

# SYVEL

## SYstème de Veille dans l'Estuaire de la Loire



Les coefficients de marée utilisés dans les analyses sont fournis par le SHOM, à Saint-Nazaire. Le débit de la Loire est fourni par la DREAL des Pays de la Loire, à la station de référence de Montjean-sur-Loire à 113 km de l'embouchure.

Trois phénomènes sont suivis :

- **le bouchon vaseux** : zone où la concentration en matières en suspension (MES) dépasse 1 g/l ;
- **la zone d'hypoxie** : zone où la concentration en oxygène dissous descend en deçà de 5 mg/l ;
- **le front de salinité** : limite de la salure des eaux à 0,5 g/l.

Bulletin n°4 du 20 décembre 2012

### L'oxygénation des eaux dans l'estuaire de la Loire

L'oxygène dissous dans l'eau est indispensable à la vie de la faune et de la flore aquatiques. Sa concentration dépend d'une part de la température et de la salinité de l'eau - plus l'eau est douce et froide plus elle a la capacité à emmagasiner de l'oxygène (O<sub>2</sub>) ; d'autre part de l'équilibre entre production et consommation. La production est favorisée par le renouvellement des eaux, l'agitation (aération de la colonne d'eau) et la photosynthèse. La consommation est liée à la dégradation de la matière organique contenue dans le bouchon vaseux.

Cinq seuils sont définis, en deçà desquels les impacts sont croissants sur les poissons, organismes aquatiques les plus sensibles.

Définition des seuils de concentration en oxygène dissous retenus pour l'analyse

|                        | Concentration en O <sub>2</sub> | Impact sur les poissons  |
|------------------------|---------------------------------|--|
| Seuil sensible hypoxie | plus de 5 mg/l                  | Absence d'effets à long terme. Passage de l'ensemble des espèces migratrices   |
|                        | de 4 à 5 mg/l                   | Salmonidés : migration incertaine, croissance altérée  |
| Seuil critique         | de 3 à 4 mg/l                   |  |
|                        | de 2 à 3 mg/l                   | Survie des juvéniles incertaine. Croissance et fécondité altérées. Arrêt ou retard du développement embryonnaire. Migration impossible pour beaucoup d'amphihalins. Mortalité des salmonidés |
| Seuil létal            | de 1 à 2 mg/l                   | Mortalité pour la plupart des espèces  |
|                        | moins de 1 mg/l                 | Milieu azoïque   |

Source : GIP Loire Estuaire

Pour plus d'information sur l'oxygène de l'eau - support de vie, se reporter à la fiche indicateur éponyme du GIP Loire Estuaire [http://www.loire-estuaire.org/documents/pdf/L2A1\\_juil2012.pdf](http://www.loire-estuaire.org/documents/pdf/L2A1_juil2012.pdf).

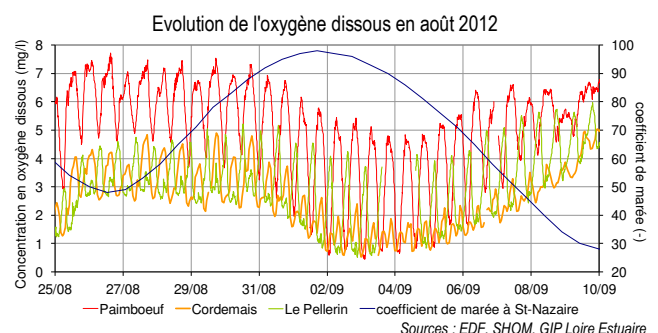
### Dynamique dans l'estuaire

Pendant la majorité de l'année, l'oxygénation de l'eau de la Loire estuarienne est favorable à la vie aquatique. Cependant, en période d'étiage les hypoxies sont récurrentes. Leur localisation, durée et intensité varient suivant les années. Sur la période 2007-2012, elles sont détectées d'avril à novembre, et systématiquement de juillet à octobre, au niveau d'au moins une station de mesure.

En général, l'oxygène dissous varie au cours du marnage, avec un maximum et un minimum proches des étales de marée. L'amplitude de variation et le déficit en oxygène sont d'autant plus importants que le coefficient de marée est élevé, lorsque la quantité de matière organique en suspension dans l'eau est importante. A certaines périodes, le rythme de variation de l'oxygénation est modifié et une double sinusoïde est observée à l'échelle de la marée, l'amplitude des variations est alors réduite.

En période de faible débit, les minima en oxygène sont mesurés à des moments différents suivant les stations :

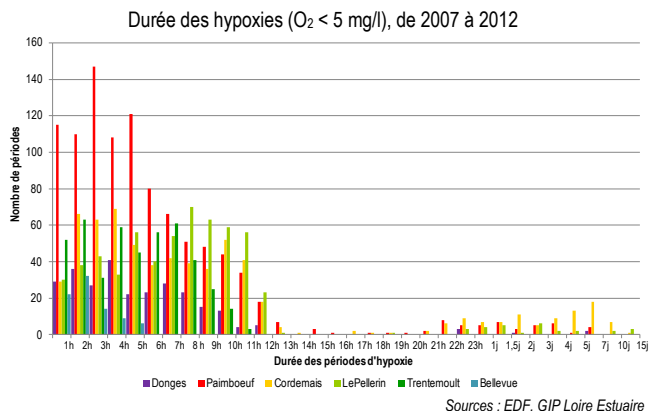
- toujours vers la basse mer locale pour les stations aval, Paimboeuf et Donges ;
- systématiquement proches de la pleine mer locale pour les stations amont, Trentemout et Bellevue ;
- à basse mer (1 sinusoïde) ou basse et pleine mer (2 sinusoïdes) à Cordemais ;
- le plus souvent proche de la pleine mer au Pellerin, mais également de mi-flot à mi-jusant.



### Fréquence et durée des hypoxies

Dans le secteur nantais, les déficits en oxygène sont rares. Chaque année, depuis 2007, l'oxygénation de la Loire est supérieure à 5 mg/l pendant au moins 99 % du temps à Bellevue, et 88 % du temps à Trentemout.

Les hypoxies sont détectées le plus souvent au niveau des stations de Cordemais, du Pellerin et de Paimbœuf, respectivement en moyenne interannuelle sur 2007-2012 23,5 %, 13,4 % et 11,9 %. Elles représentent jusqu'à 35 % de l'année (Cordemais en 2011). Cependant la majorité des phénomènes ont une durée inférieure à 12h, soit un cycle de marée. Si ce laps de temps est dépassé, alors l'évènement s'étale sur au moins 2 marées.



Suivant les années, entre 8 et 37 épisodes dépassent la journée, entre 2 et 9 la semaine.

|                         | Donges        | Paimbœuf      | Cordemais     | Le Pellerin    | Trentemoult | Bellevue    |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-------------|-------------|
| O <sub>2</sub> ≤ 5 mg/l | 5j 18h (2012) | 5j 15h (2010) | 14j 3h (2011) | 14j 22h (2010) | 10h (2012)  | 4h (2009)   |
| O <sub>2</sub> ≤ 4 mg/l | 1j 12h (2012) | 2j 14h (2009) | 7j 3h (2009)  | 7j 4h (2010)   | 8h30 (2012) | 3h30 (2009) |
| O <sub>2</sub> ≤ 3 mg/l | 9h (2012)     | 10h (2007)    | 5j 17h (2009) | 5j 1h (2012)   | 6h (2012)   | 2h30 (2009) |
| O <sub>2</sub> ≤ 2 mg/l | 6h (2012)     | 7h30 (2010)   | 3j 2h (2010)  | 10h30 (2012)   | 4h (2012)   | 1h (2009)   |
| O <sub>2</sub> ≤ 1 mg/l | 3h30 (2012)   | 5h30 (2010)   | 1j 13h (2010) | 9h (2010)      | 0h30 (2012) | -           |

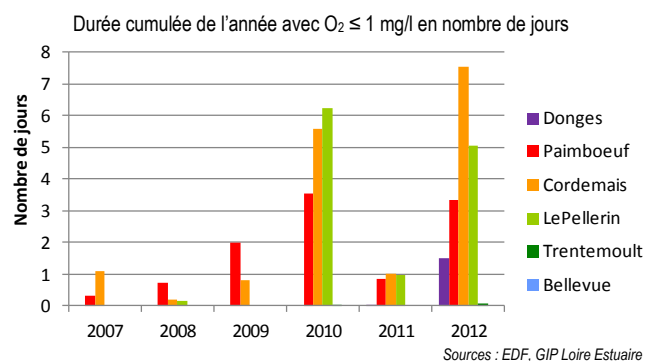
Les durées des hypoxies sont issues d'un calcul automatique. L'absence de mesures peut entraîner le séquençage d'un même épisode en plusieurs périodes. Ainsi, en regardant plus finement les données, la plus longue hypoxie dure au moins 23 jours et 20 heures au Pellerin (août 2010), et plus de 25 jours à Cordemais (août-septembre 2012).

### Rôle des apports printaniers

Les crues printanières apportent à l'estuaire des eaux chargées de matières nutritives. Lorsqu'elles sont suivies de conditions favorables au développement algal (maintien d'un débit d'étiage, ensoleillement, etc.), l'estuaire devient le lieu d'une production primaire massive. Dans un premier temps, une augmentation importante de la concentration en oxygène dissous est observée, signe d'eutrophisation. Suit une consommation rapide de l'oxygène, lors de la dégradation de la matière organique produite, pouvant conduire à une hypoxie, voire une anoxie.

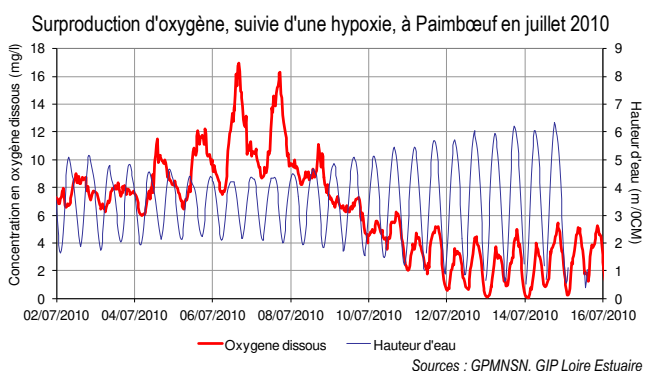
Les hypoxies sont alors plus intenses, bien que souvent moins longues et moins étendues spatialement que lors des étiages plus marqués. Ainsi, les plus concentrations minimales sont observées

au cours des étiages 2010 et 2012. Le même phénomène ne se produit pas en 2008, les apports printaniers n'étant pas suivis de conditions favorisant les hypoxies.



En 2011, l'étiage précoce et les températures élevées du printemps entraînent des déficits en oxygène dissous dès le mois d'avril. En temps cumulé, la période en-deçà du seuil des 5 mg/l d'O<sub>2</sub> dissous est la plus importante cette année-là pour les stations de Cordemais, du Pellerin et de Trentemoult. Par contre très peu de valeurs inférieures à 1 mg/l sont mesurées.

Lors des blooms algaux, la concentration en oxygène ne suit plus un cycle à l'échelle de la marée, mais un cycle jour-nuit.



### Caractérisation des années 2007-2012

Au cours de ces 6 années de suivi, les conditions hydrologiques et météorologiques influençant l'oxygénation des eaux de Loire ont été très contrastées.

Conditions hydro-climatiques influençant l'oxygénation des eaux dans l'estuaire de la Loire de juillet à octobre

(les "+" sont des facteurs amplifiant les déficits d'oxygène)

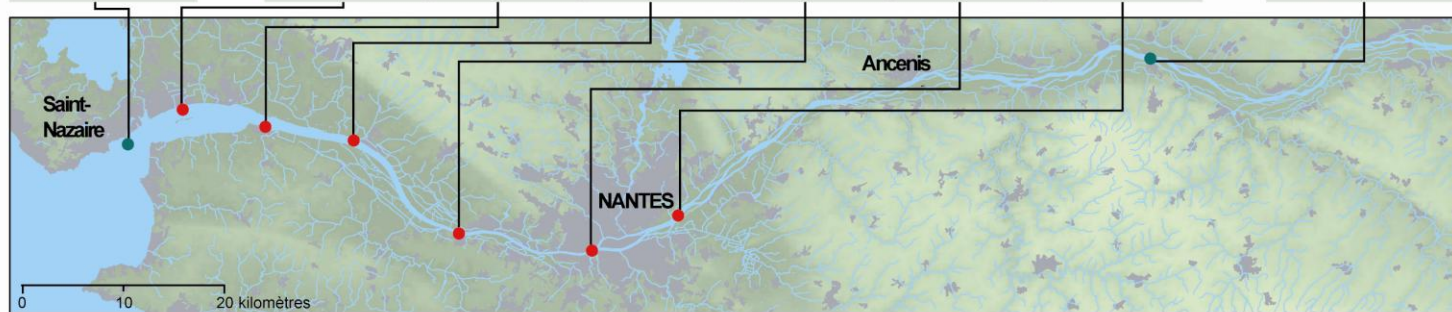
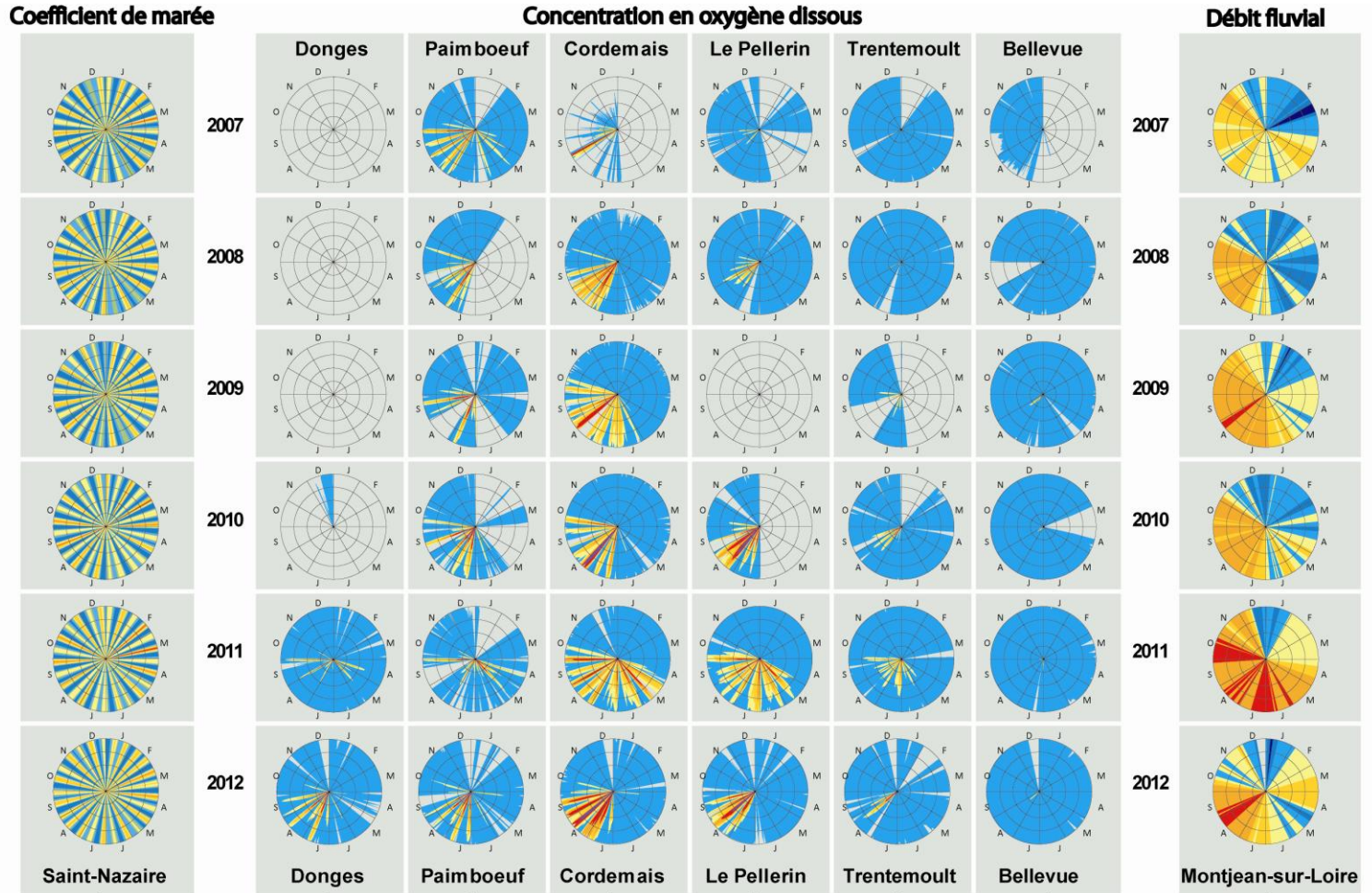
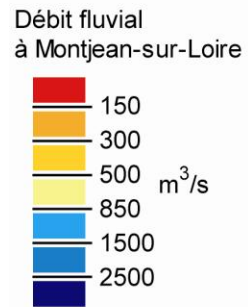
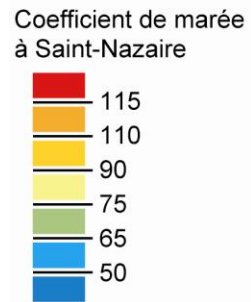
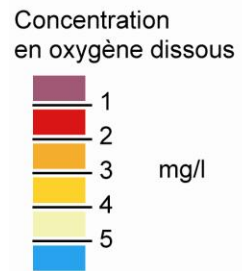
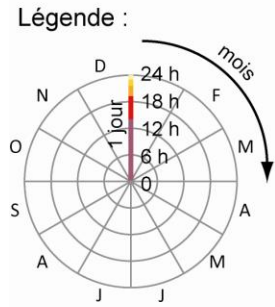
|      | Printemps (1) | Été (2) | Automne (3) | Ensoleillement (4) |    |    |    | Température (5) |    |    |    |
|------|---------------|---------|-------------|--------------------|----|----|----|-----------------|----|----|----|
|      |               |         |             | J                  | A  | S  | O  | J               | A  | S  | O  |
| 2007 | -             | --      | =           | -                  | -  | ++ | +  | --              | -- | -- | -  |
| 2008 | ++            | -       | =           | -                  | -- | +  | ++ | -               | -- | -- | -- |
| 2009 | -             | ++      | ++          | -                  | +  | ++ | +  | -               | =  | +  | =  |
| 2010 | +             | =       | +           | +                  | -- | +  | ++ | ++              | -  | =  | =  |
| 2011 | --            | ++      | ++          | --                 | -  | -  | ++ | --              | -  | -  | +  |
| 2012 | +             | +       | -           | -                  | ++ | =  | -- | --              | +  | -  | =  |

- (1) Printemps humide (+) / sec (-) / dans la moyenne (=)
- (2) Été sec (+) / humide (-)
- (3) Automne sec (+) / humide (-)
- (4) Ensoleillement à Nantes supérieur (+) / inférieur (-) aux normales
- (5) Température de l'air à Nantes supérieure (+) ou inférieure (-) aux normales

Sources : DREAL Pays de la Loire, InfoClima, JGIP Loire Estuaire

Ces dernières années, les étés sont globalement moins chauds que la normale saisonnière. La température de l'eau, liée à celle de l'air, est responsable en premier lieu des hypoxies en Loire.

Distribution de l'oxygène dissous dans l'estuaire de la Loire, de 2007 à 2012



Sources : Dreal Pays de la Loire/EDF/SHOM/GIP Loire Estuaire

## Informations complémentaires

### Pourcentage du temps avec des déficits en oxygène dissous

Sources : EDF, GIP Loire Estuaire

Ce pourcentage est sous-estimé lorsqu'il n'y a pas de données en période de basses eaux. Lorsque l'écart est susceptible d'être élevé, les valeurs sont repérées par un astérisque (\*) dans les tableaux.

|  | Donges | Paimboeuf | Cordemais | Le Pellerin | Trentemoult | Bellevue |
|--|--------|-----------|-----------|-------------|-------------|----------|
|--|--------|-----------|-----------|-------------|-------------|----------|

#### 2007

|                         |   |      |   |      |   |   |
|-------------------------|---|------|---|------|---|---|
| O <sub>2</sub> ≤ 5 mg/l | - | 15,9 | - | 1,3  | 0 | 0 |
| O <sub>2</sub> ≤ 4 mg/l | - | 8,4  | - | 0,5  | 0 | 0 |
| O <sub>2</sub> ≤ 3 mg/l | - | 3,5  | - | 0,09 | 0 | 0 |
| O <sub>2</sub> ≤ 2 mg/l | - | 0,7  | - | 0,01 | 0 | 0 |
| O <sub>2</sub> ≤ 1 mg/l | - | 0,09 | - | 0    | 0 | 0 |

#### 2008

|                         |   |      |      |      |     |   |
|-------------------------|---|------|------|------|-----|---|
| O <sub>2</sub> ≤ 5 mg/l | - | 10,1 | 15,1 | 5,9  | 0,3 | 0 |
| O <sub>2</sub> ≤ 4 mg/l | - | 5,9  | 11,5 | 3,5  | 0   | 0 |
| O <sub>2</sub> ≤ 3 mg/l | - | 2,8  | 6,7  | 1,8  | 0   | 0 |
| O <sub>2</sub> ≤ 2 mg/l | - | 1,2  | 1,9  | 0,5  | 0   | 0 |
| O <sub>2</sub> ≤ 1 mg/l | - | 0,2  | 0,06 | 0,04 | 0   | 0 |

#### 2009

|                         |   |        |      |   |        |      |
|-------------------------|---|--------|------|---|--------|------|
| O <sub>2</sub> ≤ 5 mg/l | - | 10,3 * | 27,2 | - | 2,4 *  | 0,8  |
| O <sub>2</sub> ≤ 4 mg/l | - | 6,0 *  | 16,7 | - | 0,8 *  | 0,4  |
| O <sub>2</sub> ≤ 3 mg/l | - | 3,3 *  | 5,5  | - | 0,09 * | 0,2  |
| O <sub>2</sub> ≤ 2 mg/l | - | 1,7 *  | 2,1  | - | 0 *    | 0,03 |
| O <sub>2</sub> ≤ 1 mg/l | - | 0,6 *  | 0,2  | - | 0 *    | 0    |

#### 2010

|                         |   |      |      |      |      |      |
|-------------------------|---|------|------|------|------|------|
| O <sub>2</sub> ≤ 5 mg/l | - | 13,5 | 18,3 | 14,0 | 3,7  | 0,2  |
| O <sub>2</sub> ≤ 4 mg/l | - | 8,2  | 12,5 | 10,4 | 1,9  | 0,01 |
| O <sub>2</sub> ≤ 3 mg/l | - | 4,6  | 6,3  | 7,2  | 0,8  | 0    |
| O <sub>2</sub> ≤ 2 mg/l | - | 2,4  | 2,7  | 4,3  | 0,3  | 0    |
| O <sub>2</sub> ≤ 1 mg/l | - | 1,0  | 1,5  | 1,7  | 0,01 | 0    |

#### 2011

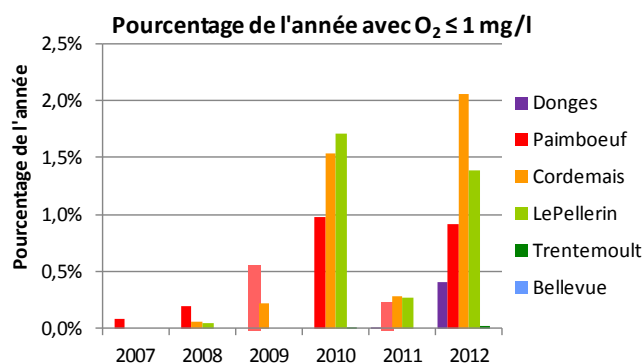
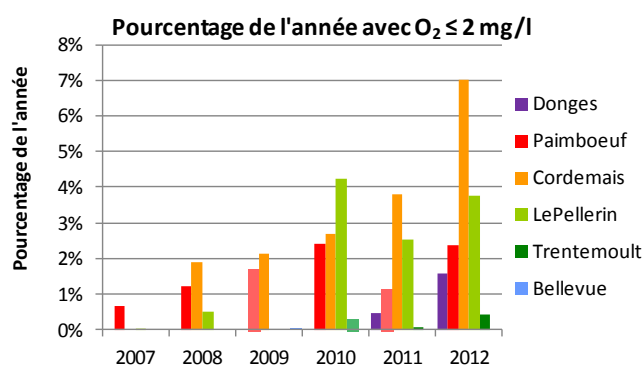
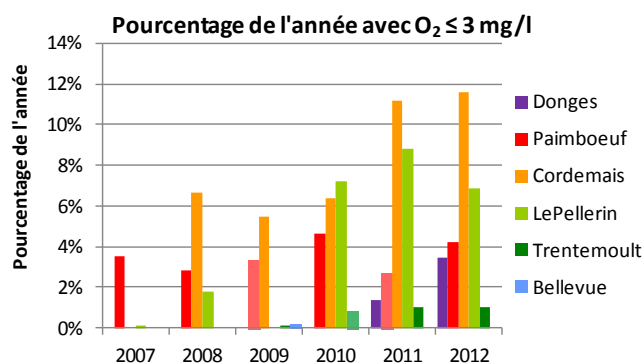
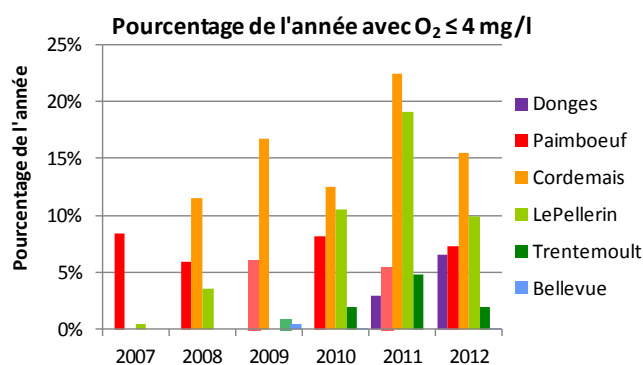
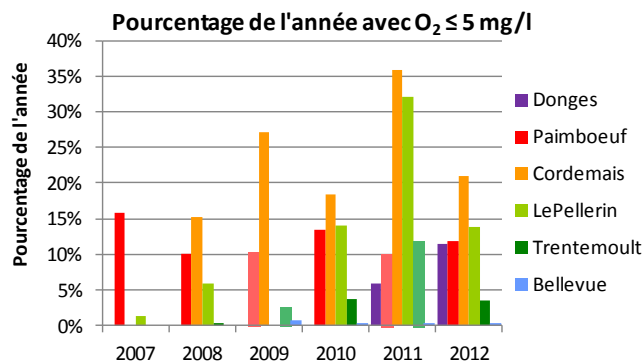
|                         |     |        |      |      |      |     |
|-------------------------|-----|--------|------|------|------|-----|
| O <sub>2</sub> ≤ 5 mg/l | 5,9 | 10,0 * | 35,9 | 32,2 | 11,8 | 0,3 |
| O <sub>2</sub> ≤ 4 mg/l | 2,9 | 5,5 *  | 22,5 | 19,1 | 4,8  | 0   |
| O <sub>2</sub> ≤ 3 mg/l | 1,4 | 2,7 *  | 11,2 | 8,8  | 1,0  | 0   |
| O <sub>2</sub> ≤ 2 mg/l | 0,5 | 1,2 *  | 3,8  | 2,5  | 0,07 | 0   |
| O <sub>2</sub> ≤ 1 mg/l | 1,9 | 0,2 *  | 0,3  | 0,3  | 0    | 0   |

#### 2012

|                         |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|
| O <sub>2</sub> ≤ 5 mg/l | 11,5 | 11,8 | 21,0 | 13,8 | 3,5  | 0,3  |
| O <sub>2</sub> ≤ 4 mg/l | 6,5  | 7,2  | 15,5 | 9,9  | 1,9  | 0,04 |
| O <sub>2</sub> ≤ 3 mg/l | 3,4  | 4,2  | 11,6 | 6,9  | 1,0  | 0    |
| O <sub>2</sub> ≤ 2 mg/l | 1,6  | 2,4  | 7,0  | 3,8  | 0,4  | 0    |
| O <sub>2</sub> ≤ 1 mg/l | 0,4  | 0,9  | 2,1  | 1,4  | 0,02 | 0    |

#### Moyenne 2007-2012

|                         |     |      |      |      |      |      |
|-------------------------|-----|------|------|------|------|------|
| O <sub>2</sub> ≤ 5 mg/l | 8,7 | 11,9 | 23,5 | 13,4 | 3,6  | 0,3  |
| O <sub>2</sub> ≤ 4 mg/l | 4,7 | 6,9  | 15,7 | 8,7  | 1,6  | 0,08 |
| O <sub>2</sub> ≤ 3 mg/l | 2,4 | 3,5  | 8,2  | 4,9  | 0,5  | 0,03 |
| O <sub>2</sub> ≤ 2 mg/l | 1,0 | 1,6  | 3,5  | 2,2  | 0,1  | 0    |
| O <sub>2</sub> ≤ 1 mg/l | 0,2 | 0,5  | 0,8  | 0,7  | 0,01 | 0    |



### Durée maximale des hypoxies

Sources : EDF, GIP Loire Estuaire

Il s'agit des périodes où la concentration en oxygène dissous est inférieure de façon continue au seuil considéré. Dès qu'au moins une valeur est au-dessus du seuil ou s'il y a absence de mesure pendant plus de deux heures, l'épisode est séquenté en deux périodes.

|  | Donges | Paimboeuf | Cordemais | Le Pellerin | Trentemoult | Bellevue |
|--|--------|-----------|-----------|-------------|-------------|----------|
|--|--------|-----------|-----------|-------------|-------------|----------|

#### 2007

| O <sub>2</sub> ≤ 5 mg/l | - | 5j 1h | 5j 12h | 5h30 | 0h | 0h |
|-------------------------|---|-------|--------|------|----|----|
| O <sub>2</sub> ≤ 4 mg/l | - | 2j 8h | 4j 10h | 4h   | 0h | 0h |
| O <sub>2</sub> ≤ 3 mg/l | - | 10h   | 4j 1h  | 3h   | 0h | 0h |
| O <sub>2</sub> ≤ 2 mg/l | - | 7h    | 2j 9h  | 1h   | 0h | 0h |
| O <sub>2</sub> ≤ 1 mg/l | - | 2h30  | 17h    | 0h   | 0h | 0h |

#### 2008

| O <sub>2</sub> ≤ 5 mg/l | - | 3j 22h | 7j 18h | 10h  | 3h30 | 0h |
|-------------------------|---|--------|--------|------|------|----|
| O <sub>2</sub> ≤ 4 mg/l | - | 1j 23h | 6j 1h  | 7h30 | 0h   | 0h |
| O <sub>2</sub> ≤ 3 mg/l | - | 9h30   | 2j 13h | 6h   | 0h   | 0h |
| O <sub>2</sub> ≤ 2 mg/l | - | 6h30   | 10h30  | 4h30 | 0h   | 0h |
| O <sub>2</sub> ≤ 1 mg/l | - | 3h30   | 2h30   | 2h   | 0h   | 0h |

#### 2009

| O <sub>2</sub> ≤ 5 mg/l | - | 5j 12h | 7j 18h | - | 6h | 4h   |
|-------------------------|---|--------|--------|---|----|------|
| O <sub>2</sub> ≤ 4 mg/l | - | 2j 14h | 7j 3h  | - | 4h | 3h30 |
| O <sub>2</sub> ≤ 3 mg/l | - | 9h30   | 5j 17h | - | 2h | 2h30 |
| O <sub>2</sub> ≤ 2 mg/l | - | 7h     | 3j 1h  | - | 0h | 1h   |
| O <sub>2</sub> ≤ 1 mg/l | - | 5h30   | 7h30   | - | 0h | 0h   |

#### 2010

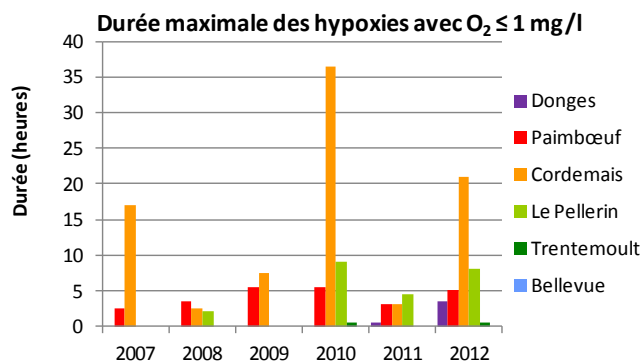
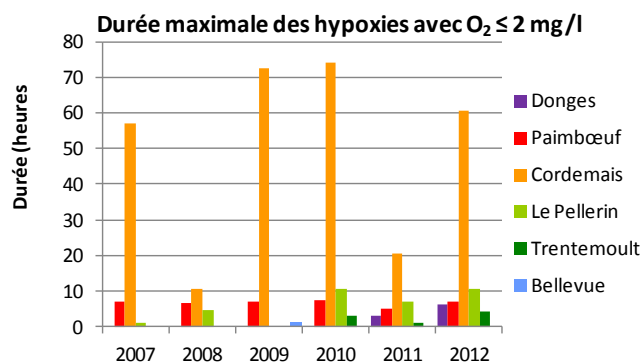
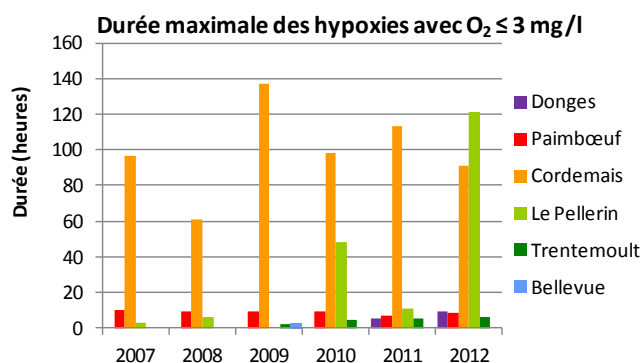
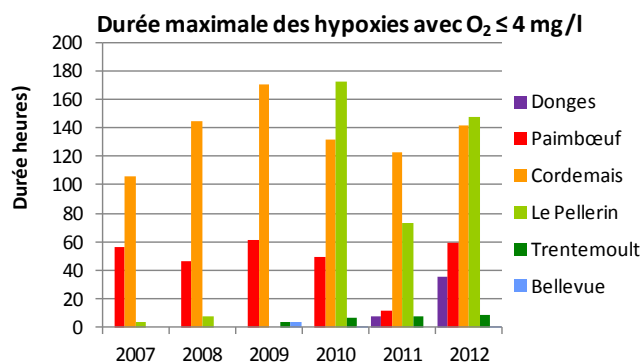
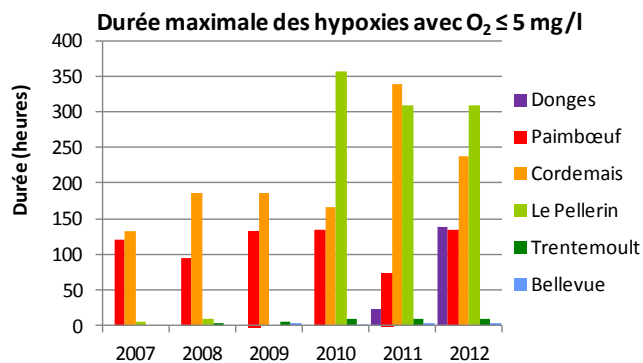
| O <sub>2</sub> ≤ 5 mg/l | - | 5j 15h | 6j 22h | 14j 22h | 8h30 | 2h   |
|-------------------------|---|--------|--------|---------|------|------|
| O <sub>2</sub> ≤ 4 mg/l | - | 2j 1h  | 5j 12h | 7j 4h   | 6h   | 0h30 |
| O <sub>2</sub> ≤ 3 mg/l | - | 9h30   | 4j 2h  | 2j 1h   | 4h30 | 0h   |
| O <sub>2</sub> ≤ 2 mg/l | - | 7h30   | 3j 2h  | 10h30   | 3h   | 0h   |
| O <sub>2</sub> ≤ 1 mg/l | - | 5h30   | 1j 12h | 9h      | 0h30 | 0h   |

#### 2011

| O <sub>2</sub> ≤ 5 mg/l | 22h30 | 3j 1h | 14j 3h | 12j 22h | 9h30 | 3h |
|-------------------------|-------|-------|--------|---------|------|----|
| O <sub>2</sub> ≤ 4 mg/l | 7h30  | 11h   | 5j 3h  | 3j 1h   | 7h   | 0h |
| O <sub>2</sub> ≤ 3 mg/l | 5h    | 7h    | 4j 17h | 10h30   | 5h   | 0h |
| O <sub>2</sub> ≤ 2 mg/l | 3h    | 5h    | 20h30  | 7h      | 1h   | 0h |
| O <sub>2</sub> ≤ 1 mg/l | 0h30  | 3h    | 3h     | 4h30    | 0h   | 0h |

#### 2012

| O <sub>2</sub> ≤ 5 mg/l | 5j 17h | 5j 14h | 9j 21h | 12j 21h | 10h  | 3h |
|-------------------------|--------|--------|--------|---------|------|----|
| O <sub>2</sub> ≤ 4 mg/l | 1j 11h | 2j 11h | 5j 21h | 6j 4h   | 8h30 | 1h |
| O <sub>2</sub> ≤ 3 mg/l | 9h     | 8h30   | 3j 19h | 5j 1h   | 6h   | 0h |
| O <sub>2</sub> ≤ 2 mg/l | 6h     | 7h     | 2j 12h | 10h30   | 4h   | 0h |
| O <sub>2</sub> ≤ 1 mg/l | 3h30   | 5h     | 21h    | 8h      | 0h30 | 0h |



Evolution des moyennes journalières, de 2007 à 2012

Sources : DREAL Pays de la Loire, EDF, SHOM, GIP Loire Estuaire

