

Guide d'évaluation

de l'état des eaux souterraines

juillet 2019



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

Ministère de la Transition écologique et solidaire

www.ecologique-solidaire.gouv.fr

Guide d'évaluation de l'état des eaux souterraines Juillet 2019

Directive 2000/60/CE du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.

Directive 2006/118/CE du parlement européen et du conseil du 12 décembre 2006 sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration.

Articles L. 212-1 IV3, R. 212-12 et R. 212-21-1 du code de l'environnement.

Arrêté du 17 décembre 2008 modifié 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.

Préambule

Ce guide a été réalisé dans le cadre des travaux du groupe national DCE « Eaux souterraines ».

Pilotage : Alexandra Lequien (MTES/DGALN/DEB/EARM3)

Coordination technique : Laurence Gourcy (BRGM)

Membres du GT DCE Eaux Souterraines :

- Caroline Henry de Villeneuve - DREAL Auvergne-Rhône-Alpes/DB RM
- Frédéric Verley - DREAL Centre Val-de-Loire
- Véronique Joly - DREAL Centre Val-de-Loire/Délégation de bassin Loire Bretagne
- Martine Saboureau - DREAL Centre Val-de-Loire/Délégation de bassin Loire Bretagne
- Xavier Marly - DREAL Grand-Est/Délégation de bassin Rhin-Meuse
- Baptiste Tonon - DREAL Hauts de France/Délégation de bassin Artois Picardie
- Olivier Canlers - DREAL Hauts de France/Délégation de bassin Artois Picardie
- Catherine Grange - DREAL Occitanie/Délégation de bassin Adour-Garonne
- Laure Valette - DREAL Occitanie/Délégation de bassin Adour-Garonne
- Margaux Saut - DREAL Occitanie/Délégation de bassin Adour-Garonne
- Frédéric Raout - DRIEE Ile de France/Délégation de bassin Seine Normandie
- Joanna Brunelle - DRIEE Ile de France/Délégation de bassin Seine Normandie
- Philippe Verjus - DRIEE Ile de France
- Vanessa Martin - DEAL Guadeloupe
- Stephanie Rey - DEAL Guyane
- Jean-Luc Lefebvre - DEAL Martinique
- Audrey Bonnefoy - DEAL Réunion
- Isabelle Fournier - Agence de l'Eau Adour-Garonne
- Pierre Marchet - Agence de l'Eau Adour-Garonne
- Frédéric Hottin - Agence de l'Eau Artois-Picardie
- Cédric Halkett - Agence de l'Eau Artois-Picardie
- Damien Gabion - Agence de l'Eau Loire-Bretagne
- Jean-Baptiste Chatelain - Agence de l'Eau Loire-Bretagne
- Magali Marchetto - Agence de l'Eau Rhin Meuse
- Laurent Cadhilac - Agence de l'eau Rhône Méditerranée-Corse
- Virginie Rhetore - Agence de l'eau Rhône Méditerranée-Corse
- Elsa Ouvrard - Agence de l'Eau Seine-Normandie
- Jean-Baptiste Hubert - Agence de l'Eau Seine-Normandie
- Sophie Kanor - ODE Guadeloupe
- Franck Chow Toun - ODE Guyane
- Julie Gresser - ODE Martinique
- Alexandre Moullama - ODE Réunion
- Bénédicte Augéard - AFB
- Claire Magand - AFB
- Céline Nowak - AFB
- Pierre-Francois Staub - AFB
- Laurence Gourcy - BRGM
- Benjamin Lopez - BRGM
- Jean-Philippe Ghestem - BRGM
- Alexandre Brugeron - BRGM
- Valerie Dossa-Thauvin - MTES/SDES
- Lubomira Guzmova - MTES/SDES
- Cécile Gözler - MTES/MI
- Florine Leveugle - SANDRE

Sommaire

Partie 1 : évaluation de l'état chimique des eaux souterraines

1. Introduction.....	14
2. Les obligations relatives à l'évaluation de l'état des eaux souterraines.....	14
2.1 Le bon état des eaux souterraines.....	14
2.2 Le bon état chimique des eaux souterraines.....	16
3. Les données à mobiliser pour l'évaluation de l'état chimique des eaux souterraines..	18
3.1 Les normes de qualité et valeurs seuils au niveau national.....	18
3.2 Les normes de qualité et valeurs seuils au niveau bassin.....	19
3.3 La prise en compte du fond géochimique.....	19
3.4 Les valeurs de concentration à comparer aux normes de qualité ou aux valeurs seuils.....	19
3.5 Les informations et données à utiliser pour mener l'enquête appropriée.....	20
3.6 À quelles masses d'eau s'applique l'évaluation ?.....	21
3.7 Le niveau de confiance de l'évaluation.....	21
4. La description des étapes et tests à réaliser pour évaluer l'état chimique d'une masse d'eau souterraine.....	22
4.1 Étape 1 de l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau souterraine : le calcul des valeurs caractéristiques.....	22
4.2 Étape 2 de l'évaluation de l'état chimique des eaux souterraines : l'enquête appropriée.....	23

Partie 2 : évaluation de l'état quantitatif des eaux souterraines

1. Introduction.....	40
2. Les obligations relatives à l'évaluation de l'état des eaux souterraines.....	40
2.1 Le bon état des eaux souterraines.....	40
2.2 Le bon état quantitatif des eaux souterraines.....	42
3. Les données à mobiliser pour l'évaluation de l'état quantitatif des eaux souterraines..	43
3.1 Les informations et données à utiliser	43
3.2 Interactions entre eaux souterraines, eaux de surface et écosystèmes terrestres associés	43
3.3 Invasion salée ou autre.....	43
3.4 À quelles masses d'eau s'applique l'évaluation ?.....	44

3.5 Cas particulier des nappes captives à forte inertie	40
3.6 Le niveau de confiance de l'évaluation.....	46
4. La description des étapes et tests à réaliser pour évaluer l'état quantitatif d'une masse d'eau souterraine.....	48
4.1 Test Balance.....	48
4.2 Test Eaux de surface.....	50
4.3 Test Écosystèmes terrestres associés.....	52
4.4 Test Intrusion saline.....	53

Partie 3 : évaluation des tendances d'évolution de polluants et de niveaux piézométriques dans les eaux souterraines

1.Introduction.....	60
2. Les exigences réglementaires et techniques pour l'évaluation des tendances.....	60
2.1 Identification des tendances à la hausse significatives et durables de polluants.....	60
2.2 Définition des points de départ des inversions de tendance.....	61
2.3 Détermination des tendances dans le cadre de l'évaluation de l'état chimique et quantitatif des eaux souterraines.....	61
2.4 La nécessaire prise en compte des cycles pluriannuels pour l'évaluation.....	62
3. Évaluation des tendances de la qualité des eaux et inversion de tendances.....	62
3.1 Données à utiliser.....	62
3.2 Évaluation de la tendance de qualité au point d'eau.....	63
3.3 Évaluation de la tendance de qualité à la masse d'eau.....	64
3.4 Inversion de tendance à l'échelle d'un point d'eau.....	65
4. Évaluation des tendances piézométriques.....	65
4.1 Données à utiliser.....	65
4.2 Évaluation de la tendance piézométrique au point d'eau.....	65
4.3 Évaluation de la tendance piézométrique à la masse d'eau.....	66

Annexe 1 : normes de qualité et valeurs seuils pour les eaux souterraines.....69

Introduction

Les objectifs environnementaux pour les eaux souterraines inscrits dans la DCE et repris dans la réglementation française sont les suivants :

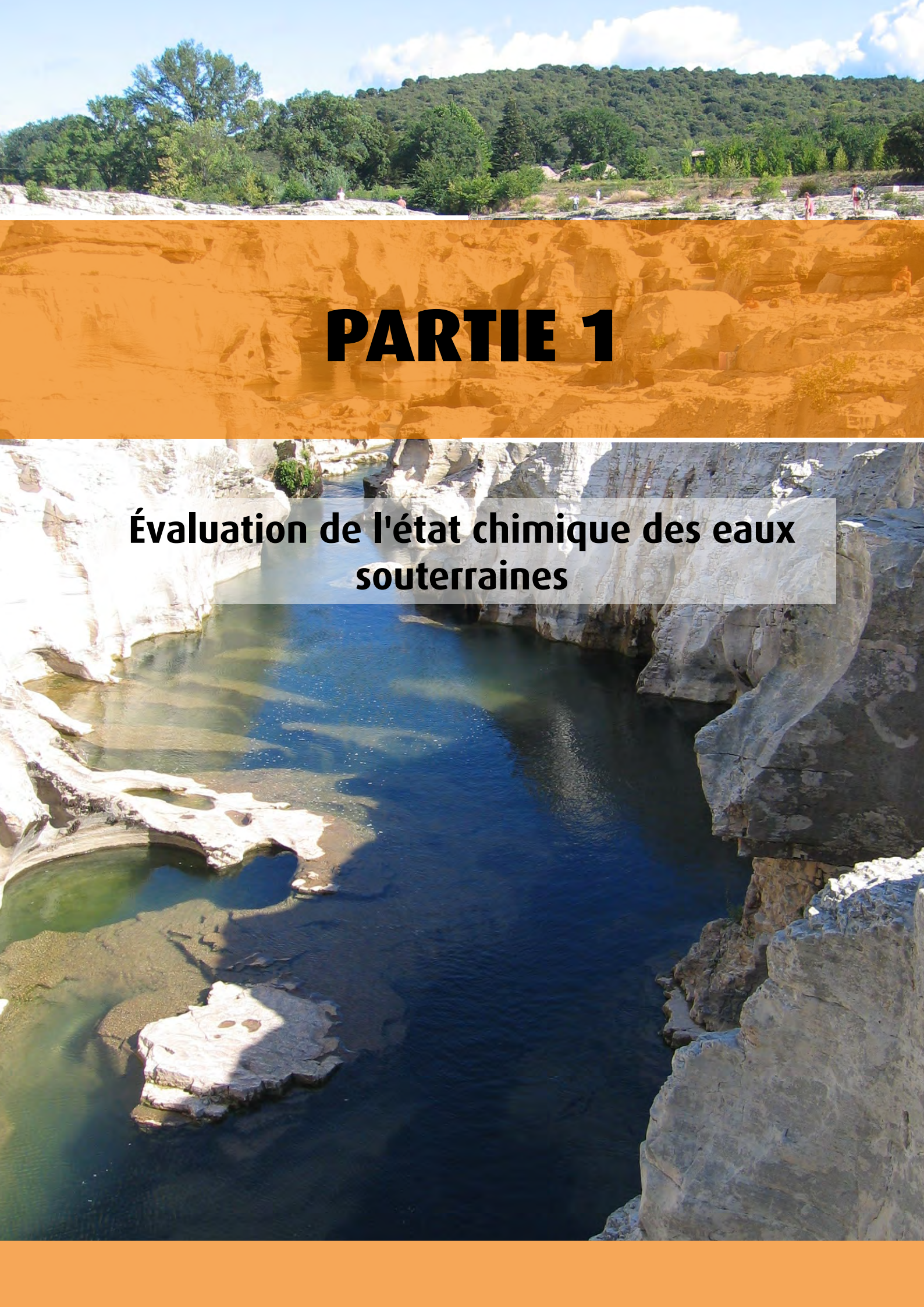
1. La non dégradation des masses d'eau ainsi que la prévention et la limitation de l'introduction de polluants dans les eaux souterraines définies respectivement au point IV.4 de l'article [L.212-1 du code de l'environnement](#) et à l'article [R212-9-1 du code de l'environnement](#) ;
2. L'objectif général d'atteinte du bon état des eaux défini aux points IV.1 à IV.3 de l'article [L.212-1 du code de l'environnement](#) qui consiste, pour les masses d'eau souterraine, à un bon état chimique et à un équilibre entre les prélèvements et la capacité de renouvellement de chacune d'entre elles ;
3. Les objectifs liés aux zones protégées définis au point IV.5 de l'article [L.212-1 du code de l'environnement](#) ;
4. L'inversion des tendances à la dégradation de l'état des eaux souterraines résultant de l'impact de l'activité humaine, définie à l'article [R. 212-21-1 du code de l'environnement](#).

L'arrêté du 17 décembre 2008 modifié établit 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 présent guide technique a pour objet de rappeler, détailler et expliciter les procédures [des articles 3, 4, 6 et 8 de l'arrêté du 17 décembre 2008](#) modifié visant à déterminer l'état quantitatif et l'état chimique d'une masse d'eau ou d'un groupe de masses d'eau souterraine et à établir les tendances d'évolution de polluants et de niveaux piézométriques.

Dans le cadre des travaux conduits au niveau des bassins hydrographiques pour l'état des lieux 2019, il est nécessaire de veiller à ce que l'évaluation de l'état des masses d'eau souterraine soit effectuée conformément au présent guide qui précise les modalités d'évaluation de l'état chimique (partie 1), de l'état quantitatif (partie 2), des tendances d'évolution de polluants et de niveaux piézométriques (partie 3) ainsi que les normes de qualité et valeurs seuils à considérer (annexe 1).

Afin d'assurer une harmonisation des analyses au niveau national, il est également nécessaire d'appliquer les modalités décrites pour chacune des étapes et tests de l'évaluation de l'état des eaux souterraines tout en mobilisant les données indiquées. Les résultats obtenus dans les bassins peuvent toutefois être affinés ou nuancés par des outils locaux et les connaissances d'experts.



PARTIE 1

Évaluation de l'état chimique des eaux souterraines

Abréviations

ADES : Banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines

AEP : Alimentation en eau potable

AAC : Aire d'Alimentation d'un Captage

ARS : Agence Régionale de Santé

CR : Concentration de référence

DCE : Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

FHG : Fond hydrogéochimique

GWD : Directive fille sur les eaux souterraines 2006/118/CE ("*GroundWater Directive*")

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

ICSP : Installations Classées et Sites Pollués

LQ : Limite de quantification

MMA : Moyenne des moyennes annuelles

MESO : Masse d'eau souterraine

MESU : Masse d'eau de surface

NQE : Norme de Qualité Environnementale (directive 2008/105/CE sur les 41 substances prioritaires pour les eaux de surface)

PCB : Préfet Coordonnateur de Bassin

RCS : Réseau de Contrôle de Surveillance

RCO : Réseau de Contrôle Opérationnel

RNAOE : Risque de Non Atteinte des Objectifs Environnementaux

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

STEU : Station de Traitement des Eaux Usées

WGGW : "*Working Group - Groundwater*" (Groupe de travail de la Commission Européenne dont l'objectif est d'assurer dans chaque état membre, la mise en œuvre cohérente et harmonieuse de la directive sur les eaux souterraines et les éléments des eaux souterraines de la DCE)

ZNIEFF : Zones naturelles d'Intérêt Écologique Faunistique et Floristique

ZP : Zones protégées

ZPS : Zone de protection spéciale

ZSC : Zone spéciale de conservation

1. Introduction

La Directive 2006/118/CE sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration (GWD), adoptée le 12 décembre 2006, est composée de 3 grands axes :

- la définition du bon état des eaux souterraines :
 - ♦ article 3 - « Critères pour l'évaluation de l'état chimique des eaux souterraines »
 - ♦ article 4 - « Procédure d'évaluation de l'état chimique des eaux souterraines »
- Article 5 - « Identification des tendances à la hausse significatives et durables et définition des points de départ des inversions de tendance »
- Article 6 - « Mesures de prévention ou de limitation des introductions de polluants dans les eaux souterraines ».

En droit français, les articles 3, 4 et 5 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 et l'article 6 dans l'arrêté du 17 juillet 2009 relatif aux mesures de prévention ou de limitation des introductions de polluants dans les eaux souterraines.

L'objectif du présent document est de détailler la procédure d'évaluation du bon état chimique telle qu'elle est exigée par l'arrêté modifié du 17 décembre 2008. Après la description des exigences réglementaires et des principes généraux qui accompagnent l'évaluation, le document décrit la procédure à appliquer pour évaluer le bon état chimique d'une masse d'eau souterraine. Il a été rédigé dans le cadre des groupes nationaux « DCE - eaux souterraines », piloté par la direction de l'eau et de la biodiversité et intègre également les travaux du groupe européen "WG-Groundwater".

2. Les obligations relatives à l'évaluation de l'état des eaux souterraines

2.1. Le bon état des eaux souterraines

2.1.1. Définition

« 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 ».

2.1.2. La procédure d'évaluation globale de l'état des masses d'eau souterraine

La procédure d'évaluation globale de l'état des masses d'eau souterraine comprend différents tests (Figure 1), dont certains portent à la fois sur l'état chimique et quantitatif. Il s'agit en effet d'évaluer dans quelle mesure la masse d'eau souterraine pourrait être à l'origine de la dégradation des eaux de surface et/ou écosystèmes terrestres associés, du fait de polluants présents dans celle-ci ou de prélèvements réalisés dans celle-ci.

L'évaluation de l'état chimique est réalisée par 5 tests, dont deux spécifiques (Qualité générale et Zones protégées AEP) et trois communs avec l'état quantitatif (Écosystème terrestres, Intrusion salée ou autre et Eaux de surface).

L'état quantitatif est régi par quatre tests dont un spécifique (Balance) et trois communs avec l'état chimique (Écosystème terrestres, Intrusion salée ou autre et Eaux de surface). À noter que seuls les tests « pertinents », c'est-à-dire correspondant à un risque identifié doivent être menés. Si pour au moins un test, la masse d'eau est en état médiocre alors l'ensemble de la masse d'eau est classée en état médiocre pour l'état correspondant au test (chimique ou quantitatif ou les deux).

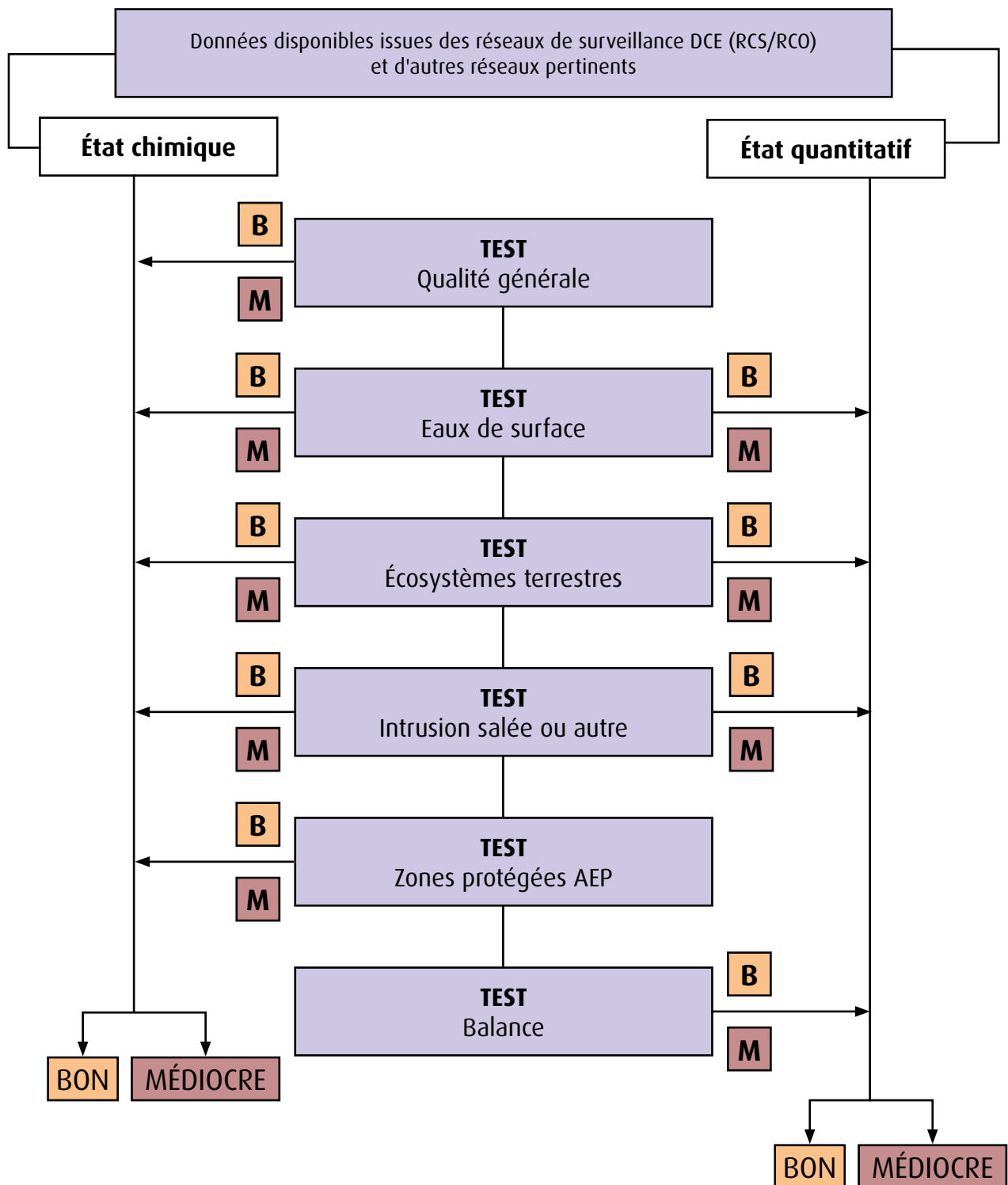


Figure 1 : procédure d'évaluation globale de l'état des masses d'eau souterraine

2.2. Le bon état chimique des eaux souterraines

2.2.1. Définition

L'annexe V.2.3.2 de la DCE définit le bon état chimique d'une masse d'eau souterraine comme suit (Figure 2) :

Éléments	Bon état
En général	La composition chimique de la masse d'eau souterraine est telle que les concentrations de polluants : - comme précisé ci-après, ne montrent pas d'effets d'une invasion salée ou autre, - ne dépassent pas les normes de qualité applicables au titre d'autres dispositions législatives communautaires pertinentes conformément à l'article 17, - ne sont pas telles qu'elles empêcheraient d'atteindre les objectifs environnementaux spécifiés au titre de l'article 4 pour les eaux de surface associées, entraîneraient une diminution importante de la qualité écologique ou chimique de ces masses ou occasionneraient des dommages importants aux écosystèmes terrestres qui dépendent directement de la masse d'eau souterraine.
Conductivité	Les changements de conductivité n'indiquent pas d'invasion d'eau salée ou autre dans la masse d'eau souterraine.

Figure 2 : définition du bon état chimique des masses d'eau souterraine selon la Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE

2.2.2 La procédure d'évaluation de l'état chimique des eaux souterraines

Elle est définie par l'article 6 de l'arrêté modifié du 17 décembre 2008 :

« Une masse d'eau ou un groupe de masses d'eau souterraine est considéré comme étant en bon état chimique lorsque les paramètres suivis par le programme de surveillance ne dépassent en aucun point de cette masse ou de ce groupe de masses d'eau souterraine les normes de qualité et les valeurs seuils pertinentes (contrôle de surveillance et contrôle opérationnel).

En cas de dépassement en un ou plusieurs points, une masse d'eau ou un groupe de masses d'eau souterraine est cependant considéré comme étant en bon état chimique si une enquête appropriée détermine que :

- 1. Les concentrations de polluants dépassant les normes de qualité ou les valeurs seuils ne sont pas considérées comme présentant un risque significatif pour l'environnement, compte tenu, le cas échéant, de l'étendue de la masse d'eau souterraine qui est concernée.*
- 2. Il n'y a pas d'effets d'une invasion salée ou autre.*
- 3. Les concentrations de polluants dépassant les normes de qualité ou les valeurs seuils ne sont pas telles qu'elles empêcheraient d'atteindre les objectifs définis à l'article L. 212-1 (IV) pour les eaux de surface associées ou entraîneraient une diminution importante de la qualité écologique ou chimique de ces masses d'eau ou occasionneraient des dommages importants aux écosystèmes terrestres qui dépendent directement de la masse d'eau souterraine.*
- 4. Les exigences définies à l'article R. 212-14 sont satisfaites, afin de réduire le traitement nécessaire à la production d'eau destinée à la consommation humaine.*
- 5. La capacité de la masse d'eau à se prêter aux utilisations humaines actuelles et futures n'est pas compromise significativement par la pollution. »*

Pour mettre en œuvre cette procédure, deux étapes sont à considérer (Figure 3) :

Étape 1 : vérifier pour chaque masse d'eau, chaque paramètre (ou somme de paramètres) et en chaque point de surveillance (réseaux de surveillance DCE RCS/RCO et autres réseaux pertinents), si des dépassements de la valeur seuil (ou de la norme de qualité ou de la valeur du fond hydrogéochimique le cas échéant) sont constatés (cf. Annexe 1 : Normes de qualité et valeurs seuils).

Étape 2 : en cas de dépassement en un ou plusieurs points de surveillance d'une masse d'eau lors de l'étape 1, cette étape vise à mener une enquête appropriée pour étudier en détail si les cinq conditions décrites ci-dessus et définissant le bon état chimique d'une masse d'eau souterraine sont remplies.

De plus, il peut s'avérer pertinent, même en cas de non dépassement, de réaliser l'enquête appropriée pour des masses d'eau en état médiocre lors de la précédente évaluation, pour des masses d'eau utilisées pour l'alimentation en eau potable (captages AEP) ou pour les masses d'eau en lien avec des masses d'eau de surface et/ou écosystèmes terrestres associés dégradés.

L'enquête appropriée comporte cinq tests indépendants - décrits en partie gauche de la Figure 1 - correspondant chacun à une condition du bon état chimique, dont deux sont spécifiques à l'état chimique (Qualité générale et Zones protégées AEP) et trois sont communs avec l'état quantitatif (Écosystème terrestres, Intrusion salée ou autre et Eaux de surface).

Seuls les tests « pertinents » c'est-à-dire correspondant à un risque identifié pour la masse d'eau doivent être menés. Si, par exemple, une masse d'eau ne présente aucun risque d'intrusion salée ou autre, il est inutile d'appliquer ce test.

A l'issue de chacun de ces tests, l'état de la masse d'eau sera considéré comme « bon » ou « médiocre » pour ce test. Si pour au moins un des tests la masse d'eau est en état médiocre, alors celle-ci est considérée en état médiocre pour l'évaluation de l'état chimique.

Les tests à réaliser pour l'évaluation de l'état chimique sont détaillés dans les parties suivantes selon les rubriques suivantes : objectif, données à utiliser, traitements à réaliser et logigramme, résultats et niveau de confiance.

Étape 1

Pour chaque masse d'eau, chaque paramètre (ou somme de paramètres) et en chaque point de surveillance (réseaux de surveillance DCE RCS/RCO et autres réseaux pertinents)

Étape 2

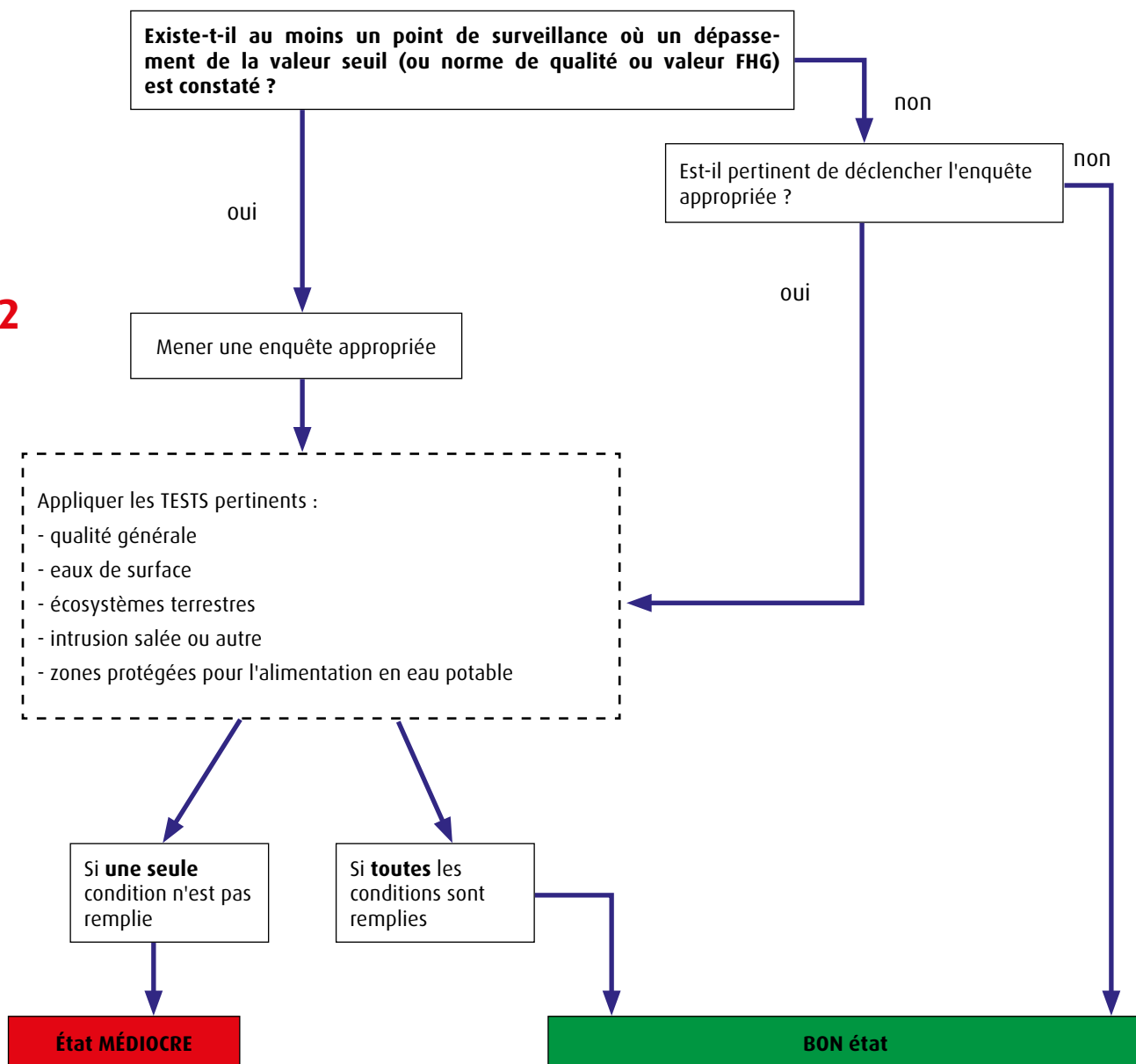


Figure 3 : les deux étapes de l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau souterraine

3. Les données à mobiliser pour l'évaluation de l'état chimique des eaux souterraines

3.1 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 :

Polluants	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 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 0,03 µg/L dans le cadre de la mise en œuvre de la DCE au niveau français. S'agissant de la pertinence des métabolites, à défaut d'avoir une définition de la notion de métabolite « pertinent », ont été considérés jusqu'à présent tous les métabolites de pesticides comme pertinents. Dans son avis du 30 janvier 2019, l'Anses identifie une liste, non exhaustive, de 99 paramètres identifiés comme métabolites de pesticides. Pour 10 d'entre eux, la pertinence a été caractérisée (avis du 30 janvier 2019 / saisine n°2015-SA-0252) concernant les métabolites ESA et OXA de l'alachlore, du métolachlore, de l'acétochlore et du métazachlore et deux autres avis complémentaires relatifs au N,N - diméthylsulfamide (Saisine n° 2017-SA-0063) et au CGA 369873 du diméthachlore (Saisine n° 2018-SA-0228). En conséquence, au regard des travaux de l'ANSES, pour évaluer l'état chimique des eaux souterraines, il faut considérer :

- pour les métabolites classés comme non pertinents par l'ANSES (cf. annexe 1) : appliquer la valeur vigilance de 0,9 µg/l ;
- pour les métabolites caractérisés comme pertinents par l'ANSES (cf. annexe 1), comme pour tous les autres métabolites non expertisés par l'ANSES à ce stade, utiliser la norme de 0,1 µg/L ;
- pour la somme des pesticides : considérer les pesticides et métabolites caractérisés comme pertinents par l'ANSES, les autres métabolites non expertisés à ce stade et exclure les métabolites caractérisés comme non pertinents par l'ANSES.

À 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 (cas par exemple de l'endosulfan dont la NQE est fixée à 0,005 µg/L pour les concentrations moyennes).

3.2. 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.

« Lorsque, pour une masse d'eau souterraine donnée, les normes de qualité pourraient empêcher de réaliser les objectifs définis à l'article L. 212-1 (IV) pour les eaux de surface associées, ou entraîner une diminution significative de la qualité écologique ou chimique de ces masses, ou un dommage significatif aux écosystèmes terrestres dépendant directement de la masse d'eau souterraine, le préfet coordonnateur de bassin peut établir des normes de qualité plus strictes. Les programmes et mesures requis en ce qui concerne ces normes de qualité s'appliquent également aux activités soumises aux dispositions des articles R. 211-75 à 85 du code de l'environnement relatifs aux zones vulnérables aux pollutions par les nitrates.

II.-1° Après avis du comité de bassin, le préfet coordonnateur de bassin fixe des valeurs seuils pour les polluants et indicateurs de pollution listés à l'annexe II et pour tout autre paramètre, lorsque ces polluants, indicateurs de pollution et autres paramètres sont identifiés comme responsables d'un risque de non atteinte du bon état chimique de masses ou groupes de masses d'eau souterraine. Pour les polluants et indicateurs de pollution de la partie A de l'annexe II, les valeurs seuils sont au minimum égales aux valeurs définies au niveau national. »

Des arrêtés préfectoraux ont été ainsi établis au niveau du bassin Rhin-Meuse (2009-497) et Rhône Méditerranée (2015-317).

3.3. 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. »

3.4. Les valeurs de concentration à comparer aux normes de qualité ou aux valeurs seuils

Le point 2.4.5 de l'annexe V de la DCE précise que « les résultats des différents points de surveillance dans une masse d'eau souterraine sont réunis pour la masse tout entière ». Pour qu'une masse d'eau soit en bon état, il faut :

« que la valeur moyenne des résultats de la surveillance à chaque point de la masse ou du groupe de masses d'eau souterraine soit calculée, que, conformément à l'article 17, ces valeurs moyennes soient utilisées pour démontrer le respect du bon état chimique des eaux souterraines. »

L'exercice de vérification du non dépassement des valeurs seuils ou des normes, tel qu'il est demandé par l'article 4.2.b de la GWD et, en droit français, à [l'article 6 de l'arrêté modifié du 17 décembre 2008](#), utilisera donc une moyenne arithmétique des concentrations en chaque point de surveillance.

Par ailleurs, en application de l'article 5 de la directive 2009/90/CE établissant des spécifications techniques pour l'analyse chimique et la surveillance de l'état des eaux, l'article 5 de [l'arrêté modifié du 17 décembre 2008](#) précise pour le calcul des valeurs moyennes :

- « 1. Lorsque les valeurs des mesurandes physicochimiques ou chimiques d'un échantillon donné sont inférieures à la limite de quantification, on indique comme résultat de la mesure la moitié de la valeur de la limite de quantification concernée pour le calcul des valeurs moyennes.
- 2. Lorsque la valeur moyenne calculée des résultats de mesure visés au paragraphe 1 est inférieure à la limite de quantification, il est fait référence à la valeur en indiquant « inférieure à la limite de quantification ».
- 3. Le paragraphe 1 ne s'applique pas aux mesurandes qui correspondent à la somme d'un groupe donné de paramètres physico-chimiques ou de mesurandes chimiques, y compris leurs métabolites et produits de dégradation et de réaction. En pareil cas, les résultats inférieurs à la limite de quantification des substances individuelles sont remplacés par zéro. »

3.5 Les informations et données à utiliser pour mener l'enquête appropriée

L'annexe III.2 de la GWD apporte des précisions sur les informations et données à utiliser pour réaliser l'enquête appropriée. Il est ainsi demandé aux états membres de tenir compte :

- « a) des informations recueillies dans le cadre de la caractérisation effectuée en vertu de l'article 5 et de l'annexe II de la DCE (i.e. caractérisation initiale, caractérisation détaillée et révision de l'incidence),
- b) des résultats obtenus par le réseau de surveillance des eaux souterraines conformément à l'annexe V, point 2.4 de la DCE (i.e. réseau de contrôle de surveillance RCS et de contrôle opérationnel RCO) et,
- c) de toute autre information pertinente, y compris une comparaison de la moyenne arithmétique annuelle de la concentration des polluants concernés à un point de surveillance avec les normes de qualité des eaux souterraines [...] et les valeurs seuils fixées par les états membres. »

Les données à mobiliser pour l'enquête appropriée sont ainsi celles issues des réseaux de surveillance DCE (RCS, RCO) mais également toutes les autres données de surveillance disponibles sur la masse d'eau et issues d'autres réseaux de surveillance dit pertinents comme par exemple, le contrôle sanitaire, les réseaux régionaux, etc.

L'estimation de l'étendue de la masse d'eau souterraine pour laquelle est observé un dépassement à une norme de qualité ou à une valeur seuil.

Conformément à l'annexe III.3 de la GWD, [l'article 6 de l'arrêté modifié du 17 décembre 2008](#) fournit des recommandations pour déterminer si les cinq conditions de l'enquête appropriée décrites au point 2.2.2 sont remplies et

- « lorsque cela est justifié et nécessaire, une estimation de l'étendue de la masse d'eau souterraine pour laquelle la moyenne arithmétique annuelle de la concentration d'un polluant est supérieure à une norme de qualité des eaux souterraines ou à une valeur seuil est réalisée. Cette estimation est basée sur des agrégations appropriées des résultats de la surveillance, étayées au besoin par des estimations de concentrations fondées sur un modèle conceptuel de la masse d'eau ou du groupe de masses d'eau souterraine. »

L'utilisation de données complémentaires pour les conditions relatives à l'invasion salée, les eaux de surface et les écosystèmes dépendants et la production d'eau destinée à la consommation humaine.

Selon l'annexe III.4 de la GWD et l'article 6 de l'arrêté modifié du 17 décembre 2008, afin de déterminer si les conditions 2 à 4 de l'enquête appropriée décrites au point 2.2.2 sont remplies, il est procédé, lorsque cela est justifié et nécessaire, et sur la base des résultats de surveillance pertinents ainsi que d'un modèle conceptuel approprié de la masse d'eau souterraine, à une évaluation :

- « a) des conséquences des polluants sur la masse d'eau souterraine ;
- b) des quantités et concentrations des polluants qui sont ou seront probablement transférés d'une masse d'eau souterraine vers les eaux de surface associées ou les écosystèmes terrestres directement dépendants ;
- c) de l'impact probable des quantités et des concentrations de polluants transférés vers les eaux de surface associées et les écosystèmes terrestres directement dépendants ;
- d) de l'ampleur de toute intrusion d'eau salée ou autre dans la masse d'eau souterraine ;

e) du risque que représentent les polluants qui se trouvent dans la masse d'eau souterraine pour la qualité de l'eau extraite, ou qu'il est prévu d'extraire, de la masse d'eau souterraine en vue de la consommation humaine. »

Les données et informations à prendre en compte pour le respect de l'usage AEP

Selon l'article 7, paragraphe 3, de la directive 2000/60/CE, il est demandé que « les états membres assurent la protection nécessaire pour les masses d'eau recensées afin de prévenir la détérioration de leur qualité de manière à réduire le degré de traitement de purification nécessaire à la production d'eau potable ».

En application de l'article R. 212-12 du code de l'environnement, l'article 7 de [l'arrêté modifié du 17 décembre 2008](#) indique qu'afin de « *réduire progressivement la pollution des eaux souterraines et prévenir la détérioration de l'état de celles-ci, des critères pour l'identification et l'inversion des tendances à la hausse significatives et durables et des modes d'action sont déterminés.* »

Les points clé de l'évaluation de l'état chimique d'une masse d'eau souterraine sont donc :

- l'absence d'une tendance à la hausse d'un polluant dans les captages AEP,
- des traitements de l'eau avant distribution qui n'augmentent pas.

3.6 À quelles masses d'eau s'applique l'évaluation ?

D'après l'annexe III.1 de la GWD transposée à [l'article 6 modifié de l'arrêté du 17 décembre 2008](#), la « *procédure d'évaluation visant à déterminer quel est l'état chimique d'une masse d'eau ou d'un groupe de masses d'eau souterraine est réalisée pour toutes les masses d'eau ou groupes de masses d'eau souterraine caractérisées comme étant à risque et pour chacun des paramètres qui contribuent à cette caractérisation de la masse d'eau ou du groupe de masses d'eau souterraine.* »

Afin d'assurer dans chaque bassin, la mise en œuvre cohérente de la directive sur les eaux souterraines et pour prendre en compte l'évolution des connaissances et de la surveillance, il est néanmoins préconisé de réaliser l'évaluation de l'état chimique sur toutes les masses d'eau ou groupes de masses d'eau, quel que soit leur état et leur classement en RNAOE.

3.7 Le niveau de confiance de l'évaluation

L'importance de la représentativité spatiale et temporelle des données utilisées :

Pour augmenter la représentativité spatiale des données, les chroniques issues de réseaux de surveillance autres que le réseau DCE peuvent être utilisées si elles sont considérées comme pertinentes.

Les masses d'eau souterraine étant hétérogènes tant du point de vue des écoulements souterrains (existence de sous bassins versants hydrogéologiques) que des pressions, il est recommandé de s'appuyer sur les études de représentativité des points de surveillance menées ces dernières années dans les bassins.

Concernant l'évaluation d'une tendance à la hausse nécessaire pour les tests « Zones protégées AEP » et « Intrusion salée ou autre », l'analyse de l'évolution des concentrations en éléments dissous à l'échelle de la masse d'eau peut s'avérer délicate. Les données disponibles sur une même masse d'eau souterraine ont en effet des historiques variables. Sur certains points, seules les données acquises dans le cadre du réseau DCE seront disponibles tandis que sur d'autres points, des chroniques plus longues seront disponibles (15-20 ans, voire plus). Il est ainsi recommandé d'utiliser l'ensemble des chroniques disponibles à l'échelle d'une masse d'eau pour réaliser l'évaluation de la tendance (cf. Partie 3 sur les tendances).

Attribution d'un niveau de confiance à l'évaluation de l'état chimique de la masse d'eau :

Si la DCE et la GWD demandent que des niveaux de confiance soient respectivement associés aux réseaux de surveillance et à l'évaluation des tendances à la hausse, il n'en est rien pour l'évaluation du bon état chimique. Néanmoins, il apparaît selon le guide européen (European Commission, 2009a), que l'estimation du niveau de confiance peut prendre en compte les incertitudes analytiques, les incertitudes liées à la représentativité des réseaux de surveillance ainsi que les incertitudes dues aux variations des concentrations.

Par ailleurs, dans le guide européen du rapportage DCE 2016, il est demandé de préciser le niveau de confiance de l'état chimique attribué selon 4 niveaux :

- **0** = pas d'information ;
- **1** = confiance faible (par exemple : absence de données de surveillance, de modèle conceptuel ou de compréhension du système) ;
- **2** = confiance moyenne (par exemple : données de surveillance limitées ou insuffisamment robustes et dire d'expert jouant un rôle important dans l'évaluation de l'état) ;
- **3** = confiance élevée (par exemple : données de surveillance de qualité, modèle conceptuel de qualité ou bonne compréhension du système, reposant sur des informations relatives à ses caractéristiques naturelles et aux pressions auxquelles il est soumis).

Des critères seront également proposés pour estimer les niveaux de confiance pour chacun des tests de l'enquête appropriée afin d'apprécier au mieux le niveau de confiance global de l'évaluation de l'état chimique de la masse d'eau.

4. La description des étapes et tests à réaliser pour évaluer l'état chimique d'une masse d'eau souterraine

4.1 Étape 1 de l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau souterraine : le calcul des valeurs caractéristiques

Objectif

Elle vise à vérifier pour chaque masse d'eau, chaque paramètre (ou somme de paramètres) et en chaque point de surveillance (réseaux de surveillance DCE RCS/RCO et autres réseaux pertinents), si des dépassements de la valeur seuil (ou de la norme de qualité ou de la valeur du fond hydrogéochimique le cas échéant) sont constatés.

Données à utiliser

Période de référence : période de 6 années consécutives les plus récentes disponibles au moment de l'évaluation de l'état des eaux souterraines.

Données de surveillance : données disponibles issues des réseaux de surveillance DCE (RCS / RCO) et d'autres réseaux pertinents.

Paramètres et valeurs à considérer :

- annexe 1 « Normes de qualité et valeurs seuils » et le cas échéant, les arrêtés préfectoraux de bassin ;
- pour les paramètres dont l'origine peut être naturelle (Cl, SO₄, Al, As, Ba, B, Cd, Pb, Hg, Cu, Cr, F, Na, U, Ni, Se, Zn, Sb, Fe, Mn, NH₄, NO₂, orthophosphates), les valeurs du fond hydrogéochimique définies dans le cadre d'études régionales/bassins sont utilisées (Figure 4).

Traitements à réaliser

En chaque point de surveillance de la masse d'eau (RCS/RCO et autres réseaux pertinents), pour chaque paramètre (ou groupe de paramètres) et sur l'ensemble de la période de référence (y compris si le nombre de données disponibles d'une année à l'autre est différent), deux valeurs caractéristiques, « moyenne des moyennes annuelles » (MMA) et « fréquence de dépassement des concentrations » (Freq) sont calculées sur chaque masse d'eau puis comparées aux valeurs seuils ou normes de qualité (ou valeurs du fond hydrogéochimique) de chacun des paramètres (ou somme des paramètres) afin de conclure à d'éventuels dépassements.

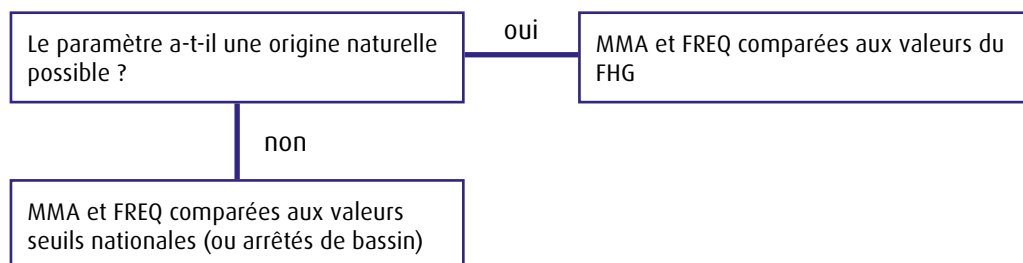


Figure 4 : la prise en compte des valeurs du fond hydrogéochimique dans l'analyse des dépassements

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. 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. 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.

Résultats et niveau de confiance pour l'étape 1

Un point de surveillance est en bon état chimique si la MMA ne dépasse pas la valeur seuil (ou norme ou valeur du FHG) du paramètre étudié et, si la fréquence de dépassement de la valeur seuil (ou norme ou valeur du FHG) du paramètre étudié n'excède pas 20 %. Si une de ces deux conditions n'est pas respectée, alors le point de surveillance est déclaré en état chimique médiocre.

A l'échelle de la masse d'eau, si aucun dépassement n'a été observé en étape 1 alors la masse d'eau est en bon état. Si un dépassement est observé sur un ou plusieurs points de surveillance, on passe à l'étape 2 de l'enquête appropriée.

Niveaux de confiance

Les calculs de MMA et fréquence de dépassement étant réalisés à partir de données issus des réseaux de surveillance RCS/RCO et d'autres réseaux pertinents de par leur localisation, leur fréquence d'échantillonnage et leur qualité de suivi, un niveau de confiance élevé est attribué pour l'ensemble de l'étape 1.

Dans le cas où des concentrations élevées sont observées pour des paramètres dont l'origine peut être naturelle et anthropique, l'utilisation des valeurs du fond hydrogéochimique naturel s'avère délicate à prendre en compte et le niveau de confiance est alors considéré comme faible.

4.2 Étape 2 de l'évaluation de l'état chimique des eaux souterraines : l'enquête appropriée

En cas de dépassement des valeurs seuils (ou normes ou valeurs du FHG) en un ou plusieurs points de surveillance d'une masse d'eau lors de l'étape 1, l'étape 2 permet de déterminer si les cinq conditions qui définissent le bon état chimique d'une masse d'eau souterraine (cf. point 2.2.2) sont remplies.

Néanmoins, il peut s'avérer pertinent, même en cas de non dépassement, de réaliser cette enquête pour des masses d'eau en état médiocre lors de la précédente évaluation, pour des masses d'eau utilisées pour l'alimentation en eau potable (captages AEP) ou pour les masses d'eau en lien avec des masses d'eau de surface et/ou écosystèmes terrestres associés dégradés.

Pour mener cette étape, cinq tests indépendants sont mis en œuvre, dont deux spécifiques à l'état chimique (Qualité générale et Zones protégées AEP) et trois communs avec l'état quantitatif (Écosystème terrestres, Intrusion salée ou autre et Eaux de surface).

À l'issue de chacun de ces tests, l'état de la masse d'eau sera considéré comme « bon » ou « médiocre » pour ce test. Si pour au moins un des tests la masse d'eau est en état médiocre, alors celle-ci est considérée en état médiocre pour l'évaluation de l'état chimique.

Seuls les tests « pertinents » c'est-à-dire correspondant à un risque identifié pour la masse d'eau doivent être menés. Si, par exemple, une masse d'eau ne présente aucun risque d'intrusion salée ou autre, il est inutile d'appliquer ce test.

4.2.1 Test Qualité générale

Objectif

Il vise à déterminer, à l'échelle de la masse d'eau, si les dépassements de valeurs seuils (ou normes ou valeurs du FHG) constatés en 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.

Données à utiliser

Les données à utiliser sont issues directement des calculs et traitements effectués à l'étape 1 (MMA et Freq).

Pour rappel :

Période de référence : période de 6 années consécutives les plus récentes disponibles au moment de l'évaluation de l'état des eaux souterraines.

Données de surveillance : données disponibles issues des réseaux de surveillance DCE (RCS / RCO) et d'autres réseaux pertinents.

Paramètres et valeurs à considérer :

- annexe 1 « Normes de qualité et valeurs seuils » et le cas échéant, les arrêtés préfectoraux de bassin ;
- valeurs du fond hydrogéochimique (FHG) pour les paramètres dont l'origine peut être naturelle si études régionales/bassins disponibles ;
- calculs des moyennes des moyennes annuelles (MMA) et fréquence de dépassement des concentrations (Freq) en chaque point de surveillance de la masse d'eau, pour chaque paramètre et sur l'ensemble de la période de référence.

Traitements à effectuer et logigramme

Il s'agit d'identifier les points évalués en état médiocre pour chacun des paramètres pris en considération à l'étape 1 puis de déterminer l'étendue de la masse d'eau concernée par des points d'eau en état médiocre en se basant sur les études de représentativité des points des réseaux RCS/RCO (et autres réseaux pertinents) lorsqu'elles existent (Figure 5).

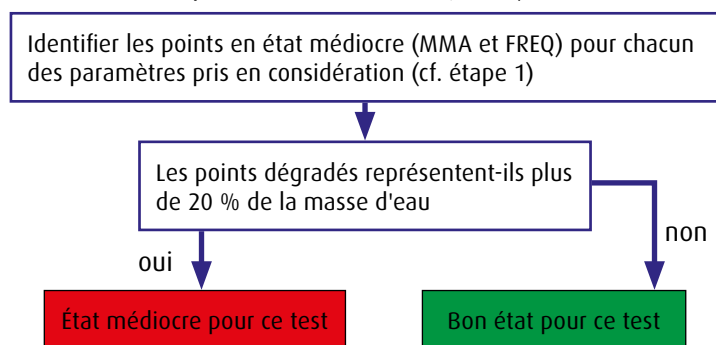


Figure 5 : logigramme du test qualité générale

Résultats et niveau de confiance pour le test

Le guide européen (CIS, Guidance Document N.18, 2009) propose que l'étendue acceptable des dépassements observés sur une masse d'eau donnée, pour un paramètre donné, ne devrait pas dépasser 20 % de la masse d'eau.

Dans le cas où une étude de représentativité des points de surveillance est disponible

Si la représentativité totale des points évalués en état médiocre en étape 1 est inférieure à 20 % de la superficie de la masse d'eau, alors la masse d'eau est en bon état pour ce paramètre.

Dans le cas contraire, si la représentativité totale des points évalués en état médiocre en étape 1 est supérieure à 20 % (ou somme des points), alors la masse d'eau est en état médiocre pour ce paramètre.

Si une étude de représentativité des points est disponible mais que les points pris en compte représentent moins de 20 % de la masse d'eau ou si aucune étude de représentativité des points n'est disponible

Si le pourcentage de points évalués 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 ce paramètre.

Dans le cas contraire, où le pourcentage des points évalués en état médiocre est supérieur à 20 % du nombre de point total de la masse d'eau, alors la masse d'eau est en état médiocre pour ce test et pour ce paramètre.

Remarques

Sur une même masse d'eau, divers paramètres peuvent être à l'origine d'un état médiocre au point de surveillance. De même si plusieurs substances individuelles de pesticides sont à l'origine d'un état médiocre sur les différents points de surveillance d'une même masse d'eau, chacun de ces pesticides est considéré comme une substance individuelle à l'origine du dépassement.

Si ce sont des paramètres de familles chimiques et/ou traduisant des pressions différentes, chaque paramètre est étudié séparément. Il convient ensuite, par avis d'expert, d'estimer si la masse d'eau est en état médiocre lorsque plusieurs points sont en état médiocre du fait de dépassements observés pour des paramètres différents, chaque couple point/paramètre représentant moins de 20 % de la masse d'eau mais l'ensemble des couples points/paramètres ayant une représentativité supérieure à 20 %.

Lorsque le dépassement concerne des paramètres dont l'origine peut être naturelle (Cl, SO₄, Al, As, Ba, B, Cd, Pb, Hg, Cu, Cr, F, Na, U, Ni, Se, Zn, Sb, Fe, Mn, NH₄, NO₂, orthophosphates) et qu'aucune valeur de fond hydrogéochimique naturel élevée n'a été définie pour la masse d'eau et le paramètre considéré, alors une analyse des pressions doit être menée afin d'évaluer si une origine anthropique de l'élément considéré est possible sur la MESO ou si un FHG naturel élevé pourrait être défini au niveau de l'étape 1.

Niveau de confiance :

Le niveau de confiance attribué pour ce test est fondé sur l'existence ou non d'une étude de représentativité des points de surveillance à l'échelle de la masse d'eau.

Dans le cas des masses d'eau imperméables localement aquifères ou des aquifères de socle, le niveau de confiance est faible du fait de la forte hétérogénéité qui les caractérisent et du nombre de points généralement restreint sur ces masses d'eau. Toutefois, si un grand nombre de point de surveillance était disponible pour ces masses d'eau, le niveau de confiance est considéré comme élevé.

4.2.2 Test Eaux de surface

Objectif

Il vise à évaluer si les eaux souterraines sont à l'origine de l'altération de l'état chimique et/ou écologique de masses d'eau de surface (MESU) par transfert de polluants depuis la masse d'eau souterraine vers les eaux de surface.

Données à utiliser

Période de référence : période de 6 années consécutives les plus récentes disponibles au moment de l'évaluation de l'état des eaux souterraines. Pour les eaux de surface, il s'agit de la période de 3 ans la plus récente disponible au moment de l'évaluation de l'état écologique et chimique.

Données de surveillance : données de surveillance disponibles pour le(s) paramètre(s) concerné(s) issues des réseaux de surveillance DCE (RCS / RCO) et d'autres réseaux pertinents.

Paramètres et valeurs à considérer : il s'agit d'une liste indicative de paramètres, regroupant les paramètres communs à l'évaluation de l'état chimique des eaux souterraines et à celle de l'état écologique et chimique des eaux de surface, dont le transfert des eaux souterraines vers les eaux de surface a été établi dans le cadre d'études scientifiques et pour lesquels la norme de qualité environnementale (NQE) appliquée aux eaux de surface est inférieure aux valeurs seuils établies pour les eaux souterraines (Figure 6). En effet, si les NQE sont inférieures aux VS, l'étape 1 et le test qualité générale pourraient ne pas avoir permis de mettre en avant des paramètres dans les eaux souterraines susceptibles d'impacter fortement les eaux de surface.

À noter toutefois que les aspects « écotoxicité » nécessitent d'être traités au cas par cas. Les normes de qualité environnementale (NQE) fixées pour les cours d'eau par la directive 2008/105/CE et transposées dans l'arrêté modifié du 25 janvier 2010 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.

Autres données : référentiels des masses d'eau souterraine et masses d'eau de surface, liste des masses d'eau de surface en état moins que bon (ou à risque) chimique et/ou écologique, fiches masses d'eau souterraine (cf. rubriques et informations sur les connexions avec les eaux de surface).

Famille	Paramètre	Code SANDRE	VS Eaux souterraines (µg.L ⁻¹)	NQE* Eaux de surface (µg.L ⁻¹)	Rapport VS/NQE
Métaux / Métalloïdes et dérivés (en µg/L)	Zinc	1383	5 000	7,8	641
	Cuivre	1392	2 000	1	2 000
	Cadmium	1388	5	0,08-0,25 selon la dureté de l'eau	20-62,5
	Chrome (total)	1389	50	3,4	14,7
	Arsenic	1369	10	0,83	12
	Nickel	1386	20	4*	5
	Plomb	1382	10	1,2*	8,3
Nutriments / Sels / Composés ioniques / Eléments chimiques autres que métaux (en mg/L)	Nitrite	1339	0,3	0,3	1
	Nitrate	1340	50	50	1
	Ammonium	1335	0,5	0,5	1
	Orthophosphates	1433	0,5	0,5	1
Pesticides et métabolites de pesticides (en µg/L)	Aminotriazole	1105	0,1	0,08	1,25
	Métazachlore	1670	0,1	0,019	5,26
	Diiflufenicanil	1814	0,1	0,01	10
	Endosulfan	1743 (1178+1179)	0,1	0,005	20
	Chlordécone	1866	0,1	5.10 ⁻⁶	20 000
	Dieldrine	1173	0,03	∑ 0,01 ^[1]	3
HAP (en µg/L)	Benzo(a)pyrène	1115	0,01	1,7 10 ⁻⁴	58,8
	Toluène	1278	700	74	9,5
Alkylphénols, nonylphénols et autres phénols (en µg/L)	Pentachlorophénol	1235	6	0,4	22,5

^[1] La NQE se rapporte à la somme de 4 substances : aldrine, dieldrine, endrine et isodrine

*NQE à compter du 22 décembre 2021 (arrêté du 27 juillet 2018)

Figure 6 : liste indicative de paramètres à considérer pour le test eaux de surface (modifié d'après Cary et al., 2015)

Traitements à réaliser et logigramme

Comme illustré par la figure 7, il s'agit d'abord d'identifier les masses d'eau de surface en état chimique et/ou écologique moins que bon (ou à risque) (1) puis d'établir, à partir d'études locales ou de modèles, la nature des interactions entre les eaux souterraines et les eaux de surface (2) pour conclure quant à la possibilité d'un transfert « significatif » de polluants vers les eaux de surface (3) et enfin d'analyser l'étendue des bassins versants des MESU dégradées par rapport aux MESO (4).

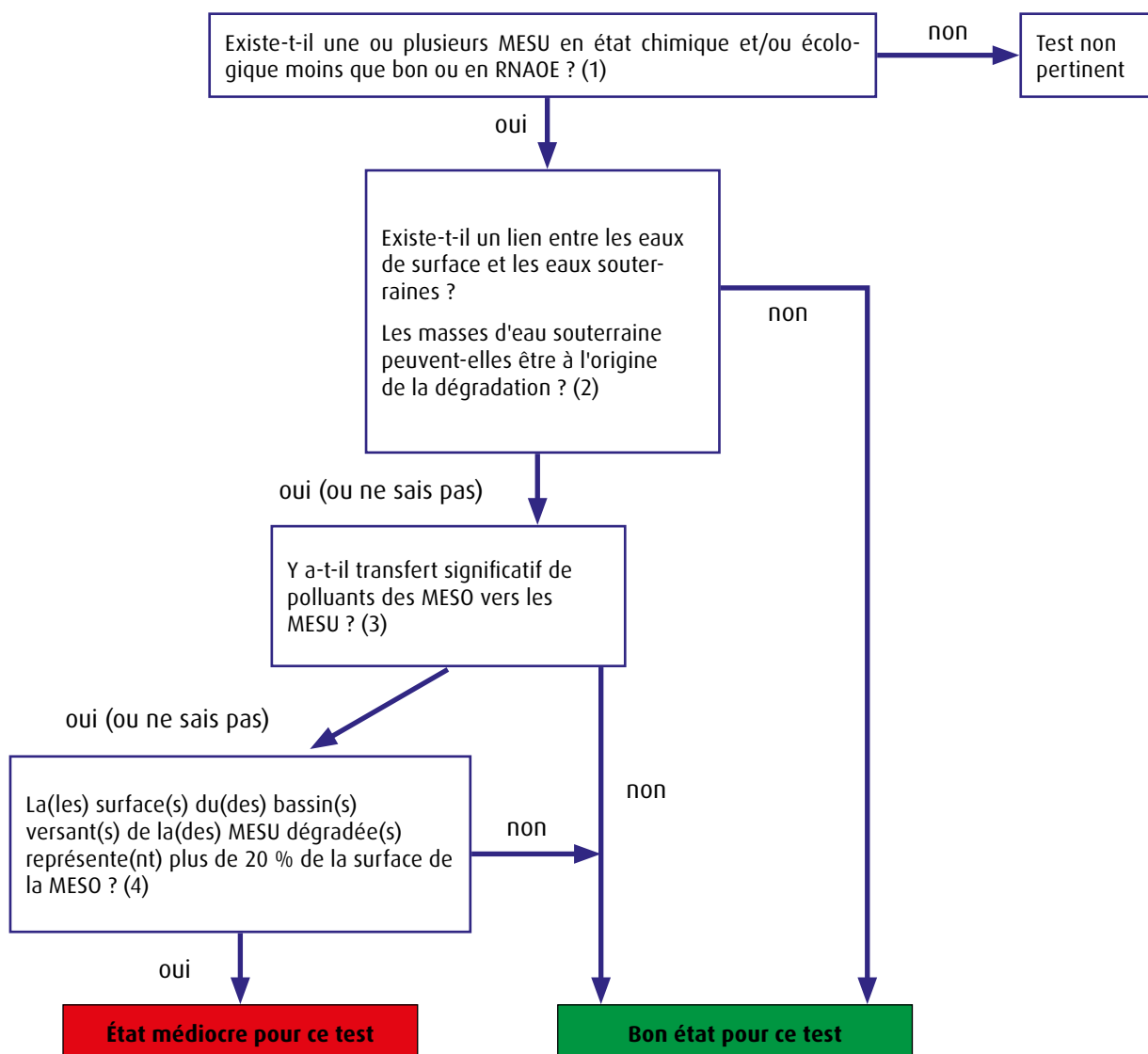


Figure 7 : logigramme du test Eaux de surface

Les points de surveillance à considérer correspondent uniquement aux secteurs de masses d'eau souterraine au niveau desquels un état écologique et/ou chimique moins que bon (ou à risque) a été identifié pour les eaux de surface lors de la dernière évaluation réalisée.

Concernant les interactions nappes-rivière, l'analyse s'appuie sur les études locales disponibles (notamment les fiches masses d'eau élaborées dans les bassins et décrivant les caractéristiques des masses d'eau souterraine) et/ou les modèles existants.

Pour qualifier le transfert de polluants depuis les eaux souterraines vers les eaux de surface, les MMA et fréquences de dépassement sont recalculées puis comparées aux NQE (en lieu et place des VS) pour les paramètres indicatifs listés en Figure 6. Dans le cas des nutriments, dont les VS et NQE sont identiques, une comparaison entre ceux présentant des dépassements de la NQE aux points de surveillance et ceux responsables de la dégradation des eaux de surface est effectuée. Dans tous les cas il est nécessaire de tenir également compte des fonds hydrogéochimiques élevés pour les eaux de surface comme pour les eaux souterraines.

Si un dépassement de NQE sur au moins un point de surveillance est constaté ou si un ou plusieurs nutriments présentent des dépassements de NQE et déclassent également l'état écologique de la masse d'eau de surface, la possibilité d'un transfert « significatif » de polluants de l'eau souterraine vers l'eau de surface est établie et pourra tenir compte des phénomènes d'atténuation et de dilution (cf. Figure 7 point 3).

Si la possibilité de ce transfert ne peut être déterminée par manque de données et d'informations, les autres sources possibles de ce contaminant sont recherchées. Une approche qualitative permettra de dire si la masse d'eau souterraine est la principale source de ce contaminant, auquel cas, l'étendue du(des) bassin(s) versant(s) associé(s) à cette (ces) masse(s) d'eau de surface est appréciée au regard de celle de la masse d'eau souterraine considérée, selon un rapport de 20 % (cf. Figure 7, point 4).

Résultats et niveau de confiance pour le test

Pour la(les) masse(s) d'eau de surface déclarée(s) en état écologique et/ou chimique moins que bon et dont la dégradation ou le risque de non atteinte des objectifs environnementaux est lié aux eaux souterraines par transfert de polluant(s) :

- si la somme totale des surfaces du(des) bassin(s) versant(s) associé(s) à cette (ces) masse(s) d'eau de surface excède 20 % de la surface totale de la masse d'eau souterraine, alors la masse d'eau est déclarée en état médiocre pour ce test ;
- dans le cas contraire, la masse d'eau souterraine est déclarée en bon état pour ce test.

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.

4.2.3 Test Écosystèmes terrestres

Objectif

Il vise à évaluer si les eaux souterraines sont à l'origine de la dégradation des écosystèmes terrestres associés (ETA) par transfert de polluants depuis la masse d'eau souterraine vers les ETA.

Données à utiliser

Période de référence : période de 6 années consécutives les plus récentes disponibles au moment de l'évaluation de l'état des eaux souterraines.

Données de surveillance : données de surveillance disponibles pour le(s) paramètre(s) concerné(s) issues des réseaux de surveillance DCE (RCS / RCO) et d'autres réseaux pertinents ainsi que les données issues de réseaux de suivis spécifiques des écosystèmes terrestres.

Données sur les écosystèmes terrestres : sur la base de l'inventaire national du patrimoine naturel et des connaissances locales sont répertoriés :

- 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,...).

Paramètres et valeurs à considérer : il s'agit des paramètres considérés pour le test « eaux de surface » du fait de leurs mêmes possibilités de transfert depuis les eaux souterraines vers les écosystèmes terrestres (Figure 6). Par ailleurs, pour rappel, les écosystèmes terrestres dépendants ne faisant pas partie des catégories de masses d'eau définies par la DCE, aucune valeur de référence n'a été fixée pour ces milieux spécifiques. En l'absence de telles valeurs, les NQE eaux de surface peuvent être utilisées.

Traitements à réaliser et logigramme

Comme illustré par la Figure 8, il s'agit d'abord d'identifier le(s) écosystème(s) terrestre(s) dégradé(s), en priorité les sites Natura 2000, leur superficie globale au regard de la masse d'eau souterraine associée (1) puis d'établir, à partir d'études spécifiques ou

de modèles, la nature des interactions entre les eaux souterraines et les ETA (2) pour conclure quant à la possibilité d'un transfert « significatif » de polluants vers les ETA (3).

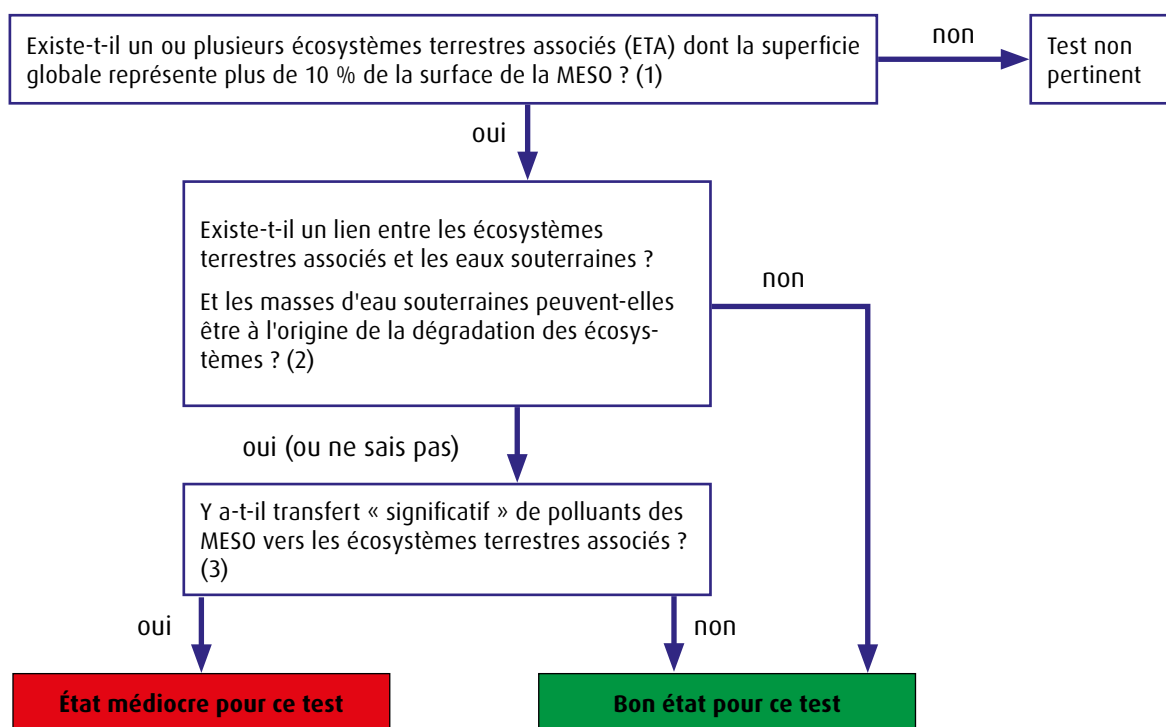


Figure 8 : logigramme du test Écosystèmes terrestres

Les points de surveillance à considérer correspondent uniquement aux secteurs de masses d'eau souterraine au niveau desquels un ou plusieurs ETA dégradés ont été identifiés sur la base des informations disponibles et des connaissances locales.

Concernant les interactions nappes-ETA, l'analyse s'appuie sur les études locales disponibles (cartes piézométriques, gradient hydraulique) et/ou les modèles existants.

Pour qualifier le transfert de polluants depuis les eaux souterraines vers les ETA, par analogie avec le test « eaux de surface », les MMA et fréquences de dépassement sont comparées aux NQE (en lieu et place des VS) pour les paramètres indicatifs listés en Figure 6. Dans le cas des nutriments, dont les VS et NQE sont identiques, une comparaison entre ceux présentant des dépassements de la NQE aux points de surveillance et ceux susceptibles de dégrader les ETA est effectuée. Dans tous les cas il est nécessaire de tenir également compte des fonds hydrogéochimiques élevés pour les ETA comme pour les eaux souterraines.

Si un dépassement de NQE est constaté sur au moins un point de surveillance ou si un ou plusieurs nutriments présentent des dépassements de NQE susceptibles d'être à l'origine de la dégradation des ETA, la possibilité du transfert de polluants de l'eau souterraine vers les ETA est établie et pourra tenir compte des phénomènes d'atténuation et de dilution (cf. Figure 8 point 3).

Si la possibilité d'un tel transfert ne peut être déterminée par manque de données et d'informations, les autres sources possibles de dégradation des ETA sont recherchées. Une approche qualitative permettra de dire si la masse d'eau souterraine est la principale source de dégradation des ETA.

Résultats et niveau de confiance pour ce test

Si la masse d'eau souterraine n'est pas à l'origine de la pollution observée dans l'écosystème terrestre alors la masse d'eau est déclarée en bon état chimique pour ce test.

Si le transfert d'un polluant venant de la masse d'eau souterraine explique clairement la dégradation de la qualité de l'écosystème terrestre alors la masse d'eau souterraine est déclarée en état médiocre pour ce test.

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 le ou la 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.

Si l'évaluation du transfert n'est pas possible du fait d'un manque de données et d'informations, les autres sources possibles de dégradation des ETA sont recherchées. Une approche qualitative permettra de dire si la masse d'eau souterraine est la principale source de dégradation des ETA, auquel cas celle-ci est déclarée en état médiocre pour ce test.

4.2.4 Test Intrusion salée ou autre

Objectif

Il vise à déterminer si les pressions de prélèvement 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.

Données à utiliser

Les cas à considérer : selon le guide européen sur l'évaluation de l'état des eaux souterraines et des tendances (CIS, Guidance

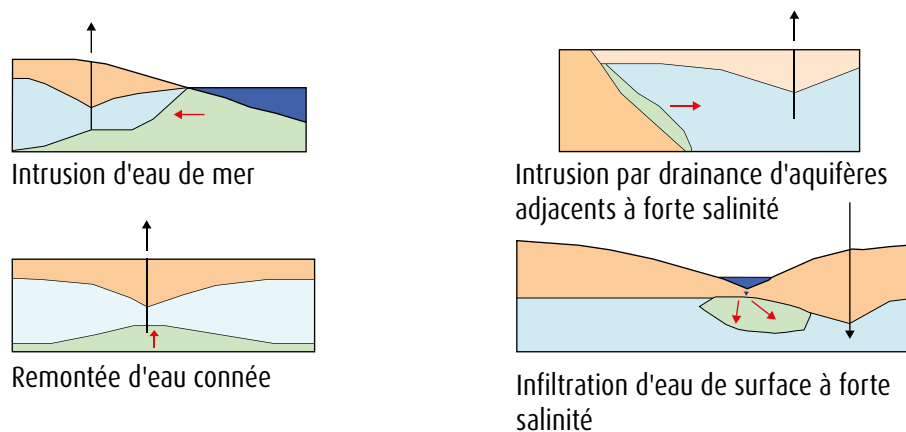


Figure 9 : Types d'intrusion saline ou autre (adapté de UKTAK paper 11b(i))

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 9).

Période de référence :

- Période de 6 années consécutives les plus récentes disponibles au moment de l'évaluation de l'état des eaux souterraines.
- Pour l'estimation des tendances : au minimum 10 années avec données sur 2 cycles DCE (cf. Partie 3 sur les tendances).
- Pour les changements de traitements et abandons de captage AEP : cycle de gestion en cours (cf. test Zones protégées AEP).

Données de surveillance : données de surveillance disponibles pour le(s) paramètre(s) concerné(s) issues des réseaux de surveillance DCE (RCS / RCO) et d'autres réseaux pertinents, dont l'ensemble des points SISE-EAUX pour les changements de traitements et abandons de captage AEP.

Données de prélèvements : elles sont issues des bases existantes au niveau national et bassin sachant par ailleurs que dans le cadre de l'évaluation de l'état quantitatif, le rapport entre volumes prélevés et recharge est également déterminé à l'échelle de la MESO (cf. Partie 2 sur l'état quantitatif).

Paramètres et valeurs à considérer : 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 d'infiltration d'eau de surface fortement minéralisée (dans ce cas, les paramètres se limitent à ceux suivis pour les eaux de surface). Pour ces paramètres, les valeurs seuils et de fonds hydrogéochimiques disponibles seront utilisées.

Traitements à réaliser et logigramme

Comme illustré en Figure 10, dans le cas d'une pression de prélèvements identifiée sur la MESO et en cas de dépassement des valeurs seuils (ou FGH) sur au moins un point de surveillance pour un des paramètres à considérer (1), il est procédé à une analyse des tendances (2) ainsi qu'à l'inventaire des changements de traitements et abandons de captages AEP (3) pour étudier ensuite la représentativité des points dégradés par rapport aux MESO (4).

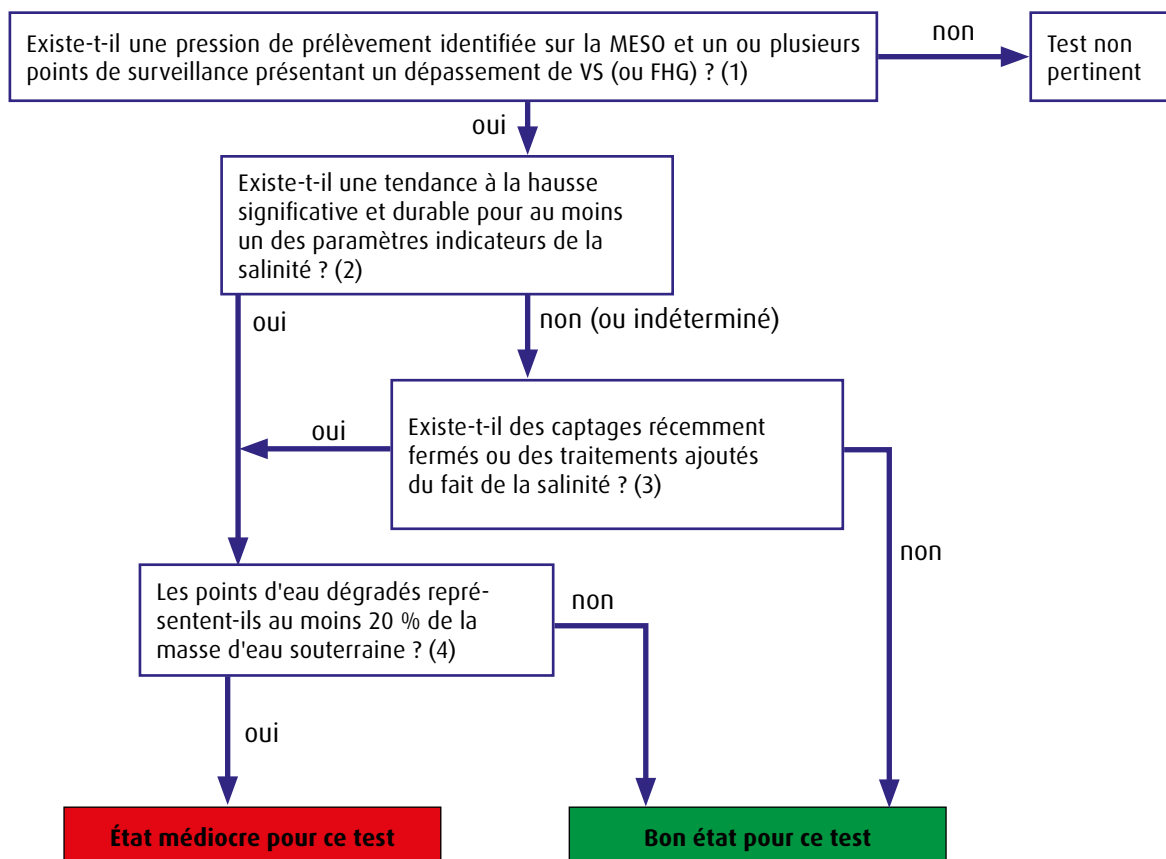


Figure 10 : logigramme du test intrusion salée ou autre

La détermination des masses d'eau pour lesquelles existent à la fois une pression de prélèvement et des dépassement de la VS (ou FGH) s'appuie respectivement :

- sur les informations relatives aux pompages sur le(s) secteur(s) de la MESO considérée, sur l'identification d'une tendance à la baisse des niveaux piézométriques, sur les résultats du test balance réalisé dans le cadre de l'évaluation de l'état quantitatif (rapport volumes prélevés sur recharge) ;
- sur les calculs réalisés en étape 1 de l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau souterraine.

Pour établir le caractère « significatif et durable » des tendances à la hausse pour les paramètres indicateurs de la salinité, il est nécessaire de s'assurer de disposer d'un nombre de points suffisant (cf. Partie 3 sur les tendances). Il s'agit également de vérifier que les variations sont interannuelles (avec une augmentation de la salinité constante d'une année à l'autre) et non pas saisonnières. Il est également possible d'évaluer les tendances d'évolution, croisées avec l'évolution des pompages et des changements climatiques (sur la base des données d'évolution de la recharge). Des rupture(s) / inversion(s) de tendances pourront également être étudiées à partir de l'ensemble des données disponibles.

Concernant l'inventaire des changements de traitements et abandons de captage AEP, le référentiel national des captages (cf. ADES) permet d'identifier les captages fermés récemment dont le motif d'abandon, défini selon la terminologie « autre paramètre », correspond très fréquemment à une forte salinité.

Remarques sur les drainances entre masses d'eau, y compris les flux provenant des eaux de surface :

Dans le cas spécifique d'arrivée d'eau de composition chimique différente provenant d'autres masses d'eau souterraine (par drainance) fortement minéralisées, une analyse de la carte des anomalies de salinité établie par Kloppmann et al. (2010 et 2011) et un regard sur les délimitations des fonds hydrogéochimiques élevés des masses d'eau souterraine sous-jacentes (ou voisines) de la masse d'eau étudiée peut apporter des éléments de réponse pour ce test. En effet la carte proposée identifie les secteurs à forte salinité du fait de fonds hydrogéochimiques élevés, secteurs pour lesquels l'effet d'une pression anthropique sera exclue. Concernant les flux provenant des eaux de surface, en état moins que bon ou salée, une analyse approfondie de la salinité des eaux de surface permet de définir en amont la pertinence de la prise en compte d'apports de surface ou des causes de dégradation du bon état pour la réalisation de ce test.

Résultats et niveau de confiance pour ce test

Une masse d'eau n'est pas en bon état pour ce test si :

- un dépassement de la valeur seuil (ou FHG) pour au moins un paramètre indicateur de salinité et un point de surveillance est constaté ;
- une tendance à la hausse significative et durable de l'un des paramètres indicateurs de salinité liée à l'exploitation de la ressource est établie ou si des captages ont été abandonnés du fait de leur salinité ou si des études locales ont permis d'identifier une dégradation des eaux souterraines du fait de pompages ;

et

- les points de surveillance identifiés comme dégradés représentent au moins 20 % de la surface de la masse d'eau souterraine.

Niveau de confiance pour ce test

Il 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.

4.2.5 Test Zones protégées pour l'alimentation en eau potable**Objectif**

Il 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.

Données à utiliser**Période de référence :**

- période de 6 années consécutives les plus récentes disponibles au moment de l'évaluation de l'état des eaux souterraines pour l'estimation des dépassements de la MMA aux points de surveillance ;
- pour l'estimation des tendances: au minimum 10 années avec données sur 2 cycles DCE (cf. Partie 3 sur les tendances) ;
- pour les changements de traitements et abandons de captage AEP : cycle de gestion en cours (cf. test intrusion saline).

Données de surveillance : points SISE-EAUX pour lesquels le rattachement aux référentiels hydrogéologiques (BDLISA et/ou MESO) a été réalisé.

Paramètres et valeurs à considérer : annexe 1 « Normes de qualité et valeurs seuils » et le cas échéant, les arrêtés préfectoraux de bassin.

Autres données :

- référentiel des captages sous ADES (mises à jour deux fois par an) indiquant les dates d'abandons de captages et les causes d'abandons ;
- données complémentaires issues des ARS (telles que les informations sur les changements de traitements aux captages) le cas échéant.

Traitements à réaliser et logigramme

Comme illustré par la Figure 11, il s'agit d'abord d'identifier les MESO exploitées ou ayant été exploitées pour l'AEP, en état médiocre ou à risque pour ce test lors de la précédente évaluation ou présentant au moins un captage prioritaire / Grenelle identifié (1) puis, pour les points de captage dont la MMA dépasse 75 % de la valeur seuil, il est procédé à une analyse des tendances (2)

ou à l'étude des changements de traitements et abandons de captage AEP (3) pour étudier enfin la représentativité des points dégradés par rapport aux MESO (4).

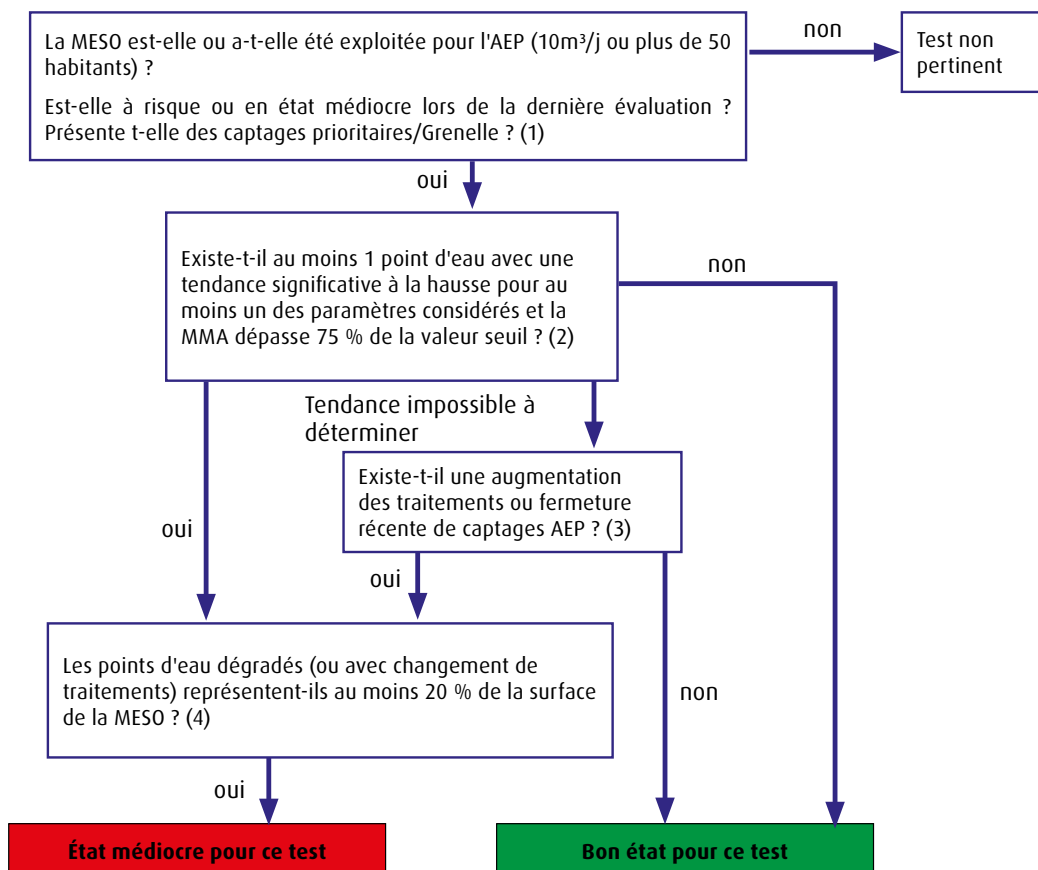


Figure 11 : logigramme du test Zones protégées pour l'alimentation en eau potable

Pour les points de captage 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.

Lorsqu'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 masse d'eau est en état médiocre pour ce test si les points de captages AEP dégradés représentent au moins 20 % de la surface de la MESO.

Résultats et niveau de confiance

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.

Niveau de confiance

Il 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.

Références bibliographiques

European Union (2009) - *Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance on Groundwater Status and trend assessment. Guidance Document N°18*, 82p.

Bibliographie en lien avec le test Qualité générale

Brenot A., Blum A., Chery L. (2006) - Identification des zones à risque de fond géochimique élevé en éléments traces dans les cours d'eau et les eaux souterraines dans le bassin Rhone-Mediterranee et Corse. BRGM/RP-54663-FR, 56p.

Brenot A., Chery L., Blum A., Allier D., Pons A., Gourcy L., Mascré C. (2007) - Identification des zones à risque de fond géochimique élevé en éléments traces dans les cours d'eau et les eaux souterraines - 5 volumes. BRGM/RP-55346-FR, 774p.

Doney C., Lions J., Detante B., Duyck G., Riquiez J. (2015) - Évaluation des concentrations naturelles et anthropiques en éléments traces dans les eaux et sols du Territoire de Belfort. Rapport final. BRGM/RP-64747-FR, 95p.

Lions J., Blum A., Courbin A., Joseph B. (2014) - Caractérisation des fonds géochimiques en éléments traces des eaux douces de Guyane. Rapport final. BRGM/RP-63670-FR, 86p.

Taïlamé A.L., Lions J. (2017) - Étude du fond hydro-géochimique des cours d'eau de Martinique - Phase 2. Rapport final. BRGM/RP-65257-FR, 53p.

Devau N., Lions J., Schomburgk S. et al. (2017) - Etude par approche globale des fonds hydrogéochimiques des eaux souterraines sur le bassin Loire-Bretagne. BRGM/RP-67573-FR, 192p.

Auterives C., Gourcy L., Nicolas J. (2013) - Proposition méthodologique d'évaluation de la représentativité des réseaux DCE de surveillance des eaux souterraines. BRGM/RP-63055-FR, 264p.

Auterives C., Lopez B., Bourguine B., Gourcy L., Devau N., Herivaux C., Parmentier M., Joublin F., Renaud C. (2017) - Évaluation de la représentativité des réseaux de surveillance DCE de la qualité des eaux souterraines du bassin Artois-Picardie. Rapport BRGM/RP-67029-FR, 486p.

Douez O., Touret Y. (2010) - Sectorisation des masses d'eau libres du bassin Adour-Garonne en Poitou-Charentes. Rapport BRGM/RP-58878-FR, 49p.

Auterives C., Lions J., Blum A., Chabart M. (2012) - Test d'application pratique de la méthodologie d'évaluation du Bon Etat sur 2 masses d'eau de Champagne-Ardenne. Rapport BRGM/RP-60432-FR. 211p.

Ducreux L., Surdyk N., Denevoges Q. (2013) - Évaluation de l'état des masses d'eau souterraine de la Guadeloupe dans le cadre de la révision de l'État des lieux de 2013. BRGM/RP-62685-FR, 63p.

Etat des lieux, districts Rhin et Meuse (2013) - Document de référence. Méthodes et procédures - Aspects communs aux bassins aux districts du Rhin et de la Meuse. Chapitre 2 : évaluation de l'état des masses d'eau de surface et souterraine.

Bibliographie en lien avec le test Eaux de surface

Vernoux J.F., Lions J., Petelet-Giraud E., Seguin J.J., Stollsteiner P., Lalot E. (2010) - Synthèse bibliographique sur les relations entre eau souterraine, eau de surface et écosystèmes en lien avec la DCE. BRGM/RP-57044-FR, 207p.

Cary L., Surdyk N., Auterives C. (2015) - Etablissement de la liste des paramètres chimiques pertinents pour la prise en compte des impacts des eaux souterraines sur les eaux de surface. Rapport final. BRGM/RP-63127-FR. 49 p.

Auterives C., Pinson S. (2016) - Impact des eaux souterraines sur les eaux de surface : proposition d'évolution du test « eau de surface ». Rapport final. BRGM/RP-65797-FR, 44p.

Bibliographie en lien avec le test Écosystèmes terrestres

European Union (2011b) - *Technical Report on Groundwater Dependent Terrestrial Ecosystems. Technical Report N. 6.*

European Union (2014) - *Technical report on methodologies used for assessing groundwater dependent terrestrial ecosystems. Technical Report N.8*

European Union (2015) - *Technical Report on Groundwater Associated Aquatic Ecosystems. Technical report N°9*

Auterives C., Allier D., Pinson S. (2012) - Proposition d'une méthodologie d'identification du lien entre eau souterraine et écosystèmes terrestres. Rapport final. BRGM/RP-61677-FR, 85p.

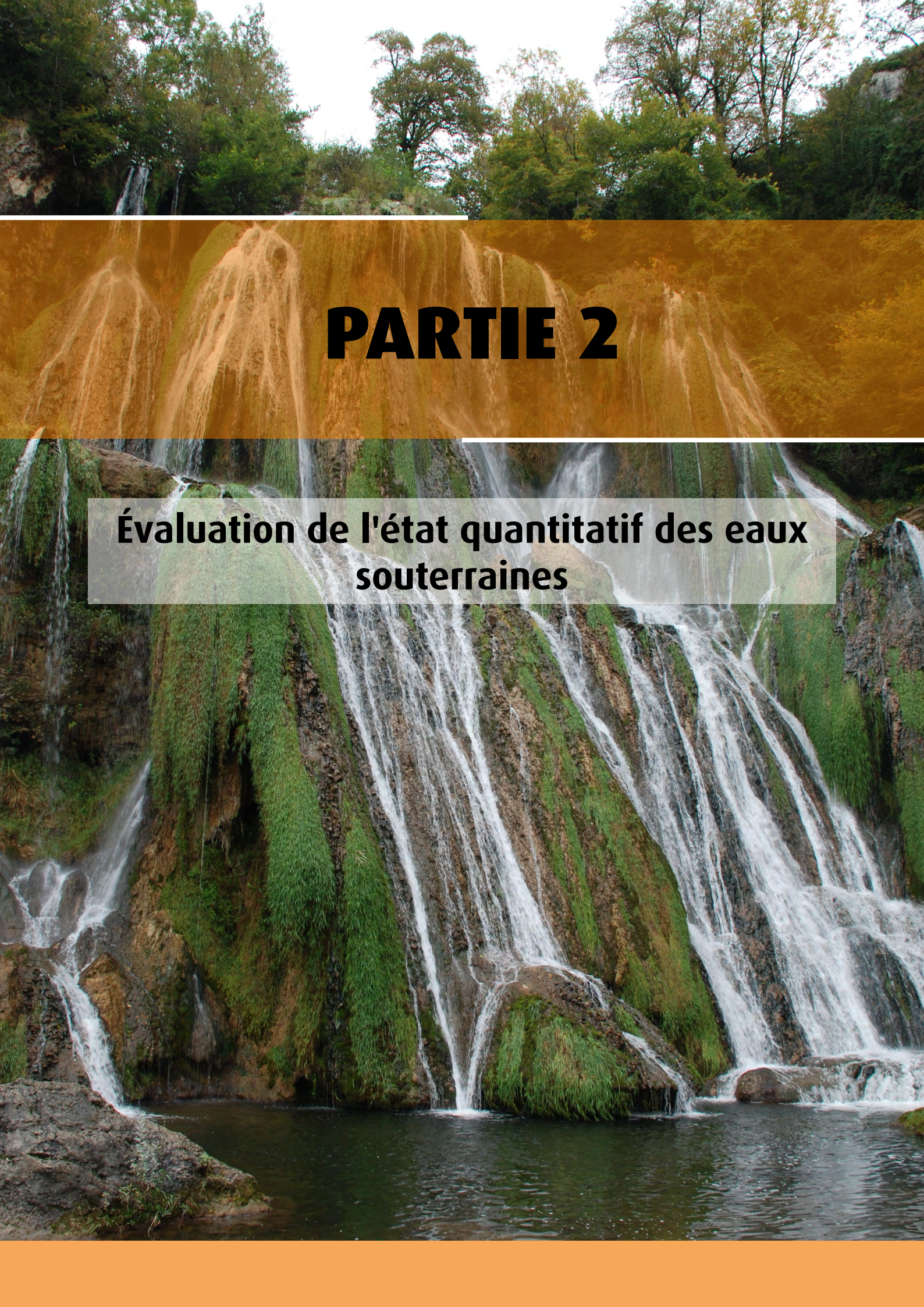
Eurowet (2006) - *Final report of the european project Integration of European Wetland research in sustainable management of the water cycle.*

Bibliographie en lien avec le test Intrusion saline ou autre

Kloppmann W., Bourhane A., Schomburgk S. (2010) - Salinisation des masses d'eau en France Métropolitaine et dans l'Outre-Mer. BRGM/RP-59496-FR, 141p.

Kloppmann W., Bourhane A., Schomburgk S., Asfirane F. (2011) - Salinisation des masses d'eau en France - du constat au diagnostic. BRGM/RP-60186-FR, 38p.

Dörfliger N., Schomburgk S., Bouzit M., Petit V., Caballero Y., Durst P., Douez O., Chatelier M., Croiset N., Surdyk N. (2011) - Montée du niveau marin induite par le changement climatique : conséquences sur l'intrusion saline dans les aquifères côtiers en Métropole. BRGM/RP-60829-FR, 302p.



PARTIE 2

Évaluation de l'état quantitatif des eaux souterraines

Abréviations

ADES : Banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines

AEP : Alimentation en eau Potable

ARS : Agence Régionale de Santé

BNPE : Banque Nationale des Prélèvements quantitatifs en Eau

BV : Bassin versant

DDT : Direction Départementale des Territoires

DCE : Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE

DMB : Débit Minimum Biologique

FHG : Fond hydrogéochimique

GWD : Directive fille sur les eaux souterraines 2006/118/CE ("GroundWater Directive")

HYDRO : Banque nationale de données sur les mesures de hauteur d'eau et de débit des cours d'eau

MESO : Masse d'eau souterraine

MESU : Masse d'eau de surface

MMA : Moyenne des Moyennes Annuelles

ONDE : Observatoire National Des Etiages

QMNA 5 : Débit mensuel minimal annuel quinquennal sec

RCS : Réseau de Contrôle de Surveillance

RCO : Réseau de Contrôle Opérationnel

RNAOE : Risque de Non Atteinte des Objectifs Environnementaux

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

STEU : Station de Traitement des Eaux Usées

WGGW : « *Working Group - Groundwater* » (Groupe de travail de la Commission Européenne dont l'objectif est d'assurer dans chaque état membre, la mise en œuvre cohérente et harmonieuse de la directive sur les eaux souterraines et les éléments des eaux souterraines de la DCE)

ZNIEFF : Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique

ZRE : Zone de Répartition des eaux

1. Introduction

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 (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 modifié 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.

L'objectif du présent document est de détailler la procédure d'évaluation du bon état quantitatif telle qu'elle est exigée par l'article 3 de l'arrêté modifié du 17 décembre 2008. Après la description des exigences réglementaires et des principes généraux qui accompagnent l'évaluation, ce document décrit la procédure à appliquer pour évaluer le bon état quantitatif d'une masse d'eau souterraine. Il a été rédigé dans le cadre des groupes nationaux « DCE – eaux souterraines », piloté par la direction de l'eau et de la biodiversité et intègre également les travaux du groupe européen "WG-Groundwater".

2. Les obligations relatives à l'évaluation de l'état des eaux souterraines

2.1 Le bon état des eaux souterraines

2.1.1 Définition

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 ».

2.1.2 La procédure d'évaluation globale de l'état des masses d'eau souterraine

La procédure d'évaluation globale de l'état des masses d'eau souterraine comprend différents tests (Figure 1), dont certains portent à la fois sur l'état chimique et quantitatif. Il s'agit en effet d'évaluer dans quelle mesure la masse d'eau souterraine pourrait être à l'origine de la dégradation des eaux de surface et/ou écosystèmes terrestres associés, du fait de polluants présents dans celle-ci ou de prélèvements réalisés dans celle-ci.

L'évaluation de l'état chimique est déterminée par 5 tests, dont deux spécifiques (Qualité générale et Zones protégées AEP) et trois communs avec l'état quantitatif (Écosystème terrestres, Intrusion salée ou autre et Eaux de surface).

L'état quantitatif est régi par quatre tests dont un spécifique (Balance) et trois communs avec l'état chimique (Écosystème terrestres, Intrusion salée ou autre et Eaux de surface).

À noter que seuls les tests « pertinents », c'est-à-dire correspondant à un risque identifié doivent être menés. Si pour au moins un test, la masse d'eau est en état médiocre alors l'ensemble de la masse d'eau est classée en état médiocre pour l'état correspondant au test (chimique ou quantitatif ou les deux).

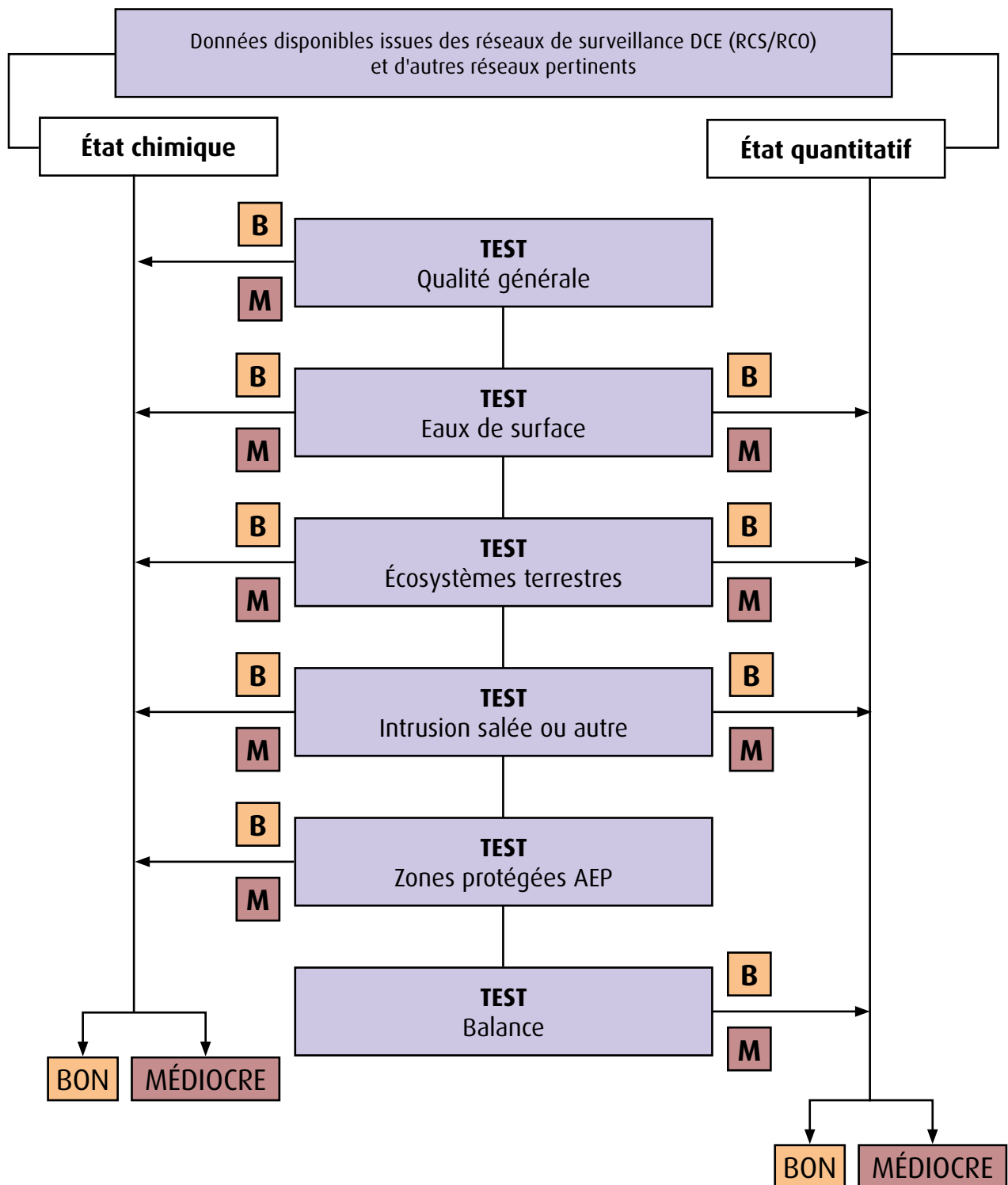


Figure 1 : procédure d'évaluation globale de l'état des masses d'eau souterraine

2.2. Le bon état quantitatif des eaux souterraines

2.2.1. Définition

L'annexe 2.1.2 de la DCE définit le bon état quantitatif d'une masse d'eau souterraine comme suit (Figure 2) :

Éléments	Bon état
Niveau de l'eau souterraine	Le niveau de l'eau souterraine dans la masse d'eau souterraine est tel que le taux annuel moyen de captage à long terme ne dépasse pas la ressource disponible de la masse souterraine. En conséquence, le niveau de l'eau souterraine n'est pas soumis à des modifications anthropogéniques telles qu'elles : - empêcheraient d'atteindre les objectifs environnementaux déterminés au titre de l'article 4 pour les eaux de surface associées, - entraîneraient une détérioration importante de l'état de ces eaux, - occasionneraient des dommages importants aux écosystèmes terrestres qui dépendent directement de la masse d'eau souterraine et des modifications de la direction d'écoulement dues à des modifications du niveau peuvent se produire temporairement, ou continuellement dans une zone limitée, mais n'occasionnent pas d'invasion d'eau salée ou autre et ne montrent aucune tendance durable et clairement identifiée induite par une action anthropogénique dans la direction d'écoulement qui soit susceptible d'entraîner de telles invasions.

Figure 2 : définition du bon état quantitatif des masses d'eau souterraine selon la Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE

2.2.2 La procédure d'évaluation de l'état quantitatif des eaux souterraines

Elle est définie par l'article 3 de l'arrêté modifié du 17 décembre 2008 :

« En application de l'article R. 212-2 du code de l'environnement, la procédure visant à déterminer l'état quantitatif d'une masse d'eau ou d'un groupe de masses d'eau souterraine consiste à comparer le niveau de prélèvements avec la capacité de renouvellement de la ressource disponible. Elle prend notamment en compte :

- l'évolution des niveaux piézométriques des eaux souterraines ;*
- l'évolution de l'état des eaux de surface associées ;*
- l'évolution des écosystèmes terrestres qui dépendent directement de la masse d'eau souterraine ;*
- les modifications de la direction d'écoulement occasionnant une invasion d'eau salée ou autre ou montrant une tendance durable susceptible d'entraîner de telles invasions ;*
- les zones de répartition des eaux telles que définies à l'article R. 211-71 du code de l'environnement. »*

Pour mettre en œuvre la procédure d'évaluation de l'état quantitatif des eaux souterraines, quatre tests indépendants - décrits en partie droite de la Figure 1 - correspondant chacun à une condition du bon état quantitatif sont à mener. Comme le souligne cette figure, les tests « intrusion salée ou autre », « eau de surface » et « écosystèmes terrestres » concernent également l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau. Il est recommandé de mener les deux évaluations (chimique et quantitative) de front pour ces tests. Le test « intrusion salée ou autre » est identique pour l'évaluation chimique et quantitative des masses d'eau.

Seuls les tests « pertinents » c'est-à-dire correspondant à un risque identifié pour la masse d'eau doivent être réalisés. Si, par exemple, une masse d'eau ne présente aucun risque d'intrusion salée ou autre, il est inutile d'appliquer ce test.

À l'issue de chacun de ces tests, l'état de la masse d'eau sera considéré comme « bon » ou « médiocre » pour ce test. Si pour au moins un des tests la masse d'eau est en état médiocre, alors celle-ci est considérée en état médiocre pour l'évaluation de l'état quantitatif.

Les tests à réaliser pour l'évaluation de l'état quantitatif sont détaillés dans les parties suivantes selon les rubriques suivantes : objectif, données à utiliser, traitements à réaliser et logigramme, résultats et niveau de confiance.

3. Les données à mobiliser pour l'évaluation de l'état quantitatif des eaux souterraines

3.1 Les informations et données à utiliser

Pour évaluer l'état quantitatif des eaux souterraines au titre de la DCE et notamment analyser l'évolution du niveau des nappes, les données piézométriques à mobiliser sont celles issues des réseaux de surveillance DCE (RCS, RCO) mais également toutes les autres données de surveillance disponibles sur la masse d'eau et issues d'autres réseaux de surveillance dit pertinents.

Si l'interprétation des chroniques issues du réseau de surveillance constitue le point de départ de l'évaluation, d'autres types de données peuvent être utilisés comme préconisé par le guide européen : « *la DCE indique que le niveau de l'eau souterraine devrait être le principal paramètre pour évaluer le bon état quantitatif [Annexe V.2.1.1]. Cependant, bien que la surveillance des niveaux d'eau soit essentielle pour déterminer les impacts et identifier les tendances à long terme, elle est insuffisante en soit et d'autres paramètres et informations seront généralement nécessaires* ».

L'analyse des chroniques et la comparaison avec les **conditions climatiques** de chaque année constitue notamment un élément essentiel pour définir si une masse d'eau est en état médiocre ou non.

De même, il existe d'autres indicateurs dont le caractère intégrateur permet, sur certaines masses d'eau, d'apprécier le niveau de celles-ci. Il s'agit en particulier du **niveau des cours d'eau** et de l'état des écosystèmes terrestres associés aux eaux souterraines. Ce critère constitue en outre un objectif à part entière de la DCE et un élément du bon état quantitatif des eaux souterraines.

Ainsi certaines données apparaissent comme essentielles pour la réalisation des tests décrits dans le guide européen, il s'agit :

- des prélèvements en nappe et en rivière,
- de l'estimation de la recharge des aquifères et plus généralement de la ressource,
- des paramètres permettant de mettre en évidence un éventuel déséquilibre quantitatif des systèmes superficiels (cours d'eau et zones humides) et leurs interactions avec les masses d'eau souterraine,
- des paramètres permettant de mettre en évidence des intrusions salines ou autres dans les nappes.

3.2 Interactions entre eaux souterraines, eaux de surface et écosystèmes terrestres associés

La nécessité de prendre en compte les interactions entre eaux de surface et eaux souterraines figure en introduction de la DCE :

« (20) L'état quantitatif d'une masse d'eau souterraine peut avoir une incidence sur la qualité écologique des eaux de surface et des écosystèmes terrestres associés à cette masse d'eau souterraine,

(33) Il convient de poursuivre l'objectif du bon état des eaux pour chaque bassin hydrographique, de sorte que les mesures relatives aux eaux de surface et aux eaux souterraines appartenant au même système écologique et hydrologique soient coordonnées,

(34) Aux fins de la protection de l'environnement, il est nécessaire d'assurer une plus grande intégration des aspects qualitatifs et quantitatifs tant des eaux de surface que des eaux souterraines, compte tenu des conditions naturelles de circulation de l'eau dans le cycle hydrologique. »

Enfin comme le prévoit l'annexe V de la DCE, l'article R.212-12 du code de l'environnement stipule que la définition du bon état quantitatif et du bon état qualitatif, doit prendre en compte les risques d'impact sur les eaux de surface et les écosystèmes associés (cf. point 2.1.1).

3.3 Invasion salée ou autre

Les précisions sur la définition d'une « invasion salée ou autre » sont données dans le guide européen sur le bon état (European Commission, 2009). Quatre cas sont à étudier : l'intrusion saline d'origine marine, la remontée d'eau connée, la drainance ascendante des niveaux profonds riches en sels ou drainance depuis une masse d'eau adjacente à forte salinité ou contaminée et l'intrusion d'eau de surface en état moins que bon ou salée.

Dans ce cas, état chimique et état quantitatif étant liés, le test « intrusion salée ou autre » est identique pour l'évaluation chimique et quantitatif des masses d'eau.

3.4 À quelles masses d'eau s'applique l'évaluation ?

En l'absence de précision réglementaire concernant le champ d'application de l'évaluation de l'état quantitatif (toutes les masses d'eau / groupe de masses d'eau ou masses d'eau à risque uniquement), il est proposé de réaliser cette évaluation en priorité pour les masses d'eau souterraine identifiées à risque ou en état médiocre ainsi que pour les masses d'eau à enjeux (MESO avec exploitation AEP, avec zones de sauvegarde pour l'alimentation en eau potable future, avec ZRE ou en lien avec des masses d'eau de surface, des écosystèmes terrestres associés tels que des sites Natura 2000, ...).

Néanmoins, afin d'assurer dans chaque bassin, la mise en œuvre cohérente de la directive sur les eaux souterraines et d'éviter toute erreur liée à une évaluation insuffisante du risque de non atteinte des objectifs environnementaux, il est préconisé de réaliser cette évaluation sur toutes les masses d'eau ou groupes de masses d'eau, quel que soit leur état et leur classement en RNAOE.

3.5 Cas particulier des nappes captives à forte inertie

Pour les nappes captives à forte inertie, il est difficile d'évaluer l'état quantitatif sans outil de simulation et sans raisonnement à long terme. En effet, l'existence d'écoulements pluri-millénaires dans des systèmes profonds nécessite une approche différente de celle adoptée pour les nappes libres dont l'analyse repose essentiellement sur la capacité moyenne annuelle de renouvellement via l'infiltration des précipitations. En général, une nappe captive multicouche à forte inertie n'est pas enfermée dans un aquifère isolé : elle est en liaison hydraulique plus ou moins forte avec les aquifères situés au-dessus et au-dessous dont elle est séparée par des formations peu perméables (les épontes).

Des échanges de flux plus ou moins importants suivant le degré d'imperméabilité des épontes et leur épaisseur peuvent se produire par drainance entre la nappe captive considérée et la nappe située au-dessus et celle située au-dessous : la nappe captive peut recevoir de l'eau en provenance soit de l'aquifère supérieur, soit de l'aquifère inférieur, soit des deux, mais elle peut aussi fournir de l'eau aux aquifères encadrants (alors même qu'elle peut être en déséquilibre).

La nappe captive multicouche à forte inertie peut aussi être alimentée par les précipitations au niveau des affleurements de la formation géologique qui la contient. L'importance de cette alimentation directe sera fonction de la superficie des affleurements. Pour certains aquifères, les affleurements sont réduits, rendant la nappe profonde tributaire des flux de drainance pour le maintien de son équilibre si elle est exploitée. Si les épontes supérieure et inférieure sont très peu perméables, les flux de drainance seront très réduits et des prélèvements excédant la recharge par les affleurements conduiront à une situation de surexploitation.

En conséquence, l'évaluation de la ressource disponible nécessaire à la réalisation du test « balance » doit donc prendre en compte non seulement la recharge par infiltration au niveau des affleurements de l'aquifère, mais aussi la recharge à partir des affleurements des autres aquifères du système ainsi que les flux de drainance. Une modélisation du système multicouches peut être nécessaire pour permettre de quantifier ces flux et d'apprécier la conséquence des prélèvements opérés.

Contrairement à un aquifère à nappe libre, un aquifère à nappe captive à forte inertie est caractérisé par une forte diffusivité (rapport perméabilité sur coefficient d'emménagement) qui le rend très réactif à des modifications de son régime hydrodynamique, en particulier à une augmentation ou à une réduction des prélèvements.

L'équilibre hydrodynamique d'une nappe captive, dont le régime initial a été modifié plus ou moins durablement par des prélèvements, se met en place par une double réaction se déroulant sur deux échelles de temps : une réaction de la nappe elle-même, relativement rapide (par transfert de pression), et une réaction du système multicouches, auquel elle peut être plus ou moins liée hydrodynamiquement, reportant l'atteinte de l'équilibre sur le long terme.

Ainsi il est possible que les niveaux baissent alors que les prélèvements n'augmentent plus. Il s'agit d'un état transitoire précédant le retour à l'équilibre, équilibre qui sera atteint au bout d'un temps plus ou moins long en fonction de l'inertie du système multicouches. Cet équilibre doit être atteint à des niveaux permettant d'atteindre les objectifs environnementaux des eaux de surface associées, d'éviter toute diminution significative de l'état écologique de ces eaux, d'éviter toute dégradation significative des écosystèmes terrestres associés et de ne pas occasionner d'invasion salée ou autre.

L'indication du temps nécessaire au retour à l'équilibre (hors tendances naturelles) et aux niveaux correspondant à cet état d'équilibre peut être obtenue par modélisation.

En résumé, pour ces nappes captives, l'évolution tendancielle des niveaux piézométriques, évaluée à partir des chroniques disponibles, ne permet pas de juger du dépassement ou non de la capacité de renouvellement de la ressource disponible par les prélèvements. Il est donc recommandé de mettre en place des outils de modélisation appropriés afin de pouvoir évaluer la capacité de renouvellement de la ressource et l'état quantitatif des masses d'eau souterraine concernées et de s'appuyer si nécessaire sur le dire d'expert.

Les nappes captives à forte inertie en France Métropolitaine sont listées ci-dessous :

EU_CD	MS_CD	Nom
FRAG015	AG015	Calcaire Carbonifère de Roubaix-Tourcoing
FRB1G018	B1G018	Grès du Lias inférieur d'Hettange Luxembourg
FRCG005	CG005	Grès vosgien captif non minéralisé
FRDG176	DG176	Calcaires barrémo-bédoulien de Montélimar-Francillon et Valdaine
FRDG206	DG206	Calcaires jurassiques pli oriental de Montpellier et extension sous couverture
FRDG208	DG208	Calcaires jurassiques sous couverture du Pays de Gex
FRDG212	DG212	Miocène de Bresse
FRDG216	DG216	Graviers et grès éocènes - secteur de Castelnaudary
FRDG224	DG224	Sables astiens de Valras-Agde
FRDG225	DG225	Sables et graviers pliocènes du Val de Saône
FRDG226	DG226	Calcaires urgoniens sous couverture du synclinal d'Apt
FRDG227	DG227	Calcaires jurassiques sous couverture du pied de côte mâconnaise
FRDG228	DG228	Calcaires jurassiques sous couverture pied de côte bourguignonne et châlonnaise
FRDG231	DG231	Sillons fluvio-glaciaires du Pays de Gex
FRDG233	DG233	Graviers et calcaires lacustres profonds plio-quaternaires sous couverture du pied de côte (Vignoles, Meuzin,...)
FRDG235	DG235	Formations fluvio-glaciaires nappe profonde du Genevois
FRDG237	DG237	Calcaires profonds des avants-mont dans la vallée du Doubs
FRDG238	DG238	Calcaires du Jurassique supérieur sous couverture Belfort
FRDG240	DG240	Miocène sous couverture Lyonnais et sud Dombes
FRDG243	DG243	Multicouche pliocène du Roussillon
FRFG070	FG070	Faluns, grès et calcaires de l'Aquitainien-Burdigalien (Miocène) majoritairement captif de l'Ouest du Bassin aquitain
FRFG072	FG072	Calcaires et grès du Campano-Maastrichtien majoritairement captif du Nord du Bassin aquitain
FRFG073A	G073A	Multicouches calcaire captif du Turonien-Coniacien-Santonien du Nord-Ouest du Bassin aquitain
FRFG073B	G073B	Calcaires du Cénomanien majoritairement captif du Nord du Bassin aquitain
FRFG075A	G075A	Sables et graviers de l'infra-Cénomanien-Cénomanien captif du Nord du Bassin aquitain
FRFG075B	G075B	Sables, grès, calcaires et dolomies de l'infra-Toarcien libre et captif du Nord du Bassin aquitain
FRFG078A	G078A	Sables, grès, calcaires et dolomies de l'infra-Toarcien majoritairement captif de l'Est du Bassin aquitain
FRFG078B	G078B	Sables, grès, calcaires et dolomies de l'infra-Toarcien majoritairement captif de l'Est du Bassin aquitain
FRFG080A	G080A	Calcaires du Jurassique moyen et supérieur majoritairement captif du Nord du Bassin aquitain
FRFG080B	G080B	Calcaires du Jurassique moyen et supérieur majoritairement captif entre Dordogne et Lot
FRFG080C	G080C	Calcaires du Jurassique moyen et supérieur majoritairement captif au Sud du Lot
FRFG081	FG081	Calcaires du sommet du Crétacé supérieur majoritairement captif du Sud du Bassin aquitain
FRFG082A	G082A	Calcaires du Paléocène majoritairement captif du Sud du Bassin aquitain
FRFG082B	G082B	Calcaires de l'Eocène moyen et supérieur majoritairement captif du Sud du Bassin aquitain
FRFG082C	G082C	Sables et grès de l'Eocène inférieur et moyen majoritairement captif du Sud-Ouest du Bassin aquitain
FRFG082D	G082D	Sables et argiles à graviers de l'Eocène inférieur et moyen majoritairement captif du Sud-Est du Bassin aquitain
FRFG083A	G083A	Calcaires, grès et faluns de l'Oligocène majoritairement captif du Nord du Bassin aquitain
FRFG083B	G083B	Calcaires, grès et faluns de l'Oligocène majoritairement captif du Sud du Bassin aquitain
FRFG084	FG084	Faluns, grès et sables de l'Helvétien (Miocène) majoritairement captif de l'Ouest du Bassin aquitain
FRFG091	FG091	Calcaires de la base du Crétacé supérieur majoritairement captif du Sud du Bassin aquitain
FRFG100	FG100	Calcaires et grès du Campano-Maastrichtien captif du littoral nord aquitain

EU_CD	MS_CD	Nom
FRFG101	FG101	Sables, grès et calcaires de l'Eocène captif du littoral nord aquitain
FRFG102	FG102	Calcaires, grès et faluns de l'Oligocène captif du littoral nord aquitain
FRFG103	FG103	Faluns, grès et calcaires de l'Aquitainien-Burdigalien (Miocène) captif du littoral nord aquitain
FRFG104	FG104	Faluns, grès et sables de l'Helvétien (Miocène) majoritairement captif du littoral nord aquitain
FRFG105	FG105	Sables et graviers du Pliocène captif du littoral aquitain
FRFG113	FG113	Sables et calcaires de l'Eocène supérieur majoritairement captif du Nord du Bassin aquitain
FRFG114	FG114	Sables, graviers, grès et calcaires de l'Eocène inférieur et moyen majoritairement captif du Nord du Bassin aquitain
FRGG017	GG017	Sables et calcaires du bassin tertiaire du marais breton captif
FRGG038	GG038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif
FRGG060	GG060	Grès, argiles et marnes du Trias et Lias du Bazois captifs
FRGG064	GG064	Calcaires et marnes de l'Infra-Toarcien au nord du seuil du Poitou majoritairement captifs
FRGG067	GG067	Calcaires à silex et marnes captifs du Dogger sud bassin parisien
FRGG073	GG073	Calcaires captifs du Jurassique supérieur sud bassin parisien
FRGG089	GG089	Craie du Séno-Turonien sous Beauce sous Sologne captive
FRGG120	GG120	Calcaires du Lias et Dogger mayennais et sarthois captifs
FRGG125	GG125	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Jaunay captifs
FRGG126	GG126	Calcaires et marnes sous Flandrien du Lias et Dogger du Sud Vendée captifs
FRGG127	GG127	Calcaires et marnes sous Flandrien du jurassique supérieur de l'Aunis captifs
FRGG130	GG130	Calcaires du Lias du bassin parisien captifs
FRGG131	GG131	Grès et arkoses du Berry captifs
FRGG135	GG135	Multicouches craie Séno-turonienne et calcaires de Beauce sous forêt d'Orléans captifs
FRGG136	GG136	Calcaires tertiaires de Beauce sous Sologne captifs
FRGG140	GG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs
FRGG142	GG142	Sables et gres du Cenomanien captif
FRGG150	GG150	Albien indifférencié
FRHG218	HG218	Albien-néocomien captif

3.6 Le niveau de confiance de l'évaluation

Absence ou manque de données

Si les nappes exploitées bénéficient de manière générale d'un niveau de connaissance satisfaisant, l'évaluation de l'état quantitatif n'est parfois pas possible sur d'autres masses d'eau faute d'un niveau de connaissance suffisant.

Outre les données issues des réseaux de surveillance DCE, d'autres données peuvent être utilisées pour évaluer l'état quantitatif des masses d'eau souterraine (cf. point 3.1). Cependant, la collecte et l'interprétation de ces données complémentaires peuvent s'avérer délicates. En effet, certaines données ne sont pas disponibles ou ne sont pas complètement exhaustives. Il s'agit par exemple :

- des prélèvements. Ils restent souvent mal connus, voire sous-évalués (cas en particulier des prélèvements agricoles) ou les informations sur la géolocalisation de l'ouvrage et le niveau de masse d'eau et d'aquifère prélevé sont manquantes.
- des mesures de débits dans les cours d'eau. Si ces données sont accessibles via la banque HYDRO, la localisation des stations de jaugeage et celles des piézomètres ne permet pas toujours de satisfaire à l'étude des relations nappes-rivières. Par ailleurs, de façon générale, les données de débits acquises en tête de bassins versants de cours d'eau sont relativement rares.
- des mesures du niveau de l'eau dans les zones humides. Les données de suivi des zones humides et des liens avec les eaux souterraines sont souvent peu nombreuses et non spécifiques.
- des informations et données sur les besoins écologiques des cours d'eau et des écosystèmes terrestres associés.

Ainsi, l'acquisition de données complémentaires utiles à l'évaluation de l'état quantitatif nécessitera très souvent la mise en œuvre d'études régionales visant à améliorer la connaissance (estimation de la recharge, identification de sous-bassins hydrogéologiques...).

L'importance de la représentativité temporelle des données utilisées

Les données disponibles sur une même masse d'eau souterraine ont des historiques hétérogènes. Ainsi, sur certains points, seules les données acquises dans le cadre des réseaux DCE sont disponibles tandis que sur d'autres points, des chroniques plus longues existent (15-20 ans, voire plus).

Il est désormais admis que les chroniques de longue durée sont recommandées pour pouvoir apprécier l'état quantitatif de la nappe et notamment pour les nappes à cycles pluriannuels (comme la nappe de la Beauce).

L'analyse de tendance du niveau piézométrique faisant partie intégrante de l'évaluation du bon état quantitatif des masses d'eau souterraine, il est ainsi recommandé d'utiliser l'ensemble des chroniques disponibles à l'échelle d'une masse d'eau pour réaliser l'évaluation de la tendance.

Les préconisations du guide européen sur le bon état quantitatif portent également sur l'importance d'une analyse à long terme pour s'affranchir de l'effet des facteurs climatiques (variation interannuelle des pluies efficaces) et des pompages : « *lorsque des informations fiables sur les niveaux d'eau souterraine à travers la masse d'eau sont disponibles, alors ces données peuvent être utilisées pour identifier la présence d'une baisse durable des niveaux liée à des prélèvements d'eau souterraine sur le long terme. [...]. Les tendances d'évolution des niveaux piézométriques devraient être évaluées sur le long terme afin de garantir que les effets des fluctuations liées aux facteurs climatiques et à l'organisation des prélèvements puissent être différenciés des effets des prélèvements durables et à long terme.* »

L'importance de la représentativité spatiale des données utilisées

Les masses d'eau souterraine sont hétérogènes tant du point de vue des écoulements souterrains (existence de sous bassins versants hydrogéologiques) que des pressions (répartition des prélèvements variable).

L'évaluation d'une tendance piézométrique à l'échelle de la masse d'eau peut s'avérer délicate. Pour améliorer la représentativité spatiale des données piézométriques, les données issues des réseaux de surveillance RCS/RCO et d'autres réseaux considérés comme pertinents de par leur localisation, leur fréquence d'échantillonnage et leur qualité de suivi peuvent être utilisées.

À noter que les études de représentativité des points de surveillance, disponibles sur certains bassins et fondées sur des approches surfaciques, volumétriques ou sur des critères d'intérêt peuvent être mobilisées pour évaluer au mieux l'état quantitatif.

Attribution d'un niveau de confiance à l'évaluation de l'état quantitatif de la masse d'eau

Si la DCE et la GWD demandent que des niveaux de confiance soient respectivement associés aux réseaux de surveillance et à l'évaluation des tendances à la hausse, il n'en est rien pour l'évaluation du bon état quantitatif des masses d'eau souterraine. Le guide européen n°18 (2009) recommande néanmoins leur utilisation sachant par ailleurs que le guide européen du rapportage DCE 2016, demande à ce que soit précisé le niveau de confiance de l'état quantitatif attribué selon 4 niveaux :

- 0 = pas d'information.
- 1 = confiance faible (par exemple : absence de données de surveillance, de modèle conceptuel ou de compréhension du système).
- 2 = confiance moyenne (par exemple : données de surveillance limitées ou insuffisamment robustes et dire d'expert jouant un rôle important dans l'évaluation de l'état).
- 3 = confiance élevée (par exemple : données de surveillance de qualité, modèle conceptuel de qualité ou bonne compréhension du système, reposant sur des informations relatives à ses caractéristiques naturelles et aux pressions auxquelles il est soumis).

Des critères seront également proposés pour estimer les niveaux de confiance de chacun des tests et apprécier au mieux le niveau de confiance global de l'évaluation de l'état quantitatif de la masse d'eau.

4. La description des étapes et tests à réaliser pour évaluer l'état quantitatif d'une masse d'eau souterraine

4.1 Test Balance

Objectif

Il vise à évaluer l'équilibre entre la ressource disponible et les prélèvements à l'échelle de la masse d'eau.

Données à utiliser

Période de référence : l'estimation des tendances d'évolution à long terme est réalisée sur une durée de 12 ans (2 cycles DCE) et au minimum 10 années pour les nappes sans évolution cyclique. Pour les chroniques à évolution cyclique, des données acquises sur trois cycles sont nécessaires (cf. Partie 3 : évaluation des tendances d'évolution de polluants et de niveaux piézométriques).

Pour comparer l'évolution à long terme des volumes prélevés par rapport à l'évolution à long terme de la ressource en eau souterraine disponible, les volumes exploités de l'année moyenne de prélèvements la plus récente disponible (au moment de la réalisation de l'évaluation de l'état) sont pris en compte et la recharge moyenne est évaluée sur la période la plus longue possible (jusqu'à l'année la plus récente de l'évaluation considérée).

Données de surveillance et de prélèvements :

- données de surveillance disponibles issues des réseaux de surveillance DCE (RCS / RCO) et d'autres réseaux pertinents ;
- données sur les volumes prélevés disponibles dans les bases existantes au niveau national, bassin et départemental (BNPE, Agences, DDT).

Pour l'estimation des volumes non restitués à la masse d'eau prélevée, les chiffres suivants sont considérés (sources: publication MTES, SDES, DataLab « Les prélèvements d'eau douce en France », 2017 et dire d'expert) :

- prélèvements en eaux souterraines non restitués à la masse d'eau prélevée : 80 % AEP, 100 % industrie, 100 % agricole par aspersion, 100 % agricole gravitaire (source MTES).

Remarque : les prélèvements de sources, dès lors qu'ils ne font appel qu'à des dispositifs de captage gravitaire, seront affectés aux eaux de surface et ne sont donc pas pris en compte dans l'établissement du bilan hydrogéologique à l'échelle de la masse d'eau souterraine.

Autres données :

- Débits des sources (cf. banque de données HYDRO).
- Pour l'estimation de la recharge, les données de pluies efficaces issues des dernières modélisations disponibles au niveau national (cf. Météo-France).
- Modèles hydrogéologiques permettant l'estimation prélèvements/recharge si disponibles.

Traitements à réaliser et logigramme

Comme l'illustre la Figure 3, pour les MESO sur lesquelles existent des prélèvements, il s'agit d'abord de déterminer les tendances d'évolution à long terme des niveaux piézométriques (1) puis, en cas de tendance à la baisse, d'évaluer la ressource disponible à long terme (2), les prélèvements moyens annuels (3), de déterminer le rapport prélèvements sur ressource (4) pour conclure selon le ratio observé (et éventuellement sur la base de données spécifiques, sur l'existence de ZRE) sur l'état de la MESO (5).

À partir des données de surveillance issues des réseaux DCE et d'autres réseaux pertinents si disponibles, les calculs de tendances d'évolution à long terme au point de surveillance, à la masse d'eau et à toute échelle jugée pertinente (masses d'eau, secteur de masse d'eau) sont réalisés en se basant sur les recommandations de la partie 3 sur les tendances, quant au nombre minimum de données et à la prise en compte des facteurs climatiques.

Lorsqu'une tendance à la baisse du fait des prélèvements est observée sur plus de 20 % de la masse d'eau (en surface ou en nombre de points), le bilan hydrogéologique est établi pour les nappes libres ou majoritairement libres (cf. point 3.5 pour le cas des nappes captives à forte inertie).

Il s'agit de comparer l'évaluation à long terme des volumes prélevés par rapport à l'évaluation à long terme de la ressource en eau souterraine disponible. Cette dernière est une valeur approximative, basée sur la recharge soustraite de l'écoulement requis pour assurer l'état écologique des eaux de surface et des écosystèmes terrestres dépendants.

Pour cela, les volumes exploités de l'année moyenne de prélèvements la plus récente disponible sont comparés avec la recharge moyenne évaluée sur la plus longue période possible, à laquelle est soustraite l'écoulement requis pour assurer l'état écologique des eaux de surface et des écosystèmes terrestres dépendants selon le ratio (R) suivant :

$R = (\text{Moyenne à long terme des volumes annuels prélevés}) / (\text{Moyenne à long terme de la recharge} - \text{besoins écologiques sur le long terme})$

En pratique, dans la majorité des cas, seule la recharge peut être estimée du fait d'un manque de connaissances/données sur les débits minimum biologiques et l'état des écosystèmes terrestres d'une part, et les volumes d'écoulement entre nappe et cours ou nappe et écosystème terrestre d'autre part.

Une fois la ressource en eau souterraine disponible évaluée, les prélèvements moyens annuels devront également être évalués à l'échelle de la masse d'eau considérée.

L'estimation des volumes prélevés se fait par addition des volumes annuels exploités à chaque captage. Concernant l'estimation des volumes non restitués à la masse d'eau prélevée, l'estimation est basée sur les différents usages en se référant aux chiffres précédents : 80 % AEP, 100 % industrie (hors usage refroidissement), 100 % agricole par aspersion, 100 % agricole gravitaire.

À partir des valeurs indicatives établies au niveau national (Arnaud, 2017), pour qualifier l'équilibre entre prélèvements et ressource selon le type d'aquifère (valeurs établies à 3 % pour le socle, 15 % pour les aquifères sédimentaires et 5 % pour les autres types d'aquifères - intensément plissé, édifices volcaniques, imperméables localement aquifères) et/ou sur la base de données spécifiques (études locales, ZRE), l'état de la MESO est déterminé pour ce test.

À noter que pour les aquifères alluviaux et karstiques, ces valeurs indicatives n'ont pas pu être établies et que des évaluations plus précises sont nécessaires (modélisation, utilisation d'outils isotopiques,...).

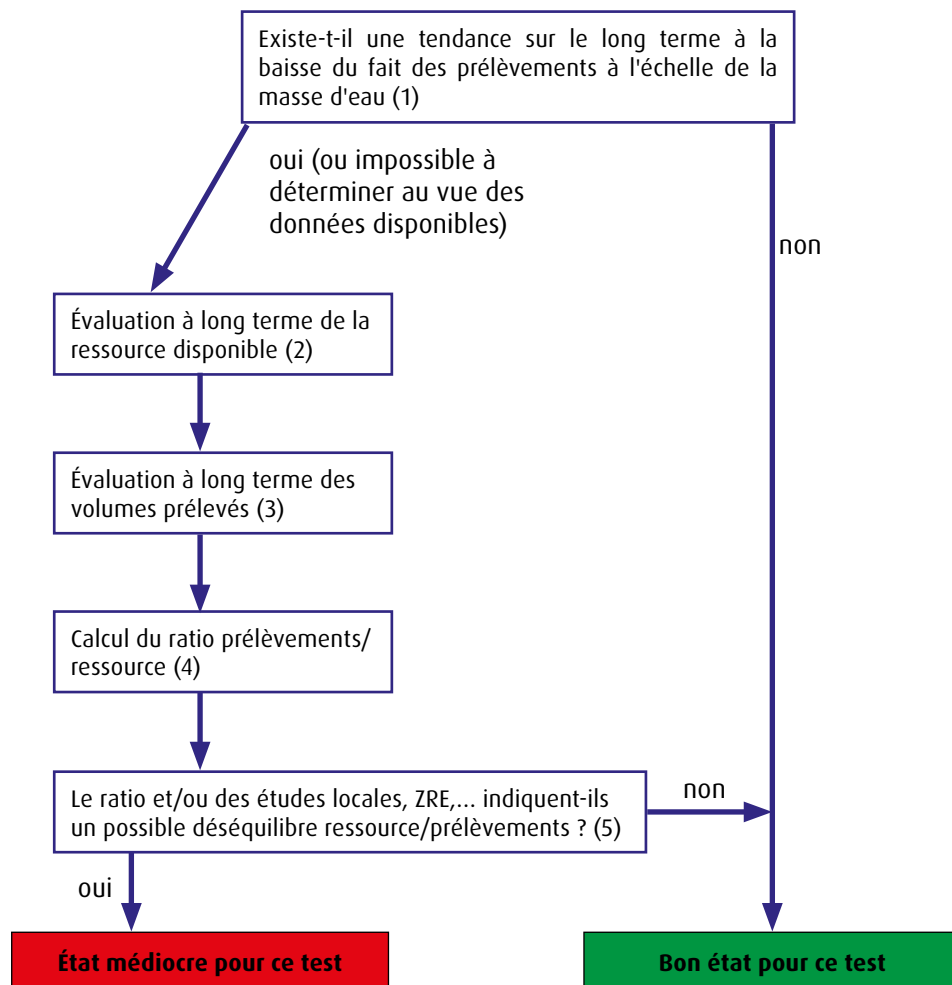


Figure 3 : logigramme du test Balance

Résultats et niveau de confiance

Dans le cas des nappes libres, les MESO prélevées sont en état médiocre pour ce test si :

- il existe une tendance piézométrique statistiquement significative à la baisse du fait de prélèvements anthropiques ou si celle-ci est indéterminée du fait d'un manque de données ;
- ET que le rapport prélèvements / recharge est supérieur aux valeurs guides et/ou est trop élevé au vu des enjeux (ZRE, ...).

Cas particulier des nappes captives à forte inertie :

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.

Niveau de confiance de l'évaluation :

Il 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.

4.2 Test Eaux de surface

Objectif

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

Données à utiliser

Données sur les eaux de surface :

- cartographie nationale des débits d'étiage (QMNA5) ;
- débit des rivières (cf. banque HYDRO) ;
- observation des assecs (cf. ONDE).

Données sur les prélèvements :

Données sur les volumes prélevés en eaux souterraines et eaux superficielles disponibles dans les bases existantes au niveau national, bassin et départemental (BNPE, Agences, DDT).

Pour l'estimation des volumes non restitués à la masse d'eau prélevée, les chiffres suivants sont utilisés (sources : publication MTES, SDES, DataLab « Les prélèvements d'eau douce en France », 2017 et dire d'expert) :

- prélèvements en eaux superficielles non restitués à la masse d'eau prélevée : 20 % AEP, 7 % industrie, 100 % agricole par aspersion, 18 % agricole gravitaire ;
- prélèvements en eaux souterraines non restitués à la masse d'eau prélevée : 80 % AEP, 100 % industrie, 100 % agricole par aspersion, 100 % agricole gravitaire.

Traitements à réaliser et logigramme

Comme illustré par la Figure 4, le test se décline en deux grandes étapes qui elles-mêmes s'échelonnent en plusieurs points :

- Étape 1 : sélection des MESU dont la dégradation de l'état écologique pourrait être expliquée par des prélèvements en eau souterraine (cf. points 1.1, 1.2 et 1.3 du logigramme) ;
- Étape 2 : évaluation de l'état des MESO sous-jacentes aux MESU sélectionnées selon trois critères : superficie des BV des MESU / superficie de la MESO, prépondérance des prélèvements en eau souterraine et connexion des eaux souterraines et superficielles (cf. points 2.1, 2.2 et 2.3 du logigramme).

Pour chacune de ces deux étapes, les règles et méthodes de travail décrites ci-dessous sont proposées pour les différents points :

- Point 1.1 : l'ensemble des MESU en état écologique moins que bon sont concernées, même si d'autres pressions sont connues (hydromorphologie, pollution,...) ;
- Point 1.2 : l'évaluation de la connexion entre les bassins hydrogéologiques et topographiques est réalisée à partir de référentiels connus et/ou d'études locales et /ou d'experts ;
- Point 1.3 : il s'agit de calculer le rapport entre les volumes moyens consommés en nappe libre (connexion potentielle avec les ESU) pendant la période estivale et le QMNA5 à l'aval des MESU.

Remarque : le seuil de sélection des MESU dépendra du choix fait sur le type de QMNA5 considéré. Les valeurs guides proposées pour ce seuil sont de 25 % pour des QMNA5 calculés à partir des chroniques de débits observés et de 20 % pour des QMNA5 dits naturels, calculés à partir de chroniques de débits reconstitués.

Point 2.1 : le rapport entre la superficie des BV des MESU (sus-jacentes) sélectionnées et la superficie de la MESO est déterminé. Si le ratio est inférieur à 20 %, alors le test est interrompu et la MESO est considérée en bon état pour ce test.

Point 2.2 : le rapport entre les prélèvements en eau superficielle et les prélèvements totaux exercés sur l'emprise des BV de la MESU est calculé.

Point 2.3 : l'évaluation de la qualité des données utilisées et de leurs impacts sur les résultats de l'analyse est effectuée, notamment l'évaluation de l'impact sur l'écologie des MESU, en prenant en compte un Débit Minimum Biologique s'il a été estimé, celle de la connexion entre eaux superficielles et eaux souterraines à dire d'expert. Il est également préconisé de s'appuyer sur les études localement conduites (modélisations, etc.).

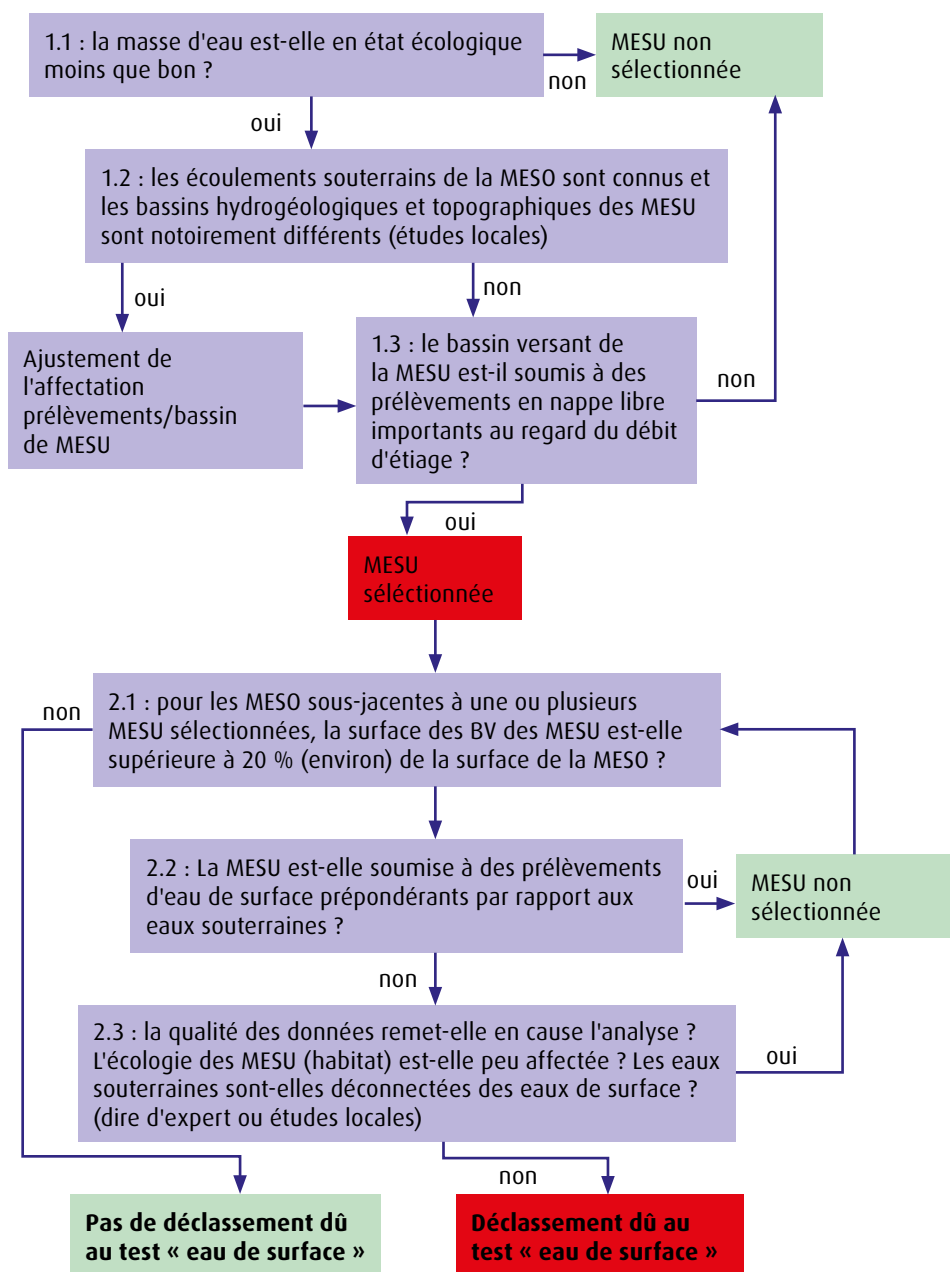


Figure 4 : logigramme du test Eaux de surface

Résultats et niveau de confiance

Les MESO sous-jacentes à une ou plusieurs MESU en état écologique moins que « bon » ET soumises à des prélèvements en nappe importants au regard du débit d'étéage sont en état médiocre si :

- la superficie des bassins versants des MESU en état moins que bon est > à 20 % de la surface de la MESO et,
- les prélèvements en eau souterraine libre sont prépondérants et,
- les eaux souterraines libres sont connectées aux eaux de surface.

Cas des nappes captives à forte inertie :

Lorsque la baisse des niveaux piézométriques ne permet plus de garantir des débits sortants suffisants au profit des milieux aval afin de respecter les objectifs environnementaux des eaux de surface, les MESO sont considérées en état médiocre.

Cas particuliers non traités par le test :

- débit d'étiage et/ou débit de prélèvement très faible ($<1\text{l/s}$) ;
- connaissances d'autres pressions que celles des prélèvements. À noter que l'état écologique moins que bon peut être dû à une combinaison de pressions. En particulier, dans le cas des pressions de pollution, celles-ci peuvent être amplifiées par une diminution de la capacité de dilution du cours d'eau, due à des prélèvements importants dans les eaux souterraines.

Niveau de confiance :

Il est considéré comme élevé si l'on dispose d'études locales sur les 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.

4.3 Test Écosystèmes terrestres associés

Objectif

Il vise à identifier les MESO pour lesquelles les prélèvements sont à l'origine d'une dégradation des écosystèmes terrestres associés (ETA).

Données à utiliser

Période de référence : période de 6 années consécutives les plus récentes disponibles au moment de l'évaluation de l'état des eaux souterraines et toutes données complémentaires (y compris de plus de 6 ans) utiles à la réalisation de ce test.

Données de surveillance : données issues des réseaux de surveillance DCE (RCS / RCO) et d'autres réseaux pertinents ainsi que les données issues de réseaux de suivis spécifiques des écosystèmes terrestres.

Données sur les écosystèmes terrestres : sur la base de l'inventaire national du patrimoine naturel et des connaissances locales sont répertoriés :

- 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 reconnu (sites convention de Ramsar, zones humides d'importance majeure, ZNIEFF,...).

Autres données : hauteurs d'eau, volumes exploités, analyse de tendances.

Traitements à réaliser et logigramme

Comme illustré par la Figure 5, il s'agit d'abord d'identifier les écosystèmes terrestres dégradés (en priorité les sites Natura 2000) et leur superficie globale au regard de la masse d'eau souterraine associée (1) puis d'établir, à partir d'études spécifiques ou de modèles, la nature des interactions entre les eaux souterraines et les ETA (2) pour conclure quant à la possibilité que les prélèvements effectués dans les eaux souterraines soient à l'origine de la dégradation des ETA (3).

Les points de surveillance à considérer correspondent uniquement aux secteurs de masses d'eau souterraine au niveau desquels un ou plusieurs ETA dégradé(s) ont été identifiés sur la base des informations disponibles et des connaissances locales.

Concernant les interactions nappes-ETA, l'analyse s'appuie sur des études spécifiques (cartes piézométriques, gradient hydraulique, et/ou les modèles existants) qui permettent de déterminer s'il existe un lien hydrodynamique avec les écosystèmes terrestres et que les flux vont des eaux souterraines vers les écosystèmes.

Pour déterminer si les prélèvements effectués dans les eaux souterraines sont à l'origine de la dégradation des ETA, les résultats du test balance, portant sur l'analyse d'une tendance significative et durable à la baisse identifiée et sur le ratio prélèvements / recharge, peuvent être utilisés pour caractériser l'importance de la pression quantitative qui s'exerce.

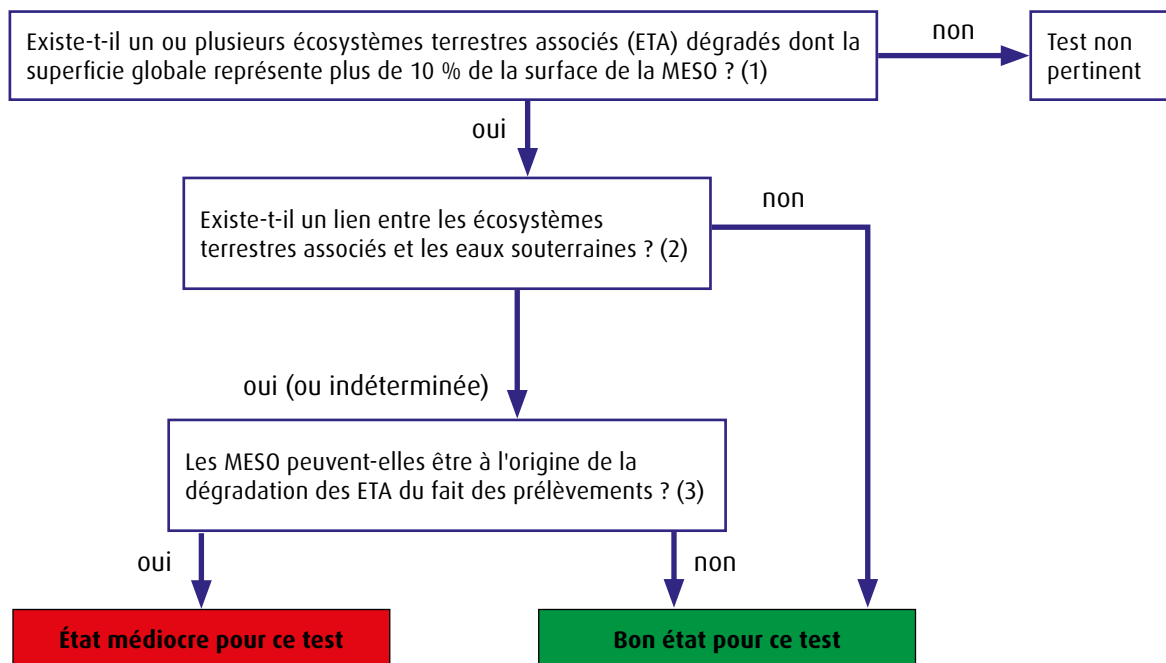


Figure 5 : logigramme du test Écosystèmes terrestres associés

Résultats et niveau de confiance pour ce test

Une MESO en lien avec un ou plusieurs ETA représentant plus de 10 % de sa surface est en état médiocre pour ce test si la dégradation des ETA est due en partie à un changement de niveau d'eau / bilan d'eau du fait de prélèvements effectués dans les eaux souterraines.

Niveau de confiance :

Il est considéré comme élevé si l'on dispose d'études spécifiques sur les relations hydrodynamiques entre les eaux souterraines et les écosystèmes terrestres associés. Dans les autres cas, le niveau de confiance est considéré comme faible.

4.4 Test Intrusion saline ou autre

Objectif

Il 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 chimique et à l'identification à la hausse des polluants.

Données à utiliser

Les cas à considérer : selon le guide européen sur l'évaluation de l'état des eaux souterraines et des tendances (CIS, Guidance document N°18), 4 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 6).

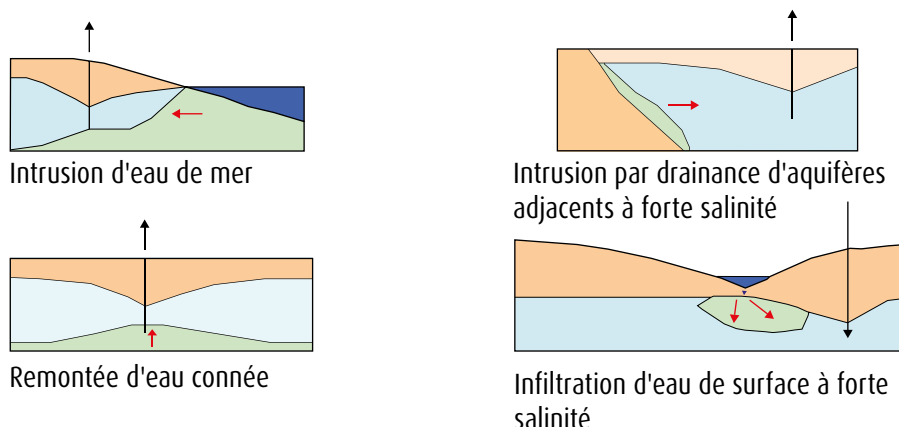


Figure 6 : Types d'intrusion saline ou autre (adapté de UKTAK paper 11b(i))

Période de référence :

- période de 6 années consécutives les plus récentes disponibles au moment de l'évaluation de l'état des eaux souterraines ;
- pour l'estimation des tendances : au minimum 10 années avec données sur 2 cycles DCE (cf. partie 3 sur les tendances) ;
- pour les changements de traitements et abandons de captage AEP: cycle de gestion en cours (cf. test Zones protégées AEP).

Données de surveillance : données de surveillance disponibles pour le(s) paramètre(s) concerné(s) issues des réseaux de surveillance DCE (RCS / RCO) et d'autres réseaux pertinents, dont l'ensemble des points SISE-EAUX pour les changements de traitements et abandons de captage AEP.

Données de prélèvements : elles sont issues des bases existantes au niveau national et bassin sachant par ailleurs que pour évaluer l'état quantitatif, le rapport entre volumes prélevés et recharge est également déterminé à l'échelle de la MESO.

Paramètres et valeurs à utiliser : 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 (dans ce cas les paramètres se limitent à ceux suivis pour les eaux de surface). Pour ces paramètres, les valeurs seuils et de fonds hydrogéochimiques disponibles seront utilisées.

Traitements à réaliser et logigramme

Comme illustré par la Figure 7, dans le cas d'une pression de prélèvements identifiée sur la MESO et en cas de dépassement des valeurs seuils (ou FHG) sur au moins un point de surveillance pour un des paramètres à considérer (1), il est procédé à une analyse des tendances (2) ainsi qu'à l'inventaire des changements de traitements et abandons de captages AEP (3) pour étudier ensuite la représentativité des points dégradés par rapport aux MESO (4).

La détermination des masses d'eau pour lesquelles existent à la fois une pression de prélèvement et des dépassement de la VS (ou FHG) s'appuie respectivement :

- sur les informations relatives aux pompages sur le(s) secteur(s) de la MESO considérée, sur l'identification d'une tendance à la baisse des niveaux piézométriques, sur les résultats du test balance réalisé dans le cadre de l'évaluation de l'état quantitatif (rapport volumes prélevés sur recharge) ;
- sur les calculs réalisés en étape 1 de l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau souterraine.

Pour établir le caractère « significatif et durable » des tendances à la hausse pour les paramètres indicateurs de la salinité, il est nécessaire de s'assurer de disposer d'un nombre de points suffisants (cf. Partie 3 sur les tendances). Il s'agit également de vérifier que les variations sont interannuelles (avec une augmentation de la salinité constante d'une année à l'autre) et non pas saisonnières. Il est également possible d'évaluer les tendances d'évolution, croisées avec l'évolution des pompages et des changements climatiques (sur la base des données d'évolution de la recharge). Des rupture(s)/inversion(s) de tendances pourront également être étudiées à partir de l'ensemble des données disponibles.

Concernant l'inventaire des changements de traitements et abandons de captage AEP, le référentiel national des captages (cf. ADES) permet d'identifier les captages fermés récemment dont le motif d'abandon, défini selon la terminologie « autre paramètre », correspond très fréquemment à une forte salinité.

Remarques sur les drainances entre masses d'eau, y compris les flux provenant des eaux de surface :

Dans le cas spécifique d'arrivée d'eau de composition chimique différente provenant d'autres masses d'eau souterraine (par drainance) fortement minéralisées, une analyse de la carte des anomalies de salinité établie par Kloppmann et al. (2010 et 2011) et un regard sur les délimitations des fonds hydrogéochimiques élevés des masses d'eau souterraine sous-jacentes (ou voisines) de la masse d'eau étudiée peut apporter des éléments de réponse pour ce test. En effet la carte proposée indique les secteurs à forte salinité du fait de fonds hydrogéochimiques élevés, secteurs pour lesquels l'effet d'une pression anthropique est exclu.

Concernant les flux provenant des eaux de surface, une analyse approfondie de la salinité des eaux de surface permet de définir permet de définir en amont la pertinence de la prise en compte d'apports de surface pour la réalisation de ce test.

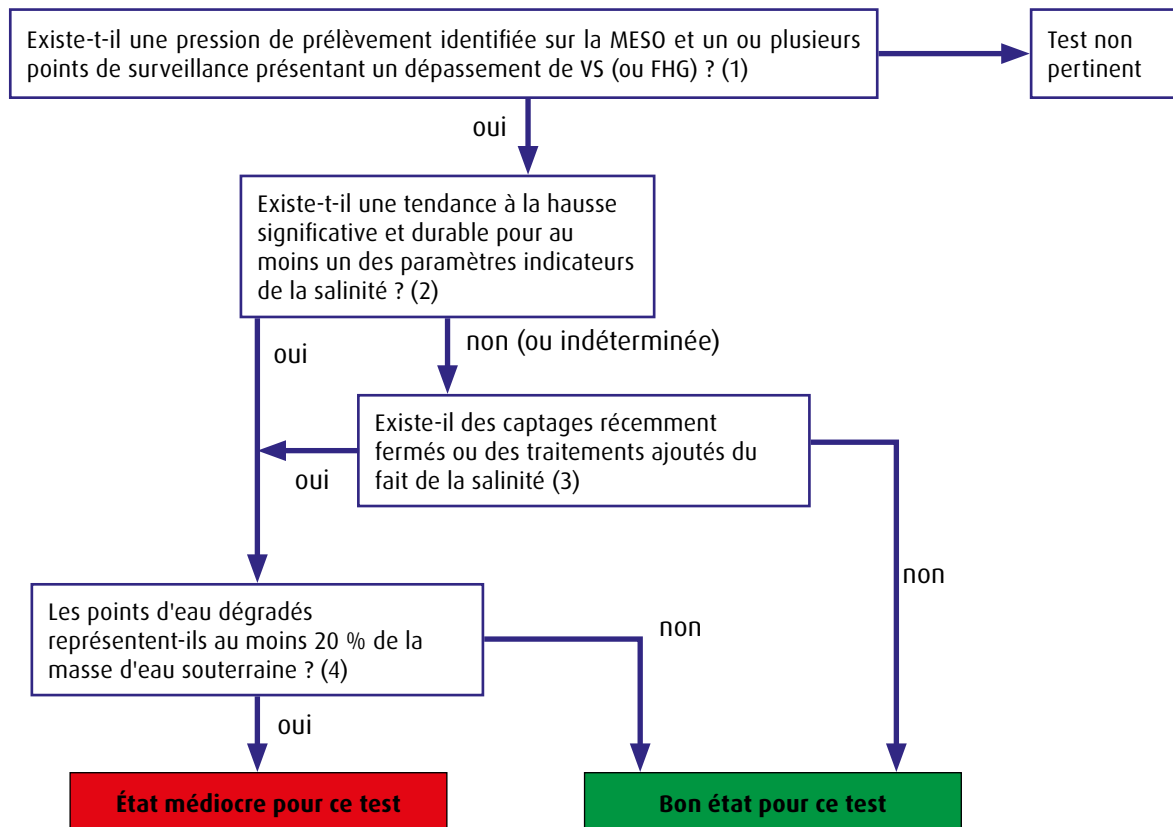


Figure 7 : logigramme du test Intrusion saline ou autre

Résultats et niveau de confiance pour ce test

Une masse d'eau n'est pas en bon état pour ce test si :

- un dépassement de la valeur seuil (ou FHG) pour au moins un paramètre indicateur de salinité et un point de surveillance est constaté ;
- une tendance à la hausse significative et durable de l'un des paramètres indicateurs de salinité liée à l'exploitation de la ressource est établie ou si des captages ont été abandonnés du fait de leur salinité ou si des études locales ont permis d'identifier une dégradation des eaux souterraines du fait de pompages ;
- les points de surveillance identifiés comme dégradés représentent au moins 20 % des points d'eau ou de la surface de la masse d'eau souterraine.

Niveau de confiance pour ce test

Il 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 considéré comme faible.

Références bibliographiques

Beranger S., Bonnet M.E., Abou-Akar A., Ayache B., Bardeau M., Bertin C., Bichot F., Douez O., Pedron N., Thinon-Larminach M., Tilloloy F., Touchard F. (2013) - Préparation du SDAGE et PDM 2016-2021 du Bassin Adour-Garonne. Aide à l'identification des données, des méthodes et traitement des données nécessaires à l'actualisation de l'État des lieux DCE pour les eaux souterraines. Rapport final. BRGM/RP-62452-FR, 180p.

Ducreux L., Surdyk N., Denevogs Q. (2013) - Évaluation de l'état des masses d'eau souterraine de la Guadeloupe dans le cadre de la révision de l'État des lieux de 2013. BRGM/RP-62685-FR, 63p.

Seguin J.J., Allier D., Croiset N., Klinka T., Manceau J.C. (2018) - ESTHER - Etude de séries temporelles en hydrogéologie avec le logiciel 'R'. Guide d'utilisation. BRGM/RP-67518-FR, 299p.

Bibliographie en lien avec le test Balance

Seguin J.J., Lanini S., Caballero Y., Amraoui N., Croiset N. (2016) - Méthodes d'évaluation de la recharge des nappes. Complément d'étude pour la caractérisation des pressions et impacts sur les eaux souterraines. BRGM/RP-65635-FR, 219p.

Caballero Y., Lanini S., Zerouali L., Bailly-Comte V. (2016) - Caractérisation de la recharge des aquifères et évolution future en contexte de changement climatique. Application au bassin Rhône Méditerranée Corse. Rapport final. BRGM/RP-65807-FR, 188p.

Arnaud L. (2017) - Estimation prélèvements / ressource dans le cadre de la DCE : compléments méthodologiques pour les eaux souterraines. BRGM/RP-67212-FR. 31p.

European Union (2015) - *Guidance document on the application of the water balances for supporting the implementation of the WFD.* 121p.

Bibliographie en lien avec les tests Eaux de surface et Écosystèmes terrestres

Vernoux J.F., Lions J., Petelet-Giraud E., Seguin J.J., Stollsteiner P. (2010) - Synthèse bibliographique sur les relations entre eau souterraine, eau de surface et écosystèmes en lien avec la DCE. BRGM/RP-57044-FR, 207p.

European Union (2011b) - *Technical Report on Groundwater Dependent Terrestrial Ecosystems. Technical Report N. 6.*

European Union (2014) - *Technical report on methodologies used for assessing groundwater dependent terrestrial ecosystems. Technical Report N.8.*

European Union (2015) - *Technical Report on Groundwater Associated Aquatic Ecosystems. Technical report N°9, 57p.*

Auterives C., Allier D., Pinson S. (2012) - Proposition d'une méthodologie d'identification du Lien entre eau souterraine et écosystèmes terrestres. Rapport final. BRGM/RP-61677-FR

Agence française pour la biodiversité - Guide technique Interactions nappe/rivière - Des outils pour comprendre et mesurer les échanges - Avril 2017

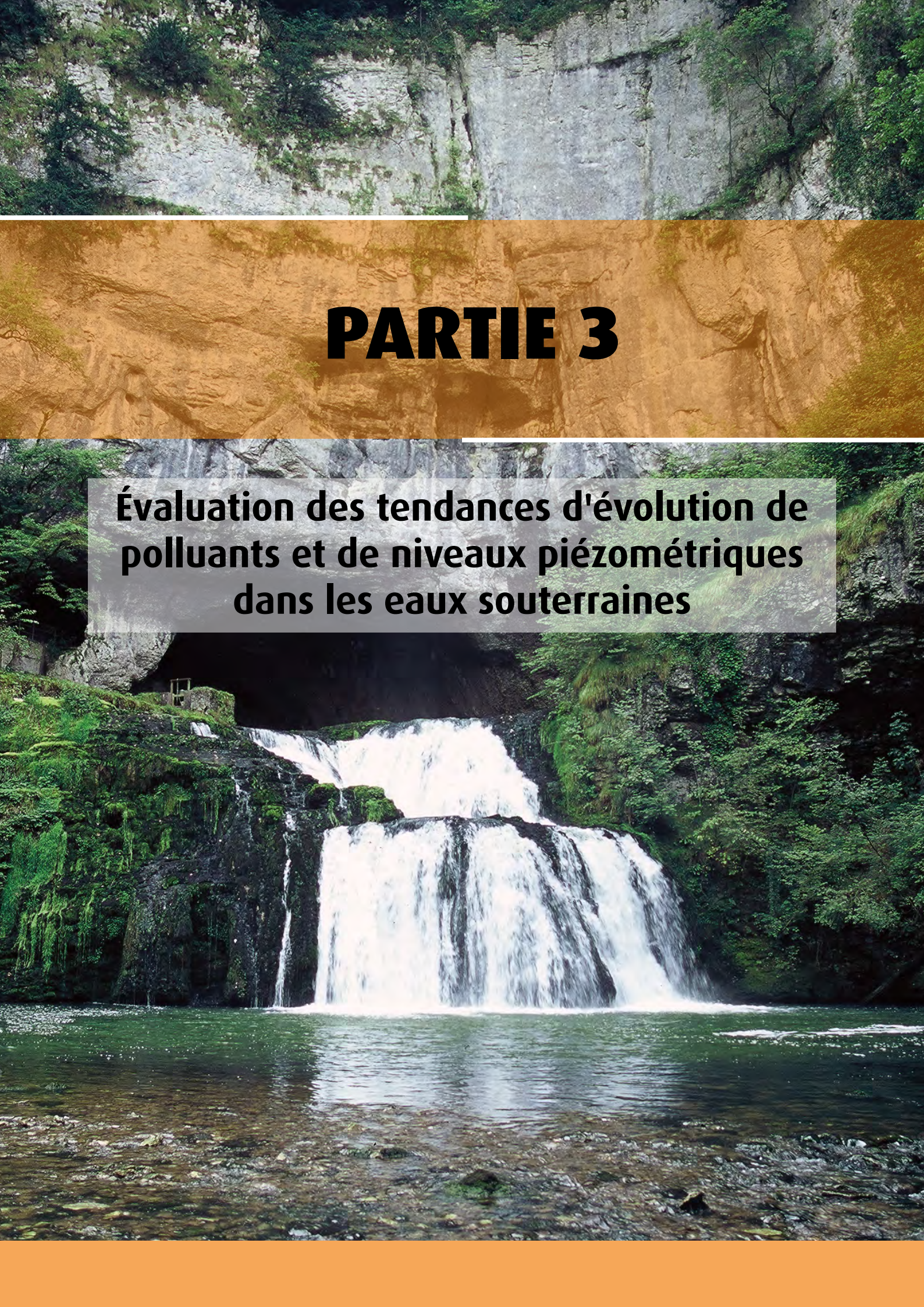
Agence de l'Eau Loire Bretagne (2016) - Note de travail relative au test ESO-ESU pour l'évaluation de l'état quantitatif des eaux souterraines.

Bibliographie en lien avec le test Intrusion saline ou autre

Kloppmann W., Bourhane A., Schomburgk S., Asfirane F. (2011) - Salinisation des masses d'eau en France - du constat au diagnostic. BRGM/RP-60186-FR

Kloppmann W., Bourhane A., Schomburgk S. (2010) - Salinisation des masses d'eau en France Métropolitaine et dans l'Outre-Mer. BRGM/RP-59496-FR

Dörfliger N., Schomburgk S., Bouzit M., Petit V., Caballero Y., Durst P., Douez O., Chatelier M., Croiset N., Surdyk N. (2011) - Montée du niveau marin induite par le changement climatique : conséquences sur l'intrusion saline dans les aquifères côtiers en Métropole. BRGM/RP-60829-FR, 302p.



PARTIE 3

**Évaluation des tendances d'évolution de
polluants et de niveaux piézométriques
dans les eaux souterraines**

Abréviations

AEP : Alimentation en eau potable

ARS : Agence Régionale de Santé

BDLISA : Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères

BV : Bassin versant

DCE : Directive cadre sur l'eau 2000/60/CE

DMB : Débit Minimum Biologique

GWD : Directive fille sur les eaux souterraines 2006/118/CE ("*GroundWater Directive*")

MESO : Masse d'eau souterraine

MESU : Masse d'eau de surface

MMA : Moyenne des Moyennes Annuelles

QMNA 5 : Débit mensuel minimal annuel quinquennal sec

RCS : Réseau de Contrôle de Surveillance

RCO : Réseau de Contrôle Opérationnel

RNAOE : Risque de Non Atteinte des Objectifs Environnementaux

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

WGGW : "*Working Group - Groundwater*" (Groupe de travail de la Commission Européenne dont l'objectif est d'assurer dans chaque état membre, la mise en œuvre cohérente et harmonieuse de la directive sur les eaux souterraines et les éléments des eaux souterraines de la DCE)

ZRE : Zone de Répartition des Eaux

1. Introduction

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 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.

L'article 5 de la directive 2006/118/CE sur la protection des eaux souterraines porte sur l'identification des tendances à la hausse significatives et durables de polluants et sur la définition des points de départ des inversions de tendance.

Concernant l'état quantitatif des eaux souterraines (cf. Partie 2), la procédure d'évaluation nécessite également d'étudier les tendances d'évolution à long terme des niveaux piézométriques. L'identification d'une tendance à la baisse à long terme est en effet une condition initiale pour le test balance (rapport prélèvement/ressource).

L'objectif du présent document est de détailler la procédure d'évaluation des tendances à la hausse significatives et durables de polluants, la définition des points de départ des inversions de tendance conformément aux articles 8 et 9 de l'arrêté modifié du 17 décembre 2008, basés sur l'article 5 de la GWD. Il précise également la méthodologie à appliquer pour l'analyse des tendances piézométriques à réaliser dans le cadre de l'évaluation du bon état quantitatif. Il a été rédigé dans le cadre des groupes nationaux « DCE - eaux souterraines », piloté par la direction de l'eau et de la biodiversité et intègre également les travaux du groupe européen "WG-Groundwater".

2. Les exigences réglementaires et techniques pour l'évaluation des tendances

Afin de répondre aux exigences réglementaires européennes, l'article R. 212-21-1 du code de l'environnement indique qu'afin « de prévenir ou réduire progressivement la pollution des eaux souterraines et conformément à l'article L. 212-2-1, des mesures sont mises en œuvre afin d'inverser les tendances à la dégradation de l'état des eaux souterraines, qu'elles soient avérées ou potentielles, qui présentent un risque significatif et durable d'atteinte à la qualité des écosystèmes aquatiques ou terrestres, à la santé humaine ou aux utilisations légitimes, de l'environnement aquatique. »

L'arrêté du 17 décembre 2008 modifié précise l'article R. 212-21-1 et complète la transposition de la DCE et de sa directive fille sur les eaux souterraines (Directive 2006/118/CE). Il stipule notamment que ces exercices d'identification doivent être réalisés au moins tous les six ans (article 8) et que, pour les masses d'eau sur lesquelles une tendance à la hausse est mise en évidence, le point de départ de la mise en œuvre de mesures visant à inverser une tendance à la hausse significative et durable doit être défini (article 9).

2.1 Identification des tendances à la hausse significatives et durables de polluants

L'article 2 de l'arrêté modifié du 17 décembre 2008 définit une « tendance significative et durable à la hausse » par « toute augmentation significative, sur les plans statistique et environnemental, de la concentration d'un paramètre dans les eaux souterraines, pour lequel une inversion de tendance est considérée comme nécessaire pour respecter les objectifs de bon état des masses d'eau souterraine. »

L'article 7 précise également qu'en « application de l'article R. 212-12 du code de l'environnement, afin de réduire progressivement la pollution des eaux souterraines et prévenir la détérioration de l'état de celles-ci, des critères pour l'identification et l'inversion des tendances à la hausse significatives et durables et des modes d'action sont déterminés. »

Par ailleurs, la procédure d'évaluation des tendances à la hausse significatives et durables est décrite par l'article 8 de l'arrêté modifié du 17 décembre 2008 :

« La procédure d'identification des tendances à la hausse significatives et durables des concentrations de paramètres observés dans les masses ou groupes de masses d'eau souterraine identifiés comme étant à risque s'appuie sur le programme de surveillance des eaux souterraines. »

L'évaluation est basée, lorsque cela est possible, sur une analyse statistique des résultats du programme de surveillance. Elle prend en compte les points de départ de l'identification et, lorsqu'elles sont disponibles, les données recueillies avant le démarrage du programme de surveillance.

Concernant les panaches de pollution constatés dans les masses d'eau souterraine, et en particulier des panaches résultant de sources ponctuelles de pollution et de terres contaminées, des évaluations de tendance supplémentaires sont effectuées si nécessaire pour les polluants identifiés, afin de vérifier que les panaches provenant de ces sites ne s'étendent pas, ne dégradent pas l'état chimique de la masse ou du groupe de masses d'eau souterraine et ne présentent pas de risque pour la santé humaine ni pour l'environnement.

Les fréquences et les lieux de surveillance utilisés pour procéder à l'identification des tendances à la hausse significatives et durables sont choisis de façon à être suffisants pour :

- 1. Fournir les informations nécessaires pour garantir la possibilité de distinguer ces tendances à la hausse des variations naturelles, avec des degrés de confiance et de précision suffisants.*
- 2. Permettre d'identifier en temps utile ces tendances à la hausse afin que des mesures puissent être mises en œuvre en vue de prévenir, ou au moins d'atténuer autant que possible, les dégradations de la qualité des eaux souterraines ayant une incidence sur l'environnement. Les exercices d'identification auront lieu au moins tous les six ans à compter de 2009.*
- 3. Tenir compte des caractéristiques physiques et chimiques temporelles de la masse d'eau souterraine, y compris les conditions d'écoulement des eaux souterraines et les vitesses d'infiltration, ainsi que le délai de percolation à travers le sol ou le sous-sol.*

Afin d'éviter de fausser l'identification des tendances, la moitié de la valeur de la limite de quantification la plus élevée de toutes les séries temporelles est affectée à toutes les mesures inférieures à la limite de quantification, sauf pour le total des pesticides. »

2.2 Définition des points de départ des inversions de tendance

L'article 9 de l'arrêté modifié du 17 décembre 2008 en précise les modalités :

« Sur la base de la tendance identifiée et des risques environnementaux associés à cette tendance, le point de départ de la mise en œuvre de mesures visant à inverser une tendance à la hausse significative et durable correspond, pour un polluant donné, à 75 % de la norme de qualité ou de la valeur seuil qui lui est associée pour une masse d'eau ou un groupe de masses d'eau souterraine caractérisés comme étant à risque.

Le préfet coordonnateur de bassin peut fixer un point de départ plus précoce pour que les mesures d'inversion de tendance puissent prévenir de la façon la plus économique qui soit, ou au moins atténuer autant que possible toute dégradation de la qualité des eaux souterraines ayant une incidence sur l'environnement.

Un point de départ différent peut se justifier lorsque la limite de détection ne permet pas, à 75 % des valeurs des paramètres, de démontrer l'existence d'une tendance.

Un point de départ différent peut également se justifier quand le taux d'accroissement et la réversibilité de la tendance sont tels que le choix d'un point de départ plus tardif pour les mesures d'inversion de tendance permettrait encore de prévenir de la façon la plus économique qui soit, ou au moins d'atténuer autant que possible, toute dégradation de la qualité des eaux souterraines ayant une incidence sur l'environnement. Le choix d'un point de départ plus tardif ne devra pas empêcher de respecter les échéances fixées pour atteindre les objectifs environnementaux.

Concernant le paramètre nitrate, conformément à l'article 1 (3°) du décret n° 93-1038 du 27 août 1993 relatif à la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole et transposant la directive 91/676/CEE, le point de départ est fixé à 40 mg/l.

Le point de départ ne sera plus modifié au cours du cycle de six ans du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux concerné.

Les inversions de tendance doivent être démontrées, compte tenu des dispositions pertinentes en matière de surveillance figurant à l'article 8 du présent arrêté. »

2.3 Détermination des tendances dans le cadre de l'évaluation de l'état chimique et quantitatif des eaux souterraines

Évaluation de l'état chimique

Conformément à l'article 6 de l'arrêté modifié du 17 décembre 2008, la procédure d'évaluation de l'état chimique comprend deux étapes : l'analyse des dépassements de valeurs seuils (ou normes) aux points de surveillance et l'enquête appropriée dont l'objectif est d'étudier en détail si les conditions qui définissent le bon état chimique d'une masse d'eau souterraine sont remplies.

Cette enquête consiste à mettre en œuvre une série de cinq tests indépendants dont deux nécessitent la détermination de tendances (cf. partie 1) :

- le test intrusion salée ou autre : il 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. »

- le test zones protégées AEP : il 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. De plus, pour ce test, dans le cas où sont constatés pour un ou plusieurs polluants des MMA dépassant 75 % de la valeur seuil, un calcul d'inversion de tendance récente (à compter de la première année du cycle de gestion en cours) doit être réalisé.

Évaluation de l'état quantitatif

Conformément à l'article 3 de l'arrêté modifié du 17 décembre 2008, la procédure d'évaluation de l'état quantitatif des eaux souterraines prend en compte :

- l'évolution des niveaux piézométriques des eaux souterraines ;
- l'évolution de l'état des eaux de surface associées ;
- l'évolution des écosystèmes terrestres qui dépendent directement de la masse d'eau souterraine ;
- les modifications de la direction d'écoulement occasionnant une invasion d'eau salée ou autre ou montrant une tendance durable susceptible d'entraîner de telles invasions ;
- les zones de répartition des eaux telles que définies à l'article R. 211-71 du code de l'environnement.

Parmi les quatre tests à réaliser pour évaluer l'état quantitatif des eaux souterraines (cf. Partie 2), le test balance compare « l'évolution à long terme des volumes prélevés par rapport à l'évolution à long terme de la ressource en eau souterraine disponible ». Il est ainsi basé sur l'évaluation des tendances piézométriques et sa réalisation est conditionnée par la détermination d'une tendance à la baisse à long terme des niveaux piézométriques.

2.4 La nécessaire prise en compte des cycles pluriannuels pour l'évaluation des tendances

En l'absence de connaissances locales et/ou d'études spécifiques concernant le fonctionnement de l'aquifère, il est nécessaire d'analyser les données piézométriques acquises pour détecter un possible fonctionnement pluriannuel.

Un système présentant un fonctionnement cyclique pluriannuel comporte toujours une forte inertie (lié à ses dimensions et ses caractéristiques hydrodynamiques). Pour étudier ce type de fonctionnement, des calculs d'autocorrélation sont réalisés.

L'autocorrélation peut être calculée si au moins 10 années successives disposent de données, sur la série stationnarisée¹ des moyennes annuelles des moyennes mensuelles, sur toute la longueur de la chronique (pas seulement la période d'étude).

Si une autocorrélation significative à 4 ans ou plus est constatée, il est probable que la chronique comporte des cycles pluriannuels. La détermination de la longueur des cycles doit être effectuée en visualisant la chronique et en s'aidant du corrélogramme.

L'autocorrélation peut être représentée sous forme de corrélogramme, qui permet de visualiser les coefficients d'autocorrélation correspondant à chaque décalage de temps. Lorsque l'autocorrélation ne peut pas être calculée, une inspection visuelle de la chronique permet de conclure à un fonctionnement cyclique ou non.

Dans le cas où des cycles pluriannuels sont identifiés, une tendance est alors recherchée sur une période de 3 cycles.

L'inspection visuelle des chroniques présentant des tendances à la baisse est recommandée pour détecter la présence de ruptures (pouvant marquer un changement de sonde ou d'étalonnage), de fluctuations brusques (pouvant marquer l'influence de prélèvements très proches) ou encore de fluctuations pluriannuelles qui n'auraient pas été identifiées par l'autocorrélation.

Le calcul d'autocorrélation peut être effectué grâce à l'outil de calcul des tendances piézométriques disponible au niveau national.

3. Évaluation des tendances de la qualité des eaux et inversion de tendances

3.1 Données à utiliser

Étant donnée la forte variabilité spatio-temporelle des chroniques de qualité des eaux souterraines, les calculs de tendances sont à réaliser à partir des données brutes.

Les tendances sont établies selon la période de référence (cf. partie 1), sauf si le fonctionnement hydrogéologique au niveau du point d'eau présente des évolutions cycliques pluriannuelles. Pour s'assurer qu'une tendance à la hausse d'une concentration observée n'est pas une tendance liée à l'observation d'une partie d'un cycle pluriannuel, la période sur laquelle rechercher la tendance sera étendue à au moins 3 cycles (cf. point 2.4).

¹ L'autocorrélation peut être due à la présence de cycles mais également à une tendance. Pour ne rechercher que l'autocorrélation liée à un fonctionnement cyclique pluriannuel, il est donc nécessaire de stationnariser la chronique. Pour cela, on peut calculer au préalable une tendance sur la longueur totale de la chronique et on la retranche si elle est significative, ou différentier la chronique.

À noter que l'existence de quelques périodes lacunaires reste tolérable si celles-ci sont relativement courtes. Il est considéré qu'une recherche de tendance pourra être menée sur une chronique si 80 % des années au moins disposent d'une donnée, avec un minimum de 10 données au moins.

Dans le cas de chroniques comportant plusieurs limites de quantification, toutes les valeurs (quantifiées ou non) inférieures à la limite de quantification la plus élevée sont considérées comme égales à la limite de quantification maximale.

3.2 Évaluation de la tendance de qualité au point d'eau (cf. Figure 1)

Dans un premier temps, la tendance est recherchée sur les données brutes avec le test de Mann-Kendall sur la période de référence. Une tendance est considérée comme significative si la p-value de ce test est inférieure à 0,05, soit un indice de confiance de 5 %.

Dans le cas où une tendance à la hausse significative est identifiée, il convient de s'assurer que cette tendance n'est pas liée au fonctionnement hydrogéologique : en effet, les niveaux piézométriques peuvent impacter les concentrations dans les eaux souterraines en remobilisant des éléments stockés dans la zone non saturée lors d'une remontée des niveaux par exemple.

Il est donc important d'identifier d'éventuelles variations pluriannuelles des niveaux piézométriques. Pour cela, si des données piézométriques sur un point d'eau appartenant à la même entité hydrogéologique (BDLISA niveau 3 si possible ou niveau 2 par défaut) sont disponibles, il est nécessaire de rechercher la présence d'une composante cyclique pluriannuelle sur les données de niveaux piézométriques (cf. point 2.4). Dans le cas où une composante cyclique est détectée, les mêmes règles que celle précisées pour la piézométrie seront suivies, à savoir que la période sur laquelle une tendance est recherchée doit comporter au moins 3 cycles.

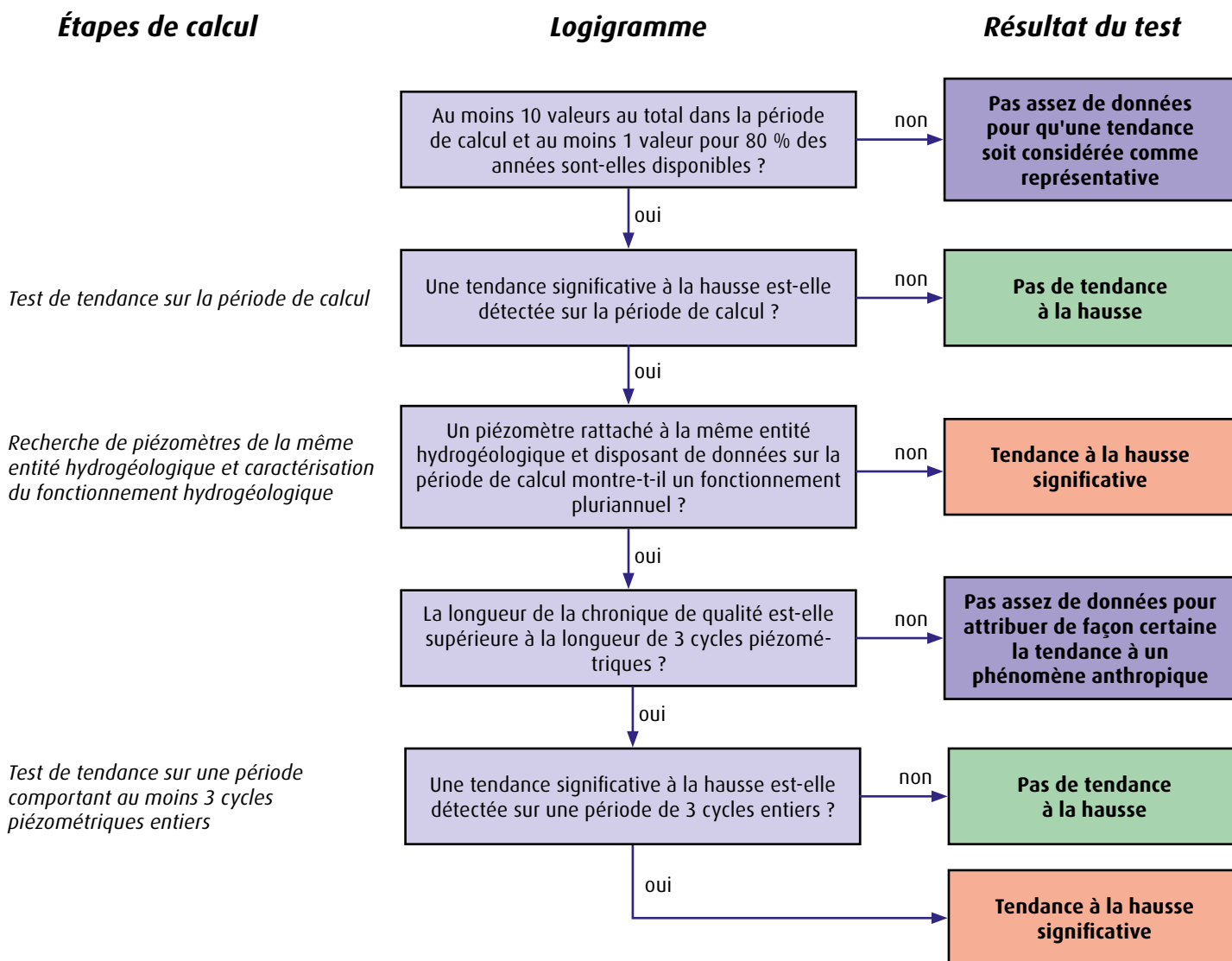


Figure 1 : évaluation de la tendance de qualité au point d'eau

3.3 Évaluation de la tendance de qualité à la masse d'eau (cf. Figure 2)

Elle est déterminée à partir des tendances calculées aux différents point d'eau rattachés à la masse d'eau souterraine :

- si aucun qualitomètre ne présente de tendance à la hausse, alors il est considéré que la MESO ne présente pas de tendance à la hausse ;
- si des tendances à la hausse ont été identifiées pour plusieurs qualitomètres de la MESO et qu'ils représentent plus de 20 % de surface totale de la MESO (ou plus de 20 % des points d'eau rattachés à cette MESO), alors il est considéré que la MESO présente une tendance à la hausse significative.

Dans le cas où aucun piézomètre de la MESO ne présente d'évolution cyclique (cf. point 2.4), un test de Kendall régional pourra également être réalisé sur la période de calcul.

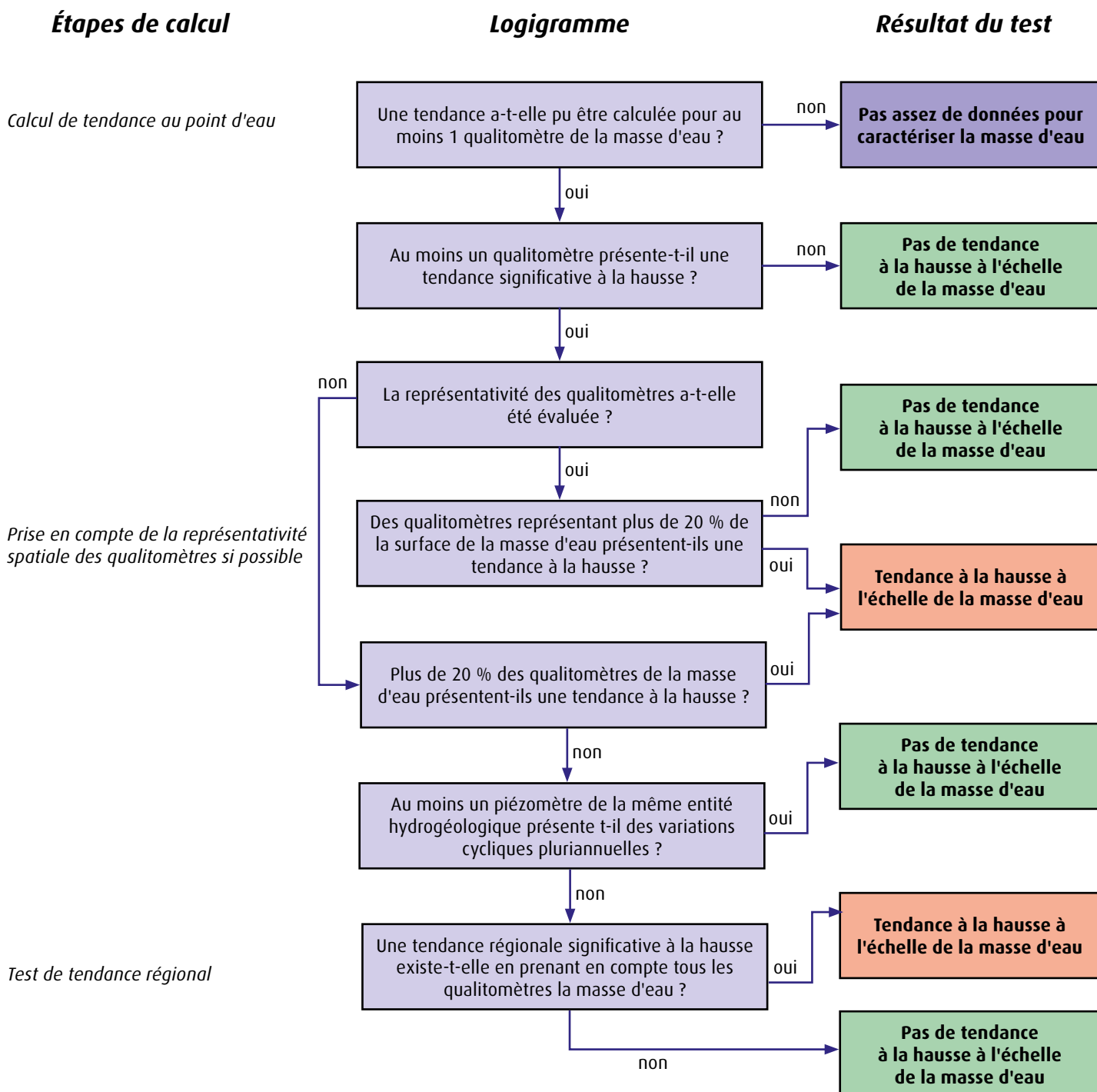


Figure 2 : évaluation de la tendance de qualité à la masse d'eau

3.4 Inversion de tendance à l'échelle d'un point d'eau

Pour rechercher une inversion de tendance sur une chronique de qualité des eaux souterraines, le test de Darken peut être appliqué. Ce test non paramétrique permet de détecter un changement de signe de la pente. Une inversion est considérée comme significative si la p-value de ce test est inférieure à 0,05, soit un indice de confiance de 5 %.

Comme pour l'évaluation des tendances, dans le cas où une inversion de tendance est identifiée, il convient de s'assurer que celle-ci n'est pas liée à des cycles pluriannuels. Il est donc important d'identifier d'éventuelles variations pluriannuelles des niveaux piézométriques.

Pour cela, si des données piézométriques sur un point d'eau appartenant à la même entité hydrogéologique (BDLISA niveau 3 si possible ou niveau 2 par défaut) sont disponibles, il est nécessaire de rechercher la présence d'une composante cyclique pluriannuelle (cf. point 2.4) sur ces données piézométriques. Dans le cas où une composante cyclique est détectée, les mêmes règles que précédemment décrites seront suivies, à savoir que la période sur laquelle une inversion de tendance est recherchée doit comporter au moins 3 cycles.

4. Évaluation des tendances piézométriques

4.1 Données à utiliser

Les tendances piézométriques sont recherchées sur des variables annuelles afin de s'affranchir de la variabilité saisonnière.

À partir des données brutes, les niveaux piézométriques moyens mensuels sont calculés si au moins une donnée existe pour le mois considéré. Sur la base de ces résultats, les niveaux moyens et minimum des moyennes mensuelles sont ensuite calculés pour chaque année, si au moins 10 mois de données sont disponibles pour chacune des années.

Les tendances piézométriques sont établies pour la période de référence (cf. Partie 2 : état quantitatif), sauf si le fonctionnement hydrogéologique au niveau du point d'eau présente des évolutions cycliques pluriannuelles.

Pour les chroniques qui présentent une évolution cyclique pluriannuelle et pour s'assurer qu'une tendance à la baisse observée n'est pas une tendance liée à l'observation d'une partie d'un cycle pluriannuel, la période sur laquelle rechercher la tendance sera étendue à au moins 3 cycles (cf. point 2.4).

À noter que l'existence de quelques périodes lacunaires reste tolérable si celles-ci sont relativement courtes. Il est considéré qu'une recherche de tendance pourra être menée si 80 % des variables annuelles sont disponibles (c'est-à-dire au moins 10 ans de données sur la période 2005-2017 par exemple).

4.2 Évaluation de la tendance piézométrique au point d'eau (cf. Figure 3)

Le calcul de tendance est déterminé à partir de 2 variables annuelles calculées : moyenne et minimum annuels des moyennes mensuelles des niveaux piézométriques.

Un test de Mann-Kendall modifié est réalisé sur les deux variables calculées. Une tendance est considérée comme significative si la p-value de ce test est inférieure à 0,05 soit un indice de confiance de 5 %.

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 observés au point d'eau, il est conclu qu'il n'existe pas de tendance à la baisse et qu'il n'est pas nécessaire d'effectuer les étapes suivantes.

Dans le cas contraire, il convient de s'assurer que la tendance à la baisse identifiée n'est pas liée à une fenêtre d'observation trop courte et à la présence de cycles pluriannuels dans la chronique.

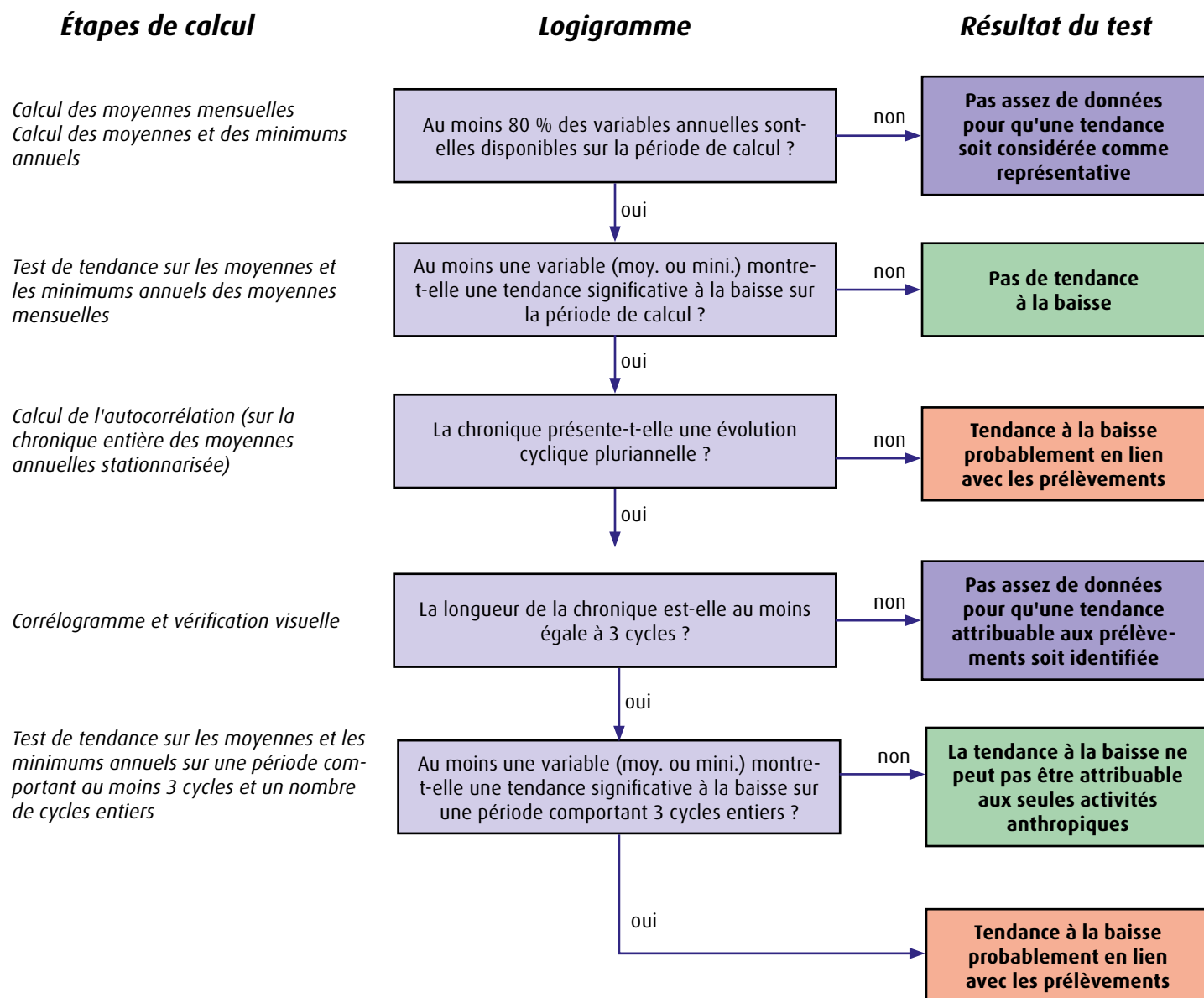


Figure 3 : évaluation de la tendance piézométrique au point d'eau

4.3 Évaluation de la tendance piézométrique à la masse d'eau (cf. Figure 4)

Elle est déterminée à partir des tendances calculées aux différents points d'eau rattachés à la masse d'eau souterraine :

- si aucun piézomètre ne présente de tendance à la baisse, alors il est considéré que la MESO ne présente pas de tendance à la baisse ;
- si des tendances à la baisse ont été identifiées pour plusieurs piézomètres de la MESO et qu'ils représentent plus de 20 % de surface totale de la MESO (ou plus de 20 % des points d'eau rattachés à cette MESO), alors il est considéré que la MESO présente une tendance à la baisse significative.

Dans le cas où moins de 20 % des piézomètres rattachés à la MESO présente une tendance à la baisse et si aucun piézomètre de la MESO ne présente d'évolution cyclique (cf. point 2.4), un test de Kendall régional est réalisé. Si une tendance régionale significative à la baisse est identifiée, il est conclu que la MESO présente une tendance à la baisse. Si aucune tendance régionale n'est identifiée ou si un ou des piézomètres présente des évolutions cycliques, il est conclu que la MESO ne présente pas de tendance à la baisse.

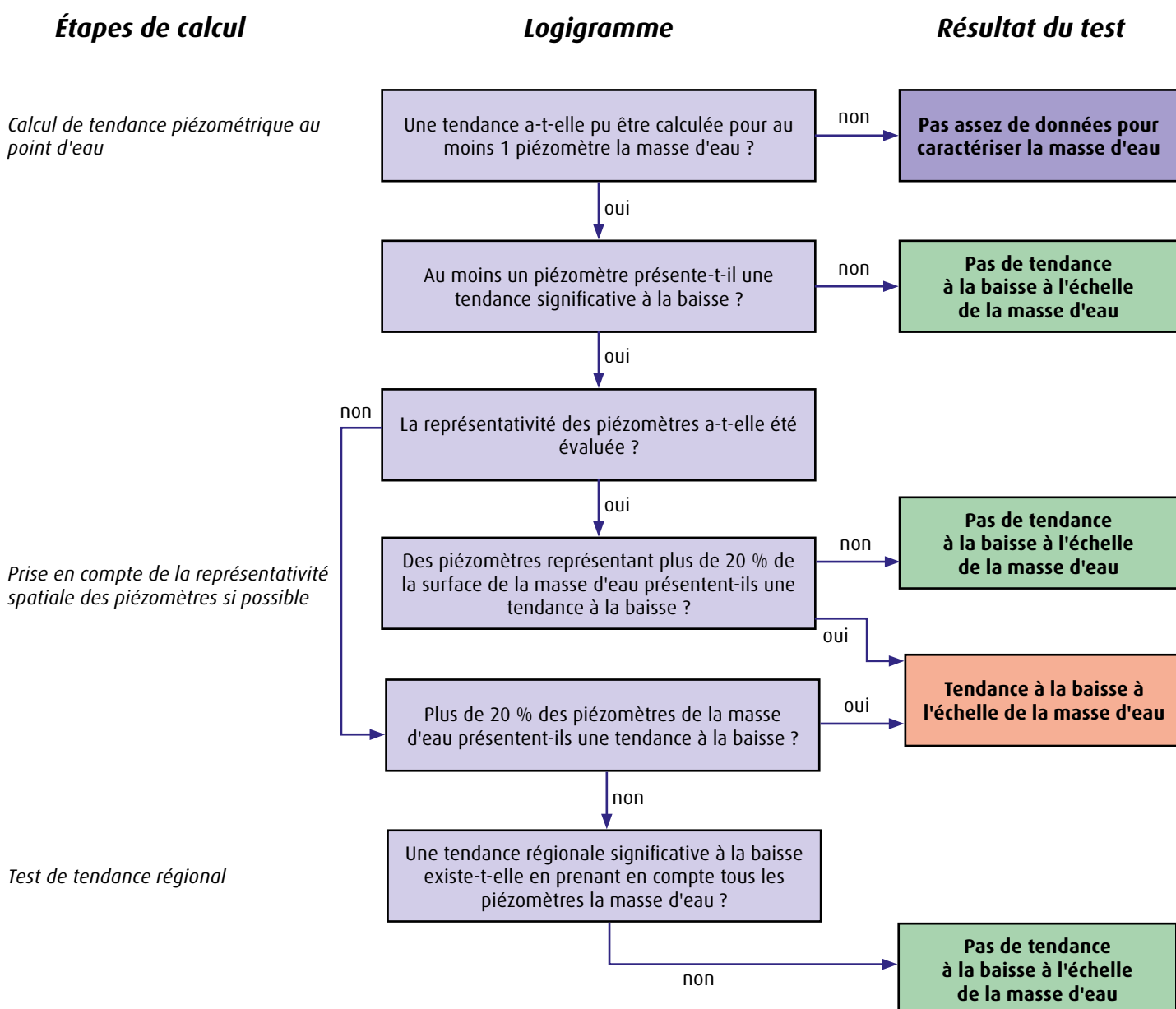


Figure 4 : évaluation de la tendance piézométrique à la masse d'eau

Références bibliographiques

Bibliographie sur les méthodes statistiques

Darken P.F. (1999) - *Testing for changes in trend in water quality data*. PhD Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University.

Hirsch R.L., Slack J.R., Smith R.A. (1982) - *Techniques of trend analysis for monthly quality water data*. *Water Resources Research*, 18:107-121

Kendall M.G., Stuart A. (1976) - *The advanced theory of statistics, vol.I: distribution theory*. Griffin, London

Sen P.K. (1968) - "Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau", *Journal of the American Statistical Association*, 63 (https://en.wikipedia.org/wiki/Journal_of_the_American_Statistical_Association) (324): 1379-1389, <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1968.10480934>

The R project for statistical computing (2018) - <https://www.r-project.org/>

Bibliographie d'application de tests statistiques dans le cadre de la DCE

European Union (2009) - *Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance on Groundwater Status and trend assessment*. Guidance Document N°18, 82p.

Lopez B., Leynet A., Blum A., Baran N. (2011) - Évaluation des tendances d'évolution des concentrations en polluants dans les eaux souterraines. Revue des méthodes statistiques existantes et recommandations pour la mise en œuvre de la DCE. Rapport final BRGM/RP-59515-FR

Lopez B., Petit V., Lucas C. (2012) - Évaluation des tendances à la hausse de polluants dans les masses d'eau souterraine de La Réunion. BRGM/RP-61792-FR

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

Lopez B., Croiset N., Surdyk N., Brugeron A. (2013) - Développement d'outils d'aide à l'évaluation des tendances dans les eaux souterraines au titre de la DCE. Rapport final. BRGM/RP-61855-FR, 93p.

Seguin J.J. (2016) - Analyse de 15 séries piézométriques de la nappe des calcaires de Beauce. BRGM/RP-65965-FR, 110p.

Croiset N. (2018) - Guide d'évaluation des tendances d'évolution de la quantité et de la qualité des eaux souterraines. BRGM/RP-68343-FR, 31 p.

Croiset N., Neaud C., Henriot A. (2018) - Guide utilisateur HYPIZ. Rapport final. BRGM/RP-68344-FR, 36p.

ANNEXE 1 : normes de qualité et valeurs seuils pour les eaux souterraines

Code SANDRE du paramètre	Nom du paramètre	Valeur seuil ou Norme de qualité	Unité
6856	Acétochlore ESA (1)	0.9	µg/L
6862	Acétochlore OXA (1)	0.9	µg/L
1481	Acide dichloroacétique	50	µg/L
1521	Acide nitrilotriacétique	200	µg/L
1457	Acrylamide	0.1	µg/L
6800	Alachlore ESA (1)	0.9	µg/L
1103	Aldrine	0.03	µg/L
1370	Aluminium	200	µg/L
1335	Ammonium	0.5	mg/L
1376	Antimoine	5	µg/L
1369	Arsenic	10	µg/L
1396	Baryum	700	µg/L
1114	Benzène	1	µg/L
1115	Benzo(a)pyrène	0.01	µg/L
1362	Bore	1 000	µg/L
1751	Bromates	10	µg/L
1122	Bromoforme	100	µg/L
1388	Cadmium	5	µg/L
1752	Chlorates	700	µg/L
1735	Chlorites	0.2	mg/L
1135	Chloroforme	2.5	µg/L
1478	Chlorure de cyanogène	70	µg/L
1753	Chlorure de vinyle	0.5	µg/L
1337	Chlorures	250	mg/L
1389	Chrome	50	µg/L
1371	Chrome hexavalent	50	µg/L
1304	Conductivité à 20°C	1 000	µS/cm
1303	Conductivité à 25°C	1 100	µS/cm
1392	Cuivre	2 000	µg/L
1084	Cyanures libres	50	µg/L
1390	Cyanures totaux	50	µg/L
1479	Dibromo-1,2 chloro-3 propane	1	µg/L
1738	Dibromoacétonitrile	70	µg/L
1498	Dibromoéthane-1,2	0.4	µg/L
1158	Dibromomonochlorométhane	100	µg/L
1740	Dichloroacétonitrile	20	µg/L
1165	Dichlorobenzène-1,2	1	mg/L
1166	Dichlorobenzène-1,4	0.3	mg/L
1161	Dichloroéthane-1,2	3	µg/L
1163	Dichloroéthène-1,2	50	µg/L
1167	Dichloromonobromométhane	60	µg/L
1655	Dichloropropane-1,2	40	µg/L
1487	Dichloropropène-1,3	20	µg/L
1834	Dichloropropène-1,3 cis	20	µg/L

Code SANDRE du paramètre	Nom du paramètre	Valeur seuil ou Norme de qualité	Unité
1835	Dichloropropène-1,3 trans	20	µg/L
1173	Dieldrine	0.03	µg/L
7727	Diméthachlore CGA 369873 (2)	0.9	µg/L
1580	Dioxane-1,4	50	µg/L
1493	EDTA	600	µg/L
1494	Epichlorohydrine	0.1	µg/L
1497	Ethylbenzène	300	µg/L
1393	Fer	200	µg/L
7073	Fluor	1.5	mg/L
1702	Formaldehyde	900	µg/L
2033	HAP somme(4)	0.1	µg/L
2034	HAP somme(6)	1	µg/L
1197	Heptachlore	0.03	µg/L
1198	Heptachlorépoxyde (somme)	0.03	µg/L
1652	Hexachlorobutadiène	0.6	µg/L
7007	Indice Hydrocarbure	1	mg/L
1394	Manganèse	50	µg/L
1305	Matières en suspension	25	mg/L
1387	Mercuré	1	µg/L
6895	Métazachlore ESA (1)	0.9	µg/L
6894	Métazachlore OXA (1)	0.9	µg/L
1395	Molybdène	70	µg/L
6321	Monochloramine	3	mg/L
1386	Nickel	20	µg/L
1340	Nitrates	50	mg/L
1339	Nitrites	0.3	mg/L
1433	Orthophosphates	0.5	mg/L
1315	Oxydabilité au KMnO_4 à chaud en milieu acide.	5	mg/L O_2
	Pesticides et leurs métabolites pertinents (3) (sauf aldrine, dieldrine, heptachlorépoxyde, heptachlore)	0.1	µg/L
	Somme des pesticides (4)	0.5	µg/L
1888	Pentachlorobenzène	0.1	µg/L
1235	Pentachlorophénol	9	µg/L
1382	Plomb	10	µg/L
1302	Potentiel en Hydrogène (pH)	9	
1385	Sélénium	10	µg/L
1375	Sodium	200	mg/L
6278	Somme des microcystines totales	1	µg/L
2036	Somme des Trihalométhanes (chloroforme, bromoforme, dibromochlorométhane et bromodichlorométhane)	100	µg/L
2963	Somme du tetrachloroéthylène et du trichloroéthylène	10	µg/L
1541	Styrène	20	µg/L
1338	Sulfates	250	mg/L
1301	Température de l'Eau	25	°C
1272	Tétrachloréthène	10	µg/L

Code SANDRE du paramètre	Nom du paramètre	Valeur seuil ou Norme de qualité	Unité
1276	Tétrachlorure de carbone	4	µg/L
1278	Toluène	0.7	mg/L
1286	Trichloroéthylène	10	µg/L
1549	Trichlorophénol-2,4,6	200	µg/L
1295	Turbidité Formazine Néphélométrique	1	NFU
1361	Uranium	15	µg/L
1780	Xylène	0.5	mg/L
1383	Zinc	5 000	µg/L

(1) Avis de l'Anses - saisine n° 2015-SA-0252.

(2) Avis de l'Anses -saisine n° 2018-SA-0228 liée aux saisines n°2015-SA-0252 et 2018-SA-0187.

(3) pour les métabolites caractérisés comme pertinents par l'ANSES (*), comme pour tous les autres métabolites non expertisés par l'ANSES à ce jour, utiliser la norme de 0,1 µg/L.

* Les métabolites alachlore OXA (code SANDRE 6855), métolachlore ESA (code SANDRE 6854), métolachlore OXA (code SANDRE 6853) ont été classés pertinents dans l'avis de l'Anses - saisine n°2015-SA-0252 ainsi que le N,N-Dimethylsulfamide (code SANDRE 6384) dans l'avis de l'Anses - saisine n° 2017-SA-0063.

(4) pour la somme des pesticides, exclure les métabolites classés comme non pertinents par l'Anses.

**Ministère de la Transition écologique
et solidaire**
Direction générale de l'aménagement,
du logement et de la nature
Direction de l'eau et de la biodiversité
Bureau de la ressource en eau, des milieux aquatiques
et de la pêche en eau douce
Tour Séquoia
92055 La Défense cedex
Tél. : +33 (0)1 40 81 21 22



**Graphisme, mise en page : Benoit Cudelou MTES-
MCTRCT/SG/DAF/SAS/SET/SET2
Crédit photo : ©Adobe Stock - ©BRGM**