

Evolution de la qualité "matière organique" des captages d'eau brute de Bretagne

Incidence du changement d'indicateur réglementaire

Note rédigée par **Gérard Gruau** (Directeur de recherche au CNRS; Responsable scientifique du GEPMO), en collaboration avec **Anne Monchy** (Etudiante en Master 2) et **Thierry Panaget** (Ingénieur d'études sanitaires à la DRASS de Bretagne)

Résumé. Cette note analyse l'évolution de la qualité "matière organique" des captages d'eau brute de Bretagne entre 2005 et 2008, période au cours de laquelle le paramètre COT (Carbone Organique Total) a été substitué au paramètre oxydabilité au KMnO_4 en tant qu'indicateur réglementaire de contamination des eaux destinées à la consommation humaine par les matières organiques. Cette substitution s'étant faite début 2007 et un nombre important de captages ayant bénéficié d'un double suivi (oxydabilité et COT) en 2007 et 2008, la période analysée permet d'évaluer l'effet du changement paramétrique sur la perception de cette qualité, et surtout d'analyser l'effet du maintien de la limite réglementaire à 10 mg/L sur cette même qualité. Dans une note parue en décembre 2007 nous indiquions en effet qu'un tel maintien était discutable, étant entendu que le rapport oxydabilité/COT est très souvent supérieur à 1 et que le basculement à l'indicateur COT sans abaissement concomitant de la limite réglementaire conduirait inévitablement à une amélioration artificielle de la qualité "matière organique" des eaux brutes superficielles destinées à la potabilisation.

L'analyse effectuée en utilisant les contrôles DDASS réalisés sur les 98 prises d'eau superficielles de Bretagne régulièrement utilisées pour la production d'eau potable confirme cette crainte. De fait, sur 29 prises d'eau disposant de la double mesure, le rapport oxydabilité/COT varie de 1.63 à 0.84. Les valeurs les plus élevées sont trouvées pour les captages en rivière, pour lesquels le rapport oxydabilité/COT moyen est de 1.28 ± 0.18 (contre 1.05 ± 0.17 pour les captages en retenue). Comme prévu, le maintien de la limite réglementaire à 10 mg/L dans cette configuration d'un rapport oxydabilité/COT > 1 conduit à une amélioration de la qualité organique des eaux. Ainsi, le taux de non-conformité des captages en rivière qui était, pour la Bretagne, de 55% sur la période 2005-2006 (indicateur oxydabilité) n'était plus que de 25% sur la période 2007-2008 (indicateur COT). Cette amélioration est tout à fait artificielle car les mesures d'oxydabilité réalisées en 2007-2008 sur ces mêmes captages démontrent que le taux de conformité s'est maintenu en 2007 et 2008 aux alentours de 55%. Nous montrons qu'une modulation de la limite réglementaire en fonction de l'indicateur utilisé (10 mg/L pour oxydabilité au KMnO_4 et 7 mg/L pour l'indicateur COT) permet de réconcilier les différents calculs de conformité. Ce résultat nous conduit à reformuler la recommandation déjà faite en 2007 d'accompagner l'adoption de l'indicateur COT comme indicateur réglementaire MO d'un abaissement de la concentration maximale autorisée de 10 à 7 mg/L.

Cette note s'achève par une analyse de l'évolution long-terme de la qualité organique des captages superficiels d'eau brute de Bretagne. Celle-ci indique que la dégradation constatée depuis le début des années 1980 est toujours en cours, particulièrement en ce qui concerne les captages en retenue. Cette constatation impose la plus grande vigilance et va à l'encontre d'un quelconque relâchement de la réglementation sur ce paramètre, notamment vis-à-vis des préoccupations sanitaires.

1- Introduction

L'année 2007 a été marquée en France par un changement de la réglementation "eau brute" sur les matières organiques (MO). En effet, jusqu'en 2006, l'indicateur réglementaire était l'oxydabilité au KMnO_4 à chaud et en milieu acide. Depuis 2007, l'indicateur réglementaire est le Carbone Organique Total, ou COT (*voir le paragraphe 3 ci-dessous sur le contexte réglementaire*). Ce changement d'indicateur ne s'est toutefois pas accompagné d'un changement de la limite réglementaire qui est restée, elle, fixée à 10 mg/L. Ce maintien pose question. En effet, et comme nous l'avons montré dans une note antérieure, le rapport oxydabilité/COT de beaucoup de masses d'eau brute est supérieur à 1, allant jusqu'à 1.7 (*Gruau et al., 2007*). Le risque en laissant la limite réglementaire inchangée est donc que le passage à l'indicateur COT s'accompagne d'une amélioration artificielle de la qualité organique des eaux brutes et donc à un relâchement de la vigilance sur ce paramètre alors que la teneur en MO des eaux brutes est un des facteurs causant le plus de problèmes lors du traitement et susceptible de créer des difficultés vis-à-vis du respect de la réglementation eau distribuée (COT et THM, *voir le paragraphe 2 ci-dessous sur les nuisances*).

L'objectif de cette note est précisément d'analyser si le changement d'indicateur a abouti à une telle amélioration "artificielle" de la qualité organique des eaux brutes dans le cas spécifique des captages superficiels de Bretagne, captages que l'on sait être très fortement non-conformes sur ce paramètre (*Gruau et al., 2006*). L'analyse présentée s'appuie sur les contrôles réglementaires effectués par les Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS) des quatre départements bretons. Elle utilise les doubles mesures (oxydabilité et COT) effectuées sur certains de ces captages pour vérifier que le rapport oxydabilité/COT est bien >1 , et le déterminer, captage par captage. Les rapports ainsi déterminés permettent de convertir les concentrations de COT en concentrations d'oxydabilité et ainsi de comparer l'effet du changement de paramètre sur la qualité organique "apparente" des eaux brutes, comparaison qui peut être enrichie des mesures d'oxydabilité réellement effectuées après le changement d'indicateur.

Dans ce qui suit nous démontrons que la baisse du taux de non-conformité des captages d'eau brute de Bretagne constatée en 2007 et 2008 est artificielle et n'est due qu'au caractère >1 du rapport oxydabilité/COT. De fait, et comme le montrent les mesures d'oxydabilité réalisées après 2007, la qualité "organique" des captages d'eau brute superficielle de Bretagne est restée globalement dégradée pendant cette période. Cette observation nous conduit à réitérer la recommandation déjà formulée (*voir Gruau et al., 2007*) d'adopter un abaissement de la limite réglementaire de 10 à 7 mg/L à l'adoption de l'indicateur COT comme nouvel indicateur réglementaire, seul moyen de garantir l'équivalence entre ce nouvel indicateur et l'ancien indicateur oxydabilité.

Avant de présenter dans le détail ces résultats, nous rappelons brièvement les nuisances engendrées par la présence de MO dans les eaux brutes destinées à la fabrication d'eau potable ainsi que les réglementations françaises et européennes en vigueur sur ce paramètre.

2- Rappels concernant les nuisances engendrées par la présence de matières organiques dans les eaux les eaux brutes destinées à la fabrication d'eau potable

On rappellera ici les principales raisons qui ont conduit l'Etat français à édicter une référence et une limite de qualité concernant la présence de MO dans les eaux brutes destinées à la fabrication d'eau potable et dans les eaux distribuées (alors qu'aucune limite n'est imposée par le niveau européen):

- 1) modification du transfert de micro-polluants: les MO peuvent absorber d'autres molécules organiques comme les pesticides et inhiber leur dégradation. Elles peuvent également former des complexes solubles ou insolubles avec certains éléments métalliques;
- 2) les MO peuvent être associées à la présence d'espèces planctoniques dont certaines produisent des toxines;
- 3) la présence de fortes teneurs en MO demande l'installation de dispositifs de traitement plus complexes et donc plus coûteux en structures et en réactifs, et génèrent d'importantes quantités de boues;
- 4) modification des cinétiques de désinfection des eaux par le chlore;
- 5) dans les eaux distribuées, les MO favorisent la formation de sous-produits chlorés (SPC) à la toxicité reconnue (Trihalométhanes (THM), Acides haloacétiques (AHA), Haloacétonytriles; voir *Gruau, 2004a*, et références citées; voir aussi *Vandentorren et al., 2004*); elles sont également facteurs de consommation de désinfectants.
- 6) les MO sont souvent à l'origine de colorations et/ou de mauvais goûts rebutants pour le consommateur l'amenant à consommer d'autres boissons (eaux minérales, boissons sucrées ou alcoolisées, ...);
- 7) les MO servent de nutriment ou de support aux microorganismes présents dans les réseaux de distribution.
- 8) enfin, diminution du volume utile des retenues par sédimentation biogène (des diminutions pouvant aller jusqu'à 50 % ont, par exemple, été enregistrées en Bretagne au cours des trente dernières années).

Parmi toutes ces nuisances, il est clair que celle liée à la formation de THM et d'AHA pendant les opérations de potabilisation est la plus problématique dans la mesure où ces composés sont toxiques pour l'homme. Comme l'a rappelé la synthèse bibliographique effectuée par le CNRS (voir *Gruau, 2004a*), les études toxicologiques effectuées chez l'animal montrent que l'exposition aux THM et AHA augmente le risque survenance de tumeurs du foie, du rein, du côlon et du rectum, et peut s'avérer toxique pour le fœtus. Les données épidémiologiques disponibles chez l'homme montrent un risque d'apparition de cancers de la vessie ainsi que d'une diminution du poids fœtal chez les populations exposées. En outre, l'étude de la bibliographie a montré que les noyaux aromatiques étaient les principaux précurseurs organiques des THM et AHA. Ainsi, à dose équivalente de chlore ajouté, plus une eau contient des matières organiques riches en noyaux aromatiques, plus sa tendance à former des THM et des AHA est forte.

En résumé, outre l'impact environnemental la MO pose un réel problème de santé publique justifiant les dispositions réglementaires prises par l'Etat et, au-delà, les mesures que doivent mettre en œuvre les producteurs d'eau mais aussi en amont les gestionnaires des territoires pour limiter au maximum la contamination des eaux brutes destinées à l'alimentation humaine par les MO.

3- Le contexte réglementaire européen et français

Au plan européen, le texte servant de base au contrôle de la qualité des eaux brutes destinées à la consommation humaine est la directive 75/440/CEE. Ce texte doit être mis à jour par une directive fille de la directive 2000/60/DCE, dite directive cadre sur l'eau (DCE), pour une mise en application à l'horizon 2014. La DCE sert désormais de socle commun à toute la réglementation européenne dans le domaine de l'eau et introduit la notion de "bon état écologique" des eaux. Pour l'état chimique participant au bon état écologique requis, les limites et les paramètres utilisés pour apprécier les concentrations des substances concernées sont définis dans la circulaire DCE N° 2005-12 du 28 juillet 2005. Pour les MO, l'indicateur utilisé est le Carbone Organique Dissous (COD). La limite de concentration est fixée dans le cas général à 7 mg/l de COD. La notion de masses d'eau "naturellement riches en MO" est introduite pour lesquelles le seuil maximal autorisé est porté à 9 mg/l de COD.

Au plan français, le code de la santé publique, par ses articles R1321-2, R1321-3, R1321-7 et R1321-38, impose le respect de limites et références de qualité pour les eaux destinées à la consommation humaine. Les valeurs réglementaires s'appliquant aux eaux brutes sont définies par l'arrêté du 11 janvier 2007 paru au journal officiel du 6 février 2007. La circulaire DGS/SD7A n° 2007-39 du 23 janvier 2007 détaille les modalités de mise en œuvre de cette réglementation.

Ces textes ont introduit quelques évolutions notamment pour les MO. En effet, l'indicateur en vigueur jusqu'ici sur les eaux brutes était l'oxydabilité (en mg d'O₂ consommé par litre d'eau) au permanganate de potassium (KMnO₄) à chaud en milieu acide. Celui-ci est remplacé dorénavant par le Carbone Organique Total ou COT, exprimé en mg/l. La limite de qualité reste, elle, inchangée, égale à 10 mg/l. Ce maintien est justifié dans la circulaire du 23 janvier 2007 en référence à la limite de qualité pour les eaux distribuées (2 mg/l de COT) et au taux d'abattement de 70 à 80 % des MO dans une filière de traitement adaptée de type A3 (traitement physique et chimique poussé, affinage et désinfection).

Pour les eaux distribuées la réglementation ne change pas. L'indicateur qui était déjà le COT le reste comme la référence de qualité à 2 mg/l, accompagnée d'une exigence d'absence de tout changement anormal de la concentration.

A cette réglementation sur les MO, il convient d'ajouter celle portant sur les sous-produits résultant de l'interaction des MO et du chlore lors du traitement. En France, seuls les trihalométhanes (THM) sont actuellement concernés par la réglementation. La limite de qualité des eaux distribuées relative à la somme des THM a été abaissée à 100 µg/l depuis le 25 décembre 2008. La teneur en THM est directement la résultante de la quantité résiduelle de MO présente dans les eaux avant chloration, laquelle dépend directement, à filière de traitement identique, de la concentration en MO des eaux brutes. C'est pour cette raison qu'il convient d'examiner tout changement de réglementation sur le

paramètre MO à la lueur des réglementations actuelles et futures sur les THM. En clair, un relâchement de la réglementation "eaux brutes" sur ce paramètre pourra avoir comme conséquence d'accroître le taux de non-conformité des eaux distribuées sur les paramètres THM et COT.

En résumé, ce tour d'horizon montre que la réglementation française actuelle relative au MO dans les eaux brutes superficielles destinées à la potabilisation se trouve en l'état actuel en porte-à-faux par rapport à la directive cadre européenne sur l'eau 2000/60/DCE, tant du point de vue de l'indicateur utilisé que de sa valeur limite. Cette situation s'inscrit dans un mouvement permanent d'actualisation des réglementations tant européenne que nationale et a vocation à tendre vers l'harmonisation dont la DCE constitue le socle.

4- Résultats et discussion

4.a- Description de la base de données analysée

Quatre-vingt dix-huit prises d'eau (62 en rivière et 36 en retenue) réparties dans les quatre départements bretons ont été analysées. Les nombres de contrôle effectués par les DDASS sur chaque prise d'eau sont reportés en annexe. Les données sont issues du contrôle sanitaire réglementaire et extraites de la base nationale SISE-Eaux potables. Dans cette analyse, nous avons regroupé entre elles les analyses d'oxydabilité effectuées en 2005 et 2006, et les analyses de COT effectuées en 2007 et 2008, de manière à accroître le nombre de résultats analytiques pour calculer les concentrations moyennes de chaque prise d'eau, et ce afin d'augmenter au maximum la puissance statistique des corrélations. En effet, toutes les prises d'eau ne sont pas suivies à la même fréquence. Ainsi, si la DDASS 22 applique une fréquence commune d'une mesure de MO tous les quinze jours à toutes les prises d'eau dont elle assure le contrôle sanitaire, les trois autres DDASS appliquent des fréquences souvent beaucoup plus réduites, pouvant descendre jusqu'à une valeur aussi faible que 4 analyses seulement par an. Or et comme l'on montré les travaux du GEPMO, les teneurs en MO des eaux de surface varient fortement dans le temps, nécessitant une haute fréquence de mesure (typiquement une mesure par semaine) pour que les concentrations moyennes calculées soient réellement représentatives de la qualité organique des eaux suivies et que les tendances temporelles établies à partir de ces concentrations moyennes soient significatives (*Gruau et al., 2004b*).

Un autre élément important de l'analyse effectuée est l'existence de doubles mesures des concentrations en COT et en oxydabilité en 2007 et 2008, seul moyen d'établir avec précision le facteur permettant de convertir les données de COT acquises depuis 2007 en données d'oxydabilité et ainsi de connaître l'évolution réelle de la qualité organique des eaux, indépendamment du changement de paramètre réglementaire. Les tableaux en annexe montrent que des doubles mesures ont été systématiquement réalisées sur les prises d'eau des Côtes d'Armor avec un nombre moyen de doubles mesures de 35. Des doubles mesures ont également été réalisées sur les prises d'eau d'Ille et Vilaine, mais généralement à une fréquence plus faible et sans le caractère systématique des Côtes d'Armor. A l'inverse, peu (<2) ou pas de doubles mesures ont été réalisées sur les prises d'eau du Finistère et du Morbihan. Cette disparité dans le nombre de doubles mesures a comme conséquence que les teneurs de COT ne pourront être précisément converties en teneur d'oxydabilité que pour les prises d'eau des

Côtes d'Armor et certaines prises d'eau d'Ille et Vilaine. Pour les prises d'eau du Finistère et du Morbihan, la conversion sera moins individualisée puisqu'elle ne pourra être effectuée qu'en utilisant les valeurs moyennes déterminées à partir des prises d'eau disposant de la double mesure.

On rappellera ici qu'une fréquence de mesure trop lâche revient à sous-estimer la teneur en MO des eaux brutes, eu égard au fait que les teneurs les plus élevées sont enregistrées pendant les crues et que les crues sont des événements rares à l'échelle de l'année, événements qu'une fréquence d'échantillonnage trop faible n'intégrera que mal, ou pas du tout (minoration possible de 40% de la moyenne réelle avec un échantillonnage mensuelle; voir *Gruau et al., 2005*). De ce point de vue, il est clair que les résultats fournis par la DDASS des côtes d'Armor sont ceux qui permettent le mieux d'approcher la véritable qualité organique des eaux superficielles de Bretagne et l'évolution dans le temps de cette qualité. C'est pourquoi nous accorderons une place particulière aux résultats de ce département dans l'analyse des tendances évolutives et des différences entre captages en rivière et captages en retenue.

4.b- Variabilité du facteur de conversion oxydabilité - COT

Un rapport de conversion oxydabilité-COT a pu être calculé pour les 29 prises d'eau (sur 98) disposant d'un nombre suffisant (i.e. >12) de doubles mesures. Dans tous les cas, des corrélations linéaires de qualité bonne à très bonne sont observées, avec des R^2 souvent >0.9. Comme le montre le **tableau 1** qui présente les résultats en séparant le cas des rivières de celui des retenues, la forte variation du rapport oxydabilité/COT au plan régional est confirmée avec des valeurs allant de 1.63 à 0.99 dans le cas des captages en rivière, et de 1.35 à 0.84 dans le cas des captages en retenue. Ainsi, une masse d'eau présentant une concentration de COT proche de 10 mg/L pourra être considérée conforme avec la nouvelle réglementation, alors que la même masse d'eau aurait été déclarée non conforme avec l'ancienne réglementation, une concentration de 10 mg/L de COT correspondant le plus souvent à une concentration d'oxydabilité très supérieure à 10 mg/L (jusqu'à 16 mg/L; voir **tableau 1**)

Le fait que le rapport oxydabilité/COT ne soit pas égal à 1 et varie d'une prise d'eau à l'autre vient très probablement d'une variation dans la composition chimique des MOs, variation engendrant des différences dans la capacité de ces mêmes MOs à être oxydées par le KMnO_4 . Cette hypothèse trouve un support dans la **figure 1**, figure montrant l'existence d'une corrélation entre le rapport oxydabilité/COT des eaux de surface de Bretagne et l'absorbance UV spécifique à 254 nm de ces mêmes eaux. De fait, l'absorbance UV spécifique à 254 nm, paramètre qui mesure le taux d'aromaticité de la MO peut être assimilée à un indicateur de variabilité de la composition chimique de la MO. Ainsi, la corrélation observée dans la **figure 1**, corrélation cohérente avec le fait depuis longtemps établi que plus une MO est aromatique plus celle-ci est oxydable (voir *Martin-Mousset et al., 1997*), traduit la dépendance du rapport oxydabilité/COT à la composition chimique de la MO.

L'hypothèse d'un rapport oxydabilité/COT variable du fait d'une différence dans la composition chimique de la MO est également cohérente avec les différences présumées d'origine de la MO entre captages en rivières et captages en retenue. De fait, les nombreux travaux effectués sur le thème ont montré que la MO des rivières provenait majoritairement des sols des bassins versants (*Gruau et al.,*

2006), alors que celle des retenues pouvait avoir une origine mixte (superposition d'une composante allochtone "sol" et d'une composante autochtone issue du phytoplancton).

RIVIERE	Département	Nombre mesures communes	Rapport Oxyd/COT	R ²	Limite COT (Equivalent 10 mg/L oxydabilité)
LE BOIS DE LA ROCHE	22	31	1,63	0,86	6,1
LE JAUDY	22	31	1,54	0,77	6,5
LE TRIEUX*	22	71	1,48	0,82	6,8
LE YAR	22	31	1,43	0,90	7,0
LE GUINDY	22	31	1,43	0,90	7,0
LE LEGUER A LANNION	22	31	1,41	0,94	7,1
LE LEGUER A PLOUBEZE	22	31	1,38	0,95	7,3
LE MIN RAN	22	31	1,24	0,98	8,1
LA LOISANCE	35	26	1,23	0,85	8,1
LE NANCON	35	13	1,23	0,95	8,1
LE LEFF	22	31	1,21	0,81	8,3
LE LEFF	22	31	1,20	0,81	8,3
L'IC	22	31	1,19	0,88	8,4
LE COUESNON	35	15	1,17	0,90	8,5
LE LIE	22	34	1,16	0,97	8,6
L'URNE	22	29	1,16	0,77	8,6
LE MEU*	35	44	1,01	0,88	9,9
LA VILAINE*	35 & 56	34	0,99	0,47	10,1
<i>*Deux captages</i>			Moyenne	Moyenne	7,9
			Ecat type	0,18	

RETENUE	Département	Mesures communes	Rapport Oxyd/COT	R ²	Limite COT (Equivalent 10 mg/L oxydabilité)
LE BLAVET	22	31	1,35	0,83	7,4
LE GOUET	22	88	1,34	0,78	7,5
RETENUE DU QUINCAMPOIS	35	22	1,24	0,94	8,1
LE GOUESSANT	22	31	1,23	0,87	8,1
ETANG DE MEZOUET	22	31	1,16	0,87	8,6
CANAL DE L'OUST (NANTES A BREST)	35	14	1,05	0,63	9,5
RETENUE DE ROPHEMEL	35	24	1,03	0,87	9,7
ETANG DE LANDAL	35	14	1,02	0,37	9,8
RETENUE DE MIRELOUP	35	14	0,98	0,73	10,2
RETENUE DE BEAUFORT	35	12	0,97	0,93	10,3
BARRAGE DU VAL SUR LE GUINEFORT	22	30	0,97	0,57	10,3
RETENUE DE PONT AVET	35	18	0,97	0,34	10,3
L'ARGUENON	22	66	0,91	0,83	11,0
ETANG DE SAINTE SUZANNE	35	21	0,87	0,73	11,5
BARRAGE PONT RUFFIER SUR GUINEFORT	22	31	0,86	-0,03	11,6
RETENUE DE LA CHEZE	35	24	0,84	-0,04	11,9
			Moyenne	Moyenne	9,7
			Ecat type	0,17	

Tableau 1. Valeurs du rapport oxydabilité/COT et coefficients de corrélation des relations oxydabilité-COT pour les captages d'eau brute en rivière et en retenue de Bretagne disposant d'un nombre suffisant de mesures communes d'oxydabilité et de COT. Le rapport moyen est de 1.28 pour les captages en rivières et de 1.05 pour les captages en retenue. La colonne de droite indique la valeur que devrait prendre la limite réglementaire COT, captage par captage, pour qu'il y ait équivalence des réglementations COT et oxydabilité.

Sachant que la MO des sols est riche en composés humiques eux-mêmes riches en noyaux aromatiques, il est raisonnable de penser que celle-ci sera plus facilement oxydable que la MO des retenues, plus riches en composés simples non-aromatiques et donc moins oxydables chimiquement, d'où un rapport oxydabilité/COD plus élevé dans les rivières que dans les retenues. Par ailleurs, d'autres mécanismes propres aux retenues comme la floculation ou la photo-oxydation peuvent appauvrir ces systèmes en MO facilement oxydables, expliquant pourquoi les retenues affichent un rapport oxydabilité/COT plus faibles que les rivières.

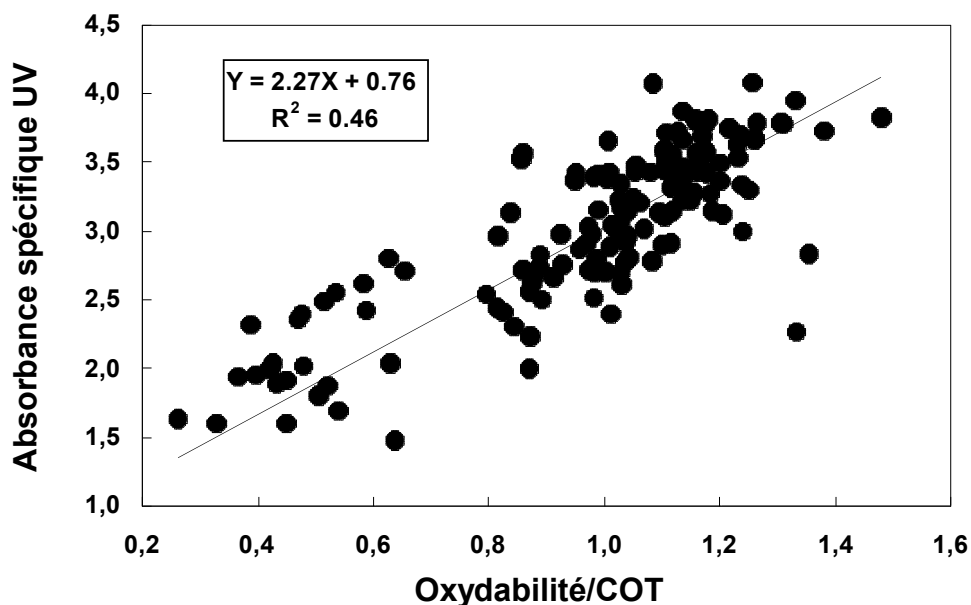


Figure 1: Diagramme montrant l'existence d'une corrélation positive linéaire entre l'absorbance spécifique UV à 254 nm et le rapport oxydabilité/COD pour les eaux brutes de Bretagne. Source des données: GEPMO.

A ce stade, il est important de souligner le problème sanitaire que peut constituer le maintien de la limite réglementaire des 10 mg/L pour les captages en rivière. En effet, on peut déduire des forts rapports oxydabilité/COT affichés par ces captages que la MO qui les contamine est riche en noyaux aromatiques (voir **figure 1**). Or, il est établi que la teneur en carbone aromatique de la MO est un facteur déterminant dans la production de THM lors de la chloration (voir **figure 2**), le potentiel de formation des THM augmentant avec l'aromaticité de la MO. Le problème posé ici par le maintien de la limite réglementaire à 10 mg/L est que c'est précisément pour les captages en rivière que le maintien de cette limite aboutira à plus de relâchement de la contrainte pesant sur la qualité organique des eaux brutes. En effet, ce maintien fera que pour un captage en rivière possédant un rapport oxydabilité/COT de 1.6 (cas du Bois de la Roche, **tableau 1**), la nouvelle réglementation autorisera 10 mg/L de COT alors que l'ancienne n'autorisait que l'équivalent de 6.2 mg/L de COT (équivalent de 10 mg/L d'oxydabilité pour ce captage). Le problème est que les 4.2 mg/L de surplus de COT autorisé seront précisément constitués de MO très aromatique (comme l'indique le rapport oxydabilité/COT $\gg 1$ de ce captage), donc de MO à fort risque THM (voir la comparaison des **figures 1 et 2**). Cet accroissement du

risque THM pour les captages en rivière est d'autant plus mal venu que les eaux associées à ces captages sont précisément les plus difficiles à traiter du point de vue de la MO, du fait des fortes variations de concentrations temporelles qu'elles enregistrent sur ce paramètre, en phase avec les épisodes de crue (voir *Gruau et al., 2004b*).

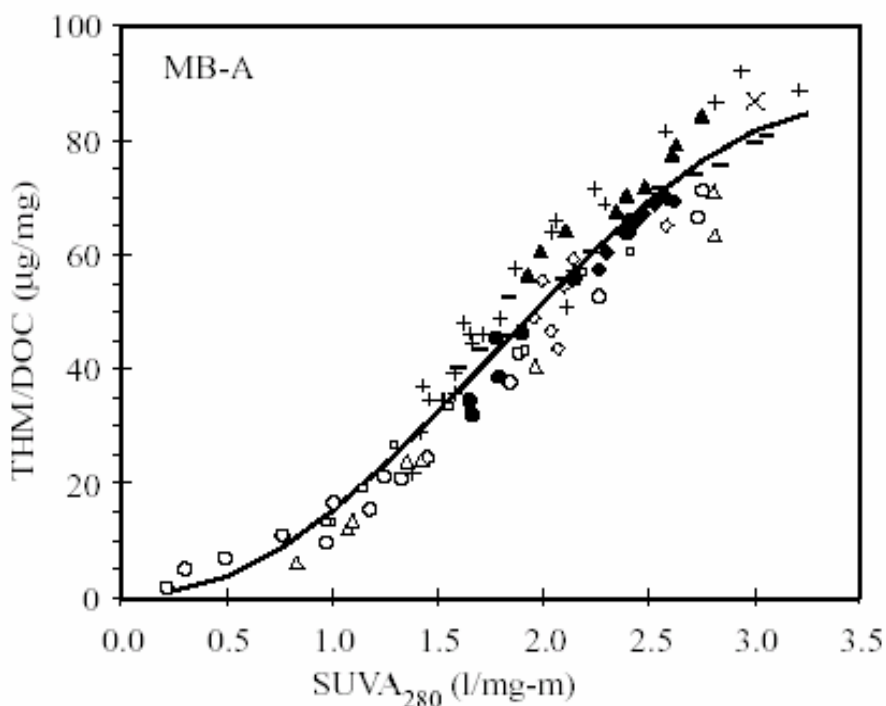


Figure 2. Relation entre potentiel de formation de THM et l'absorbance spécifique UV de la MO. Plus la MO est aromatique, plus le risque de formation de THM est élevé. D'après *Kitis et al., 2004*.

4.b- Evolution de la qualité organique des eaux des captages en eau brute de Bretagne sous l'angle comparatif du COT et de l'oxydabilité au $KMnO_4$

La **figure 3** compare l'évolution du taux de non-conformité des captages de Bretagne entre 1997 et 2008 vue sous l'angle de l'indicateur oxydabilité pour la totalité de la période et sous l'angle de l'indicateur COT pour la période 2007-2008. Comme on pouvait si attendre, l'adoption de l'indicateur COT *sans abaissement de la limite réglementaire* se traduit par une amélioration artificielle de la qualité de l'eau en 2007 et 2008. Comme on pouvait s'y attendre également, l'écart est plus important pour les captages en rivière (26% en moyenne de taux de non-conformité pour le COT contre 55% en moyenne pour l'oxydabilité) que pour les captages en retenue (36% en moyenne de taux de non-conformité pour le COT contre 40% en moyenne pour l'oxydabilité) du fait du rapport oxydabilité/COT plus éloigné de 1 des captages en rivière.

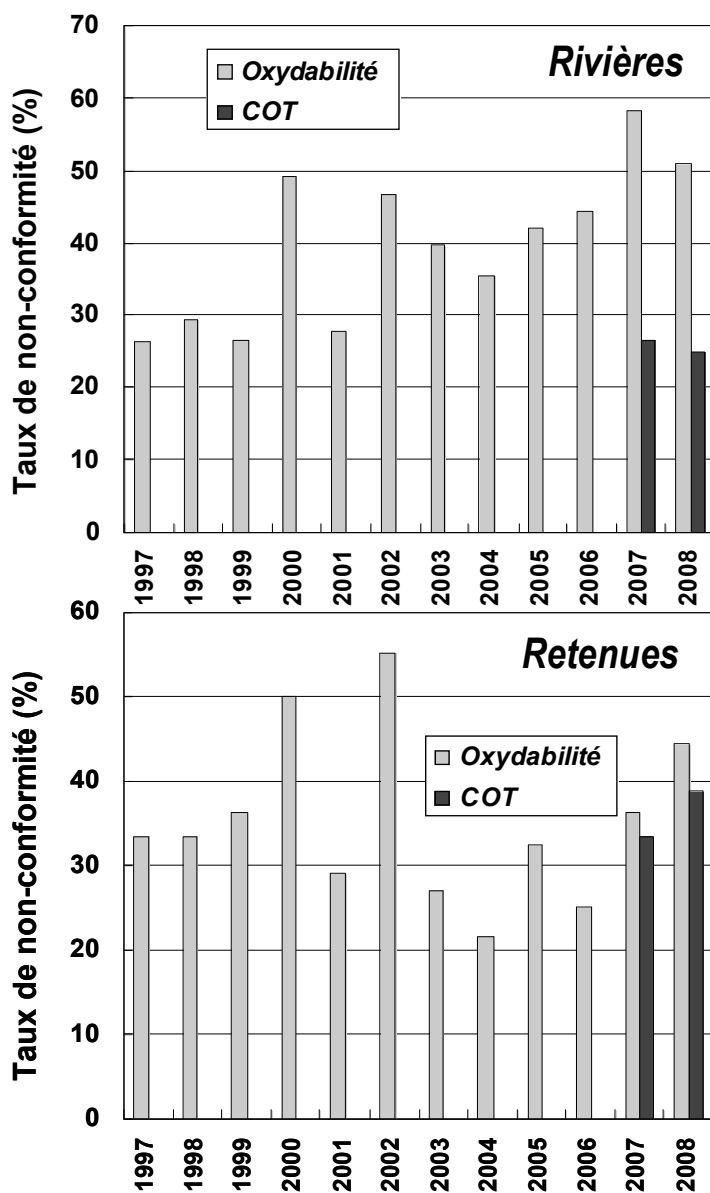


Figure 3. Diagrammes illustrant la chute du taux de non-conformité "MO" des captages de Bretagne suite au remplacement de l'indicateur oxydabilité au KMnO_4 par l'indicateur COT. La chute est plus importante pour les captages en rivière caractérisés par un rapport oxydabilité/COT plus éloignés de 1 que pour les captages en retenue (rapport oxydabilité/COT plus proche de 1). La considération des seules concentrations d'oxydabilité montre que la qualité organique des eaux brutes de Bretagne ne s'est pas améliorée en 2007 et 2008.

Il ressort de cette analyse que le passage de l'indicateur oxydabilité à l'indicateur COT devrait s'accompagner d'un abaissement de la limite réglementaire pour que la nouvelle et l'ancienne réglementation reflètent des qualités organiques identiques des eaux brutes. Comme nous l'avons déjà suggéré en 2007 (voir *Gruau et al., 2007*), nous proposons d'adopter 7 mg/L en lieu et place de l'actuelle limite de 10 mg/L comme limite réglementaire à adjoindre à l'indicateur COT, pour la double raison que 7 mg/L correspond à la limite du bon état écologique des eaux instituée par la DCE et que cette valeur permet de ramener les taux COT de non-conformité des captages en rivière de Bretagne à leurs équivalents oxydabilité pour ces deux mêmes années (voir **figure 4**). Evidemment, l'adoption d'une limite COT à 7 mg/L conduira à un relatif durcissement de la réglementation pour les captages en

retenue, du fait du rapport oxydabilité/COT <1 de beaucoup d'entre eux (voir **tableau 1**). La **figure 3** montre ainsi qu'un abaissement de la limite réglementaire COT à 7 mg/L aurait conduit pour les années 2007 et 2008 à un taux de non-conformité moyen des captages en retenue de Bretagne de 60%, contre seulement 40% pour l'équivalent oxydabilité assorti d'une limite de 10 mg/L, et seulement 35% pour l'actuelle réglementation avec une limite COT fixée à 10 mg/L.

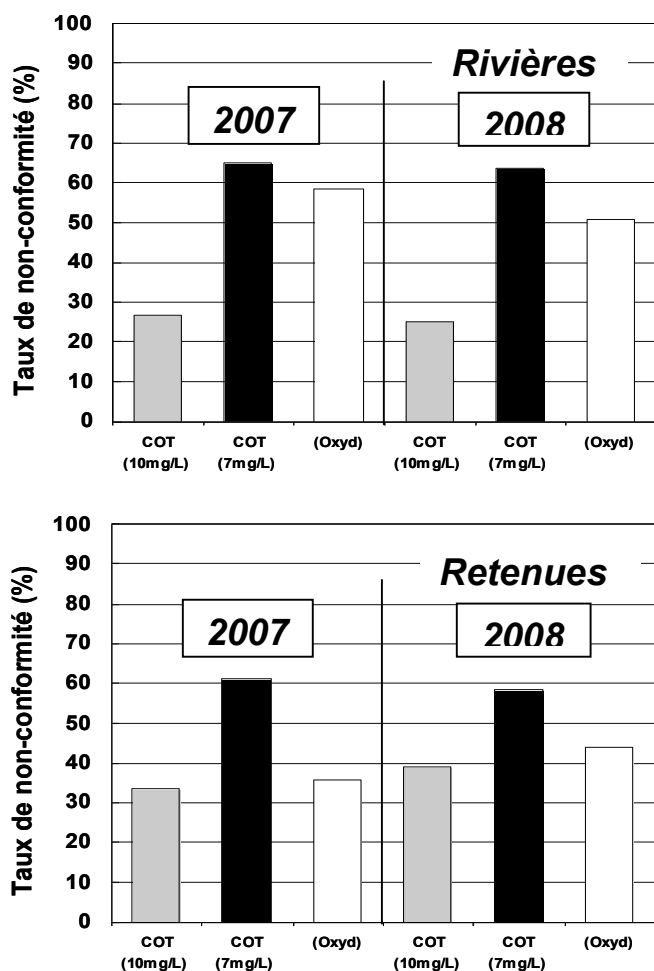


Figure 4. Diagrammes illustrant l'effet d'un abaissement de la limite réglementaire COT de 10 à 7 mg/L sur le taux de non-conformité des captages de Bretagne en 2007 et 2008. La figure montre qu'une telle modification permettrait de rapprocher les taux de non-conformité "COT" et oxydabilité des rivières, rendant les réglementations COT et oxydabilité équivalentes. Les taux de non-conformité COT induits par ce changement sur les retenues seraient par contre très sensiblement supérieurs aux taux "oxydabilité", et ce du fait de rapports oxydabilité/COT souvent <1 pour les retenues.

En toute rigueur, il faudrait donc instituer des valeurs limites réglementaires différentes pour les captages en rivière et en retenue (7 mg/L pour les premiers, de l'ordre de 9 mg/L pour les seconds) pour que la nouvelle et l'ancienne réglementation soient strictement équivalentes. Une telle différenciation réglementaire n'est sans doute pas souhaitable pour au moins deux raisons:

- 1) La réglementation européenne sur laquelle les réglementations nationales sont censées s'appuyer ne crée pas de distinction entre les masses d'eau en rivière et les masses d'eau en retenue du point de vue des MO. La limite MO du bon état écologique est fixée à 7 mg/L quelque soit les masses d'eau.
- 2) La présence de fortes teneurs en MO dans les retenues est souvent associée à la présence de micro-algues toxiques du type cyanobactéries pour lesquelles seul un nombre limité de toxines est inclus dans le contrôle sanitaire des eaux distribuées. Le "léger" durcissement

réglementaire que constituerait l'adoption d'une limite MO de 7 mg/L pour les captages en retenue pourrait avoir un rôle préventif de ce point de vue.

4.c- Tendances long-termes

Dans cette dernière partie, nous analysons l'évolution long-terme de la qualité organique des captages superficiels d'eau brute de Bretagne. Pour cette analyse, l'ensemble des concentrations de COT mesurées en 2007 et 2008 ont été converties en concentrations d'oxydabilité en utilisant les rapports oxydabilité/COT déterminés sur les captages bénéficiant de la double mesure. Cette conversion permet de prolonger les séries existantes de concentrations moyennes en oxydabilité et ainsi de mettre à jour les tendances évolutives.

En préambule à cette analyse, nous rappelons que les études conduites en Bretagne depuis 2003 ont montré une dégradation marquée de la qualité organique des eaux de certains captages, dégradation qui semble s'être initiée au début des années 1980 avec des rythmes d'augmentation de la teneur en oxydabilité de 0.2 mg/L/an à 0.5 mg/L/an suivant les captages (*Gruau et al., 2004; Jardé et al., 2007; figure 5*). Ces tendances ont été mises à jour à partir de séries temporelles hautes fréquences (1 mesure tous les 1 à 3 jours en moyennes). Les contrôles DDASS analysés dans cette note ne permettent pas d'évaluer l'évolution actuelle de ces tendances captage par captage, eu égard à la trop faible fréquence des mesures. Cependant, ce défaut peut être en partie compensé par le grand nombre de captages renseignés dans la base, lequel permet de calculer des tendances moyennes.

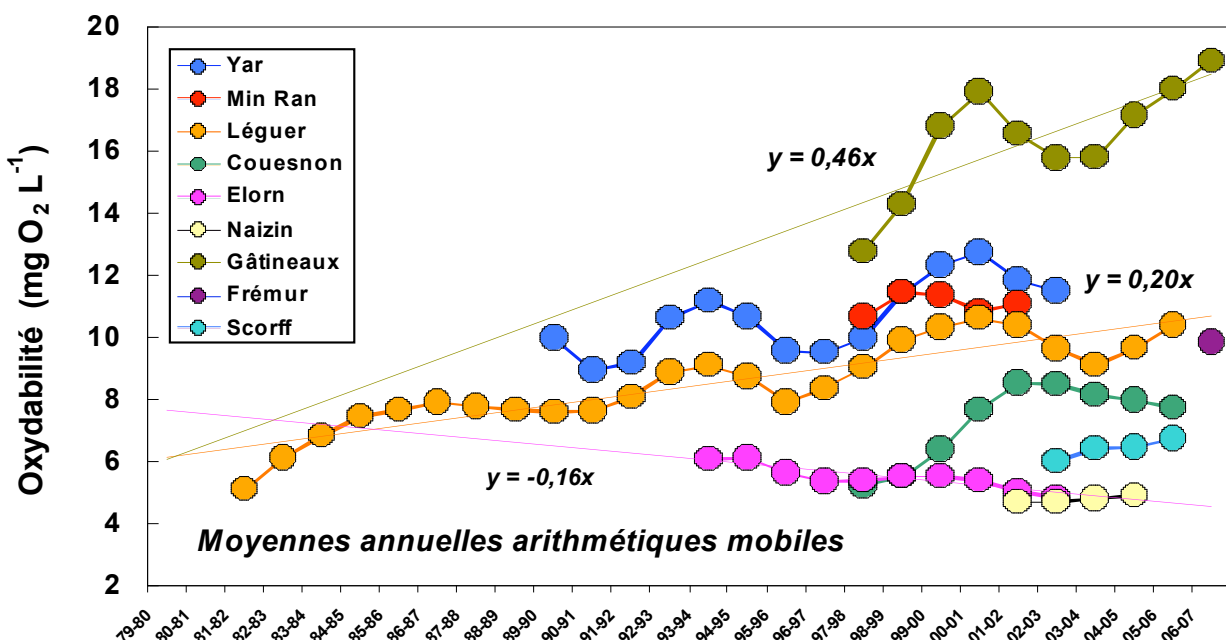


Figure 5. Evolution de la concentration moyenne annuelle en MO (exprimée ici sous l'angle du paramètre oxydabilité) des rivières de Bretagne disposant d'un suivi haute fréquence de la teneur en MO. Comme le montre la figure, le début des années 1980 signe la mise en place d'une divergence de tendance (d'après *Jardé et al., 2007*).

Ainsi, des analyses aux échelles régionales et départementales peuvent être tentées, et des tendances globales significatives éventuellement mises à jour. De même, l'existence d'une partition de la base de données entre captages en rivière et captages en retenue permet d'évaluer les éventuelles différences d'évolution entre ces deux types de captages (du fait par exemple des différences de sources de la MO), toujours à une échelle globale.

Dans cette note, nous avons fait le choix de débiter l'analyse des données en 2002, date à laquelle les DDASS 22 et 35 ont intensifiées leurs mesures. Nous avons également fait le choix d'effectuer un traitement à l'échelle régionale et un autre à l'échelle du seul département des Côtes d'Armor, celui-ci rassemblant les captages bénéficiant de la plus haute fréquence de mesure (1 mesure tous les quinze jours sur tous les captages depuis 2002).

Les résultats de l'analyse sont présentés dans la **figure 6** sous forme de moyennes annuelles. Trois faits principaux ressortent de cette figure:

- 1) Les concentrations moyennes calculées à partir des données des Côtes d'Armor sont systématiquement plus élevées que celles calculées pour l'ensemble des prises d'eau de Bretagne. Ceci est une conséquence directe de la faible fréquence de mesures pratiquée par les trois autres DDASS (DDASS 29 et 56, notamment), faible fréquence qui aboutit systématiquement à sous déterminer les concentrations moyennes en MO (*Gruau et al., 2004b; 2005*).
- 2) Les captages en rivière montrent une tendance à la stabilité depuis 2002. Une légère tendance à la hausse des moyennes annuelles est observée mais celle-ci n'est pas statistiquement significative.
- 3) Les captages en retenue indiquent à l'inverse une tendance à la hausse. Celle-ci est nette à l'échelle régionale ou les concentrations ont augmenté en moyenne de 0.2 mg/L/an depuis 2002, soit un total de 1.2 mg/L en 6 ans de suivi.

La signification des tendances à la hausse observée dans les retenues n'est pas claire pour l'instant. Un rôle de l'eutrophisation semble néanmoins peu probable. En effet, deux études conduites successivement par le GEPMO sur les retenues de Bois-Joli et de Rophemel dans les Côtes d'Armor ont montré que la part du phytoplancton dans les concentrations moyennes annuelles en MO de ces deux retenues hypereutrophes était négligeable au regard des apports en provenance du bassin versant (*Monchy et al., 2007; Gaury et al., 2008*). En fait, il est possible que la tendance à la hausse des retenues reflète la tendance globale des eaux superficielles de Bretagne et qu'elle soit marquée uniquement dans les retenues simplement parce que l'inertie de celles-ci permet un enregistrement des tendances long-termes, enregistrement qui n'est pas possible dans le cas des rivières, du fait de la plus forte variabilité temporelle des teneurs et de la nécessité qu'impose cette plus forte variabilité de disposer de séries haute-fréquences.

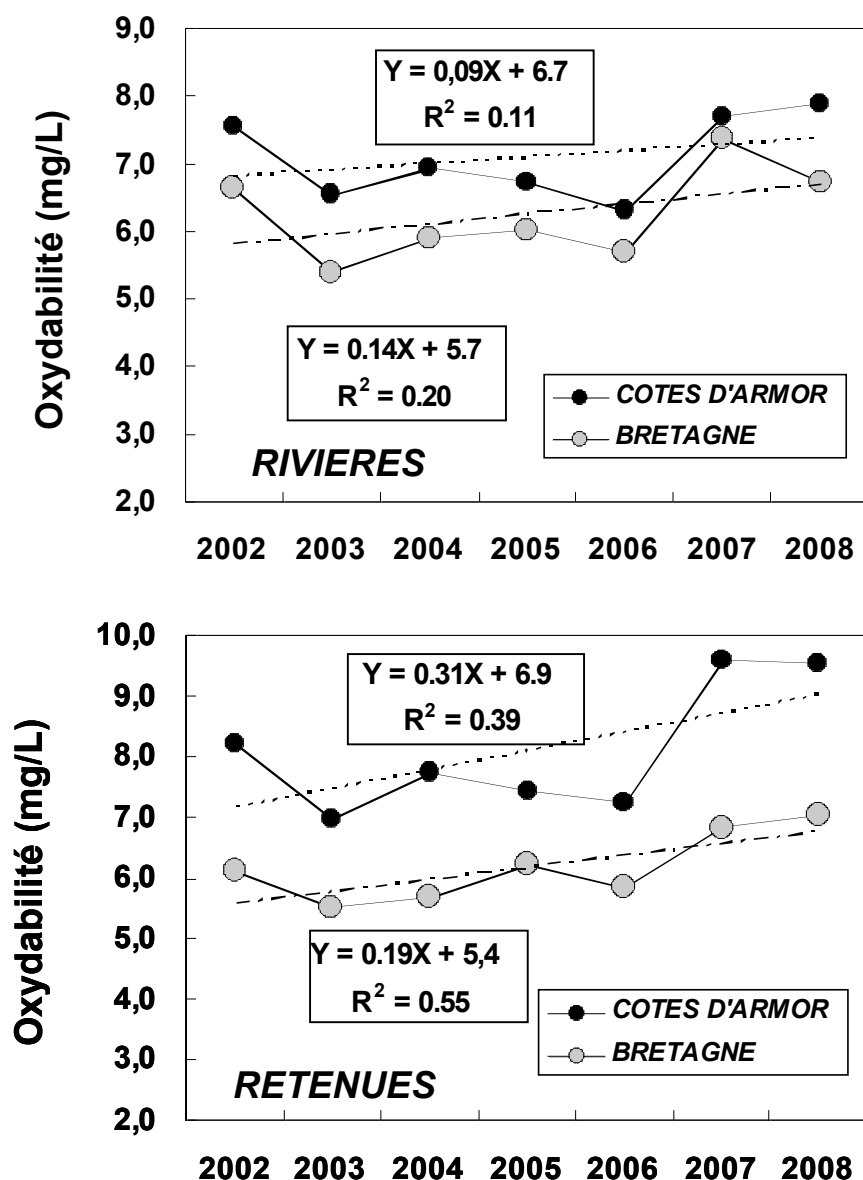


Figure 6. Evolution comparée des concentrations moyennes annuelles en MO (exprimée ici sous l'angle du paramètre oxydabilité) des captages d'eau brute de Bretagne entre 2002 et 2008, vue à travers les contrôles DDASS.

5- Conclusion

L'évolution de la qualité MO des captages d'eau brute de Bretagne entre 2005 et 2008, période au cours de laquelle le paramètre COT (Carbone Organique Total) a été substitué au paramètre oxydabilité au $KMnO_4$ en tant qu'indicateur réglementaire de référence a été évaluée. Le changement d'indicateur s'étant produit début 2007 et un nombre important de captages ayant bénéficié d'un double suivi (oxydabilité et COT) en 2007 et 2008, la période analysée permet de déterminer l'effet du changement d'indicateur sur la perception de cette qualité, et surtout d'analyser l'effet du maintien de la limite

réglementaire à 10 mg/L sur cette même qualité. Dans une note rédigée en décembre 2007 nous indiquons en effet qu'un tel maintien donnait lieu à une rupture dans l'évaluation de la conformité des eaux superficielles destinées à la consommation humaine (Gruau et al., 2007), étant entendu que le rapport oxydabilité/COT est très souvent supérieur à 1 et que le basculement à l'indicateur COT sans abaissement concomitant de la limite réglementaire conduirait inévitablement à une amélioration artificielle de la qualité "matière organique" des captages.

L'analyse effectuée en utilisant les contrôles DDASS réalisés sur les 98 prises d'eau superficielles de Bretagne régulièrement utilisées pour la production d'eau potable confirme cette crainte. De fait, sur 29 prises d'eau disposant de la double mesure, le rapport oxydabilité/COT varie de 1.63 à 0.84. Les valeurs les plus élevées sont trouvées pour les captages en rivière, pour lesquels le rapport oxydabilité/COT moyen est de 1.28 ± 0.18 (contre 1.05 ± 0.17 pour les captages en retenue). Comme prévu, le maintien de la limite réglementaire à 10 mg/L conduit à une amélioration artificielle de la qualité organique des eaux des captages possédant un rapport oxydabilité/COT > 1. Ainsi le taux de non-conformité des captages en rivière de Bretagne qui était de 55% sur la période 2005-2006 n'était plus que de 25% sur la période 2007-2008. Cette diminution est tout à fait artificielle dans la mesure où les analyses d'oxydabilité réalisées pendant la même période indiquent un maintien du taux de non-conformité à 55% en 2007 et 2008. Ce décalage nous conduit à réitérer la suggestion que nous formulons en 2007, à savoir que le choix de l'indicateur COT comme indicateur réglementaire devrait s'accompagner d'un abaissement de la limite réglementaire de 10 à 7 mg/L.

La conversion des concentrations de COT en concentrations d'oxydabilité et l'analyse de l'évolution long-terme de ce paramètre montre que la dégradation constatée sur le paramètre MO depuis le début des années 1980 dans le cas des captages superficiels d'eau brute de Bretagne est toujours en cours, particulièrement en ce qui concerne les captages en retenue. Cette constatation impose la plus grande vigilance et va à l'encontre d'un quelconque relâchement de la réglementation sur ce paramètre, notamment eu égard à la nécessité d'amélioration de la protection de la santé humaine.

6- Bibliographie

- N. Gaury, G. Gruau, A.-C. Pierson-Wickman, E. Jardé, L. Brient, P. Petjean, O. Hénin, M. Lengronne (2008) Pollution de la retenue de Rophemel par les matières organiques et le phosphore. Quantification du rôle respectif des apports en provenance du bassin versant et des sources internes à la retenue. Quantification des stocks. Rapport Final. Veolia Eau, SMPBR, Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 79 p.
- G. Gruau, (2004a) Les Sous-Produits Chlorés dans les Eaux Destinés à l'Alimentation Humaine. Facteurs de Formation. Impacts sur la Santé. Evaluation des Risques dans le cas de la Bretagne. *Rapport DRASS et Région Bretagne*. 47p (téléchargeable sur le site du GEPMO: <http://www.bretagne-environnement.org/membres/matiere-organique/>).
- G. Gruau, F. Birgand, E. Novince, E. Jardé (2004b) Pollution des captages d'eaux brutes de Bretagne par les matières organiques. Rapport de synthèse. Tableau de bord de la pollution. Causes

- Possibles. Recommandations. Rapport DRASS et Région Bretagne, 108 p (téléchargeable sur le site du GEPMO: <http://www.bretagne-environnement.org/membres/matiere-organique/>).
- G. Gruau, P. Petitjean, O. Hénin (2005). Pollution des captages d'eau brute de Bretagne par les matières organiques. Guide pratique pour localiser les zones sources dans les bassins versants et suivre l'évolution des pollutions dans le temps. Rapport DRASS et Région Bretagne. 120 p (téléchargeable sur le site du GEPMO: <http://www.bretagne-environnement.org/membres/matiere-organique/>).
- G. Gruau, F. Birgand, E. Novince, E. Jardé, S. Le Roy, T. Panaget (2006) Pollution des rivières de Bretagne par les matières organiques. Etat des lieux, Trajectoires d'évolution et causes possibles. Dans "Savoirs et pratiques dans les bassins versants", Ph. Mérot, Coordinateur. Publication de l'INRA, Collection Update Sciences & Technologies, pp 61-66.
- G. Gruau, P. Petitjean, T. Panaget (2007) Evaluation de la qualité "matière organique" des eaux destinées à la consommation humaine. Eléments plaidant en faveur d'une évolution réglementaire. Note technique du GEPMO N°1, 10p (téléchargeable sur le site du GEPMO: <http://www.bretagne-environnement.org/membres/matiere-organique/>).
- A. Monchy, G. Gruau, E. Jardé, L. Brient, P. Petitjean, O. Hénin (2008) Origine de la matière organique polluante de la retenue de Bois-Joli. Rapport Final. Région Bretagne, 88 p.
- E. Jardé, G. Gruau, L. Mansuy-Huault (2007) Detection of manure-derived organic compounds in rivers draining agricultural areas of intensive manure spreading. *Applied Geochemistry*, 22:1814-1824.
- M. Kitis, T.Karanfil, JE Kilduff (2004) The Reactivity of Dissolved Organic Matter for Disinfection By-Product Formation. *Turkish Journal of Engeneering Environmental Sciences*, 28: 167-179.
- B. Martin-Mousset, J.-P. Croué, E.Lefebvre, G. Legube (1997) Distribution et caractérisation de la matière organique dissoute d'eaux naturelle de surface. *Water Reserach* 31(3) 541-553.
- S. Vandentorren, F. Dor, N. Bonvallot (2004) Evaluation des risques sanitaires des sous-produits de chloration de l'eau potable. Partie 1 : Caractérisation des dangers : effets sanitaires et valeurs toxicologiques de référence. Institut de veille sanitaire, novembre 2004.

ANNEXE

Prises d'eau en retenue	Dep	Oxydabilité (2005-2006)	Oxydabilité (2007-2008)	COT (2007-2008)
BARRAGE DU VAL SUR LE GUINEFORT	22	47	37	48
BARRAGE PONT RUFFIER SUR GUINEFORT	22	49	35	48
ETANG DE MEZOUE	22	51	35	48
L'ARGUENON	22	84	72	98
LE BLAVET	22	49	37	47
LE GOUESSANT	22	47	34	49
LE GOUET	22	48	34	48
RETENUE DE ROPHEMEL	22	21	24	24
RETENUE DE BANNIGUEL	29	11	1	12
RETENUE DE BRINGALL	29	11	1	11
RETENUE DE BRUNEC	29	6	1	5
RETENUE DE KERATRY	29	12	1	11
RETENUE DE KERLEGUER	29	9	0	9
RETENUE DE KERMORVAN	29	6	0	6
RETENUE DE LAN VIHAN	29	4	1	5
RETENUE DE PENALEN	29	6	0	6
RETENUE DE PORAON	29	6	1	4
RETENUE DU COSTOUR	29	6	0	6
RETENUE DU GUIC	29	7	0	6
RETENUE DU MOULIN DE KERHUON	29	6	0	6
ETANG BLEU DE PAIMPONT	35	3	4	4
ETANG DE LANDAL	35	7	13	13
ETANG DE SAINTE SUZANNE	35	17	23	19
RETENUE DE BEAUFORT	35	12	11	11
RETENUE DE LA CHEZE	35	21	24	24
RETENUE DE LA VALIERE	35	28	13	13
RETENUE DE MIRELOUP	35	12	13	13
RETENUE DE PONT AVET	35	13	18	18
RETENUE DU QUINCAMPOIS	35	24	25	21
BARRAGE DE PONT SAL	56	14	2	11
BARRAGE DE TREURAY	56	18	2	18
BARRAGE DE TREGAT	56	16	2	13
ETANG DE NOYALO	56	24	1	20
ETANG DE PEN-MUR	56	16	1	14
ETANG DU RHODOIR	56	16	2	13
LAC AU DUC	56	24	2	12

Tableau A. Nombre de données utilisées pour le calcul des concentrations moyennes en oxydabilité (cumul des années 2005-2006) et en COT (cumul des années 2007-2008), prise d'eau par prise d'eau, dans le cas des prises d'eau en retenue. Les prises d'eau en grisé correspondent aux prises d'eau pour lesquelles il existe un nombre suffisant de double analyse de l'oxydabilité et du COT permettant de calculer un rapport de conversion oxydabilité/COT fiable.

Prises d'eau en rivière	Dép	Oxydabilité (2005-2006)	Oxydabilité (2007-2008)	COT (2007-2008)
LE LEGUER A LANNION	22	49	35	48
LE GUINDY A PLOUGUIEL	22	49	38	48
LE JAUDY A COATASCORN	22	31	35	48
LE LEFF A YVIAS	22	49	35	48
LE LEFF A GOMENECH	22	49	34	48
LE LEGUER A PLOUBEZRE	22	48	35	49
LE LIE A PLEMET	22	49	38	49
LE MIN RAN A KERGOMAR	22	49	52	48
LE TRIEUX A SAINT CLET	22	48	35	49
LE TRIEUX A GRACES	22	50	35	48
LE YAR A PLESTIN LES GREVES	22	49	35	48
L'IC A BINIC	22	49	35	49
L'URNE A TREGUEUX	22	45	33	48
LE LEGUER A PLONEVEZ-MOEDEC	22	49	35	48
L'AVEN A PONT AVEN	29	4	1	4
L'AULNE A CHATEAULIN	29	12	1	11
L'AULNE A CHATEAUNEUF DU FAOU	29	6	1	5
L'AULNE A LANDELEAU	29	4	0	3
LA PENZE A SAINT THEGONNEC	29	4	1	4
LE RUISSEAU DE L'ANSE DE SAINT CADOU à PLEUVEN	29	4	0	4
LE DOURDUFF à PLOUEZOC'H	29	6	1	5
LE DOURON AU PONTYOU	29	4	0	4
L'ELORN A LOCMELAR	29	6	1	6
L'ELLE A QUIMPERLE	29	15	1	5
LE JARLOT A MORLAIX	29	12	1	12
LE KERAVERN A BENODET	29	4	1	3
L'ISOLE A QUIMPERLE	29	9	1	5
LE GOYEN A MAHALON	29	6	1	5
L'AVEN A ROSPORDEN	29	5	1	5
L'AVEN à PONT AVEN (MOULIN DU PLESSIS)	29	4	1	4
L'AULNE A CLEDEN-POHER	29	4	1	3
LE FAO A HUELGOAT	29	5	0	4
L'ELORN A PLOUEDERN	29	24	2	24
L'HORN A PLOUENAN	29	12	1	12
L'HYERES A CARHAIX-PLOUGUER	29	11	1	12
LE STER GOZ A BANNALEC	29	4	0	6
LE STEIR A QUIMPER	29	12	0	12
LE NANCON A FOUGERES	35	14	13	12
LE COUESNON A ANTRAIN	35	7	10	7
LE COUESNON A MEZIERES SUR COUESNON	35	11	15	14
LE MEU A MORDELLES (LA VILLE CHEVRON)	35	21	24	24
LA LOISANCE A SAINT ETIENNE EN COGLES	35	24	25	21
L'OUST A REDON (CANAL DE NANTES A BREST)	35	5	14	14
LE MEU A MONFORT SUR MEU	35	21	24	20
LA VILAINE A CHATEAUBOURG	35	7	16	15
LA VILAINE A VITRE	35	6	13	13
L'ELLE AU FAUQUET	56	16	0	14
LA CLAIÉ A SAINT CONGARD	56	24	2	14
LE BLAVET A HENNEBONT (LANGROISE)	56	16	2	15
LE BLAVET A PLUMELIAU	56	6	0	12
LE SCORFF à PONT SCORFF	56	25	3	35
L'AFF A BEIGNON	56	16	1	14
L'OUST A SAINT CONDARD	56	24	2	14
LE BLAVET A HENNEBONT (COET ER VER)	56	18	2	22
LE SCORFF A GUEMENE SUR SCORFF	56	8	0	11
LE BLAVET A PONTIVY	56	8	1	10
LA VILAINE A FEREL	56	45	3	38
LE BLAVET A BAUD (LE GUERN)	56	10	0	9
LE LIZIEC A VANNES	56	16	0	13
LE BLAVET A CLEGUEREC	56	10	0	10

Tableau A (suite). Nombre de données utilisées pour le calcul des concentrations moyennes en oxydabilité (cumul des années 2005-2006) et en COT (cumul des années 2007-2008), prise d'eau par prise d'eau, dans le cas des prises d'eau en rivière. Les prises d'eau en grisé correspondent aux prises d'eau pour lesquelles il existe un nombre suffisant de double analyse de l'oxydabilité et du COT permettant de calculer un rapport de conversion oxydabilité/COT fiable.

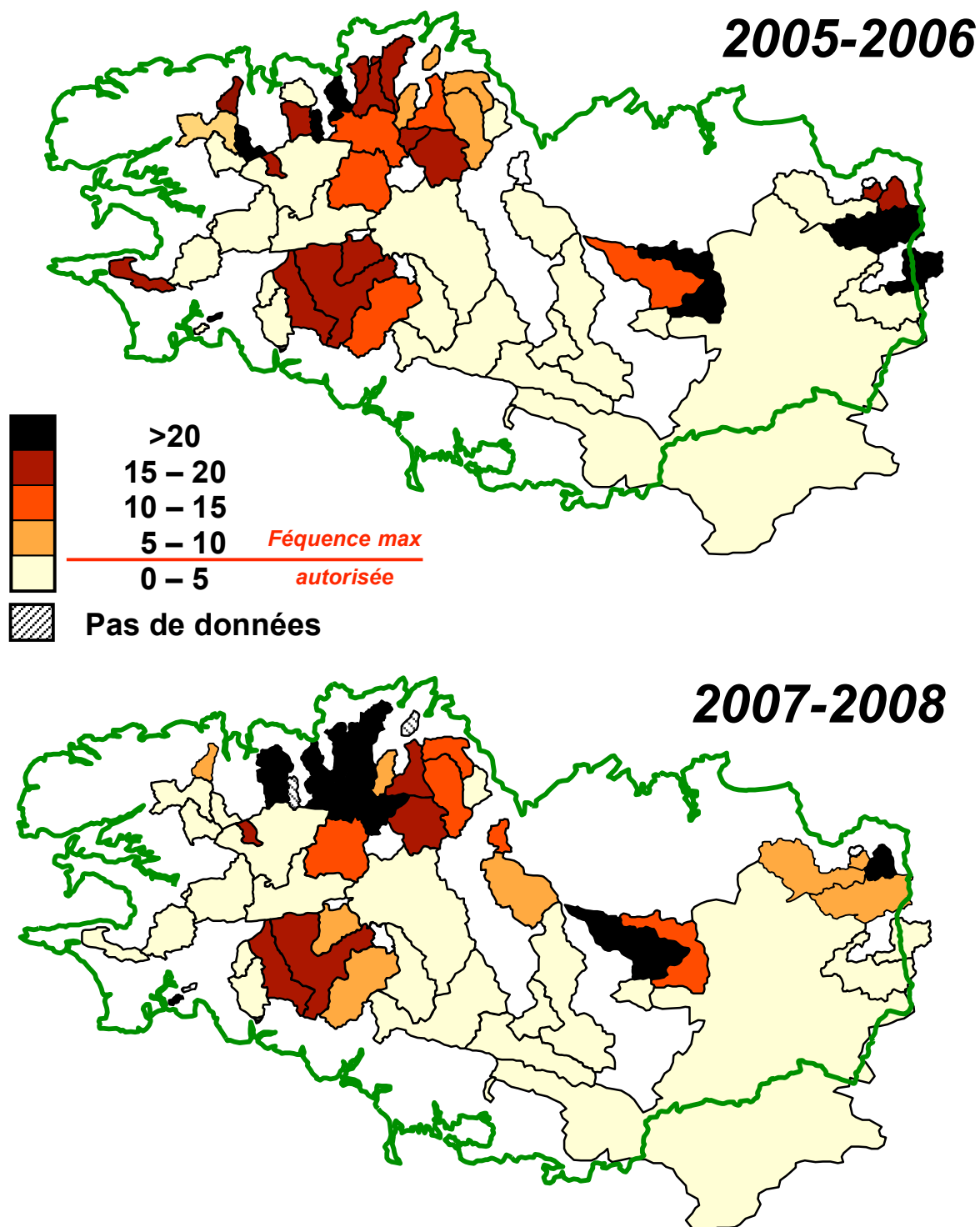


Figure A. Fréquences de dépassement comparées pour les années 2005-2006 et 2007-2008 de la limite réglementaire MO des captages en rivière de Bretagne vue au travers du paramètre oxydabilité (limite réglementaire = 10 mg/L). Les fréquences 2005-2006 ont été calculées à partir des concentrations d'oxydabilité. Les fréquences 2007-2008 ont été calculées à partir des concentrations de COT, transformées en concentration d'oxydabilité en utilisant les rapports oxydabilité/COT rassemblés dans le **tableau 1**. L'homogénéité de l'indicateur permet de constater que la qualité organique des captages en rivière de Bretagne ne s'est pas améliorée entre 2005 et 2008. On notera que les territoires des bassins versants ont été colorés à la couleur du code de fréquence de leur prise d'eau.

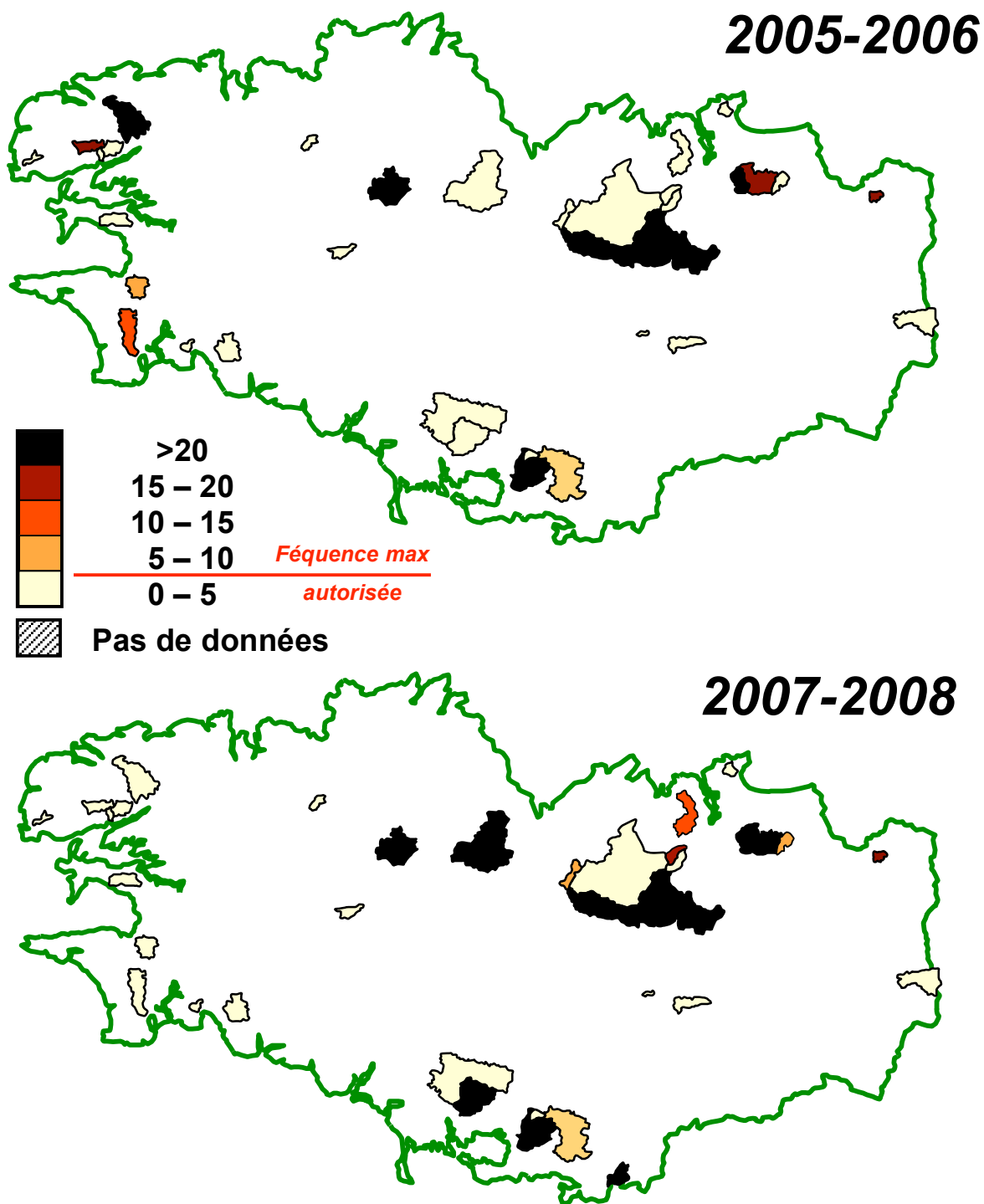


Figure A (suite). Fréquences de dépassement comparées pour les années 2005-2006 et 2007-2008 de la limite réglementaire MO des captages en retenue de Bretagne vue au travers du paramètre oxydabilité (limite réglementaire = 10 mg/L). Les fréquences 2005-2006 ont été calculées à partir des concentrations d'oxydabilité. Les fréquences 2007-2008 ont été calculées à partir des concentrations de COT, transformées en concentration d'oxydabilité en utilisant les rapports oxydabilité/COT rassemblés dans le **tableau 1**. Comme pour les captages en rivière, l'homogénéité de l'indicateur permet de constater que la qualité organique des captages en retenue de Bretagne ne s'est pas améliorée entre 2005 et 2008. On notera que les territoires des bassins versants ont été colorés à la couleur du code de fréquence de leur prise d'eau.