

Bassin Loire-Bretagne

Etat des lieux 2019

-

Note méthodologique

Masses d'eau souterraine - Etat chimique, état quantitatif et tendance
d'évolution



**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**
Établissement public du ministère de l'Environnement



Sommaire

1. SYNTHESE DE L'ETAT CHIMIQUE ET QUANTITATIF DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE	4
2. ETAT CHIMIQUE DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE	5
2.1. Etape 1 : Mma et fréquence de dépassement	6
2.2. Etape 2 : L'enquête appropriée	7
2.2.1. Test A : Qualité générale de la masse d'eau	7
2.2.2. Test B : Altération des eaux de surface associées	9
2.2.3. Test C : Altération des écosystèmes terrestres associées	9
2.2.4. Test D : Intrusion salée	9
2.2.5. Test E : Zones protégées pour l'AEP	10
3. TENDANCES A LA HAUSSE SIGNIFICATIVES ET DURABLES DE DEGRADATION DE L'ETAT CHIMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES	13
4. ETAT QUANTITATIF DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE	14
4.1. Etape 1 : Test balance (ou équilibre prélèvement ressource)	15
4.1.1. tendances piézométriques	15
4.1.2. pressions de prélèvement	16
4.1.3. Test balance	17
4.2. Etape 2 : Test eaux de surface	19
4.3. Etape 3 : Test écosystèmes terrestres associés	21
4.4. Etape 4 : Intrusion salée ou autre	22
5. REGLES D'EVALUATION DE L'ETAT CHIMIQUE DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE	23
5.1. Etape 1 : calcul de la moyenne par point	25
5.2. Etape 2 : L'enquête appropriée	26
5.2.1. Test A : Qualité générale de la masse d'eau	26
5.2.2. Test B : Altération des eaux de surface associées	28
5.2.3. Test C : Altération des écosystèmes terrestres associées	30
5.2.4. Test D : Intrusion salée	31
5.2.5. Test E : Zones protégées pour l'AEP	33
6. REGLES D'EVALUATION DE L'ETAT QUANTITATIF DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE	35
6.1. Etape 1 : Test balance (ou équilibre prélèvement ressource)	37
6.2. Etape 2 : Test eaux de surface	39
6.3. Etape 3 : Test écosystèmes terrestres associés	41
6.4. Etape 4 : Intrusion salée ou autre	42
7. IDENTIFICATION ET INVERSION DES TENDANCES A LA HAUSSE SIGNIFICATIVES ET DURABLES DE DEGRADATION DE L'ETAT CHIMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES	44

Table des cartes

Carte 1 : Etat chimique et quantitatif des masses d'eau souterraine -niveau 1 (2011-2016).....	4
Carte 2 : Etat chimique des eaux souterraines – niveau 1 (2011-2016).....	6
Carte 3 : Teneur moyenne en nitrates (2011-2016).....	8
Carte 4 : Etat chimique pesticides (2011-2016).....	8
Carte 5 - Pression de prélèvement des masses d'eau souterraine.....	9
Carte 6 - Tendance d'évolution des teneurs en nitrates (2000-2016).....	13
Carte 7 : Etat quantitatif des eaux souterraines (2011-2016).....	14
Carte 8 : Pression de prélèvement des masses d'eau souterraine.....	16
Carte 9: Pression de prélèvement à l'échelle de la masse d'eau et tendance piézométrique par point.....	16
Carte 10 : Test quantitatif ESU/ESO - masses d'eau superficielles sélectionnées.....	19
Carte 11 : Test quantitatif ESU-ESO - masses d'eau souterraine déclassées.....	20
Carte 12 : Masses d'eau souterraine et marais poitevin.....	21

Table des figures

Figure 1 : Etat chimique des eaux souterraines (2011-2016).....	5
Figure 2 : Paramètres déclassant pour les masses d'eau en mauvais état chimique (2011-2016)...	6
Figure 4 : Masses d'eau souterraine présentant une tendance de dégradation significative et durable.....	13
Figure 5 : Etat quantitatif des eaux souterraines (2011-2016).....	14
Figure 6 : Prise en compte des valeurs de fond hydrogéochimique dans l'analyse des dépassements.....	24
Figure 7 : Logigramme de l'évaluation de l'état chimique.....	25
Figure 8 : Logigramme pour le test de qualité général.....	26
Figure 9 : Logigramme pour le test altérations des eaux de surface.....	28
Figure 10 : Logigramme pour le test écosystèmes terrestres associés.....	30
Figure 11 : Type d'intrusion saline ou autre (adapté de UKTAK paper).....	31
Figure 12 : Logigramme du test intrusion salée ou autre.....	32
Figure 13 : Logigramme pour le test AEP.....	33
Figure 14 : Logigramme de l'évaluation de l'état quantitatif.....	36
Figure 15 : Procédure de calcul des tendances piézométriques.....	37
Figure 16 : Logigramme pour le test eaux de surface.....	39
Figure 17 : Logigramme du test quantitatif écosystèmes terrestres associés.....	41
Figure 18 : Type d'intrusion saline ou autre (adapté de UKTAK paper).....	42
Figure 19 : Logigramme du test intrusion salée ou autre.....	43

Table des tableaux

Tableau 1: Calcul des Mma et fréquence de dépassement - Extrait de la base de données.....	7
Tableau 2 : Test salinité – MESO présentant une pression de prélèvement quantitative potentielle et paramètres "salinité".....	10
Tableau 3 : Captages AEP abandonnés ou augmentation du niveau de traitement pour cause de problématique nitrates/pesticides.....	11
Tableau 4 : Captages abandonnés pour cause de problématique arsenic.....	12
Tableau 5 : masses d'eau déclassée pour le test "zones protégées pour l'AEP".....	12
Tableau 6 : Liste des masses d'eau avec des tendances piézométriques à la baisse.....	15
Tableau 7 : Masses d'eau souterraine déclassées par le test quantitatif ESU-ESO.....	20
Tableau 8: NQE et rapports VS/NQE pour les Substances de l'évaluation de l'état des eaux de surface et souterraines disposant d'une VS et d'une NQE et dont le transfert des eaux souterraines vers les eaux de surface est fortement probable (modifié d'après Cary et al.2015).....	29
Tableau 9 : Réseaux pris en compte dans le calcul des tendances piézométriques.....	37
Tableau 10 : Seuil de pression quantitative par type de MESO.....	38

INTRODUCTION

Dans le cadre de l'état des lieux 2019, la caractérisation de l'état des masses d'eau souterraine et des pressions significatives doit être réalisée afin de pouvoir définir le risque de non atteinte des objectifs environnementaux de la DCE (RNAOE).

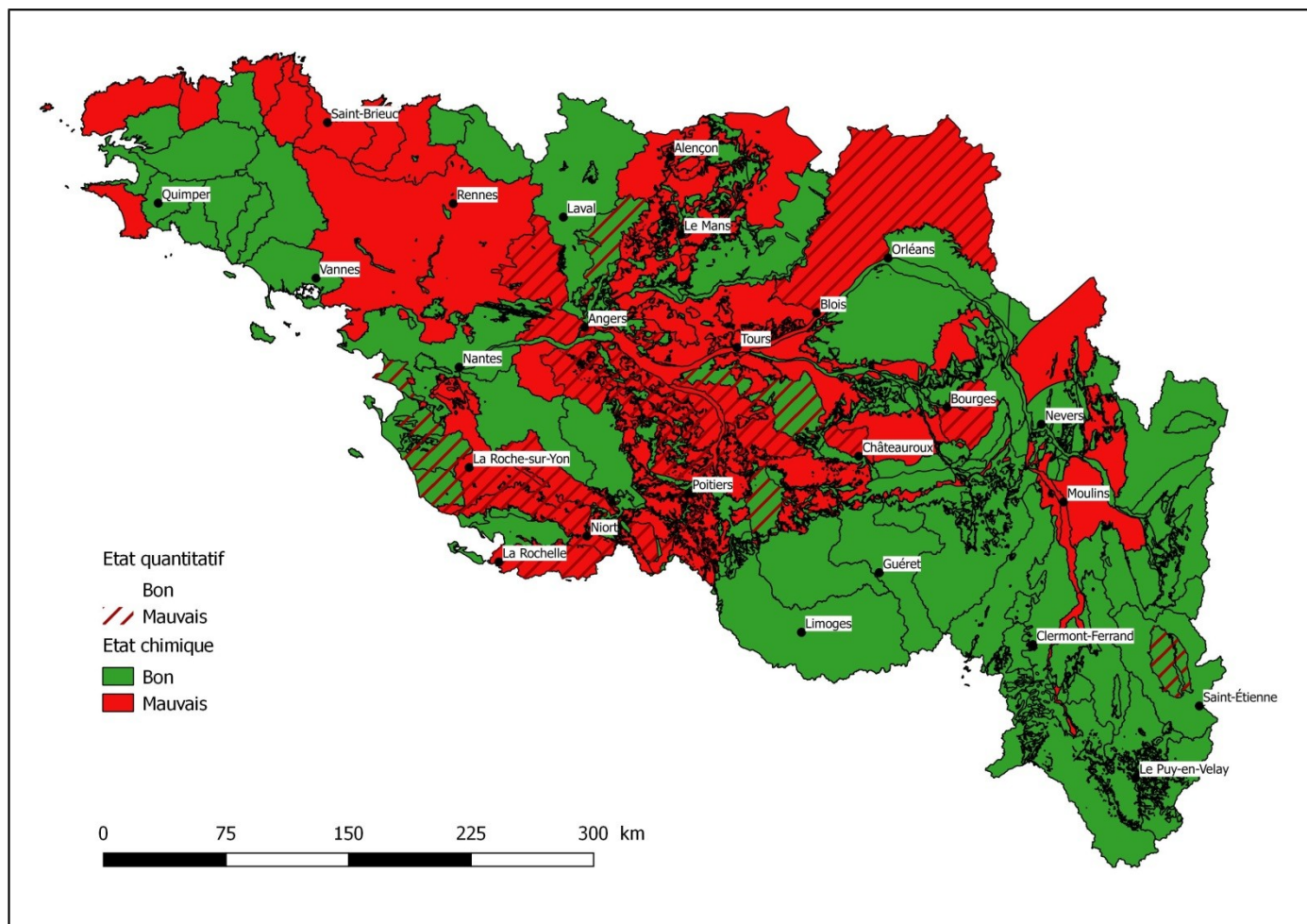
Le présent document présente :

- L'état chimique et quantitatif des masses d'eau souterraine
- Les méthodologies appliquées

1. SYNTHESE DE L'ETAT CHIMIQUE ET QUANTITATIF DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE

L'évaluation de l'état chimique et quantitatif réalisée conformément à la méthodologie décrite dans ce rapport indique que :

- 64 % masses d'eau présentent un bon état chimique et 36 % masses d'eau présentent un état chimique médiocre ; les paramètres déclassant sont les nitrates et/ou les pesticides
- 81 % masses d'eau présentent un bon état quantitatif et 19 % masses d'eau présentent un état quantitatif médiocre



Carte 1 : Etat chimique et quantitatif des masses d'eau souterraine -niveau 1 (2011-2016)

2. ETAT CHIMIQUE DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE

L'évaluation de l'état chimique des eaux souterraines à partir des données 2011-2016 montre que :

- **64 % des masses d'eau sont en bon état chimique** (soit 93 masses d'eau)
- **36 % des masses d'eau sont en mauvais état chimique** (soit 53 masses d'eau). Celles-ci se situent principalement en domaine sédimentaire et sur le massif Armoricaïn :
 - o 18 masses d'eau en Centre-Val de Loire : alluvions de la Loire, de la Vienne et de l'Huisne, les calcaires du Jurassique du Loudunais, du bassin versant Trégonce-Ringoire, de Yèvre-Auron, du Cher, de la Mayenne et de la Sarthe ; la craie du Séno-Turonien du bassin versant (BV) Vienne et Cher, du Sancerrois, de l'interfluve Loire-Loir, la Beauce, les sables et grès du Cénomaniens Maine, Haut-Poitou et Sarthois et quelques bassins tertiaires ;
 - o 9 masses d'eau en Pays de la Loire (calcaires du Jurassique de Chantonay, du Talmondaïs, BV de l'Evre, Romme-Maine, Logne-Boulogne-Ognon-Grand-Lieu, bassin tertiaire de Grand-Lieu, Machecoul, St-Gildas-Des-Bois et Nord/Erdre) ;
 - o 10 masses d'eau bretonne : au nord et à l'ouest de la Bretagne ainsi que le bassin de la Vilaine ;
 - o 8 masses d'eau en Nouvelle-Aquitaine : BV du marais Poitevin, Layon-Aubance, calcaires du Dogger de l'Aunis, du Haut-Poitou, du Sud Vendée et des bassins versants de la Sèvre niortaise, du Clain et du Thouet ;
 - o 4 masses d'eau en Auvergne-Rhône-Alpes : alluvions de l'Allier, calcaires du Lias du Berry et formations tertiaires du Bourbonnais et Limagne ;
 - o 3 masses d'eau normandes : bassin versant de la Sarthe amont, marnes du Callovien sarthois et calcaires de l'Oxfordien dans l'Orne et la Sarthe ;
 - o 1 masse d'eau en Bourgogne-Franche-Comté : calcaires du dogger et jurassique supérieur du Nivernais.

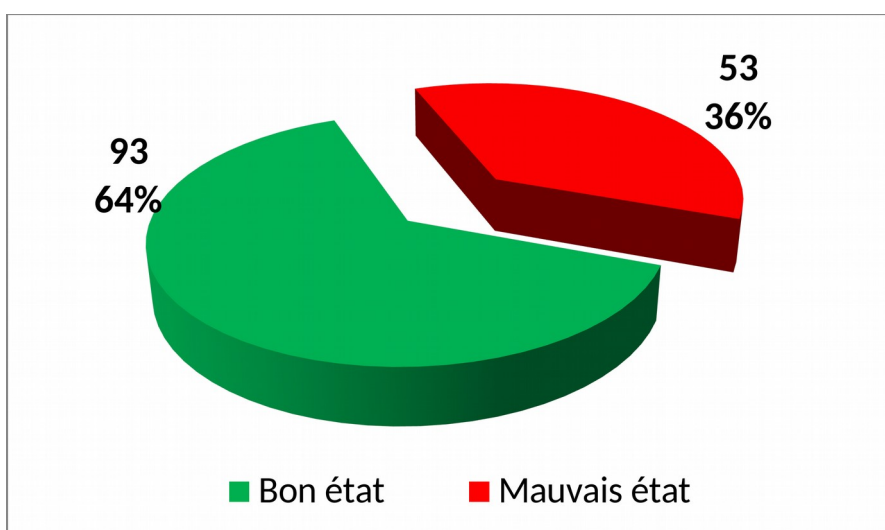


Figure 1 : Etat chimique des eaux souterraines (2011-2016)

Les paramètres à l'origine d'un déclassement sont les nitrates et/ou les pesticides ; soit pour les masses d'eau en mauvais état :

- 40 % (soit 21 masses d'eau) sont déclassées à cause des nitrates seuls ;
- 38 % (soit 20 masses d'eau) sont déclassées à cause des nitrates et des pesticides ;
- 22 % (soit 12 masses d'eau) sont déclassées à cause des pesticides seuls.

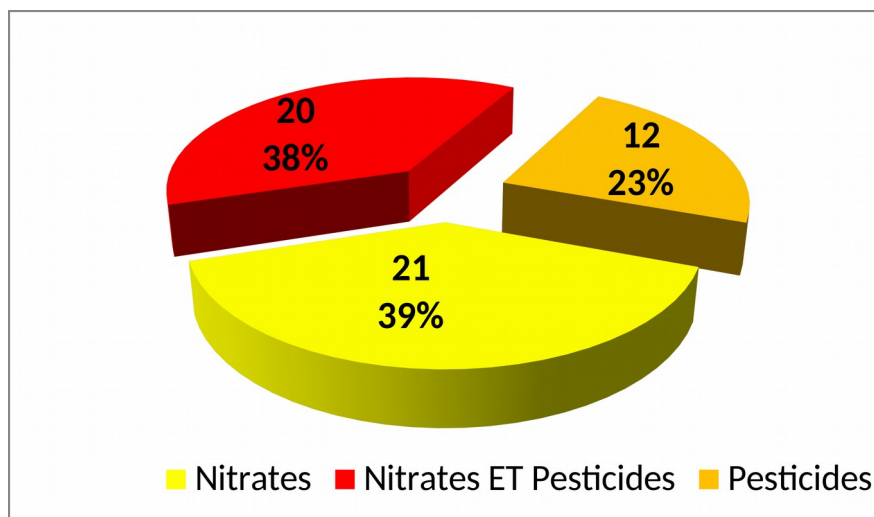
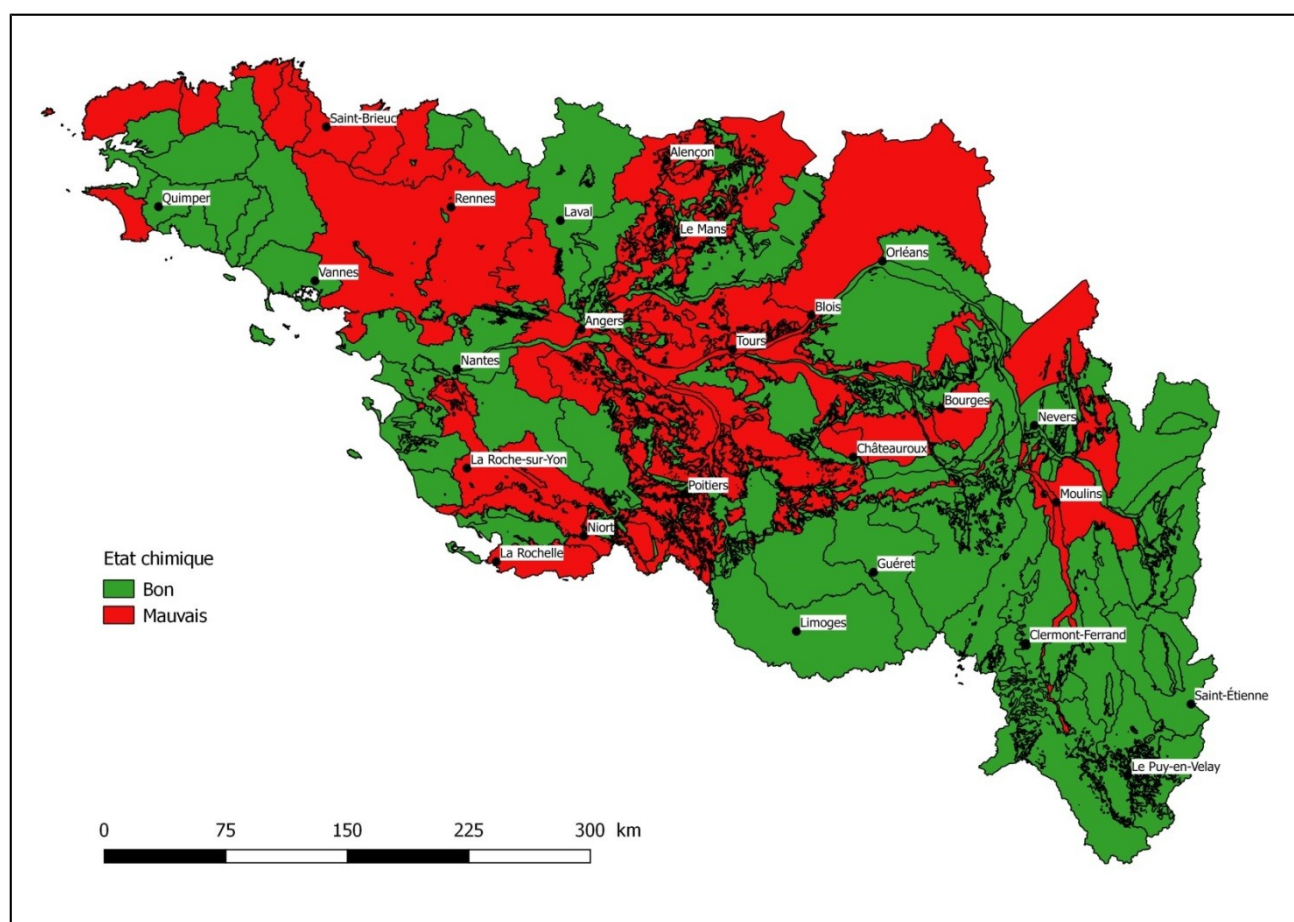


Figure 2 : Paramètres déclassant pour les masses d'eau en mauvais état chimique (2011-2016)



Carte 2 : Etat chimique des eaux souterraines – niveau 1 (2011-2016)

2.1. ETAPE 1 : MMA ET FRÉQUENCE DE DÉPASSEMENT

Les calculs des moyennes des moyennes annuelles (Mma) ont été réalisés et les résultats sont bancarisés dans une base de données produite à cet effet.

CODE_BSS	CODE_PARA	LIBELLE_PARAMETRE	CODE_MESC	CODE_BSS	ET2A_Nbr_v	ET2A_Mma	ET
01707X0007/P1	1083	Chlorpyrifos-éthyl	GG040	01707X0007/P1	14	0,01375	
01707X0007/P1	1092	Prosulfocarbe	GG040	01707X0007/P1	8	0,01	
01707X0007/P1	1093	Thiodicarbe	GG040	01707X0007/P1	8	0,025	
01707X0007/P1	1094	Lambda-cyhalothrine	GG040	01707X0007/P1	8	0,0025	
01707X0007/P1	1100	Acéphate	GG040	01707X0007/P1	8	0,01	
01707X0007/P1	1101	Alachlore	GG040	01707X0007/P1	14	0,00625	
01707X0007/P1	1102	Aldicarbe	GG040	01707X0007/P1	8	0,01	
01707X0007/P1	1103	Aldrine	GG040	01707X0007/P1	14	0,00625	
01707X0007/P1	1104	Amétryne	GG040	01707X0007/P1	14	0,0175	
01707X0007/P1	1105	Aminotriazole	GG040	01707X0007/P1	11	0,0183	
01707X0007/P1	1107	Atrazine	GG040	01707X0007/P1	14	0,01	
01707X0007/P1	1108	Atrazine déséthyl	GG040	01707X0007/P1	14	0,03691667	
01707X0007/P1	1109	Atrazine déisopropyl	GG040	01707X0007/P1	14	0,01	
01707X0007/P1	1110	Azinphos éthyl	GG040	01707X0007/P1	14	0,025	
01707X0007/P1	1111	Azinphos méthyl	GG040	01707X0007/P1	14	0,0125	
01707X0007/P1	1112	Benfluraline	GG040	01707X0007/P1	14	0,00625	
01707X0007/P1	1113	Bentazone	GG040	01707X0007/P1	14	0,01	
01707X0007/P1	1114	Benzène	GG040	01707X0007/P1	9	0,05	
01707X0007/P1	1115	Benzo(a)pyrène	GG040	01707X0007/P1	7	0,0038125	
01707X0007/P1	1119	Bifénol	GG040	01707X0007/P1	14	0,01875	
01707X0007/P1	1120	Bifenthrine	GG040	01707X0007/P1	14	0,00625	
01707X0007/P1	1122	Bromoforme	GG040	01707X0007/P1	4	0,7666667	
01707X0007/P1	1123	Bromophos éthyl	GG040	01707X0007/P1	14	0,00625	
01707X0007/P1	1124	Bromophos Méthyl	GG040	01707X0007/P1	14	0,00625	
01707X0007/P1	1125	Bromoxynil	GG040	01707X0007/P1	14	0,01	
01707X0007/P1	1126	Butraline	GG040	01707X0007/P1	14	0,00625	
01707X0007/P1	1127	Captafol	GG040	01707X0007/P1	14	0,015	
01707X0007/P1	1128	Captane	GG040	01707X0007/P1	14	0,0075	
01707X0007/P1	1129	Carbendazime	GG040	01707X0007/P1	14	0,01	
01707X0007/P1	1130	Carbofuran	GG040	01707X0007/P1	14	0,01	
01707X0007/P1	1131	Carbophénothion	GG040	01707X0007/P1	14	0,01	
01707X0007/P1	1132	Chlordane	GG040	01707X0007/P1	8	0,0025	
01707X0007/P1	1133	Chloridazone	GG040	01707X0007/P1	6	0,04	
01707X0007/P1	1134	Chlorméphos	GG040	01707X0007/P1	14	0,01229167	
01707X0007/P1	1135	Chloroforme	GG040	01707X0007/P1	9	0,63125	
01707X0007/P1	1136	Chlortoluron	GG040	01707X0007/P1	14	0,01	
01707X0007/P1	1137	Cyanazine	GG040	01707X0007/P1	14	0,01	
01707X0007/P1	1139	Cymoxanil	GG040	01707X0007/P1	8	0,01	
01707X0007/P1	1140	Cyperméthrine	GG040	01707X0007/P1	8	0,0025	
01707X0007/P1	1141	2,4-D	GG040	01707X0007/P1	14	0,01	
01707X0007/P1	1142	2,4-DB	GG040	01707X0007/P1	8	0,05	
01707X0007/P1	1143	DDD 24'	GG040	01707X0007/P1	14	0,00625	
01707X0007/P1	1144	DDD 44'	GG040	01707X0007/P1	14	0,00625	
01707X0007/P1	1145	DDE 24'	GG040	01707X0007/P1	14	0,00625	

Tableau 1: Calcul des Mma et fréquence de dépassement - Extrait de la base de données

2.2. ETAPE 2 : L'ENQUÊTE APPROPRIÉE

L'enquête appropriée a été réalisée pour toutes les masses d'eau du bassin Loire-Bretagne.

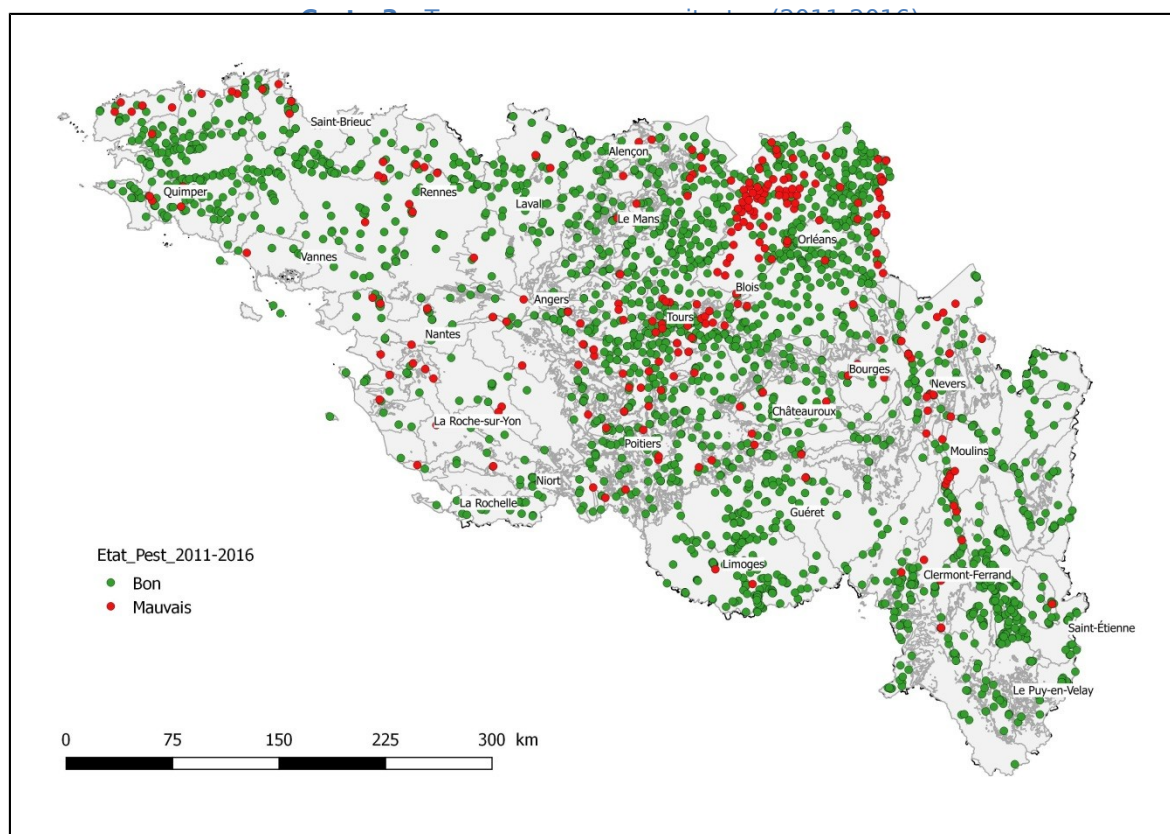
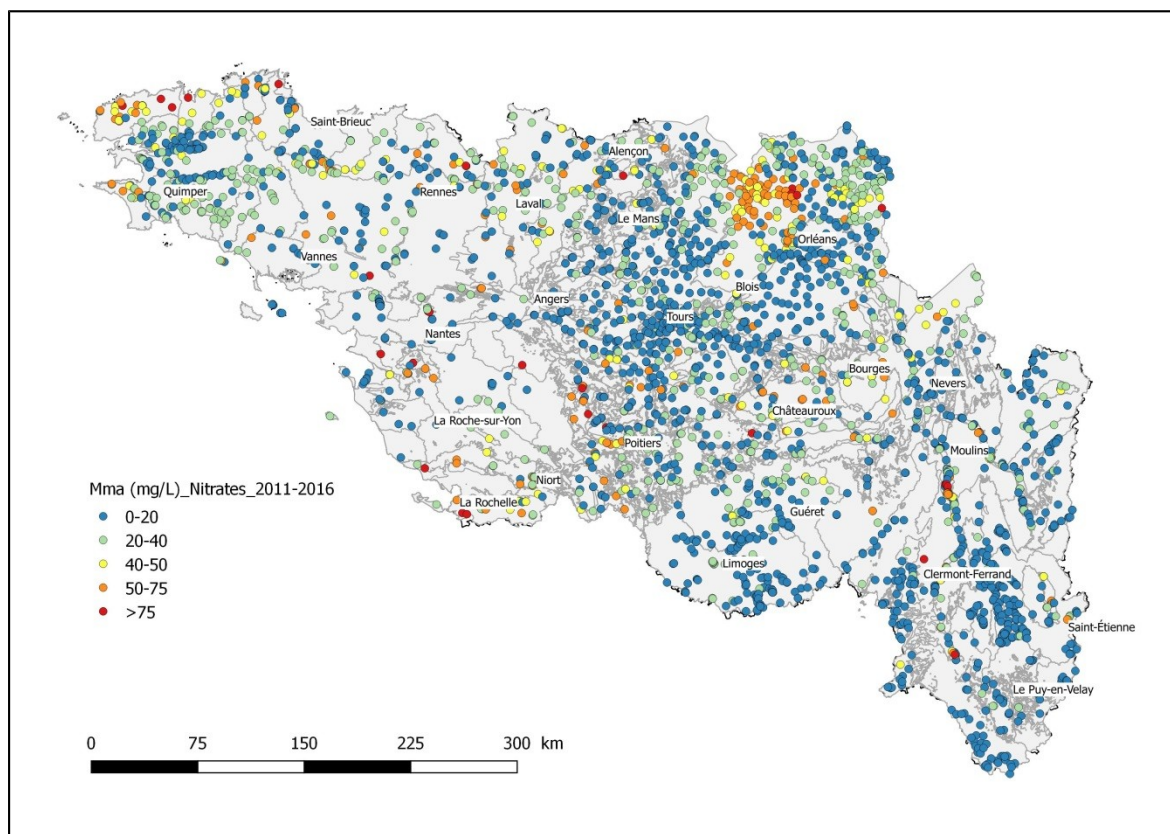
2.2.1. TEST A : QUALITÉ GÉNÉRALE DE LA MASSE D'EAU

Les calculs et l'expertise effectués à l'étape 1 ont permis d'identifier, pour chaque paramètre, les masses d'eau pour lesquelles les points d'eau dégradés représentent plus de 20 % de la masse d'eau.

- 65 % des masses d'eau (95 MESO) sont en bon état pour ce test ;
- 35 % des masses d'eau (51 MESO) sont en mauvais état pour ce test :
 - o 19 MESO pour cause des teneurs en nitrates,
 - o 20 MESO pour cause des teneurs en nitrates et pesticides,
 - o 12 MESO pour cause des teneurs en pesticides.

Toutes les masses d'eau captives ou majoritairement captives, exceptés les calcaires et marnes du Dogger et Jurassique supérieur du Nivernais nord libres et captifs (FRGG061), sont en bon état pour ce test.

- Les eaux souterraines dégradées par de fortes teneurs en nitrates sont situées au nord de la Bretagne, sur le pourtour du marais Poitevin, en Poitou et en Beauce ;
- Les points où les eaux souterraines sont dégradées par les pesticides sont disséminés sur le bassin ; on notera plus particulièrement des eaux de mauvaise qualité au nord-ouest de la Bretagne, en Beauce, au droit de la craie au sud-ouest et dans les alluvions de l'Allier. Les molécules les plus souvent déclassantes sont l'atrazine et deux de ses produits de dégradation et plus localement le bentazone, le métolachlore, le glyphosate, l'AMPA, le 2,6-Dichlorobenzamide.



Carte 4 : Etat chimique pesticides (2011-2016)

Par ailleurs, de nombreuses masses d'eau souterraine présentent un fond géochimique naturel pour différents éléments. Les paramètres concernés sont principalement le **manganèse**, le **fer**, l'**arsenic**, l'**aluminium** et plus localement les orthophosphates, l'ion fluorure, le sélénium, le phosphore total, les sulfates, l'ammonium, les chlorures et le nickel. L'enquête appropriée a montré qu'il n'y avait pas de pollution d'origine anthropique qui nécessiterait de définir des seuils de qualité différents pour ces paramètres.

2.2.2. TEST B : ALTÉRATION DES EAUX DE SURFACE ASSOCIÉES

Ce test vise à déterminer dans quelle mesure le transfert de polluants de l'eau souterraine vers l'eau de surface est une entrave aux objectifs de la DCE.

- 95 % des masses d'eau (139 MESO) sont en bon état pour ce test ;
- 5 % des masses d'eau (7 MESO) sont en mauvais état pour ce test (paramètre déclassant : nitrates) :
 - o FRGG001 Bassin versant du Léon,
 - o FRGG037 Sables du bassin tertiaire du lac de Grand Lieu,
 - o FRGG065 Calcaires et marnes du Dogger du bassin versant du Thouet libres,
 - o FRGG072 Calcaires et marnes du Jurassique supérieur du Haut-Poitou libres,
 - o FRGG075 Calcaires et marnes du Jurassique supérieur du bassin versant de Trégonce - Ringoire libres,
 - o FRGG082 Calcaires du jurassique supérieur de l'anticlinal Loudunais libres,
 - o FRGG092 Multicouches craie du Séno-turonien et calcaires de Beauce libres.

2.2.3. TEST C : ALTÉRATION DES ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES ASSOCIÉES

Ce test vise à déterminer s'il existe des cas d'altération des écosystèmes terrestres résultant d'un transfert de polluants depuis les eaux souterraines.

Le questionnaire rédigé à cet effet et envoyé aux acteurs locaux n'a pour l'instant pas permis d'identifier l'existence d'une telle problématique sur le bassin.

A ce jour (juillet 2018), aucun signalement d'altération des écosystèmes terrestres résultant d'un transfert de polluants depuis les eaux souterraines n'a été remonté localement.

Toutes les masses d'eau souterraine sont en bon état pour le test chimique « altération des écosystèmes terrestres associés ».

2.2.4. TEST D : INTRUSION SALÉE

Ce test vise à déterminer si les pressions de prélèvements s'exerçant sur les eaux souterraines sont à l'origine d'une intrusion salée ou autre.

Les pressions de prélèvements ont été calculées pour chacune des masses d'eau souterraine :

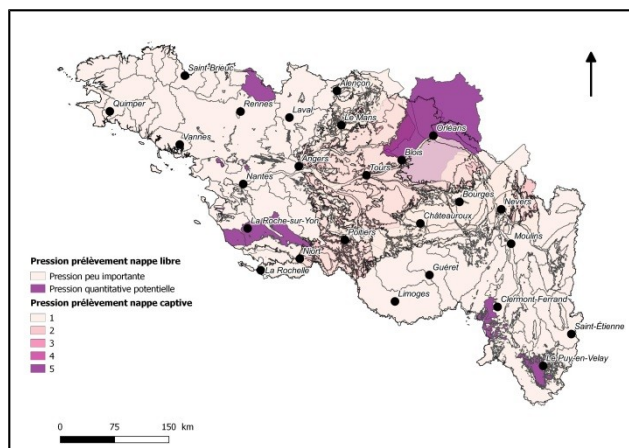
Carte 5 - Pression de prélèvement des masses d'eau souterraine

Concernant les **nappes libres**, sur 129 masses d'eau, 12 masses d'eau présentent une pression potentiellement significative :

- 5 masses d'eau en domaine sédimentaire,
- 3 masses d'eau en domaine de socle,
- 4 masses d'eau édifice volcanique.

Concernant les **17 nappes captives**, le ratio correspond à : Moyenne des volumes annuels prélevés / Surface de la masse d'eau. Cependant, aucune qualification de la pression ne peut être donnée à partir de ce ratio.

Pour les masses d'eau pour lesquelles une pression de prélèvement a été identifiée, aucun ou très peu de points d'eau présentent une dégradation pour ce test pour les paramètres de la salinité :



Type MESO	Code MESO	Nom MESO	Dpt	Déclassement Paramètres « salinité »
Domaine sédimentaire	FRGG031	Sables et calcaires du bassin tertiaire du marais breton libre	85	Aucun point d'eau déclassé
	FRGG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort/Erdre libres	44	Aucun point d'eau déclassé
	FRGG118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres	44	Aucun point d'eau déclassé
	FRGG119	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Saffré libres	44	Aucun point d'eau déclassé
	FRGG092	Multicouches craie du Séno-turonien et calcaires de Beauce libres		1 point Mn et 1 point Se
Socle	FRGG031	Bassin versant de socle du marais poitevin	85	Aucun point d'eau déclassé
	FRGG029	Bassin versant de l'Auzance - Vertonne - petits côtiers	85	Aucun point d'eau déclassé
	FRGG016	Bassin versant du Couesnon	35	Aucun point d'eau déclassé
Edifice volcanique	FRGG100	Edifice volcanique du Devès	63	Aucun point d'eau déclassé
	FRGG097	Edifice volcanique du Cézallier du bassin versant de l'Allier	63	Aucun point d'eau déclassé
	FRGG098	Edifice volcanique du Mont Dore du bassin versant de l'Allier	63	Aucun point d'eau déclassé
	FRGG099	Edifice volcanique de la chaîne des Puys	43	Aucun point d'eau déclassé

Tableau 2 : Test salinité – MESO présentant une pression de prélèvement quantitative potentielle et paramètres "salinité"

On notera pour information que certaines masses d'eau avec une pression quantitative peu importante présentent localement des déclassements pour les paramètres Fer, Manganèse, Conductivité et Arsenic.

Toutes les masses d'eau souterraine sont en bon état pour le test « salinité ».

2.2.5. TEST E : ZONES PROTÉGÉES POUR L'AEP

- Tendance significative à la hausse et > 75 % Mma

Pour les captages AEP, les paramètres pour lesquels la Mma est supérieure à 75 % de la valeur seuil et présentant une tendance significative et durable à la hausse ont été sélectionnés.

Les captages répondant à ces critères sont déclarés en mauvais état. A ceux-là s'ajoutent les captages abandonnés ou dont le traitement a été modifié pour des problèmes qualitatifs.

- Identification des abandons de captages et motifs d'abandon (nitrates et pesticides)

L'objectif est ici de sélectionner, sur les secteurs pour lesquels une tendance d'évolution des paramètres chimiques n'a pas pu être réalisée, les captages AEP abandonnés pour cause de pollution anthropique et les motifs d'abandon lors du dernier cycle de gestion.

Un export du **référentiel des captages AEP** (<http://bdes.brgm.fr/>) a été réalisé le 19/02/2018. Ce référentiel s'appuie sur la liste des captages AEP, fournie et mise à jour tous les six mois par le ministère en charge de la Santé. Le référentiel des captages d'eau souterraine est ainsi élaboré à partir de champs issus d'une part de la base de données du ministère en charge de la Santé SISE-Eaux (Système d'information en santé environnement sur les eaux) et d'autre part de ceux de la banque de données du BRGM BSS EAU (Banque du Sous-sol Eau). Les informations, provenant de ces bases de données, sont mises en relation par le code installation SISE-Eaux et le code BSS.

Les captages sélectionnés correspondent aux critères suivants : Usage (adduction collectivité publique), Etat (abandonné), Date d'abandon (2011 à 2017), Motif d'abandon (nitrates et/ou pesticide)

Les abandons de captages pour cause de problème qualitatif de **nitrates et pesticides** concernent 69 captages :

- 32 captages et 16 MESO pour les nitrates seuls,
- 10 captages et 6 MESO pour les pesticides seuls,.
- 27 captages et 6 MESO pour les nitrates + pesticides

➤ Traitement et changement de traitement des captages AEP (nitrates et pesticides)

L'objectif est ici de sélectionner, sur les secteurs pour lesquels une tendance d'évolution des paramètres chimiques n'a pas pu être réalisée, les captages AEP qui ont fait l'objet d'une augmentation du degré de traitement lors du dernier cycle de gestion.

Un export des données de la base Ouvrage (NODA) a été réalisé le 25/02/2018. Les captages sélectionnés correspondent aux critères suivants :

- Usine de traitement : A3 (traitement poussé correspondant en général au traitement de pollution nitrates et/ou pesticides) ;
- Date de dernière restructuration : date à laquelle le traitement est passé en A3 – depuis 2011 et « non renseigné ».

La problématique **nitrates/pesticides** sur les captages AEP (abandon et/ou modification du traitement) concerne 34 masses d'eau souterraine avec :

- o 32 captages AEP abandonnés pour cause des teneurs en nitrates,
- o 10 captages AEP abandonnés pour cause des teneurs en pesticides,
- o 27 captages AEP abandonnés pour cause des teneurs en pesticides/nitrates,
- o 17 captages AEP dont le traitement a évolué pour traiter la problématique nitrates/pesticides.

MESO	Nbm_MESO	Nb_CAPT	ABAND_NITR	ABAND_NITR_PEST	ABAND_PEST	POT_ABAND_NITR	POT_ABAND_PEST	Nb_Ouvr_traitement	% dégradés_NITR	% dégradés_PEST
GG001	Bassin versant du Léon	26	2			2	0		7,7%	
GG004	Bassin versant de l'Odét	38						3	7,9%	7,9%
GG005	Bassin versant de la baie de Concarneau - Aven	22	1			1	0		4,5%	
GG014	Bassin versant de Rance-Frémur	38						2	5,3%	5,3%
GG015	Bassin versant de la Vilaine	133	1		1	1	1	5	4,5%	4,5%
GG016	Bassin versant du Couesnon	37						1	2,7%	2,7%
GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	13						2	15,4%	15,4%
GG027	Bassin versant de la Sèvre Nantaise	14						1	7,1%	7,1%
GG039	Bassin versant de Trioux - Leff	41	5			5	0	8	31,7%	19,5%
GG042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger du Sud-Vendée libres	5						3	60,0%	60,0%
GG046	Calcaires et sables du bassin tertiaire roannais libre	3						3	100,0%	100,0%
GG047	Alluvions de la Loire du Massif Central	99	4			4	0		4,0%	
GG049	Bassin versant de l'Allier - Margeride	361	1			1	0		0,3%	
GG051	Sables, argiles et calcaires du bassin tertiaire de la Plaine de la Limagne libre	25						5	20,0%	20,0%
GG052	Alluvions de l'Allier amont	150	1			1	0	2	2,0%	1,3%
GG063	Calcaires et marnes du Dogger du bassin versant du Clain libres	26	1	1		2	1	1	11,5%	7,7%
GG076	Calcaires et marnes du Jurassique supérieur du bassin versant du Cher libres	17	1			1	0		5,9%	
GG078	Calcaires et marnes du Jurassique supérieur du Berry oriental libres	5						2	40,0%	40,0%
GG079	Calcaires et marnes du Lias et Dogger mayennais et sarthois Libres	11		1		1	1		9,1%	9,1%
GG081	Sables et gres du Cenomanien sarthois libres	67	2			2	0		3,0%	
GG084	Craie du Séno-Turonien du Sancerrois libre	9		1		1	1		11,1%	11,1%
GG088	Craie du Séno-Turonien interfluve Loire - Loir libre	50						1	2,0%	2,0%
GG090	Craie du Séno-Turonien de l'unité du Loir libre	48	3	4	1	7	5		14,6%	10,4%
GG092	Multicouches craie du Séno-turonien et calcaires de Beauce libres	356	4	19	3	23	22	1	6,7%	6,5%
GG095	Sables et calcaires lacustres des bassins tertiaires de Touraine libres	5	1			1	0		20,0%	
GG096	Edifice volcanique du Cantal du bassin versant de l'Allier	85	1			1	0		1,2%	
GG106	Calcaires et marnes du Jurassique supérieur de l'Aunis libres	17	3			3	0		17,6%	
GG108	Alluvions de la Loire moyenne avant Blois	36				3	0	3		8,3%
GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	33						1	3,0%	3,0%
GG120	Calcaires du Lias et Dogger mayennais et sarthois captifs	33		1		1	1		3,0%	3,0%
GG124	Calcaires de l'Oxfordien dans l'Orne et Sarthe libres	7						2	28,6%	28,6%
GG129	Calcaires et marnes du Dogger et Jurassique supérieur du Nivernais sud libres	16	1			1	0		6,3%	
GG142	Sables et gres du Cenomanien captif	297			1	0	1			0,3%
GG146	Sables et gres du Cenomanien libre Maine et Haut-Poitou	19			1	0	1			5,3%

Tableau 3 : Captages AEP abandonnés ou augmentation du niveau de traitement pour cause de problématique nitrates/pesticides

➤ Identification des abandons de captages et motifs d'abandon (Arsenic)

Les abandons de captage pour cause de problème qualitatif pour l'**arsenic** concernent 22 captages AEP et 7 MESO :

MESO	Nom_MESO	NB_CAPT	Aband_Arsenic	%_ABAND_As
GG015	Bassin versant de la Vilaine	131	1	1%
GG049	Bassin versant de l'Allier - Margeride	360	6	2%
GG050	Bassin versant de la Sioule	49	2	4%
GG053	Bassin versant du Cher	44	2	5%
GG057	Bassin versant de la Vienne	306	2	1%
GG128	Alluvions de l'Allier aval	84	1	1%
GG143	Bassin versant de l'Allier - Madeleine	367	8	2%

Tableau 4 : Captages abandonnés pour cause de problématique arsenic

➤ Résultat pour le test « zones protégées pour l'AEP »

Lorsque les points dégradés pour ce test représentent plus de 20 % de la masse d'eau souterraine, celle-ci est déclarée en mauvais état.

Au final, 6 % masses d'eau souterraine (9 MESO) sont en mauvais état pour ce test pour les paramètres nitrates et/ou pesticides :

Code MESO	Nom MESO	Paramètres déclassant test AEP
FRGG013	Bassin versant de l'Arguenon	Nitrates
FRGG014	Bassin versant de Rance-Frémur	Nitrates
FRGG039	Bassin versant de Trieux - Leff	Nitrates
FRGG042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger du Sud-Vendée libres	Nitrates, pesticides
FRGG063	Calcaires et marnes du Dogger du bassin versant du Clain libres	Nitrates
FRGG084	Craie du Séno-Turonien du Sancerrois libre	Nitrates
FRGG092	Multicouches craie du Séno-turonien et calcaires de Beauce libres	Nitrates
FRGG095	Sables et calcaires lacustres des bassins tertiaires de Touraine libres	Somme pesticides
FRGG124	Calcaires de l'Oxfordien dans l'Orne et Sarthe libres	Nitrates, pesticides

Tableau 5 : masses d'eau déclassée pour le test "zones protégées pour l'AEP"

3. TENDANCES A LA HAUSSE SIGNIFICATIVES ET DURABLES DE DEGRADATION DE L'ETAT CHIMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES

Parmi les masses d'eau en mauvais état chimique, 9 MESO (6 %) présentent une **tendance de dégradation significative et durable** :

- 6 masses d'eau présentent une hausse des teneurs en nitrates : GG013 Bassin versant de l'Arguenon, GG014 Bassin versant de Rance-Frémur, GG039 Bassin versant de Trieux – Leff, GG063 Calcaires et marnes du Dogger du bassin versant du Clain libres, GG084 Craie du Séno-Turonien du Sancerrois libre, GG092 Multicouches craie du Séno-turonien et calcaires de Beauce libres ;
- 2 masses d'eau présentent une hausse des teneurs en nitrates et pesticides : GG042 Calcaires et marnes du Lias et Dogger du Sud-Vendée libres, GG124 Calcaires de l'Oxfordien dans l'Orne et Sarthe libres ;
- 1 masse d'eau présente une hausse de la somme des pesticides : GG095 Sables et calcaires lacustres des bassins tertiaires de Touraine libres.

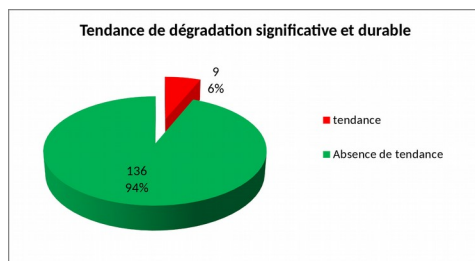
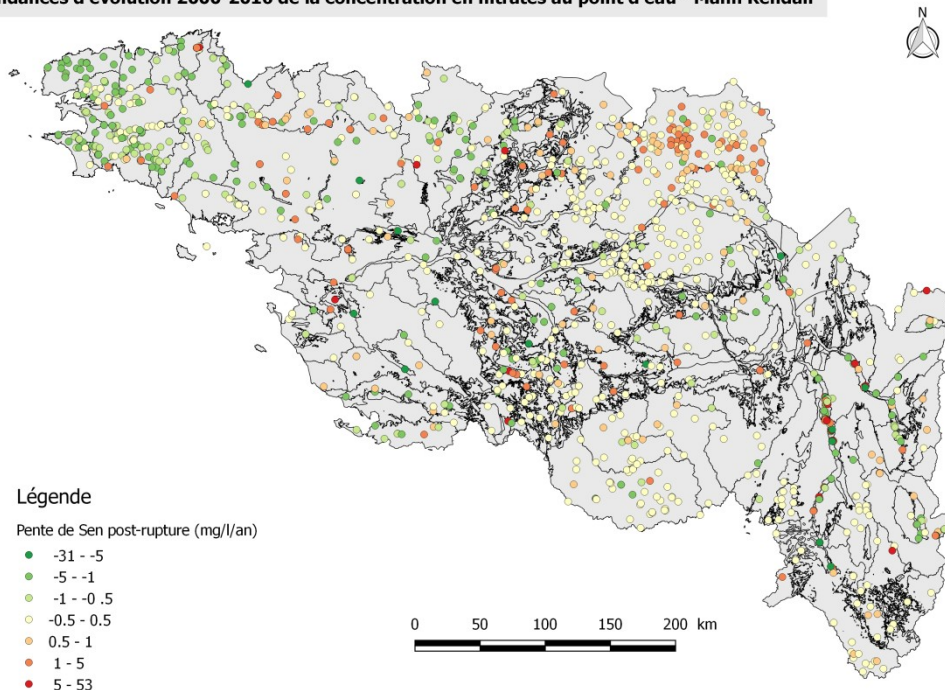


Figure 3 : Masses d'eau souterraine présentant une tendance de dégradation significative et durable

Une carte d'évolution des concentrations en nitrates dans les eaux souterraines a été établie à partir d'une analyse statistique des mesures observées sur plus de 2000 captages entre 2000 et 2016.

Tendances d'évolution 2000-2016 de la concentration en nitrates au point d'eau - Mann Kendall



Carte 6 - Tendance d'évolution des teneurs en nitrates (2000-2016)

L'analyse de la carte montre une baisse significative des concentrations en nitrates à l'ouest du bassin et notamment en Bretagne à l'exception de quelques bassins versants et une hausse des teneurs en Beauce et sur le pourtour ouest du bassin parisien. Ailleurs, les tendances régionales sont plus hétérogènes ou moins marquées.

4. ETAT QUANTITATIF DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE

L'évaluation de l'état quantitatif des eaux souterraines à partir des données 2011-2016 montre que :

- **81 % des masses d'eau sont en bon état quantitatif** (soit 118 masses d'eau) ;
- **19 % des masses d'eau sont en mauvais état quantitatif** (soit 28 masses d'eau) :
 - o 27 masses d'eau déclassées par le test « altérations des eaux de surface associées »,
 - o 1 masse d'eau pour les tests « altérations des eaux de surface associées » et « altérations des écosystèmes terrestres associées ».

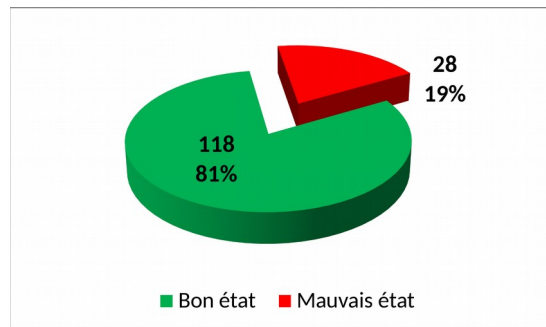
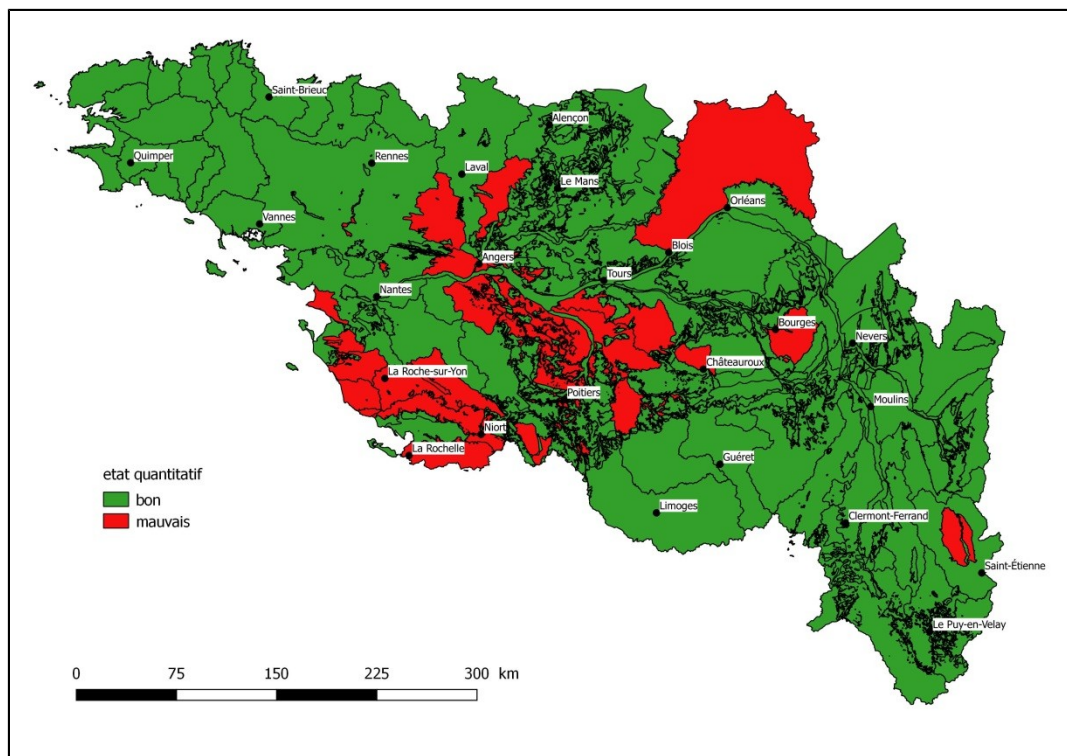


Figure 4 : Etat quantitatif des eaux souterraines (2011-2016)



Carte 7 : Etat quantitatif des eaux souterraines (2011-2016)

4.1. ETAPE 1 : TEST BALANCE (OU ÉQUILIBRE PRÉLÈVEMENT RESSOURCE)

Ce test permet d'évaluer l'équilibre entre la ressource disponible et les prélèvements, il s'effectue à l'échelle globale de la masse d'eau.

Ce test comprend deux calculs indépendants (tendance piézométrique et pression de prélèvement) et un organigramme qui permet la caractérisation de l'état de la masse d'eau pour ce test.

4.1.1. TENDANCES PIÉZOMÉTRIQUES

- 523 piézomètres ont été étudiés ; mais seuls 307 disposent de données suffisantes pour qu'une tendance soit évaluée ;
- Sur ces 307 chroniques, 17 tendances à la baisse sont détectées ;
- Parmi les chroniques présentant une tendance à la baisse, 4 présentent une autocorrélation significative pour un décalage supérieur ou égal à 4 ans que l'utilisateur a jugé non pertinent ;
- Pour 17 chroniques, une tendance à la baisse a priori non liée à des cycles pluriannuels est donc observée. Ces chroniques ont été ensuite toutes visualisées une par une pour identifier d'éventuelles ruptures, influence de pompages ou cyclicité non identifiée par autocorrélation.

MESO	Calcul de tendance impossible	Pas de tendance à la baisse	Tendance à la baisse	
TOTAL	216	290	17	523

8 masses d'eau souterraine sont concernées par des piézomètres présentant une tendance à la baisse :

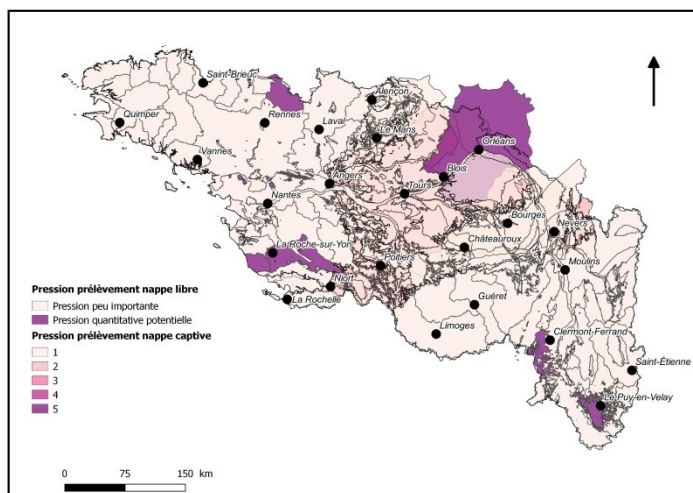
MESO avec tendance à la baisse	Nom_MESO	Calcul de tendance impossible	Pas de tendance à la baisse	Tendance à la baisse	% de points à la baisse (total)	% de points à la baisse (calculé)
GG014	Bassin versant de Rance-Frémur			1	100 %	100 %
GG052	Alluvions de l'Allier amont	5	3	3	27 %	50 %
GG088	Craie du Séno- Turonien interfluve Loire - Loir libre	7	8	1	6 %	11 %
GG091	Sables et marnes du bassin tertiaire de la Plaine du Forez libre	2		2	50 %	100 %
GG099	Edifice volcanique de la chaîne des Puys	12	6	3	14 %	33 %
GG117	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres	1		1	50 %	100 %
GG142	Sables et gres du Cenomanien captif	18	29	5	10%	15 %
GG147	Sables et gres du Cenomanien du Berry		2	1	33 %	33 %
Total		45	48	17		

Tableau 6 : Liste des masses d'eau avec des tendances piézométriques à la baisse

4.1.2. PRESSIONS DE PRÉLÈVEMENT

Les pressions de prélèvement ont été calculées pour chacune des masses d'eau souterraine :

Carte 8 : Pression de prélèvement des masses d'eau souterraine

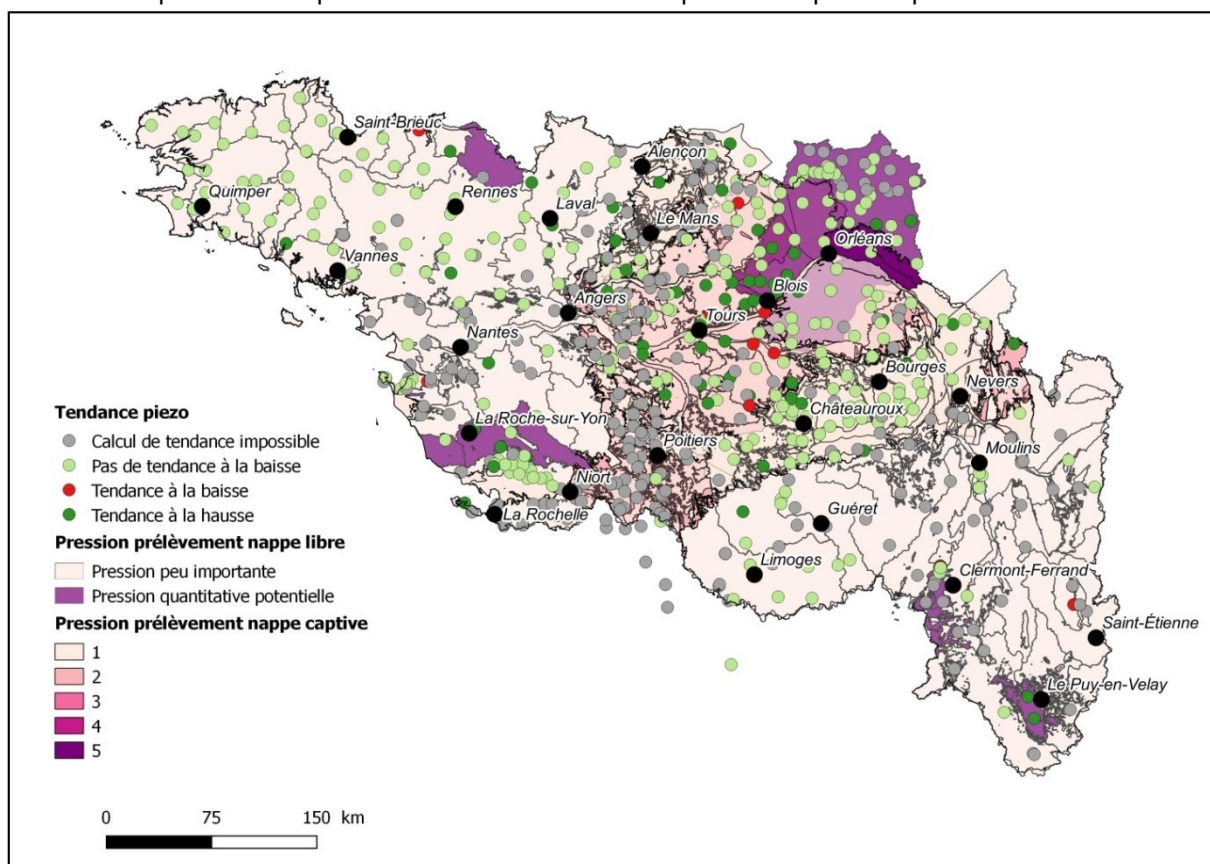


Concernant les **nappes libres**, sur 129 masses d'eau, 12 masses d'eau présentent une pression potentiellement significative :

- 5 masses d'eau en domaine sédimentaire,
- 3 masses d'eau en domaine de socle,
- 4 masses d'eau édifice volcanique.

Concernant les **17 nappes captives**, le ratio correspond à Moyenne des volumes annuels prélevés / Surface de la masse d'eau. Cependant, aucune qualification de la pression ne peut être donnée à partir de ce ratio.

La carte des pressions de prélèvement et des tendances piézométriques est présentée ci-dessous :



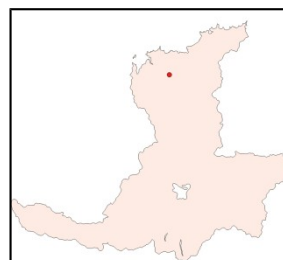
Carte 9: Pression de prélèvement à l'échelle de la masse d'eau et tendance piézométrique par point

4.1.3. TEST BALANCE

L'analyse des masses d'eau pour lesquelles on observe des points avec une tendance piézométrique à la baisse est présentée ci-dessous :

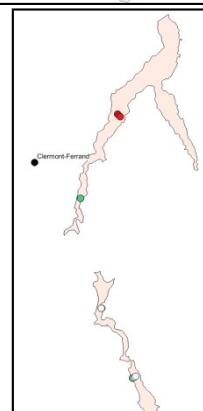
FRGG014 : Bassin versant de Rance-Frémur

- Faible pression de prélèvement à l'échelle de la masse d'eau,
- Baisse localisée sur 1 point (~5 cm/an),
- Résultat du test : bon état quantitatif.



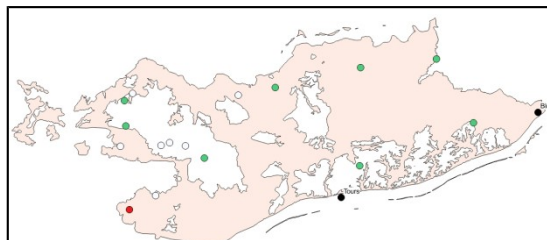
FRGG052 : Alluvions de l'Allier amont

- Faible pression de prélèvement à l'échelle de la masse d'eau,
- Un seul secteur avec 3 piézomètres (profil) présentant une baisse ~ 5 cm/an,
- Résultat du test : bon état quantitatif.



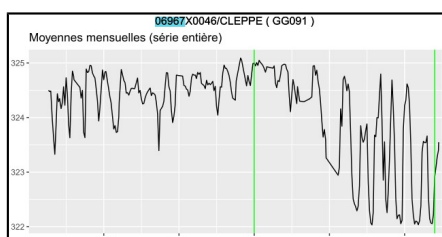
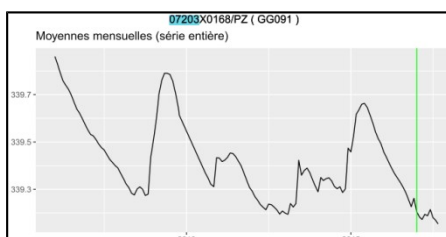
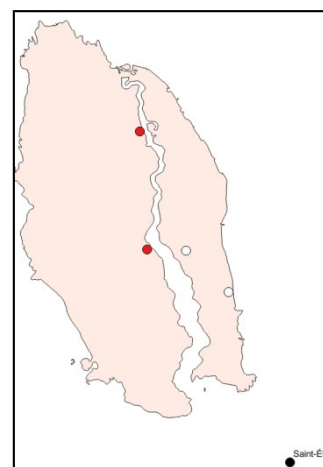
FRGG088 : Craie du Séno-Turonien interfluve Loire - Loir libre

- Faible pression de prélèvement à l'échelle de la masse d'eau,
- 1 seul point en baisse (6 % des points),
- Résultat du test : bon état quantitatif.



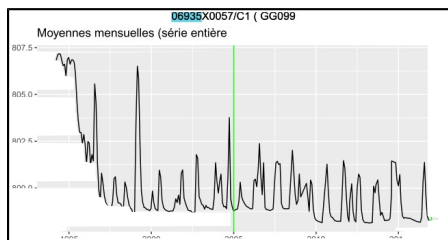
RGG091 : Sables et marnes du bassin tertiaire de la Plaine du Forez libre

- Faible pression de prélèvement à l'échelle de la masse d'eau,
- 2 points à la baisse :
 - o 06967X0046 : ouvrage sans doute influencé par un pompage à partir de 2010/2012 – changement de régime d'exploitation localisé – données utilisables à partir de 2012 (stabilisation) – ouvrage non pertinent pour EDL 2019 ;
 - o 07203X0168 : faible tendance à la baisse – 3 cm/an.
- Résultat du test : bon état quantitatif



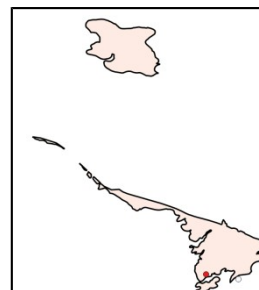
FRGG099 : Edifice volcanique de la chaîne des Puys

- Très forte pression de prélèvement,
- 2 points à la baisse (~8 cm/an) dans le même secteur,
- 1 point à la baisse 06935X0057/C1 – saut de la courbe en 2010 / problème de calage – baisse à ne pas prendre en compte,
- Résultat du test : bon état quantitatif.



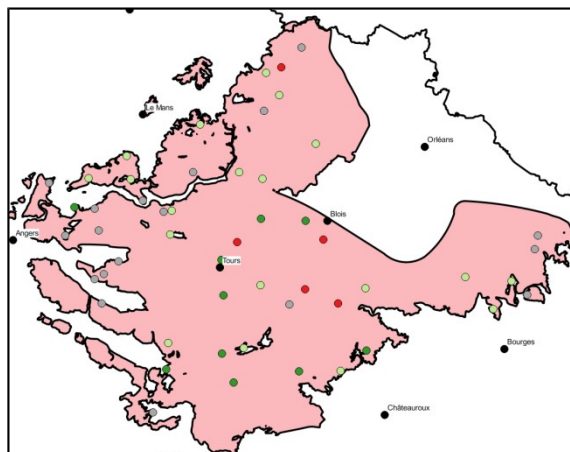
FRGG117 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres

- Faible pression de prélèvement,
- 1 point à la baisse (~ 2cm/an),
- Résultat du test : bon état quantitatif.



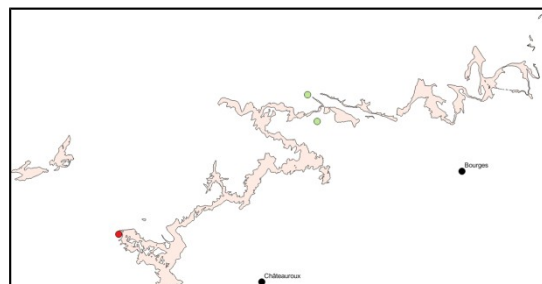
FRGG142 : Sables et grès du Cénomanien captif

- 5 points à la baisse non significatifs à l'échelle de la masse d'eau
- Résultat du test : bon état quantitatif.



FRGG147 : Sables et grès du Cénomanien du Berry

- Faible pression de prélèvement à l'échelle de la masse d'eau,
- 1 seul point en baisse (7 cm),
- Résultat du test : bon état quantitatif.

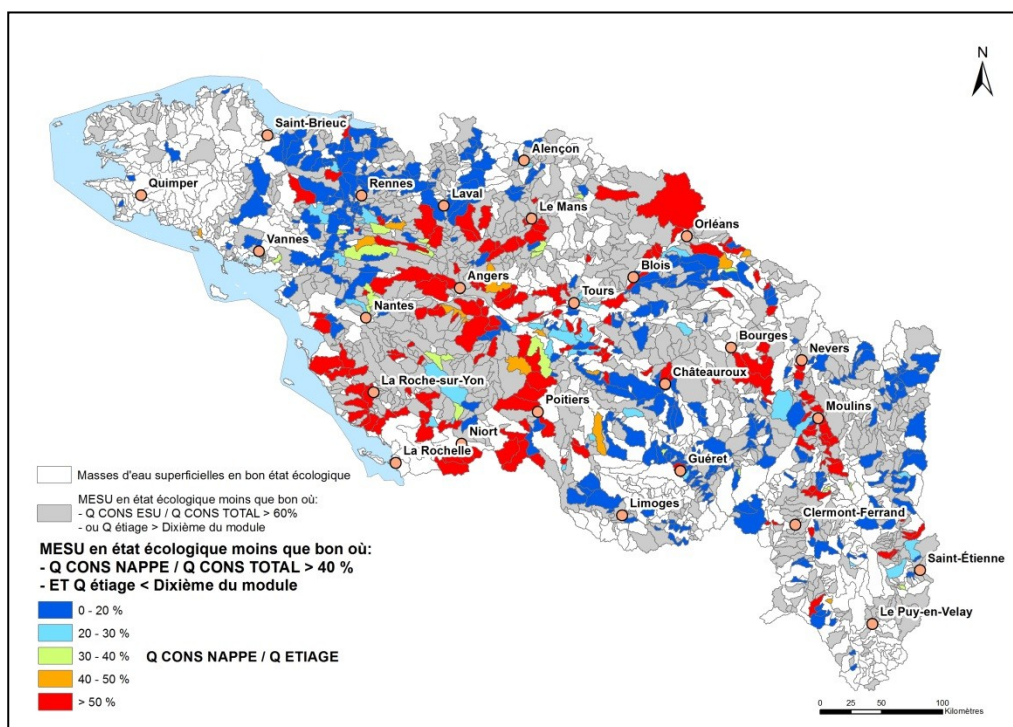


Toutes les masses d'eau souterraine présentent un bon état quantitatif pour le test « balance ».

4.2. ETAPE 2 : TEST EAUX DE SURFACE

Les masses d'eau superficielle (MESU) sélectionnées par ce test répondent aux critères suivants :

- état écologique moins que bon,
- débit étiage < 1/10^{ème} module,
- prélèvement eau souterraine > 40 % des prélèvements totaux,
- prélèvement eau souterraine > 25 % du débit d'étiage observé.



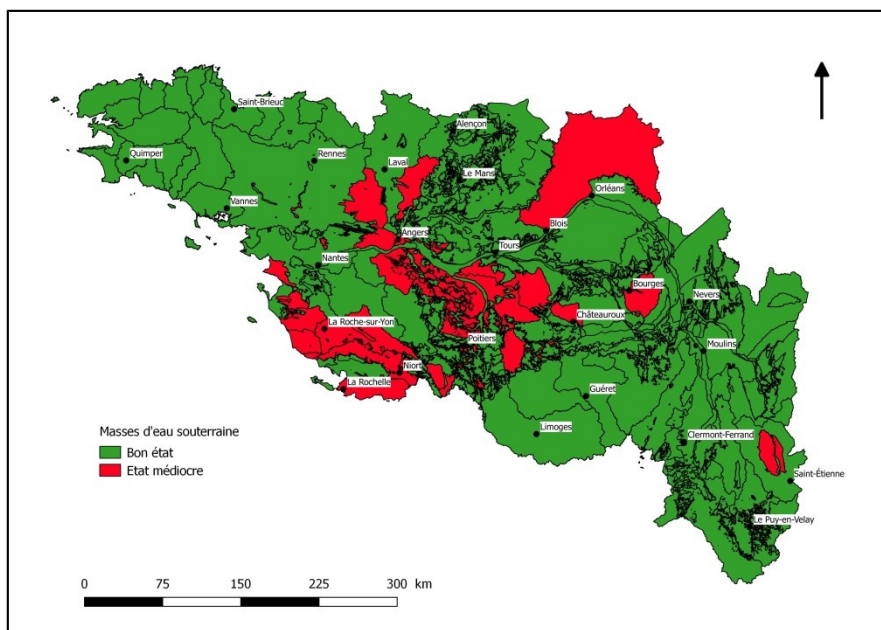
Carte 10 : Test quantitatif ESU/ESO - masses d'eau superficielles sélectionnées

Si les masses d'eau superficielle sélectionnées représentent une surface supérieure ou égale à **20 % de la masse d'eau souterraine** sur laquelle elles se trouvent, la masse d'eau souterraine est en mauvais état pour ce test.

A la suite des résultats de calculs, une expertise basée sur les connaissances locales peut être utilisée pour confirmer ou non les résultats obtenus à partir des éléments suivants :

- déconnexion ESO/ESU avérée,
- débit étiage très faible (< 1L/s) **ET** débit de prélèvement très faible (< 10L/s),
- connaissance d'autres pressions que celle des prélèvements,
- existence de ZRE, arrêts sécheresses récurrents, assecs récurrents (ONDE),
- cohérence superficie et localisation des MESU sélectionnées et des MESO,
- localisation des prélèvements (éventuellement localisés à l'extérieur de la MESO).

28 masses d'eau souterraine sont déclassées pour le test quantitatif « eaux de surface associées »



Carte 11 : Test quantitatif ESU-ESO - masses d'eau souterraine déclassées

cdeumasse d	Nom
FRGG020	Bassin versant de la Sarthe aval
FRGG021	Bassin versant de l'Oudon
FRGG024	Bassin versant du Layon - Aubance
FRGG025	Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton
FRGG028	Bassin versant de la Vie - Jaunay
FRGG029	Bassin versant de l'Auzance - Vertonne - petits côtiers
FRGG030	Bassin versant de socle du marais poitevin
FRGG031	Sables et calcaires du bassin tertiaire du marais breton libre
FRGG033	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Jaunay libre
FRGG034	Calcaires du Dogger du bassin de Chantonay libre
FRGG041	Calcaires et marnes du Lias et Dogger Talmondaï libes
FRGG042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger du Sud-Vendée libes
FRGG062	Calcaires du Dogger du bassin versant amont de la Sevre-Niortaise
FRGG063	Calcaires et marnes du Dogger du bassin versant du Clain libes
FRGG068	Calcaires et marnes du Dogger et du jurassique supérieur en Creuse libes
FRGG072	Calcaires et marnes du Jurassique supérieur du Haut-Poitou libes
FRGG075	Calcaires et marnes du Jurassique supérieur du bassin versant de Trégonce - Ringoire libes
FRGG077	Calcaires et marnes du Jurassique supérieur du bassin versant de Yèvre/Auron libes
FRGG082	Calcaires du jurassique supérieur de l'anticlinal Loudunais libes
FRGG086	Craie du Séno-Turonien du bassin versant de l'Indre libre
FRGG087	Craie du Séno-Turonien du bassin versant de la Vienne libre
FRGG091	Sables et marnes du bassin tertiaire de la Plaine du Forez libre
FRGG092	Multicouches craie du Séno-turonien et calcaires de Beauce libes
FRGG106	Calcaires et marnes du Jurassique supérieur de l'Aunis libes
FRGG115	Alluvions de la Vilaine
FRGG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort/Erdre libes
FRGG145	Bassin versant de Romme-Maine
FRGG146	Sables et gres du Cenomanien libre Maine et Haut-Poitou

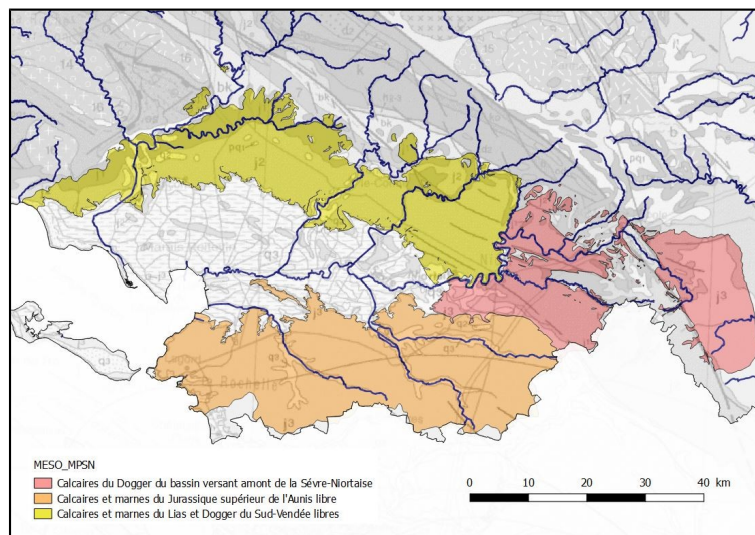
Tableau 7 : Masses d'eau souterraine déclassées par le test quantitatif ESU-ESO

4.3. ETAPE 3 : TEST ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES ASSOCIÉS

Ce test vise à déterminer s'il existe des cas d'altération des écosystèmes terrestres résultant d'un déséquilibre quantitatif des eaux souterraines.

Le questionnaire rédigé à cet effet et envoyé aux acteurs locaux, a permis d'identifier 2 masses d'eau pour lesquelles la problématique quantitative se pose :

- FRGG042 Calcaires et marnes du Lias et Dogger du Sud-Vendée libres,
- FRGG106 Calcaires et marnes du Jurassique supérieur de l'Aunis libres.



Carte 12 : Masses d'eau souterraine et marais poitevin

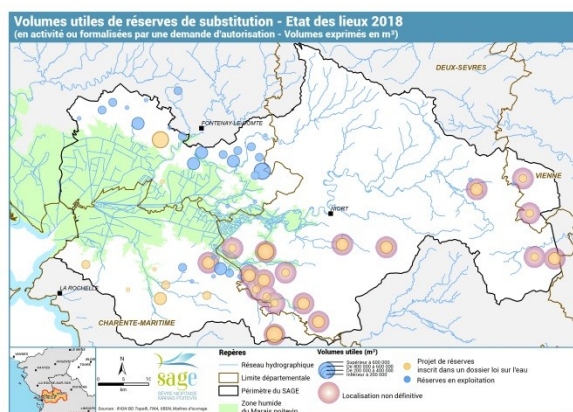
Ces deux masses d'eau avait été déclassées, lors de l'EDL 2013, en état médiocre pour ce test en raison de niveaux piézométriques trop bas pour assurer une alimentation nécessaire au bon fonctionnement hydrologique du marais poitevin.

4 contrats territoriaux de gestion quantitative (**CTGQ**) sont présents sur le territoire (Curé, Lay, Sèvre Niortaise et Mignon et Vendée). Depuis plusieurs années, des réserves de substitution ont été mises en place, notamment en **sud Vendée (Nord du Marais)** et permettent de reporter des prélèvements estivaux sur la période hivernale. On note ainsi une **amélioration notable des niveaux piézométriques** dans ce secteur lié à une gestion des prélèvements de plus en plus aboutie par l'OUGC notamment et par la mise en place de réserves de substitution.

Au nord du marais (sud Vendée), les nombreuses réserves de substitution ont un effet positif sur les niveaux piézométriques ; à partir de mi-juin (début d'irrigation du maïs), les prélèvements en eau souterraine sont moins importants et la baisse des niveaux piézométriques est plus lente et moins importante. Plusieurs indicateurs illustrent ces améliorations (bassin du Lay/piézomètre de Luçon et de Longeville, bassin de la Vendée/piézomètre de Tout-Vent et du Langon, bassin des Autizes/piézomètre d'Oulmes et Aziré).

Sur le territoire de la Sèvre amont (contrat territorial) plusieurs projets sont en cours mais aucune réserve n'a encore été mise en place.

Au sud du marais, plusieurs projets sont également en cours et seules quelques réserves sont en exploitation. On notera notamment une remontée des niveaux piézométriques des niveaux les plus bas sur le secteur du piézomètre du Bourdet Deux-Sèvres.



L'amélioration notable des niveaux piézométriques au nord du marais liée à une gestion des prélèvements de plus en plus aboutie par l'OUGC notamment et par la mise en place de réserves de substitution permet à la masse d'eau des calcaires et marnes du Lias et Dogger du Sud-Vendée libres (GG042) d'être en bon état quantitatif pour le test « écosystèmes terrestres ».

En revanche, au sud du marais, en l'absence d'évolution notable en termes de gestion de quantitative, la pression de prélèvement ne permet pas d'atteindre des niveaux piézométriques nécessaires au bon fonctionnement hydrologique du marais poitevin. De fait, la **masse d'eau des calcaires et marnes du Jurassique supérieur de l'Aunis libres (GG106) est déclassée en état médiocre pour le test « écosystème terrestres associés ».**

4.4. ETAPE 4 : INTRUSION SALÉE OU AUTRE

Ce test est identique au test réalisé dans le cadre de l'évaluation de l'état chimique.

Toutes les masses d'eau souterraine sont en bon état pour le test « salinité ».

5. REGLES D'EVALUATION DE L'ETAT CHIMIQUE DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE

Les règles d'évaluation de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique sont décrites dans :

- L'arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines ;
- La circulaire du 23 octobre 2012 relative à l'arrêté du 17 décembre 2008 ;
- L'arrêté du 23 juin 2016 modifiant l'arrêté du 17 décembre 2008 ;
- La directive 2006/118/CE du 12 décembre 2006.

L'évaluation de l'état chimique repose au préalable sur la comparaison entre une concentration moyenne calculée par paramètre sur la période de référence (Mma – moyenne des moyennes annuelles) et **la valeur seuil ou norme de qualité** définie au niveau européen ou au niveau national.

➤ Les normes de qualité et valeurs seuils au niveau national

Pour évaluer le dépassement des concentrations de polluants dans les eaux souterraines, des normes de qualité et valeur seuils ont été fixées au niveau national par l'arrêté modifié du 17 décembre 2008.

Pour les nitrates et pesticides, l'annexe 1 de l'arrêté modifié de 2008 reprend les valeurs fixées au niveau européen par la directive fille eaux souterraines 2006/118/CE :

Polluant	Normes de qualité
Nitrates	50 mg/l
Substances actives des pesticides, ainsi que les métabolites et produits de dégradation et de réaction pertinents ⁽¹⁾	0,1 µg/l 0,5 µg/l (total) ⁽²⁾

⁽¹⁾ On entend par « pesticides », les produits phytopharmaceutiques et les produits biocides définis respectivement à l'article 2 de la directive 91/414/CEE et à l'article 2 de la directive 98/8/CE.

⁽²⁾ On entend par « total », la somme de tous les pesticides détectés et quantifiés dans le cadre de la procédure de surveillance, en ce compris leurs métabolites, les produits de dégradation et les produits de réaction pertinents.

Pour les polluants et indicateurs suivants, "identifiés comme contribuant à caractériser les masses ou groupes de masses d'eau souterraine comme étant à risque, compte tenu au moins de la liste minimale figurant à l'annexe II, partie B de la directive fille eaux souterraines 2006/118/CE", elles sont définies en annexe 2 de l'arrêté de 2008 :

1. Substances ou ions qui peuvent à la fois être naturellement présents et/ou résulter de l'activité humaine: arsenic, cadmium, plomb, mercure, ammonium, chlorure, sulfates.
2. Substances artificielles : trichloréthylène, tétrachloroéthylène.
3. Paramètres indiquant les invasions d'eau salée ou autre : conductivité.

Enfin, dans le cadre de la transposition de la directive 2014/80/UE, portant sur l'azote et le phosphore contenus dans les eaux souterraines et présentant un risque d'eutrophisation pour les eaux de surface associées et les écosystèmes terrestres qui en dépendent directement, des valeurs ont également été définies pour les nitrites et orthophosphates en annexe 2 de cet arrêté.

En complément des normes et valeurs seuils fixées dans l'arrêté modifié de 2008, et afin de mener une évaluation approfondie de l'état chimique des eaux souterraines, d'autres valeurs seuils ont été fixées pour près de 80 autres paramètres (**cf. Annexe 1 Normes de qualité et valeurs seuils**).

Ces valeurs seuils nationales sont principalement basées sur des normes AEP (normes de qualité eaux brutes, arrêté du 11 janvier 2007). Pour les substances ne disposant pas de norme, ni dans la réglementation française, ni dans la réglementation européenne, les valeurs guides proposées par l'OMS ont été utilisées.

Afin d'harmoniser ces normes avec celles préconisées pour l'eau potable, pour quatre pesticides (aldrine, dieldrine, heptachlorépoxyde, heptachlore), la norme a été abaissée à 0,03µg/L dans le cadre de la mise en œuvre de la DCE au niveau français.

A noter que les aspects « écotoxicité » nécessitent d'être traités au cas par cas comme cela est évoqué dans le test Eaux de Surface. Les normes de qualité environnementale (NQE) fixées pour les cours d'eau par la directive 2008/105/CE (transposées dans l'arrêté modifié du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface)

sont en effet parfois trop contraignantes pour être appliquées systématiquement aux eaux souterraines sans que la présence et le transfert du polluant de la nappe vers le cours d'eau ne soient étudiés en détail.

➤ Les normes de qualité et valeurs seuils au niveau bassin

L'article 5 de l'[arrêté modifié du 17 décembre 2008](#) précise le rôle du préfet coordonnateur de bassin quant aux possibilités d'établir des normes de qualité plus strictes que celles établies dans son annexe I mais aussi de fixer, pour les polluants et indicateurs de pollution listés dans son annexe II et pour tout autre paramètre, d'autres valeurs seuils.

➤ La prise en compte du fond géochimique

Dans le cadre de la transposition de la directive 2014/80/UE portant sur le fond géochimique, l'article 4 de l'arrêté modifié du 17 décembre 2008 indique :

"Chaque fois que des concentrations de référence élevées de substances ou d'ions ou de leurs indicateurs sont enregistrées pour des raisons hydrogéologiques naturelles, ces concentrations de référence de la masse d'eau souterraine concernée sont prises en considération lors de l'établissement des valeurs seuils.

Pour fixer les concentrations de référence, les principes suivants sont à prendre en considération:

a) *la fixation des concentrations de référence devrait se fonder sur la caractérisation des masses d'eau souterraine conformément à l'annexe II de la directive 2000/60/CE ainsi que sur les résultats de la surveillance des eaux souterraines menée conformément à l'annexe V de ladite directive. La stratégie de surveillance et l'interprétation des données devraient tenir compte du fait que les conditions de circulation et les propriétés chimiques des eaux souterraines connaissent des variations aussi bien latérales que verticales;*

b) *lorsque les données de surveillance des eaux souterraines ne sont pas disponibles en quantité suffisante, il convient de rassembler davantage de données et, dans l'intervalle, de fixer les concentrations de référence à partir de ces données de surveillance limitées, le cas échéant à l'aide d'une méthode simplifiée utilisant un sous-ensemble d'échantillons pour lesquels les indicateurs ne révèlent aucune influence de l'activité humaine. Il y a lieu de prendre également en considération les informations sur les transferts et les processus géochimiques, lorsqu'elles sont disponibles;*

c) *en cas de données insuffisantes sur la surveillance des eaux souterraines et d'informations limitées sur les transferts et processus géochimiques, il convient de rassembler davantage de données et d'informations et, dans l'intervalle, d'effectuer une estimation des concentrations de référence, le cas échéant en se fondant sur des résultats statistiques de référence pour le même type de nappes aquifères."*

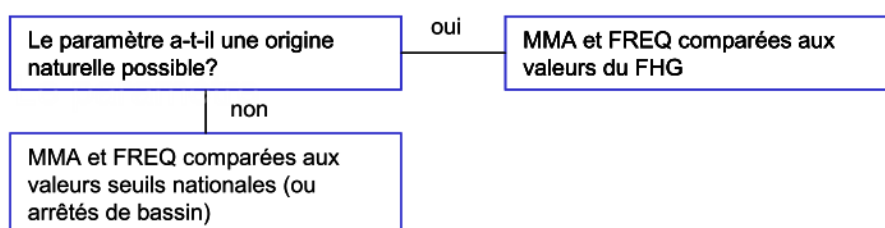


Figure 5 : Prise en compte des valeurs de fond hydrogéochimique dans l'analyse des dépassements

➤ L'évaluation de l'état chimique d'une masse d'eau souterraine est présentée dans le logigramme ci-dessous :

Si, pour chaque point d'eau, aucun dépassement n'est constaté et que la fréquence de dépassement de la valeur seuil ne dépasse pas 20 %, la masse d'eau est en bon état chimique.

Si une de ces conditions n'est pas respectée, des **tests pertinents** (correspondant à un risque identifié) sont à réaliser. Il s'agit de l'enquête appropriée. Les 5 tests de l'enquête appropriée sont : « qualité générale », « eaux de surface », « écosystèmes terrestres », « intrusion salée ou autre » et « zone protégée AEP ». Si un des cinq tests n'est pas respecté, la masse d'eau est en mauvais état chimique.

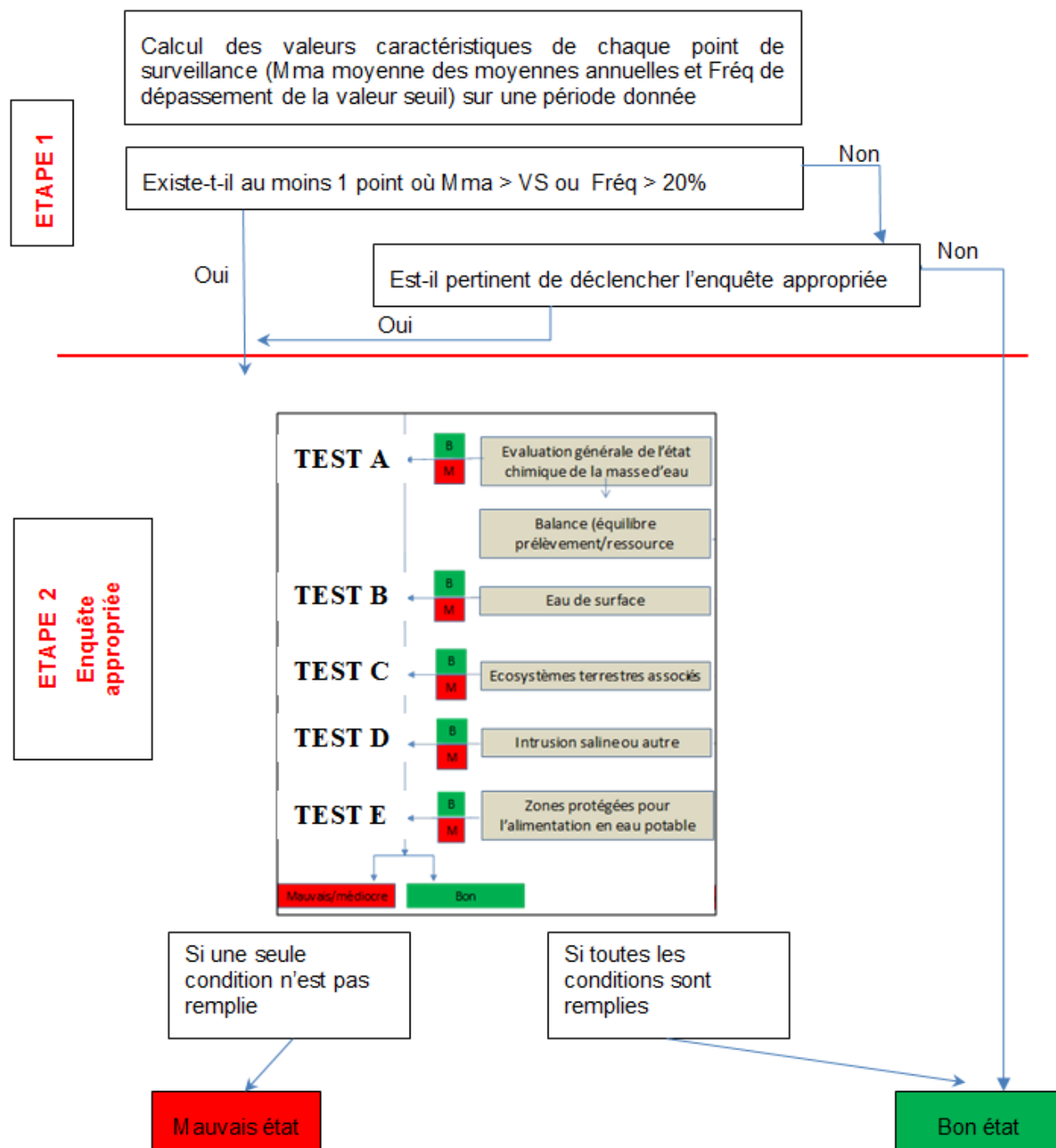


Figure 6 : Logigramme de l'évaluation de l'état chimique

5.1. ETAPE 1 : CALCUL DE LA MOYENNE PAR POINT

Un export des données qualité ADES (excepté les données des points de suivi des installations classées) a été réalisé sur la période 2011-2016. Pour chaque point d'eau et chaque paramètre, le calcul de la **Mma** (Moyenne des moyennes annuelles des concentrations du paramètre considéré) et de la **Fréq** (Fréquence de dépassement de la valeur seuil du paramètre considéré) a été réalisé puis comparé aux valeurs seuils ou normes de qualité de chacun des paramètres afin de conclure à d'éventuels dépassements.

Pour le calcul de la Mma :

- Il n'est pas fixé d'exigences quant au nombre de données nécessaires au calcul de la Mma. Cependant, le nombre de données disponibles pour effectuer le calcul de la Mma sera pris en compte lors de l'attribution du niveau de confiance.
- Pour les valeurs inférieures à la limite de quantification (LQ), la valeur de LQ/2 doit être prise en compte. Pour un paramètre et un point de surveillance donné, les résultats pour lesquels la LQ est supérieure à la valeur seuil (ou norme de qualité ou valeur du FHG) seront exclus du calcul de la moyenne. En revanche, les autres résultats pour le paramètre et le point de surveillance donné, pourront être utilisés pour le calcul de la Mma.
- Pour un paramètre et un point de surveillance donné, la LQ pouvant varier d'un échantillon à l'autre, la LQ à retenir pour les calculs est celle de chaque échantillon.
- Cas du calcul d'une somme de paramètres : pour un échantillon, si la concentration mesurée est inférieure à la LQ alors la valeur prise pour le calcul sera égale à 0. Dans le cas où toutes les concentrations mesurées sont inférieures à la LQ alors la somme sera égale à LQ max (soit la LQ la plus haute de la série).

Pour le calcul de la fréquence de dépassement :

Pour les micropolluants dont les résultats sont inférieurs à la limite de quantification (LQ), le calcul de la moyenne des moyennes annuelles n'est pas satisfaisant car l'effet d'une contamination est lissé dans le temps et dans l'espace et donc sous-estimé. Le calcul de la fréquence de dépassement permet de répondre à ce problème et a été introduit pour les points de surveillance dont la moyenne des moyennes annuelles ne dépasse pas la valeur seuil (ou norme). Il s'agit donc de vérifier que la proportion des concentrations mesurées au-dessus de la valeur seuil (ou norme) ne dépasse pas 20 % et, si tel est le cas, l'enquête appropriée est déclenchée. Même si ce calcul a été introduit pour les micropolluants, il est appliqué à tous les paramètres.

Pour ce calcul, les chroniques de données doivent compter au moins 5 valeurs sur la période considérée sinon le critère de 20 % ne pourra pas être appliqué.

Un point d'eau sera déclaré en bon état chimique si :

- La Mma ne dépasse pas la **valeur seuil** (VS) du paramètre étudié ; les valeurs seuils à prendre en compte sont les valeurs seuils européennes fixées par la directive, les valeurs seuils nationales de la circulaire 2012 et si existantes, les valeurs seuils régionales définies par masses d'eau dans les arrêtés PCB,
- et, la **fréquence de dépassement** de la valeur seuil (ou valeurs du FHG) (Freq) n'excède pas 20 %.

Si une de ces deux conditions n'est pas respectée, alors l'enquête appropriée est réalisée systématiquement.

Le **niveau de confiance** retenu pour ces calculs est :

- Elevé pour tous les points du réseau DCE,
- Moyen pour les points disposant d'au moins 3 analyses sur 3 années,
- Faible pour les autres cas.

5.2. ETAPE 2 : L'ENQUÊTE APPROPRIÉE

5.2.1. TEST A : QUALITÉ GÉNÉRALE DE LA MASSE D'EAU

Ce test vise à déterminer à l'échelle de la masse d'eau, si les dépassements de valeurs seuils (ou normes ou valeurs du FHG) constatés à l'étape 1 au niveau des points de surveillance sont considérés comme présentant un risque significatif pour l'environnement, en fonction de leur représentativité par rapport à la surface de la masse d'eau souterraine concernée.

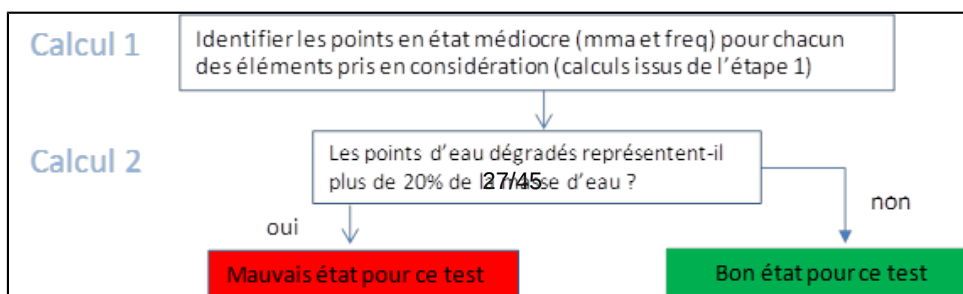


Figure 7 : Logigramme pour le test de qualité général

a) Lorsqu'une étude de représentativité des points a été effectuée :

Si la représentativité totale des points déclarés en état médiocre est inférieure à 20 % de la masse d'eau alors la masse d'eau est en bon état pour ce test pour cet élément. Dans le cas contraire où la représentativité totale des points déclarés en état médiocre est supérieure à 20 % (ou somme des points), alors la masse d'eau est en état médiocre pour ce test et pour cet élément.

b) Lorsqu'une étude de représentativité des points a été effectuée et que les points pris en compte représentent moins de 20 % de la masse d'eau ou **lorsqu'aucune étude de représentativité des points n'a été effectuée** :

- **Si le % de points déclarés en état médiocre est inférieur à 20 % du nombre de point total de la masse d'eau, alors la masse d'eau est en bon état pour ce test et pour cet élément.**

- **Dans le cas contraire où le % des points déclarés en état médiocre est supérieur à 20 %, alors la masse d'eau est en état médiocre pour ce test et pour cet élément.**

Dans tous les cas, une expertise basée notamment sur une visualisation cartographique des secteurs dégradés est réalisée afin de statuer sur l'état global de la masse d'eau (% de points dégradés, représentativité spatiale, points DCE, AEP ou autre, robustesse des données...)

Sur une même masse d'eau, divers éléments peuvent être à l'origine de l'état médiocre au point. Concernant les pesticides, si plusieurs molécules sont à l'origine d'un état médiocre sur les différents points d'une même masse d'eau, on considèrera chaque molécule comme un élément unique « pesticide ».

En ce qui concerne les paramètres nitrate et pesticide, pour les secteurs dépourvus de points de suivi, une analyse des pressions a permis de compléter l'analyse.

Sur la base des éléments de représentativité des points, du niveau de confiance de la Mma et d'analyse des pressions, un **indice de confiance** faible/moyen/fort argumenté est établi. En cas de difficulté d'analyse, l'indice de confiance retenu est :

- Faible pour les aquifères de socle et imperméable localement aquifère,
- Moyen pour les aquifères alluviaux,
- Fort pour les aquifères sédimentaires.

5.2.2. TEST B : ALTÉRATION DES EAUX DE SURFACE ASSOCIÉES

Ce test vise à déterminer dans quelle mesure le transfert de polluants de l'eau souterraine vers l'eau de surface est une entrave aux objectifs de la DCE. Le logigramme du test est présenté ci-dessous :

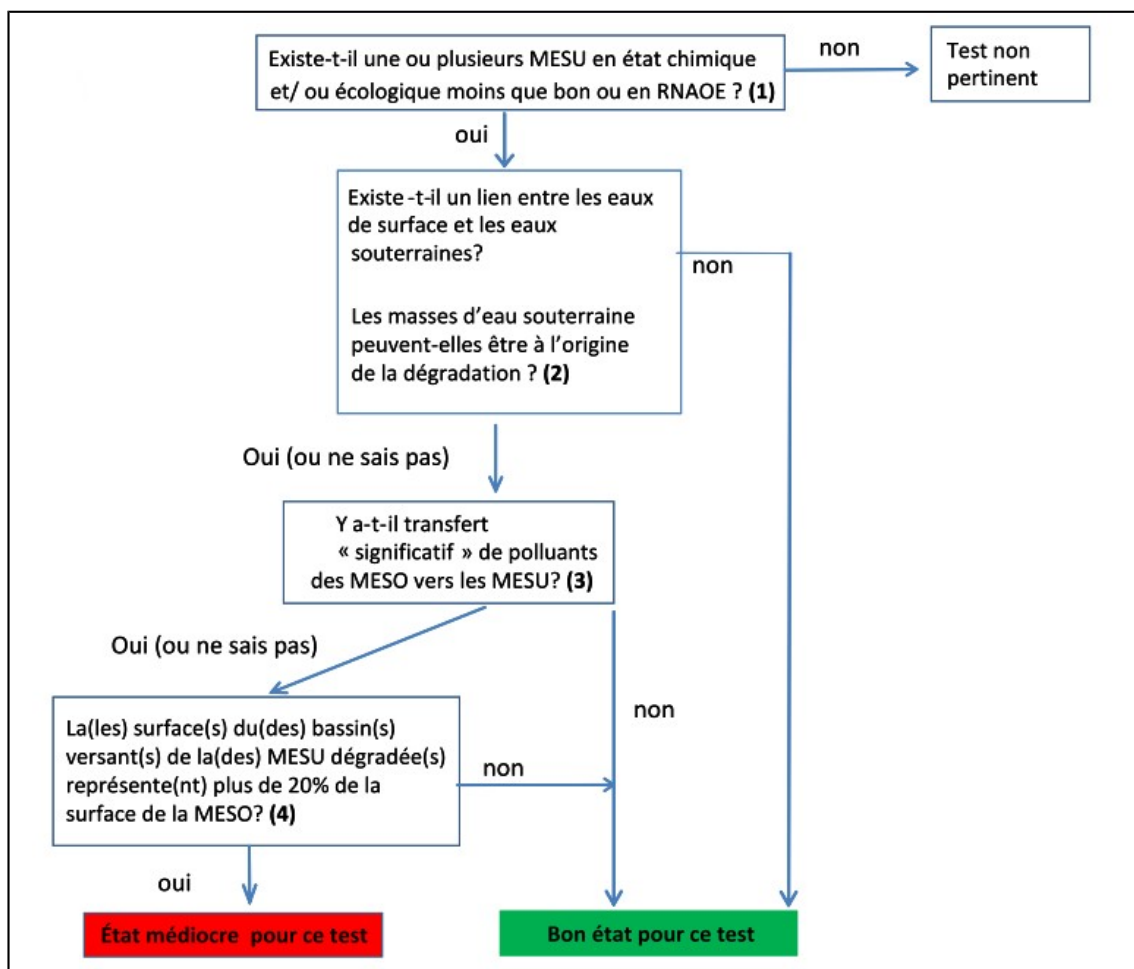


Figure 8 : Logigramme pour le test altérations des eaux de surface

Une attention spéciale est portée sur les éléments dont la **Norme de Qualité Environnementale (NQE)** est inférieure à la VS. En effet, pour ces éléments, l'étape 1 et le test « qualité générale » pourrait ne pas avoir permis de mettre en avant des éléments dissous dans les eaux souterraines susceptibles d'impacter fortement les eaux de surface. Le tableau ci-dessous liste les éléments concernés. Les éléments dont les NQE sont largement supérieurs aux VS ainsi que les éléments dont les possibilités de transfert des eaux souterraines vers les eaux de surface sont faibles n'ont pas été retenus. Les **19 paramètres** ci-dessous sont donc retenus pour ce test :

Famille	Paramètre	VS ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	NQE* ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	VS/(NQE ou limite de classe)
Métaux / métalloïdes et dérivés (en $\mu\text{g/L}$)	Zinc (EE)	5 000	7,8	641
	Cuivre (EE)	2 000	1	2000
	Cadmium (EC)	5	0,08-0,25	20-62,5
	Chrome (total) (EE)	50	3,4	14,7
	Arsenic (EE)	10	0,83	12
	Nickel (EC)	20	4	5
	Plomb (EC)	10	1,2	8,3
Nutriments / Sels / Composés ioniques / Eléments chimiques autres que métaux (en mg/L)	Nitrite (EE)	0,3	0,3	1
	Nitrate (EE)	50	50	1
	Ammonium (EE)	0,5	0,5	1
	Orthophosphates (EE)	0,5	0,5	1
Pesticides et métabolites de pesticides (en $\mu\text{g/L}$)	Aminotriazole (EE)	0,1	0,08	1,25
	Métazachlore (EE)	0,1	0,019	5,26
	Diflufenicanil (EE)	0,1	0,01	10
	Endosulfan (EC)	0,1	0,005	20
	Chlordécone (DOM)	0,1	5.10^{-6}	20000
	Dieldrine (EC)	0,03	$\Sigma 0,01^1$	3
HAP (en $\mu\text{g/L}$)	Benzo(a)pyrène (EC)	0,01	$1,7 10^{-4}$	58,8
	Toluène (EE)	700	74	9,5
Alkylphénols, nonylphénols et autres phénols (en $\mu\text{g/L}$)	Pentachlorophénol (EC)	9	0,4	22,5

Tableau 8: NQE et rapports VS/NQE pour les Substances de l'évaluation de l'état des eaux de surface et souterraines disposant d'une VS et d'une NQE et dont le transfert des eaux souterraines vers les eaux de surface est fortement probable (modifié d'après Cary et al.2015)

Par ailleurs, pour ce test, l'hypothèse est faite que toutes les masses d'eau libres de niveau 1 sont susceptibles d'apporter un flux de polluant vers les eaux de surface. La **valeur seuil utilisée ici pour ce test est la NQE**. Le test se déroule de la manière suivante :

- Identification des masses d'eau superficielles (MESU) et des masses d'eau souterraine (MESO) en mauvais état pour un des 19 paramètres ;
- Pour un paramètre considéré, pour chaque MESO en mauvais état, si la surface des bassins versants de MESU associés en mauvais état est supérieure à 20 % de la superficie de la MESO alors la MESO est déclarée en mauvais état pour ce test.

Le **niveau de confiance** retenu pour ce test est :

Niveau de confiance	Informations disponibles
Elevé	Plusieurs informations cohérentes listées ci-dessous, basées sur un jeu de données fiables et robustes, convergent vers la même conclusion: -les données, de bonne qualité, renseignent clairement sur la présence ou non du polluant dans la masse d'eau souterraine et la masse d'eau de surface, -le gradient hydraulique mesuré entre masse d'eau souterraine et masse d'eau de surface renseigne clairement sur la direction des écoulements entre ces deux hydrosystèmes, -des travaux de modélisation valident le modèle conceptuel et le transfert ou non de polluant
Moyen	-Seul un argument oriente la conclusion du test, des doutes subsistent sur l'origine de la pollution, -ou d'autres sources potentielles n'ont pas été vérifiées, -ou plusieurs informations sont disponibles mais ne convergent pas vers la même conclusion, -ou encore les données ne sont pas suffisantes ou discutables
Faible	-aucune donnée directe n'est disponible, -ou la conclusion du test est basée sur une analogie avec d'autres bassins, -ou plusieurs hypothèses subsistent quant à l'origine de la pollution

5.2.3. TEST C : ALTÉRATION DES ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES ASSOCIÉES

Ce test vise à déterminer s'il existe des cas d'altération des écosystèmes terrestres résultant d'un transfert de polluants depuis les eaux souterraines.

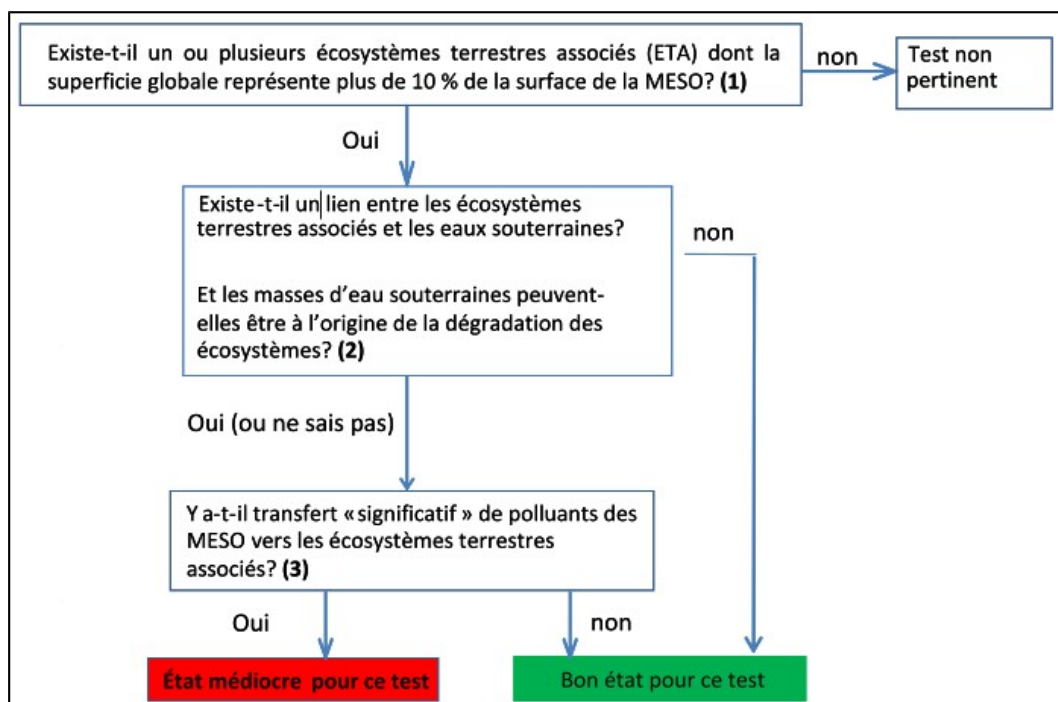


Figure 9 : Logigramme pour le test écosystèmes terrestres associés

Dans ce cadre, le Registre des Zones Protégées (RZP) et notamment les zones Natura 2000 liés à l'eau ont été mis à jour par la Dreal de bassin en 2018 et leur état de conservation est en cours d'évaluation à partir des informations de la base des données de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN - <https://inpn.mnhn.fr>).

En parallèle de cette évaluation, un questionnaire a été transmis aux Dreal, délégations de l'agence de l'eau ainsi qu'à d'autres organismes (Sage, FMA, INRA de Rennes...) pour recueillir des informations locales concernant des sites Natura 2000 significativement dégradés par un ou plusieurs polluants pouvant transiter par les eaux souterraines. Les sites reconnus à ce titre et documentés par des études hydrogéologiques sont ainsi recensés.

Questionnaire écosystèmes terrestres liés à l'eau : https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdJzOiIdON-nqFXUSuC7faQBfcHzKq5e-W2XxdHMhZOlMwFpA/viewform?usp=pp_url

Le **niveau de confiance** retenu pour ce test est :

Niveau de confiance	Informations disponibles
Elevé	Plusieurs informations cohérentes listées ci-dessous, basées sur un jeu de données fiables et robustes, convergent vers la même conclusion: -les données, de bonne qualité, renseignent clairement sur la présence ou non du polluant dans la masse d'eau souterraine et le ou les ETA -le gradient hydraulique mesuré entre masse d'eau souterraine et ETA renseigne clairement sur la direction des écoulements entre ces deux hydrosystèmes, -des travaux de modélisation valident le modèle conceptuel et le transfert ou non de polluant
Moyen	-Seul un argument oriente la conclusion du test, des doutes subsistent sur l'origine de la pollution, -ou d'autres sources potentielles n'ont pas été vérifiées, -ou plusieurs informations sont disponibles mais ne convergent pas vers la même conclusion, -ou encore les données ne sont pas suffisantes ou discutables
Faible	-aucune donnée directe n'est disponible, -ou la conclusion du test est basée sur une analogie avec d'autres bassins, -ou plusieurs hypothèses subsistent quant à l'origine de la pollution

5.2.4. TEST D : INTRUSION SALÉE

Ce test est identique pour l'évaluation de l'état chimique et celle de l'état quantitatif.

Ce test vise à déterminer si les pressions de prélèvements s'exerçant sur les eaux souterraines sont à l'origine d'une intrusion salée ou autre. La particularité de ce test est qu'il est lié à l'évaluation de l'état quantitatif et à l'identification à la hausse des polluants.

Selon le guide européen sur l'évaluation de l'état des eaux souterraines et des tendances (CIS, Guidance document N°18), quatre cas sont à étudier concernant les intrusions d'eau salée d'origine géologique ou marine ainsi que les drainances entre masses d'eau, y compris les flux provenant des eaux de surface. Il s'agit de l'intrusion saline d'origine marine, de la remontée d'eau connée, de la drainance ascendante des niveaux profonds riches en sels ou drainance depuis une masse d'eau adjacente contaminée et de l'intrusion d'eau de surface en état moins que bon ou salée.

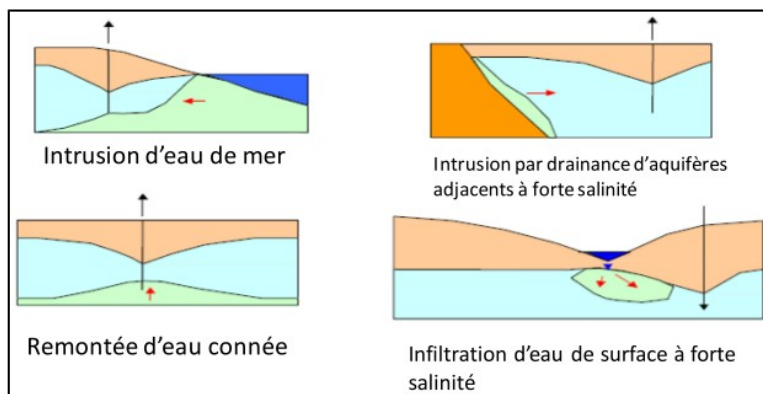


Figure 10 : Type d'intrusion saline ou autre (adapté de UKTAK paper)

Le logigramme du test intrusion salée est présenté ci-dessous.

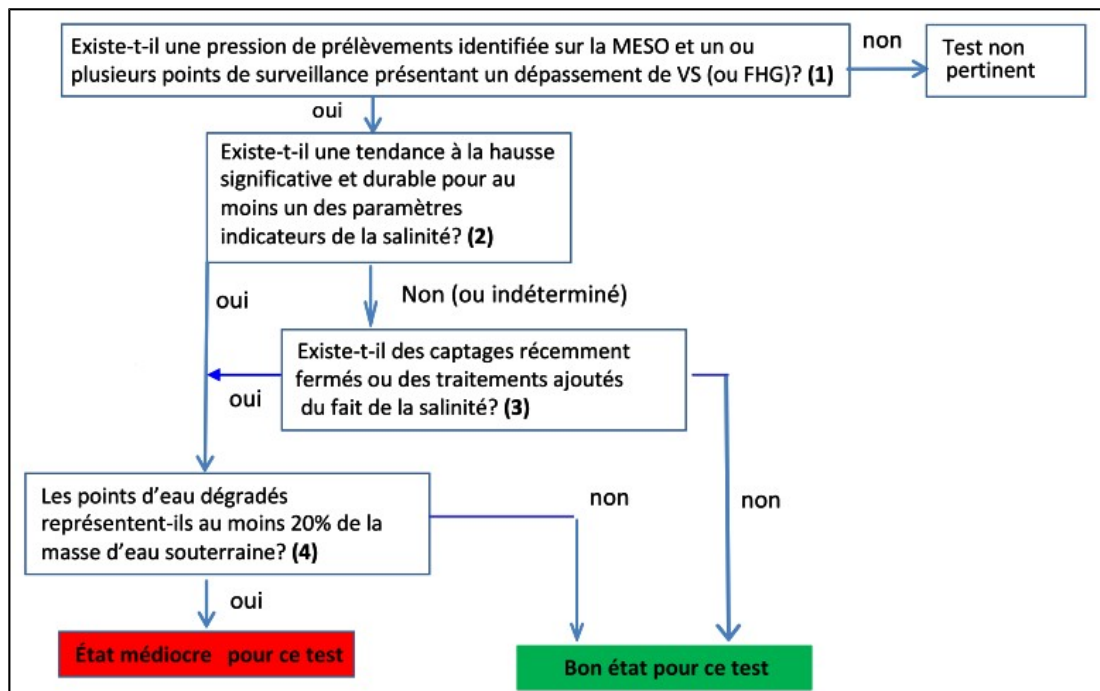


Figure 11 : Logigramme du test intrusion salée ou autre

En premier lieu, le résultat du test F « test Balance » réalisé dans le cadre de l'évaluation quantitative est utilisé pour évaluer la **pression de prélèvement** sur la masse d'eau considérée.

Pour les masses d'eau pour lesquelles une pression de prélèvement a été identifiée, on recherche alors :

- Les paramètres qui présentent un dépassement de la valeur seuil et une tendance à la hausse significative et durable. Les paramètres indicateurs de la salinité sont la conductivité, Cl, Na, SO₄, B, Br pour la salinité liée à l'eau de mer (actuelle ou ancienne, eau connée) auxquels s'ajoutent l'As, Ba, Sb, Cd, Fe, Mn, Cu, Pb, Se, U et Zn dans le cas de drainage d'eau provenant d'aquifères profonds fortement minéralisés ou infiltration d'eau de surface fortement minéralisée.
- Les captages AEP récemment fermés ou dont le traitement a été modifié du fait de la salinité.

Si les points d'eau dégradés représentent plus de 20 % de la masse d'eau, celle-ci est déclarée en mauvais état pour ce test.

Le **niveau de confiance** pour ce test est fondé sur la disponibilité des données permettant l'estimation des tendances et l'analyse des dépassements des valeurs seuils :

- si au minimum 6 points représentatifs de la MESO présentent une chronique d'au moins 10 ans avec 1 donnée par an pour l'estimation des tendances et que par ailleurs, les liens avec l'évolution des pressions sont clairs alors le niveau de confiance est élevé,
- si peu de points de surveillance existent ou si l'évaluation est menée à partir d'un modèle conceptuel alors le niveau de confiance est faible.

5.2.5. TEST E : ZONES PROTÉGÉES POUR L'AEP

Ce test vise à évaluer la dégradation des eaux souterraines utilisées pour les captages d'eau potable fournissant plus de 10 m³/j ou desservant plus de 50 habitants, en considérant le niveau de traitement de l'eau avant distribution, les signes de dégradation de la qualité de la masse d'eau (abandons de captages par exemple) et les tendances à la hausse de polluants :

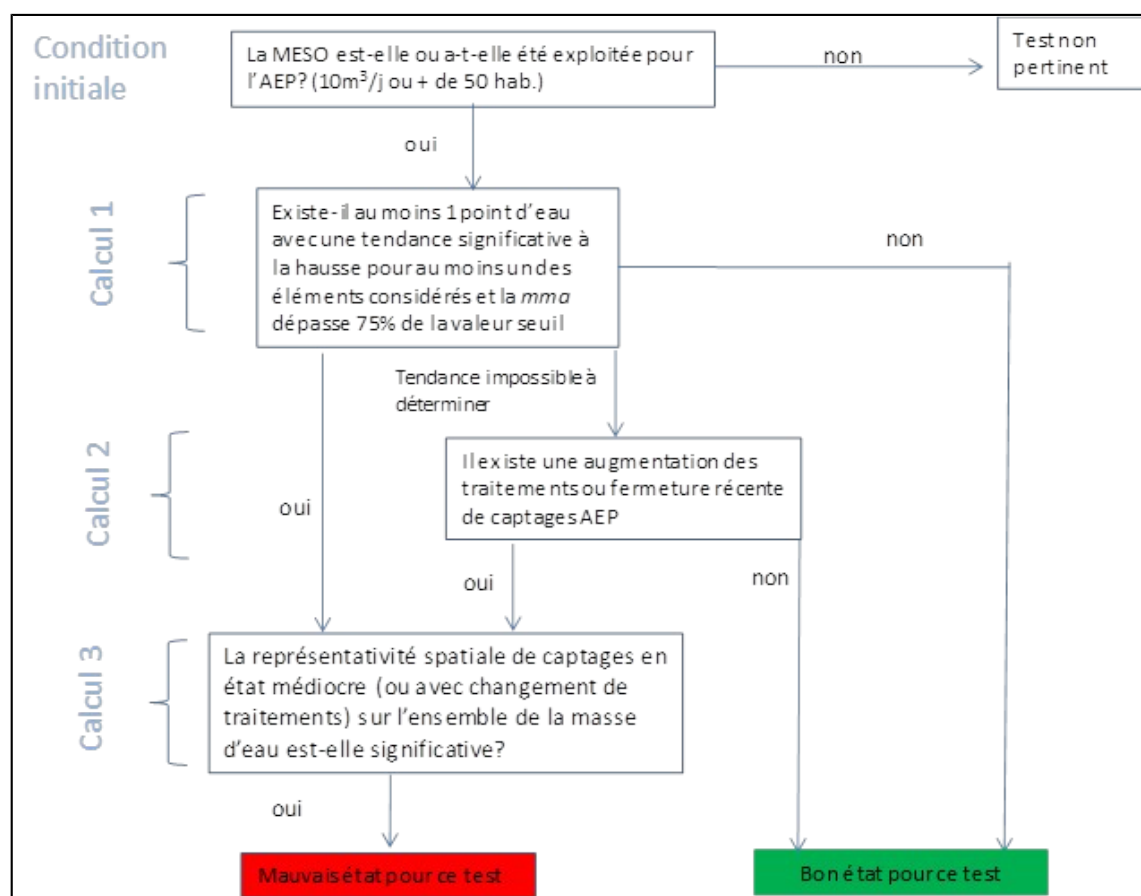


Figure 12 : Logigramme pour le test AEP

Les masses d'eau souterraine exploitées pour l'AEP et pour lesquelles il existe des points de captages dont l'Mma dépasse 75 % de la valeur seuil, il est procédé à une analyse des tendances ou à l'étude des changements de traitements et abandons de captage AEP pour étudier enfin la représentativité des points dégradés par rapport aux MESO.

Pour les points de captages où sont constatés pour un ou plusieurs des paramètres des Mma dépassant 75% de la valeur seuil, une analyse de tendances et d'inversion récente (à compter de la première année de la période de référence) est réalisée.

Lorsque qu'il n'est pas possible de définir une tendance d'évolution pour la majorité des points de captages dont la Mma dépasse 75 % de la valeur seuil, les informations suivantes sont soumises à expertise :

- Nombre et localisation des captages abandonnés, dates et motifs d'abandon,
- Augmentation du degré de traitement,
- Recours à un mélange pour distribuer une eau conforme à la réglementation.

S'il existe une tendance à la hausse sans inversion de pente (ou une tendance à la baisse sur l'ensemble de la chronique mais une inversion de tendance récente) ou si les traitements ont augmenté ou que des abandons de captages du fait d'une pollution ont été notés depuis le dernier cycle de gestion, la représentativité des points de captages dégradés par rapport à la MESO considérée est étudiée selon un rapport de 20 %.

Une masse d'eau est en état médiocre pour ce test si :

- Il existe une tendance à la hausse significative et durable d'un ou plusieurs paramètres (ou une tendance à la baisse sur l'ensemble de la chronique mais une inversion de tendance récente) dont les MMA dépassent 75 % de la valeur seuil ;

OU

- des signes avérés de dégradation de la qualité de la masse d'eau (abandons de captage, changement dans le niveau de traitement de l'eau avant distribution) ;

ET

- plus de 20% des points de captages AEP (ou représentant 20 % de la surface de la MESO) sont en état médiocre.

Le **niveau de confiance** est fondé sur la disponibilité des données permettant l'analyse des dépassements des Mma et l'évaluation des tendances.

Dans le cas où les tendances d'évolution des paramètres considérés peuvent être déterminées à partir de chroniques suffisantes et que la représentativité des points de captages AEP est satisfaisante, le niveau de confiance attribué est élevé. Dans les autres cas, il sera considéré comme faible.

6. REGLES D'EVALUATION DE L'ETAT QUANTITATIF DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE

Les objectifs fixés par la directive du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau dite Directive Cadre sur l'Eau (DCE) pour atteindre le bon état quantitatif sont :

- d'assurer un équilibre sur le long terme entre les volumes s'écoulant au profit des autres milieux ou d'autres nappes, les volumes captés et la recharge de chaque nappe,
- d'éviter une altération significative de l'état chimique et/ou écologique des eaux de surface liée à une baisse d'origine anthropique du niveau piézométrique,
- d'éviter une dégradation significative des écosystèmes terrestres dépendants des eaux souterraines en relation avec une baisse du niveau piézométrique,
- d'empêcher toute invasion saline ou autre liée à une modification d'origine anthropique des écoulements.
- Une masse d'eau souterraine n'est en bon état que si tous ces objectifs sont respectés.

En droit français, ces objectifs sont repris dans l'arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines.

Le bon état d'une masse d'eau souterraine défini à l'[article R. 212-12 du code de l'environnement](#) résulte de la combinaison de critères à la fois qualitatifs et quantitatifs.

"L'état d'une eau souterraine est défini par la moins bonne des appréciations portées respectivement sur son état quantitatif et sur son état chimique.

L'état quantitatif d'une eau souterraine est considéré comme bon lorsque les prélèvements ne dépassent pas la capacité de renouvellement de la ressource disponible, compte tenu de la nécessaire alimentation en eau des écosystèmes aquatiques de surface et des zones humides directement dépendantes en application du principe de gestion équilibrée énoncé à l'article L.211-1.

L'état chimique d'une eau souterraine est considéré comme bon lorsque les concentrations en polluants dues aux activités humaines ne dépassent pas les normes définies par arrêté du ministre chargé de l'environnement et n'empêchent pas d'atteindre les objectifs fixés pour les eaux de surface alimentées par cette masse d'eau souterraine et lorsqu'il n'est constaté aucune intrusion d'eau salée " ou autre " due aux activités humaines ».

L'évaluation de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine est déterminée par 4 tests réalisés selon le logigramme ci-dessous :

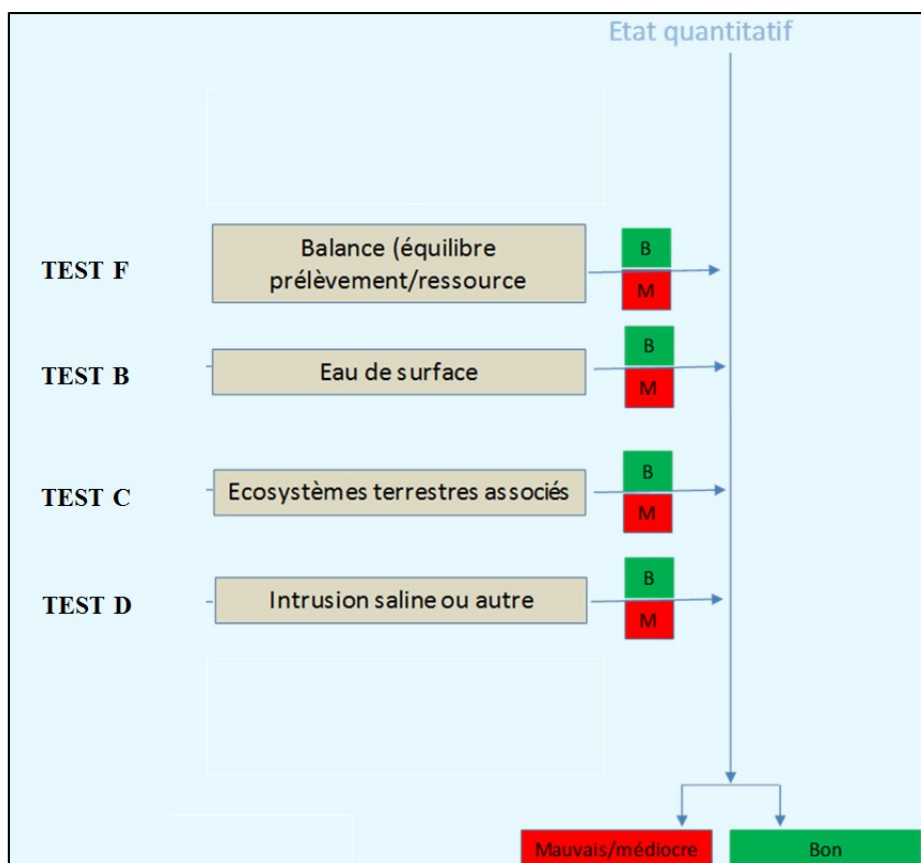


Figure 13 : Logigramme de l'évaluation de l'état quantitatif

6.1. ETAPE 1 : TEST BALANCE (OU ÉQUILIBRE PRÉLÈVEMENT RESSOURCE)

Ce test permet d'évaluer l'équilibre entre la ressource disponible et les prélèvements, il s'effectue à l'échelle globale de la masse d'eau.

Ce test comprend deux calculs indépendants et un organigramme qui permet la caractérisation de l'état de la masse d'eau pour ce test.

- **Calcul des tendances piézométriques au point**

Pour appuyer l'évaluation de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine, les tendances piézométriques ont été calculées sur la période 2005-2017 (**2 cycles DCE**). Les piézomètres étudiés sont ceux des réseaux de suivi DCE ainsi des réseaux considérés comme représentatifs par les acteurs des bassins :

Code SANDRE	Abréviation	Nom
0000000070	FR_SOP	Surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines de la France
0000000029	RNESP	Réseau patrimonial national de suivi quantitatif des eaux souterraines
0000000073	RNESOUPMOBRGM	Réseau national de suivi quantitatif des eaux souterraines sous MO BRGM

Tableau 9 : Réseaux pris en compte dans le calcul des tendances piézométriques

La méthode de calcul des tendances correspond à celle préconisée dans le « Guide tendance » :

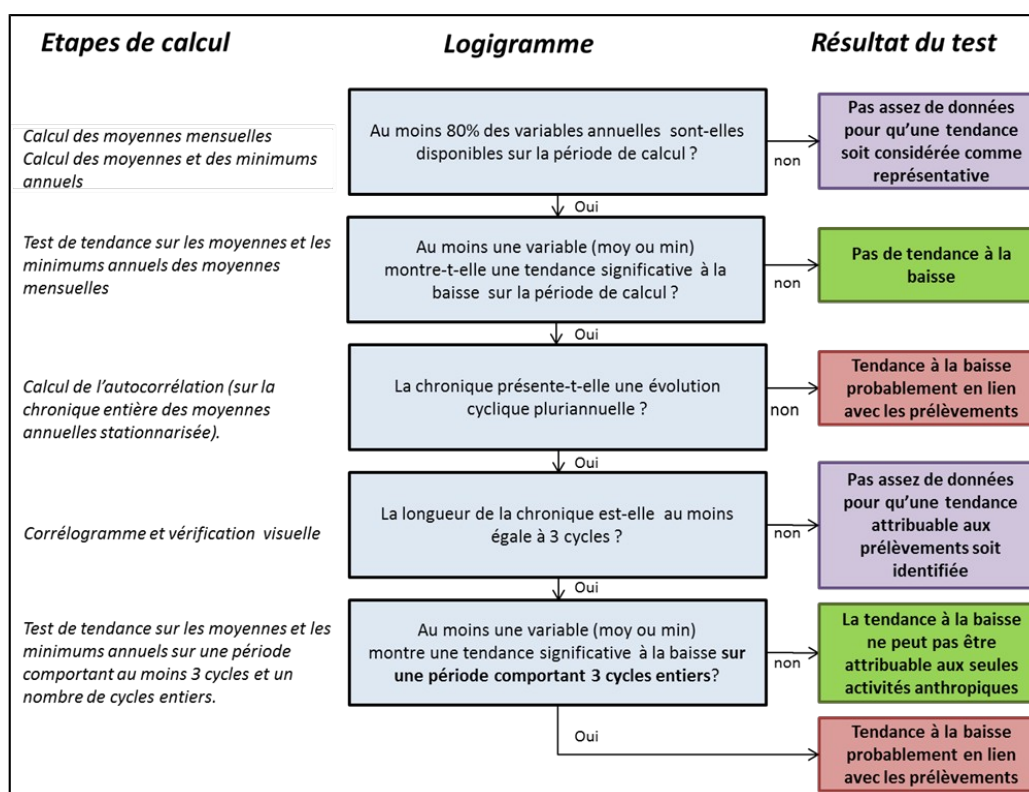


Figure 14 : Procédure de calcul des tendances piézométriques

Une tendance est recherchée sur un point si et seulement s'il dispose de données suffisantes, c'est-à-dire si 80 % des moyennes annuelles peuvent être calculées sur la période de recherche de tendance (c'est-à-dire au moins 10 moyennes annuelles sur la période 2005-2017) sachant :

- qu'une moyenne annuelle peut être calculée à partir du moment où 80 % des moyennes mensuelles sont disponibles (10 mois sur 12) ;
- qu'une moyenne mensuelle peut être calculée à partir du moment où au moins une donnée est disponible.

Un **test de Mann-Kendall** est réalisé sur les moyennes et minimums des moyennes mensuelles sur la période 2005-2017.

Une tendance est considérée comme significative si la p-value de ce test est inférieure à 0,05.

Si aucune tendance à la baisse significative n'est détectée (tendance à la hausse ou pas de tendance significative) sur les moyennes et les minimums, le résultat du test est : « **pas de tendance à la baisse** » et il n'est pas nécessaire d'effectuer les étapes suivantes.

Si une tendance à la baisse est identifiée sur les minimums et/ou sur les moyennes, une étape supplémentaire est réalisée afin d'identifier les tendances à la baisse qui pourraient être dues à l'observation d'une période trop courte sur un piézomètre présentant des **cycles pluriannuels**. Afin d'identifier les chroniques pour lesquelles les baisses significatives sont susceptibles d'être liées à la présence de cycles, les piézomètres présentant des évolutions cycliques pluriannuelles ont été identifiés et caractérisés. Pour cela, l'**autocorrélation** des séries piézométriques est calculée. Si une évolution cyclique est confirmée, on considérera que **l'on peut calculer une tendance si et seulement si des données sont disponibles sur une période de 3 cycles complets**.

Vérification visuelle des résultats à l'aide des graphiques : Sur toutes les chroniques identifiées comme ayant une tendance significative à la baisse suite à cette procédure, les graphiques ont été regardés un à un, afin de déceler d'éventuelles ruptures dans la chronique (qui pourraient traduire un changement de repère par exemple) et des variations brusques qui pourraient traduire l'influence d'un pompage proche ou encore des chroniques ayant visiblement un comportement inertiel non identifié par l'autocorrélation. Sur 116 chroniques, 15 présentent ainsi des caractéristiques qui peuvent remettre en question la significativité de la tendance observée. Une étude plus détaillée est alors nécessaire pour conclure.

- **Calcul de la pression de prélèvement**

Pour les nappes libres, la pression de prélèvement est égale au ratio **Moyenne des volumes annuels prélevés / Moyenne de la recharge**. Le rapport 67212-FR du BRGM préconise des seuils de pression quantitative potentielle selon le type de masse d'eau :

Type de MESO	Ratio - Seuil de pression quantitative potentielle
DS	15%
A	15%
IL	5%
EV	5%
S	3%

Tableau 10 : Seuil de pression quantitative par type de MESO

Pour les nappes captives, le ratio correspond à **Moyenne des volumes annuels prélevés / Surface de la masse d'eau**. Cependant, aucune qualification de la pression ne peut être donnée à partir de ce ratio.

- **Une masse d'eau sera déclarée en mauvais état pour ce test si :**

- **Nappes libres** : il existe une tendance piézométrique statistiquement significative à la baisse du fait de prélèvements anthropiques sur plus de 20 % de la masse d'eau ET que le rapport

prélèvements / recharge est supérieur aux valeurs guides et/ou est trop élevé au vu des enjeux (ZRE ...)

- Nappes captives : Sur la base d'outils de modélisation et de dire d'expert, les MESO sur lesquelles le calcul des bilans annuels à moyen et long termes (plusieurs décennies à minima) fait apparaître une diminution de la réserve, qui remet en cause la pérennité de la ressource, sont considérées en état médiocre.

Le **niveau de confiance** de l'évaluation retenu est considéré comme élevé dans les cas suivants :

- nappes libres pour lesquelles un calcul de tendance est possible (chronique incluant plus de 3 cycles dans le cas d'un fonctionnement pluriannuel) et présentant des données de prélèvements suffisantes ;
- nappes libres ou captives disposant de modèles hydrogéologiques.

6.2. ETAPE 2 : TEST EAUX DE SURFACE

Ce test vise à identifier les MESO pour lesquelles les prélèvements sont jugés responsables d'une dégradation de l'état écologique des eaux de surface ou d'un risque de non atteinte des objectifs environnementaux.

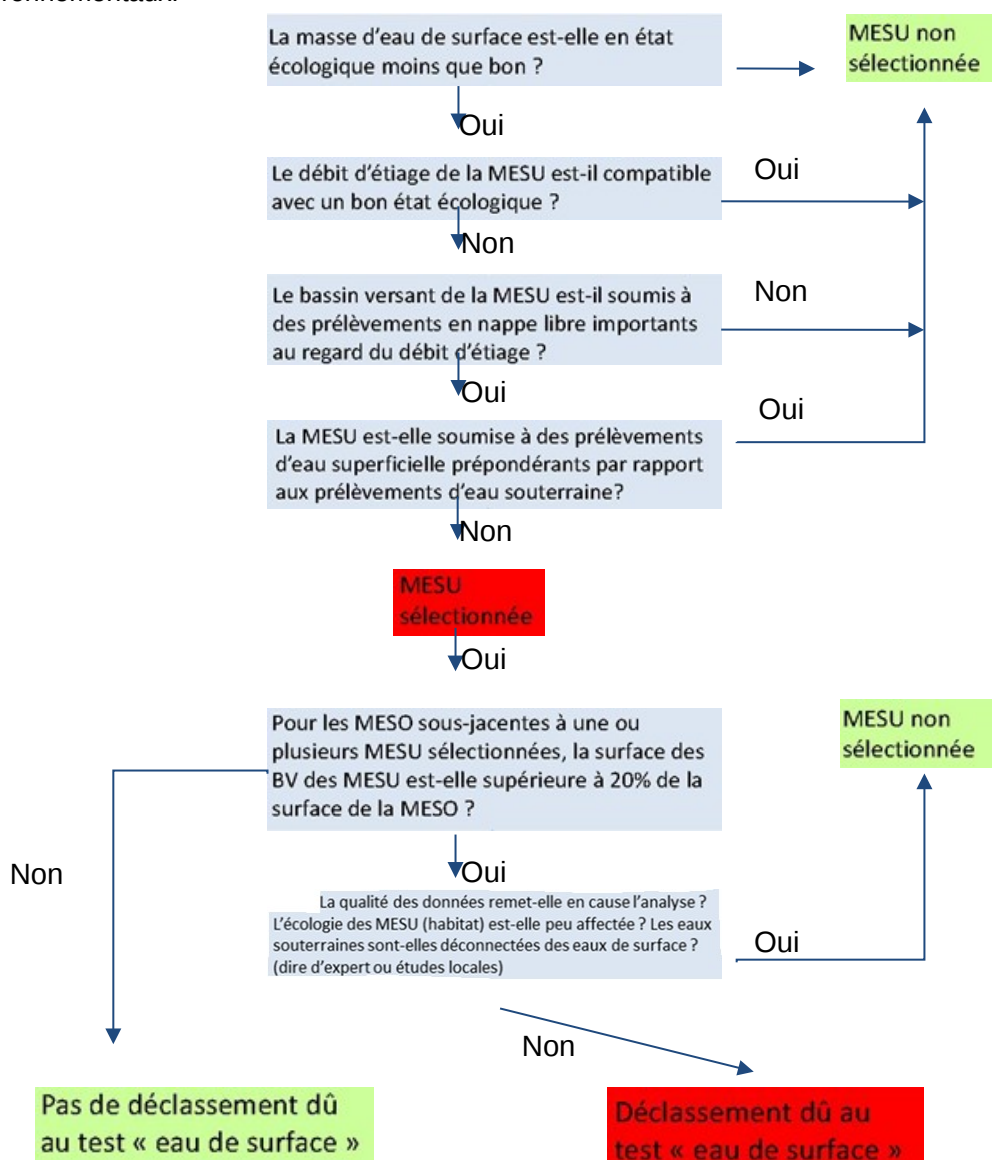


Figure 15 : Logigramme pour le test eaux de surface

La MESU est-elle en état écologique moins que bon ?

Les MESU en état écologique moins que bon, c'est-à-dire celles qui sont classées en 3, 4 et 5 dans la table d'état des masses d'eau superficielles (hors diatomées seules) ont été sélectionnées.

Le débit d'étiage de la MESU est-il compatible avec un bon état écologique ?

« L'article L.214-18 du code de l'environnement, modifié par la LEMA du 30 décembre 2006, prévoit le maintien, pour tout ouvrage construit dans le lit d'un cours d'eau, d'un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivantes. Ce débit minimal ne doit pas être **inférieur au dixième du module du cours d'eau en aval immédiat ou au droit de l'ouvrage** »

Sur cette base, un débit minimal correspondant au dixième du module doit être compatible avec un bon état écologique. Ainsi, les MESU en état écologique moins que bon mais avec un débit d'étiage supérieur au dixième du module ne sont pas sélectionnées pour ce test (on considère que le débit est suffisant et qu'il n'explique pas l'état écologique moins que bon de la masse d'eau superficielle).

Le bassin versant de la MESU est-il soumis à des prélèvements en nappe libre importants au regard du débit d'étiage ?

➤ Données utilisées :

On ne considère ici que les prélèvements en nappe libre (et les volumes réellement consommés), en faisant l'hypothèse que cette nappe est connectée au cours d'eau.

Les prélèvements considérés sont les **volumes prélevés réellement consommés en période d'étiage** (les volumes non consommés étant restitués au milieu naturel) :

- 100 % des prélèvements agricoles (volumes annuels prélevés / 3). On considère des prélèvements effectués sur 3 mois (juin, juillet, août) ;
- 20 % des prélèvements AEP (volumes prélevés / 12 mois) ;
- 7 % des prélèvements industriels (volumes prélevés / 12 mois).

Les volumes consommés (ramenés en débit soit Q_{cons_nappe}) sont extraites de la BDD du service « Planification ». Seuls les prélèvements en nappe libre sont considérés.

*NB : Les $Q_{consommés}$ identifiés en RO et RP (réserve alimentée par source et réserve alimentée par nappe) ne sont pas à prendre en compte. On considère que les prélèvements ne se font que l'hiver (non impactant pour les cours d'eau). Sur Loire-Bretagne, seul un volume égal à la capacité de la retenue peut être affecté à un remplissage hivernal, **le volume supplémentaire déclaré doit être affecté à la période d'irrigation et fait partie des prélèvements en eau souterraine** (les pompages de remplissage étant interdit à cette période).*

Par ailleurs, seuls 80 % des prélèvements en eau souterraine sont pris en compte ; on fait l'hypothèse que 20 % des prélèvements concerne des ouvrages suffisamment éloignés des cours d'eau ou suffisamment profond pour ne pas impacter le débit du cours d'eau en période d'étiage.

➤ Le BV de la MESU est-il soumis à des prélèvements d'eau souterraine important au regard du débit d'étiage ?

Calcul des ratios $Q_{cons_nappe} / Q_{étiage\ observé}$ et cartographie (classes de valeurs 0-20 / 20-30 / 30-40 / >50 %). $Q_{étiage\ observé}$ est issu des calculs de Pégase (AELB).

A ce stade, il est difficile de statuer sur la classe de valeurs à prendre en compte pour sélectionner les MESU (20, 30, 40 % ?) sans avoir un retour des acteurs de terrain (constat des conflits d'usage / faible débit du cours d'eau en lien avec l'état écologique). Nous considérons, à dire d'expert, qu'**à partir de 20 %-30 % du débit d'étiage, les prélèvements d'eau souterraine sont impactant sur l'état écologique du cours d'eau**. Au final, les BV MESU qui présentent un ratio $Q_{consommé} / Q_{étiage\ observé} > 25 \%$ ont été sélectionnés.

La MESU est-elle soumise à des prélèvements d'eau superficielle prépondérants par rapports aux prélèvements d'eau souterraine ?

Les MESU pour lesquelles les prélèvements d'eau superficielle représentent plus de **60 %** des prélèvements totaux sur le BV de la MESU ne sont pas sélectionnées.

On considère ici que les prélèvements en eau de surface (et non en eau souterraine) sont susceptibles d'altérer l'état écologique. Le guide indique le calcul suivant :

Pour les MESO sous-jacentes à une ou plusieurs MESU sélectionnées, la surface des BV MESU est-elle supérieure à 20 % de la surface de la MESO ?

Les MESU sélectionnés (état écologique moins que bon **et** débit étiage $< 1/10^{\text{ème}}$ module + prélèvement eau souterraine $> 40\%$ des prélèvements totaux + prélèvement eau souterraine $> 25\%$ du débit d'étiage observé) représentent-elles une surface supérieure à **20% de la MESO** sur laquelle elles se trouvent ? Si oui, la MESO est en mauvais état pour ce test.

Expertise des résultats :

A la fin du test et selon les résultats, des connaissances locales peuvent être utilisées pour confirmer ou non les résultats obtenus :

- déconnexion ESO/ESU avérée,
- connaissance d'autres pressions que celle des prélèvements,
- existence de ZRE, arrêts sécheresses récurrents, assecs récurrents (ONDE),
- cohérence superficie et localisation des MESU sélectionnées et des MESO,
- localisation des prélèvements (éventuellement localisés à l'extérieur de la MESO)...

Le **niveau de confiance** est considéré comme élevé si l'on dispose d'études locales des relations nappes-rivières ou de modélisations hydrodynamiques prenant en compte les relations nappes-rivières ou si le test a pu être déroulé dans sa totalité avec un nombre de données/informations suffisantes. Dans les autres cas, il est considéré comme faible.

6.3. ETAPE 3 : TEST ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES ASSOCIÉS

Ce test vise à déterminer s'il existe des cas d'altération des écosystèmes terrestres résultant d'un déséquilibre quantitatif des eaux souterraines

Les sites à prendre en compte sont :

- les sites Natura 2000 (regroupant les Zones de Protection Spéciale et les Zones Spéciales de Conservation instaurées respectivement par la directive Oiseaux 79/409/CEE et la directive Habitats 92/43/CEE) ;
- tout autre écosystème terrestre dont la valeur écologique et socio-économique est reconnue (sites convention de Ramsar, zones humides d'importance majeure, ZNIEFF,...).

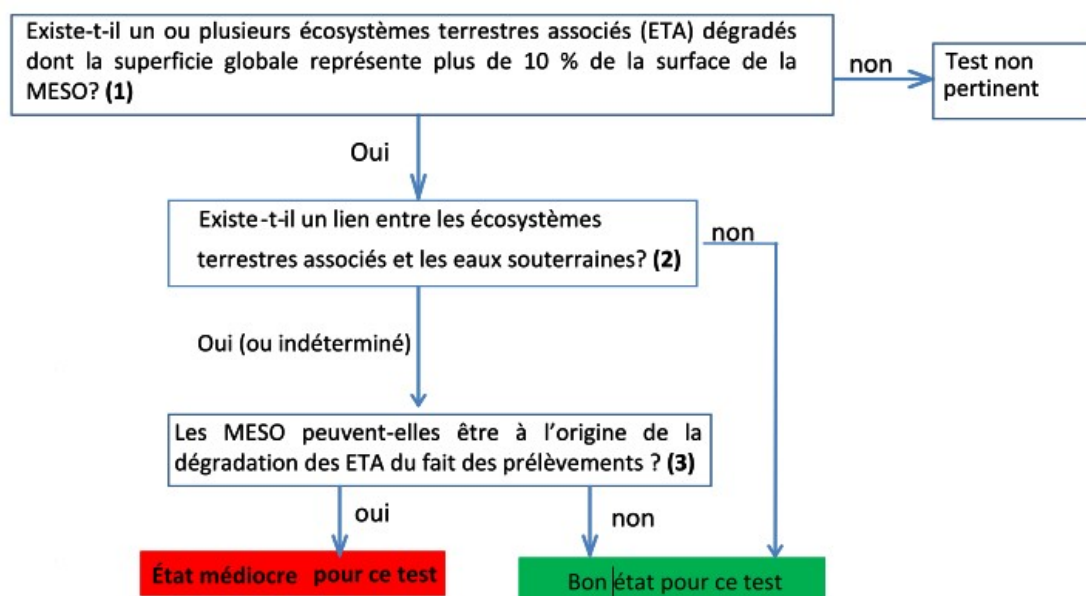


Figure 16 : Logigramme du test quantitatif écosystèmes terrestres associés

Dans ce cadre, le Registre des zones Protégées (RZP) et notamment les zones Natura 2000 liés à l'eau ont été mis à jour par la Dreal de bassin en 2018 et leur état de conservation est en cours d'évaluation à partir des informations de la base des données de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN - <https://inpn.mnhn.fr>).

En parallèle de cette évaluation, un questionnaire a été transmis aux Dreal, délégations de l'agence de l'eau ainsi qu'à d'autres organismes (Sage, FMA, INRA de Rennes, ...) pour recueillir des informations locales concernant des sites Natura 2000 significativement dégradés par un changement de niveau des nappes. Les sites reconnus à ce titre et documentés par des études hydrogéologiques sont ainsi recensés.

Questionnaire écosystèmes terrestres liés à l'eau : https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdJzOiIdON-nqFXUSuC7faQBfcHzKq5e-W2XxdHMhZOIMwFpA/viewform?usp=pp_url

6.4. ETAPE 4 : INTRUSION SALÉE OU AUTRE

Ce test est identique pour l'évaluation de l'état chimique et celle de l'état quantitatif.

Ce test vise à déterminer si les pressions de prélèvements s'exerçant sur les eaux souterraines sont à l'origine d'une intrusion salée ou autre. La particularité de ce test est qu'il est lié à l'évaluation de l'état quantitatif et à l'identification à la hausse des polluants.

Selon le guide européen sur l'évaluation de l'état des eaux souterraines et des tendances (CIS, Guidance document N°18), quatre cas sont à étudier concernant les intrusions d'eau salée d'origine géologique ou marine ainsi que les drainances entre masses d'eau, y compris les flux provenant des eaux de surface. Il s'agit de l'intrusion saline d'origine marine, de la remontée d'eau connée, de la drainance ascendante des niveaux profonds riches en sels ou drainance depuis une masse d'eau adjacente contaminée et de l'intrusion d'eau de surface en état moins que bon ou salée.

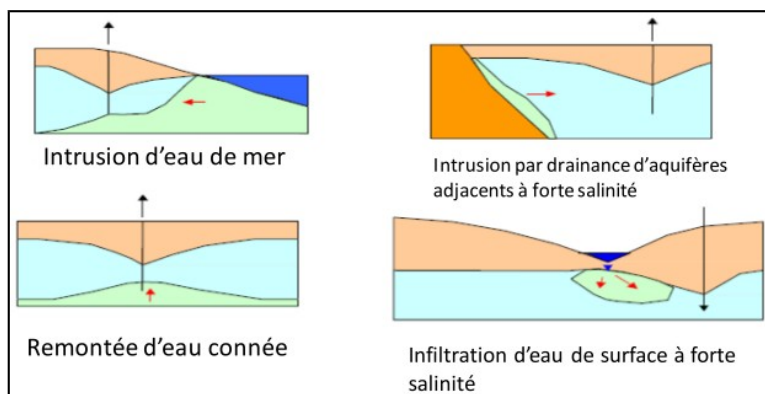


Figure 17 : Type d'intrusion saline ou autre (adapté de UKTAK paper)

Le logigramme du test intrusion salée est présenté ci-dessous.

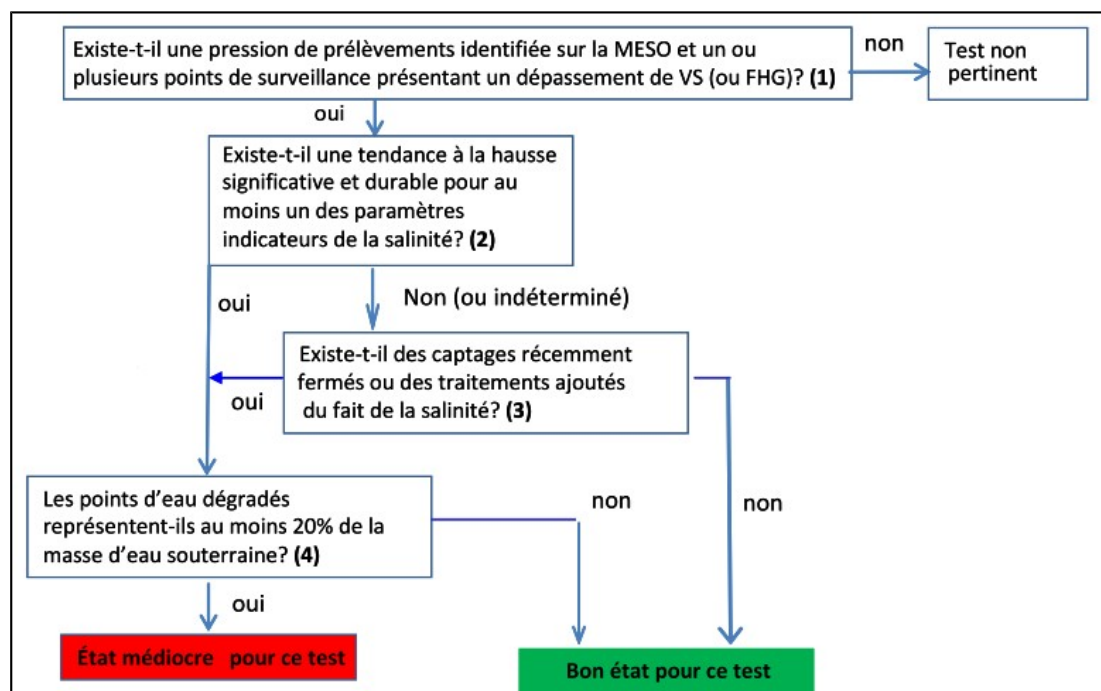


Figure 18 : Logigramme du test intrusion salée ou autre

En premier lieu, le résultat du test F « test Balance » réalisé dans le cadre de l'évaluation quantitative est utilisé pour évaluer la **pression de prélèvement** sur la masse d'eau considérée.

Pour les masses d'eau pour lesquelles une pression de prélèvement a été identifiée, on recherche alors :

- Les paramètres qui présentent un dépassement de la valeur seuil et une tendance à la hausse significative et durable. Les paramètres indicateurs de la salinité sont la conductivité, Cl, Na, SO₄, B, Br pour la salinité liée à l'eau de mer (actuelle ou ancienne, eau connée) auxquels s'ajoutent l'As, Ba, Sb, Cd, Fe, Mn, Cu, Pb, Se, U et Zn dans le cas de drainage d'eau provenant d'aquifères profonds fortement minéralisés ou infiltration d'eau de surface fortement minéralisée ;
- Les captages AEP récemment fermés ou dont le traitement a été modifié du fait de la salinité.

Si les points d'eau dégradés représentent plus de 20 % de la masse d'eau, celle-ci est déclarée en mauvais état pour ce test.

Le **niveau de confiance** pour ce test est fondé sur la disponibilité des données permettant l'estimation des tendances et l'analyse des dépassements des valeurs seuils:

- si au minimum 6 points représentatifs de la MESO présentent une chronique d'au moins 10 ans avec 1 donnée par an pour l'estimation des tendances et que par ailleurs, les liens avec l'évolution des pressions sont clairs alors le niveau de confiance est élevé,
- si peu de points de surveillance existent ou si l'évaluation est menée à partir d'un modèle conceptuel alors le niveau de confiance est faible.

7. IDENTIFICATION ET INVERSION DES TENDANCES A LA HAUSSE SIGNIFICATIVES ET DURABLES DE DEGRADATION DE L'ETAT CHIMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES

L'inversion de toute tendance à la hausse, significative et durable, de la concentration de tout polluant dans les eaux souterraines résultant de l'impact de l'activité humaine (tendances à la hausse par la suite) est un des objectifs environnementaux de la directive cadre sur l'eau (DCE). Les États Membres doivent mettre en place les mesures nécessaires pour répondre à cet objectif, spécifique aux eaux souterraines.

Cela signifie donc que pour les masses d'eaux souterraines, **en plus de l'exercice d'évaluation de leur état (qualitatif et quantitatif), un exercice spécifique d'identification de tendances à la hausse doit être mené** au moins tous les 6 ans (article 7 et 8 de l'arrêté du 17 décembre 2008).

Une note de la DEB de juin 2013 intitulée « Identification et inversion des tendances à la hausse significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines » précise :

- La procédure d'identification des tendances à la hausse c'est-à-dire le risque qu'à une masse d'eau d'atteindre en 2021 une concentration en polluant suffisamment proche de la norme de qualité ou de la valeur seuil sur plus de 20 % de la masse d'eau.
- Le point de départ de la mise en œuvre de mesures visant à inverser une tendance à la hausse pour une masse d'eau correspond à une concentration définie comme à risque (point d'inversion). Il correspond à 40 mg/L pour les nitrates, à la norme ou valeur seuil pour les micropolluants et à 75 % de la norme de qualité ou de la valeur seuil pour les autres paramètres.

Cette méthodologie combine une évaluation statistique et environnementale à l'échelle de la masse d'eau (test Mann-Kendall régional) ainsi qu'une évaluation de la tendance au point (test Mann-Kendall au point) avec un niveau de confiance de 95 %.

Un outil informatique développé spécifiquement par le BRGM a permis de réaliser les calculs statistiques (<http://www.r-project.org>).