

# Bassin Loire-Bretagne

**Tendance d'évolution de la physico-chimie des paramètres généraux  
(PCPG)**

**Masse d'eau cours d'eau (2000-2021)**

## Sommaire

1.	Origine et chronique des données utilisées .....	3
2.	Méthodologie de calcul des tendances.....	3
3.	Traitement des données.....	3
4.	Tendance de la physico-chimie des paramètres généraux (PCPG) .....	4
4.1	Les nitrates (NO <sub>3</sub> ) .....	4
4.2	Les nitrites (NO <sub>2</sub> ), le phosphore dissous (PO <sub>4</sub> ), le phosphore total (Ptotal) et l'ammonium (NH <sub>4</sub> ) .5	5
4.3	Le carbone organique dissous (COD) .....	5
4.4	La demande en oxygène dissous (DBO <sub>5</sub> ) .....	6
4.5	Le taux de saturation en oxygène (SATO <sub>2</sub> ).....	6
4.6	L'oxygène dissous (O <sub>2</sub> ).....	7
5.	Cartographie .....	7
	Annexe.....	9

## **1. Origine et chronique des données utilisées**

Les données utilisées pour le calcul des tendances des paramètres physico-chimiques généraux des stations et des masses d'eau proviennent des stations représentatives :

- du programme de surveillance des cours d'eau sous maîtrises d'ouvrage agence,
- des réseaux départementaux,
- des réseaux locaux selon leur disponibilité dans la base de données OSUR (qui bancarise les données brutes de qualité des eaux de l'agence de l'eau).

Seules les données qualifiées de correcte et pour la période 2000-2021 sur le bassin Loire-Bretagne ont été utilisées dans cette analyse.

## **2. Méthodologie de calcul des tendances**

L'outil **HYPE** a été utilisé pour l'analyse des tendances des séries temporelles d'évolution de la qualité des eaux. Cet outil a été développé sous environnement R (langage de programmation) dans le cadre des conventions ONEMA-BRGM 2012-2013. Il permet à la fois de **caractériser les séries temporelles d'évolution** des contaminants dans les eaux en **calculant les statistiques de base** de manière automatique et **d'identifier des tendances et des ruptures des séries chronologiques**.

L'outil Hype effectue automatiquement plusieurs tests statistiques. Le test de Mann-Kendall a été retenu pour analyser les tendances des stations. En effet, la méthode **Mann-Kendall** est une méthode statistique permettant de valider ou d'invalider une tendance sur la base d'hypothèses de probabilité. L'avantage du test de Mann-Kendall, comparé à des tests classiques de type *Student* effectués lors d'une régression linéaire simple, est que ce dernier intègre les variations saisonnières comme composante de la tendance. Le test Mann-Kendall offre comme avantage d'être assez peu sensible aux valeurs extrêmes en ne se focalisant que sur la tendance des points les uns par rapport aux autres. Ce test est largement utilisé dans des domaines comme la météorologie ou l'hydrologie. Par ailleurs, le test de Mann-Kendall pose des restrictions de validation forte si la chronique de données est faible et donc invalide des chroniques insuffisantes.

Ce test est associé à la **pente de SEN**, celle-ci consiste à retenir comme valeur de tendance la médiane de l'ensemble des taux d'accroissements qu'il est possible de calculer entre deux points de la chronique. Pour la calculer, il faut donc constituer toutes les paires de points possibles au sein de la chronique (ces points ne correspondant pas nécessairement à deux dates consécutives) puis calculer le taux d'accroissement entre les deux points formant chacune de ces paires. La pente de SEN est couramment utilisée pour les Eaux Souterraines ou encore dans le domaine de l'hydrologie, elle est exprimée en mg/l/an (sauf pour le taux de saturation en oxygène dissous, la température et l'acidité).

## **3. Traitement des données**

Le test de Mann-Kendall ne donne en aucun cas l'orientation de la tendance (amélioration ou dégradation) mais propose un résultat (appelé p-value) qui évalue la probabilité que la tendance observée soit bien réelle. Classiquement, le seuil de 95% de confiance est retenu pour valider une tendance. L'indicateur qui a permis d'évaluer la tendance en elle-même (Amélioration ou dégradation) est la pente de SEN. Des valeurs seuils sont appliquées sur les pentes (pente de Sen) pour interpréter les tendances et afin d'éliminer les tendances trop proches de la stagnation.

#### **4. Tendance de la physico-chimie des paramètres généraux (PCPG)**

Les tendances de la PCPG (COD, DBO5, SATO2, O2, NH4, NO3, NO2, Ptotal, PO4) sauf le pH et la température ont été analysées selon schéma présenté ci-dessous (figure 1). Le pH et la température sont des paramètres qui évoluent très peu et dont la fréquence de mesure (6 à 12 fois par an) ne permet pas d'avoir de garantir la fiabilité des résultats. Pour analyser et interpréter les résultats des tendances des paramètres calculés par HYPE, des filtres ont été appliqués sur le **nombre d'années**, le **nombre d'analyse** et la **pente des tendances** afin de récupérer que les **chroniques les plus pertinentes**. Ainsi pour tous les paramètres analysés, n'ont été retenues que les chroniques ayant au moins **5 ans de données** et **30 analyses** (soit 6 analyses par an) sauf pour le NO3 où 60 analyses minimum (pour plus de robustesse de la tendance) ont été retenues. Toutes les chroniques en dehors de ces critères sont qualifiées de « **chronique insuffisante** ».

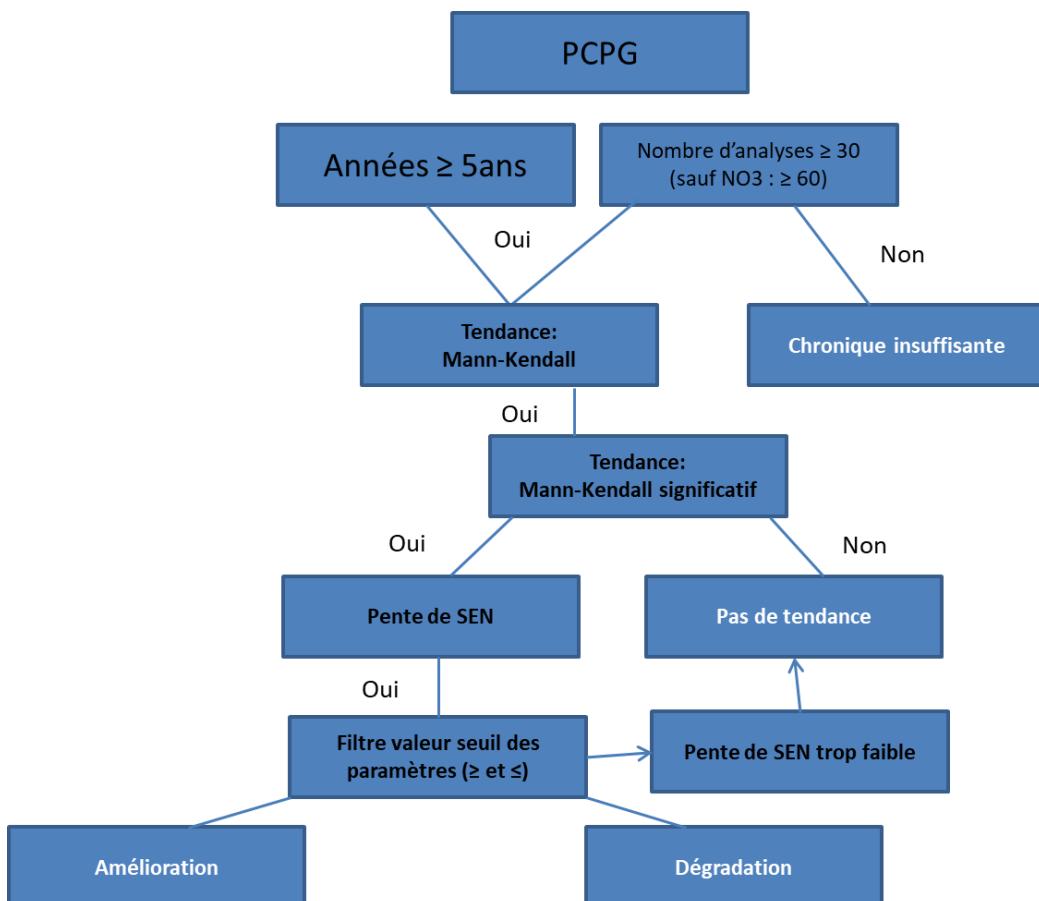


Figure 1 : Méthodologie d'analyse des tendances pour les PCPG

##### **4.1 Les nitrates (NO3)**

Le filtre appliqué sur la pente de Sen est **0,1 mg/l/an**. Cette valeur permet d'éliminer les tendances ayant des pentes trop proches de la stagnation (figure 2), On peut ainsi observer sur le graphique de droite une tendance qui se dégage à partir 0,1 mg/l/an. Les pentes comprises entre -0,1 et 0,1 mg/l/an ont ainsi été exclues et qualifiées en « **pas de tendance** » (exemple du graphique de gauche où la pente est trop faible). Ainsi la pente de Sen Mann-Kendall NO3  $\geq$  0,1 mg/L/an est qualifiée en **Dégénération** (graphique de droite) et la pente de Sen Mann-Kendall NO3  $\leq$  -0,1 mg/L/an est qualifiée en **Amélioration**.

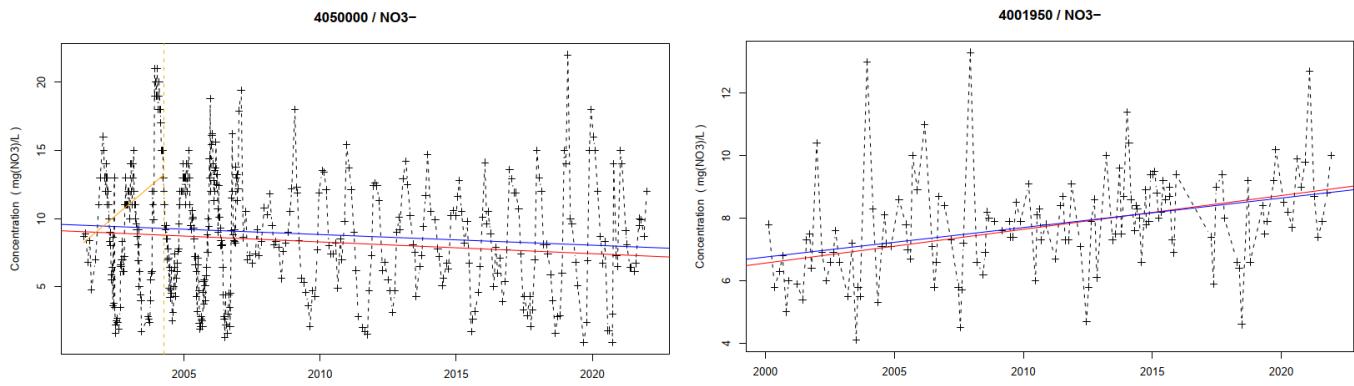


Figure 2 : Chronique de NO<sub>3</sub> avec une pente de Sen à 0,08 mg/l/an (à gauche) et 0,1 mg/l/an (à droite)

#### **4.2 Les nitrites (NO<sub>2</sub>), le phosphore dissous (PO<sub>4</sub>), le phosphore total (Ptotal) et l'ammonium (NH<sub>4</sub>)**

Le filtre appliqué sur la pente de Sen est **0,003 mg/l/an**, elle a été appliquée pour le **NO<sub>2</sub>**, le **PO<sub>4</sub>**, le **Ptotal** et le **NH<sub>4</sub>**. Cette valeur permet d'éliminer les tendances ayant des pentes trop proches de la stagnation (exemple du graphique de gauche où la pente est trop faible). Les pentes comprises entre -0,003 et 0,003 mg/l/an ont ainsi été exclues et qualifiées en « **pas de tendance** ». Ainsi la pente de Sen Mann-Kendall de ces paramètres  $\geq 0,003 \text{ mg/L/an}$  est qualifiée en **Dégradation** et la pente de Sen Mann-Kendall de ces paramètres  $\leq -0,003 \text{ mg/L/an}$  est qualifiée en **Amélioration**.

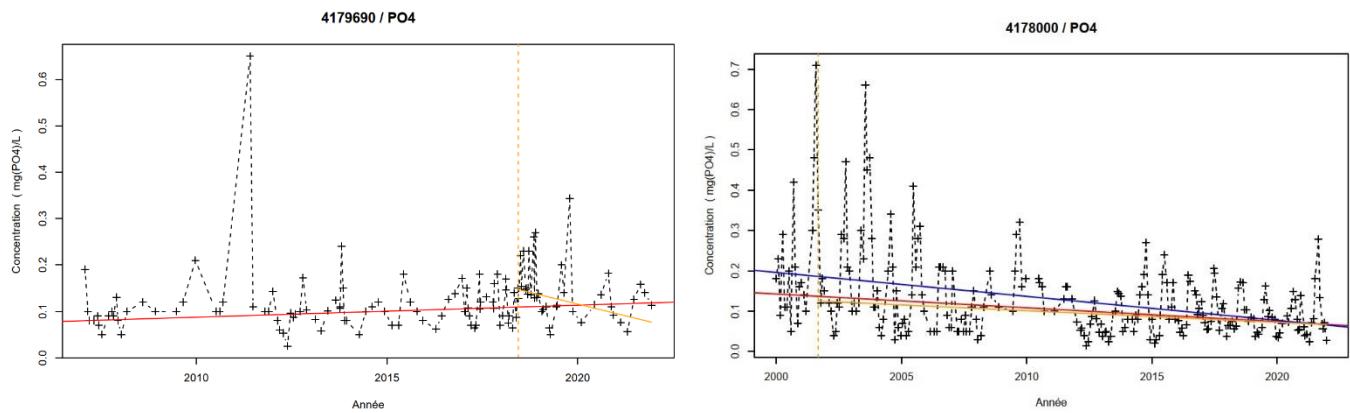


Figure 3 : exemple de chronique de PO<sub>4</sub> avec une pente de Sen à 0,0025 mg/l/an (à gauche) et 0,0034 mg/l/an (à droite)

#### **4.3 Le carbone organique dissous (COD)**

Le filtre appliqué sur la pente de Sen pour le COD est égal à **0,08 mg/l/an**. Cette valeur permet d'éliminer les tendances ayant des pentes trop proches de la stagnation (exemple du graphique de gauche où la pente est trop faible), les pentes comprises entre -0,08 et 0,08 mg/l/an ont ainsi été exclues et qualifiées en « **pas de tendance** ». Ainsi la pente de Sen Mann-Kendall COD  $\geq 0,08 \text{ mg/COD/an}$  est qualifiée en **Dégradation** et la pente de Sen Mann-Kendall COD  $\leq -0,08 \text{ mg/COD/an}$  est qualifiée en **Amélioration**.

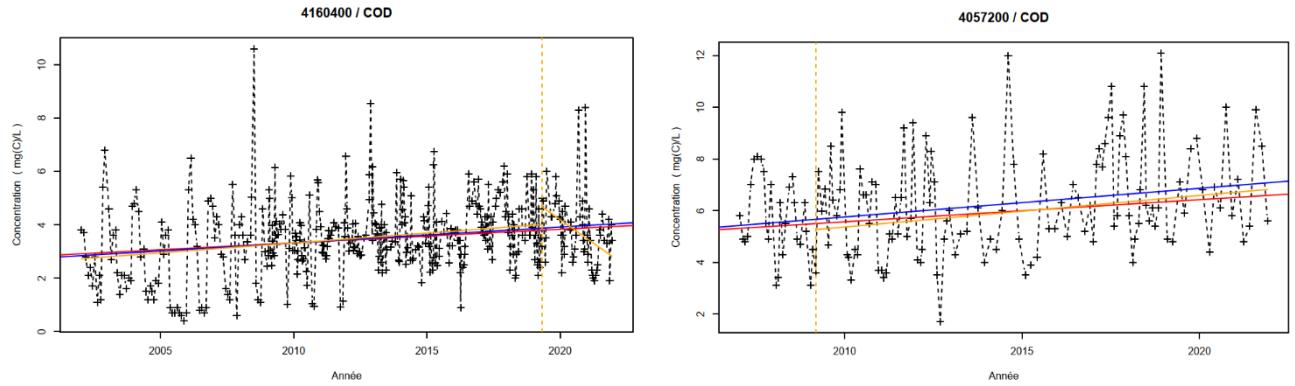


Figure 4 : exemple de chronique de COD avec une pente de Sen à 0,05 mg/l/an (à gauche) et 0,008 mg/l/an (à droite)

#### 4.4 La demande en oxygène dissous (DBO5)

Le filtre appliqué sur la pente de Sen pour la DBO5 est égal à **0,07 mg/l/an**. Cette valeur permet d'éliminer les tendances ayant des pentes trop proches de la stagnation (exemple du graphique de gauche où la pente est trop faible), les pentes comprises entre -0,07 et 0,07 mg/l/an ont ainsi été exclues et qualifiées en « **pas de tendance** ». Ainsi la pente de Sen Mann-Kendall  $\text{DBO5} \geq 0,07 \text{ mg/O}_2/\text{an}$  est qualifiée en **Dégradation** et la pente de Sen Mann-Kendall  $\text{DBO5} \leq -0,07 \text{ mg/O}_2/\text{an}$  est qualifiée en **Amélioration**.

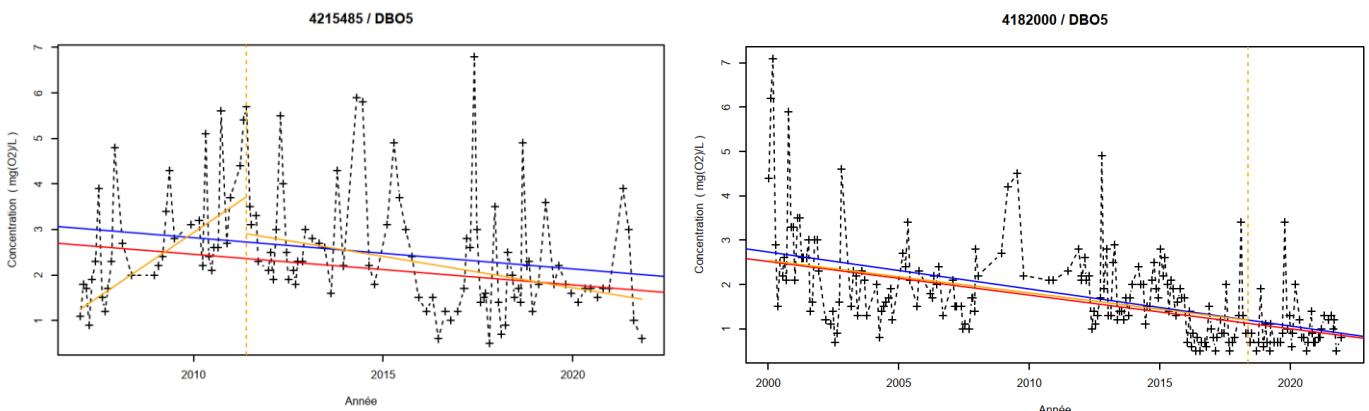


Figure 5 : exemple de chronique de DBO5 avec une pente de Sen à -0,06 mg/l/an (à gauche) et -0,07 mg/l/an (à droite)

#### 4.5 Le taux de saturation en oxygène (SATO2)

Le filtre appliqué sur la pente de Sen pour la SATO2 est égal à **0,5**. Cette valeur permet d'éliminer les tendances ayant des pentes trop proches de la stagnation (exemple du graphique de gauche où la pente est trop faible), les pentes comprises entre -0,5 et 0,5 et exprimées en % ont ainsi été exclues et qualifiées en « **pas de tendance** ». Ainsi la pente de Sen Mann-Kendall  $\text{SATO2} \geq 0,5$  est qualifiée en **Amélioration** et la pente de Sen Mann-Kendall  $\text{SATO2} \leq -0,5$  est qualifiée en **Dégradation**. Pour le taux de SATO2 et l'oxygène dissous, l'augmentation de la tendance de ces paramètres révèle une amélioration contrairement aux autres paramètres.

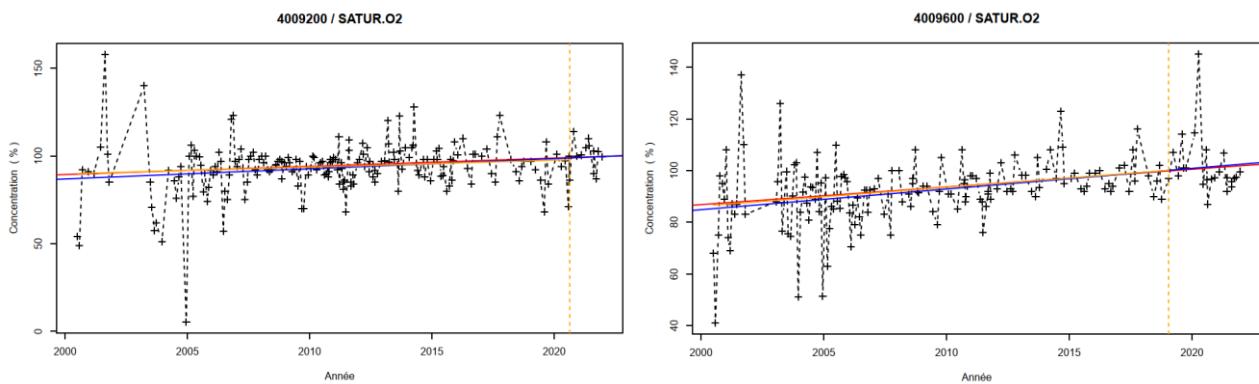


Figure 6 : exemple de chronique de SATO2 avec une pente de Sen à 0,46 mg/l/an (à gauche) et 0,68 mg/l/an (à droite)

#### 4.6 L'oxygène dissous (O<sub>2</sub>)

Le filtre appliqué sur la pente de Sen pour l'O<sub>2</sub> est égale à **0,05 mg/l/an**. Cette valeur permet d'éliminer les tendances ayant des pentes trop proches de la stagnation (exemple du graphique de gauche où la pente est trop faible), les pentes comprises entre -0,05 et 0,05 mg/l/an ont ainsi été exclues et qualifiées en « **pas de tendance** ». Ainsi la pente de Sen Mann-Kendall O<sub>2</sub>  $\geq 0,05$  mg/l/an est qualifiée en **Amélioration** et la pente de Sen Mann-Kendall O<sub>2</sub>  $\leq -0,05$  mg/l/an est qualifiée en **Dégradation**.

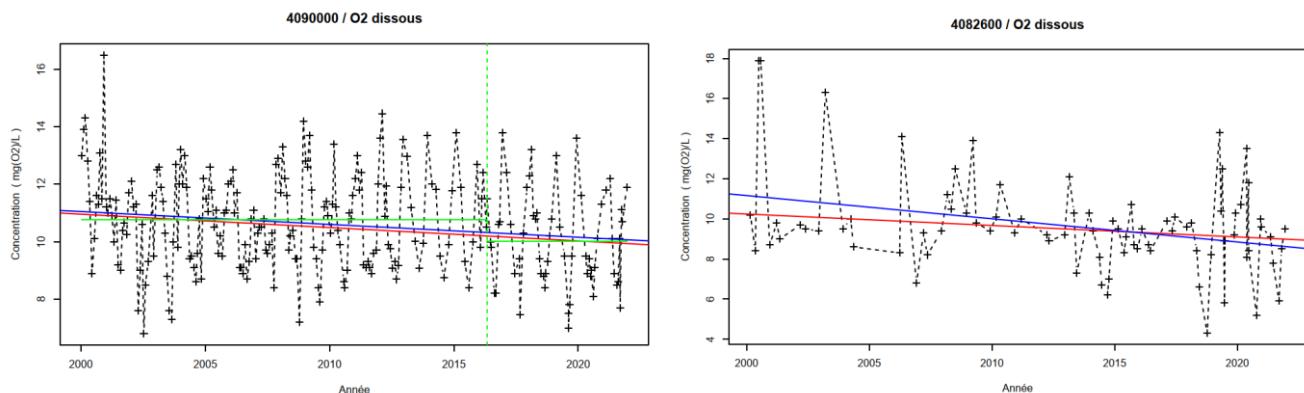


Figure 7 : exemple de chronique de l'O<sub>2</sub> avec une pente de Sen à -0,04 mg/l/an (à gauche) et -0,05 mg/l/an (à droite)

### 5. Cartographie

Les tendances Mann-Kendall calculées et qualifiées sur toutes les stations ont permis de faire la cartographie des tendances de la PCPG sur les masses d'eau (à partir de leurs stations représentatives) sur tout le bassin. Cette cartographie des tendances a été faite sur les PCPG (sauf température et acidité).

L'analyse de la **cartographie des tendances** (figure 8) va permettre d'observer la tendance d'évolution des PCPG sur le long terme (Amélioration, dégradation ou pas de tendance). Une **carte de synthèse** associant l'état du paramètre (selon la règle DCE) et la tendance du paramètre a été produite également. La carte de synthèse (figure 9) permet d'observer la tendance des paramètres classés en **état bon** (très bon et bon) ou **moins que bon** (moyen, médiocre et mauvais). Autrement dit l'état du paramètre (bon ou moins que bon) et la tendance associée (Amélioration, dégradation ou pas de tendance).

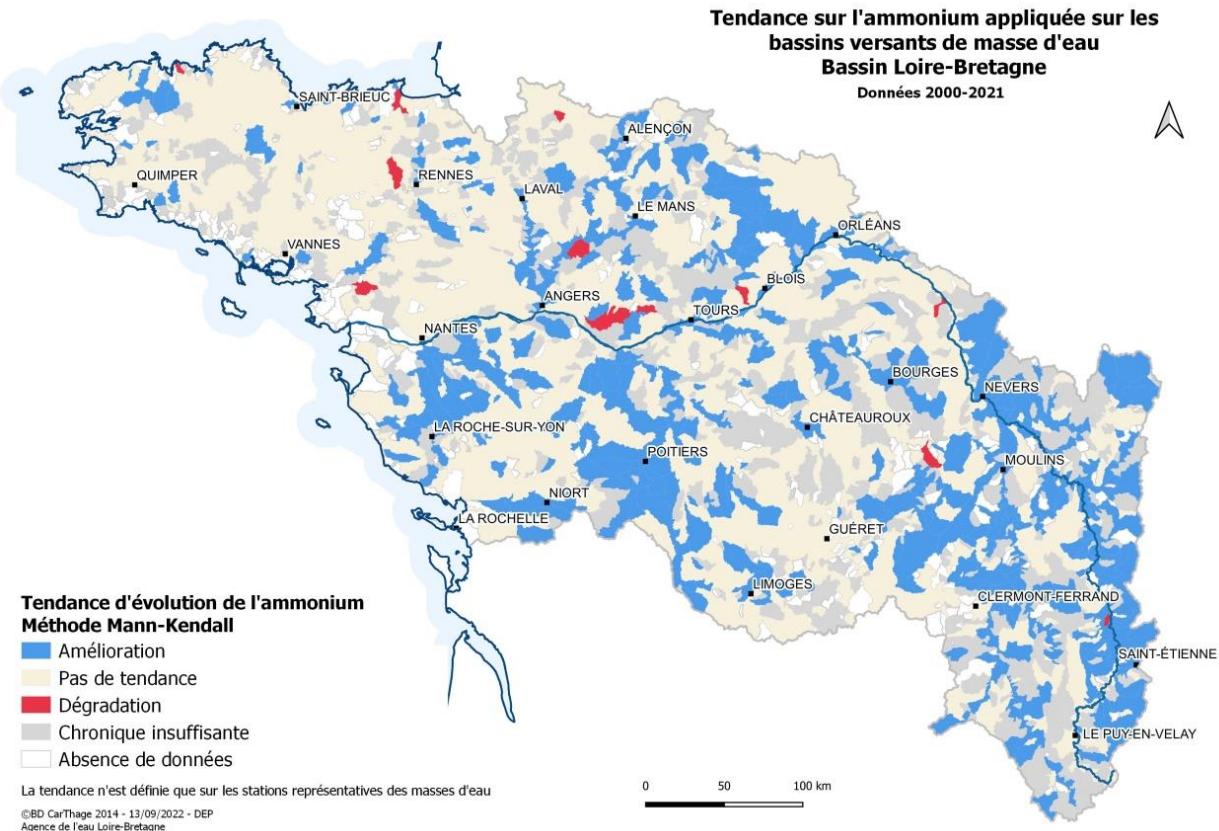


Figure 8 : Exemple : cartographie de la tendance sur l'ammonium

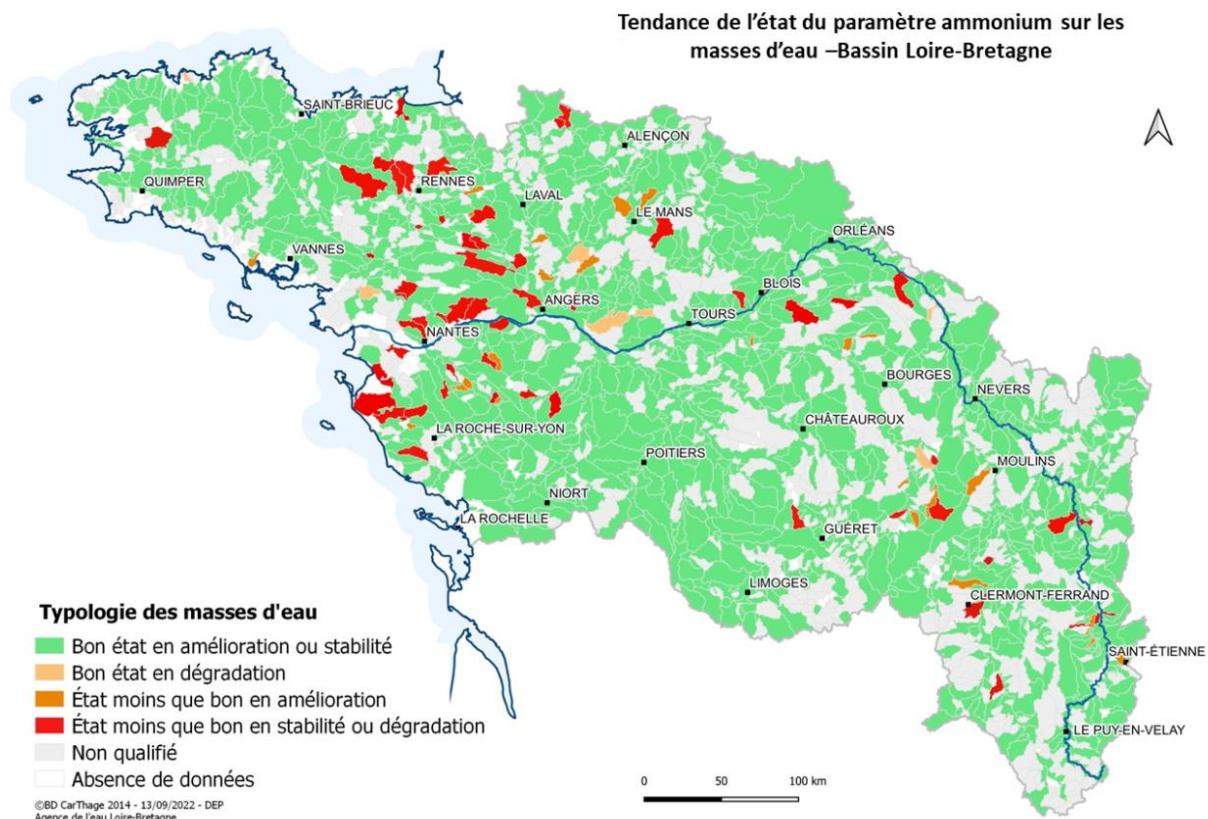


Figure 9 : Exemple : carte de synthèse de la tendance de l'état de l'ammonium

## Annexe

Paramètres	Qualification Pente de SEN			Unité
	Amélioration	Pas de tendance	Dégénération	
NO3	$\leq -0,1$	$> -0,1$ et $< 0,1$	$\geq 0,1$	mg/NO3/an
NO2	$\leq -0,003$	$> -0,003$ et $< 0,003$	$\geq 0,003$	mg/NO2/an
NH4	$\leq -0,003$	$> -0,003$ et $< 0,003$	$\geq 0,003$	mg/NH4/an
Ptotal	$\leq -0,003$	$> -0,003$ et $< 0,003$	$\geq 0,003$	mg/P/an
PO4	$\leq -0,003$	$> -0,003$ et $< 0,003$	$\geq 0,003$	mg/PO4/an
COD	$\leq -0,08$	$> -0,08$ et $< 0,08$	$\geq 0,08$	mg/C/an
DBO5	$\leq -0,07$	$> -0,07$ et $< 0,07$	$\geq 0,07$	mg/O2/an
SATO2	$\geq 0,5$	$< 0,5$ et $> -0,5$	$\leq -0,5$	%
O2	$\geq 0,05$	$< 0,05$ et $> -0,05$	$\leq -0,05$	mg/O2/an

Figure 1 : Tableau récapitulatif de la pente Sen pour la qualification de la tendance des PCPG.