau de synthèse de la typologie des 21 captages 77

Tableau 18: Tableau de synthèse de la classification C1, C2, C3 des 21 captages 78



Liste des abréviations

AAC	: Aire d'alimentation de captage
AEAG	: Agence de l'Eau Adour-Garonne
AEE	: Agence Européenne de l'Environnement
AEP	: Alimentation en Eau Potable
AFB	: Agence Française pour la Biodiversité (anciennement ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques)
ARS	: Agence Régionale de santé
ASP	: Agence des Services et de Paiement
BRGM	: Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BVE	: Bassin Versant Elémentaire
CA	: Chambre d'Agriculture
CLC	: Corine Land Cover
CORPEN	: Comité d'ORientation pour des Pratiques agricoles respectueuses de l'ENVironnement
CR	: Coefficient de Ruissellement
DCE	: Directive Cadre sur l'Eau
DDT	: Direction Départementale du Territoire
DDTM	: Direction Départementale du Territoire et de la Mer
DGS	: Débit Seuil de Gestion
DOE	: Débit d'Objectif d'Etiage
DREAL	: Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
EFSA	: European Food Safety Authority
DSA	: Débit d'étiage Seuil d'alerte
ESO	: Eaux souterraines
ESU	: Eaux superficielles
IDPR	: Indice de Développement et de Persistance des Réseaux
IGN	: Institut National Géographique
INRA	: Institut National de la Recherche Agronomique
ME	: Masses d'eau
MNT	: Modèle Numérique de Terrain
ONEMA	: Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
OS	: Occupation du sol
PNAC	: Portion de nappe alimentant le captage
SAGE	: Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDAGE	: Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
UG	: Unité de Gestion
ZPS	: Zone de Protection Spéciale
ZRE	: Zone de Répartition des Eaux
ZSC	: Zone Spéciale de Conservation

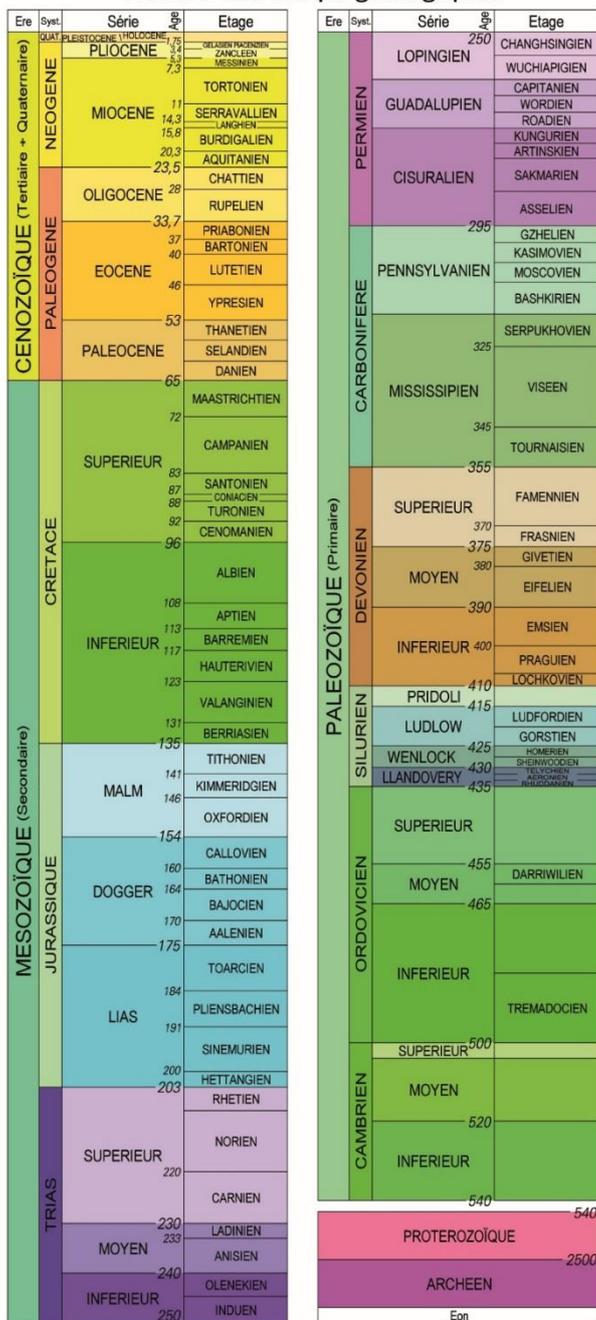


Glossaire

Géologie

Echelle géologique

Echelle des temps géologiques



Hydrogéologie

TYPES D'AQUIFÈRES

➤ Nappe libre

Nappe à surface libre, comprise dans un aquifère qui comporte une zone non saturée de caractéristiques semblables à celles de la zone saturée, et une zone de fluctuation. Le terme de nappe phréatique est employé pour désigner une nappe libre à surface peu profonde, atteinte et exploitée par des puits ordinaires. (Réf. dictionnaire français d'hydrogéologie, Castany & Margat, 1977).

➤ Nappe captive

Nappe ou partie d'une nappe, sans surface libre, donc soumise en tous points à une pression supérieure à la pression atmosphérique, et dont la surface piézométrique est supérieure au toit de l'aquifère, à couverture moins perméable, qui la contient. (Réf. dictionnaire français d'hydrogéologie, G. Castany, J. Margat, 1977).

➤ Entité hydrogéologique

Un référentiel hydrogéologique a été conçu en 2005, appelé BDRHF®V1 (Base de Données du Référentiel Hydrogéologique Français, version 1) et a permis un découpage hydrogéologique de la France. La version n°2 de ce référentiel est nommée **BD Lisa** (Base de Données sur les Limites des Systèmes Aquifères), et constitue la base de données des contours des formations géologiques des formations sédimentaires sous-recouvrement.

PARAMETRES HYDROGEOLOGIQUES EVALUES LORS DES TESTS EN FORAGE

➤ Conductivité hydraulique

Le paramètre accessible par les tests hydrauliques classiques sur des intervalles déterminés est la **transmissivité** (notée T, dimension L^2T^{-1}), qui correspond au débit d'eau qui s'écoule dans la zone saturée d'un aquifère par unité de largeur et par unité de gradient hydraulique. Dans la plupart des cas, les intervalles de test sont verticaux et c'est la composante horizontale de la transmissivité qui est mesurée.

La **perméabilité** (notée K, dimension LT^{-1}) désigne la vitesse de l'eau - au sens de Darcy - dans le milieu poreux pour un gradient hydraulique unité. Tout comme la transmissivité, on peut distinguer une composante horizontale et une composante verticale. Le tableau ci-dessous indique les limites conventionnelles¹ de perméabilité pour considérer une formation comme aquifère, aquitard² ou aquiclude³. Cette perméabilité peut être liée à une forte porosité ou à une forte fracturation dans le cas de roches compactes ou massives.

¹ D'après Castany, 1982

² Couche géologique semi-perméable contenant une quantité d'eau non négligeable assez peu mobilisable

³ Couche géologique très peu perméable à l'eau contenant une faible quantité d'eau et très peu mobilisable



K (en m/s)	10 ⁺¹ 1 10 ⁻¹ 10 ⁻² 10 ⁻³ 10 ⁻⁴ 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁶ 10 ⁻⁷ 10 ⁻⁸ 10 ⁻⁹ 10 ⁻¹⁰ 10 ⁻¹¹	
granulométrie	homogène	gravier pur sable pur sable très fin silts argile
	variée	gravier gros et moyen gravier et sable sable et argile - limons
degrés de perméabilité	très bonne bonne mauvaise nulle	
types de formations	perméables semi-perméables imperméables	
	Aquifères Aquitards Aquicludes	

➤ **Emmagasinement**

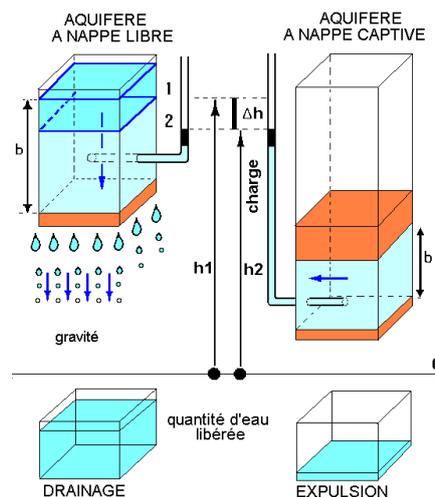
L'emmagasinement d'un milieu poreux saturé caractérise sa capacité à stocker et à restituer de l'eau. En nappe libre (milieu ouvert), il s'apparente à la porosité efficace de la formation. En nappe captive (milieu confiné sous pression), il correspond à la quantité d'eau que l'on peut extraire en décomprimant la formation saturée. Dans ce deuxième cas, les quantités disponibles sont infiniment plus faibles. Entre ces deux états extrêmes existent tous les intermédiaires (milieux semi-captifs).

Quelques ordres de grandeur de porosité efficace :

Galets	Graviers	Sables	Alluvions	Sables argileux	Calcaire fissuré	Craie	Argiles
30%	25 %	5 à 20%	8 à 10 %	2 à- 5 %	2 à 10 %	2 à 5 %	0 à 1 %

Ordre de grandeur de coefficient d'emmagasinement de nappes captives : 1‰ à 1.10⁻⁶ ou plus pour les aquifères très profonds.

Les schémas ci-après illustrent, qu'à volumes et natures de roche identiques, le volume d'eau libéré par abaissement d'1 mètre du niveau piézométrique est nettement plus important pour une nappe libre que pour une nappe captive.



- **Le coefficient d'emmagasinement (S sans unité)** est le rapport du volume d'eau libérée (ou emmagasinée) par unité de surface d'un aquifère pour une perte (ou un gain) de charge hydraulique donnée, c'est-à-dire une baisse (ou une hausse) de pression, sans référence au temps. Le coefficient d'emmagasinement (S) représente la quantité d'eau libéré sous une variation unitaire de la charge hydraulique, c'est-à-dire sous l'effet d'une baisse du niveau d'eau. Il conditionne l'emmagasinement de l'eau souterraine mobile dans les vides du réservoir.



➤ Charge hydraulique

Le **niveau piézométrique** correspond au niveau supérieur du plan d’eau statique observable dans un ouvrage. C’est le niveau mesuré à la sonde depuis la surface. Les niveaux piézométriques sont exprimés dans les tableaux de données en profondeur par rapport au sol (sens positif vers le bas ; un chiffre négatif indique un niveau au-dessus du sol).

La **charge hydraulique** désigne l’altitude du niveau piézométrique par rapport à un plan de référence. On parle, en se référant au zéro NGF, de **cote piézométrique**.

Le gradient **hydraulique** correspond au rapport entre la différence de charge hydraulique entre deux piézomètres et la distance entre ces deux piézomètres. Il s’agit de la pente de la surface de la nappe perpendiculaire à ses courbes de niveau.

➤ Notion de débits et rabattement de nappe

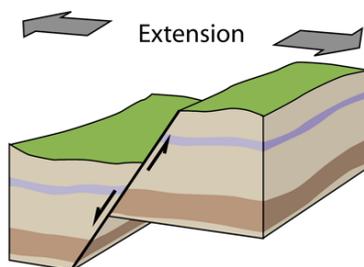
La loi de Darcy définit le débit ou flux s’écoulant naturellement au sein d’une nappe sous l’action gravitaire. Il s’établit par la formule suivante : $Q \text{ (m}^3\text{/s ou m}^3\text{/h)} = K S i$ avec K : perméabilité, s : section d’aquifère saturé, i : gradient hydraulique

Ce débit peut être calculé pour n’importe quel profil de terrain aquifère pris perpendiculairement au sens d’écoulement de la nappe, ou encore dans le sens vertical pour évaluer une drainance au travers de terrains peu perméables.

➤ Notion de limite alimentée ou étanche et relation entre nappe et cours d’eau

Une formation géologique aquifère n’est pas un bloc parallélépipédique horizontal et régulier en épaisseur. Elle a subi des déformations et cassures (pour les roches les moins ductiles) au cours des temps géologiques. Certaines couches géologiques peuvent être ainsi portées à l’affleurement et subir une érosion importante qui a façonné le relief topographique actuel.

Il en résulte que les couches géologiques peuvent présenter des réductions d’épaisseur, des limites d’extension (par affleurement, par failles décalant les couches) qui sont autant de perturbations potentielles des écoulements souterrains voire des limites étanches.

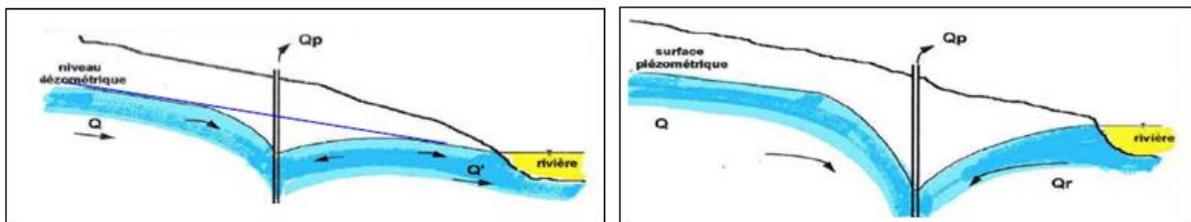


Par ailleurs, le réseau hydrographique de surface interagit avec les nappes souterraines qu’il draine ou alimente suivant les configurations et les saisons. Lorsque le cours d’eau représente un flux important, il peut constituer une limite dite « alimentée » car il est en mesure de fournir un flux théorique (si la berge n’est pas colmatée) nettement supérieur à ce que fournirait un aquifère sur une section équivalente.



Cette situation est illustrée par les deux schémas ci-dessous. Dans le premier schéma, un pompage en forage à débit modéré rabat la nappe localement mais ne change pas globalement le sens d’écoulement vers la rivière.

Dans le deuxième schéma, un pompage en forage plus important et plus proche de la rivière provoque un rabattement plus fort mais aussi et surtout provoque une inversion du sens d’écoulement initial entre la nappe et la rivière avec un retour d’eau provenant de celle-ci. C’est le phénomène de limite alimentée, qui donne l’illusion que l’aquifère fournit une quantité d’eau inépuisable alors que c’est l’eau du cours d’eau qui est indirectement prélevée (jusqu’à assèchement si celui-ci présente un débit de l’ordre de grandeur du débit du forage).



Hydrométrie

Toutes les valeurs de débits sont exprimées en m³/s ou l/s. Les valeurs de volumes sont exprimées en m³.

- **Débit moyen sur un mois** : il est obtenu le plus souvent en faisant la moyenne des débits moyens journaliers du mois.
- **Débit d'étiage d'un cours d'eau** : Débit minimum d'un cours d'eau calculé sur un temps donné en période de basses eaux. Ainsi pour une année donnée, on parlera de : débit d'étiage journalier, débit d'étiage de **n** jours consécutifs, débit d'étiage mensuel : moyenne des débits journaliers du mois d'étiage. Sur une année : on caractérise les étiages par des moyennes sur plusieurs jours consécutifs. Il peut s'agir du mois le plus faible (QMNA ou débit mensuel minimal de l'année), des 3 jours les plus faibles (VCN3 ou débit moyen minimal sur 3 jours consécutifs) ou, plus largement, des **n** jours les plus faibles (VCNn). Sur plusieurs années : comme pour les crues, on peut associer statistiquement les débits d'étiage à différentes fréquences de retour. On détermine ainsi, par exemple, la valeur de QMNA5 : débit mensuel minimal annuel, qui se produit en moyenne 1 fois tous les 5 ans. Sa valeur est associée à un intervalle de confiance.
- **Débit minimal** : Valeur de débit maintenu à l'aval d'un ouvrage localisé de prise d'eau (rivière court-circuitée, ...) en application de l'article L-232-5 du Code rural (loi "Pêche"). Cet article vise explicitement les "ouvrages à construire dans le lit d'un cours d'eau", et les "dispositifs" à aménager pour maintenir un certain débit. Il oblige à laisser passer un débit minimal garantissant la vie, la circulation et la reproduction des espèces qui peuplent les eaux. Ce débit minimal est au moins égal au dixième du module (au 1/40ème pour les installations existantes au 29/06/84) ou au débit entrant si ce dernier est inférieur. Le débit minimal est souvent appelé, à tort, débit réservé. Article L-232-5 du Code rural.
- **Temps de retour** : Intervalle (exprimé en années) au cours duquel un événement (par exemple la hauteur horaire de pluie) est atteint ou dépassé une fois, en moyenne sur une longue période.
- **Plan de gestion des étiages (PGE)** : Le PGE est un protocole d'accord entre différents partenaires (Etat, agriculteurs, Agence de l'Eau, EDF, ...) dans le domaine de la gestion quantitative de la ressource en période d'étiage. Il vise à retrouver une situation d'équilibre entre les usages de l'eau et le milieu naturel, traduite par le respect des débits d'objectif d'étiage
- **Point nodal** : Point clé pour la gestion des eaux, en général à l'aval des unités de référence hydrographiques pour les SAGE et/ou à l'intérieur de ces unités dont les contours peuvent être déterminés par le SDAGE. A ces points, peuvent être définies en fonction des objectifs généraux retenus pour l'unité, des valeurs repères de débit et de qualité. Leur localisation s'appuie sur des critères de cohérence hydrographique, écosystémique, hydrogéologique et socioéconomique.



Hydrologie

- **Basses eaux** : Niveau annuel le plus bas atteint par un cours d'eau, en un point donné.
- **Hautes eaux** : Niveau annuel le plus haut atteint par un cours d'eau, en un point donné.
- **Evapotranspiration (mm)** : L'émission de la vapeur d'eau, ou évapotranspiration (exprimée en mm), résulte de deux phénomènes : l'évaporation, qui est un phénomène purement physique, et la transpiration des plantes.
- **Evapotranspiration formule de Penman (mm)** : Formule mathématique utilisée dans les stations météorologiques pour estimer le taux d'évaporation d'une façon relativement précise ; basée sur les données concernant la pression atmosphérique, les radiations, l'ensoleillement, l'humidité, la température de l'air et la vitesse du vent.
- **Réserve utile (mm)** : La réserve utile (RU) correspond à la capacité de rétention du sol (le volume d'eau que le sol est susceptible d'absorber). La RU est exprimée en mm.
- **Réserve facilement utilisable (mm)** : La notion de réserve facilement utilisable (RFU) correspond à la quantité d'eau du sol en dessous de laquelle une plante flétrit. Les doses d'irrigation sont calculées à partir de la RFU et on irrigue dès que celle-ci est épuisée. La RFU est exprimée en mm.
- **Coefficient de ruissellement (%)** : représente le ratio entre la quantité d'eau écoulee et la quantité d'eau précipitée pendant une période donnée et un bassin donné. En zone rurale, l'exercice est particulièrement difficile puisqu'il faut prendre en compte la capacité d'infiltration des sols, éminemment variable selon le degré d'avancement des cultures et la pluviométrie dans les jours précédents.
- **Pluie efficace ou pluie utile (mm)** : Les pluies (ou précipitations) efficaces, exprimées en mm, comprennent le ruissellement et l'infiltration et sont égales à la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration réelle. Les précipitations efficaces peuvent être calculées directement à partir des paramètres climatiques et de la réserve facilement utilisable (RFU). L'eau des précipitations efficaces est répartie, à la surface du sol, en deux fractions : le ruissellement et l'infiltration.
- **Recharge (mm)** : est la composante alimentant le réservoir souterrain.



VULNERABILITE

- **Vulnérabilité** : « propriété d'un milieu aquatique à être atteint par des substances polluantes ».
- **Potentiel de contamination d'un milieu aquatique** : « conjonction d'une activité polluante et d'une vulnérabilité ».
- **Enjeu** : « conservation, préservation, réhabilitation des divers usages d'une ressource en eau (alimentation en eau potable, qualité piscicole, baignade ...). »
- **Risque** : « conjonction d'un potentiel de contamination et d'un enjeu. »



1 Contexte de l’étude

1.1 Contexte réglementaire

La Directive européenne 2000/60/CE établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l’eau fixe des objectifs ambitieux en matière de reconquête de la qualité de la ressource en eau potable. L’échéance pour ce retour au bon état est 2015, voir 2021 ou 2027 en justifiant la dérogation.

En conséquence, les Etats membres doivent assurer la protection des captages afin de prévenir la détérioration de leur qualité et réduire le degré de traitement nécessaire à la production d’eau potable et peuvent à cette fin établir des zones de sauvegarde des captages.

A cet effet, la loi sur l’eau et les milieux aquatiques du 30 Décembre 2006 a renforcé les dispositifs de la gestion de la ressource en créant des zones de protection quantitative et qualitative des aires d’alimentation des captages (AAC), pour lutter contre les pollutions diffuses d’origine agricole et non agricole.

L’amélioration durable de la qualité des eaux prélevées passe par :

- la délimitation précise de l’aire d’alimentation du captage ;
- la détermination de la vulnérabilité intrinsèque de l’aquifère ;
- l’inventaire des usages du sol ;
- la mise œuvre de programmes d’actions visant à modifier les pratiques agricoles.

Dans le cadre du Grenelle de l’environnement, un classement des captages prioritaires pour la mise en place d’actions a été réalisé sur l’ensemble du territoire français.

C’est ainsi que dans le cadre du Grenelle de l’Environnement, un classement des captages prioritaires pour la mise en place d’actions a été réalisé sur l’ensemble du territoire français.

Ce classement a été effectué à partir de 3 critères :

- l’état de la ressource vis-à-vis des pollutions par les nitrates ou les pesticides ;
- le caractère stratégique de la ressource au vu de la population desservie ;
- la volonté de reconquérir certains captages abandonnés.

Sur le bassin Adour-Garonne, les services de l’Etat ont sélectionné en 2016, 34 captages complémentaires dits « conférence environnementale » et jugés prioritaires en raison de la présence de nitrates et/ou de pesticides.

En 2009, à la demande des services de l’état, l’Agence de l’Eau Adour-Garonne s’est portée maître d’ouvrage pour réaliser les études des AAC sur une cinquantaine d’ouvrages et a de la



même manière en 2016, poursuivie cette mission sur 21 de ces nouveaux captages prioritaires.

Dans ce contexte, le groupement ANTEA-CALLIGEE-ENVILYS a été mandaté pour réaliser la présente étude dont les objectifs sont :

- Collecter et valider l’ensemble des données disponibles en particulier celles utilisées pour les études préalables à l’établissement des périmètres de protection ;
- Déterminer les données complémentaires à acquérir pour délimiter le bassin d’alimentation du captage ;
- Définir précisément l’aire d’alimentation des captages prioritaires ;
- Cartographier leur vulnérabilité intrinsèque vis-à-vis des pollutions diffuses.

Le présent document d’étape de la phase 1 est établi pour définir le classement des captages AEP en trois catégories selon le niveau des connaissances disponibles :

- C1 : captages ne disposant d’aucun élément hydrogéologique ;
- C2 : captages disposant d’une information de base de type de celle utilisée pour la mise en place des périmètres de protection ;
- C3 : captages disposant d’une information complète permettant de délimiter l’aire d’alimentation et de cartographier la vulnérabilité.

Pour les ressources en eau souterraine, les données disponibles doivent permettre en préalable de définir le type d’aquifère et de le classer selon les trois types : « **aquifère continu** », « **aquifère discontinu fissuré** » et « **aquifère discontinu karstique** ».

En effet, la méthodologie à mettre en œuvre pour la délimitation de l’AAC et la caractérisation de la vulnérabilité diffère selon les types d’aquifères.



1.2 Limites de l'étude

Les captages concernés par l'étude sont répartis sur l'ensemble du bassin Adour-Garonne et sont localisés sur la figure 1.

Dans le cadre de l'organisation de l'étude, les captages sont classés en 4 groupements en fonction de la répartition spatiale des captages :

- G1 : Gers, Hautes Pyrénées et Pyrénées Atlantiques ;
- G2 : Aveyron, Cantal, Lozère et Tarn ;
- G3 : Corrèze, Dordogne et Gironde ;
- G4 : Ariège, Aude et Haute Garonne.

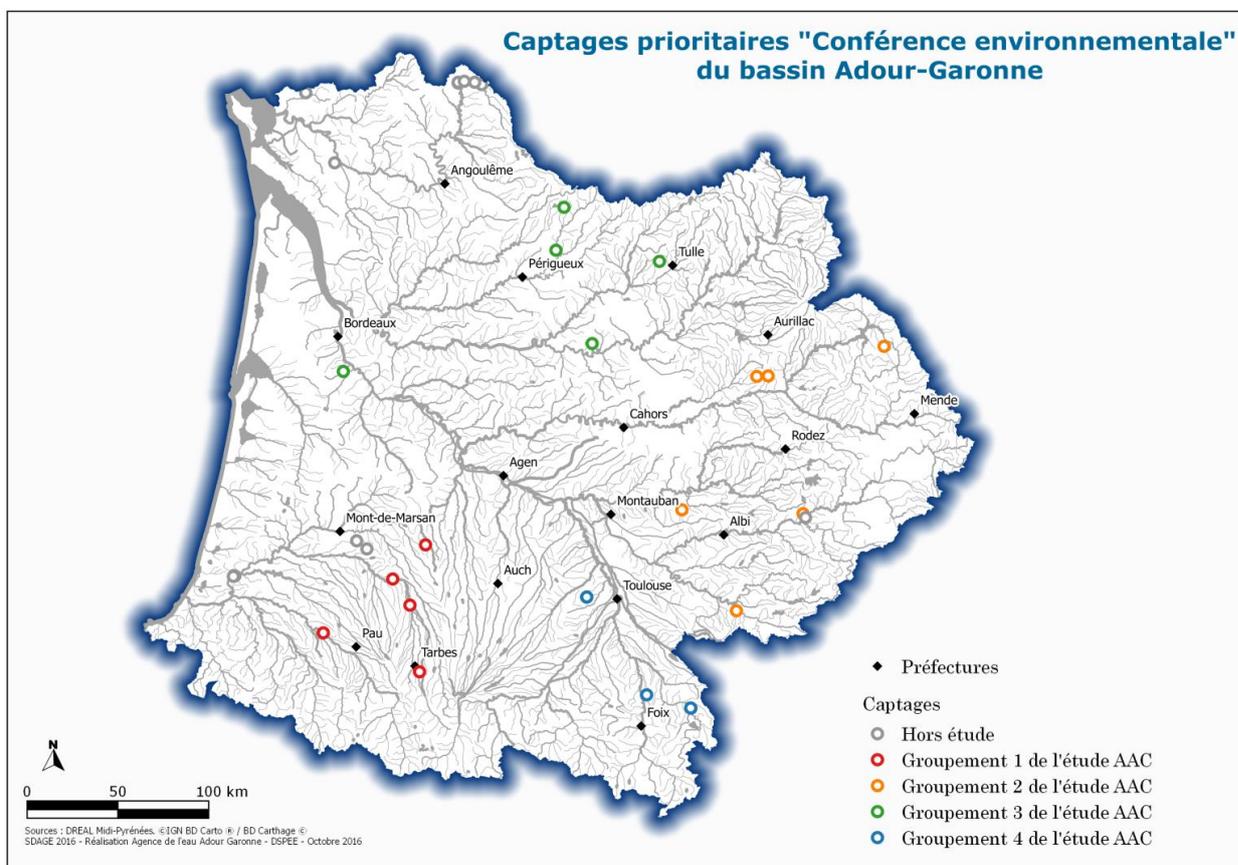


Figure 1 : Localisation des captages « conférence environnementale »



1.3.2 Cadre hydrogéologique

Les formations aquifères sont constituées sur le territoire par les nappes alluviales des grands cours d’eau, des aquifères carbonatés karstifiés du Crétacé au Jurassique et des aquifères de socle.

- 19 ouvrages captent des eaux souterraines et peuvent être associés à une entité hydrogéologique définie dans la base de données **BD Lisa**⁴ (Base de Données sur les Limites des Systèmes Aquifères),
- et à une masse d'eau⁵. **Une masse d’eau peut recouper plusieurs entités hydrogéologiques. L’état des lieux des eaux souterraines repose sur celui des masses d'eau.**

Les informations recueillies sur ces captages sont synthétisées dans le tableau suivant. Cette première approche permet d'approcher la typologie de la formation aquifère en fonction de l'entité hydrogéologique concernée et de connaître la masse d'eau impliquée ainsi que son état qualitatif et quantitatif.

⁴ base de données des contours des formations géologiques des formations sédimentaires sous-recouvrement

⁵ Une masse d'eau souterraine est un volume distinct d'eau souterraine regroupant un ou de plusieurs aquifères. Une masse d'eau constitue le découpage élémentaire des milieux aquatiques, destinée à être l'unité d'évaluation de la DCE.



Groupe	Ancien_BSS	Nouveau_BSS	NomCaptage	Commune	DEP.	nature	Maître d'ouvrage	Typologie	Masse d'eau	Entité hydrogéologique
G1 : Gers, Hautes Pyrénées et Pyrénées Atlantiques	09532X0005/S1	BSS002EFUF	Sources Gachiot (5)	EAUZE	32	source	Syndicat Armagnac Tenareze	ESO	Sables fauves BV Garonne région hydro o - FG085 - FRFG085	Sables Verts Et Fauves Du Miocène Moyen Du Bassin Aquitain - 312AA05
	09793X0023/F	BSS002FMPX	Puits de Tarsac "Banet"	TARSAC	32	puits	Syndicat des eaux et de l'assainissement	ESO	Alluvions de l'Adour et de l'Echez, l'Arros, la Bidouze et la Nive - FG028	Alluvions De La Basse Plaine Et Des Basses Et Moyennes Terrasses De L'Adour - 948AA03
	10046X0089/P	BSS002HPTJ	Artix P1	ARTIX	64	puits	Syndicat d'eau et d'assainissement des trois cantons	ESO	Alluvions du gave de Pau - FG030 - FRFG030	Alluvions des basses et moyennes terrasses du Gave de Pau - 948 AG01
	10061X0020/P1	BSS002HQWC	Puits 1,2,3,4 Hères rivière basse	HERES	65	puits	SIAEP de Rivière Basse	ESO	Alluvions de l'Adour et de l'Echez, l'Arros, la Bidouze et la Nive - FG028	Alluvions De La Basse Plaine Et Des Basses Et Moyennes Terrasses De L'Adour - 948AA03
	10316X0021/F	BSS002KDGW	Puits syndicat - Soues Adour Coteaux (réalimentation)	SOUES	65	puits	SIAEP Adour Coteaux	ESO	Alluvions de l'Adour et de l'Echez, l'Arros, la Bidouze et la Nive - FG028	Alluvions De La Basse Plaine Et Des Basses Et Moyennes Terrasses De L'Adour - 948AA03
G2 : Aveyron, Cantal, Lozère et Tarn	09342X0022/S1	BSS002DGZW	Cussac (CUSSAC 2) - 5 sources	BROQUIES	12	source	Commune de Broquies	ESO	Socle BV Tarn secteurs hydro o3-o4 - FG009	Socle Du Bassin Versant Du Tarn Du Confluent De La Jonte Au Confluent De La Dourbie - 370AA05
	08357X0015/C	BSS001ZSZS	Le Faisan	CALVINET	15	source	Commune de Calvinet	ESO	Socle BV Lot secteurs hydro o7-o8 - FG007 - FRFG007	Socle Du Bassin Versant Du Célé De Sa Source Au Confluent Du Bervezou - 370AJ03
	08358X0019/2537	BSS001ZTBB	Cols parc des Daims	JUNHAC	15	source	Commune de Junhac	ESO	Socle BV Lot secteurs hydro o7-o8 - FG007	Socle Du Bassin Versant Du Lot Du Confluent De La Truyère Au Confluent Du Dourdou - 370AH03
	08145X0063/ORFLTE	BSS001YWV	Château d'Orfeuillette	ALBARET SAINTE MARIE	48	drain	Commune d'Albaret Sainte Marie	ESO	Socle BV Lot secteurs hydro o7-o8 - FG007	Socle Du Bassin Versant De La Truyère Du Confluent De La Ribeyre Au Confluent Du Bes - 370AG05
	09321X0008/Source	BSS002DFLG	Guirbonde (source, F1 et F2)	ITAZC	81	source	SIAEP de la région de Vieux	ESO	Molasses du bassin de l'Aveyron - FG090 - FRFG090	Brèches Et Conglomérats De La Grèssigne, Argiles À Graviers De L'Albigeois Et Du Carmausin, Et Graviers D'Issel (Oligo-Eocène) - 332AA01
	10121X0015/P1	BSS002HYFQ	Mascarens puits n°1 et 2	NAVES	81	source	SIAEP de Saix Navès	ESO	Alluvions du Tarn, du Dadou et de l'Agout secteurs hydro o3-o4 - FG021	Formations Alluviales Complémentaires D'Extension Conforme L'Entité Régionale 330aa
G3 : Corrèze, Dordogne et Gironde	07613X0017/HY	BSS001WELJ	Retenue eau grande	SAINT MEXANT	19	prise d'eau	SMAEP du Maumont	ESU	FRGG005 socle BV Vezere	
	07118X0202/HY	BSS001UELY	La Valouze (La Meynardie)	LA COQUILLE	24	prise d'eau	Commune de la Coquille	ESU	FRFG004 bv isle dronne	
	07593X0004/HY	BSS001WDNB	Source de la Glane	SAINT JORY LAS BLOUX	24	source	SIAEP de la Vallée de l'Isle	ESO	FRFG003 calcaire jurassique BV isle dronne	Calcaires Micritiques Et Bioclastiques Du Bathonien Moyen À Oxfordien Du Nord Du Bassin Aquitain - 358AE03
	08086X0022/HY	BSS001YSHK	Moussidière	SARLAT LA CANEDA	24	source	SIAEP de Vitrac la Caneda	ESO	Calcaires, grès et sables du crétacé sup basal libre en Périgord Sarladais Bouriane - FG065	Calcaires Grès Et Marnes Du Coniacien-Santonien Du Nord Du Bassin Aquitain - 348AA01
	08277X0166/F2	BSS001ZNHP	La Sauque 2	LA BREDE	33	forage	Bordeaux Métropole	ESO	Calcaires et sables de l'oligocène à l'ouest de la Garonne - FG083	Calcaires À Astéries, Faluns Et Grès De L'Oligocène À L'Ouest De La Garonne - 324AA01
G4 : Ariège, Aude et Haute Garonne	10573X0153/F	BSS002LNMG	Puits de la Preboste	PAMIERS	9	forage	Commune de Pamiers	ESO	Alluvions de l'Ariège et affluents - FG019	Alluvions De La Basse Plaine Et Des Basses Terrasses De L'Ariège - 946AG01
	10586X0023/F	BSS002LPQK	Puits Roumengoux N°2	MOULIN NEUF	9	puits	La Fédération des Distributions Publiques d'eau potable de l'AUDE	ESO	Alluvions de l'Ariège et affluents - FG019	Alluvions De La Basse Plaine Et Des Basses Terrasses Du Grand Hers - 946AG03
	10586X0025/F	BSS002LPQM	Puits Roumengoux N°1			puits		ESO	Alluvions de l'Ariège et affluents - FG019	Alluvions De La Basse Plaine Et Des Basses Terrasses Du Grand Hers - 946AG03
	09836B0104/F	BSS002FRSH	Puits 2 côté opposé réservoir	LEGUEVIN	31	puits	Commune de Leguevin	ESO	Basse et moyenne terrasse de la Garonne rive gauche en amont du Tarn - FG087	Moyennes Terrasses (Sables, Graviers Et Galets) Quaternaires Du Bassin Adour Garonne - 306AA01
	09836B0134/F	BSS002FRST	Château d'eau 1	LEGUEVIN	31	puits	Commune de Leguevin	ESO	Basse et moyenne terrasse de la Garonne rive gauche en amont du Tarn - FG087	Moyennes Terrasses (Sables, Graviers Et Galets) Quaternaires Du Bassin Adour Garonne - 306AA01

Tableau 1 : Liste des captages – masses d'eau et entités hydrogéologiques captées



2 Méthodologie pour les eaux souterraines

2.1 Rappels sur la méthodologie du BRGM pour les eaux souterraines

La délimitation des aires d’alimentation des captages (AAC), et la caractérisation de leur vulnérabilité ont nécessité la définition d’une méthodologie commune à l’échelle nationale afin d’assurer la cohérence et la hiérarchisation des programmes d’actions qui devront être mis en œuvre.

Pour les captages en eaux souterraines, la délimitation de l’Aire d’Alimentation du Captage et la cartographie de la vulnérabilité intrinsèque vis-à-vis des pollutions diffuses seront réalisées en suivant la méthodologie développée par le BRGM :

- Vernoux J.F., Wulleumier A., Dörfliger N. (2007). Délimitation des bassins d’alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses - Guide méthodologique. Rapport BRGM-AESN, 72 pp. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-55874-FR.pdf>;
- Vernoux J.F., Wulleumier A., Perrin J. (2014a). Délimitation des aires d’alimentation de captage d’eau souterraine et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Version révisée du guide méthodologique. Rapport BRGM-ONEMA, 150 pp http://captages.onema.fr/system/files/vernoux_et_al._2014a.pdf;
- Dörfliger N., Plagnes V. (2009). Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque des aquifères karstiques - Guide méthodologique de la méthode PaPRIKa - Rapport BRGM/RP-57527 FR - http://www.onema.fr/IMG/pdf/2009_073.pdf;
- Catalogne Cl., Carluer N., le Henaff G., Vernoux J.F.(2014) Guide pour la délimitation de la cartographie de la vulnérabilité intrinsèque d’Aires d’Alimentation de captages à transferts mixtes- Rapport IRSTEA – ONEMA ;

La présente étude s’appuie strictement sur les guides méthodologiques. *En conséquence, dans le présent chapitre, nous ne présentons qu’un résumé des principales orientations de la méthodologie proposée.*



2.1.1 Démarche proposée

L'étude géologique et hydrogéologique du bassin versant souterrain est déterminante. Elle permet à la fois de définir le type d'aquifère et sert de base à la délimitation de l’AAC et à la caractérisation des paramètres de vulnérabilité. C’est lors de cette étude que seront acquises les données nécessaires permettant de définir la typologie du système et à partir de là, la méthode à appliquer.

La méthode proposée, que ce soit pour la délimitation de l’AAC ou la cartographie de la vulnérabilité, dépend du type d’aquifère. Quatre types d’aquifères ont été définis :

- Aquifère continu ;
- Aquifère discontinu fissuré ;
- Aquifère discontinu karstique ;
- Aquifère volcanique.

La méthodologie prévoit 3 étapes :

- Etape 1 : étude hydrogéologique et définition de la typologie de l’aquifère ;
- Etape 2 : délimitation de l’AAC (Aire d’Alimentation des Captages) ;
- Etape 3 : cartographie de la vulnérabilité.

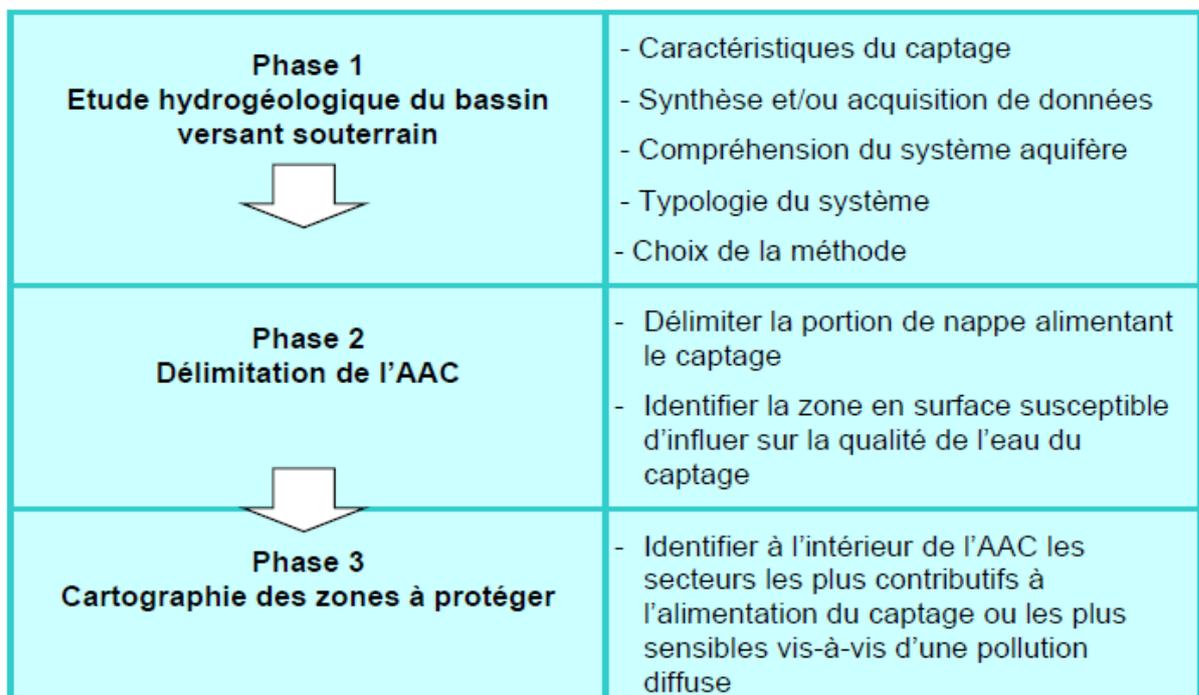


Figure 3 : Démarche à adopter (source Onema – J.F. Vernoux-2014)



2.1.2 Etude hydrogéologique et définition de la typologie de l’aquifère

L’étude géologique et hydrogéologique servira de base à la délimitation de l’AAC et à la caractérisation de la vulnérabilité.

Préalablement, **les données acquises pour renseigner l’étude géologique et hydrogéologique doivent permettre de définir la typologie de l’aquifère** (« aquifère continu », « aquifère discontinu fissuré », « aquifère discontinu karstique ») puisque la méthode à appliquer dépend de ce classement.

La typologie de l’aquifère peut être définie par différents critères de différentes natures tels que par exemple : lithologie, densité de fracturation en milieu fissuré, débits et variabilité des débits, température et conductivité, fluctuation piézométrique, perméabilités, etc....

Le guide méthodologique a rassemblé les principaux critères dans un tableau d’aide à la caractérisation des aquifères. Pour chaque critère listé, le tableau donne trois niveaux de caractérisation selon la typologie.

Ce modèle de tableau sera repris dans la présente étude pour chaque captage, afin d’identifier sur la base des données existantes les critères déterminants, permettant de caractériser la typologie de l’aquifère (voir le modèle en page suivante : **tableau 2**).

NB : dans le cas d’aquifères mixtes (karst alimentant une nappe alluviale par exemple), il sera différencié la portion de l’AAC correspondant à chaque aquifère ; les méthodes correspondant aux deux types d’aquifères seront combinées.



	Nom du captage : N° BSS :	Commune :	Département :
formation	roches sédimentaires, socle altéré	roches sédimentaires et métamorphiques, socle	roches sédimentaires
lithologie	calcaire, sables, grès, craie, arène granitique	calcaire, grès, craie, granite, schistes, gneiss	calcaire, dolomie, craie, calcaires marneux
structure	milieu poreux homogène ou fissuré homogène	milieu hétérogène : présence de discontinuités délimitant des blocs avec réseaux de fractures	structure karstique ; milieu très hétérogène : réseau de drainage souterrain
géomorphologie	absence de zones d’infiltration préférentielles	présence de zones d’infiltration préférentielle, d’érosion le long de fractures ou d’ouverture importante des systèmes de discontinuité	Présences de zones d’infiltration préférentielles : dolines, gouffres, avens, pertes en rivières, bétoires
taille du bassin versant souterrain	Variable : pouvant atteindre plusieurs dizaines de km ²	généralement de petite taille : quelques km ²	Variable ; pouvant atteindre plusieurs dizaines à centaines de km ²
débit de production	moyen élevé : 30 à 200 m ³ /h	faible : < 5 m ³ /h	peut-être très élevé : 1000 m ³ /h
fluctuations de débit (source)	faibles	fortes	très fortes, réponse impulsionnelle à un épisode pluvieux
température	stable	variations importantes au cours du cycle hydrologique	variations importantes au cours du cycle hydrologique
conductivité	stable	variations importantes au cours du cycle hydrologique	variations importantes au cours du cycle hydrologique
hydrochimie	stable	variations importantes au cours du cycle hydrologique	variations importantes au cours du cycle hydrologique
turbidité	rare	possible après fortes pluies	possible après fortes pluies
surface piézométrique	relativement plane	souvent corrélée à la surface topographique	
variation du niveau piézométrique	fluctuations annuelles faibles à moyennes	fluctuations annuelles faibles	hétérogène en fonction des vides regroupés ; mise en charge rapide, plusieurs dizaines de mètres
infiltration	lente	mixte : rapide au niveau des discontinuités principales et lente ailleurs	mixte : très rapide au niveau des pertes ; et diffuse et lente ailleurs
perméabilité	variable mais généralement < 0.1 m/s	mixte : forte au niveau des fractures, faible ailleurs	
porosité	d’interstices ; comprise entre 5 et 30 %	double porosité : interstices et fractures ; porosité d’interstices très faible : < 5%	double porosité : interstices et drains ; porosité d’interstices très faible : < 5%
vitesse de transit	globalement faible : < 1m/ jour	importante ; de 1 m/j à 1 m/h	très importante : 10-50 m/h à 100 m/h
essai de traçage	dispersion du pic sur une longue période	taux de restitution élevé et pic peu dispersé dans le temps en fonction du degré de connexion hydraulique	taux de restitution élevé et pic peu dispersé dans le temps
temps de séjour de l’eau dans l’aquifère	peut-être important sauf dans les alluvions	mélange d’eaux à temps de résidence court et long	court de manière générale, fonction de l’inertie du système (quelques jours à quelques mois)
	↓	↓	↓
	continu	discontinu fissuré	discontinu karstique

Tableau 2 : Tableau d’aide à la définition de la typologie de l’aquifère



Le présent rapport donne au **chapitre 5.2** un tableau de synthèse fournissant la typologie retenue pour chacun des 21 captages d’eaux souterraines et les 2 ou 3 principaux critères justifiant de cette classification.

2.2 Délimitation de l’AAC

2.2.1 Notions préliminaires

Le bassin hydrogéologique ou bassin versant souterrain est la partie d’un aquifère, simple ou complexe dans laquelle les eaux souterraines s’écoulent vers un même exutoire ou groupe d’exutoires. Il est délimité par une ligne de partage des eaux souterraines qui, à l’encontre de celle des bassins de surface peut être migrante. A l’intérieur d’un bassin versant souterrain, on peut définir une portion de la nappe d’eau souterraine alimentant le captage ; elle représente l’ensemble des particules d’eau situé en un endroit quelconque de la zone saturée qui termineront leur course dans le captage.

L’aire d’alimentation d’un captage d’eau (prise d’eau superficielle ou captage d’eau souterraine) correspond aux surfaces sur lesquelles l’eau qui s’infiltrate ou ruisselle participe à l’alimentation de la ressource en eau dans laquelle se fait le prélèvement.

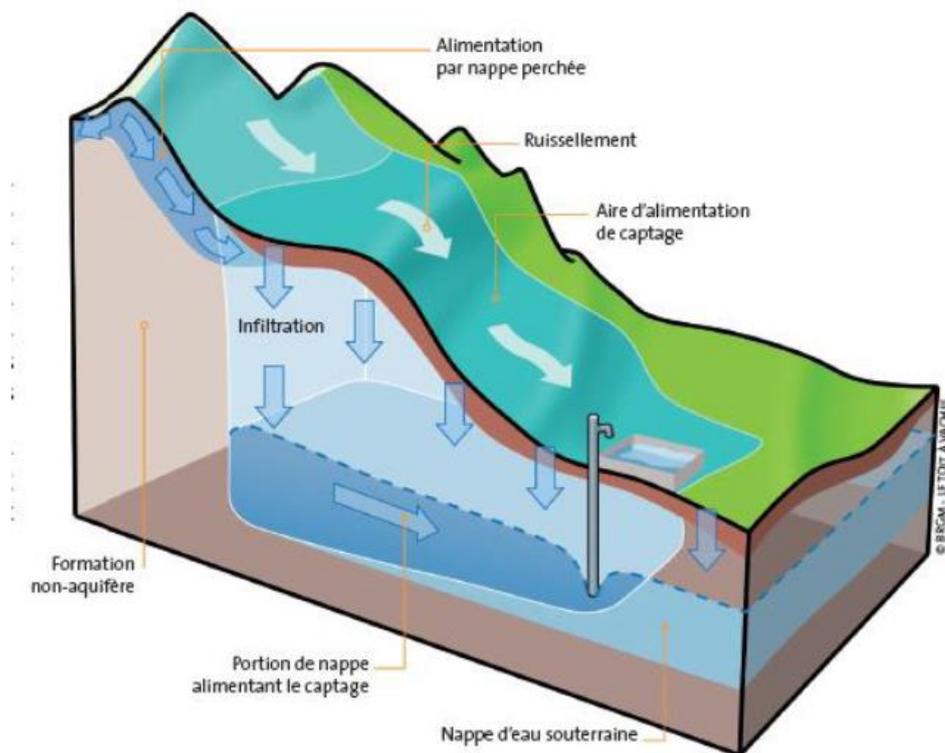


Figure 4 : Représentation schématique d’une aire d’alimentation de captage (Onema – J.F. Vernoux – Février 2014)



2.2.2 Délimitation en milieu continu

La PNAC et l’AAC peuvent être définis selon diverses méthodes telles que :

- Définition du bassin versant hydrogéologique pour des sources non sollicitées ;
- Délimitation par approche analytique (afin de déterminer la zone d’appel ; limitée à l’amont par la crête piézométrique) ;
- Délimitation par modélisation mathématique maillée simple ou complexe.

Dans le cadre du présent rapport destiné à évaluer le niveau C1, C2 et C3 sur la base des données disponibles, il est proposé un tableau synthétique d’aide à la décision pour caractériser le niveau de connaissance de la délimitation de l’AAC. Voir le modèle ci-dessous :

Critère d’évaluation	Rappels des principales données disponibles renseignant le critère		Appréciation du niveau de connaissance
Délimitation de la PNAC	Cartes piézométriques	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3 *
	Paramètres hydrodynamiques (Q, T, i, S...)	<input type="checkbox"/>	
	Volumes prélevés sur le bassin + données climato (P, ETP)	<input type="checkbox"/>	
Délimitation de l’AAC	Extensions + (réinjection, relations nappe-rivière,...)	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3 *
	Exportations – (drainages agricoles, pompages, ...)	<input type="checkbox"/>	

(*) : Les cotations 1, 2 et 3 correspondent respectivement à un niveau jugé : « faible », « moyen », « satisfaisant »

Ce tableau est la première partie d’une fiche synthétique qui sera établie pour chaque captage d’eau souterraine : fiche justifiant de la classification du captage concerné en C1, C2 ou C3.

(Voir le modèle et la méthodologie proposés pour cette fiche au **chapitre 2.3**). (La deuxième partie de cette fiche permettra d’évaluer selon la même logique le niveau de connaissance disponible concernant la vulnérabilité).

2.2.3 Délimitation en milieu discontinu fissuré

La PNAC et l’AAC peuvent être définis selon diverses méthodes telles que :

- Analyses géologiques et structurales ;
- Traçages.



Dans le cadre du présent rapport destiné à évaluer le niveau C1, C2 et C3 sur la base des données disponibles, il est proposé un tableau synthétique d’aide à la décision pour caractériser le niveau de connaissance de la délimitation de l’AAC. Voir le modèle ci-dessous :

Critère d'évaluation	Rappels des principales données disponibles renseignant le critère		Appréciation du niveau de connaissance
Délimitation de la PNAC	Etudes géologiques et structurales	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Volumes prélevés sur le bassin + climato (P, ETP)	<input type="checkbox"/>	
	Traçages	<input type="checkbox"/>	
Délimitation de l’AAC	Extensions + (réinjection, apports rivières....)	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Exportations – (drainages agricoles, pompages permanents.)	<input type="checkbox"/>	

(*) : Les cotations 1, 2 et 3 correspondent respectivement à un niveau jugé : « faible », « moyen », « satisfaisant »

Ce tableau est la première partie d’une fiche synthétique qui sera établie pour chaque captage d’eau souterraine : fiche justifiant de la classification du captage concerné en C1, C2 ou C3. (Voir le modèle et la méthodologie proposés pour cette fiche au chapitre 2.3). (La deuxième partie de cette fiche permettra d’évaluer selon la même logique le niveau de connaissance disponible concernant la vulnérabilité).

2.2.4 Délimitation en milieu discontinu karstique

La PNAC et l’AAC peuvent être définis selon diverses méthodes :

- Analyses géologiques et structurales ;
- Traçages ;
- Analyses géomorphologiques des phénomènes karstiques.

Dans le cadre du présent rapport destiné à évaluer le niveau C1, C2 et C3 sur la base des données disponibles, il est proposé un tableau synthétique d’aide à la décision pour caractériser le niveau de connaissance de la délimitation de l’AAC. Voir le modèle ci-dessous :

Critère d'évaluation	Rappels des principales données disponibles renseignant le critère		Appréciation du niveau de connaissance
Délimitation de la PNAC	Etudes géologiques et structurales	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Volumes prélevés sur le bassin + climato (P, ETP)	<input type="checkbox"/>	
	Données de caractérisation du système karstique (jaugeages sur les cours d’eau susceptibles d’être affectés par des pertes, analyse des débits selon la méthode des débits classés ...)	<input type="checkbox"/>	
	Traçages (traçage simple ou multi traçages)	<input type="checkbox"/>	
	Géomorphologie	<input type="checkbox"/>	
Délimitation de l’AAC	Extensions + (BV topo des pertes...)	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Exportations - (drainages agricoles, pompages permanents.)	<input type="checkbox"/>	

(*) : Les cotations 1, 2 et 3 correspondent respectivement à un niveau jugé : « faible », « moyen », « satisfaisant »

Ce tableau est la première partie d’une fiche synthétique qui sera établie pour chaque captage d’eau souterraine : fiche justifiant de la classification du captage concerné en C1, C2 ou C3. (Voir le modèle et la méthodologie proposés pour cette fiche au chapitre 2.3). (La deuxième partie de cette fiche permettra d’évaluer selon la même logique le niveau de connaissance disponible concernant la vulnérabilité).



2.3 Cartographie de la vulnérabilité

La méthode proposée par le guide méthodologique dépend également de la typologie de l’aquifère selon les 3 catégories : « aquifère continu », « aquifère discontinu karstique » et « aquifère discontinu fissuré ».

2.3.1 Notions préliminaires

La vulnérabilité d'un aquifère peut être définie, au sens large, comme sa plus ou moins grande exposition aux risques de contaminations extérieures.

Nous retiendrons donc les définitions de l'Action COST 620 développant celles de MARGAT, reconnues et utilisées par tous :

- La **vulnérabilité intrinsèque** sera le terme utilisé pour représenter les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques naturelles qui déterminent la sensibilité des eaux souterraines à la contamination par les activités humaines, ou encore pour représenter les caractéristiques géologiques, hydrogéologiques, climatologiques et de végétation naturelle qui déterminent la sensibilité des eaux souterraines à la contamination par les activités humaines.
- La **vulnérabilité spécifique** sera le terme utilisé pour définir la vulnérabilité d'une eau souterraine à un contaminant particulier ou à un groupe de contaminants. Elle prend en compte les propriétés des contaminants et leurs relations avec les divers composants de la vulnérabilité intrinsèque. Ce terme pourra être employé notamment pour commenter les résultats de modélisation hydrochimique.

Le concept de vulnérabilité des eaux souterraines est basé sur un modèle « origine – écoulements – cible » par une commission européenne pour la gestion de l'environnement (Action COST 620 et Goldscheider, 2002) ; il est décrit comme suit :

- **L'origine** ou la **source** de contamination correspond au lieu d'infiltration du contaminant. Dans le cadre de la cartographie de la vulnérabilité, on fait l'hypothèse que la contamination prend place au niveau de la surface du sol. Dans le cadre du projet, c'est ce type d'origine qu'il faut considérer.
- Le terme **écoulement** correspond au trajet du contaminant de son point d'origine à travers le système dans la zone non saturée et/ou la zone saturée jusqu'à la cible à protéger (ex : point d'eau AEP sensible).
- La **cible** est quant à elle l'eau souterraine qui fait l'objet d'une protection : pour la protection globale de la ressource, il s'agit de la surface des eaux souterraines (interface entre la zone non saturée et la zone saturée) et pour la protection d'une source d'approvisionnement, il s'agit du point de captage.



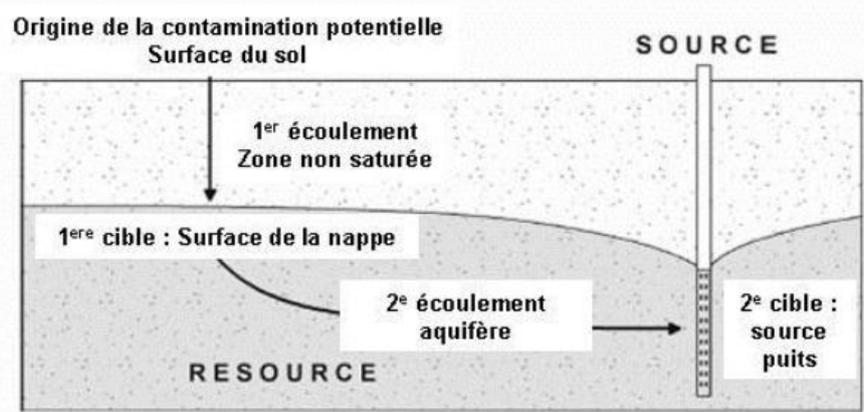


Figure 5 : Approche européenne de la cartographie de la vulnérabilité basée sur le modèle conceptuel "origine-écoulements-cible" (COST Action 620, 2004)

La vulnérabilité intrinsèque sera calculée par la somme pondérée de plusieurs paramètres. La pondération et le nombre de paramètres peuvent varier en fonction des données disponibles. Des classes sont établies pour chacun des paramètres et la valeur de l'indice varie de 0 à 4.

$$D_i = \sum_{j=1}^{j=n} (W_j R_j)$$

Avec D_i : index de vulnérabilité global d'une unité cartographique
 W_j : facteur de pondération du paramètre j
 R_j : index du paramètre j
 n : nombre de paramètres pris en compte

Les paramètres pris en compte varient en fonction de la typologie de l'aquifère. Les illustrations suivantes replacent ces paramètres dans le schéma conceptuel d'aquifère.



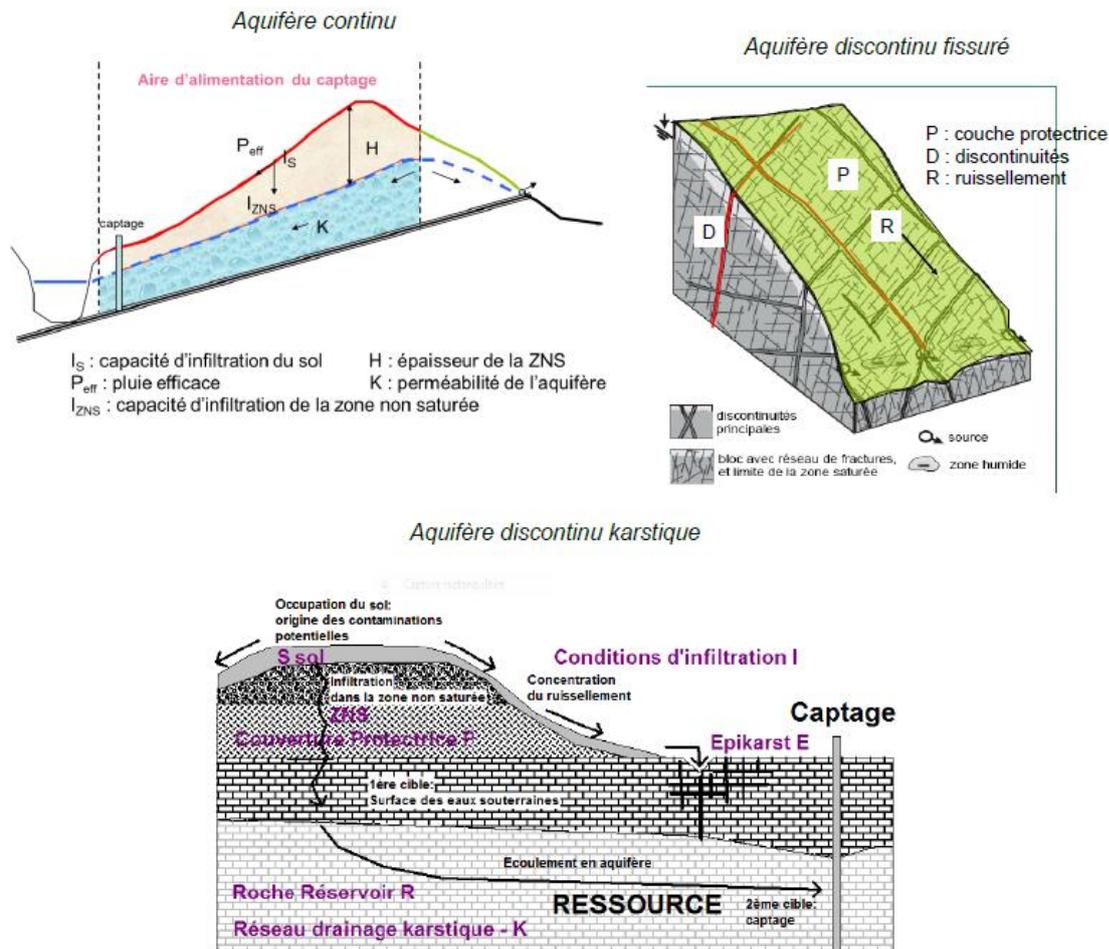


Figure 6 : Paramètres pris en compte pour le calcul de la vulnérabilité pour trois types d'aquifères (Onema – J.F. Vernoux -2014)

2.3.2 Cartographie de la vulnérabilité en milieu continu

La méthodologie proposée est adaptée de la méthode DRASTIC. Pour les aquifères continus, les paramètres pris en compte sont :

- **Pluie efficace (P)** : ce paramètre est déterminé à partir de la pluviométrie, de l'évapotranspiration et la réserve utile des sols.
- **Sol (S)** : ce paramètre prend en compte la couverture pédologique et son comportement hydrodynamique. Il est apprécié par des sondages de terrain.
- **Infiltration efficace (I)** : cette valeur est déterminée à partir de l'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux, (IDPR) ou à partir du bilan hydrique (petits bassins). Ce paramètre permet d'évaluer la capacité intrinsèque du milieu géologique de surface à laisser infiltrer ou ruisseler les eaux de pluie.
- **Épaisseur de la zone non saturée (H)** : l'épaisseur de la zone non saturée est calculée comme étant la distance entre la surface du sol et le niveau de la nappe pour un aquifère libre.
- **Perméabilité de l'aquifère (K)** : ce paramètre prend en compte la capacité de l'aquifère à laisser circuler l'eau.



L'indice de vulnérabilité finale est la somme pondérée des 5 paramètres selon la formule suivante :

$$\text{Vulnérabilité} = 0,1 P + 0,25 S + 0,3 I + 0,2 H + 0,15 K$$

Le nombre de paramètres et le poids des critères peuvent être adaptés au contexte environnemental local.

Les cartes ainsi obtenues permettent de visualiser les zones à risque : plus l'indice de la vulnérabilité est élevé, plus le potentiel de contamination de l'eau souterraine est élevé.

La valeur finale de vulnérabilité varie donc entre 0 (vulnérabilité minimale) et 4 (vulnérabilité maximale). En l'absence d'éléments permettant de cartographier un paramètre, un poids nul lui sera affecté et les autres poids seront recalculés au prorata de leur importance dans le calcul de la vulnérabilité.

Valeur indice	Classe	Vulnérabilité
3,2 - 4	4	très élevée
2,4 - 3,19	3	élevée
1,6 - 2,39	2	modérée
0,8 - 1,59	1	faible
0 - 0,79	0	très faible

Tableau 3 : Classes de vulnérabilité – milieu continu poreux

Les différents paramètres sont cartographiés sous forme de SIG.

Dans le cadre du présent rapport destiné à évaluer le niveau C1, C2 et C3 sur la base des données disponibles, il est proposé un tableau synthétique d'aide à la décision pour caractériser le niveau de connaissance de la vulnérabilité. Voir le modèle ci-dessous :

Critère d'évaluation	Rappels des principales données disponibles renseignant le critère		Appréciation du niveau de connaissance
S = sol (épaisseur, texture, pierrosité) (Caractérisation de la couverture : sol et formations superficielles)	Cartes agropédologiques générales à échelle adaptée	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Existence de sondages pédologiques à l'échelle du bassin	<input type="checkbox"/>	
P (Pluies efficace)	Pluviométrie : chroniques pluviométriques /données ponctuelles	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Données ETP/données ponctuelles	<input type="checkbox"/>	
I (Infiltration efficace)	Grille IDPR (MNT - BD CARTHAGE) à échelle adaptée	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Existence de bilans hydriques	<input type="checkbox"/>	
	Zones préférentielles d'infiltration (fossé, ouvrages d'infiltration.)	<input type="checkbox"/>	
H = épaisseur de la ZNS (en hautes eaux)	MNT	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Cartes piézométriques (si possible en HE)	<input type="checkbox"/>	
	Chroniques piézométriques et battement de la nappe	<input type="checkbox"/>	
K = perméabilité	Essais de pompage	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Evaluation en fonction de la lithologie	<input type="checkbox"/>	
	Mesures en laboratoire	<input type="checkbox"/>	
Vulnérabilité = 0.1 P + 0.25 S + 0.3 I + 0.2 H + 0.15 K (adapté de la méthode DRASTIC)			

(*) : Les cotations 1, 2 et 3 correspondent respectivement à un niveau jugé : « faible », « moyen », « satisfaisant »



Ce tableau est la deuxième partie de la fiche synthétique citée au chapitre précédent ; fiche qui sera établie pour chaque captage d’eau souterraine pour justifier de sa classification en C1, C2 ou C3. (Voir le modèle et la méthodologie proposés pour cette fiche au chapitre 2.3).

2.3.3 Cartographie de la vulnérabilité en milieu discontinu fissuré

La méthodologie proposée est adaptée de la méthode DISCO. Pour les aquifères fissurés, les paramètres pris en compte sont:

- **Discontinuités, D.** Il s'agit d'identifier les zones caractérisées par des contrastes de conductivité hydraulique au sein de l'aquifère. Ce paramètre est subdivisé en 5 classes, de D0 à D4, du moins au plus vulnérable.
- **Sol - couverture protectrice S.** Ce critère est cartographié selon les mêmes définitions et la même classification que celles proposées dans la méthode RISK pour les aquifères karstiques discontinus. La classification repose d'une part sur la distinction entre un sol sur roche saine ou un sol sur horizon géologique protecteur et sur la texture et le pourcentage de cailloux, sa nature ainsi que son épaisseur.
- **Infiltration efficace (I) :** Cette valeur est déterminée à partir de l'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux, (IDPR) ou à partir du bilan hydrique (petits bassins). Ce paramètre permet d'évaluer la capacité intrinsèque du milieu géologique de surface à laisser infiltrer ou ruisseler les eaux de pluie.

L'indice de vulnérabilité finale est la somme pondérée des 3 paramètres selon la formule suivante :

$$\text{Vulnérabilité} = 0,5 D + 0,3 I + 0,2 S$$

Les discontinuités ont le poids le plus important dans la mesure où elles constituent les zones d'infiltration et donc de risque de pollution préférentielle.

La valeur finale de vulnérabilité varie donc entre 0 (vulnérabilité minimale) et 4 (vulnérabilité maximale).

Valeur indice	Classe	Vulnérabilité
3,2 - 4	4	très élevée
2,4 - 3,19	3	élevée
1,6 - 2,39	2	modérée
0,8 - 1,59	1	faible
0 - 0,79	0	très faible

Tableau 4 : Classes de vulnérabilité – milieu discontinu fissuré

Dans le cadre du présent rapport destiné à évaluer le niveau C1, C2 et C3 sur la base des données disponibles, il est proposé un tableau synthétique d’aide à la décision pour caractériser le niveau de connaissance de la vulnérabilité. Voir le modèle ci-dessous :



Critère d'évaluation	Rappels des principales données disponibles renseignant le critère		Appréciation du niveau de connaissance
S = sol (épaisseur, texture, pierrosité) (Caractérisation de la couverture : sol et formations superficielles)	Données sur l'épaisseur des sols (cartographie/données ponctuelles) Données sur la texture des sols (cartes agropédologiques à échelle adaptée/ existence de sondages pédologiques, valeurs de perméabilité) Données sur la pierrosité (sondages, courbes granulométriques...)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
I (infiltration efficace)	Grille IDPR (MNT - BD CARTHAGE) à échelle adaptée Existence de bilans hydriques Prise en compte de collecteurs d'eaux superficielles hors AAC	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
D = discontinuité (Caractérisation du transfert entre la zone d'infiltration et le captage)	Données de traçage Cartographie géomorphologique Cartographies de fracturation (photogéologie, cartographies géophysiques) Analyses structurales d'affleurements	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
Vulnérabilité = 0.5 D + 0.3 I + 0.2 S (adapté de la méthode DISCO)			

(*) : Les cotations 1, 2 et 3 correspondent respectivement à un niveau jugé : « faible », « moyen », « satisfaisant »

Ce tableau est la deuxième partie de la fiche synthétique citée au chapitre précédent ; fiche qui sera établie pour chaque captage d'eau souterraine pour justifier de sa classification en C1, C2 ou C3. (**Voir le modèle et la méthodologie proposés pour cette fiche au chapitre 2.3**).

2.3.4 Cartographie de la vulnérabilité en milieu discontinu karstique

La méthodologie proposée est adaptée de la méthode PaPRIKA. Dans **PaPRIKA**, deux critères caractérisent la structure (P et R) et deux autres le fonctionnement (I et Ka) (cf. figure ci-dessous) :

- **Pr** (Protection) : aptitude à stocker temporairement de l'eau à proximité de la surface et à générer un retard à l'infiltration. Ce critère résulte d'une combinaison de trois sous-critères : **S** (Sol) pour la couverture pédologique et les formations géologiques sus-jacentes à la roche aquifère, **E** (Épikarst) quand il existe un aquifère épikarstique, ainsi que **ZNS** (Zone non saturée) définie à partir de la lithologie, la fracturation et l'épaisseur de la zone non saturée. C'est le critère le plus protecteur qui est retenu pour établir la carte P. En présence de ruissellement superficiel et de pertes permanentes ou temporaires, un seul critère est retenu, **l'état de surface**, défini selon la nature de la roche à l'affleurement et des formations superficielles.
- **R** (Roche) : nature lithologique et état de fracturation du réservoir aquifère ;
- **I** (Infiltration) : conditions d'infiltration diffuses et ponctuelles à partir des pentes et de la cartographie des pertes, dolines et avens, ainsi que la distance aux cours d'eau alimentant les éventuelles pertes ;
- **Ka** (Karstification) : degré d'organisation des écoulements et position des axes de drainage connus à partir des études hydrogéologiques ou par exploration directe.



Pour le réservoir karstique, les pondérations des critères privilégient le fonctionnement (I et $Ka \geq 0,6$) par rapport à la structure (R et P). Pour les bassins d’alimentation des pertes, seuls les critères P (état de surface) et I sont pris en compte. Les cartes sont établies avec cinq classes de vulnérabilité, 0 étant la plus faible et 4 la plus forte. La vulnérabilité du captage (source ou forage) est cartographiée à partir des mêmes critères, P, R, et Ka.

Le calcul de l’indice de la vulnérabilité globale **Vg** se fait sur la base de la formule suivante :

$$Vg = iI_{0-4} + rR_{1-4} + pPr_{0-4} + kKa_{1-4}$$

Les poids affectés sont exprimés sous forme de pourcentage, leur somme ($i+r+p+k$) devant être égale à 1. Les valeurs de pondération ne sont pas imposées dans la méthode, ce qui permet d’effectuer un certain nombre de tests pour évaluer la sensibilité de chaque critère et si nécessaire les adapter à un contexte donné. Toutefois, la méthode préconise que la somme des pondérations des critères relatifs au fonctionnement de l’aquifère karstique (K et I) soit comprise entre 50 et 65%, alors que la somme des pondérations des critères relatifs à la structure de l’aquifère karstique (P et R) sera comprise entre 35 et 50%.

Le schéma ci-dessous conceptualise les différents critères intervenant dans le calcul de la vulnérabilité d’un système karstique à l’aide de la méthode PaPRIKa.

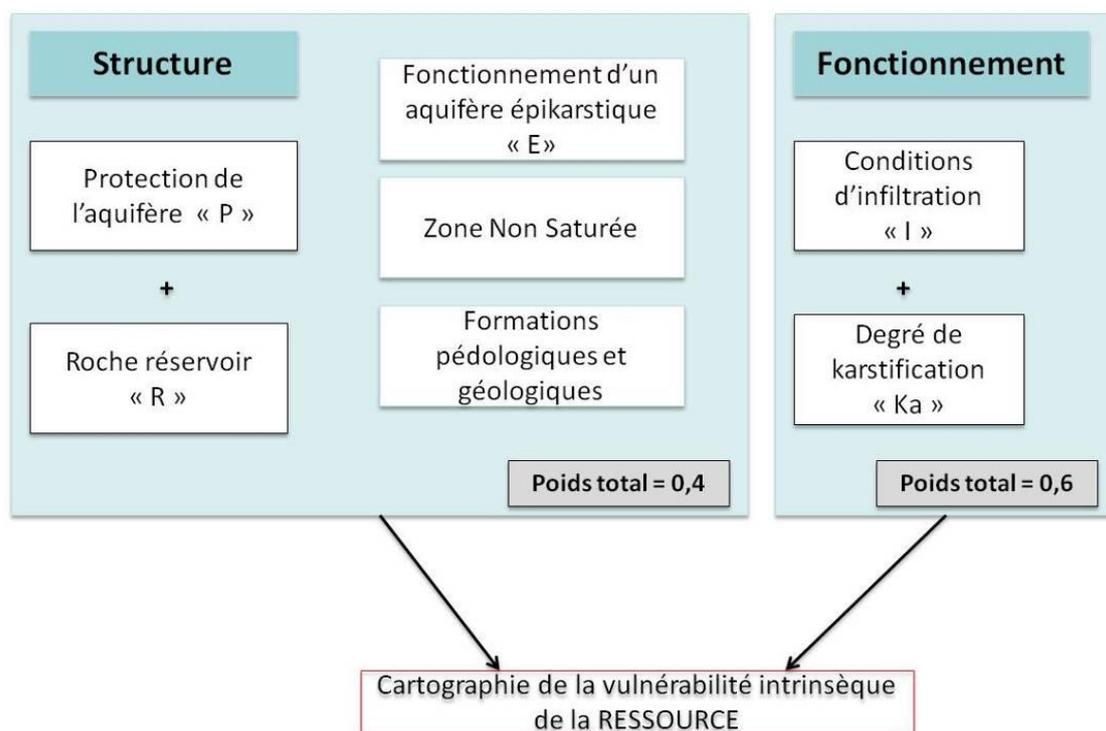


Figure 7 : Conceptualisation du karst dans la méthode PaPRIKa

Les cartes sont établies avec cinq classes de vulnérabilité, 0 étant la plus faible et 4 la plus forte. La vulnérabilité du captage (source ou forage) est cartographiée à partir des mêmes critères, Pr, R, et Ka.



Valeurs indice	Classe	Vulnérabilité
3,2 – 4	4	Très élevée
2,4 – 3,19	3	Elevée
1,6 – 2,39	2	Modérée
0,8 – 1,59	1	Faible
0 – 0,79	0	Très faible

Tableau 5 : Classification de la vulnérabilité finale PaPRIKa

Dans le cadre du présent rapport destiné à évaluer le niveau C1, C2 et C3 sur la base des données disponibles, il est proposé un tableau synthétique d’aide à la décision pour caractériser le niveau de connaissance de la vulnérabilité. Voir le modèle ci-dessous :

Critère dévaluation	Sous-critère	Rappels des principales données disponibles renseignant le critère		Appréciation du niveau de connaissance
Pr = protection de la ressource	Etat de surface = pris en compte dans les bassins versants des pertes au seins desquelles du ruissellement est constaté de façon temporaire ou pérenne	Cartographie des éléments karstiques (dolines, pertes...)	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
		Données sur la perméabilité des terrains composants le BV de la perte	<input type="checkbox"/>	
	E = aquifère épikarstique	Cartographie de l'épikarst	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	S = sol (épaisseur, texture, pierrosité) (caractérisation de la couverture : sol et formations superficielles)	Données sur l'épaisseur des sols (cartographie/données ponctuelles)	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
		Données sur la texture des sols (cartes agropédologiques à échelle adaptée/existence de sondages pédologiques, valeurs de perméabilité)	<input type="checkbox"/>	
		Données sur la pierrosité (sondages, courbes granulométriques...)	<input type="checkbox"/>	
	ZNS = Zone Non Saturée (lithologie, épaisseur, fracturation)	Données géologique (stratification, lithologie, coupe...)	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
		Cartes piézométriques (HE et BE) pour déterminer l'épaisseur de la ZNS	<input type="checkbox"/>	
		Données structurales (photo interprétation, étude structurale...)	<input type="checkbox"/>	
	R = roche réservoir	Données structurales (photo interprétation, analyses structurales d'affleurements...)	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
Données géologique (stratification, lithologie, coupe...)		<input type="checkbox"/>		
I = infiltration efficace	Grille IPDR (MNT - BD Carthage) à échelle adaptée	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3	
	Existence de bilans hydriques	<input type="checkbox"/>		
	Prise en compte de collecteurs d'eaux superficielles hors AAC	<input type="checkbox"/>		
Ka = degré de karstification	Données de traçage	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3	
	Chronique de débit de la source	<input type="checkbox"/>		
	Cartographie des éléments karstiques	<input type="checkbox"/>		
	Données météorologique (précipitation)	<input type="checkbox"/>		
Vulnérabilité = (0.3-0.4) I + (0.15-0.2) R + (0.2-0.25) P + (0.2-0.3) Ka (adapté de la méthode PaPRIKa)				

(*) : Les cotations 1, 2 et 3 correspondent respectivement à un niveau jugé : « faible », « moyen », « satisfaisant »

Ce tableau est la deuxième partie de la fiche synthétique citée au chapitre précédent ; fiche qui sera établie pour chaque captage d’eau souterraine pour justifier de sa classification en C1, C2 ou C3. **(Voir le modèle et la méthodologie proposés pour cette fiche au chapitre 2.3).**



2.4 Données nécessaires

Le présent chapitre liste les principales données à acquérir pour :

- Définir la typologie de l’aquifère dont dépend la méthode à mettre en œuvre ;
- Délimiter les bassins d’alimentation des captages ;
- Caractériser leur vulnérabilité.

Outre la délimitation de l’AAC, elles doivent permettre de renseigner les formules de pondération retenues pour chacune des trois typologies :

- Méthode adaptée de DRASTIC pour les aquifères continus ;
- Méthode adaptée de PAPRIKA modifié pour les aquifères karstiques ;
- Méthode adaptée de DISCO pour les aquifères fissurés.

Ces données concernent :

- Le contexte géologique ;
- Les caractéristiques du captage ;
- Le contexte hydrogéologique ;
- La qualité de l’eau ;
- La vulnérabilité intrinsèque.

Ces données seront synthétisées dans des tableaux basés sur le modèle (**tableau 6**) présenté en page suivante :



Nom du captage	N° BSS	Commune
	Nature des données disponibles	Sources des données
Caractérisation du champ captant	Identité du captage : nom, indice BDSS, gestionnaire, propriétaire	Collectivité
	Localisation (département, commune, coordonnées Lambert)	Collectivité, DDT
	Situation administrative (PPC, autorisation/déclaration/code environnement, Santé publique)	ARS
	Coupe(s) géologique(s)	BRGM
	Coupe(s) technique(s) (type d’ouvrage, profondeur, diamètre, équipement, NS)	Visite, fermier...
	Diagnostic de l’état des ouvrages (diagaphies, diagnostic caméra, autres...)	Collectivité, fermier.
	Courbe caractéristique des ouvrages (essais par paliers)	Collectivité, fermier.
	Conditions de pompage (débit moyen journalier, débit moyen annuel, cycles de pompage.)	Collectivité, fermier.
Données climato	Existence et caractéristiques d’autres ouvrages proches (autre puits abandonné, piézomètres,...)	Visite, collectivité...
	Stations météo ; localisation	Météo France
	Contexte climatologique	Météo France
	Précipitations moyennes mensuelles, annuelles	Météo France
	Evapotranspiration	Météo France
Données hydrographiques	Bilan hydrologique	Météo France
	Caractérisation physique des cours d’eau (distance au captage, position/aquifère, caractérisation de l’état des berges....)	IGN, MNT, BD CARTHAGE
	Caractérisation hydrologique des cours d’eau (chroniques de débits, débits moyens, débit d’étiage, débits de pointe....)	DREAL, DDT
	Données sur les échanges potentiels nappe-eaux superficielles (relations nappe/rivière, plans d’eau, lacs de gravières....)	BRGM, divers
Contexte géologique	Risque d’inondation (fréquences, hauteurs d’immersion....)	DREAL, DDT
	Données géologiques générales (stratigraphie, lithologie,...).	BRGM
	Coupes géologiques interprétatives	BRGM
	Données structurales (photo-interprétation, études structurales)	BRGM, divers
Aquifère(s) capté	Cartographie des éléments karstiques (dolines, pertes, ..) et épikarst	Visite, BRGM, autre
	Code masse d’eau. Caractérisation des aquifères (typologie, profondeur, puissance, affleurements, couverture....)	AEAG, BRGM
	Identification des zones d’affleurement de l’aquifère. Nappe libre/captive	Visite, BRGM, divers
Piézométrie	Caractérisation de la couverture et de la zone non saturée (cartes agropédologiques et données de perméabilité), nature et épaisseur de la zone non saturée,	INRA, visite
	Cartes piézométriques (HE, BE) : gradients hydrauliques, direction des écoulements, limites d’alimentation	BRGM, divers
	Chroniques de suivis piézométriques	BRGM, divers
	Données sur les limites d’alimentation	BRGM, divers
Caractéristiques hydrodynamiques	Pour les sources ; chroniques de débits	DREAL, BRGM.
	Type de perméabilité, isotropie des formations géologiques	BRGM, divers
	Essais de pompages et paramètres hydrodynamiques de l’aquifère (transmissivité, porosité efficace, coefficient d’emmagasinement), drainage, diffusité des berges...	Collectivité, BRGM, DDASS
	Données cinétiques en milieu continu (isochrones calculés, traçages salins...)	Collectivité, BRGM, ARS
Alimentation de l’aquifère	Traçages en milieu fissuré ou karstique	Collectivité, BRGM, ARS
	Données sur la délimitation de la zone d’appel des forages (ou l’aire d’alimentation pour les sources)	Collectivité, BRGM, ARS
	Conditions naturelles de recharges : pluies efficaces, part d’alimentation depuis les cours d’eau, drainage pour aquifères multicouches	Collectivité, BRGM, ARS
	Zones préférentielles naturelles de recharges (affleurements, réseaux en milieux fissurés, pertes en milieux karstiques....)	Visite, BRGM, spéléo
Qualité de l’eau	Identification des modifications anthropiques des conditions de recharge (canaux, irrigation, bassins d’infiltration, exutoires de drainages agricoles...)	IGN, CA, syndicats
	Biseau salé (présence, stabilité,...)	BRGM
	Historique des analyses réalisées dans le cadre de l’exploitation (paramètres contrôlés, fréquence des mesures).	Collectivité, DDASS
	Données sur le suivi qualitatif de l’aquifère (fluctuations saisonnières en relation avec le battement hautes eaux / basses eaux, évolutions constatées sur le long terme pluriannuel, ...).	AEAG, BRGM, CA
Vulnérabilité de la ressource	Pour les sources : suivi du débit, de la conductivité et de la température en période de crue	ARS
	Historique de pollutions accidentelles éventuelles (nature de la pollution, origine, ...)	ARS
	Cartes hydrochimiques	AEAG
	Cartes de vulnérabilité intrinsèques existantes	Divers, CA
	Cartographie de l’occupation des sols	RGA, Corine Land Cover/IFEN,CA
	Grilles IDPR	BRGM
Pentes ; MNT	BD ALTI IGN	
Cartographie de la RU	INRA, CA	
Bilans hydriques		

Tableau 6 : modèle de tableau de synthèse des données disponibles par captage d’eau souterraine



2.5 Méthodologie proposée pour le classement C1, C2 et C3

2.5.1 Etablissement par captages de fiches de synthèse des données disponibles à la définition du niveau de classement C1, C2 et C3

Après avoir défini pour chaque captage la typologie des aquifères concernés, il a été proposé aux chapitres précédents de déterminer en fonction des données disponibles une cotation du niveau de connaissance de :

- La délimitation de l’AAC
- La cartographie de la vulnérabilité.

Cette cotation 1, 2 ou 3 correspondant respectivement à des niveaux de connaissances jugés « faible », « moyen » et satisfaisant » aura été déterminée grâce à des tableaux multicritères dépendant de la typologie de l’aquifère concerné.

Finalement pour chaque captage, il est établi une fiche de synthèse reprenant en première partie l’évaluation du niveau de connaissance de la délimitation de l’AAC et en deuxième partie, l’évaluation du niveau de connaissance de la cartographie de la vulnérabilité.

Trois types de fiches ont été définies, une par type d’aquifère : « aquifère continu », « aquifère discontinu fissuré » et « aquifère discontinu karstique ». (Voir les modèles de ces 3 fiches en pages suivantes).

Toutes ces fiches comprennent :

- Une troisième partie proposant une classification C1, C2 ou C3 en fonction des différents niveaux de connaissance de l’AAC et de la vulnérabilité ;
- Une quatrième partie présentant des commentaires de synthèse avec des propositions d’investigations complémentaires éventuelles.

2.5.2 Grille d’évaluation du niveau C1, C2 et C3

Pour la définition du classement C1, C2 et C3 à partir des cotations 1, 2 et 3 des niveaux de connaissance des AAC et de la vulnérabilité, il est proposé la grille d’évaluation suivante :

	1 AAC	2 AAC	3AAC
1 VUL	C1	C1	C2
2 VUL	C1	C2	C2
3 VUL	C2	C2	C3

- Les cotations 1 AAC, 2 AAC, 3 AAC correspondent respectivement à des niveaux de connaissance jugés respectivement faible, moyen et satisfaisant de la délimitation de l’AAC ;



- Les cotations 1 VUL, 2 VUL, 3 VUL correspondent respectivement à des niveaux de connaissance jugés respectivement faible, moyen et satisfaisant de la délimitation de la vulnérabilité.

Cette cotation est théorique et peut-être modifiée en surclassant ou déclassant un captage en fonction de notre vision d’expert à partir de l’analyse des données pour atteindre les objectifs de l’étude.

Le classement en C1, C2, C3 est fonction des investigations complémentaires à conduire pour affiner d’une part les limites de l’AAC et la définition de la vulnérabilité. Le classement C1 est celui pour lesquels les investigations sont importantes et concernent à la fois l’AAC et la vulnérabilité. Ce classement intervient aussi lorsqu’un paramètre important soit pour la vulnérabilité et/ou l’AAC est absent dont le poids est lourd (ex : piézométrie – milieu poreux, pompage d’essai – milieu poreux, fracturation – milieu fissuré, fracturation et zone d’infiltration).



Tableau 7 : Modèle de fiche de synthèse pour le classement des captages en milieu continu

Nom du captage	N° BSS	Commune	Département
----------------	--------	---------	-------------

1. Tableau d’aide à la décision pour l’évaluation du niveau de connaissance de l’AAC et de la PNAC

Critère d’évaluation	Rappels des principales données disponibles renseignant le critère		Appréciation du niveau de connaissance
Délimitation de la PNAC	Cartes piézométriques	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3 *
	Paramètres hydrodynamiques (Q, T, i, S...)	<input type="checkbox"/>	
	Volumes prélevés sur le bassin + données climato (P, ETP)	<input type="checkbox"/>	
Délimitation de l’AAC	Extensions + (réinjection, relations nappe-rivière,...)	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3 *
	Exportations – (drainages agricoles, pompages,)	<input type="checkbox"/>	

2. Tableau d’aide à la décision pour l’évaluation du niveau de connaissance de la vulnérabilité

Critère d’évaluation	Rappels des principales données disponibles renseignant le critère		Appréciation du niveau de connaissance
S = sol (épaisseur, texture, pierrosité) (Caractérisation de la couverture : sol et formations superficielles)	Cartes agropédologiques générales à échelle adaptée	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Existence de sondages pédologiques à l’échelle du bassin	<input type="checkbox"/>	
P (Pluies efficace)	Pluviométrie : chroniques pluviométriques /données ponctuelles	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Données ETP/données ponctuelles	<input type="checkbox"/>	
I (Infiltration efficace)	Grille IDPR (MNT - BD CARTHAGE) à échelle adaptée	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Existence de bilans hydriques	<input type="checkbox"/>	
	Zones préférentielles d’infiltration (fossé, ouvrages d’infiltration.)	<input type="checkbox"/>	
H = épaisseur de la ZNS (en hautes eaux)	MNT	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Cartes piézométriques (si possible en HE)	<input type="checkbox"/>	
	Chroniques piézométriques et battement de la nappe	<input type="checkbox"/>	
K = perméabilité	Essais de pompage	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Evaluation en fonction de la lithologie	<input type="checkbox"/>	
	Mesures en laboratoire	<input type="checkbox"/>	

Vulnérabilité = 0.1 P + 0.25 S + 0.3 I + 0.2 H + 0.15 K (adapté de la méthode DRASTIC)

3. Synthèse : appréciation du niveau C1, C2, C3

Evaluation globale du niveau de connaissance de PNAC et AAC	1, 2 ou 3
Evaluation globale du niveau de connaissance de la vulnérabilité	1, 2 ou 3
Classification du captage	C1, C2 ou C3

4. Commentaires et études complémentaires éventuelles proposées



Tableau 8 : Modèle de fiche de synthèse pour le classement des captages en milieu discontinu fissuré

Nom du captage	N° BSS	Commune	Département
----------------	--------	---------	-------------

1. Tableau d’aide à la décision pour l’évaluation du niveau de connaissance de l’AAC et de la PNAC

Critère d’évaluation	Rappels des principales données disponibles renseignant le critère		Appréciation du niveau de connaissance
Délimitation de la PNAC	Etudes géologiques et structurales	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Volumes prélevés sur le bassin + climato (P, ETP)	<input type="checkbox"/>	
	Traçages	<input type="checkbox"/>	
Délimitation de l’AAC	Extensions + (réinjection, apports rivières....)	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Exportations – (drainages agricoles, pompes permanents.)	<input type="checkbox"/>	

2. Tableau d’aide à la décision pour l’évaluation du niveau de connaissance de la vulnérabilité

Critère d’évaluation	Rappels des principales données disponibles renseignant le critère		Appréciation du niveau de connaissance
S = sol (épaisseur, texture, pierrosité) (Caractérisation de la couverture : sol et formations superficielles)	Données sur l’épaisseur des sols (cartographie/données ponctuelles)	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Données sur la texture des sols (cartes agropédologiques à échelle adaptée/ existence de sondages pédologiques, valeurs de perméabilité)	<input type="checkbox"/>	
	Données sur la pierrosité (sondages, courbes granulométriques...)	<input type="checkbox"/>	
I (infiltration efficace)	Grille IDPR (MNT - BD CARTHAGE) à échelle adaptée	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Existence de bilans hydriques	<input type="checkbox"/>	
	Prise en compte de collecteurs d’eaux superficielles hors BAC	<input type="checkbox"/>	
D = discontinuité (Caractérisation du transfert entre la zone d’infiltration et le captage)	Données de traçage	<input type="checkbox"/>	1, 2 ou 3
	Cartographie géomorphologique	<input type="checkbox"/>	
	Cartographies de fracturation (photogéologie, cartographies géophysiques)	<input type="checkbox"/>	
	Analyses structurales d’affleurements	<input type="checkbox"/>	
Vulnérabilité = 0.5 D + 0.3 I + 0.2 S (adapté de la méthode DISCO)			

3. Synthèse : appréciation du niveau C1, C2, C3

Evaluation globale du niveau de connaissance de PNAC et AAC	1, 2 ou 3
Evaluation globale du niveau de connaissance de la vulnérabilité	1, 2 ou 3
Classification du captage	C1, C2 ou C3

4. Commentaires et études complémentaires éventuelles proposées



Tableau 9 : Modèle de fiche de synthèse pour le classement des captages en milieu discontinu karstique

Nom du captage :		Commune :	Département :	
1. Tableau d'aide à la décision pour l'évaluation du niveau de connaissance de l'AAC et de la PNAC				
Critère d'évaluation	Rappels des principales données disponibles renseignant le critère	Données disponibles	Appréciation du niveau de connaissance	
Délimitation de la PNAC	Etudes géologiques et structurales			
	Volumes prélevés sur le bassin + climato (P, ETP)			
	Données de caractérisation du système karstique (jaugeages sur les cours d'eau susceptibles d'être affectés par des pertes, analyse des débits selon la méthode des débits classés....)			
	Traçages (traçage simple ou multi traçages)			
Délimitation de l'AAC	Géomorphologie			
	Extensions + (ré-injection, apports rivières, BV topo des pertes....)			
	Exportations – (drainages agricoles, pompages permanents..)			
2. Tableau d'aide à la décision pour l'évaluation du niveau de connaissance de la vulnérabilité				
Critère d'évaluation	Sous-critère	Rappels des principales données disponibles renseignant le critère	Données disponibles	Appréciation du niveau de connaissance
P = protection de la ressource	Etat de surface = pris en compte dans les bassins versants des pertes au sein desquelles du ruissellement est constaté de façon temporaire ou pérenne	Cartographie des éléments karstiques (dolines, pertes...) Données sur la perméabilité des terrains composant le BV de la perte		
	E = aquifère épikarstique	Cartographie de l'épikarst		
	S = sol (épaisseur, texture, pierrosité) (caractérisation de la couverture : sol et formations superficielles)	Données sur l'épaisseur des sols (cartographie/données ponctuelles) Données sur la texture des sols (cartes agropédologiques à échelle adaptée/existence de sondages pédologiques, valeurs de perméabilité) Données sur la pierrosité (sondages, courbes granulométriques...)		
	ZNS = Zone Non Saturée (lithologie, épaisseur, fracturation)	Données géologique (stratification, lithologie, coupe...) Cartes piézométriques (HE et BE) pour déterminer l'épaisseur de la ZNS Données structurales (photo interprétation, étude structurale...)		
	R = roche réservoir	Données structurales (photo interprétation, analyses structurales d'affleurements...) Données géologique (stratification, lithologie, coupe...)		
	I = infiltration efficace	Grille IPDR (MNT - BD Carthage) à échelle adaptée Existence de bilans hydriques Prise en compte de collecteurs d'eaux superficielles hors BAC		
	Ka = degré de karstification	Données de traçage Chronique de débit de la source Cartographie des éléments karstiques Données météorologique (précipitation)		
Vulnérabilité = (0.3-0.4) I + (0.15-0.2) R + (0.2-0.25) P + (0.2-0.3) Ka (adapté de la méthode PaPRIKa)				
3. Synthèse : appréciation du niveau C1, C2, C3				
Evaluation globale du niveau de connaissance de PNAC et AAC				
Evaluation globale du niveau de connaissance de la vulnérabilité				
Classification du captage				

4. Commentaires et études complémentaires éventuelles proposées



Cette approche par grille d’évaluation reste un simple outil d’aide à la décision d’autant plus que chaque captage peut être un cas particulier. En conséquence, certaines classifications pourront ne pas satisfaire totalement à cette grille de première évaluation. Dans tous les cas, la classification sera argumentée de manière circonstanciée par un mémoire technique résumé. Cet argumentaire permettra de justifier les investigations complémentaires proposées.

2.5.3 Investigations proposées en fonction de la typologie de l’aquifère et du classement C1, c2

2.5.3.1. Investigations pouvant être proposées en milieu continu en fonction du classement

	Principaux critères pouvant justifier du classement	Investigations pouvant être proposées (*)
C1	<ul style="list-style-type: none"> - Méconnaissance des paramètres hydrodynamiques (K, T, S, i...) et absence d’éléments permettant de les calculer ou de les évaluer - Absence de piézométrie et/ou de suivi piézométrique - Cartographie pédologique incomplète ou à une échelle peu adaptée 	<ul style="list-style-type: none"> - 1 pompage d’essai par champs captant - 1 suivi du débit de source sur 5 à 6 mois (pour captage source) - Inventaire de puits et mesures des niveaux pour l’établissement d’1 carte piézométrique - Reconnaissances pédologiques par tarières à main (pour compléments de la carte pédologique) - Coupe géologique - Acquisition données météorologiques - Prélèvement et analyse d’eau CFC-SF6
C2	<ul style="list-style-type: none"> - Données piézométriques insuffisantes - Cartographie pédologique incomplète ou à une échelle peu adaptée 	<ul style="list-style-type: none"> - Inventaire de puits et mesures des niveaux pour compléter les données piézométriques existantes - Reconnaissances pédologiques par tarières à main (pour compléments de la carte pédologique) - Coupe géologique - Acquisition données météorologiques - Prélèvement et analyse d’eau CFC-SF6
C3	Données existantes suffisantes	<ul style="list-style-type: none"> - Prélèvement et analyse - Coupe géologique - Acquisition données météorologiques



2.5.3.2. Investigations pouvant être proposées en milieu discontinu fissuré en fonction du classement

	Principaux critères pouvant justifier du classement	Investigations pouvant être proposées (*)
C1	<ul style="list-style-type: none"> - Méconnaissance des paramètres hydrodynamiques (K, T, S, i...) et absence d'éléments permettant de les calculer ou de les évaluer - Absence de piézométrie et/ou de suivi piézométrique - Absence d'analyse structurale - Cartographie pédologique incomplète ou à une échelle peu adaptée 	<ul style="list-style-type: none"> - 1 pompage d'essai par champs captant (pour captage par forage) - 1 suivi du débit de source sur 5 à 6 mois (pour captage source) - Inventaire puits et mesures niveaux pour l'établissement d'1 carte piézométrique - Analyse structurale par photo-interprétation - coupe géologique - Reconnaissances pédologiques par tarières à main (pour compléments de la carte pédologique) - Acquisition données météorologiques - Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6
C2	<ul style="list-style-type: none"> - Données piézométriques insuffisantes - Cartographie pédologique incomplète ou à une échelle peu adaptée - Données structurales insuffisantes 	<ul style="list-style-type: none"> - Inventaire de puits et mesures des niveaux pour compléter les données piézométriques existantes - Reconnaissances pédologiques par tarières à main (pour compléments de la carte pédologique) - Analyse structurale par photo-interprétation - Acquisition données météorologiques - Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6
C3	Données existantes suffisantes	<ul style="list-style-type: none"> - Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 - Coupe géologique - Acquisition données météorologiques

2.5.3.3. Investigations pouvant être proposées en milieu discontinu karstique en fonction du classement

	Principaux critères pouvant justifier du classement	Investigations pouvant être proposées (*)
C1	<ul style="list-style-type: none"> - Absence de données caractérisant le système karstique (unaire, binaire, cinétique...) - Méconnaissance des caractéristiques hydrodynamiques et absence d'éléments permettant de les calculer ou de les évaluer - Absence de piézométrie et/ou de suivi piézométrique - Cartographie pédologique incomplète ou à une échelle peu adaptée 	<ul style="list-style-type: none"> - 1 traçage ou multi-traçage - 1 pompage d'essai par champs captant (<i>sauf pour les sources</i>) - 1 suivi du débit de source sur 5 à 6 mois (pour captage source) - Inventaire de puits et mesures des niveaux pour établissement d'1 carte piézométrique (<i>pour captage par forage</i>) - Inventaire des figures karstiques (pertes, dolines..) + photo-interprétation - Reconnaissances pédologiques par tarières à main (pour compléments de la carte pédologique) - Coupe géologique - Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 - Acquisition données météorologiques
C2	<ul style="list-style-type: none"> - Données caractérisant le système karstique (unaire, binaire, cinétique...) insuffisantes - Données piézométriques insuffisantes - Cartographie pédologique incomplète ou à une échelle peu adaptée 	<ul style="list-style-type: none"> - 1 traçage simple <i>éventuel</i> - Inventaire de puits et mesures des niveaux pour compléter les données piézométriques existantes (<i>pour captage par forage</i>) - Inventaire des figures karstiques (pertes, dolines..) + photo-interprétation - Coupe géologique - Reconnaissances pédologiques par tarières à main (pour compléments de la carte pédologique) - Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 - Acquisition données météorologiques
C3	Données existantes suffisantes	<ul style="list-style-type: none"> - Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 - Coupe géologique - Acquisition données météorologiques



(*) : NB : Dans tous les cas, les investigations complémentaires proposées se limiteront aux éléments proposés dans ces tableaux.

En résumé, pour chaque captage d’eau souterraine, les outils présentés aux chapitres précédents permettront de :

- Définir la typologie de l’aquifère concerné ;
- Classer le captage selon la classification C1, C2 et C3 ;
- Proposer et justifier des investigations complémentaires.

Les investigations complémentaires proposées seront argumentées dans la 4^{ème} partie de la fiche de synthèse et de classement, établie pour chaque captage, selon les modèles des tableaux 6 à 8.



3 Méthodologie pour les eaux superficielles

3.1 Délimitation de l’AAC

Pour les captages d’eaux superficielles, l’Aire d’Alimentation du Captage (AAC) correspond généralement au bassin versant topographique du cours d’eau au droit du captage. L’AAC peut cependant être différente du bassin versant dans des contextes hydrogéologiques particuliers (lorsque le réseau hydrographique est alimenté par une nappe qui s’étend au-delà des limites de crêtes).

De plus, les limites naturelles topographiques peuvent également être modifiées par des aménagements (buses sous les routes, terrassement,...) qui modifient les voies d’écoulement naturelles.

L’AAC sera ainsi déterminée par superposition :

- du bassin versant topographique
- du bassin versant hydrogéologique
- des ajouts ou suppressions de surfaces liées aux aménagements anthropiques.

La délimitation de l’AAC sera confirmée par une visite terrain.

3.2 Cartographie de la vulnérabilité

3.2.1 Notions préliminaires

3.2.1.1. Notions de vulnérabilité

Le CORPEN a défini la vulnérabilité d’un milieu aquatique comme sa propriété « a être atteint par des polluants ». En d’autres termes, la vulnérabilité peut être vue comme la capacité des substances polluantes à migrer jusqu’à la ressource. Cette définition fait intervenir :

- 1) les vecteurs des substances polluantes permettant leur transfert et l’atteinte du milieu aquatique (majoritairement l’eau, mais aussi les flux atmosphériques) ;
- 2) les spécificités des polluants qui déterminent la nature et l’intensité de leur transfert (propriétés physico-chimiques et cycles bio-géo-chimiques). Aussi, la vulnérabilité d’un milieu aquatique vis-à-vis de substances polluantes devra être appréhendée par tous les processus de transferts potentiels et par les facteurs naturels et anthropiques du milieu qui influent sur ces transferts.



On peut ainsi définir 3 types de vulnérabilité :

- la **vulnérabilité intrinsèque** de la ressource en eau liée uniquement aux caractéristiques « naturelles » du milieu (topographie, sols, climat, ...) et leurs rôles sur les transferts. Ces caractéristiques sont jugées invariables dans le temps du moins à l’échelle de plusieurs dizaines d’années.
- la **vulnérabilité opérationnelle** qui tient compte des facteurs susceptibles d’évoluer dans le temps comme l’occupation du sol (cultures et rotations, urbanisation), les aménagements (paysagers, hydrauliques, infrastructures pour le transport ...). Ces facteurs peuvent modifier les caractéristiques intrinsèques du milieu et les propriétés au transfert d’eau et de matières vers les ressources en eau.
- la **vulnérabilité spécifique** qui est relative à chaque polluant (pesticide, azote, phosphore ...) et de fait tient compte des propriétés physico-chimiques intrinsèques du polluant (vitesse de dégradation dans l’eau et le sol, capacité d’adsorption sur des composés, ...) et des conditions du milieu (pH, teneur en matière organique, ...) qui influent sur les processus bio-physico-chimiques du devenir et du transfert de chaque polluant.

La distinction entre vulnérabilité intrinsèque et opérationnelle est parfois difficile, notamment en ce qui concerne les facteurs dits naturels du milieu comme la topographie et l’hydro-morphologie. Ces derniers en effet, ont pu être remodelés par l’homme au cours du temps. On peut citer les aménagements sur les cours d’eau (berges, recalibrage du lit ...), l’aménagement des versants en terrasses ou en banquettes pour lutter contre l’érosion et pour les cultures, les fossés et canaux pour drainer et irriguer... Ces aménagements ont bien souvent une dimension historique importante et il est difficile de les soustraire des données utilisées pour caractériser le milieu.

Ainsi, par la suite, nous n’intégrerons pour les caractéristiques de la vulnérabilité opérationnelle uniquement les changements d’occupation des sols liés aux cultures et à leurs rotations, ainsi que les pratiques culturales qui peuvent modifier les propriétés de la surface du sol et influencer sur le partage infiltration / ruissellement, la sensibilité à l’érosion et les chemins de l’eau.

Tout ce qui relève de l’occupation du sol, des éléments du paysage, des infrastructures et des aménagements tels qu’observés par les programmes d’observation et de cartographie (p.ex. Corine Land Cover, BD Topo IGN ...) sont pris en compte pour la caractérisation de la vulnérabilité intrinsèque.

3.2.1.2. Transferts de polluants

Les voies d’écoulements dans un versant

Quelle que soit la substance polluante (pesticide, azote, phosphore ...), les transferts et migrations vers les ressources en eau se font majoritairement par les flux d’eau et de matières (polluants associés à des particules de terre). L’eau est le vecteur principal. Aussi, il est important de bien connaître les principales voies d’écoulements au sein d’un versant, les



processus et facteurs hydrologiques en jeu. Le schéma ci-après représente les principales voies d'écoulements sur un versant (d'après Voltz et Louchart, 2001). Il s'agit :

- du **ruissellement Hortonien** (ruissellement de surface strict) qui est lié à la trop faible perméabilité de la surface du sol en regard de l'intensité de pluie ;
- du **ruissellement sur surface saturée** qui intervient dans les zones où la saturation du sol empêche toute infiltration supplémentaire indépendamment de l'infiltrabilité du sol – le sol est déjà saturé et ne peut stocker plus d'eau (sol non encore ressuyé ou nappe affleurante) ;
- de l'infiltration des écoulements de surface dans des zones à plus forte perméabilité (comme les fossés, les haies, les bandes enherbées ...) ;
- des **écoulements hypodermiques ou de sub-surface** (écoulements latéraux dans les horizons de surface du sol) se produisant dans les versants (sur sol saturés ou non saturés) au niveau de contraste de perméabilité entre les différentes couches du sol et via les réseaux de **drainage** ;
- des flux de percolation vers les nappes ;
- des flux de drainage et d'exfiltration des nappes qui se créent aux endroits où la topographie recoupe la surface piézométrique.

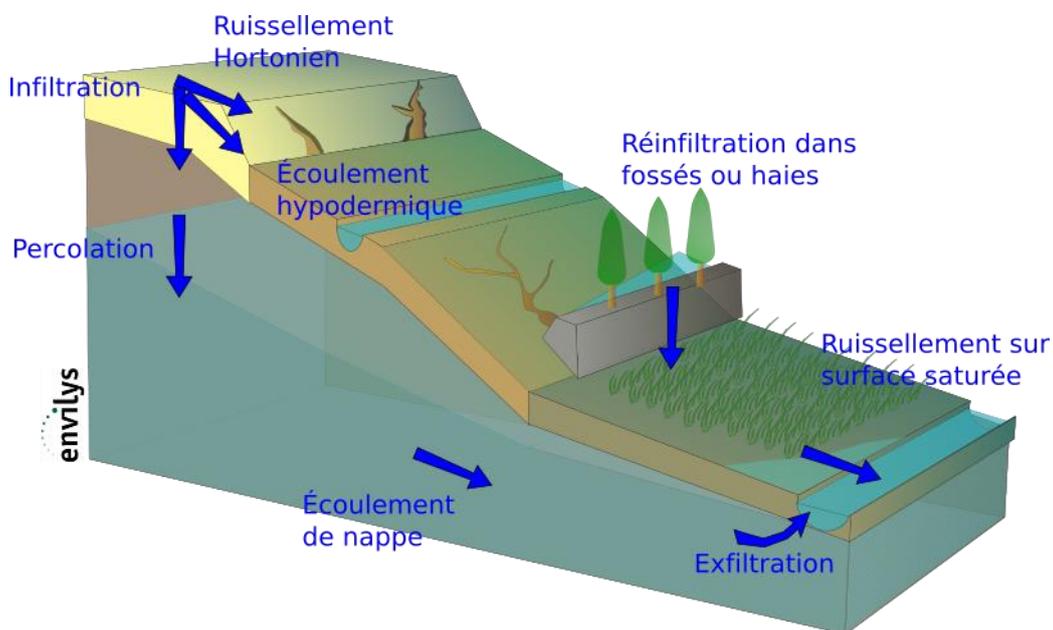


Figure 8 : principales voies d'écoulement dans un versant (d'après Voltz et Louchart, 2001)

Ces voies d'écoulement vers les eaux superficielles peuvent être réparties entre :

1. **les zones de production d'eau** : la genèse localement, en tout point du versant, d'une quantité d'eau suffisante pour être à l'origine d'un écoulement, soit de surface comme le ruissellement Hortonien ou sur surface saturée, soit dans le sol comme les écoulements latéraux de sub-surface ou de drainage et comme l'infiltration dans le sol. La quantité



d'eau pouvant ainsi être à l'origine d'écoulement dépend de l'infiltrabilité de la surface du sol (état de surface du sol, texture et structure du sol, nature de l'occupation ...), des conditions hydriques du sol (sol sec, saturé), de la micro-topographie en surface (dépressions) et de la pluviométrie (intensité, durée ...).

2. **la propagation et le transfert des écoulements** jusqu'aux eaux superficielles (plans d'eau, cours d'eau). L'atteinte des flux d'eau vers les eaux superficielles dépend de la nature et des propriétés des éléments paysagers rencontrés sur le chemin de l'eau. En effet, une partie des eaux de ruissellement de surface peut se ré-infiltrer en cours de transfert dans les réseaux de fossés (alimentation des nappes superficielles ou d'accompagnement des cours d'eau lorsque le niveau des fossés est supérieur à la surface piézométrique – situation de recharge), le long des haies ou sur des surfaces à plus forte capacité d'infiltration comme les bandes enherbées. La notion de **topologie** est donc primordiale au sein d'un versant, et les flux d'eau atteignant les ressources en eau de surface dépendent donc de l'ordonnancement entre les zones les plus contributives du point de vue du ruissellement et des zones à fortes capacités de ré-infiltration.

La nature et l'intensité des processus hydrologiques à l'origine de ces écoulements dépendent de plusieurs facteurs : au premier ordre on peut citer le fonctionnement hydrique des sols et au second ordre les caractéristiques climatiques, topographiques et d'état de surface du sol.

Mécanismes de transfert des pesticides (Louchart, 1999)

Les principaux processus bio-physico-chimique impliqués dans le devenir des pesticides sont représentés dans le schéma ci-après, en lien avec les processus hydrologiques précédemment illustrés.

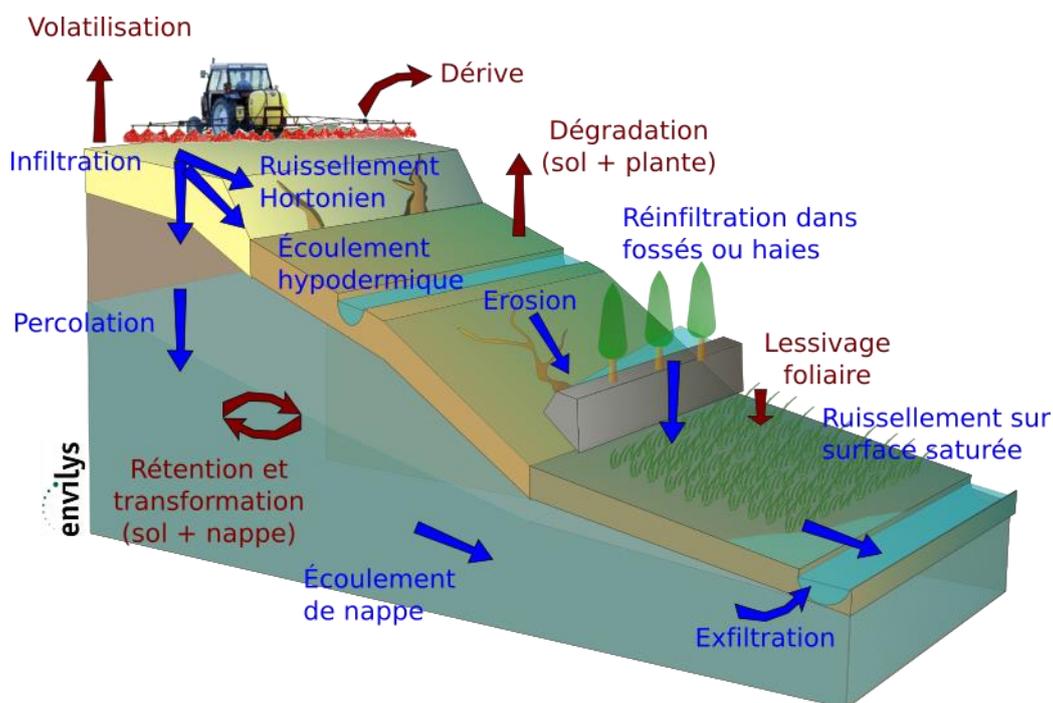


Figure 9 : principales voies de transfert des pesticides et devenir dans l'environnement (d'après Louchart, 1999)



Une fois appliqués sur les plantes et à la surface du sol, les pesticides peuvent être transférés vers les ressources en eau essentiellement par les flux d’eau et de matière. Pour les molécules qui se trouvent majoritairement en phase soluble (la plupart des herbicides par exemple), l’eau est le vecteur principal. Pour les molécules qui sont adsorbées sur les particules de sol (organiques et/ou minérales) ou physiquement piégées au sein de ces particules (plus particulièrement la matière organique, les argiles, les complexes argilo-humiques), le processus de transfert majoritaire est l’érosion hydrique et le transport de matières dans les écoulements de surface.

En période de traitement, lorsque les pulvérisateurs ne sont pas munis d’équipements spécialisés, certaines gouttes sont entraînées par le vent et se déposent soit directement par convection sur des zones à proximité et non ciblées comme les cours d’eau, soit indirectement par re-déposition après circulation dans l’atmosphère. Ce phénomène de transfert au moment de la pulvérisation est la **dérive aérienne ou atmosphérique**.

En plus des voies d’écoulement dans un versant, il faut rajouter pour le transfert de pesticides vers les ressources en eau de surface les processus d’érosion hydrique et de dérive aérienne.

3.2.1.3. Méthode de combinaison et d’agrégation de variables

Normalisation et combinaison des variables

L’évaluation de la vulnérabilité en tenant compte des différents processus de transfert d’eau et de matière est de fait multi-factorielle. Les facteurs explicatifs des processus sont représentés à travers des variables, qualitatives ou quantitatives. Aussi, il est nécessaire à un moment donné de la démarche de combiner les variables entre-elles.

Les différentes variables à combiner ne représentant pas la même grandeur physique ou chimique, les unités et les gammes de valeurs sont donc différentes. Ainsi, pour les combiner entre-elles, il est préférable de les normaliser. Le principe de la normalisation est de passer d’une gamme de valeurs [min, Max] à des valeurs entre [0,1]. La normalisation entre ces seules valeurs [min, Max] est linéaire. Par le biais de seuils intermédiaires, la normalisation est non-linéaire. Nous choisissons une normalisation non-linéaire car la gamme de valeurs minimale et maximale n’est pas identique entre variables, et l’étendue et la distribution des valeurs est également hétérogène.

Un exemple de normalisation non-linéaire est donné ci-après :

- soit la variable X, dont les valeurs sont comprises entre 0 et Max, avec une distribution quasi log-normale et plus de 50-60% des valeurs comprises entre 0 et Max/2.
- une classification qualitative pourrait utiliser 3 seuils pour répartir les valeurs selon des 4 classes (faible, moyen, fort et très fort).



Ces 3 seuils sont ici utilisés pour répartir les données de manière linéaire entre chaque seuil, et de manière continue entre 0 et 1 :

- 0 à S1 (faible – niveau 1) | 0 -> 0 et S1 -> 0,25
- S1 à S2 (moyen – niveau 2) | S1 -> 0,25 et S2 -> 0,5
- S2 à S3 (fort – niveau 3) | S2 -> 0,5 et S3 -> 0,75
- > S3 (très fort – niveau 4) | S3 -> 0,75 et Max -> 1

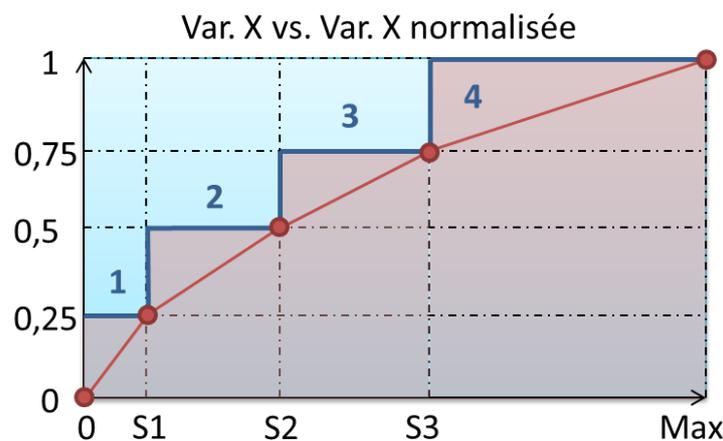
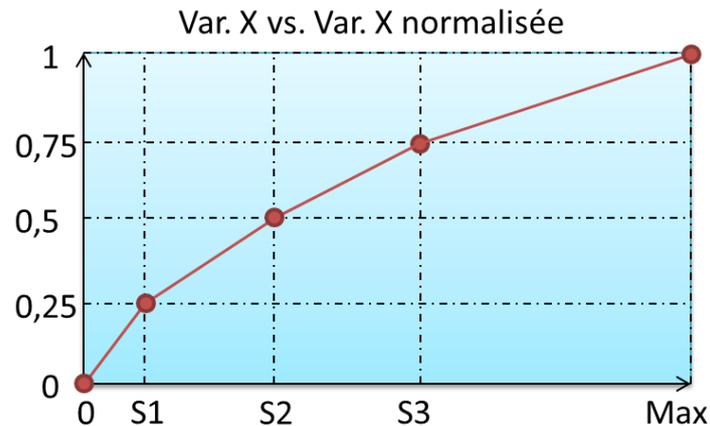


Figure 10 : Exemple de normalisation non-linéaire avec 3 seuils entre les valeurs min (ici =0) et Max. Le graphe du bas montre la différence avec une approche par palier ou par classification (rectangle rouge et limites par palier en trait bleu), avec des ruptures brutales au niveau de chaque seuil.

La normalisation non-linéaire de la variable X permet de tenir compte de la gamme de valeurs très importantes et d'un échelonnement progressif des valeurs ; contrairement à une classification en 4 catégories.

Agrégation spatiale

Les variables utilisées pour représenter un processus de transfert, une composante de la vulnérabilité ou la vulnérabilité elle-même peuvent être à un niveau de représentation spatiale inapproprié pour être utilisées à des fins d'analyse du territoire, de gestion, ou tout simplement de représentation cartographique...



Le niveau de résolution des données utilisées pour évaluer ces variables conditionne souvent les résultats en sortie. Bon nombre de données utilisées sont des données de type raster (MNT, donnée climatiques, données pédologiques ...) avec une résolution allant de quelques mètres à plusieurs centaines voire milliers de mètres. En sortie, il est souvent intéressant et demandé de restituer les résultats au niveau d’entités géographiques de type vecteur (parcelle, petits bassins versants, masses d’eau ...). Le passage de l’échelle raster (pixel) à l’échelle vecteur (entité vectorielle) nécessite donc une étape d’agrégation spatiale des données.

La figure ci-dessous illustre le principe de l’agrégation spatiale depuis une couche raster vers une couche vecteur. Il s’agit de calculer des statistiques basiques (valeurs minimales, maximales, moyennes, médianes, percentiles ou autres) de l’ensemble des pixels contenus dans chacune des entités vectorielles, et d’affecter ces statistiques aux entités vectorielles.



Figure 11 : Agrégation d’information spatiale de type raster vers des entités de type vecteur

Pour chaque entité vectorielle, l’objectif est de bien prendre en compte la variabilité des valeurs des pixels qu’elle contient par rapport à leur distribution. Il faut également écarter les valeurs extrêmes locales qui ne sont pas représentatives et souvent en lien avec des discontinuités de milieu ou des singularités topographiques (rupture de pente brutale type falaise, aven, pic, piton rocheux ...). Pour cela, la variable statistique que nous retenons est le **percentile 90** de tous les pixels contenus dans l’entité vectorielle. Ce choix nous paraît être un bon compromis entre une large gamme de valeurs de la distribution sans valeurs maximales.

3.2.2 Vulnérabilité intrinsèque

3.2.1.1. Démarche générale

Comme défini précédemment, la vulnérabilité intrinsèque des eaux superficielles d’un territoire dépend uniquement des caractéristiques naturelles du milieu, des aménagements pérennes, ainsi que de son organisation paysagère. Ces facteurs déterminent le type et l’intensité des processus hydrologiques des **zones de production des écoulements** d’une part (ruissellement Hortonien, ruissellement sur surface saturée, érosion hydrique, écoulements hypodermiques et de drainage -cf. section - les voies d’écoulements dans un versant 0), et ceux qui influent sur la **propagation et le transfert des écoulements** jusqu’aux ressources en eaux superficielles.

Les principaux mécanismes hydrologiques actuellement retenus dans cette méthode sont :



- le **ruissellement de surface** (mobilisant principalement les molécules sous forme dissoute) – noté **RUISSELLEMENT** par la suite,
- **l'érosion et le transport de matières** (emportant les particules de terres sur lesquelles une partie des molécules polluantes peut rester à l'état adsorbé et/ou piégé) – noté **EROSION** par la suite,
- la **distance hydraulique au réseau hydrographique** qui définit une **proximité** plus ou moins importante à la ressource en eau du point de vue du chemin réel que parcourt l'eau en fonction des obstacles naturels à l'écoulement, des écoulements préférentiels (p.ex. ravines), des courts-circuits hydrauliques ... Cette composante est notée **CONNEXION** par la suite.

Dans le cas du transfert des pesticides vers les ressources en eaux superficielles, il faut ajouter à ces processus celui de la dérive atmosphérique, noté **DERIVE** par la suite.

L'ensemble des processus sont illustrés ci-après.

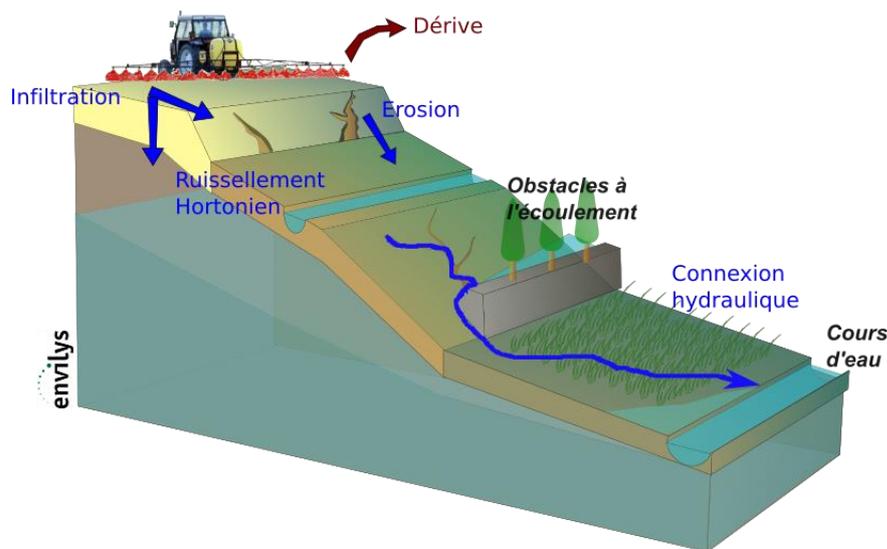


Figure 12 : Mécanismes de transfert de polluants vers les eaux de surface retenus pour l'évaluation de la vulnérabilité intrinsèque

Le principe de notre démarche d'évaluation de la vulnérabilité intrinsèque est donc d'évaluer chacune de ces composantes séparément, puis de les combiner entre elles pour évaluer un **potentiel de transfert intrinsèque** vers les eaux de surface.

Le **RUISSELLEMENT**, lié aux caractéristiques de la couverture du sol et du sol (état de surface, texture et structure du sol) sur laquelle tombe la pluie (intensité, cumul annuel), est évalué à travers un coefficient de ruissellement (CR). L'**EROSION** est quantifiée par une équation standard qui intègre les différents facteurs topographiques (pente et longueur de pente), pédologiques (érodibilité du sol) et climatiques (érosivité de la pluie). La **CONNEXION** identifie le chemin « réel » des transferts de surface en fonction de la topographie et de la position du réseau hydrographique et permet de quantifier une distance hydraulique. La



DERIVE dépend de la distance euclidienne aux eaux superficielles les plus proches (plan d’eau, cours d’eau ...).

En résumé, les données et paramètres du milieu pris en compte pour évaluer les 3 composantes principales des écoulements de surface responsables du transfert des pesticides sont présentés ci-après.

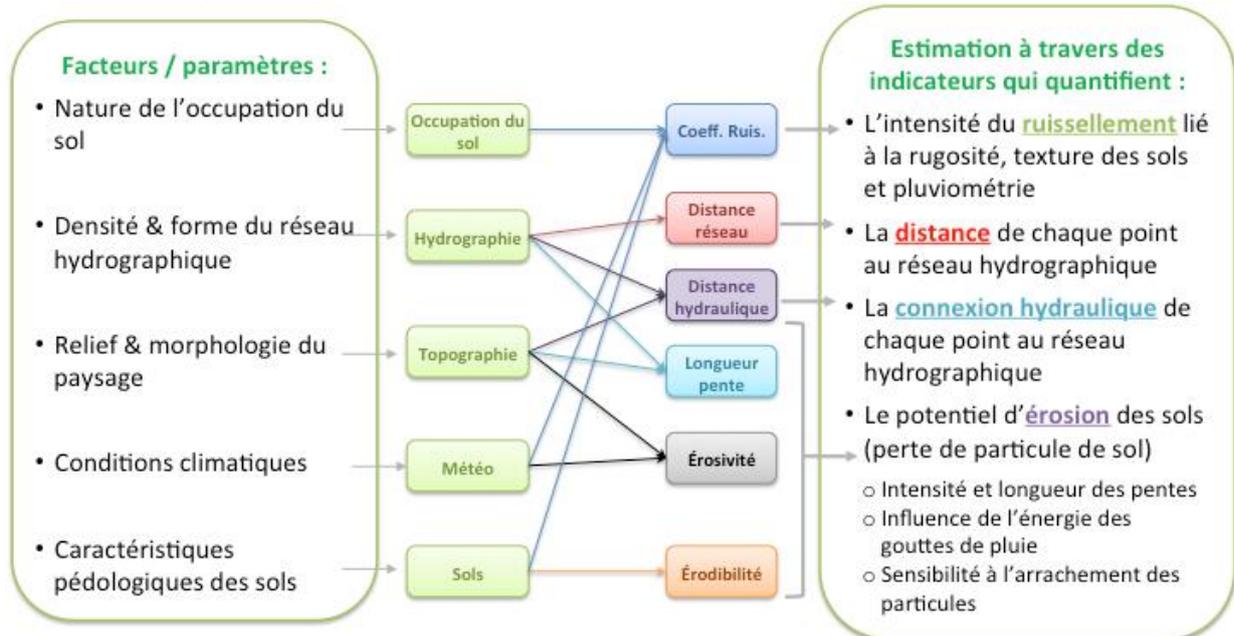


Figure 13 : Données du milieu prises en compte et combinées pour évaluer les composantes RUISSELLEMENT, EROSION et CONNEXION du transfert hydrologique de surface et la DERIVE atmosphérique.

Pour chacune des composantes, des indicateurs spatialisés sont donc définis. Une fois, ces derniers calculés, ils peuvent être normalisés (cf. **section - Normalisation et combinaison des variables**) puis combinés dans une équation globale qui permet de déterminer un potentiel de transfert intrinsèque au territoire.

3.2.1.2. Données utilisées

Tableau 10 : Informations sur les données brutes utilisées

Thème	Donnée	Résolution/Echelle	Fournisseur
Hydrographie	BD Carthage®	25 m	IGN
	BD Topo® si disponible	1,5m à 10m en général	
Altimétrie	MNT	5 m à 25 m en planimétrique	Aster - IGN
Météo	Pluviométrie moyenne annuelle	-	MétéoFrance
Sol	Propriétés pédologiques	1 km	EFTA
Occupation du sol	Corine Land Cover	Résolution variable selon les classes d’occupation du sol	AEE



3.2.1.3. Vulnérabilité par composante

Ruissellement de surface

Par définition, le ruissellement se forme à la surface du sol suite à un excès d’eau temporaire. Cet excès d’eau est dû d’une part à un apport d’eau (pluie, irrigation, ou écoulement venant de l’amont), et d’autre part, à un refus d’infiltration du sol soit parce que la quantité d’eau à infiltrer dépasse la capacité d’infiltration du sol (c’est le ruissellement de surface strict dit Hortonien), soit parce que le sol est saturé et qu’il ne peut plus rien absorber (ruissellement sur zone saturée).

La genèse du ruissellement Hortonien est dépendante de facteurs temporels comme la pluviométrie, l’irrigation qui détermine la quantité d’eau qui arrive à la surface du sol à un moment donné (intensité en mm/h ou L/s), de l’état hydrique du sol au moment où ces quantités d’eau arrivent (sol sec, humide ou saturé), et enfin de différents facteurs qui modifient la structure du sol et ses capacités d’infiltration.

L’estimation du ruissellement Hortonien passe par la détermination d’un coefficient de ruissellement. **Le coefficient de ruissellement d’une zone (parcelle, versant, ...) est le rapport entre le volume d’eau ruisselée (généralement mesuré à l’aval de cette zone) et le volume total d’eau de pluie tombée sur cette parcelle et/ou amenée par irrigation ou écoulement amont.** La différence entre les deux volumes (Pluie – Ruissellement) correspond à la partie de l’eau qui s’infiltré sur la zone. L’état de surface du sol (nature, type de revêtement, sensibilité à la battance ...) et le couvert végétal présent sur la zone, selon sa densité et sa nature, favorise plus ou moins l’infiltration de l’eau. Ainsi, **plus le coefficient de ruissellement est fort, plus le milieu est favorable au ruissellement** et plus la part de l’eau qui ruisselle par rapport au volume d’eau qui s’infiltré est importante. Le Coefficient de Ruissellement (CR) a une valeur comprise entre 0 (toute l’eau de pluie s’infiltré sur la zone et aucun ruissellement n’est généré) et 1 (aucune infiltration ne se fait – zone imperméable, toute l’eau de pluie ruissèle sur la zone). Les gammes de variation du CR selon la nature de l’occupation du sol sont illustrées ci-après.

Occupation du sol	Urbaine & associées	Agricole (hors prairie)	Naturelle & semi-naturelle
Gamme des CR	[0.4- 0.9]	[0.05- 0.5]	[0.01 - 0.2]
Commentaires	Valeur proportionnelle à l’importance des surfaces imperméabilisées	Valeur proportionnelle à l’importance des sols nus ou tassés, valeurs plus fortes en cultures pérennes	Valeur inversement proportionnelle à la rugosité des sols et la présence de végétation



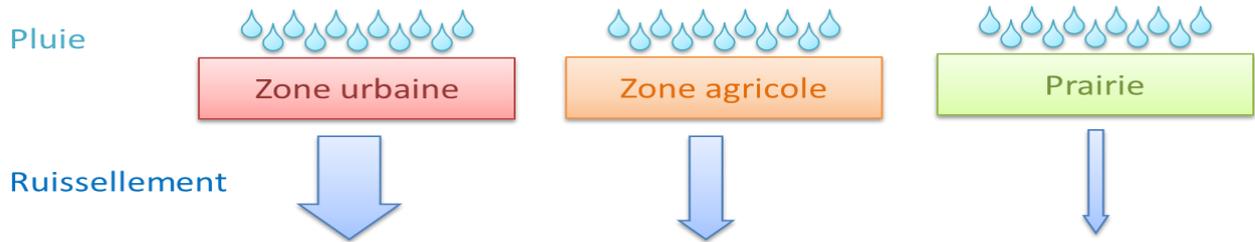


Figure 14 : Illustration de l'impact de l'occupation du sol sur le volume de ruissellement

Ainsi, pour chaque catégorie d'occupation des sols de Corine Land Cover, une valeur de coefficient de ruissellement est affectée (cf. Tableau 11). Les valeurs sont issues d'une expertise interne Envilys et de l'étude CREPEPP 2009 ; les CR de cette étude sont eux-mêmes majoritairement issus de l'instruction technique relative à l'assainissement des agglomérations (Circulaire Générale 1333 du 22 février 1949).

Pour les terres cultivées (code CLC 211), dont le sol peut être nu une partie de l'année, les valeurs de CR sont corrigées par le niveau de battance des sols : la formation d'une croûte de battance dépend des caractéristiques intrinsèques au sol (texture) et des conditions météorologiques. La formation d'une croûte de battance sous l'impact des gouttes de pluie diminue l'infiltrabilité en surface et donc augmente le coefficient de ruissellement.

L'indice de battance (IB) se définit par les équations suivantes :

$$\text{Si } pH \leq 7 \text{ alors } IB = \frac{1,5 * LF + 0,75 * LG}{A + 10 * MO}$$

$$\text{Si } pH > 7 \text{ alors } IB = \frac{1,5 * LF + 0,75 * LG}{A + 10 * MO} - 0.2 * (pH - 7)$$

Avec :

- LF teneur en limons fins (%)
- LG teneur en limons grossiers (%)
- A teneur en argile (%)
- MO teneur en matière organique (%)



Tableau 11 : Coefficient de Ruissellement (CR) affecté aux classes d'occupation du sol de Corine Land Cover de niveau 3 (source interne Envilyls et CREPEPP, 2009)

Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3		CR
Code	Description	Code	Description	Code	Description	
1	Territoires artificialisés	11	Zones urbanisées	111	Tissu urbain continu	0.9
				112	Tissu urbain discontinu	0.5
				113	Bâti diffus	0.5
		12	Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication	121	Zones industrielles et commerciales	0.7
				122	Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés	0.8
				123	Zones portuaires	0.8
				124	Aéroports	0.3
				13	Mines, décharges et chantiers	131
		14	Espaces verts artificialisés, non agricoles	132	Décharges	0.4
				133	Chantiers	0.4
				141	Espaces verts urbains	0.3
				142	Equipements sportifs et de loisirs	0.3
				211	Terres arables hors périmètres d'irrigation	0.25
				212	Périmètres irrigués en permanence	0.2
2	Territoires agricoles	21	Terres arables	213	Rizières	0.10
				214	Zone à forte densité de serre	0.25
				221	Vignobles	0.5
				222	Vergers et petits fruits	0.25
		22	Cultures permanentes	223	Oliveraies	0.25
				224	Canne à sucre	0.25
				225	Bananaeraies	0.25
				226	Palmeraies	0.25
				227	Caféiers	0.25
				228	Lavandins	0.25
				23	Prairies	231
		24	Zones agricoles hétérogènes	241	Cultures annuelles associées aux cultures permanentes	0.25
				242	Systèmes culturaux et parcellaires complexes	0.05
				243	Surfaces essentiellement agricoles	0.05
3	Forêts et milieux semi-naturels	31	Forêts	244	Territoires agro-forestiers	0.15
				311	Forêts de feuillus	0.04
				312	Forêts de conifères	0.04
				313	Forêts mélangées	0.04
		32	Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée	314	Mangroves	0.04
				321	Pelouses et pâturages naturels	0.07
				322	Landes et broussailles	0.08
				323	Végétation sclérophylle	0.08
		33	Espaces ouverts, sans ou avec peu de végétation	324	Forêt et végétation arbustive en mutation	0.08
				331	Plages, dunes et sable	0.15
				332	Roches nues	0.7
				333	Végétation clairsemée	0.25
				334	Zones incendiées	0.2
				335	Glaciers et neiges éternelles	0.01
4	Zones humides	400	Zones humides indifférenciées	0.3		
		41	Zones humides intérieures	0.3		
		411	Marais intérieurs	0.3		
		412	Tourbières	0.15		
		421	Marais maritimes	0.10		
		422	Marais salants	0.10		
5	Surfaces en eau	423	Zones intertidales	0.15		
		51	Eaux continentales	511	Cours et voies d'eau	0
				512	Plans d'eau	0
				513	Cours et voies d'eau temporaires	0
		52	Eaux maritimes	521	Lagunes littorales	0
				522	Estuaires	0
				523	Mers et océans	0



Le tableau suivant illustre les niveaux de battance attribués selon la valeur de l’indice de battance.

Valeur de l’indice de battance (IB)	Niveau de battance	Classe associée
IB < 1,4	Sol non battant	1
1,4 < IB < 1,6	Sol peu battant	2
1,6 < IB < 1,8	Sol assez battant	3
1,8 < IB < 2	Sol battant	4
IB > 2	Sol très battant	5

La correction du **coefficient de ruissellement**, par l’indice de battance se fait de manière experte : il est diminué pour les sols non et peu battants, augmenté pour les sols battants et très battants.

Érosion hydrique

L’estimation de l’érosion des sols est complexe. Elle s’appuie sur des représentations mathématiques des processus hydrologiques et érosifs qui nécessitent de nombreuses données pour être paramétrées. La modélisation USLE (Universal Soil Loss Equation), créée dans les années 1980 à partir d’une approche expérimentale (20 ans de données collectées sur des essais d’érosion en parcelles et sur des petits bassins versants aux USA), permet une estimation plus simple pour calculer la quantité des particules de sol susceptibles d’être arrachées et permet de spatialiser les zones les plus sensibles à l’érosion (Payet et al, 2012). Cette méthode est aujourd’hui régulièrement utilisée, elle constitue notamment la base de nombreux modèles développés par l’INRA.

L’équation USLE s’écrit :

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

Avec :

- A pertes en terre annuelle (t.ha⁻¹.a⁻¹)
- R facteur d’érosivité (N.h⁻¹)
- K facteur d’érodibilité du sol (t.ha.MJ⁻¹.ha⁻¹.mm⁻¹)
- LS facteur tenant compte de la pente S et de la longueur de pente (sans dimension)
- C facteur d’occupation du sol
- P facteur de prise en compte des pratiques culturales

R, K, LS déterminent la quantité de pertes en terre, alors que C et P sont des facteurs de réduction entre 0 et 1 liés aux usages de sols et des pratiques.

La formule utilisée pour la vulnérabilité intrinsèque s’appuie sur 3 facteurs principaux :

- Facteur LS : Il tient compte de la pente S et de la longueur de pente, calculées à partir du MNT.
- Facteur R : Il correspond à l’érosivité de la pluie (énergie cinétique des gouttes de pluie qui provoquent un détachement des particules de terres à l’interface lame d’eau et surface du sol). Il est estimé à partir de la pluviométrie moyenne annuelle (Rogler et Schwertmann, 1981) et corrigé par l’altitude (Schüpp, 1975)



- Facteur K : Il correspond à l’érodibilité du sol c’est-à-dire à sa sensibilité intrinsèque à l’érosion. Sa valeur est estimée à partir de la texture des sols (Stone & Hilborn, 2012).

Connexion hydraulique

A partir de l’altitude de la zone donnée par le Modèle Numérique de Terrain (MNT) et de l’emplacement du réseau hydrographique (donné par la Base de Données Carthage ou Topo de l’IGN), il est possible de calculer la direction principale d’écoulement de chaque pixel (1 des 8 directions selon le pixel voisin avec lequel la pente est la plus forte, c’est à dire le ratio entre différence d’altitude et longueur entre les centroïdes des pixels) et la distance hydraulique qui les séparent.

Dérive atmosphérique

Le transport de produits phytosanitaires par voie aérienne, plus communément appelé dérive atmosphérique, est une des voies possibles de contamination des ressources en eau.

L’atteinte des ressources en eau par dérive atmosphérique depuis le lieu d’application des produits suit une loi de type exponentielle décroissante entre la cible et la distance à la zone d’application. La quantification des transferts par dérive dépend essentiellement de 3 facteurs : le matériel utilisé (type, réglage, entretien), les conditions environnementales (vent, hygrométrie,...) et la proximité au cours d’eau. L’information sur les deux premiers facteurs n’est pas possible à l’échelle d’un territoire et ne rentre pas en compte dans les paramètres propres à la vulnérabilité intrinsèque. Aussi, l’estimation de la vulnérabilité liée à la dérive est faite uniquement en considérant la proximité des zones de traitement au réseau hydrographique.

Pour estimer le risque de dérive, nous nous basons sur les valeurs de références de Rautman et al. (2001) et les recommandations du groupe FOCUS-Surface waters ainsi que sur les valeurs des tables de références allemandes, et néerlandaises. Ces valeurs de référence sont définies pour divers type de couvert (cultures, vignobles, vergers ...) et une relation de type $Y = a.X^b$ donnant le pourcentage de dépôt au sol par dérive en fonction de la distance au lieu d’application (exemple en Figure 15). Ce modèle est paramétrable selon le type de couvert, sa hauteur, et pour les vergers et les vignobles selon le stade de développement de la végétation car les produits et le matériel utilisés ne sont pas les mêmes (Rautman et al., 2001).



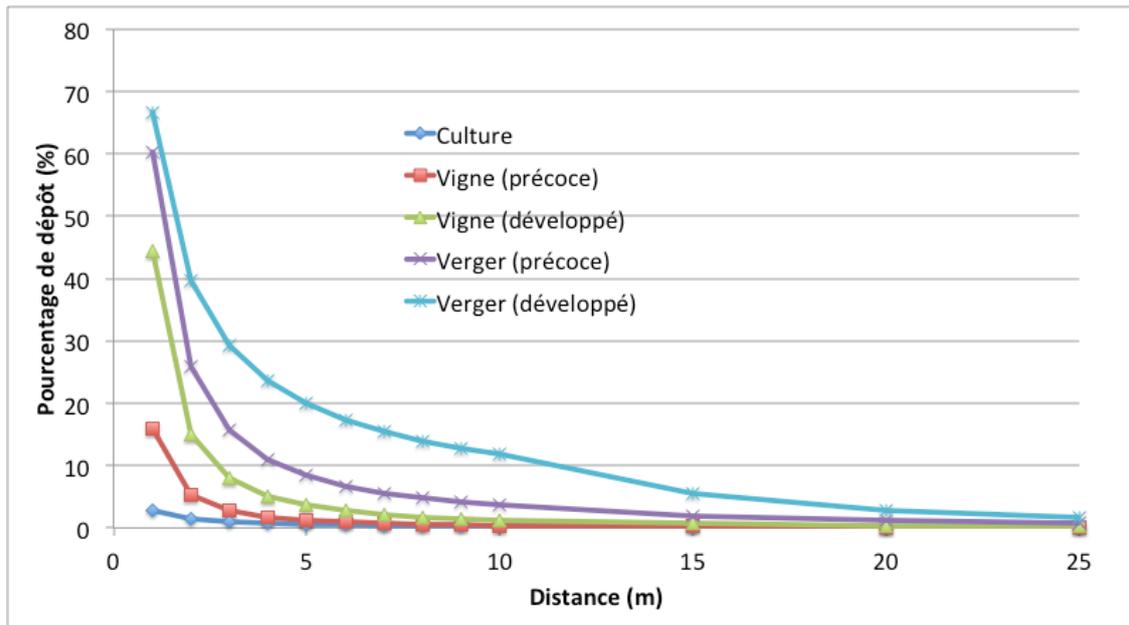


Figure 15: Valeurs de références d'après les données de Rautman et al. 2001 pour différentes cultures (type céréalières, vigne, verger) et stade de développement de la végétation

3.2.1.4. Vulnérabilité globale

Au final, si l’on souhaite une estimation de la vulnérabilité intrinsèque globale vis-à-vis des transferts hydrologiques de surface et des transferts aériens, cela revient à combiner avec pondération les variables normalisées **RUISSELLEMENT**, **EROSION**, **CONNEXION** et **DERIVE**. Le choix a été fait de séparer les composantes dites de production (**RUISSELLEMENT** et **EROSION**) de la composante transport **CONNEXION** pour les processus hydrologiques de surface. Dans une problématique de transfert majoritairement par les processus hydrologiques de surface, il paraît logique que la composante **CONNEXION** (autrement dit la distance aux cours d’eau) ait plus de poids que les deux autres composantes. En effet, si une parcelle génère du ruissellement et de l’érosion mais qu’elle n’est pas connectée au réseau hydrographique, alors le risque de contamination des eaux par les polluants et matières solides est très faible. De même, le poids du **RUISSELLEMENT** par rapport à celui de l’**EROSION** dépend de chaque territoire.

Ceci nous permet de combiner les composantes de la manière suivante :

$$VULNE_{HYDRO} = \alpha * CONNEXION + (1 - \alpha) * [\beta * EROSION + (1 - \beta) * RUISSELLEMENT]$$

$$VULNERABILITE = \lambda * VULNE_{HYDRO} + (1 - \lambda) * DERIVE$$

Équation 1: formulation générale de la combinaison des 4 composantes au transfert de surface hydrologique et atmosphérique pour estimer une vulnérabilité intrinsèque globale



avec les poids pour chacune des variables :

- λ : poids de la vulnérabilité liée aux transferts hydrologiques de surface
- $1 - \lambda$: poids de la vulnérabilité liée aux transferts atmosphériques
- α : poids de la composante liée aux processus de propagation et transport d’eau et de matière, et inversement $1 - \alpha$ est le poids des composantes liés aux productions localement des excès d’eau et de matière pouvant être transférés.
- β : valeur associée aux transferts par ruissellements
- $1 - \beta$: valeur associée aux transferts par érosion hydrique

Par exemple, sur un territoire avec des sols peu filtrants et un réseau hydrographique très dense, on pourrait affecter une valeur de α de 0.6 et une valeur de β de 0.4 si les transferts locaux se font majoritairement par ruissellement. L’expression de la vulnérabilité globale, sans tenir compte de la dérive, serait ainsi équivalente à :

$$VULNE_{HYDRO} = 0.6 * CONNEXION + 0.24 * EROSION + 0.16 * RUISELLEMENT$$

Équation 2: exemple de combinaison des 3 composantes au transfert de surface pour estimer une vulnérabilité intrinsèque globale

3.3 Données nécessaires

Le présent chapitre liste les principales données à acquérir pour :

- Délimiter les bassins d’alimentation des captages ;
- Caractériser leur vulnérabilité.

Ces données concernent :

- Les caractéristiques du captage ;
- Les contextes géologique, hydrogéologique et pédologique ;
- Le contexte hydrographique ;
- La qualité de l’eau ;
- La vulnérabilité intrinsèque.



Tableau 12 : Données nécessaires à la définition des AAC et à la caractérisation de la vulnérabilité

Nom du captage	N° BSS	Commune
Contexte du captage	Nom	Collectivité/Syndicat
	Collectivité	Collectivité
	Débit de prélèvement annuel, journalier, min, max, moyenne	Collectivité/Gestionnaire
	Situation administrative (PPC, autorisation/déclaration Code de l'environnement, Santé Publique)	Mairie, ARS
	Localisation (département, commune, coordonnées L93)	ARS
	Indice BSS	BRGM
	Code des masses d'eau	AEAG
	Cours d'eau concerné, superficie BV	MNT
	Description du captage (fonctionnement, schéma)	Visite, gestionnaire, fermier
Population desservie	Visite, gestionnaire, fermier	
Contexte géologique	Formations géologiques	BRGM
Contexte pédologique	Cartographie pédologique	EFSA
	Indice de battance	Calculé
Contexte hydrogéologique	Masses d'eau souterraines	AE AG
	Relations nappes-rivières	BRGM IDPR
Climatologie	Précipitations moyennes annuelles	EFSA, gestionnaire, collectivité
Réseau hydrographique	Source & Source du cours d'eau	BRGM & IGN
	Superficie BV	MNT (IGN)
	Affluents (nom, linéaire, BV)	IGN
	Linaire total	BD CARTHAGE / BD TOPO
	Densité de drainage (km/km ²)	BD CARTHAGE / BD TOPO
	Morphologie du BV (carte des densités de pente et courbure des pentes)	MNT (IGN)
	Description des cours d'eau (lit mineur, berges, vallée)	IRSTEA
	Carte des IDPR	BRGM
	Hydrométrie (débits, vitesses de transit, comparaison bilan hydrologique et hydrométrie, carte des isochrones...)	Banque Hydro
Qualité des eaux brutes	Catégorie piscicole	ONEMA
	Qualité générale, répartition spatiale	AEAG
	Captages AEP présents dans le BV (localisation, type, collectivité, qualité)	ARS, DDT
	Historique analytique par captage	ARS



	Analyse spatiale et temporelle sur le BV	AEAG, ARS, gestionnaire
Occupation du sol	Cartographie de l'occupation du sol (zones agricoles, forêts, zones urbanisées)	Corine Land Cover (AEE)
	Occupation du sol agricole	ASP
	Zones drainées, haies	CA
	Infrastructure de transport	BD TOPO
Cartographie de la vulnérabilité	Proximité aux cours d'eau	MNT, BD CARTHAGE/TOPO (IGN)
	IB Indice de battance (perméabilité du sol)	Calcul (EFSA)
	Erosion	Calcul (EFSA)
	Cr Coefficients de ruissellement	Corine Land Cover (AEE)
	Vulnérabilité dérive	Calcul (combinaison données précédente)

3.4 Méthodologie proposée pour le classement C1, C2 et C3

3.4.1 Détermination du classement C1, C2, C3

Contrairement à la méthodologie concernant les captages en eau souterraine, il a été supposé que l’ensemble des données nécessaires aux définitions de l’AAC et l’évaluation de la vulnérabilité intrinsèque du captage sont disponibles dans les différentes bases de données (MNT, BD CARTHAGE, IDPR, CORINE LAND COVER, Données EFSA). Seule une différence de taille de bassin versant jouant sur la précision de la résolution des données différenciera le classement. Par défaut, les captages d’eau superficielle peuvent donc être classés en C3.

Étant donné la petite taille des bassins versants (inférieurs à 30 km²) des deux captages concernés, il est proposé de mener des investigations complémentaires afin de préciser les connaissances du milieu et de valider sur le terrain les limites des aires d’alimentation définies par calcul géomatique à partir du MNT. Les observations de terrain permettront également de valider les résultats des composantes de la vulnérabilité et ainsi de mieux évaluer leurs parts relatives. Ces données seront ensuite intégrées dans la méthodologie de détermination de la vulnérabilité sous la forme des poids de chaque composante. **Il est proposé de classer les captages en C3 lorsque des données documentaires sont disponibles et peu d’investigations nécessaires et en C1 dans le cas contraire.**



3.4.2 Investigations proposées

Afin de préciser la vulnérabilité de ces deux captages, les investigations complémentaires sont proposées :

- reconnaissance terrain des aménagements parcellaires ;
- parcours du périmètre de l’AAC pour valider les limites proposées par calcul géomatique ;
- validation des résultats de vulnérabilité : validation des zones à plus forte vulnérabilité ;
- reconnaissance des modifications des trajets hydrauliques par les aménagements anthropiques (fossés, routes, réseau d’eau pluviale...) ;
- importance des zones humides ou hydromorphes ;
- importance et la qualité de la ripisylve.

Ces critères seront ensuite intégrés dans la méthodologie de cartographie de vulnérabilité.



4 Collecte des données et enquête de terrain

4.1 Organismes consultés

La liste des organismes consultés pour l'étude est fournie dans le tableau suivant :

Groupe	n°DEP	Structure	Interlocuteurs		
G1 : Gers, Hautes Pyrénées et Pyrénées Atlantiques	31	AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE - SIEGE	SANDRINE AGUT	LAURIANE BOULP	
	31	AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE - DELEGATION DU BASSIN GARONNE AMONT - UNITE TERRITORIALE DE TOULOUSE	SEBASTIEN BOSVIEUX		
	31	ARS OCCITANIE	JEAN-MARC VACHER		
	31	DRAAF OCCITANIE	DAMIEN LONGUEVILLE	SYLVIE SARTHOU	
	31	DREAL OCCITANIE	AURELIE BIRLINGER	AURELIE BIRLINGER	
	32	CHAMBRE DE L'AGRICULTURE DU GERS	JEAN BUGNICOURT	MATTHIEU FLOUVIER	ADRIEN LE LAY
	32	CONSEIL DEPARTEMENTAL DU GERS	KARINE LIERON		
	32	DD ARS DU GERS	SANDRA DELMAS	AGNES SANGERMA	
	32	DDT DU GERS	JULIEN JACOTOT		
	32	SYNDICAT ARMAGNAC TENAREZE	CHRISTEL DULHOSTE	DIDIER NEGRINI	
	32	SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DU BASSIN DE L'ADOUR GERMOIS	ERIC GLEYSE (DGS)	JEAN-LUC BUFFALEN	
	33	ARS NOUVELLE AQUITAINE	CHANTAL RENAULT		
	64	AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE - DELEGATION DE PAU	XAVIER DEMARSAN	JEAN JUNCA BOURIE	ANGELIQUE MASSON
	64	CHAMBRE DE L'AGRICULTURE DES PYRENEES ATLANTIQUES	JULIEN BOYER		
	64	CONSEIL DEPARTEMENTAL DES PYRENEES ATLANTIQUES	EMMANUELLE CAZENAVE		
	64	DD ARS DES PYRENEES-ATLANTIQUES	GUY SASSOUBRE	PATRICK BONILLA	
	64	DDT DES PYRENEES-ATLANTIQUES	BRUNO PALLAS		
	64	SYNDICAT D'EAU ET D'ASSAINISSEMENT DES 3 CANTONS	M.PHILIPPE FAURE (PRESIDENT)	MARTINE LEMBEZAT	EMILIE CASTAIGNOS
	65	CHAMBRE DE L'AGRICULTURE DES HAUTES PYRENEES	CHRISTIAN PUYO	FABIEN DAURIAC	CHRISTELLE DROGUET
	65	CONSEIL DEPARTEMENTAL DES HAUTES PYRENEES	SANDRINE BUTRUILLE		
	65	DD ARS DES HAUTES-PYRENEES	YANNICK DURAN		
	65	DDT DES HAUTES-PYRENEES	BENOIT LISCH OLIVIER ADAGAS		
	65	SIAEP ADOUR COTEAUX	SERGE DUFFAU (PRESIDENT)	BRUNO MORA (DIRECTEUR)	M.GIL
	65	SIAEP DE RIVIERE BASSE	CHRISTIAN BOURBON (PRESIDENT)	M.CAZENAVETTE	
	86	DREAL NOUVELLE AQUITAINE	LAURENCE FRITZ		
	87	DRAAF NOUVELLE AQUITAINE	GUILLAUME GIRARD	LAUREEN POUPIER	



Groupe	n°DEP	Structure	Interlocuteurs		
G2 : Aveyron, Cantal, Lozère et Tarn	12	AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE - DELEGATION DU BASSIN GARONNE AMONT - UNITE TERRITORIALE DE RODEZ	ANNE TROUCHE	OLIVIER GUIARD	
	12	AVEYRON INGENIERIE	CELINE DUMAS		
	12	CHAMBRE DE L'AGRICULTURE DE L'AVEYRON	BRUNO ROUSSEL	CHRISTIAN POUGET	
	12	COMMUNE DE BROQUIES	BERNARD BRENGUES	JEAN LUC CRASSOUS	BERNARD MARITAN
	12	CONSEIL DEPARTEMENTAL DE L'AVEYRON	JEAN-CLAUDE LUCHE		
	12	DD ARS DE L'AVEYRON	ELIANE ALTABER		
	12	POLE SANTE ENVIRONNEMENT			
	12	DDT DE L'AVEYRON	CYRIL PAILHOUS	ANNE BOISTEAUX	
	15	CHAMBRE DE L'AGRICULTURE DU CANTAL	PATRICK ESCURE	DAVID NOYER	FRANÇOISE GUIARD
	15	COMMUNE DE CALVINET	JEAN MARC LABORIE	FRANÇOIS DANEMANS	
	15	COMMUNE DE JUNHAC	CHRISTIAN GUY		
	15	CONSEIL DEPARTEMENTAL DU CANTAL	EMILIE SOLIGNAC		
	15	DD ARS DU CANTAL	SEBASTIEN MAGNE		
	15	DDT DU CANTAL	ALEXANDRA JOINEL	HENRI VERNE	
	15	DREAL AUVERGNE-RHONE-ALPES	NATHALIE NICOLAU		
	19	AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE – DELEGATION DU BASSIN ATLANTIQUE DORDOGNE - UNITE TERRITORIALE DORDOGNE A BRIVE	DAVID MOREAU		
	31	AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE - SIEGE	SANDRINE AGUT	MARIE-EVE BONNET	LAURIANE BOULP
	31	AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE - DELEGATION DU BASSIN GARONNE AMONT - UNITE TERRITORIALE DE TOULOUSE	MATTIEU MAGDELAINE		
	31	ARS OCCITANIE	JEAN-MARC VACHER	CLAIRE BAUDINAT	
	31	CALLIGEE	DAVY DOUAY		
	31	DRAAF OCCITANIE	DAMIEN LONGUEVILLE	SYLVIE SARTHOU	
	31	DREAL OCCITANIE	AURELIE BIRLINGER	AURELIE BIRLINGER	
	46	SYNDICAT MIXTE DU BASSIN DE LA RANCE ET DU CELE	JOËL TREMOULET		
	48	CHAMBRE DE L'AGRICULTURE DE LA LOZERE	FRANCIS CHABALIER	ANNE CLAIRE GUENEE	NATHALIE BOYER
	48	COMMUNE D'ALBARET SAINTE MARIE	MICHEL THEROND		
	48	CONSEIL DEPARTEMENTAL DE LA LOZERE	LAURE DHOMBRES	CHRISTOPHE BONNET	
	48	DD ARS DE LA LOZERE	ALBANE BEAUPOIL	THIERRY BIDEAU	
	48	DDT DE LA LOZERE	RENE PAUL LOMI	LAETITIA.COGOLUEGNE	
	63	DRAAF AUVERGNE-RHONE ALPES	MONSIEUR LE DIRECTEUR		
	69	ARS AUVERGNE RHONE ALPES	ANNE-MARIE DURAND		
	69	DREAL AUVERGNE RHONE ALPES	NOGARA MARIE CHRISTINE	FRANÇOISE NOARS	CHRISTOPHE DEBLANC
	81	CHAMBRE DE L'AGRICULTURE DU TARN	CECILE FRAYSSE		
	81	CONSEIL DEPARTEMENTAL DU TARN	STEPHANE MATHIEU		
81	DD ARS DU TARN	MURIEL GUIRAUD			
81	DDT DU TARN	YVON GRZELEC	SANDRA BIERNE	DANIEL VERGNIOL	
81	COMMUNE DE NAVES	MARC COUSINIE			
81	SIAEP DE LA REGION DE VIEUX	JACQUES BROS			
81	SYNDICAT MIXTE DU BASSIN DE LA RANCE ET DU CELE (SAGE CELE)	JOËL TREMOULET			
81	SYNDICAT MIXTE DU BASSIN DE L'AGOUT (SAGE AGOUT)	SOPHIE LEBROU			



Groupe	n°DEP	Structure	Interlocuteurs		
G3 : Corrèze, Dordogne et Gironde	19	AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE – DELEGATION DU BASSIN ATLANTIQUE DORDOGNE UNITE TERRITORIALE DORDOGNE A BRIVE	PHILIPPE GAILLAUD	MARC RATEAU	
	19	CHAMBRE DE L'AGRICULTURE DE LA CORREZE	MICHEL BAFFET	DOMINIQUE PESSOZ	PATRICK OGET
	19	TULLE AGGLO	OLIVIER LEFEUVRE		
	19	CONSEIL DEPARTEMENTAL DE LA CORREZE	MAXIME ESTRADE	FRANCK BOUTOT - FABRICE SERVIERES	
	19	CPIE CORREZE	JEROME LAROCHE		
	19	DD ARS DE LA CORREZE	SOLENN REGNAULT	HELENE PRADEAUX	
	19	BRGM	VINCENT MARDHEL		
	19	DDT DE LA CORREZE	SEVERINE ECUVILLON	MAGALI TEYSSANDIER	
	19	SMAEP DU MAUMONT	JEAN-PAUL DESNOTS (PRESIDENT)	STEPHANE PLANAS (DGS)	MME GERAUD
	24	CHAMBRE DE L'AGRICULTURE DE LA DORDOGNE	JULIEN MICHAU	LAURENT COULAUD	
	24	COMMUNE DE LA COQUILLE	MICHELE FAURE (MAIRE)	EMMANUEL GUILLAUMETTE	
	24	CONSEIL DEPARTEMENTAL DE LA DORDOGNE	NATHALIE JACQUEMAIN	STEPHANE WAGNER	
	24	DD ARS DE LA DORDOGNE	EMMANUEL ROLLAND	RICHARD GENET	
	24	DDT DE LA DORDOGNE	ANNE CHUNIAUD		
	24	ENVYLIS	XAVIER LOUCHARD		
	24	EPIDOR	GUY PUSTELNIK (DIRECTEUR)	CAMILLE LEGAND	ROLAND THIELEKE (DA)
	24	MAIRIE DE SARLAT	JEAN-JACQUES DE PERETTI (MAIRE)	BENJAMIN NEVEU	HELENE DELROC
	24	PNR LIMOUSIN	FREDERIC DUPUY (RESPONSABLE POLE GEN)	MARC PICHAUD	MURIEL LEHERICY
	24	SIAEP DE LA VALLEE DE L'ISLE	M. LE PRESIDENT (M. FREREBEAU)		
	24	SMDE 24	M. LE PRESIDENT (MARC MATTERA)	JEAN PAUL OLIVIER SEVERINE DECRO	DAVID GONZALO
	31	AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE - SIEGE	SANDRINE AGUT	MARIE-EVE BONNET	LAURIANE BOULP
	31	ARS OCCITANIE	JEAN-MARC VACHER		
	31	DREAL OCCITANIE	AURELIE BIRLINGER	AURELIE BIRLINGER	
	33	AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE - DELEGATION DU BASSIN ATLANTIQUE-DORDOGNE - UNITE TERRITORIALE DE ATLANTIQUE A BORDEAUX	ERIC GUIMON	DELPHINE ESPALIEU	
	33	ARS NOUVELLE AQUITAINE	CHANTAL RENAULT		
	33	BORDEAUX METROPOLE - DIRECTION DE L'EAU	MIKAEL MORA	MIREILLE PRÊT	
	33	BRGM - AQUITAINE	NICOLAS PEDRON		
	33	CHAMBRE DE L'AGRICULTURE DE LA GIRONDE	LAURENT COURAU		
	33	CONSEIL DEPARTEMENTAL DE LA GIRONDE	CATHERINE GUAY		
	33	DD ARS DE LA GIRONDE	GISELE DEJEAN		
33	DDT DE LA GIRONDE	ELODIE COUPE	FLORENT PALLOIS	EMILIE FAUDUET	
86	CONSEIL REGIONAL POITOU-CHARENTE	SEVERINE DORIZON	JULIEN MONTEPINI		
86	DREAL NOUVELLE AQUITAINE	LAURENCE FRITZ	PASCAL GRANIER	PATRICK BARNET	
87	DRAAF NOUVELLE AQUITAINE	GUILLAUME GIRARD	LAUREEN POUPIER		



Groupe	n°DEP	Structure	Interlocuteurs		
G4 : Ariège, Aude et Haute Garonne	9	CHAMBRE DE L'AGRICULTURE DE L'ARIEGE	EMMANUEL LECOMTE (DIRECTEUR)	PHILIPPE BEAUFORT	
	9	COMMUNE DE PAMIERS	ANDRE TRIGANO		
	9	CONSEIL DEPARTEMENTAL DE L'ARIEGE	CHARLES PEYRAT		
	9	DD ARS DE L'ARIEGE	ALAIN BUGE		
	9	DDT DE L'ARIEGE	JP. RIERA	JACQUES BUTEL	
	11	CHAMBRE DE L'AGRICULTURE DE L'AUDE	BRUNO PEYRAS	FREDERIC PRIGENT	
	11	CONSEIL DEPARTEMENTAL DE L'AUDE	BRUNO DUPASQUIER		
	11	DD ARS DE L'AUDE	DOMINIQUE MESTRE-PUJOL		
	11	DDT DE L'AUDE	MATHIAS GUIN	MIREILLE BAYLAC	
	11	SYNDICAT SUD ORIENTAL DE LA MONTAGNE NOIRE	LAURENT AYMARD (DGS)	M. HENRI BONNAFOUS (PRESIDENT)	
	31	AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE - SIEGE	SANDRINE AGUT	MARIE-EVE BONNET	LAURIANE BOULP
	31	AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE - DELEGATION DU BASSIN GARONNE AMONT - UNITE TERRITORIALE DE TOULOUSE	FABRICE VAYSSE - JEAN-FRANÇOIS REQUIS	NATHALIE GAUTIER	NATHALIE MARTY
	31	ARS OCCITANIE	JEAN-MARC VACHER	CLAIRE BAUDINAT	
	31	BRGM - MIDI-PYRENEES	ANNE-VALERIE HAU-BARRAS		
	31	CHAMBRE DE L'AGRICULTURE DE LA HAUTE-GARONNE	CHRISTIAN BESSIERES (CHEF DE POLE)	JACQUES GEORGES (GESTION DE L'EAU)	
	31	COMMUNE DE LEGUEVIN	STEPHANE MIRC		
	31	CONSEIL DEPARTEMENTAL DE LA HAUTE-GARONNE	VINCENT RIBOT	NATHALIE THOMAS	
	31	DD ARS DE LA HAUTE-GARONNE	ALAIN BARON	PASCALE BILOTTE	
	31	DDT DE LA HAUTE-GARONNE	FRANCK LEBLANC		
	31	DRAAF OCCITANIE	DAMIEN LONGUEVILLE	SYLVIE SARTHOU	
31	DREAL OCCITANIE	AURELIE BIRLINGER	AURELIE BIRLINGER		
34	BRGM - LANGUEDOC ROUSSILLON	CLAUDINE LAMOTTE - ARIANE BLUM(DIRECTRICE)			



4.2 Sites internet

La liste des sites internet consultés dans le cadre de l'étude est fournie dans le tableau suivant.

thème	organisme	Adresse	contenu
qualité des eaux	ARS	http://www.sante.gouv.fr/resultats-du-contrôle-sanitaire-de-la-qualite-de-l-eau-potable.html	résultats analyses eaux
	ARS	SISEAUX	qualité des eaux souterraines
	SIE Adour garonne	http://adour-garonne.eaufrance.fr/	qualité des eaux
	BRGM	http://carismeau.brgm.fr/	isotopes et géochimie
	ADES	http://www.ades.eaufrance.fr/	base de données AEG
Géologie et hydrogéologie	BRGM	http://infoterre.brgm.fr/	cartes et coupes géologiques
	BRGM	http://www.beph.net/	données forages pétroliers
	BRGM	http://www.brgm.fr/production-scientifique/rapports-publics/rapports-publics	publications
	BRGM	http://geolfrance.brgm.fr/	publications
	SANDRE	http://www.reseau.eaufrance.fr/geotraitements/viewer/bdlisa	bases de données BDUSA
	BRGM	http://sigesmpy.brgm.fr/	géologie et hydrogéologie régionale
	BRGM	http://sigesaqi.brgm.fr/	géologie et hydrogéologie régionale
cartographie	IGN	http://www.geoportail.gouv.fr/accueil	cartographie général
	ARS et DREAL	http://www.mipygeo.fr/accueil	périmètres de protection et arrêtés de DUP + outil cartographique MPY
	BRGM	http://www.geocatalogue.fr/	données générales sur la cartographie
	BRGM	http://www.geosource.fr/	données générales sur la cartographie
	IGN	www.ign.fr	cartographie général
	eau France	http://carmen.naturefrance.fr/spip.php?article4	données générales sur la cartographie
	DREAL Midi-Pyrénées DREAL aquitaine	http://drealmp.net/pacom/ http://www.donnees.aquitaine.developpement-durable.gouv.fr/DREAL/	données communales données communales
hydrographie	IGN/SANDRE BD Carthage	http://www.sandre.eaufrance.fr/	
	SIE Adour garonne - Masse d'eau	http://adour-garonne.eaufrance.fr/	
	Info Terre BRGM - BSS	http://infoterre.brgm.fr/	
	Typologie des cours d'eau IRSTEA	http://www.irstea.fr/sites/default/files/ckfinder/userfiles/files/typologie.pdf	
	eau France	http://www.eaufrance.fr/	informations relatives à l'eau
	ONEMA	http://www.onema.fr/	données générales sur l'eau
crues	Ministère de l'écologie et du développement durable	http://www.vigicrues.ecologie.gouv.fr/niv_spc.php?idspc=15	crues
	Hydrologie	http://www.hydro.eaufrance.fr/	données sur les cours d'eau
météo	Météo France	http://www.meteofrance.com/climat/France	normales
	Météo France	http://climatheque.meteo.fr/aide/climatheque/reseauPostes/	station météo
agriculture	AGRESTE	http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/	statistiques
	MNT - Aster	http://earthexplorer.usgs.gov/	
	Zonage environnementaux -	http://www.geolimousin.fr/accueil/catalogue	
	RGA - Agreste	http://www.donnees.aquitaine.developpement-durable.gouv.fr/DREAL/ http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/structure-des-exploitations-964/recensement-agricole-2010/resultats-donnees-chiffrees/	
	Obstacles aux écoulements - ONEMA	http://www.sandre.eaufrance.fr/atlas/srv/jre/catalog_search.jsessionid=r9gilrf59x3y1k3m2wu59fj#/metadata/070df464-73d3-4c00-be2f-93f2a97ef8f5	
	Hydroécocorégion IRSTEA	http://www.irstea.fr/la-recherche/units-de-recherche/maly/les-hydroecoregions-de-france-metropolitaine	
	chambre agriculture régional chambre agriculture départemental	http://www.mp.chambagri.fr/ http://www.agriculture31.com/	pédologie, agronomie,...
Commune	BANATIC	https://www.banatic.interieur.gouv.fr/V5/recherche-de-groupements/recherche-groupements.php	données générales
statistiques	INSEE	http://www.insee.fr/fr/bases-de-donnees/default.asp?page=statistiques-locales.htm	codes canton
environnement	SOeS	http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/	Données CORINE LANDCOVER
pédologie	INRA	http://refersols.gissol.fr/georefersols/	Bibliographie
	INRA	http://www.quae.com/fr/index.html	publications
	INRA	https://www.gissol.fr/le-gis	bases de données sol
	European Food Safety Authority (EFSA) & European Soil Data Centre (ESDAC)	http://esdac.jrc.ec.europa.eu/resource-type/datasets	bases de données sol
Occupation du sol	Corine Land Cover	http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/clc/fichiers/	
	RPG	https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/registre-parcellaire-graphique-2012-contours-des-ilots-culturaux-et-leur-groupe-de-cultures-majorita/	



4.3 Enquête de terrain

La liste des personnes rencontrées lors des visites de captage est fournie dans le tableau suivant.

Groupe	Ancien_BSS	Nouveau_BSS	DEP.	Commune	Maître d'ouvrage	NomCaptage	nature	Typologie	date visite	nom des intervenants	personnes rencontrés sur site	remarques
G1 : Gers, Hautes Pyrénées et Pyrénées Atlantiques	09532X0005/S1	BSS002EFUF	32	EAUZE	Syndicat Armagnac Tenareze	Sources Gachiot (5)	source	ESO	18/12/2016	Amélie Boyer	M. Negrini, Responsable technique du SAT	La zone du captage de la source n°4 ainsi que le cours d'eau recueillant le trop-plein ne sont pas accessibles
	09793X0023/F	BSS002FMPX	32	TARSAC	Syndicat des eaux et de l'assainissement	Puits de Tarsac "Banet"	puits	ESO	10/01/2017	Antoine Cousin	M. ERICI GLEYZE (directeur SIEBAG)	Puits en bordure de l'Adour alimentant l'ensemble du syndicat. Relations avec l'Adour à préciser.
	10046X0089/P	BSS002HPTJ	64	ARTIX	Syndicat d'eau et d'assainissement des trois cantons	Artix P1	puits	ESO	24/01/2017	Fabrice REY	Emilie CASTAIGNOS Technicienne du syndicat des 3 cantons	Champ captant composé de 4 puits. Pas de piézomètre à proximité du P1. Syndicat intéressé pour la réalisation d'un piézomètre et d'un modèle. Problème de nitrates, PAT déjà en place depuis 2014
	10061X0020/P1	BSS002HQWC	65	HERES	SIAEP de Rivière Basse	Puits 1,2,3,4 Hères rivière basse	puits	ESO	Pas de visite	Fabrice REY	M. HOURCASTAGNOUS - VEOLIA	6 puits sur le champ captant, 2 abandonnés (P5 et P6) et 2 exploités à l'heure actuelle (P2 et P4). Problème de nitrates et pesticides.
	10316X0021/F	BSS002KDGW	65	SOUES	SIAEP Adour Coteaux	Puits syndicat - Soues Adour Coteaux (réalimentation)	puits	ESO	16/01/2017	Fabrice REY	M. MORA Ingénieur en chef du syndicat Adour Coteaux	1 puits d'exploitation sur le champ captant, situé à proximité de l'Adour. Problème de nitrates. Champ captant situé en zone urbanisée
G2 : Aveyron, Cantal, Lozère et Tarn	09342X0022/S1	BSS002DGZW	12	BROQUIES	Commune de Broquies	Cussac (CUSSAC 2) - 5 sources	source	ESO	06/12/2016	Davy Douay/Hélène Mennechet	Mairie M. CRASSOUS (adjoint) et le technicien communal	Ensemble de 5 sources captées - Problématique nitrates ancienne (anciennes sources abandonnées) : question de leur abandon se pose avec interconnexion en remplacement - Compteur volumétrique en aval depuis décembre 2015 relevé hebdo, possibilité d'ajouter un compteur au trop plein (entre les sources et le précédent compteur) - Donnent naissance à un cours d'eau temporaire en aval
	08357X0015/C	BSS001ZSZS	15	CALVINET	Commune de Calvinet	Le Faisan	source	ESO	07/12/2016	Davy Douay/Hélène Mennechet	Mairie M. LABORIE (adjoint) et le technicien communal	Avis HA (Lapadu-Hargues) en 1963 pour captation de la source - Aucune délimitation PPC - Source et non forage (donnée BSS) - Aucune étude ni suivi de la source réalisé
	08358X0019/2537	BSS001ZTBB	15	JUNHAC	Commune de Junhac	Cols parc des Daims	source	ESO	08/12/2016	Davy Douay/Hélène Mennechet	Mairie M. CASTANIER (technicien communal) + ARS Mme TRELON	Source et non forage (donnée BSS) correspondant à un ensemble de 4 drains - Arrêt exploitation de la source au printemps 2016 car problème nitrates - Exploitation agricole (porcs) importante sur le BV arrêtée il y a 2-3 ans
	08145X0063/ORFLTE	BSS001YWRV	48	ALBARET SAINTE MARIE	Commune d'Albaret Sainte Marie	Château d'Orfeuillette	drain	ESO	20/01/2017	Antoine Cousin	Secrétaire de mairie et technicien communal	Source utilisée pour une partie des volumes AEP de la commune. Anciennement présence d'une molécule herbicide (l'Hexazone). Quelques traces encore présentes. Pas de compteur volumétrique et pas de possibilité connue de mesure du débit. Sonde de suivi des niveaux en place. Code BSS (ancien) de la source faux. Il s'agit de l'ouvrage anciennement n° 08145X0063/ORFLTE actuellement BSS001YWRV).
	09321X0008/Sour ce	BSS002DFLG	81	ITZAC	SIAEP de la région de Vieux	Guirbonde (source, F1 et F2)	source	ESO	14/12/2016	Davy Douay	Didier GASC, VEOLIA	mp captant constitué de 1 source (abandonnée depuis au moins 10 ans) et 2 forages F1 et F2. Le code BSS
	10121X0015/P1	BSS002HYFQ	81	NAVES	SIAEP de Saix Navès	Mascarens puits n°1 et 2	source	ESO	17/12/2016	Davy Douay	Marc COUSINIE (Pdt), Eric FERRIE (VEOLIA), Sandra BIERNE (DDT)	Le champ captant est constitué de 2 puits : le puits n°1 et le puits n°2. Le puits n°2 fait l'objet de l'étude. Il est utilisé uniquement en étiage pour réalimenter le puits n°1 à 30 m3/h. Le puits n°1 est exploité à 70 m3/h (1 pompe) ou 100 m3/h (2 pompes, fonctionnement normal)



Groupe	Ancien_BSS	Nouveau_BSS	DEP.	Commune	Maître d'ouvrage	NomCaptage	nature	Typologie	date visite	nom des intervenants	personnes rencontrés sur site	remarques
G3 : Corrèze, Dordogne et Gironde	07613X0017/HY	BSS001WELJ	19	SAINT MEXANT	SMAEP du Maumont	Retenue eau grande	prise d'eau	ESU	23/01/2017	Nathalie Lalande	Syndicat Maumont (Jean Paul DESNOT, Séphane PLANAS, Evelyne GERAUD)- DDT (Séverine ECUVILLON, Magali TEYSSANDIER)- CPIE Correze (Jérôme LAROCHE)	
	07118X00202/HY	BSS001UELY	24	LA COQUILLE	Commune de la Coquille	La Valouze (La Meynardie)	prise d'eau	ESU	19-20/01/2017	Nathalie Lalande	SOGEDO (Jean Benoit DUTILLY) - Mairie (Michèle FAURE, Emmanuel GUILLAUMETTE) - PNR Limousin (Frédéric DUPUY) - SMDE 24 (Séverine DECROO, Jean Paul OLIVIER)	pas de données
	07593X0004/HY	BSS001WDBN	24	SAINT JORY LAS BLOUX	SIAEP de la Vallée de l'Isle	Source de la Glane	source	ESO		Claire Peruch	Didier FREREBEAU (président du SIAEP de la Vallée de l'Isle), Jean-Paul Olivier (SMDE24), Jean-Benoit DUTILLY (SOGEDO, exploitant)	Débit de trop plein (= débit de la Glane) mal connu pour les faibles débits : besoin de mettre en place un enregistreur de niveau au pied de la passerelle Traçages anciens qui n'ont pas donné lieu à une quantification des restitutions : besoin de réaliser un multitraçage avec les techniques actuelles Faire une campagne piézométrique
	08086X0022/HY	BSS001YSHK	24	SARLAT LA CANEDA	SIAEP de Vitrac la Caneda	Moussidière	source	ESO	10/01/2017	Claire Peruch	Helène DELROC (CCSPN), Benjamin NEVEU (Ville de sarlat), Fabrice BECHIAU (Veolia)	Existence de vallées sèches. Existence de pertes du cours d'eau Cuze inconnue. Traçages à prévoir
	08277X0166/F2	BSS001ZNHP	33	LA BREDE	Bordeaux Métropole	La Sauque 2	forage	ESO	10/01/2017	Julien Bodiniet	Bordeaux Métropole + ARS + SUEZ	Nécessité de prendre en compte le du BV du Saucats car perte diffuse de ce dernier au niveau de l'affleurement Oligocène
G4 : Ariège, Aude et Haute Garonne	10573X0153/F	BSS002LNMG	9	PAMIER	Commune de Pamiers	Puits de la Preboste	forage	ESO	06/12/2016	Davy Douay	Thibaut COURTEIU	Le Maître d'Ouvrage est la mairie de Pamiers. L'exploitation est assurée en régie communale. Le puits de la Preboste, n'est actuellement pas utilisé. La Mairie de Pamiers souhaite prochainement le remettre en service. La Mairie souhaite créer 2 autres forages afin de remplacer la prise d'eau dans l'Ariège.
	10586X0023/F	BSS002LPQK	9	MOULIN NEUF	Syndicat Sud Oriental de la Montagne Noire	Puits Roumengoux N°2	puits	ESO	16/12/2016	Martine Trochu	VEOLIA + Syndicat DGS M.AYMARD	cours d'eau proche profondeur 4,5 m - pas de puits et piézomètres - fossé aval 2 m profondeur sec
	10586X0025/F	BSS002LPQM				Puits Roumengoux N°1						
	09836B0104/F	BSS002FRSH	31	LEGUEVIN	Commune de Leguevin	Puits 2 côté opposé réservoir	puits	ESO	05/01/2017	Antoine Cousin	Mme Christine RAYNAUD (services techniques)	Un des deux puits communal alimentant pour partie la commune. Données piézométriques et de pompage anciennes.
	09836B0134/F	BSS002FRST	31	LEGUEVIN	Commune de Leguevin	Château d'eau 1	puits	ESO	05/01/2017	Antoine Cousin	Mme Christine RAYNAUD (services techniques)	Un des deux puits communal alimentant pour partie la commune. Données piézométriques et de pompage anciennes.

Tableau 13 : Observations – visite de terrain

4.4 Synthèse des principales données collectées

Les principales données collectées sont fournies en première page dans les annexes présentant les captages.



5 Classement

5.1 Préambule : contenu des annexes

Le présent dossier comporte un document annexe sous forme de classeur avec une annexe pour chacun des 21 captages.

La consultation des services et organismes, les recherches bibliographiques et les visites de terrain ont permis de collecter l’ensemble des données disponibles.

Pour chaque captage, le dossier annexe du captage considéré comportera un tableau de synthèse rappelant la nature des données existantes.

Il est proposé deux types de tableaux selon que le captage est un captage d’eau souterraine ou un captage d’eau superficielle. (Voir les deux modèles de tableaux présentés en pages suivantes, **tableaux 14 et 15**). Ces tableaux renverront le cas échéant à des annexes graphiques telles que :

- ❖ Pour les captages d’eau souterraine :
 - « Fiche des données géologiques » (extrait de la carte géologique, coupe géologique, log stratigraphique...) ;
 - « Fiche technique du captage » (schéma d’implantation, coupe technique de l’ouvrage, coupe géologique, diagraphies, courbe caractéristique...) ;
 - « Fiche hydrodynamique : essais de pompage et traçages (essai par paliers, essais longue durée, courbes de restitution ...) ;
 - Fiche de la qualité des eaux (historique, chroniques de T, conductivité, turbidité, concentrations en polluants ...) ;
 - Etc.
- ❖ Pour les captages d’eau superficielle :
 - « Fiche technique du captage » (carte d’implantation, schéma du captage) ;
 - Données hydrographiques (profil en long du cours d’eau...) ;
 - Données hydrologiques (débits de référence...) ;
 - Fiche de la qualité des eaux (historique, chroniques de T, conductivité, turbidité, concentrations en polluants ...) ;
 - Etc.

Pour chaque captage d’eau souterraine, le dossier annexe du captage comportera une fiche de synthèse justifiant la typologie retenue pour l’aquifère concerné (fiche établie selon le modèle présenté au chapitre 2.2.1 **tableau 2**).



- Pour chaque captage d’eau souterraine, le dossier annexe du captage considéré comportera également une fiche de synthèse justifiant du classement C1, C2 ou C3 du captage (selon l’un des trois modèles dépendant de la typologie de l’aquifère ; voir les modèles au chapitre 2.3, **tableaux 4 à 6**). **La dernière partie de cette fiche résumera de manière argumentée la nature des investigations complémentaires proposées et leurs conditions de réalisation.**
- Le classement des captages en eau superficielle étant a priori établi, il n’est pas prévu de réaliser de fiche justifiant ce classement.



Tableau 14 : Modèle de fiche de synthèse des données disponibles par captage d’eaux souterraines

Nom du captage d’eau :	N° BSS :	Commune :	Département :
	Nature des données disponibles		Données résumées et/ou renvoi à un document annexe
Caractérisation du champ captant ou du captage	Identité du captage : nom, indice BDSS, gestionnaire, propriétaire		
	Localisation (département, commune, coordonnées Lambert)		
	Situation administrative (PPC, autorisation/déclaration/code environnement, Santé publique)		
	Coupe(s) géologique(s)		
	Coupe(s) technique(s) (type d’ouvrage, profondeur, diamètre, équipement, NS)		
	Diagnostic de l’état des ouvrages (diagraphies, diagnostic caméra, autres...)		
	Courbe caractéristique des ouvrages		
	Conditions de pompage (débit moyen journalier, débit moyen annuel, cycles de pompage...)		
Données climato	Stations météo ; localisation		
	Contexte climatologique		
	Précipitations moyennes mensuelles, annuelles		
	Evapotranspiration		
Données hydrographiques	Bilan hydrologique		
	Caractérisation physique des cours d’eau (distance au captage, position/aquifère, caractérisation de l’état des berges...)		
	Caractérisation hydrologique des cours d’eau (chroniques de débits, débits moyens, débit d’étiage, débits de pointe...)		
	Données sur les échanges potentiels nappe-eaux superficielles (relations nappe/rivière, plans d’eau, lacs de gravières...)		
Contexte Géologique	Risque d’inondation (fréquences, hauteurs d’immersion...)		
	Données géologiques générales (stratigraphie, lithologie,...).		
	Coupes géologiques interprétatives		
	Données structurales (photo-interprétation, études structurales)		
Aquifère(s) capté	Cartographie des éléments karstiques (dolines, pertes, ...) et épikarst		
	Code masse d’eau. Caractérisation des aquifères (typologie, profondeur, puissance, affleurements, couverture...)		
	Identification des zones d’affleurement de l’aquifère. Nappe libre/captive		
Piézométrie	Caractérisation de la couverture et de la zone non saturée (cartes agropédologiques et données de perméabilité), nature et épaisseur de la zone non saturée,		
	Cartes piézométriques (HE, BE) : gradients hydrauliques, direction des écoulements, limites d’alimentation		
	Chroniques de suivis piézométriques		
	Données sur les limites d’alimentation		
Caractéristiques hydrodynamiques	Pour les sources ; chroniques de débits		
	Type de perméabilité, isotropie des formations géologiques		
	Essais de pompages et paramètres hydrodynamiques de l’aquifère (transmissivité, porosité efficace, coefficient d’emménagement, drainance, diffusité des berges...)		
	Données cinétiques en milieu continu (isochrones calculés, traçages salins...)		
Alimentation de l’aquifère	Traçages en milieu fissuré ou karstique		
	Données sur la délimitation de la zone d’appel des forages (ou l’aire d’alimentation pour les sources)		
	Conditions naturelles de recharges : pluies efficaces, part d’alimentation depuis les cours d’eau, drainance pour aquifères multicouches		
	Zones préférentielles naturelles de recharges (affleurements, réseaux en milieux fissurés, pertes en milieux karstiques...)		
Qualité de l’eau	Identification des modifications anthropiques des conditions de recharge (canaux, irrigation, bassins d’infiltration, exutoires de drainages agricoles...)		
	Biseau salé (présence, stabilité...)		
	Historique des analyses réalisées dans le cadre de l’exploitation (paramètres contrôlés, fréquence des mesures)..		
	Données sur le suivi qualitatif de l’aquifère (fluctuations saisonnières en relation avec le battement hautes eaux / basses eaux, évolutions constatées sur le long terme pluriannuel, ...).		
	Pour les sources : suivi du débit, de la conductivité et de la température en période de crue		
Vulnérabilité de la ressource	Historique de pollutions accidentelles éventuelles (nature de la pollution, origine, ...)		
	Cartes hydrochimiques		
	Cartes de vulnérabilité intrinsèques existantes		
	Localisation des zones d’affleurement, des zones préférentielles d’infiltration (formes karstiques, failles...)		
	Risque d’inondation (hauteur, fréquence).		
	Etudes et cartes agro-pédologiques		
	Risque d’inondation (hauteur, fréquence).		
	Perméabilité des terrains superficiels (nature et résultats des essais)		
	Points d’absorption naturels ou artificiels (dolines, puits, pertes, ...)		
	Degré de colmatage des berges des cours d’eau		
	Réseaux de drainage agricole		
Grilles IDPR			
Pentes ; MNT			
Cartographie de la RU			
Bilans hydriques			



Tableau 15 : Modèle de fiche de synthèse des données disponibles par captage d’eaux superficielles

Nom du captage	N° BSS :	Commune :
	Nature des données disponibles	Données résumées et/ou renvoi à un document annexe
Contexte du captage	Identité du captage (nom, gestionnaire, propriétaire, indice BSS...)	
	Débit de prélèvement annuel, journalier, ...	
	Périmètre de protection	
	Localisation (département, commune, coordonnées L93)	
	Code des masses d'eau	
	Cours d'eau concerné, superficie BV	
	Description du captage (fonctionnement, schéma)	
	Population desservie / nombre abonnés	
Contexte géologique	Formations géologiques	
Contexte pédologique	Cartographie pédologique	
	Indice de battance	
Contexte hydrogéologique	Périmètre de protection	
	Relations nappes-rivières-sources	
Climatologie	Précipitations moyennes annuelles	
Réseau hydrographique	Source & Source du cours d'eau	
	Affluents (nom, linéaire, BV, densité)	
	Morphologie du BV (carte des densités de pente et courbure des pentes)	
	Description des cours d'eau (lit mineur, berges, vallée)	
	Hydrométrie: débits,....	
Qualité des eaux brutes	Qualité générale, Historique analytique par captage	
	Captages AEP présents dans le BV	
Occupation du sol	Cartographie de l'occupation du sol (zones agricoles, forêts, zones urbanisées)	
	Occupation du sol agricole	
	Zones drainées, haies	
	Infrastructure de transport	
Cartographie de la vulnérabilité	Proximité aux cours d'eau	
	IB Indice de battance (perméabilité du sol)	
	erosion	
	Cr Coefficients de ruissellement	
	Vulnérabilité dérive	



5.2 Classement des captages d’eau souterraines par typologie d’aquifère

Tableau 16 : Tableau de synthèse de la typologie des 19 captages d’eaux souterraines

Légende :

- C : aquifère continu
- DK : aquifère discontinu de type karstique
- DF : aquifère discontinu de type fissuré

5.3 Classement C1, C2 et C3

Le tableau de synthèse du classement et des investigations complémentaires proposées pour les 21 captages est donné en suivant.



Tableau 17: Tableau de synthèse de la typologie des 21 captages

Groupe	Ancien_BSS	Nouveau_BSS	Maître d'ouvrage	NomCaptage	Commune	DEP.	nature	Typologie	rappel des principaux critères justifiant la typologie
G1 : Gers, Hautes Pyrénées et Pyrénées Atlantiques	09532X0005/S1	BSS002EFUF	Syndicat Armagnac Tenareze	Sources Gachiot (5)	EAUZE	32	source	C	sables fauves - débit réduit - milieu poreux
	09793X0023/F	BSS002FMPX	Syndicat des eaux et de l'assainissement	Puits de Tarsac "Banet"	TARSAC	32	puits	C	Alluvions de l'Adour - milieu poreux et probable relation nappe/rivière
	10046X0089/P	BSS002HPTJ	Syndicat d'eau et d'assainissement des trois cantons	Artix P1	ARTIX	64	puits	C	Alluvions du gave de Pau - milieu poreux
	10061X0020/P1	BSS002HQWC	SIAEP de Rivière Basse	Puits 1,2,3,4 Hères rivière basse	HERES	65	puits	C	Alluvions de l'Adour - milieu poreux et probable relation nappe/rivière
	10316X0021/F	BSS002KDGW	SIAEP Adour Coteaux	Puits syndicat - Soues Adour Coteaux (réalimentation)	SOUES	65	puits	C	Alluvions de l'Adour - milieu poreux et probable relation nappe/rivière
G2 : Aveyron, Cantal, Lozère et Tarn	09342X0022/S1	BSS002DGZW	Commune de Broquies	Cussac (CUSSAC 2) - 5 sources	BROQUIES	12	source	DF	schistes fissurés et fracturés - source de faible débit
	08357X0015/C	BSS001ZSZS	Commune de Calvinet	Le Faisan	CALVINET	15	source	DF	monzogranites et schistes fissurés et fracturés - nombreuses sources de faible débit
	08358X0019/2537	BSS001ZTBB	Commune de Junhac	Cols parc des Daims	JUNHAC	15	source	DF	granites fissurés et fracturés - source de faible débit
	08145X0063/ORF LTE	BSS001YWRV	Commune d'Albaret Sainte Marie	Château d'Orfeuillette	ALBARET SAINTE MARIE	48	drain	DF	formations granitiques avec filons de quartz - débit réduit
	09321X0008/Sour ce	BSS002DFLG	SIAEP de la région de Vieux	Guirbonde (source, F1 et F2)	ITZAC	81	source	C+DK	brèches et conglomérats de Grésigne en relation probable avec claires du Jurassique
	10121X0015/P1	BSS002HYFQ	SIAEP de Saix Navès	Mascarens puits n°1 et 2	NAVES	81	source	DF	alluvions du Bernazobre - milieu poreux
G3 : Corrèze, Dordogne et Gironde	07593X0004/HY	BSS001WDNB	SIAEP de la Vallée de l'Isle	Source de la Glane	SAINTE JORY LAS BLOUX	24	source	DK	calcaires karstifiés du Jurassique - fort débit et figures karstiques
	08086X0022/HY	BSS001YSHK	SIAEP de Vitrac la Caneda	Moussidière	SARLAT LA CANEDA	24	source	DK	calcaires du Crétacé sous recouvrement - fort débit
	08277X0166/F2	BSS001ZNHP	Bordeaux Métropole	La Sauque 2	LA BREDE	33	forage	ESU + DK	Calcaires karstifiés de l'Oligocène - pertes et débit moyen - connexion avec ruisseau du Saucats
G4 : Ariège, Aude et Haute Garonne	10573X0153/F	BSS002LNMG	Commune de Pamiers	Puits de la Preboste	PAMIER	9	forage	C	Alluvions de l'Ariège - milieu poreux avec nappe libre
	10586X0023/F	BSS002LPQK	La Fédération des Distributions Publiques d'eau potable de l'AUDE	Puits Roumengoux N°2	MOULIN NEUF	9	puits	C	Alluvions de l'Hers - milieu poreux avec nappe libre en relation probable avec le cours d'eau
	10586X0025/F	BSS002LPQM		Puits Roumengoux N°1			puits	C	
	09836B0104/F	BSS002FRSH	Commune de Leguevin	Puits 2 côté opposé réservoir	LEGUEVIN	31	puits	C	alluvions des moyennes terrasses de la Garonne - milieu poreux avec nappe libre
	09836B0134/F	BSS002FRST	Commune de Leguevin	Château d'eau 1	LEGUEVIN	31	puits	C	



Tableau 18: Tableau de synthèse de la classification C1, C2, C3 des 21 captages

Groupe	Ancien_BSS	Nouveau_BSS	Maître d'ouvrage	NomCaptage	Commune	DEP.	nature	Investigations complémentaires	classement final
G1 : Gers, Hautes Pyrénées et Pyrénées Atlantiques	09532X0005/S1	BSS002EFUF	Syndicat Armagnac Tenareze	Sources Gachiot (5)	EAUZE	32	source	Inventaire et nivellement des points d'eau, campagne piézométrique en hautes eaux, suivi en continu du débit des sources, nivellement du cours d'eau, reconnaissance pédologique et recueil de données sols, Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 Acquisition données météorologiques	C1
	09793X0023/F	BSS002FMPX	Syndicat des eaux et de l'assainissement	Puits de Tarsac "Banet"	TARSAC	32	puits	piézométrie étendue et points de mesure sur l'Adour modélisation, analyses majeurs (relation nappe/rivière), nivellement du cours d'eau, reconnaissance pédologique et recueil de données sols, Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 Acquisition données météorologiques	C1
	10046X0089/P	BSS002HPTJ	Syndicat d'eau et d'assainissement des trois cantons	Artix P1	ARTIX	64	puits	pompages d'essai avec matériel en place, inventaire points d'eau - piézométrie, relation nappe-rivière et mesures topographiques cours d'eau, modélisation, recherche des données de prélèvement, de topographie, reconnaissance pédologique et recueil de données sols, Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 Acquisition données météorologiques	C1
	10061X0020/P1	BSS002HQWC	SIAEP de Rivière Basse	Puits 1,2,3,4 Hères rivière basse	HERES	65	puits	piézométrie étendue, relation nappe-rivière avec mesures sur l'Adour modélisation, recherche des données de prélèvement, de topographie, reconnaissance pédologique et recueil de données sols, Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 Acquisition données météorologiques	C1
	10316X0021/F	BSS002KDGW	SIAEP Adour Coteaux	Puits syndicat - Soues Adour Coteaux (réalimentation)	SOUES	65	puits	pompages d'essai avec matériel en place, piézométrie, recherche des données de prélèvement, de topographie et de pédologie, relation nappe-rivière, modélisation, recherche des données de prélèvement, de topographie et de pédologie, reconnaissance pédologique et recueil de données sols, Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 Acquisition données météorologiques	C1



G2 : Aveyron, Cantal, Lozère et Tarn	09342X0022/S1	BSS002DGZW	Commune de Broquies	Cussac (CUSSAC 2) - 5 sources	BROQUIES	12	source	suivi débit de la source, recherche de points d'eau, des données de prélèvement, de topographie, reconnaissance pédologique et recueil de données sols, cartographie structurale, Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 Acquisition données météorologiques	C1
	08357X0015/C	BSS001ZSZS	Commune de Calvinet	Le Faisan	CALVINET	15	source	suivi débit de la source, recherche de points d'eau, des données de prélèvement, de topographie, reconnaissance pédologique et recueil de données sols, cartographie structurale, Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 Acquisition données météorologiques	C1
	08358X0019/2537	BSS001ZTBB	Commune de Junhac	Cols parc des Daims	JUNHAC	15	source	suivi débit de la source, recherche de points d'eau, des données de prélèvement, de topographie, reconnaissance pédologique et recueil de données sols, cartographie structurale, Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 Acquisition données météorologiques	C1
	08145X0063/OR FLTE	BSS001YWVRV	Commune d'Albaret Sainte Marie	Château d'Orfeuillette	ALBARET SAINTE MARIE	48	drain	mesures de débit ponctuels et mise en place sonde, relation niveau débit difficile pas d'accès à la mesure et recherche de données de débit sur sources proches cartographie géologique et structurale, sondages pédologiques + données SIG à recueillir Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 Acquisition données météorologiques	C1
	09321X0008/Source	BSS002DFLG	SIAEP de la région de Vieux	Guirbonde (source, F1 et F2)	ITZAC	81	source	Multi-traçage depuis le ruisseau de Mercadalle et 2 points de l'Hettangien (rives droites et gauche du ruisseau). Suivi de la restitution sur les 2 forages, la source et le ruisseau. Suivi du débit de la source. Sondages pédologiques Reconnaissance géologique et géomorphologique. Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 Acquisition données météorologiques	C2
	10121X0015/P1	BSS002HYFQ	SIAEP de Saix Navès	Mascarens puits n°1 et 2	NAVES	81	source	pompages d'essai avec matériel en place, piézométrie, recherche des données de prélèvement, de topographie et de pédologie, relation nappe-rivière, modélisation, recherche des données de prélèvement, de topographie et de pédologie, reconnaissance pédologique et recueil de données sols, Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 Acquisition données météorologiques	C1



Groupe	Ancien_BSS	Nouveau_BSS	Maître d'ouvrage	NomCaptage	Commune	DEP.	nature	Investigations complémentaires	classement final
G3 : Corrèze, Dordogne et Gironde	07613X0017/HY	BSS001WELJ	SMAEP du Maumont	Retenue eau grande	SAINT MEXANT	19	prise d'eau	reconnaissance terrain des aménagements parcellaires parcours du périmètre de l'AAC pour valider les limites proposées par calcul géomatique validation des résultats de vulnérabilité : validation des zones à plus forte vulnérabilité, reconnaissance des modifications des trajets hydrauliques par les aménagements anthropiques (fossés, routes, réseau d'eau pluviale...) l'importance des zones humides ou hydromorphes, l'importance et la qualité de la ripisylve	C3
	07118X0202/HY	BSS001UELY	Commune de la Coquille	La Valouze (La Meynardie)	LA COQUILLE	24	prise d'eau	reconnaissance terrain des aménagements parcellaires parcours du périmètre de l'AAC pour valider les limites proposées par calcul géomatique validation des résultats de vulnérabilité : validation des zones à plus forte vulnérabilité, reconnaissance des modifications des trajets hydrauliques par les aménagements anthropiques (fossés, routes, réseau d'eau pluviale...) l'importance des zones humides ou hydromorphes, l'importance et la qualité de la ripisylve	C1
	07593X0004/HY	BSS001WDNB	SIAEP de la Vallée de l'Isle	Source de la Glane	SAINT JORY LAS BLOUX	24	source	Multitraçage, suivi du débit de la Glane, pédologie complémentaire, cartographie des indices karstiques et des zones sensibles, coupes géologiques, estimation de la perméabilité du Bv de la perte, cartographie structurale, Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 Acquisition données météorologiques	C1
	08086X0022/HY	BSS001YSHK	SIAEP de Vitrac la Caneda	Moussidière	SARLAT LA CANEDA	24	source	inventaire des points de captage et réalisation si possible d'une carte piézométrique; traçages en vallée sèche et rivière; Suivi température et conductivité de l'eau brute, relation avec la rivière, avec les vallées sèches ; pédologie complémentaire, cartographie des indices karstiques et des zones sensibles, cartographie structurale, Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 Acquisition données météorologiques	C1
	08277X0166/F2	BSS001ZNHP	Bordeaux Métropole	La Sauque 2	LA BREDE	33	forage	reconnaissance pédologique, géomorphologique et figures karstiques ; recherche de données pédologiques, topographiques, d'érosivité, d'érodibilité; données (SIG MNT, Bdtopo,...) à recueillir Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 Acquisition données météorologiques	C1



Groupe	Ancien_BSS	Nouveau_BSS	Maître d'ouvrage	NomCaptage	Commune	DEP.	nature	Investigations complémentaires	classement final
G4 : Ariège, Aude et Haute Garonne	10573X0153/F	BSS002LNMG	Commune de Pamiers	Puits de la Preboste	PAMIER	9	forage	piézométrie, relation nappe-rivière avec mesures topographiques cours d'eau, recherche des données de prélèvement, de topographie, reconnaissance pédologique et recueil de données sols, Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 Acquisition données météorologiques	C2
	10586X0023/F	BSS002LPQK	La Fédération des Distributions Publiques d'eau potable de l'AUDE	Puits Roumengoux N°2	MOULIN NEUF	9	puits	pompages d'essai avec matériel en place, piézométrie, recherche des données de prélèvement, de topographie et de pédologie, relation nappe-rivière, modélisation, recherche des données de prélèvement, de topographie et de pédologie, reconnaissance pédologique et recueil de données sols, Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 Acquisition données météorologiques	C1
	10586X0025/F	BSS002LPQM		Puits Roumengoux N°1			puits		C1
	09836B0104/F	BSS002FRSH	Commune de Leguevin	Puits 2 côté opposé réservoir	LEGUEVIN	31	puits	pompages d'essai avec matériel en place, inventaire points d'eau - piézométrie, modélisation, recherche des données de prélèvement, de topographie, reconnaissance pédologique et recueil de données sols, Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 Acquisition données météorologiques	C1
	09836B0134/F	BSS002FRST	Commune de Leguevin	Château d'eau 1	LEGUEVIN	31	puits	reconnaissance pédologique et recueil de données sols, Prélèvement et analyse d'eau CFC-SF6 Acquisition données météorologiques	C1



Observation sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celle-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.





ANNEXES

Annexe I : Références Documentaires



Eaux souterraines :

- Vernoux J.F., Wulleumier A., Dörfliger N. (2007). Délimitation des bassins d’alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses - Guide méthodologique. Rapport BRGM-AESN,72 pp. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-55874-FR.pdf>;
- Vernoux J.F., Wulleumier A., Perrin J. (2014a). Délimitation des aires d’alimentation de captage d’eau souterraine et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Version révisée du guide méthodologique. Rapport BRGM-ONEMA, 150 pp http://captages.onema.fr/system/files/vernoux_et_al._2014a.pdf;
- Dörfliger N., Plagnes V. (2009). Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque des aquifères karstiques - Guide méthodologique de la méthode PaPRIKa - Rapport BRGM/RP-57527 FR - http://www.onema.fr/IMG/pdf/2009_073.pdf;
- Catalogne Cl., Carluier N., le Henaff G., Vernoux J.F.(2014) Guide pour la délimitation de la cartographie de la vulnérabilité intrinsèque d’Aires d’Alimentation de captages à transferts mixtes- Rapport IRSTEA – ONEMA ;
- Bilan et analyse de la mise en oeuvre des périmètres de protection des captages AEP en milieu karstique - Agence de l’Eau RMC - Juin 2006 ;
- Stratégies de protection des ressources karstiques utilisées pour l’eau potable - guide pratique - Agence Adour-Garonne.

Eaux superficielles :

- Baize, D. 1988. Guide des analyses courantes en pédologie, INRA, p. 31
- Catalogne, C.; Carluier, N.; Le Hénaff, G. & Vernoux, J., 2014. Guide pour la délimitation et la cartographie de la vulnérabilité intrinsèque d’Aires d’Alimentation de Captages à transferts mixtes. IRSTEA – ONEMA, 58p.
- Cooper, K. 2011. Evaluation of the relationship between the RUSLE R-factor and mean annual precipitation. Technical report, december 1 – 2011, 37 p.
- CORPEN, 2003. Eléments méthodologiques pour un diagnostic régional et un suivi de la contamination des eaux par les produits phytosanitaires. 55 pages + annexes.
- CREPEPP. 2009. Réalisation d’une cartographie de l’impact potentiel des produits phytosanitaires sur les eaux superficielles et souterraines de la région Pays de la Loire – Rapport Technique, juin 2009. 94 p.
- Le Hénaff, G. & Gauroy, C., 2011a. Délimitation des aires d'alimentation de captages en eaux de surface et caractérisation de leur vulnérabilité vis à vis des pollutions agricoles diffuses par les pesticides. Guide méthodologique (Version 2011). CEMAGREF, 54 p.
- Le Hénaff, G. & Gauroy, C., 2011b. Délimitation des aires d'alimentation de captages en eaux de surface et caractérisation de leur vulnérabilité vis à vis des pollutions agricoles diffuses par les pesticides. Note bibliographique (Version 2011). CEMAGREF, 64 p.



- Louchart, X. 1999. Transfert de pesticides dans les eaux de surface aux échelles de la parcelle et d'un bassin versant viticole. Étude expérimentale et éléments de modélisation. Thèse de doctorat, *École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier*, 243 p. + annexes.
- Payet E., Dumas, P. & Pennober, G. 2012. Modélisation de l'érosion hydrique des sols sur un bassin versant du sud-ouest de Madagascar, le Fiherenana, *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 11 Numéro 3 | décembre 2011, mis en ligne le 07 février 2012
- Rautmann, D.; Strelake, M.; Winkler, R. ; Forster, R. & Strelake, M. 2001. New basic drift values in the authorisation procedure for plant protection products. *Workshop on Risk Assessment and Risk Mitigation Measures in the Context of the Authorization of Plant Protection Products (WORMM)*, 2001, 133-141.
- Rogler, H. & Schwertmann, U. 1981. Rainfall erosivity and isoerodent map of Bavaria. *Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung*, 22: 99-112.
- Schüpp, M. 1975. Objective weather forecasts using statistical aids in Alps. *Rivista Italiana Di Geofisica E Scienze Affini*, 1: 32-26.
- Stone, R.P. & Hilborn, D. 2012. Equation universelle des pertes en terre (USLE) –Fiche technique, octobre 2012. 5p.
- Voltz, M. & Louchart, X. 2001. Les facteurs-clés de transfert des produits phytosanitaires vers les eaux de surface. . N° spécial Ingénieries EAT « phytosanitaires : transfert, diagnostic et solutions correctives ». pp 45-54.
- Wall, G.J. ; Coote, D.R. ; Pringle ; E.A. & Shelton, I.J. 2002. RUSLE-CAN — Équation universelle révisée des pertes de sol pour application au Canada. Manuel pour l'évaluation des pertes de sol causées par l'érosion hydrique au Canada. Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada, No de la contribution AAC2244F, 117 p.






antea[®]group