



# **PLAN REGIONAL D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DE LA RESSOURCE EN EAU**

## **Caractérisation de la vulnérabilité des milieux aquatiques et des zones humides de Provence Alpes Côte d'Azur aux changements climatiques**

**Phase 2 : Caractérisation de la vulnérabilité des  
cours d'eau**

**JANVIER 2017**



|                         |   |
|-------------------------|---|
| Libellé de la mission : | Caractérisation de la vulnérabilité des milieux aquatiques et des zones humides de Provence Alpes Côte d'Azur aux changements climatiques   |
| Maîtres d'ouvrage :     | Maison Régionale de l'Eau et Tour du Valat  |
| Partenaires financiers  | Agence de l'Eau et Région Provence Alpes Côte d'Azur  |
| Rédacteur(s) :          | Christophe GARRONE  |
| Vérificateurs :         | Georges OLIVARI (MRE), Bernard DUMONT (ex. IRSTEA), Christel FRANCAERT (Région), Robert GENTILI (Région), Cécile MONIERE (Agence de l'Eau), Thomas PELTE (Agence de l'Eau), Antoine NICAULT (GREC PACA) |
| Date de rendu :         | Janvier 2017  |

## SOMMAIRE

|       |   |    |
|-------|---|----|
| I.    | Introduction .....  | 7  |
| II.   | Définitions .....   | 7  |
| III.  | Limites et difficultés .....                                  | 9  |
| IV.   | Description de la méthode proposée.....                       | 10 |
| 1)    | Les niveaux d'exposition.....                                 | 10 |
| 2)    | La sensibilité exprimée .....                                 | 13 |
| 3)    | Les bases de données utilisées .....                          | 14 |
| 4)    | Les niveaux de vulnérabilité.....                             | 16 |
| V.    | Résultats .....   | 17 |
| 1)    | Généralités .....   | 17 |
| 2)    | L'exposition en région PACA .....                             | 19 |
| a.    | Les températures .....  | 19 |
| b.    | Les précipitations .....                                      | 21 |
| 3)    | Sensibilité des masses d'eau.....                             | 23 |
| a.    | Température .....   | 26 |
| b.    | L'hydrologie.....   | 32 |
| c.    | L'adaptation aux changements.....                             | 35 |
| 4)    | Bilan des sensibilités .....                                  | 38 |
| 5)    | Vulnérabilité des masses d'eau au changement climatique ..... | 40 |
| a.    | Vulnérabilité à la température.....                           | 41 |
| b.    | Vulnérabilité à l'hydrologie.....                             | 42 |
| c.    | Vulnérabilité à pouvoir s'adapter et se déplacer .....        | 43 |
| d.    | Vulnérabilité globale.....                                    | 44 |
| VI.   | Répartition de la vulnérabilité globale .....                 | 46 |
| VII.  | Masses d'eau vulnérables et qualité de l'eau.....             | 47 |
| VIII. | Des compléments à apporter .....                              | 50 |
| 1)    | La température de l'eau .....                                 | 50 |
| 2)    | Les modifications du régime hydrologique .....                | 51 |
| 3)    | Masses d'eau superficielles et souterraines.....              | 52 |
| 4)    | Evolutions d'usages.....                                      | 55 |
| IX.   | Description de quelques territoires ou milieux.....           | 57 |
| 1)    | Choix des territoires ou milieux .....                        | 57 |
| 2)    | Fiches descriptives .....                                     | 57 |
|       | La Durance et ses affluents.....                              | 58 |

|  |    |
|--|----|
| Sorgues, Nesque, Ouvèze vauclusienne, Meyne .....  | 60 |
| Les petits cours d'eau côtiers .....   | 62 |
| Cagne et Loup.....   | 64 |
| Arc provençal et Touloubre .....   | 66 |
| Les cours d'eau à écoulement temporaire .....  | 68 |
| Les sources et têtes de bassin .....   | 70 |
| ANNEXE 1 : Cartes d'exposition en région PACA (scénario RCP4.5) .....  | 72 |
| ANNEXE 2 : Cartes d'exposition en région PACA (scénario RCP4.5) par sous bassin versant .....  | 76 |
| ANNEXE 3 : Liste des masses d'eau potentiellement sensibles à la température (score supérieur à 17/30) .....   | 80 |
| ANNEXE 4 : Liste des masses d'eau potentiellement sensibles à l'hydrologie (score supérieur à 8/15).....   | 82 |
| ANNEXE 5 : Liste des masses d'eau potentiellement sensibles à la capacité à s'adapter (score supérieur à 6/10) .....   | 83 |
| ANNEXE 6 : Liste des masses d'eau sensibles et très sensibles selon l'indice global de sensibilité (score supérieur à 30/55) .....   | 85 |
| ANNEXE 7 : Liste des masses d'eau vulnérables et très vulnérables selon l'indice global de vulnérabilité (score supérieur à 40%) (classées par vulnérabilité décroissante) ..... | 87 |

**TABLE DES ILLUSTRATIONS**

|   |    |
|---|----|
| Figure 1 : Extrait d'un questionnaire pour évaluer la sensibilité des milieux avoisinant l'entreprise X (Cikankowitz, 2008) .....   | 8  |
| Figure 2 : Enjeux majeurs identifiés pour caractériser les vulnérabilités du bassin Rhône-Méditerranée aux incidences du changement climatiques (Agence de l'Eau, MEDDE, 2013)..... | 8  |
| Figure 3 : Scénarios d'évolution climatique selon le modèle Aladin-Climat (météo-France, 2014) .....  | 10 |
| Figure 4 : Pourcentage de modification des débits d'étiage causé par le changement climatique (moyenne d'ensemble pour les années 2050) selon Schneider et al. (2013) .....         | 18 |
| Figure 5 : Pourcentage de cellules ( $\approx 6 \times 9 \text{ km}^2$ ) concernées par un changement en fonction des zones climatiques en Europe. ....                             | 18 |
| Figure 6 : Evolution de la température moyenne journalière (°C) – Modèle Aladin-climat à l'horizon 2021 - 2050.....   | 19 |
| Figure 7 : Evolution des précipitations moyennes journalières (mm/jour) – Modèle Aladin-climat à l'horizon 2021 - 2050 .....  | 21 |
| Figure 8 : Répartition des évolutions de la période de sécheresse (NORPXCDD) pour le scénario RCP4.5 et par sous bassins versant de la région PACA .....                            | 22 |
| Figure 9 : les 56 sous bassins versant de PACA selon le découpage Agence de l'Eau .....   | 24 |
| Figure 10 : Thèmes et critères de sensibilité retenus .....   | 25 |
| Figure 11 : Analyse en composante principale des moyennes de l'ensemble des paramètres physico-chimiques utilisés dans les réseaux de suivi (MRE, 2007) .....                       | 28 |
| Figure 12 : Sensibilité des masses d'eau PACA à la température de l'eau .....   | 30 |
| Figure 13 : Sensibilité des masses d'eau PACA à l'hydrologie.....   | 34 |
| Figure 14 : Sensibilité des masses d'eau PACA à la capacité de s'adapter .....  | 37 |
| Figure 15 : Indice global de sensibilité des masses d'eau de la région PACA (température, hydrologie et capacités offertes pour s'adapter ou résister) .....                        | 39 |
| Figure 16 : Vulnérabilité des masses d'eau à la température .....   | 41 |
| Figure 17 : Vulnérabilité des masses d'eau à l'hydrologie .....   | 42 |
| Figure 18 : Vulnérabilité des masses d'eau à l'adaptation et aux déplacements .....   | 43 |
| Figure 19 : Vulnérabilité moyenne globale .....   | 44 |
| Figure 20 : Tableau des 16 masses d'eau les plus vulnérables et scores associés.....  | 45 |
| Figure 21 : Vulnérabilité moyenne globale et hydroécorégions de rang 1 .....  | 46 |
| Figure 22 : Vulnérabilité moyenne par hydroécorégion .....  | 46 |
| Figure 23 : Etat écologique des masses d'eau de PACA selon l'état des lieux du SDAGE de 2015 ...  | 48 |
| Figure 24 : Carte de la vulnérabilité moyenne globale issue de la phase 2.....  | 48 |
| Figure 25 : Etat chimique des masses d'eau d'après l'état des lieux SDAGE de 2015.....  | 49 |
| Figure 26 : Carte des cours d'eau temporaire et des projections en termes de période de sécheresse (Scénario RCP4.5) .....  | 51 |
| Figure 27 : Comparaison de différents régimes thermiques de cours d'eau sous climat méditerranéen (données du Réseau Hydrobiologique et Piscicole, 2010) .....                      | 52 |
| Figure 28 : Croisement entre principaux karsts de la région PACA et exposition à la température .....   | 53 |

|  |    |
|--|----|
| Figure 29 : Evolution de l'influence des pollutions urbaines et industrielles (d'après les données Agence de l'Eau)..... | 55 |
| Figure 30 : Evolution de l'influence des prélèvements (d'après les données Agence de l'Eau).....                         | 56 |

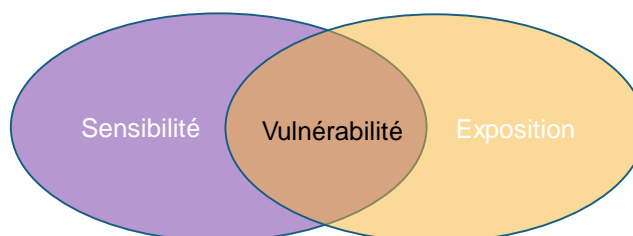
## I. INTRODUCTION

---

Pour rappel, la présente étude s'inscrit dans le Plan Régional d'Adaptation au Changement Climatique et a comme objectif de **caractériser la vulnérabilité des milieux aquatiques de la région PACA à ces changements**.

De nombreux auteurs s'entendent aujourd'hui pour définir la vulnérabilité comme le produit du niveau d'exposition, de la sensibilité et des capacités d'adaptation (Smit & Wandel, 2006). L'adaptation est difficile à intégrer dans la mesure où la notion de temps entre en jeu.

L'objectif de cette phase 2 est de caractériser la sensibilité des milieux lotiques pour la croiser aux données météorologiques prédictives (exposition et principalement température et pluie).



A l'issue de ce travail, nous devrions pouvoir affecter un degré de vulnérabilité (de très faible à très fort) à chaque masse d'eau sur la base des informations apportées par plusieurs bases de données existantes et les hiérarchiser.

## II. DEFINITIONS

---

La Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (2015) donne plusieurs définitions de la vulnérabilité, parfois désignant de manière « *purement comptable les pertes de la société en cas d'aléa* » (Dauphiné, 2001) ou élargie à « *l'ensemble des modalités d'atteinte et de réaction d'une société face à un ou des aléas* » (Hugonie et al., 2006). Les auteurs indiquent aussi que cette notion fait aujourd'hui « *l'objet d'un regain d'intérêt dans la littérature, notamment dans celle consacrée au changement climatique* ».

Ils s'accordent pour concevoir la vulnérabilité comme le **produit du degré d'exposition, de la sensibilité** (l'ensemble des facteurs déterminant les modalités d'atteinte d'une société) et des capacités d'adaptation (Smit & Wandel, 2006).

Cikankowitz et al. (2008) proposent un cadre méthodologique pour évaluer l'impact d'une activité et caractériser la sensibilité de son contexte local. Ils apportent une méthode d'évaluation de la sensibilité du milieu récepteur basée sur la définition de thèmes caractérisant cette sensibilité.

| THEMES                     | Caractéristiques de l'environnement du site industriel   | Oui | Non | Ne sait pas | Description de la sensibilité   | Niveau de sensibilité | Niveau d'impact des activités de l'installation du l'environnement  |
|----------------------------|--|-----|-----|-------------|---|-----------------------|---|
| <b>Eaux superficielles</b> | - Présence de cours d'eau à proximité ?<br>--> type d'usage ?<br>--> présence et type de faune-flore aquatique ?<br>--> distance de l'installation du cours d'eau le plus proche | X   |     |             | - <b>Ruisseau de xx</b> (bonne qualité, par défaut), en <b>limite sud du site</b> qui prend sa source à la fontaine de xx localisée à 350 mètres au nord-est du site.<br>Ce ruisseau s'écoule vers<br>- le <b>ruisseau xx</b> (bonne qualité par défaut) au lieu-dit xx, à 4 km en aval du site. Le ruisseau de xx prend sa source au lieu-dit "xx" et se jette:<br>- dans <b>xx</b> (bonne qualité – 1B) au lieu-dit "xx", en amont du Moulin de xx, ce dernier rejoignant ensuite le golfe du xx.<br>Débit du cours d'eau le plus proche (35 à 40m <sup>3</sup> /h)<br>Usage du cours d'eau ? | Très sensible         | Impacts significatifs sur les eaux superficielles (rejet des effluents liquides sur le ruisseau de xx)<br>--> les résultats de ANTEA (2006) montrent que les effluents de l'installation ont un impact sur la qualité de l'eau en aval immédiat du rejet pour les paramètres de fluorures, phosphore, nitrates, DCO, chrome total, nickel et zinc |
| <b>Eaux souterraines</b>   | - Présence de nappe phréatique sous la site ?  | X   |     |             | Existence d'une nappe d'eau souterraine sous le site<br>--> profondeur environ 10m  | Très sensible         | Présence de piézomètres depuis 2000<br>--> pas de dépassement des valeurs guides pour les paramètres recherchés (composés organiques, minéraux, et éléments métalliques) sauf pour le zinc mais en 2006 pas de non-conformité aux VLE   |
|                            | - Présence de captage d'eau à proximité du site ?  | X   |     |             | Existence de 2 captages à proximité, en aval hydraulique du site : AEP, mais l'installation ne se trouve pas dans les périmètres de protection de ces captages AEP.   | Moyennement sensible  | La société de ne trouve pas dans les zones de protection des captages AEP, donc pas d'impacts significatifs sur les eaux souterraines   |
|                            | - Autres ?   | X   |     |             | Il y a 2 autres prises d'eau<br>--> fontaine de xx (320m) en amont du site<br>--> 2 forages dans la partie sud de la commune à xx (4km au sud/sud-ouest du site)<br>--> lavoir de xx à 1km à l'ouest du site (usage domestique)   | Moyennement sensible  |   |

**Figure 1 : Extrait d'un questionnaire pour évaluer la sensibilité des milieux avoisinant l'entreprise X (Cikankowitz, 2008)**

Fabre J. et Pelte T. (2013) caractérisent les vulnérabilités à l'échelle du bassin Rhône-Méditerranée aux incidences du changement climatique dans le domaine de l'eau. Ils réalisent ce travail sur cinq thèmes dit enjeux :

| Enjeu                                     | Diagnostic à exprimer   | Aléas associés  |
|---|---|---|
| <b>Disponibilité en eau</b>               | incidences du changement climatique sur les équilibres quantitatifs superficiels en situation d'étiage (compte tenu des aménagements actuels) | - hausse de la demande agricole<br>- hausse de la demande pour le refroidissement des centrales<br>- baisse de la ressource moyenne<br>- renforcement des étiages |
| <b>Bilan hydrique des sols</b>            | incidences du changement climatique sur le bilan hydrique des sols pour l'agriculture   | Assèchement des sols et donc baisse de leur capacité à accueillir certaines cultures  |
| <b>Biodiversité des milieux aquatique</b> | incidences sur l'aptitude des territoires à conserver la biodiversité remarquable de leurs milieux aquatiques et humides                      | - modification des aires de répartition du fait des élévations de température<br>- baisse des débits<br>- assèchement de certaines zones humides                  |
| <b>Niveau trophique des eaux</b>          | incidences du changement climatique sur la capacité d'autoépuration des cours d'eau   | - élévation de la température de l'eau<br>- baisse des débits   |
| <b>Enneigement</b>                        | incidences du changement climatique sur l'aptitude des territoires à accueillir des usages associés à la neige et aux régimes nivaux          | - moindres chutes de neige<br>- fonte précoce du manteau neigeux  |

**Figure 2 : Enjeux majeurs identifiés pour caractériser les vulnérabilités du bassin Rhône-Méditerranée aux incidences du changement climatiques (Agence de l'Eau, MEDDE, 2013)**



Globalement, cette phase 2 s'inspire grandement des définitions et principes de calcul élaborés pour cette caractérisation :

- **Evaluation de la sensibilité :**

*« Pour évaluer la sensibilité d'un territoire, il s'agit de déterminer en quoi ce territoire serait plus ou moins affecté par une variation hydro-climatique donnée. Selon chaque enjeu traité, des paramètres influant sur la sensibilité du territoire sont définis. »*

- **Evaluation de l'exposition :**

*« Pour chaque dimension, il s'agit de déterminer les variables climatiques à la source de l'impact prévisible et de quantifier leur évolution sous changement climatique. »*

(Extrait du rapport Agence de l'Eau, MEDDE, 2013)

### **III. LIMITES ET DIFFICULTES**

---

De nombreuses limites, lacunes ou difficultés sont apparues au cours de cette phase. Néanmoins, leur identification pourra servir, lors des phases 3 et 4, à proposer des actions et compléments à apporter.

Parmi elles :

- L'incertitude sur les données pluviométriques qui apparait comme probablement très forte.
- L'incertitude des données prédictives à petite échelle (échelle régionale et sous bassin versant).
- Les bases de données à disposition dont une grande part sont issues de la caractérisation des masses d'eau ou des pressions exercées sur les masses d'eau.
- Des lacunes importantes ou des disparités sur des variables et critères très structurantes d'un point de vue de la faune aquatique comme la température de l'eau, les étiages ou la pérennité de l'écoulement.
- Des niveaux d'informations différents entre milieux lotiques et zones humides qui ont donné lieu à deux approches différentes mais complémentaires.
- Aucune reconstitution hydrologique n'a été réalisée. L'exposition ne se basera donc que sur les tendances climatiques.
- L'association des paramètres est forcément restrictive et incomplète, les aspects fonctionnels liés aux milieux lotiques étant, très souvent, assez mal décrits.
- Les bases de données ne sont pas homogènes et les codes des masses d'eau ont évolué d'années en années et notamment avec l'intégration des très petites masses d'eau qui sont encore assez mal renseignées.

## IV. DESCRIPTION DE LA METHODE PROPOSEE

Il est proposé de travailler avec un système de scores et de classes, le niveau de vulnérabilité étant obtenu en multipliant la sensibilité par l'exposition.

### 1) Les niveaux d'exposition

Le modèle Aladin-Climat, développé à Météo-France comme modèle de climat régionalisé a été utilisé ([www.drias.fr](http://www.drias.fr), Simulation CNRM, 2014). Le modèle se base sur trois scénarios d'évolution socio-économique dit RCP (Representative Concentration Pathways) ou profils représentatifs d'évolution de concentration de GES :

- Un scénario avec une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO2 (scénario RCP2.6),
- Un scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO2 (scénario RCP4.5),
- Un scénario sans politique climatique (scénario RCP8.5).

| Nom    | Forçage radiatif                                | Concentration (ppm)                               | Trajectoire                    |
|--------|---|---|--------------------------------|
| RCP8.5 | >8,5W.m-2 en 2100                               | >1370 eq-CO2 en 2100                              | croissante                     |
| RCP6.0 | ~6W.m-2 au niveau de stabilisation après 2100   | ~850 eq-CO2 au niveau de stabilisation après 2100 | Stabilisation sans dépassement |
| RCP4.5 | ~4,5W.m-2 au niveau de stabilisation après 2100 | ~660 eq-CO2 au niveau de stabilisation après 2100 | Stabilisation sans dépassement |
| RCP2.6 | Pic à ~3W.m-2 avant 2100 puis déclin            | Pic ~490 eq-CO2 avant 2100 puis déclin            | Pic puis déclin                |

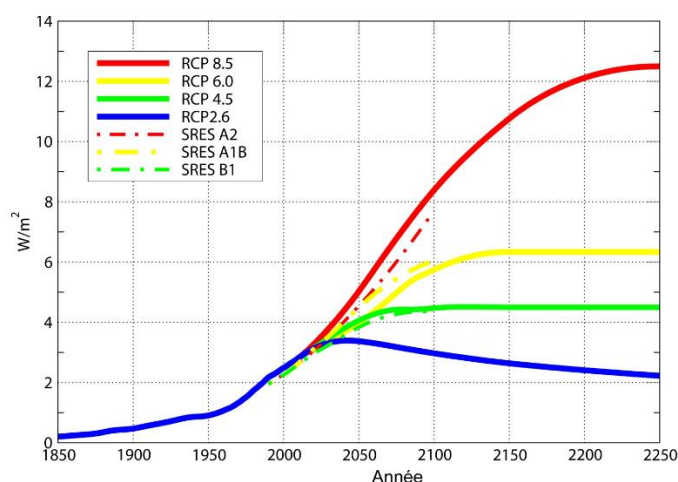


Figure 3 : Scénarios d'évolution climatique selon le modèle Aladin-Climat (météo-France, 2014)

Les données de référence couvrent la période 1976 – 2005. Les simulations portent sur des indices annuels et pour un horizon proche (H1, 2021 – 2050). Les différences entre scénarios n'étant significatives qu'à horizon moyen ou lointain, il a été choisi de ne travailler qu'avec le scénario médian (RCP 4.5).

Sept indices ont été récupérés et susceptibles d'influencer débit et température, deux paramètres qui apparaissent très structurants pour la faune aquatique :

- NORTAV : Température moyenne journalière (°C),
- NORTXAV : Température maximale journalière (°C),
- NORTRAV : Amplitude thermique journalière (°C),
- NORTXND : Nombre de jours anormalement chauds (jour),
- NORPAV : Précipitations journalières moyennes (mm/jour),
- NORPFL90 : Fraction des précipitations journalières intenses (%),
- NORPXCDD : Période de sécheresse (jour).

Aucune reconstitution hydrologique n'a été réalisée dans le cadre de cette étude.

Météo France fournit une série de points spatialisés et régionalisés et à résolution horizontale comprise entre 12 et 20 km. Une première analyse a été réalisée par colonne continue. Une deuxième analyse a été réalisée en calculant la moyenne des points inclus dans les sous bassins déterminés pour la Directive Cadre Européenne sur l'Eau.

Au final, seulement cinq indices ont été sélectionnés pour effectuer les évaluations de vulnérabilité :

- NORTAV : Température moyenne journalière (°C),
- NORTXAV : Température maximale journalière (°C),
- NORTRAV : Amplitude thermique journalière (°C),
- NORPFL90 : Fraction des précipitations journalières intenses (%),
- NORPXCDD : Période de sécheresse (jour).

Les résultats liés à la pluviométrie moyenne semblent très incertains et montrent des évolutions globalement positives pour le scénario RCP4.5, ce qui n'est pas le cas pour les autres scénarios.

Les évolutions du nombre de jours anormalement chaud sont assez proches de celles de la température maximale journalière ou celles de l'amplitude thermique journalière.

Les données ont été transformées en classes selon la méthode suivante :

- La médiane et les valeurs maximales et minimales ont été calculées pour chaque indice.
- L'étendue de la série de données est obtenue par différence entre la valeur maximale et minimale.
- La largeur des classes est obtenue en divisant l'étendue de la série par le nombre de classes souhaitées (en l'occurrence 3). L'étendue des données étant parfois très faible et certaines séries négatives, les classes ont aussi été construites pour être pertinentes et informatives et notamment pour la classe 1 qui exprime un faible changement, aucun changement ou un changement positif (valeur négative).

|          | Paramètres                       | Unité | 1    | 2    | 3     |
|----------|----------------------------------|-------|------|------|-------|
| NORTAV   | Température moyenne journalière  | °C    | ≤1,2 | >1,2 | ≤1,3  |
| NORTXAV  | Température maximale journalière | °C    | ≤1,2 | >1,2 | ≤1,3  |
| NORTRAV  | Amplitude thermique journalière  | °C    | ≤0   | >0   | ≤0,06 |
| NORPFL90 | Précipitations intenses          | %     | ≤0   | >0   | ≤0,6  |
| NORPXCDD | Période de sécheresse            | j.    | ≤0   | >0   | ≤2    |

Une troisième analyse peut être produite par sous bassin et avec ces trois classes. Les croisements se feront ensuite avec deux types d'exposition, celle liée à la température et l'autre liée à la pluie.

Pour la température et à partir des indices nortav, nortxav et nortrav :

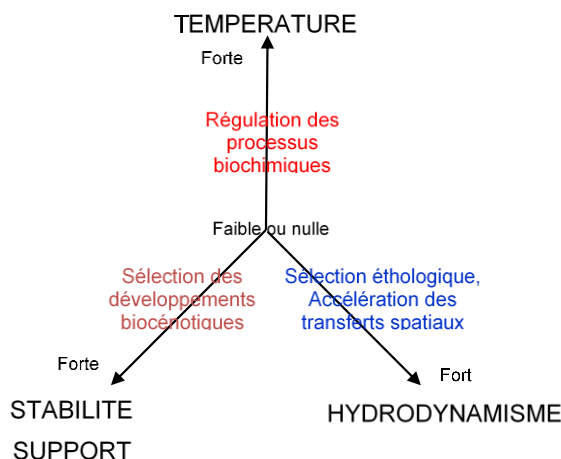
|                                   | Classe affectée |
|-----------------------------------|-----------------|
| si les 3 indices sont en classe 3 | 5               |
| si au moins un indice en classe 3 | 4               |
| si au moins un indice en classe 2 | 3               |
| si les 3 indices sont en classe 2 | 2               |
| si les 3 indices sont en classe 1 | 1               |

Pour la pluie et à partir des indices norpfl90, norpxcdd :

|                                   | Classe affectée |
|-----------------------------------|-----------------|
| si les 2 indices sont en classe 3 | 5               |
| si au moins un indice en classe 3 | 4               |
| si au moins un indice en classe 2 | 3               |
| si les 2 indices sont en classe 2 | 2               |
| si les 2 indices sont en classe 1 | 1               |

## 2) La sensibilité exprimée

Dumont et al. (2007) proposent le schéma conceptuel déjà montré dans le rapport de phase 1 et qui permet d'aborder le fonctionnement des assemblages faunistiques :



A l'heure actuelle et à l'échelle des masses d'eau, la quantification de l'influence de ces paramètres et leur variabilité dans le temps et dans l'espace (notion d'enveloppe de variabilité des systèmes) sont encore très peu étudiées. Un paramètre comme la température de l'eau, variable considérée par de nombreux auteurs comme structurante pour bon nombre d'espèces, n'est souvent mesurée que sur une courte période ou de manière disparate sur le territoire. On ne connaît pratiquement rien non plus des enveloppes de températures hivernales associées aux espèces psychrophiles.

Par ailleurs, l'approche par type de milieux proposée initialement n'a pas pu être réalisée dans la mesure où la typologie des cours d'eau méditerranéens, proposée en 2007, est très théorique et partielle et ne concerne pas l'ensemble des masses d'eau. De plus, elle ne peut être réalisée qu'à « dire d'expert ». Un exemple de lien type de milieux-climat est donné dans le tableau suivant :

| Type de cours d'eau                       | Karstique | Temporaire | Alpin-médit. | Collines médit. | Plaines médit. | Cp. des sources |
|---|-----------|------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|
| <b>Influences</b>                         |           |            |              |                 |                |                 |
| Sévérité des étiages                      |           |            |              |                 |                |                 |
| Risques d'assecs                          |           |            |              |                 |                |                 |
| Intensité et/ou fréquence des crues       |           |            |              |                 |                |                 |
| Variabilité annuelle du débit             |           |            |              |                 |                |                 |
| Variabilité interannuelle du débit        |           |            |              |                 |                |                 |
| Variabilité du caractère lotique          |           |            |              |                 |                |                 |
| Influence de la température atmosphérique |           |            |              |                 |                |                 |
| Risque de réchauffement estival (>20°C)   |           |            |              |                 |                |                 |
| Instabilité du substrat                   |           |            |              |                 |                |                 |

Influence forte  
 Paramètre structurant

De même, certains milieux sont encore mal caractérisés et cartographiés et de nombreuses variables mal connues : cours d'eau à écoulement intermittent, durée de l'intermittence ou des assecs, début de l'intermittence, cours d'eau de très petites tailles malgré leur intégration récente à la Directive Cadre Européenne, place des sources et résurgences à l'interface entre milieux humides et cours d'eau.

Nous proposons donc de caractériser la sensibilité par une approche « milieux » semi-quantitative (fort/faible, oui/non, degrés de pression). L'approche « espèce » est difficilement applicable vu le peu d'informations disponibles actuellement sur la biodiversité aquatique. Les données sur le compartiment piscicole se structurent et couvrent une large part du territoire, hors petits cours d'eau, et notamment au travers de la base de données IMAGE de l'ONEMA et des suivis de la Directive Cadre Européenne. C'est loin d'être le cas pour le compartiment des invertébrés aquatiques où le niveau d'information générique reste le plus utilisé ce qui peut être considéré comme largement insuffisant pour caractériser les enjeux liés à la biodiversité. Le compartiment des invertébrés aquatiques reste, pour autant, le compartiment le plus diversifié et le plus dense, la zone méditerranéenne se caractérisant d'abord par son fort taux d'endémisme.

### **3) Les bases de données utilisées**

Nous proposons, en première approche, de distinguer ce qui est lié à l'influence du climat, de la position géographique ou du type de milieu (influences naturelles), de l'influence des activités liées à l'homme (influences anthropiques). Considérant le premier type d'influence, la sensibilité s'exprimera quand l'enveloppe de variabilité actuelle du système sera modifiée et notamment au travers de l'hydrologie ou de la température.

Les champs sélectionnés sont des champs existants récupérés dans plusieurs bases de données :

- La cartographie des masses d'eau et champs associés.
- La cartographie des sous-bassins versants.
- La base de données SYRAH-CE (SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau).
- La base de données « nappes » de l'Agence de l'Eau.
- La base de données « pressions » de l'Agence de l'Eau.

D'un point de vue de la description actuelle des masses d'eau, la plupart des champs à disposition ont été créés dans un autre objectif et ils peuvent paraître restrictifs, incomplets ou imprécis. Pour ce qui est des pressions exercées sur les milieux, l'état des lieux réalisé dans le cadre de la Directive Cadre Européenne apporte des informations plus précises.

Les influences naturelles, intrinsèques au type de cours d'eau ou à sa position géographique peuvent être rattachées aux champs et bases de données suivantes :

|  | Liens avec la biodiversité  | Base de données utilisée | Champs retenu  | Intitulé                              |
|--|---|--------------------------|----------------|---------------------------------------|
| <b>Relation avec la nappe</b>            | zone refuge pour la faune   | nappes (AE)              | tous           | perdant, drainant ou en équilibre     |
|  | influence sur la température  |                          |                |                                       |
|  | influence sur le soutien d'étiage                                     |                          |                |                                       |
| <b>Influence sur l'étiage</b>            | baisse capacité d'accueil   | SYRAH (IRSTEA, AE)       | étiage         | hydrologie                            |
|  | influence sur la température  |                          |                |                                       |
|  | renouvellement de l'eau   |                          |                |                                       |
|  | loticité  |                          |                |                                       |
| <b>Isolement avec le bassin du Rhône</b> | impossibilité de se déplacer  | MDOrivière (IRSTEA, AE)  | Littoral paca  | code sous bassin                      |
|  | pas de remplacement possible  |                          |                |                                       |
| <b>Cours d'eau exogène</b>               | influence de plusieurs climats  | MDOrivière (IRSTEA, AE)  | exogène (O/N)  | exogene                               |
|  | transfert de l'influence d'un climat sur l'HER aval                   |                          |                |                                       |
| <b>Altitude du bassin versant</b>        | influence sur la température de l'eau                                 | MDOrivière (IRSTEA, AE)  | Alt_cat        | catégorie d'altitude (low, mid, high) |
|  | amplitude thermique   |                          |                |                                       |
| <b>Type de géologie</b>                  | réserve du sol et nappe   | MDOrivière (IRSTEA, AE)  | Geol_cat (O/N) | type de géologie (C ou S)             |
|  | ruisselement  |                          |                |                                       |
| <b>Taille du bassin versant</b>          | influence sur les débits  | MDOrivière (IRSTEA, AE)  | Size_cat       | taille du BV (S à XL)                 |
|  | réseau hydrologique   |                          |                |                                       |
| <b>Largeur du cours d'eau</b>            | Influnec ein directe sur la ripisylve ou la puissance des cours d'eau | MDOrivière (IRSTEA, AE)  | Taille_fr      | taille du cours d'eau (TP à G)        |
| <b>Rang de Strahler</b>                  | capacité à trouver un refuge amont                                    | MDOrivière (IRSTEA, AE)  | Strahler_m     | rang de Strahler (1 à 6)              |
| <b>Débouché dans la mer</b>              | influence de la mer   | MDOrivière (IRSTEA, AE)  | Mdoaval        | champs vide                           |
|  | capacité à trouver un refuge aval                                     |                          |                |                                       |

Si les étiages ont été rangés parmi les influences naturelles, il n'en demeure pas moins que l'évaluation de leur influence prend en compte uniquement la pression anthropique. L'identification des régimes intermittents ou temporaires est encore très partielle.

Les influences anthropiques sont presque toutes issues de la base de données « pression » de l'Agence de l'Eau :

| Champs              | Signification                     |
|---------------------|-----------------------------------|
| <b>sensibilite</b>  | Sensibilité à l'eutrophisation    |
| <b>urbain</b>       | Pollution urbaine et industrielle |
| <b>nitrates</b>     | Pollutions par les nitrates       |
| <b>prelevements</b> | Pressions des prélèvements        |
| <b>morphologie</b>  | Pression morphologie              |
| <b>continuite</b>   | Pression continuité               |
| <b>ripisylve</b>    | état de la ripisylve (base Syrah) |

L'identification de la masse d'eau en masse d'eau fortement modifiée n'a pas été retenue dans la mesure où les champs pressions sont justement à l'origine de ce classement.

#### 4) Les niveaux de vulnérabilité

Trois thèmes ont été abordés, déclinés en six sous-thèmes, chacun associé à un indice météorologique :

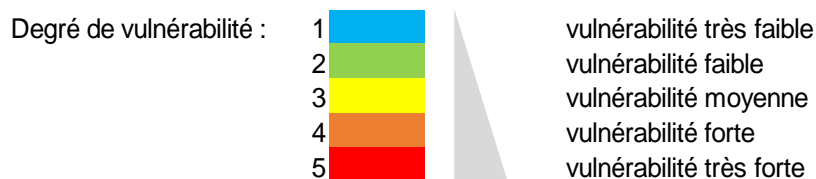
|              | Thèmes      | Sous-thèmes                   | Exposition  |
|--------------|-------------|-------------------------------|---|
| Sensibilités | Température | Variabilité de la température | NORTAV/NORTXAV/NORTRAV = exposition à la température          |
|              |             | Risque d'échauffement         |   |
|              | Hydrologie  | Sévérité des étiages          | NORPFL90/NORPXCDD = exposition aux variations de pluviométrie |
|              |             | Hydrodynamisme                |   |
|              | Adaptation  | Déplacement des espèces       | NORTAV/NORTXAV/NORTRAV = exposition à la température          |
|              |             | Zones refuges                 |   |

Chacun des thèmes est abordé en croisant les critères d'influence issus des bases de données disponibles. L'agencement des critères et les modes de calcul des sensibilités sont différents pour chaque thème abordé. Ils seront décrits au fil des résultats.

La sensibilité sera exprimée sous forme de score :

|              | Thèmes      | Sous-thèmes                     | Score max | Exposition | Vulnérabilité |
|--------------|-------------|---------------------------------|-----------|------------|---------------|
| Sensibilités | Température | Variabilité de la température   | 30        | 5          | 150           |
|              |             | Risque de réchauffement estival |           |            |               |
|              | Hydrologie  | Sévérité des étiages            | 15        | 5          | 75            |
|              |             | Hydrodynamisme                  |           |            |               |
|              | Adaptation  | Déplacement des espèces         | 10        | 5          | 50            |
|              |             | Zones refuges                   |           |            |               |

La somme des scores de chaque thème permettra de calculer un indice global de sensibilité. La vulnérabilité de chaque thème sera ramenée à 100 points et une vulnérabilité moyenne globale sera calculée. Les degrés de vulnérabilité seront représentés selon cinq classes de même amplitude et leurs codes couleur :





## V. RESULTATS

---

### 1) Généralités

Pour rappel et à l'échelle de la métropole, à horizon proche (2021-2050), la synthèse réalisée par le GIEC, indique :

- Une hausse des températures moyennes, comprise entre 0,6°C et 1,3°C, toutes saisons confondues, par rapport à la moyenne calculée sur la période 1976-2005. Cette hausse devrait être plus importante dans le Sud-Est de la France en été, avec des écarts à la référence pouvant atteindre 1,5°C à 2°C.
- Une augmentation du nombre de jours de vagues de chaleur en été, comprise entre 0 et 5 jours sur l'ensemble du territoire, voire de 5 à 10 jours dans des régions du quart Sud-Est.
- Une diminution des jours anormalement froids en hiver sur l'ensemble de la France métropolitaine, entre 1 et 4 jours en moyenne, et jusqu'à 6 jours au Nord-Est du pays.
- Une légère hausse des précipitations moyennes, en été comme en hiver, avec une forte incertitude sur la distribution géographique de ce changement. Le GREC PACA (mai 2016) précise que *« le signal concernant l'évolution des précipitations en Provence-Alpes-Côte d'Azur n'est pas très net. Les projections climatiques fournies par les modèles montrent en effet dans notre région des évolutions contradictoires. »* Le scénario RCP 8.5, par exemple, semble confirmer une légère tendance à la baisse des pluies annuelles alors que le scénario RCP 4.5 amorce à la fin de siècle une hausse. Les modèles Aladin-Climat et WRF utilisés pour les projections climatiques simulent, en outre, de faibles changements des pourcentages de précipitations extrêmes.

D'un point de vue des milieux d'eau courante, plusieurs simulations ont été réalisées sur les écoulements. Dans le cadre du projet national Explore 2070 (Irstea – Météo France – BRLi), les modèles s'accordent sur une tendance à la baisse de la ressource en eau sur le bassin de la Durance : baisse des débits moyens annuels, des débits de mai-juin (onde de fonte), et des débits d'étiage. Le rapport signale toutefois de fortes incertitudes sur les données d'entrée.

Sur le bassin du Loup (06) et lors des réflexions portées aux déficits quantitatifs (étude EVP, phase 3, CD06, 2014), des simulations hydrologiques ont été réalisées montrant :

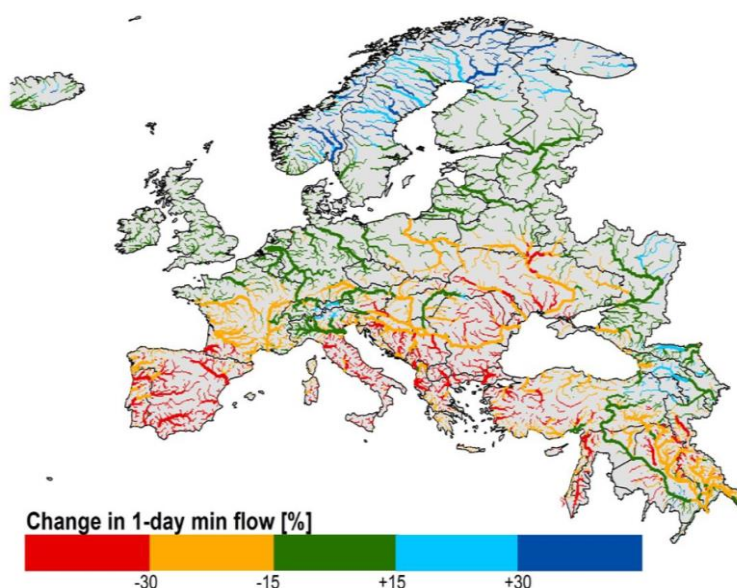
- Une diminution du 1/10<sup>ème</sup> du module entre 45 % et 60 % et une diminution du QMNA5 entre 50 % et 58 % à l'horizon 2065.
- Une diminution du 1/10<sup>ème</sup> du module de l'ordre de 75 % et une diminution du QMNA5 de l'ordre de 80 % à l'horizon 2100.

La même tendance est observée sur le bassin voisin de la Cagne (CD06, 2014) et les résultats font apparaître :

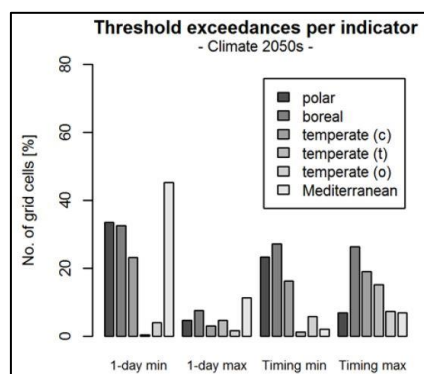
- Une diminution du 1/10<sup>ème</sup> du module et du QMNA5 de l'ordre de 50 % à l'horizon 2065.
- Une diminution du 1/10<sup>ème</sup> du module et du QMNA5 de l'ordre de 65 % à l'horizon 2100.

Schneider et al. (2013) fournissent une analyse plus large de la modification des régimes à l'échelle européenne. Les simulations hydrologiques pour la zone méditerranéenne se caractérisent par une forte réduction des précipitations en hiver et en été. En été, la prédiction de diminution atteint 23% à l'horizon 2050, plus forte diminution observée dans cette étude et sur l'ensemble des zones européennes étudiées.

D'après le modèle WaterGAP3, les débits des cours d'eau en Méditerranée devraient tendre vers plus d'intermittence : écoulement nul voir assèchement.



**Figure 4 : Pourcentage de modification des débits d'été causé par le changement climatique (moyenne d'ensemble pour les années 2050) selon Schneider et al. (2013)**



**Figure 5 : Pourcentage de cellules ( $\approx 6 \times 9 \text{ km}^2$ ) concernées par un changement en fonction des zones climatiques en Europe.**

## 2) L'exposition en région PACA

L'ensemble des cartes produites pour tous les indices sélectionnés sont en **annexe 1**. Pour rappel, seul le scénario médian (RCP4.5) a été traité. L'**annexe 2** regroupe les cartes d'exposition réalisées par sous bassin versant.

### a. Les températures

Les variations de températures moyennes journalières sont comprises entre +1 et +1,5°C à horizon proche. Ces évolutions peuvent être considérées comme relativement faibles mais de faibles variations peuvent parfois, et d'un point de vue écologique, avoir de lourdes conséquences.

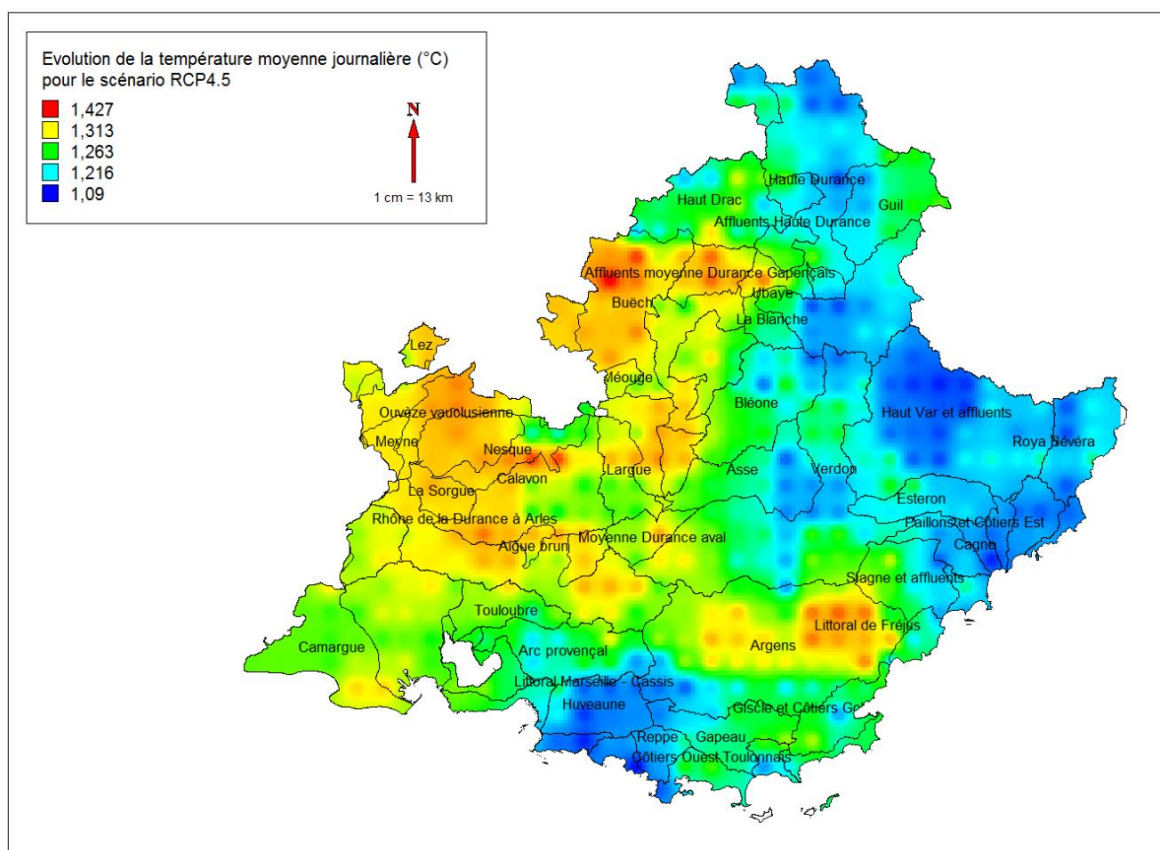


Figure 6 : Evolution de la température moyenne journalière (°C) – Modèle Aladin-climat à l'horizon 2021 - 2050

Quoiqu'il en soit, les évolutions sont, avant tout, informatives sur le rôle que peut jouer la Méditerranée et les plaines alluviales qui débouchent sur la Méditerranée. La carte montre en effet que le réchauffement affecte, en premier lieu, les vallées ouvertes des grands cours d'eau de la région comme l'Argens ou la Durance.

La pénétration dans la vallée de la Durance du réchauffement semble assez forte et significative et jusqu'en Moyenne et Haute Durance. Le réchauffement affecte fortement des bassins préalpins et alpins : **Buëch, Affluents moyenne Durance Gapençais, partie amont du sous bassin Ouvèze vaclusienne**. Les sous bassins de la rive droite de la Durance semblent plus affectés que ceux de la rive gauche

D'autres sous bassins hors bassin de la Durance mais à proximité du bassin du Rhône présenteraient de fortes évolutions : **Sorgues, Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux, Aigue Brun, Eze, partie aval du sous bassin Ouvèze vaclusienne**. Ils sont tous inclus de l'hydroécocoréion Méditerranée.

La partie orientale et alpine de la région semblerait moins affectée, ainsi que les petits bassins côtiers des Bouches-du-Rhône et du Var.

Ces tendances se confirment avec les évolutions de la température maximale journalière mais les évolutions sont sensiblement du même ordre. Dans le cas des températures maximales journalières, seuls les sous bassins de l'Aigue Brun et de l'Eze se détachent légèrement mais globalement, les augmentations les plus significatives seraient observées dans les sous bassins de la Durance, du Buëch à la Basse Durance et particulièrement sur les bassins de la rive droite. Cette tendance se retrouve dans les évolutions du nombre de jours anormalement chauds. La partie haute du bassin du Buëch totaliserait par exemple plus de 38 jours supplémentaires anormalement chauds par rapport à la période de référence 1976 – 2005.

Les évolutions de l'amplitude thermique journalière sont aussi assez peu significatives et parfois se réduisent et d'après la simulation RCP4.5, pour certains territoires comme les territoires Alpes Maritimes et Alpes. L'amplitude thermique atteint 0,2 à 0,3 °C d'augmentation.

Néanmoins, une faible augmentation peut avoir de fortes conséquences à long terme sur les espèces présentes et notamment les espèces sténocénes. Comme le décrit Dumont, Pont & Carrel en 2007 : « *Au niveau des taxons, une augmentation de courte durée des maximas va générer des extinctions rapides et ciblées sur des cohortes d'individus en limite supérieure de tolérance. Ce processus peut initier l'évolution du système vers une nervosité fonctionnelle préjudiciable aux équilibres du peuplement restant* ».

A l'échelle régionale, l'amplitude thermique journalière semble surtout augmenter au centre de la région, toujours et probablement en lien avec l'axe durancien ouvert très largement sur le bassin du Rhône et sur la Méditerranée. Les sous bassins qui montreraient le plus d'augmentation seraient l'**Asse, le Calavon** et la **Méouge**, l'Asse se détachant assez nettement des autres sous bassins. 11 sous bassins sur les 56 bassins de PACA montrent des évolutions négatives soit une baisse de l'amplitude thermique journalière : Lez (DU\_11\_04), Meyne (DU\_11\_05), Littoral Alpes - Maritimes - Frontière Italienne (LP\_15\_07), Affluents Haute Durance (DU\_12\_01), Paillons et Côtiers Est (LP\_15\_11), Guil (DU\_12\_02), Haut Var et affluents (LP\_15\_05), Ubaye (DU\_12\_04), Littoral de Fréjus (LP\_15\_08), Haute Durance (DU\_12\_03) et Basse vallée du Var (LP\_15\_06).

## b. Les précipitations

Comme évoqué plusieurs fois, les modèles liés à la pluie fournissent vraisemblablement des données comportant de fortes incertitudes. Les simulations de pluviométrie moyenne journalière pour le scénario RCP4.5 montrent des évolutions positives pour la plupart du territoire régional sauf une légère baisse des précipitations moyennes très localisée dans le haut bassin de la Vesubie (06), sous bassin du Haut Var et affluents.

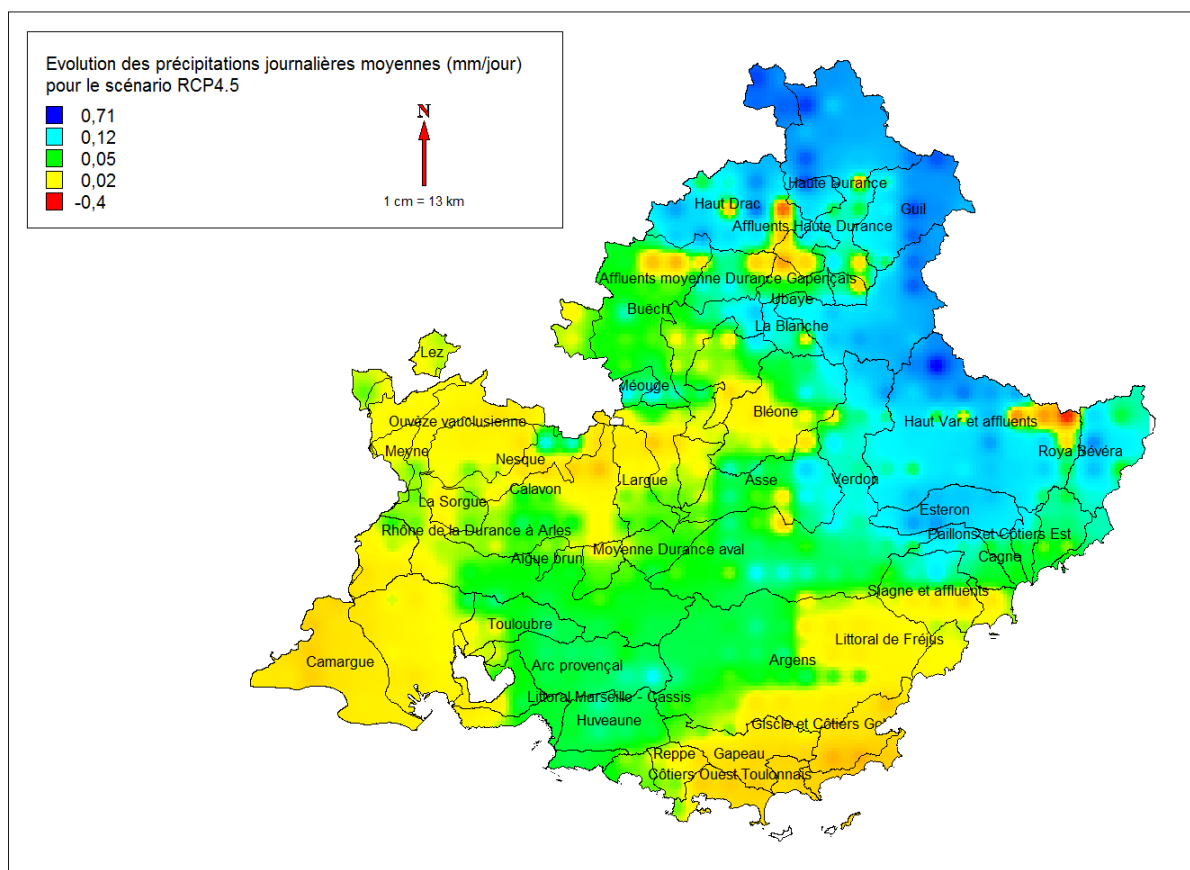


Figure 7 : Evolution des précipitations moyennes journalières (mm/jour) – Modèle Aladin-climat à l'horizon 2021 - 2050

Les moyennes calculées par sous bassin versant apportent un peu plus d'informations. Aucun sous bassin ne présente de très forte diminution des précipitations moyennes journalières. Par contre, de faibles diminutions seraient enregistrées sur les sous bassins varois et partie occidentale des Alpes Maritimes (de la Brague au littoral La Ciotat - Le Brus, bassin versant de l'Argens compris), et sur les sous bassins versants longeant le Rhône et basse Durance. Il convient toutefois de relativiser puisque les diminutions ne dépassent pas 0,07 mm/j de pluie.

L'indice lié aux précipitations intenses est tout aussi incertain, avec des pourcentages d'augmentation, là aussi, très faibles. L'analyse par sous bassin versant montre que les **territoires rive gauche du Rhône** sont un peu plus touchés ainsi que le **centre Var et les petits côtiers des Alpes Maritimes**, la plupart étant situés dans l'hydroécorégion Méditerranée. Parmi les bassins dont le pourcentage d'augmentation est supérieur à 1%, les bassins de la Cagne (+1,6%) et du Loup (+1,3%) apparaîtraient comme les plus affectés, et à une moindre mesure la basse vallée du Var, les côtiers ouest toulonnais et les tributaires de l'étang de Berre.

Enfin, l'indice lié à la période de sécheresse (exprimé en jour), montre une évolution positive (de 1 à 4 jours supplémentaires) principalement dans les Alpes Maritimes et pour seulement 18 sous bassins dont : Littoral La Ciotat Le Bruscat (+4 j.) ; **Cagne, Estéron et Basse vallée du Var (+2,5 j.)** ; **Roya-Bévéra (+2,4 j.)** ; **Loup et Buëch (+1,6 j.)** ; **Haut Var et affluents (+1,4 j.)**.

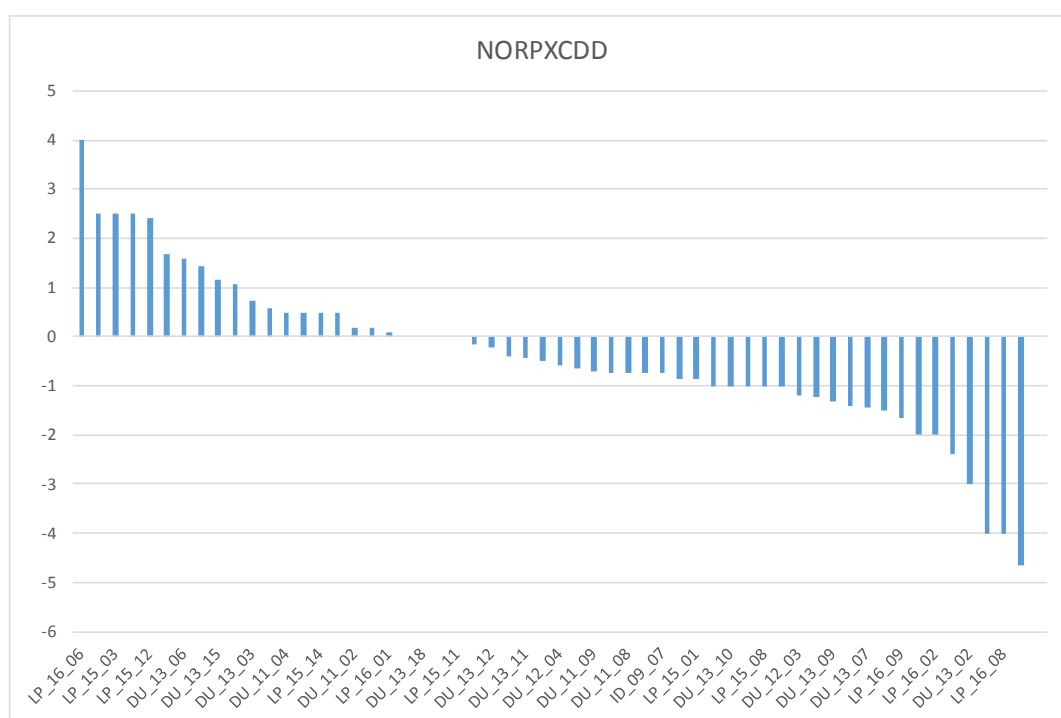


Figure 8 : Répartition des évolutions de la période de sécheresse (NORPXCDD) pour le scénario RCP4.5 et par sous bassins versant de la région PACA

33 sous bassins, soit un peu plus de 58% des sous bassins étudiés, montrent des évolutions négatives soit une réduction du nombre de jours de sécheresse.

Face à ces multiples incertitudes, les prévisions d'évolution des métriques hydrologiques font grandement défaut et les effets liés à la température sont amenés à dominer l'analyse. De multiples questions restent en suspens ou restent à approfondir vis-à-vis des écoulements : modifications engendrées par la fonte glaciaire, évolutions liées à l'influence nivale, distribution annuelle de la pluie, incidences sur les aquifères et les réserves d'eau, durée des étiages face aux cycles biologiques, évolutions sur la pérennité des écoulements, évolutions dans les phases d'assèchement de certains cours d'eau...

### 3) Sensibilité des masses d'eau

L'analyse a été produite à l'échelle des masses d'eau de la région PACA soit **658 masses d'eau toutes incluses dans la région administrative PACA** et regroupant trois hydroécorégions : Méditerranée, Préalpes du Sud et Alpes Internes. Près de 60% des masses d'eau traitées appartiennent au bassin de la Durance. 24 masses d'eau appartiennent au bassin de l'Isère et réparties entre les bassins de la Romanche et du Haut Drac, au nord de la région. Quelques masses d'eau ont été exclues de l'analyse :

- Le Rhône et ses annexes dont la caractérisation dépasse largement les limites de la région PACA : Le Rhône de Beaucaire au seuil de Terrin et au pont de Sylveréal (FRDR2009), Le Rhône d'Avignon à Beaucaire (FRDR2008), Bras d'Avignon et ses annexes (FRDR2008a), Lône de Caderousse et bras des Arméniers (FRDR2007f), Le Rhône de la confluence Isère à Avignon (FRDR2007), Rhône de Donzère (FRDR2007e).
- Des affluents du Rhône qui n'ont qu'un court linéaire en région PACA : Le Lauzon de sa source à la dérivation de Donzère-Mondragon (FRDR410), La Robine et les Echaravalles /Le Lauzon rive dr. dér. Donzère-Mondragon /Mayre Girarde /le Rialet (FRDR409) et son affluent Mayre Girarde (FRDR11080), ruisseau le Rialet (FRDR11949), toutes ces masses d'eau étant associées au sous bassin Isère – Drôme.

Pour l'exposition et les données climatiques, l'analyse a été portée à l'échelle des sous-bassins associés aux masses d'eau, soit en tout **56 sous-bassins traités**. Cette analyse permet de hiérarchiser et cartographier à la fois les sensibilités et les vulnérabilités.

Afin d'évaluer les sensibilités, un classement par thème est proposé. Chaque thème comprend plusieurs critères censés influencer la faune et la flore présente. Chaque critère est caractérisé par le croisement de plusieurs facteurs d'influences complémentaires ou associatifs. D'autres facteurs interviendront comme autant de facteurs aggravants ou par absence de facteurs de résistance ou de résilience.

Le nombre de critères associés est différent pour chaque thème, tout comme leur agencement ou leur degré d'influence. Nous proposons ci-après, pour chaque thème et sous-thème abordé :

- Une description rapide des méthodes de calcul et des grilles de classement utilisées,
- Une carte régionale d'évaluation de la sensibilité de chaque thème traité,
- Un commentaire sur la carte de sensibilité produite.

Signalons enfin que les thèmes et critères retenus ont été identifiés comme autant de facteurs pouvant influencer la faune et la flore aquatique y compris la faune dite ordinaire. Ils ne sont, en aucun cas, retenus pour caractériser la vulnérabilité des milieux abritant une forte biodiversité aquatique.



Comme le rappelle Dumont et al. en 2007 : « les cours d'eau expérimentent depuis des milliers d'années le changement thermique, et en conséquence, la gamme des « produits taxonomiques associés », les espèces, est adaptée à la gamme des possibles, physiologiques et biochimiques, pour la vie aquatique aérobie. Il en résulte inévitablement, pour tout réseau aquatique, un stock d'espèces, façonnées continuellement par les fluctuations de leur environnement, utilisant (ou cantonnées dans) un territoire donné, dont les bornes peuvent être les limites d'une source ou d'une résurgence, celles d'une ligne de crête de bassin versant ou celles des continents. »

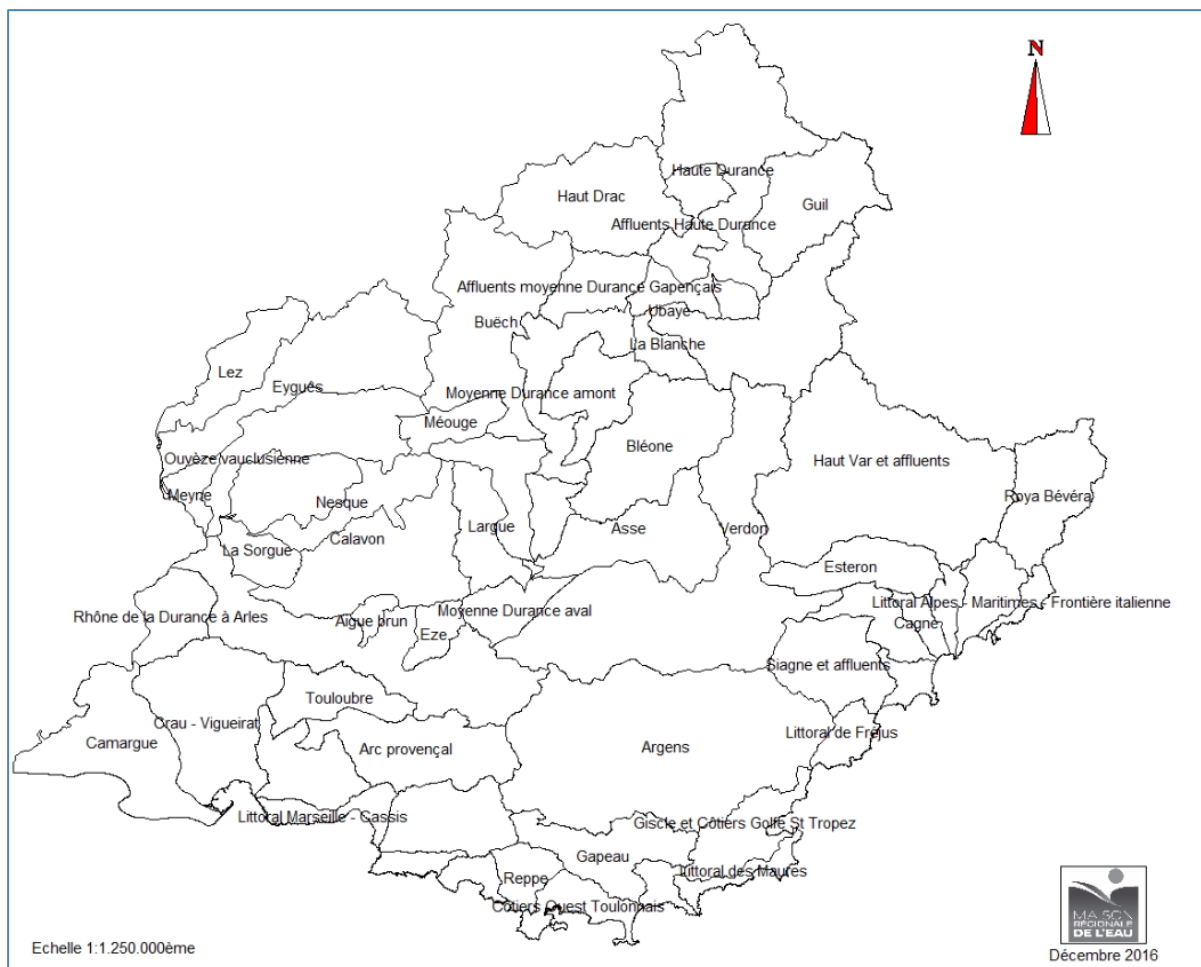


Figure 9 : les 56 sous bassins versant de PACA selon le découpage Agence de l'Eau



|              | Thèmes      | Sous-thèmes                   | Critères                 |                            | Facteurs influants, facteurs de résistance ou de résilience |  |  |                                |                        |          |
|--------------|-------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|---|--|--|--------------------------------|------------------------|----------|
| Sensibilités | Température | Variabilité de la température | Etiage                   | Altitude du bassin versant | Géologie  | Relation avec la nappe                     | Etat de la ripisylve / largeur cours d'eau | Pression continuité            | Pression morphologique |          |
|              |             | Risque d'échauffement estival | Etiage                   | Catégorie d'altitude       | Géologie  | Etat de la ripisylve / largeur cours d'eau | pression morphologique                     | Sensibilité à l'eutrophisation | Pollution urbaine      | nitrates |
|              | Hydrologie  | Sévérité des étiages          | Etiage                   | Taille du bassin versant   | Géologie  | Relation avec la nappe                     | pressions des prélèvements                 |                                |                        |          |
|              |             | Hydrodynamisme                | Pente                    | Taille du cours d'eau      | Cours d'eau exogène   | pression morphologique faible              |  |                                |                        |          |
|              | Adaptation  | Déplacement des espèces       | Taille du bassin versant | Rang de Strahler           | Non appartenance au bassin du Rhône                         | Pression continuité                        |  |                                |                        |          |
|              |             | Zones refuges                 | pression morphologique   | pression continuité        | Relations avec la nappe                                     | Débouché dans la mer                       |  |                                |                        |          |

**Figure 10 : Thèmes et critères de sensibilité retenus**

## a. Température

### ► Variabilité de la température

Les pressions liées à l'étiage et l'altitude du bassin versant ont été croisées à partir des deux tableaux suivants :

|                             | Code degré | Signification     |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Pression liée à aux étiages | 1          | Influence faible  |
|                             | 2          | Influence moyenne |
|                             | 3          | Influence forte   |

|                            | Code degré | Signification |
|----------------------------|------------|---------------|
| Altitude du bassin versant | 1          | LOW           |
|                            | 2          | HIGH          |
|                            | 3          | MID           |

Le tableau « Altitude du bassin versant » est issu des travaux de caractérisation des cours d'eau méditerranéens réalisés en 2007 qui avaient permis, en première approche, d'associer, à chaque type, un niveau variable d'influence sur plusieurs paramètres liés à la température de l'eau :

| Période estivale              | Type 1<br>(montagnard) | Type 2<br>(moyenne montagne) | Type 3<br>(karstique) | Type 4<br>(plaine) |
|-------------------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Amplitude journalière moyenne |                        |                              |                       |                    |
| Moyenne maximale              |                        |                              |                       |                    |
| Nombre de jour > 20°C         |                        |                              |                       |                    |

| Légende       |  |
|---------------|--|
| Nul ou faible |  |
| Moyen         |  |
| Fort          |  |

Les résultats montraient que l'échauffement de l'eau caractérise plutôt les secteurs de moyenne montagne et les secteurs de plaine, alors que l'amplitude thermique (variabilité) caractérise essentiellement les secteurs de moyenne montagne et dans une moindre mesure, les territoires de montagne.

Le croisement est réalisé de la manière suivante pour obtenir trois classes (faible, moyen, fort) - les variations étant amplifiées par l'étiage du cours d'eau et le faible renouvellement de l'eau :

|                           |   | Altitude du bassin versant |        |       |
|---------------------------|---|----------------------------|--------|-------|
|                           |   | 1                          | 2      | 3     |
| Pression liée aux étiages | 1 | Faible                     | Faible | Moyen |
|                           | 2 | Faible                     | Moyen  | Fort  |
|                           | 3 | Moyen                      | Fort   | Fort  |

La géologie intervient ensuite comme un facteur aggravant. La géologie siliceuse exprime de faibles apports liés aux aquifères souterrains et qui ont souvent un rôle tampon sur les variations de température :

|          |           |    |
|----------|-----------|----|
| géologie | siliceuse | +1 |
|----------|-----------|----|

Ce critère est toutefois assez réducteur sur les territoires de montagne à dominance siliceuse où les variations de température peuvent être tamponnées par la fonte de la glace ou de la neige ou grâce à des aquifères d'effondrement (pierriers et cônes de déjection).

Les relations qu'entretiennent le cours d'eau avec les nappes, et notamment l'accentuation des étiages et la réduction des vitesses d'écoulement, jouent aussi un rôle important sur la température et ses variations :

|                        | Code degré | Signification      |
|------------------------|------------|--------------------|
| Relation avec la nappe | 1          | pérenne perdant    |
|                        | 2          | temporaire perdant |

La base de données exploitée est assez partielle et ne concerne pas la totalité des masses d'eau traitées, ce qui réduit artificiellement les scores des masses d'eau non traitées. Les très petites masses d'eau sont aussi et souvent très mal connues. De plus, une masse d'eau regroupe souvent plusieurs tronçons aux relations différentes avec la nappe. Nous avons choisi de caractériser la masse d'eau avec le degré qui occupe le plus long linéaire - les pertes de la rivière vers la nappe pouvant jouer un rôle indirect en amplifiant l'impact des étiages et donc du renouvellement de l'eau.

Les quatre autres critères sont des critères aggravants liés aux pressions suivantes : état de la ripisylve et ombrage, continuité et ralentissement des écoulements, continuités latérales, et état morphologique (encaissement, faciès d'écoulement, qualité des fonds et des berges...). Leurs scores suivent le schéma suivant :

|           | Code degré | Signification     |
|-----------|------------|-------------------|
| Pressions | 1          | Influence faible  |
|           | 2          | Influence moyenne |
|           | 3          | Influence forte   |

L'état de la ripisylve a été croisé avec la largeur du cours d'eau pour améliorer la cohérence de cette métrique - La ripisylve n'a pas d'influence sur l'ombrage des très grands cours d'eau :

|                        |   | Etat de la ripisylve |        |        |
|------------------------|---|----------------------|--------|--------|
|                        |   | 1                    | 2      | 3      |
| Largeur du cours d'eau | 1 | Moyen                | Fort   | Fort   |
|                        | 2 | Moyen                | Moyen  | Fort   |
|                        | 3 | Faible               | Faible | Faible |

Les tailles des cours d'eau ont été codifiées de la manière suivante (aucun cours d'eau médium en région PACA d'après la caractérisation des masses d'eau de 2010) :

|                        |   |                     |
|------------------------|---|---------------------|
| Largeur du cours d'eau | 1 | Très petit et petit |
|                        | 2 | Grand               |
|                        | 3 | Très grand          |

## ► Risque d'échauffement des eaux

L'analyse en composante principale réalisée en 2007 dans le cadre de la caractérisation des cours d'eau méditerranéens de PACA à partir des données du Réseau National de Bassin avait permis de montrer les corrélations entre indicateurs biologiques et quantités d'oxygène dissous dans l'eau (valeurs instantanées toutefois), elles-mêmes inversement corrélées aux fortes valeurs de températures de l'eau (sauf cas où la végétation est abondante). Cette analyse avait aussi permis de corréler les fortes températures à un certain nombre d'indicateurs de pollution : composés azotés ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NK}$ ,  $\text{MNO}_4$ ), composés phosphorés ( $\text{PO}_4$ ,  $\text{Ptotal}$ ), altérations bactériennes (Coliformes, Streptocoques), indicateurs de consommation d'oxygène (COD, DBO).

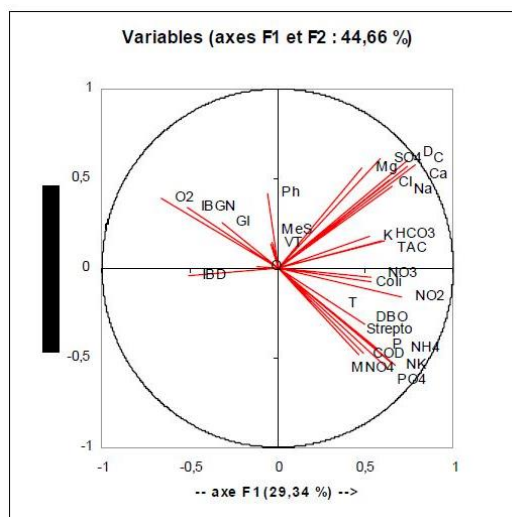


Figure 11 : Analyse en composante principale des moyennes de l'ensemble des paramètres physico-chimiques utilisés dans les réseaux de suivi (MRE, 2007)

La température de l'eau et son évolution de l'amont vers l'aval, dépend de nombreux paramètres :

- Présence / absence de ripisylve
- Relation nappe/rivière
- Encaissement du lit
- Origine de l'eau
- Renouvellement de l'eau...

Comme souligné en 2007, il est important de rappeler que la température de l'eau interagit avec de nombreux autres paramètres physico-chimiques et que les écosystèmes sont des réponses à ces interactions. Il convient aussi de signaler que l'échauffement se traduit par une modification de l'enveloppe thermique annuelle, qui détermine l'assemblage des espèces présentes, mais ne caractérise pas forcément les fortes températures.

Le sous-thème de l'échauffement de l'eau est lui aussi caractérisé par le croisement entre l'altitude du bassin et la pression sur les étiages, mais avec des coefficients différents affectés. Les degrés d'influence de la pression liée aux étiages ne changent pas :

|                             | Code degré | Signification     |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Pression liée à aux étiages | 1          | Influence faible  |
|                             | 2          | Influence moyenne |
|                             | 3          | Influence forte   |

Toutefois les degrés attribués aux altitudes du bassin versant sont inversés - l'ambiance thermique étant fonction de l'altitude, l'échauffement de la température de l'air est plus important dans les zones de basse altitude :

|                            | Code degré | Signification |
|----------------------------|------------|---------------|
| Altitude du bassin versant | 1          | HIGH          |
|                            | 2          | MID           |
|                            | 3          | LOW           |

Le croisement s'effectue de la manière suivante :

|                           |   | Altitude du bassin versant |       |       |
|---------------------------|---|----------------------------|-------|-------|
|                           |   | 1                          | 2     | 3     |
| Pression liée aux étiages | 1 | Faible                     | Moyen | Moyen |
|                           | 2 | Faible                     | Moyen | Fort  |
|                           | 3 | Moyen                      | Fort  | Fort  |

Un poids un peu plus important est donné à l'altitude du bassin versant. Il faut noter que ce croisement ne prend pas en compte certains cas particuliers comme les tronçons encaissés, les secteurs de gorges, l'orientation du cours d'eau ou l'ensoleillement du lit.

Parmi les facteurs aggravants, la faiblesse des réserves souterraines en territoire cristallin rajoute un poids supplémentaire :

|          |           |    |
|----------|-----------|----|
| géologie | siliceuse | +1 |
|----------|-----------|----|

Les autres critères sont des pressions liées à l'apport de nutriments qui sont corrélées aux fortes températures d'après nos précédents résultats de 2007. L'état de la ripisylve est croisé avec la largeur du cours d'eau comme évoqué précédemment :

|                                | Code degré | Signification     |
|--------------------------------|------------|-------------------|
| Etat de la ripisylve           | 1          | Impact faible     |
|                                | 2          | Impact moyen      |
|                                | 3          | Impact fort       |
| Pression morphologique         | 1          | Influence faible  |
|                                | 2          | Influence moyenne |
|                                | 3          | Influence forte   |
| Nitrates                       | 1          | Impact faible     |
|                                | 2          | Impact moyen      |
|                                | 3          | Impact fort       |
| Sensibilité à l'eutrophisation | 1          | oui               |
|                                | 0          | non               |
| Pollutions urbaines            | 1          | oui               |
|                                | 0          | non               |

### ► Evaluation de la sensibilité à la température

Le score affecté au thème totalise 30 points dont 15 points par sous-thèmes (variabilité de température et échauffement).

L'analyse constitue une première approche permettant de hiérarchiser les masses d'eau ou les territoires entre eux mais peut s'avérer restrictive par rapport à certaines influences qui pourraient être sous-estimées : influence karstique, relation avec la nappe, orientation du cours d'eau, zones de gorges, influence des barrages hydroélectriques, influences des retours d'irrigation, etc...

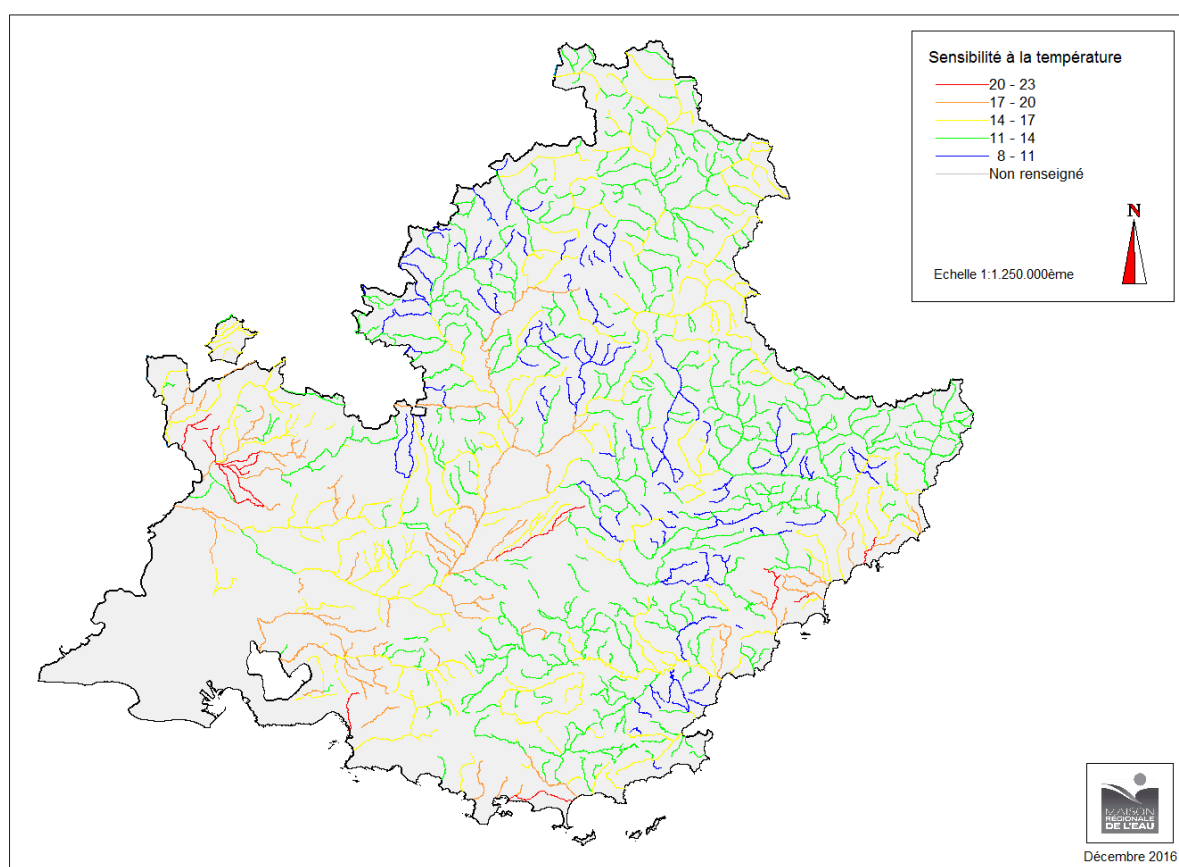


Figure 12 : Sensibilité des masses d'eau PACA à la température de l'eau

Un score maximal de 23 points est obtenu pour une seule masse d'eau qui est *La Meyne / Mayre de Raphelis / Mayre de Merderic (FRDR1251)*.

6 autres masses d'eau atteignent le score de 21 points dont une majorité située sur le territoire des Sorgues, de l'Ouvèze vauclusienne et du Sud Est Mont Ventoux. Les autres masses d'eau sont des petits cours d'eau côtiers :

|           |  |          |                                 |
|-----------|--|----------|---------------------------------|
| FRDR11034 | ruisseau des aygalades   | LP_16_07 | Littoral Marseille - Cassis     |
| FRDR115   | L'Eygoutier  | LP_16_02 | Côtiers Ouest Toulonnais        |
| FRDR11419 | rivière la seille  | DU_11_08 | Ouvèze vauclusienne             |
| FRDR10243 | rivière la sorguette   | DU_11_03 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux |
| FRDR384c  | Sorgue de Velleron, du Partage des Eaux à la confluence avec l'Ouvèze                                | DU_11_03 | La Sorgue                       |
| FRDR384d  | Grande Sorgue et Sorgue d'Entraigues, du Partage des eaux à la confluence avec la Sorgue de Velleron | DU_11_03 | La Sorgue                       |

6 masses d'eau atteignent le score de 20 points :

|           |   |          |                                 |
|-----------|---|----------|---------------------------------|
| FRDR10531 | ruisseau la bouillide   | LP_15_14 | Brague                          |
| FRDR251   | Le Colostre de sa source à la confluence avec le Verdon                 | DU_13_15 | Verdon                          |
| FRDR76b   | Le Paillons de Nice (du Paillons des Contes à la mer)                   | LP_15_11 | Paillons et Côtiers Est         |
| FRDR11445 | ruisseau le roubaud   | LP_16_02 | Côtiers Ouest Toulonnais        |
| FRDR11997 | rivière la mourachonne  | LP_15_13 | Siagne et affluents             |
| FRDR387b  | L'Auzon du pont de la RD 974 à la confluence avec la Sorgue de Velleron | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux |

Les petits cours d'eau côtiers sont là aussi assez bien représentés. Ils sont nombreux parmi les cours d'eau à score élevé. Les tributaires de l'étang de Berre (Arc et Touloubre) montrent aussi une certaine sensibilité à la température.

Plusieurs masses d'eau de la Durance présentent aussi des scores relativement élevés et notamment en Moyenne Durance y compris quelques cours d'eau de son bassin comme le Colostre (affluent du Verdon), le Bas Verdon, la basse vallée de la Bléone, le Jabron et le Largue.

La liste des masses d'eau dont le score est supérieur à 17/30 est consultable en **annexe 3**.

## b. L'hydrologie

### ► L'influence des étiages

Les étiages sont directement caractérisés dans la base de données SYRAH et au travers de trois degrés de pression :

|                           | Code degré | Signification     |
|---------------------------|------------|-------------------|
| Pression liée aux étiages | 1          | Influence faible  |
|                           | 2          | Influence moyenne |
|                           | 3          | Influence forte   |

Ce critère a été croisé avec la taille du bassin versant qui influe sur la pluie récoltée et le volume d'eau transitant par le cours d'eau :

|                          | Code degré | Signification |
|--------------------------|------------|---------------|
| Taille du bassin versant | 1          | L et XL       |
|                          | 2          | M             |
|                          | 3          | S             |

Le croisement donne un poids légèrement plus important à la pression liée à l'étiage qui caractérise directement le sous-thème :

|                          |   | Etiage |       |      |
|--------------------------|---|--------|-------|------|
|                          |   | 1      | 2     | 3    |
| Taille du bassin versant | 1 | Faible | Moyen | Fort |
|                          | 2 | Faible | Moyen | Fort |
|                          | 3 | Moyen  | Fort  | Fort |

La géologie siliceuse, et donc les faibles réserves d'eau souterraines, intervient comme un paramètre aggravant :

|          |           |    |
|----------|-----------|----|
| géologie | siliceuse | +1 |
|----------|-----------|----|

Les relations avec la nappe sont codées de la manière suivante :

|                          | Code degré         | Signification                       |
|--------------------------|--------------------|-------------------------------------|
| Taille du bassin versant | 0                  | pérenne drainant                    |
|                          | 1                  | temporaire drainant                 |
|                          | 2                  | pérenne perdant                     |
|                          | 3                  | temporaire perdant                  |
|                          | 0                  | en équilibre                        |
|                          | 0                  | indépendant de la nappe             |
|                          | Non renseigné (NR) | pas d'information / non qualifiable |



Le caractère *perdant* amplifie bien évidemment l'étiage. La base de données permet aussi de caractériser le caractère temporaire des écoulements, typologie rarement décrite mais qui pourtant, influence fortement la richesse taxonomique des milieux lotiques.

Enfin, la pression des prélèvements agit comme un facteur aggravant de l'étiage, même si elle devrait jouer aussi et probablement un rôle dans la caractérisation du niveau de l'étiage.

Elle est codifiée de la manière suivante :

|                           | Code degré | Signification     |
|---------------------------|------------|-------------------|
| Pression des prélèvements | 1          | Influence faible  |
|                           | 2          | Influence moyenne |
|                           | 3          | Influence forte   |

### ► Le caractère hydrodynamique

Ce sous-thème, difficile à caractériser par défaut de connaissances des pentes locales et des faciès d'écoulement associés, a été approché par les paramètres SYRAH connus. Nous avons utilisé la pente des masses d'eau en calculant la moyenne des pentes de chaque tronçon SYRAH de la masse d'eau. Les valeurs de pente moyenne obtenue ont été rangées dans trois catégories :

|                  | Code degré | Signification       |
|------------------|------------|---------------------|
| Pente du lit (%) | 1          | $p < 4\%$           |
|                  | 2          | $4\% \leq p < 10\%$ |
|                  | 3          | $p \geq 10\%$       |

La pente est ensuite associée à la taille (= largeur) du cours d'eau pour approcher la notion de puissance de cours d'eau. La largeur, issue de la cartographie des masses d'eau (2010), est codifiée selon trois degrés :

|                        |   |                     |
|------------------------|---|---------------------|
| Largeur du cours d'eau | 1 | Très grand          |
|                        | 2 | Grand               |
|                        | 3 | Très petit et petit |

Le croisement des deux critères donne l'avantage à la pente. Si elle est faible à très faible, la sensibilité sera faible, quel que soit le type de cours d'eau :

|                        |   | Pente  |       |       |
|------------------------|---|--------|-------|-------|
|                        |   | 1      | 2     | 3     |
| Largeur du cours d'eau | 1 | Faible | Moyen | Moyen |
|                        | 2 | Faible | Moyen | Fort  |
|                        | 3 | Faible | Fort  | Fort  |

Le caractère exogène d'une masse d'eau rajoute un critère aggravant. En effet, une masse d'eau exogène c'est-à-dire provenant d'une hydroécorégion voisine, transfère les caractères de cette hydroécorégion à l'hydroécorégion qu'elle traverse, et notamment des caractères liés à l'hydrodynamisme. Un coefficient +1 sera attribué pour les cours d'eau dit exogène.

La pression morphologique se traduit aussi souvent par une réduction de l'hydrodynamisme du cours d'eau et notamment par les contraintes imposées au lit du cours d'eau. Un coefficient +1 sera attribué pour les cours d'eau subissant une faible pression morphologique.

### ► *Evaluation de la sensibilité à l'hydrologie*

Le score total attribué est de 15 points dont 10 points attribués aux étiages qui ont un poids plus important dans la sélection des espèces. L'attribution de ces coefficients peut être représentée sur une carte :

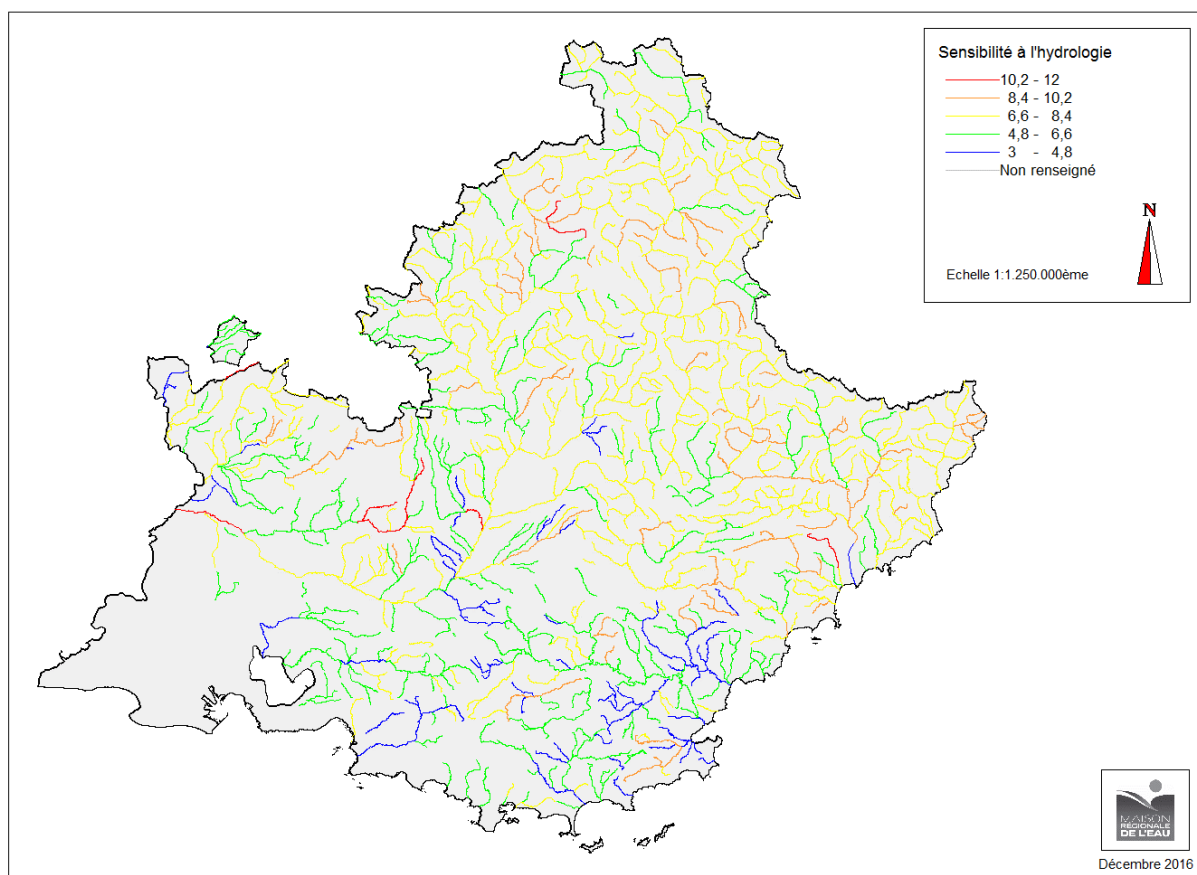


Figure 13 : Sensibilité des masses d'eau PACA à l'hydrologie

Seules 7 masses d'eau ont un score supérieur à 10. **Le Largue de la Laye à la confluence avec la Durance (FRDR268) et La Cagne amont (FRDR92a)** ont un score maximal de 12.

La Durance du Coulon à la confluence avec le Rhône (FRDR244), L'Aigue de la Sauve (aval Nyons) à la limite du département de la Drôme (FRDR401c), Le Coulon de sa source à Apt et la Doa (FRDR245a), le Torrent d'Ancelle (FRDR353c) et le ruisseau des granges (FRDR10390) ont un score égal à 11.

La plupart des masses d'eau possèdent des scores élevés à cause de la sévérité des étiages mais cumulent aussi avec des scores élevés liés à l'hydrodynamisme du cours d'eau comme le Coulon amont, le torrent d'Ancelle, le ruisseau des Granges ou la Cagne Amont. C'est le cas aussi d'une majorité de masses d'eau dont le score est compris entre 8 et 10 et qui se situent souvent en territoire montagnard : Ubaye, Guil, affluents haute et moyenne Durance, Haut Var.

Les scores de La Durance, du Coulon à la confluence avec le Rhône (11/15) et du Verdon du barrage de Chaudanne au Jabron (10/15) sont probablement surestimés et ne prennent pas en compte l'influence des grands barrages sur le débit ou le transport solide.

La liste des masses d'eau dont le score est supérieur à 8/15 est consultable en **annexe 4**.

### c. L'adaptation aux changements

#### ► Le déplacement des espèces

Les travaux les plus récents sur les espèces aquatiques et notamment sur les poissons montraient que des glissements biotypologiques<sup>1</sup> allaient probablement s'opérer (les espèces sténothermes d'eau froide ayant tendance à se déplacer vers l'amont). Le sous-thème propose de quantifier cette possibilité, certaines masses d'eau étant isolées notamment du grand réseau hydrographique du Rhône (Littoral PACA).

Un rang de Stralher bas indique une position apicale (tête de bassin versant ou de réseau) et/ou un réseau hydrographique peu étendu :

|                  | Code degré | Signification |
|------------------|------------|---------------|
| Rang de Strahler | 1          | rang 5 ou 6   |
|                  | 2          | rang 3 ou 4   |
|                  | 3          | rang 1 ou 2   |

<sup>1</sup> Glissement biotypologique : modification de l'appartenance d'une zone géographique à un des types écologiques définis dans un schéma d'organisation statistique de la biodiversité.

Le paramètre est croisé avec la taille du bassin versant qui peut permettre, en première approximation, d'approcher la densité du réseau hydrographique. La taille du bassin versant est codifiée de la manière suivante :

|                          | Code degré | Signification |
|--------------------------|------------|---------------|
| Taille du bassin versant | 1          | L et XL       |
|                          | 2          | M             |
|                          | 3          | S             |

Le croisement s'effectue avec la grille suivante laissant un léger avantage au rang de Strahler par rapport à la taille du bassin versant :

|                          |   | Rang de Strahler |        |       |
|--------------------------|---|------------------|--------|-------|
|                          |   | 1                | 2      | 3     |
| Taille du bassin versant | 1 | Faible           | Faible | Moyen |
|                          | 2 | Faible           | Moyen  | Fort  |
|                          | 3 | Faible           | Moyen  | Fort  |

Le score est ensuite complété par l'appartenance aux bassins Littoral PACA ou l'isolement de l'axe Durance – Rhône (+1) et la pression liée aux continuités écologiques notamment longitudinales. Un score de +1 sera attribué aux masses d'eau qui subissent une forte altération de leur continuité, selon les informations données par la base de données SYRAH.

### ► **Les zones refuge**

Ce sous-thème se propose de déterminer les possibilités offertes aux espèces à trouver une zone refuge temporaire :

- Hyporhéos, berges et sous berges, annexes fluviales et zones humides pour la température de l'eau.
- Milieux alluviaux, terrasses inondées, ripisylve, accès aux affluents pour les crues.

Un croisement équilibré est réalisé entre deux pressions essentielles pour caractériser les zones refuges : la pression liée à la continuité et notamment latérale (accès aux berges, accès à la zone alluviale, libre circulation...) et celle liée à la morphologie (qualité des fonds et colmatage, qualité des berges, intégrité des milieux alluviaux...). Ce sous-thème caractérise donc aussi les zones humides alluviales et les relations qu'elles entretiennent avec le cours d'eau.

Chacun des critères est codifié selon trois degrés d'influence (faible, moyenne et forte) :

|                      |   | Pression continuité |       |      |
|----------------------|---|---------------------|-------|------|
|                      |   | 1                   | 2     | 3    |
| Pression morphologie | 1 | Faible              | Moyen | Fort |
|                      | 2 | Moyen               | Moyen | Fort |
|                      | 3 | Fort                | Fort  | Fort |

Les autres critères sont liés à la nappe alluviale et la possibilité offerte aux espèces de se réfugier dans le sous-écoulement : indépendance avec la nappe (+1) et risque d'augmentation de la salinité au travers du débouché de la masse d'eau dans la mer (+1).

### ► *Evaluation de la sensibilité à la capacité d'adaptation et de déplacements*

Le score total est de 10 dont 5 points pour chaque sous-thème. Les résultats peuvent être représentés sur une carte de sensibilité :

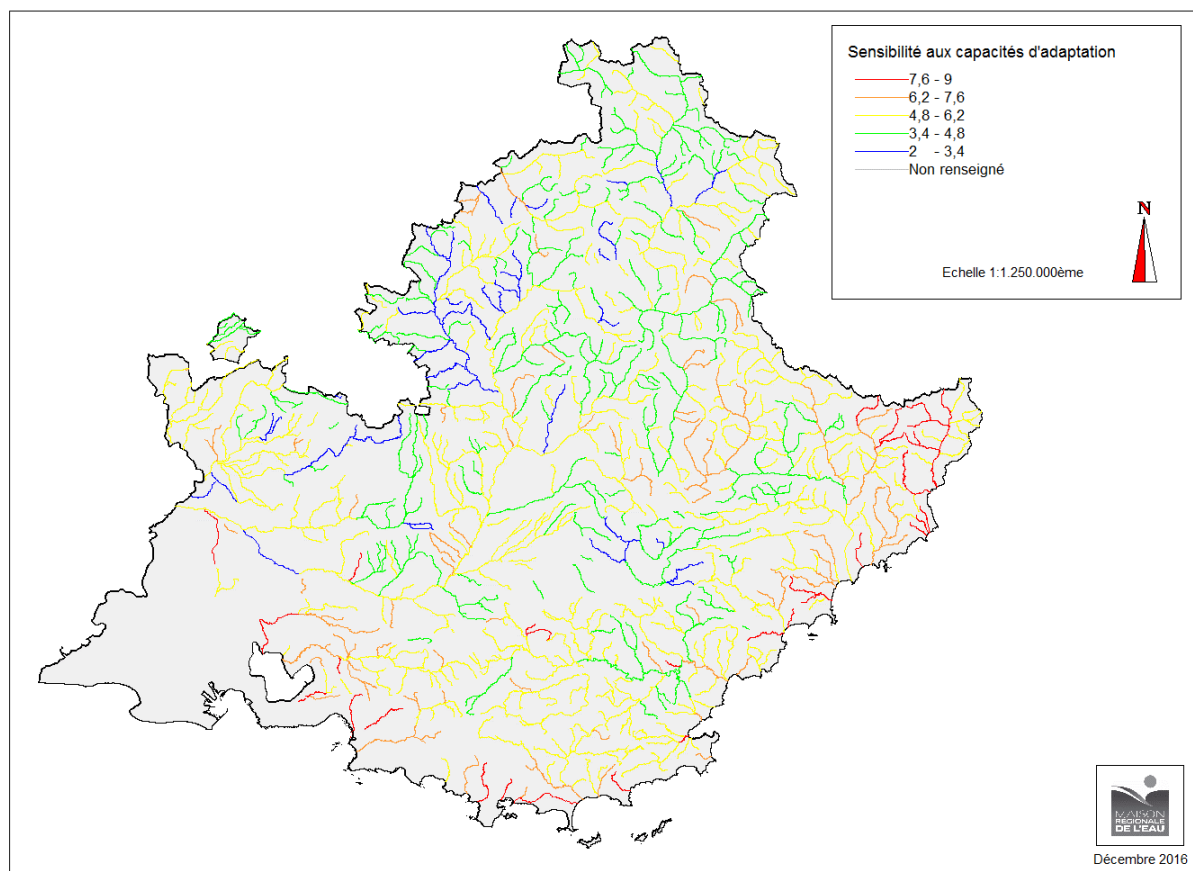


Figure 14 : Sensibilité des masses d'eau PACA à la capacité de s'adapter

Les petits cours d'eau côtiers apparaissent très nettement parmi les plus sensibles et notamment à cause des altérations morphologiques fréquentes et des continuités. Le département des Alpes Maritimes présente globalement de fortes sensibilités. Trois des quatre masses d'eau présentant le plus haut score (9/10) se situent dans les Alpes Maritimes et sur le littoral :

| Eu_cd     | Name                   | Ssbv     | Lib_ssbvpe                                       |
|-----------|------------------------|----------|--|
| FRDR11034 | ruisseau des aygalades | LP_16_07 | Littoral Marseille - Cassis                      |
| FRDR77    | Magnan                 | LP_15_11 | Paillons et Côtiers Est                          |
| FRDR11379 | torrent le borrigio    | LP_15_07 | Littoral Alpes - Maritimes - Frontière italienne |
| FRDR11660 | torrent de gorbio      | LP_15_07 | Littoral Alpes - Maritimes - Frontière italienne |

26 masses d'eau présentent un score de 8/10 dont une majorité de petits cours d'eau côtiers qui ont souvent de petits bassins versants et un réseau hydrographique assez peu étendu.

La liste des masses d'eau dont le score est supérieur à 6/10 est consultable en **annexe 5**.

#### 4) Bilan des sensibilités

Il est possible de caractériser la sensibilité des masses d'eau en leur affectant un score global pour l'ensemble des thèmes et sous-thèmes traités. Pour rappel, les thèmes et sous-thèmes n'ont pas le même score, donnant plus de poids au thème de la température de l'eau et à moindre mesure au sous-thème des étiages :

|              | Thèmes      | Sous-thèmes                     | Score max | Exposition | Vulnérabilité |
|--------------|-------------|---------------------------------|-----------|------------|---------------|
| Sensibilités | Température | Variabilité de la température   | 30        | 5          | 150           |
|              |             | Risque de réchauffement estival |           |            |               |
|              | Hydrologie  | Sévérité des étiages            | 15        | 5          | 75            |
|              |             | Hydrodynamisme                  |           |            |               |
|              | Adaptation  | Déplacement des espèces         | 10        | 5          | 50            |
|              |             | Zones refuges                   |           |            |               |

Le score global est de 55 points qui peut donner lieu à un indice global de sensibilité et qui permet d'établir la carte de sensibilités suivante :

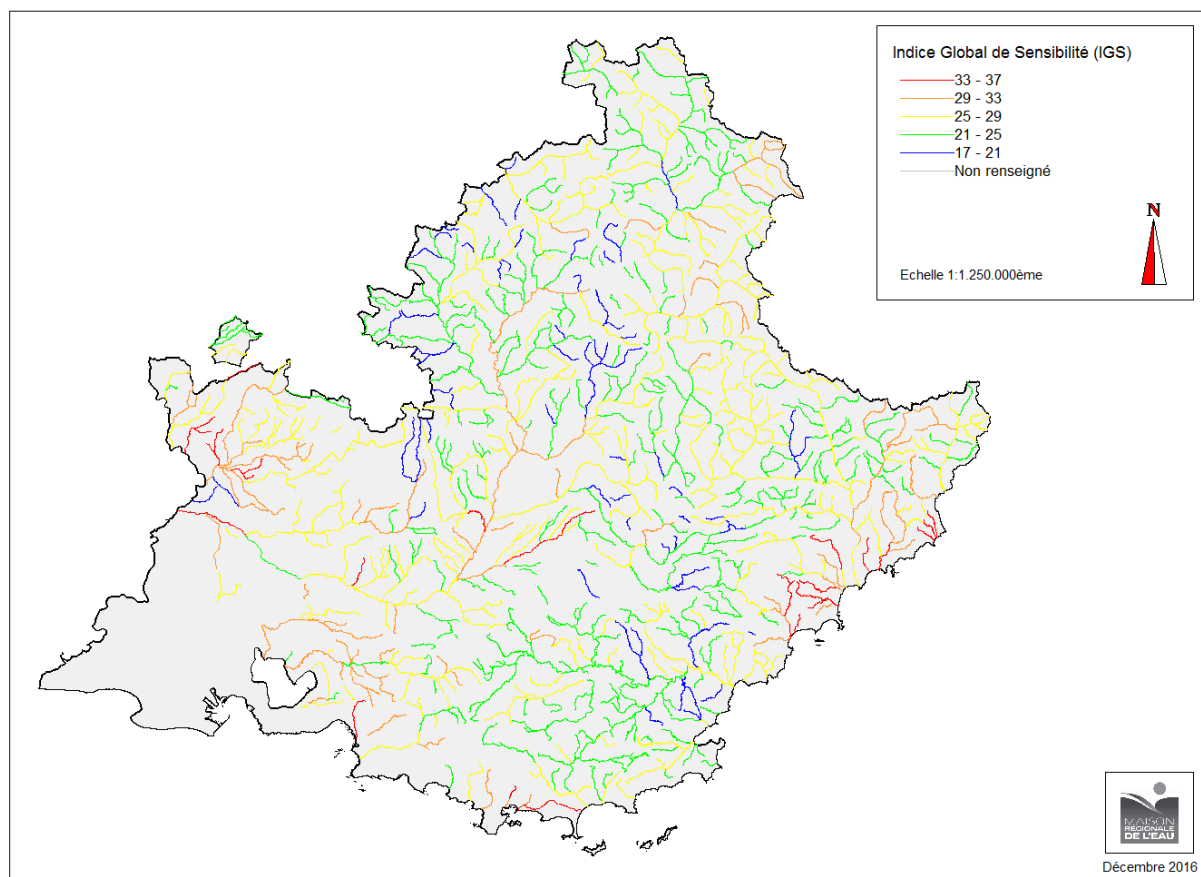


Figure 15 : Indice global de sensibilité des masses d'eau de la région PACA (température, hydrologie et capacités offertes pour s'adapter ou résister)

Deux masses d'eau seulement seraient considérées comme très sensibles et obtiennent un score maximal de 37 points. Il s'agit du **ruisseau des Aygalades (FRDR11034)** et l'**Eygoutier (FRDR115)**. Ces deux petits cours d'eau côtiers sont assez isolés et accumulent de multiples altérations dont de fortes altérations morphologiques dans les traversées des agglomérations de Marseille (13) et Toulon (83). Ils seraient sensibles à la température, à l'isolement de leur bassin versant et au faible nombre de zones refuge offertes.

Le ruisseau la Bouillide (FRDR10531), situé dans les Alpes Maritimes, est lui aussi très altéré et traverse la zone de Sophia Antipolis, au Nord d'Antibes. Son indice global de sensibilité atteint 36 points.

6 autres masses d'eau atteignent le score de 35 points :

|           |   |          |  |
|-----------|---|----------|--|
| FRDR11379 | torrent le borrigio                                     | LP_15_07 | Littoral Alpes - Maritimes - Frontière italienne |
| FRDR10085 | rivière la grande frayère                               | LP_15_13 | Siagne et affluents                              |
| FRDR11419 | rivière la seille                                       | DU_11_08 | Ouvèze vauclusienne                              |
| FRDR268   | Le Largue de la Laye à la confluence avec la Durance    | DU_13_11 | Largue   |
| FRDR251   | Le Colostre de sa source à la confluence avec le Verdon | DU_13_15 | Verdon   |
| FRDR1251  | La Meyne / Mayre de Raphelis / Mayre de Merderic        | DU_11_05 | Meyne  |

Enfin, les masses d'eau suivantes atteignent un score de 34 points et complètent la liste des cours d'eau identifiés en sensibilité très forte (classe rouge) sur la carte précédente :

|           |   |          |                                 |
|-----------|---|----------|---------------------------------|
| FRDR94    | La Brague   | LP_15_14 | Brague                          |
| FRDR116a  | Amont du Las  | LP_16_02 | Côtièrs Ouest Toulonnais        |
| FRDR11845 | torrent de laval                                      | DU_13_04 | Basse Durance                   |
| FRDR92a   | La Cagne amont  | LP_15_02 | Cagne                           |
| FRDR76b   | Le Paillons de Nice (du Paillons des Contes à la mer) | LP_15_11 | Paillons et Côtièrs Est         |
| FRDR95b   | La Siagne du parc d'activité de la Siagne à la mer    | LP_15_13 | Siagne et affluents             |
| FRDR10243 | rivière la sorguette                                  | DU_11_03 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux |

Globalement et à l'échelle de la région PACA, trois territoires s'individualisent parmi les masses d'eau les plus sensibles :

- La région du réseau des Sorgues et Sud du Mont Ventoux et jusqu'en basse Durance accumulant de nombreuses masses d'eau en sensibilité forte à très forte.
- La Moyenne Durance jusqu'au barrage de Serre-Ponçon et quelques affluents comme le Largue, la basse Bléone, le Colostre et le bas Verdon ou le Grand Anguillon.
- Plusieurs petits côtiers et notamment dans les Alpes Maritimes ainsi que les tributaires de l'étang de Berre.

Comme pour chaque thème, la liste des masses d'eau dont le score est supérieur à 30/55 est consultable en **annexe 6**.

## 5) Vulnérabilité des masses d'eau au changement climatique

La vulnérabilité globale sera obtenue par agrégation de trois sous-dimensions de vulnérabilité :

- Une vulnérabilité « température » qui croise les métriques de sensibilité à l'ensemble des trois métriques d'exposition thermique (température moyenne journalière, amplitude thermique journalière et température maximale journalière).
- Une vulnérabilité « hydrologie » qui croise les métriques de sensibilité à l'ensemble des deux métriques d'exposition liées à la pluie (période sécheresse et fraction précipitations intenses).
- Une vulnérabilité « adaptation » qui croise les métriques de sensibilité à l'ensemble des trois métriques d'exposition thermique (température moyenne journalière, amplitude thermique journalière et température maximale journalière).

La vulnérabilité globale sera la moyenne obtenue entre vulnérabilité « *température* », vulnérabilité « *hydrologie* » et vulnérabilité « *adaptation* », tous les scores étant ramenés à 100 points pour les trois sous-dimensions.



### a. Vulnérabilité à la température

La vulnérabilité à la température est obtenue en multipliant l'indice de sensibilité de chaque masse d'eau à la classe d'exposition du sous bassin (NORTAV, NORTXAV, NORTRAV). On obtient des scores compris entre 1 et 150 qui peuvent être représentés sur la carte suivante et selon 5 classes de même amplitude :

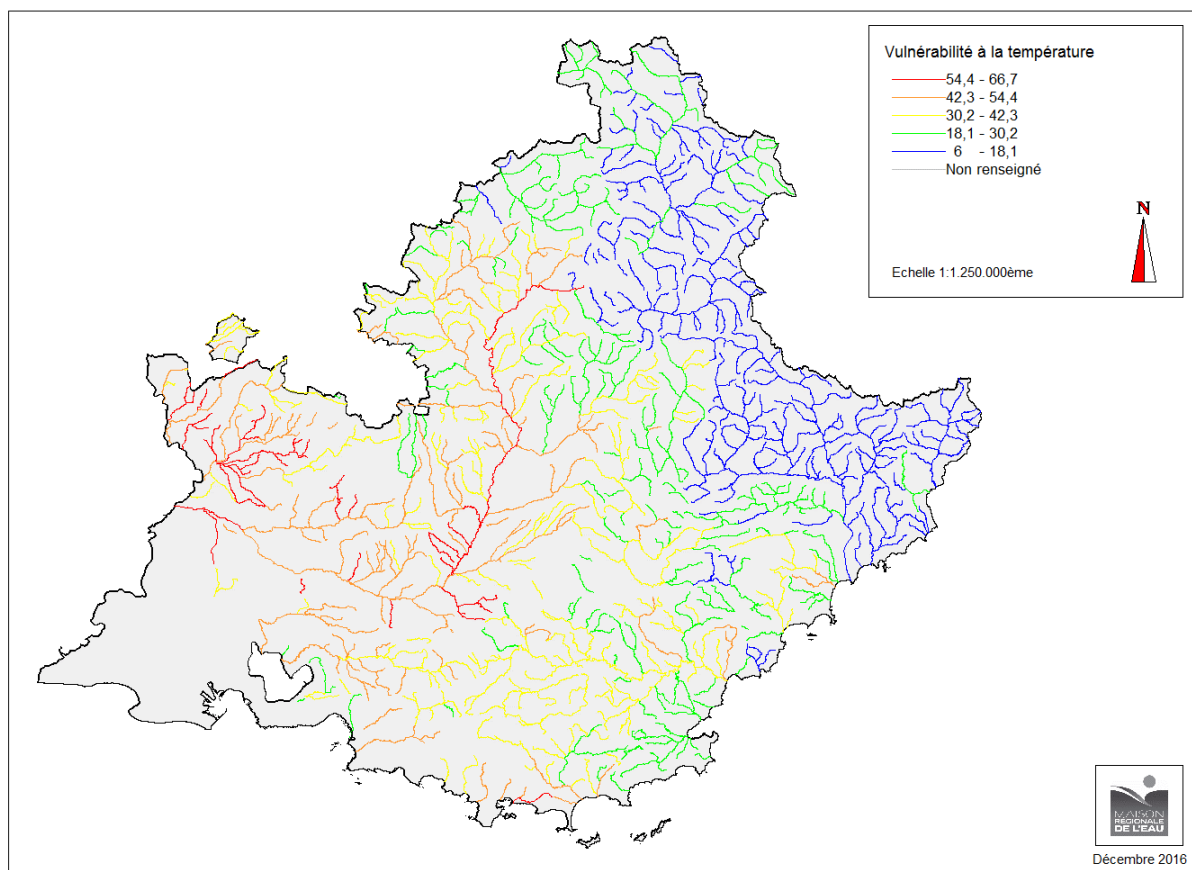


Figure 16 : Vulnérabilité des masses d'eau à la température

Le croisement montre globalement une augmentation de la vulnérabilité du Nord-Est vers le Sud-Ouest. La partie alpine de la région est assez préservée à cause du relief et d'une exposition moins importante. Les masses d'eau sont moins vulnérables, ce qui ne veut pas dire pour autant qu'aucun changement n'interviendra. A l'inverse, le plus haut score (66,7%) est obtenu pour **L'Auzon du pont de la RD 974 à la confluence avec la Sorgue de Velleron (FRDR387b)**.

Les territoires qui apparaissent les plus vulnérables sont :

- Les masses d'eau de la Durance, de Serre-Ponçon au Rhône et des affluents comme le Buech, le Jabron, le Largue, la basse vallée de la Bléone et de l'Asse, le Coulon. Bon nombre de masses d'eau présentaient déjà une sensibilité moyenne à forte sur ce territoire qui semblerait le plus exposé aux changements liés à la température.

- Le réseau du bassin des Sorgues et la partie Sud du Mont Ventoux dont les masses d'eau sont à la fois sensibles et exposées.
- Les tributaires de l'étang de Berre et les petits côtiers des Bouches du Rhône et du Var qui sont aussi sensibles et exposés. Les cours d'eau côtiers des Alpes Maritimes, malgré leur sensibilité, seraient moins exposés.
- A signaler une large part des masses d'eau du bassin versant de l'Argens qui présente une vulnérabilité moyenne car elles sont exposées.

## b. Vulnérabilité à l'hydrologie

Le croisement est réalisé avec l'exposition aux pluies intenses et à la sécheresse. Les résultats sont les suivants :

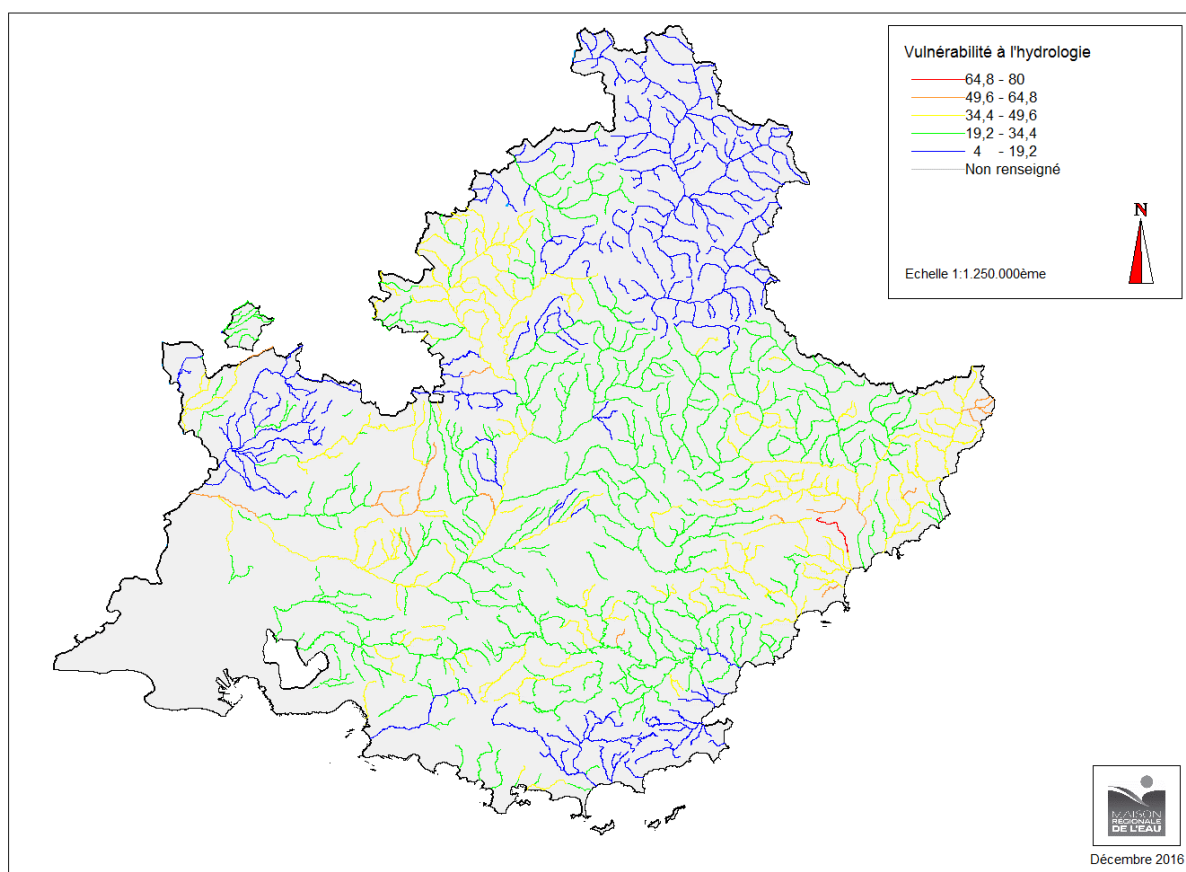


Figure 17 : Vulnérabilité des masses d'eau à l'hydrologie

Une seule masse d'eau présente un score élevé (80%). Il s'agit de la **Cagne amont (FRDR92a)** qui possède une assez forte pente et qui est exposée aux pluies intenses.

La masse d'eau subit aussi des étiages très sévères dans un territoire qui sera exposé à la sécheresse.

Le Largon, de la Laye à la confluence avec la Durance (FRDR268), déjà identifié parmi les bassins en déficit quantitatif, comme la Cagne, possède le deuxième plus haut score (64%).

12 autres masses d'eau et parmi les plus grands cours d'eau, peuvent être considérées comme vulnérables : Le Var de la Vesubie à Colomars (FRDR78a), la Durance du Coulon à la confluence avec le Rhône (FRDR244), l'Aigue de la Sauve (aval Nyons) à la limite du département de la Drôme (FRDR401c) ou le Coulon de sa source à Apt et la Doa (FRDR245a).

Les autres scores sont inférieurs à 50% (vulnérabilité moyenne), dont une part importante dans les Alpes Maritimes et dans le bassin du Buëch à cause de l'exposition à la sécheresse.

### c. Vulnérabilité à pouvoir s'adapter et se déplacer

Le croisement est là aussi réalisé avec l'exposition à la température en multipliant l'indice de sensibilité de chaque masse d'eau par la classe d'exposition du sous bassin (NORTAV-NORTXAV-NORTRAV).

Les résultats sont représentés sur la carte suivante :

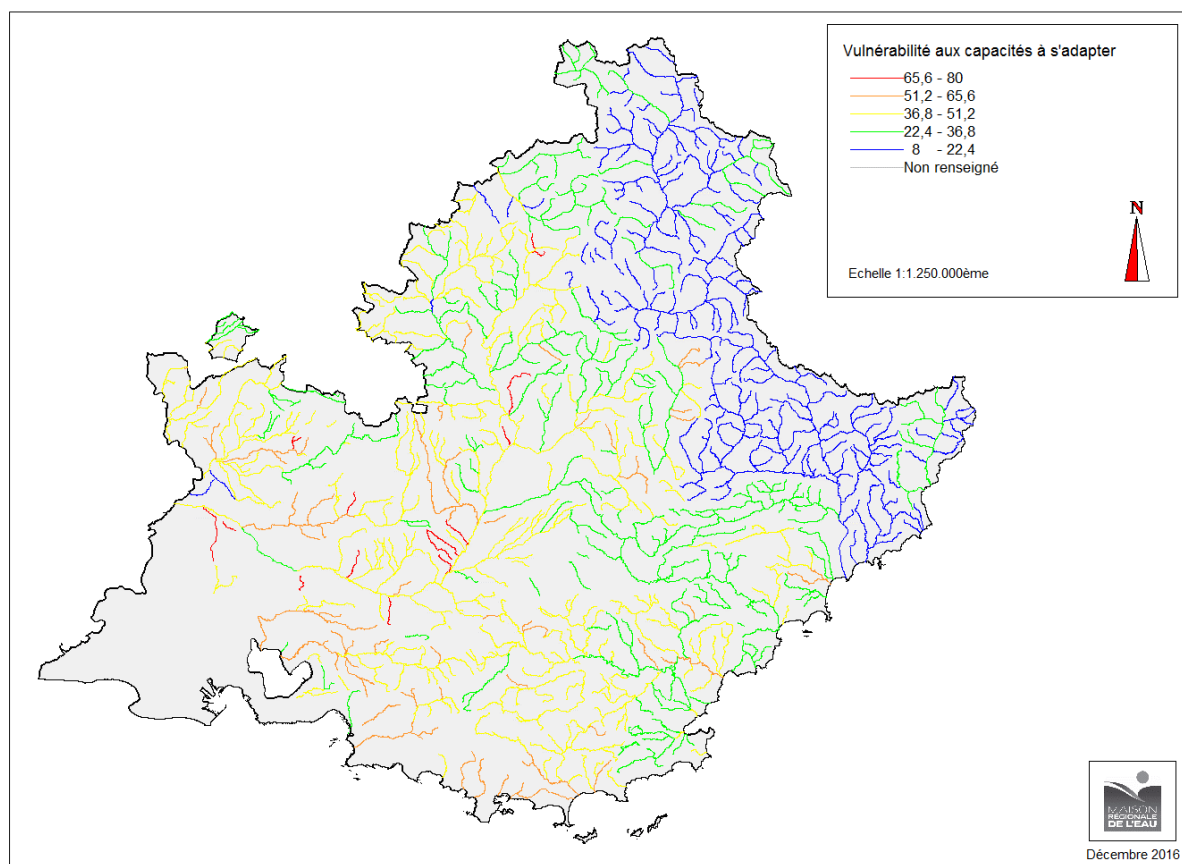


Figure 18 : Vulnérabilité des masses d'eau à l'adaptation et aux déplacements

Malgré l'isolement d'une majeure partie des bassins des Alpes Maritimes, la vulnérabilité des masses d'eau de ce territoire est faible grâce à une plus faible exposition.

Le plus haut score (80%) est obtenu pour le torrent de Laval et l'Anguillon, deux affluents de la Basse Durance. 12 autres masses d'eau sont identifiées très vulnérables dont trois petites masses d'eau du même territoire, deux masses d'eau d'un territoire voisin (Sud-Est Mont Ventoux et Calavon) et le reste appartenant au territoire de la moyenne Durance. Ce sont en générale de très petites masses d'eau et qui seront exposées aux changements de température.

Les autres scores sont inférieurs à 65% dont bon nombre de petits cours d'eau côtiers des Bouches du Rhône et du Var, ainsi que les masses d'eau du bassin versant de l'Argens.

#### d. Vulnérabilité globale

La moyenne des trois sous-dimensions (température, hydrologie et adaptation) permet de calculer le niveau de vulnérabilité global et d'établir la carte suivante, toujours selon cinq classes de même amplitude :

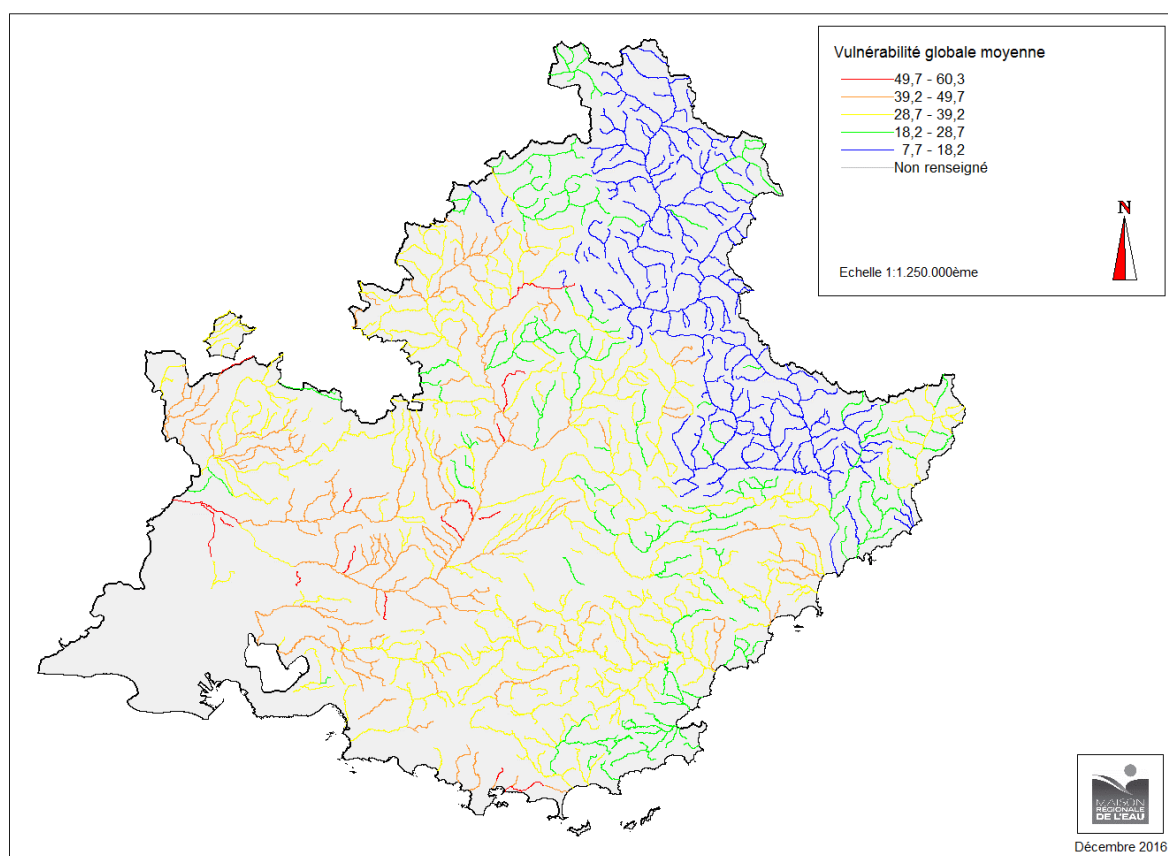


Figure 19 : Vulnérabilité moyenne globale

16 masses d'eau possèdent une vulnérabilité globale supérieure à 50%. Seulement deux masses d'eau possèdent une vulnérabilité légèrement supérieure à 60% :

- Le torrent de Laval (FRDR11845), petit affluent de la basse Durance qui est surtout vulnérable à cause de sa faible capacité à s'adapter aux changements et en second lieu de la température. La conjonction de ces deux vulnérabilités, couplée à une forte exposition aux changements liés à la température, explique ce plus haut score.
- Le Largue de la Laye à la confluence avec la Durance (FRDR268) est aussi un affluent de la Moyenne Durance vulnérable par son hydrologie et notamment ses étiages.

La liste des 16 masses d'eau identifiées comme très vulnérables est donnée dans le tableau suivant. Les codes couleur permettent d'identifier les vulnérabilités de premier rang (rouge) et de deuxième rang (orange) :

| Eu_cd     | Name  | Lib_ssbvpe               | vuln_temp% | vuln_hydro% | vuln_adapt% | vuln_globale % |
|-----------|---|--------------------------|------------|-------------|-------------|----------------|
| FRDR11845 | torrent de laval  | Basse Durance            | 63,3       | 37,3        | 80,0        | 60,2           |
| FRDR268   | Le Largue de la Laye à la confluence avec la Durance                    | Largue                   | 56,7       | 64,0        | 60,0        | 60,2           |
| FRDR10291 | le grand anguillon  | Basse Durance            | 56,7       | 37,3        | 80,0        | 58,0           |
| FRDR244   | La Durance du Coulon à la confluence avec le Rhône                      | Basse Durance            | 56,7       | 58,7        | 50,0        | 55,1           |
| FRDR401c  | L'Aigue de la Sauve (aval Nyons) à la limite du département de la Drôme | Eygues                   | 56,7       | 58,7        | 50,0        | 55,1           |
| FRDR115   | L'Eygoutier   | Côtièrs Ouest Toulonnais | 56,0       | 42,7        | 64,0        | 54,2           |
| FRDR11135 | ravin de drouye   | Moyenne Durance aval     | 60,0       | 32,0        | 70,0        | 54,0           |
| FRDR10989 | la valsette   | Moyenne Durance aval     | 53,3       | 37,3        | 70,0        | 53,6           |
| FRDR10636 | torrent le grand vallat   | Basse Durance            | 63,3       | 26,7        | 70,0        | 53,3           |
| FRDR11003 | rivière la riaille  | Calavon                  | 60,0       | 26,7        | 70,0        | 52,2           |
| FRDR10548 | ruisseau des carlats*   | Basse Durance            | 56,7       | 26,7        | 70,0        | 51,1           |
| FRDR10598 | ravin de la combe   | Moyenne Durance aval     | 50,0       | 42,7        | 60,0        | 50,9           |
| FRDR11276 | grand vallat de l'agoutadou*  | Basse Durance            | 50,0       | 32,0        | 70,0        | 50,7           |
| FRDR116a  | Amont du Las  | Côtièrs Ouest Toulonnais | 50,7       | 37,3        | 64,0        | 50,7           |
| FRDR11749 | riou de jabron  | Moyenne Durance amont    | 53,3       | 26,7        | 70,0        | 50,0           |
| FRDR11455 | ruisseau la gaude   | Eygues                   | 63,3       | 26,7        | 60,0        | 50,0           |

**Figure 20 : Tableau des 16 masses d'eau les plus vulnérables et scores associés**

Sur les 16 masses d'eau, 12 d'entre elles possèdent une vulnérabilité forte pour ses faibles capacités à s'adapter face aux changements climatiques. La température de l'eau joue aussi un rôle important mais souvent secondaire.

Plusieurs masses d'eau appartiennent aux bassins de la Moyenne et Basse Durance qui sembleraient particulièrement exposés aux températures.

Les territoires de haute montagne sembleraient moins vulnérables. Néanmoins, de faibles changements peuvent initier de fortes incidences, notamment sur les taxons sténothermes d'eau froide, c'est-à-dire ne supportant que de faibles variations de température.

La liste des masses d'eau identifiées comme vulnérables est donnée en **annexe 7**.

## VI. REPARTITION DE LA VULNERABILITE GLOBALE

La carte suivante donne la répartition des niveaux de vulnérabilité dans les trois hydroécorégions (HER) de PACA :

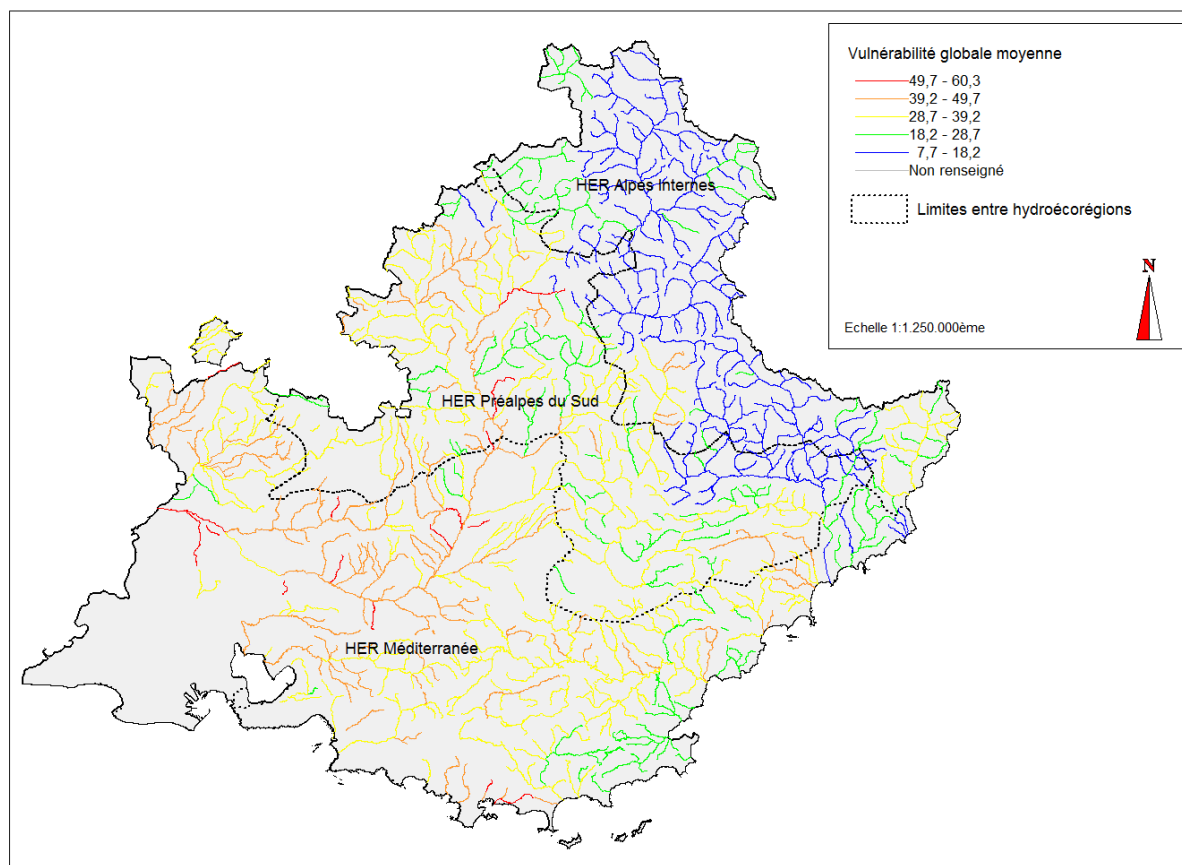
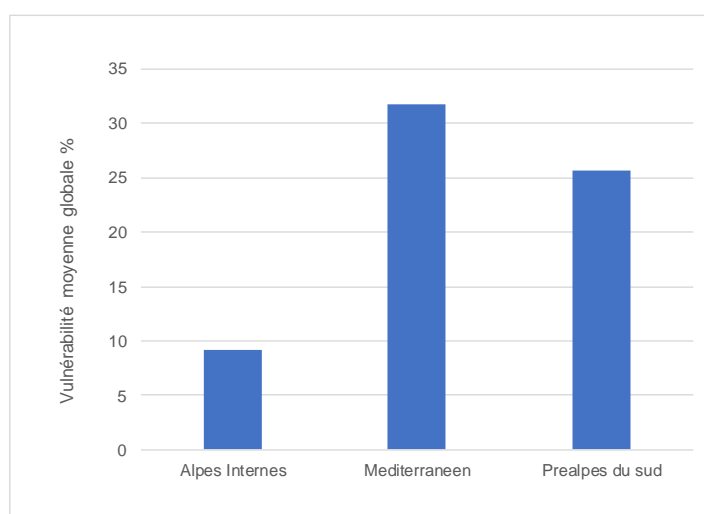


Figure 21 : Vulnérabilité moyenne globale et hydroécorégions de rang 1



Comme le montre le graphique ci-contre, la vulnérabilité moyenne des masses d'eau incluses dans l'HER Alpes Internes est assez faible et inférieure à 10%.

L'hydroécorégion Méditerranéenne présente la moyenne la plus élevée mais elle est assez proche de celle des Préalpes du Sud.

Figure 22 : Vulnérabilité moyenne par hydroécorégion

Dans l'HER Alpes Internes, les niveaux de vulnérabilité sont globalement faibles. Seuls les bassins de la Roya et du Haut Verdon s'individualisent et présentent une vulnérabilité moyenne. Quatre affluents du Haut Verdon présentent une vulnérabilité forte :

- Torrent le bouchier FRDR11976
- Torrent le chadoulin FRDR10444
- Riou d'ondres FRDR10662
- Ravin de saint-pierre FRDR11824

Dans l'HER Préalpes du Sud, seules deux masses d'eau présentent une très forte vulnérabilité (>50%) :

- La Valsette (FRDR10989) appartenant au sous bassin de la Moyenne Durance aval.
- Le Riou de Jabron (FRDR11749) appartenant au sous bassin de la Moyenne Durance amont.

Les masses d'eau de la Durance incluses dans cette hydroécocorégion ont aussi des scores élevés proches de 50% mais toutes ces masses d'eau sont fortement modifiées et notamment par la présence des aménagements hydroélectriques.

De nombreux cours d'eau du sous bassin du Buech dont le Petit Buech, présentent de fortes vulnérabilités.

Le bassin du Var est le seul territoire qui serait relativement épargné en présentant de très faibles vulnérabilités.

L'HER Méditerranée regroupe un nombre important de masses d'eau à forte et très forte vulnérabilité. Presque 80% des masses d'eau à forte ou très forte vulnérabilité sont des très petites masses d'eau.

## **VII. MASSES D'EAU VULNERABLES ET QUALITE DE L'EAU**

---

La reconquête de la qualité de l'eau et des milieux est l'objectif principal de la Directive Cadre Européenne sur l'eau. Elle est garante d'une capacité de résistance plus forte face aux changements climatiques à venir.

La comparaison des cartes suivantes permet de montrer l'état écologique actuel des masses d'eau identifiées comme vulnérables :



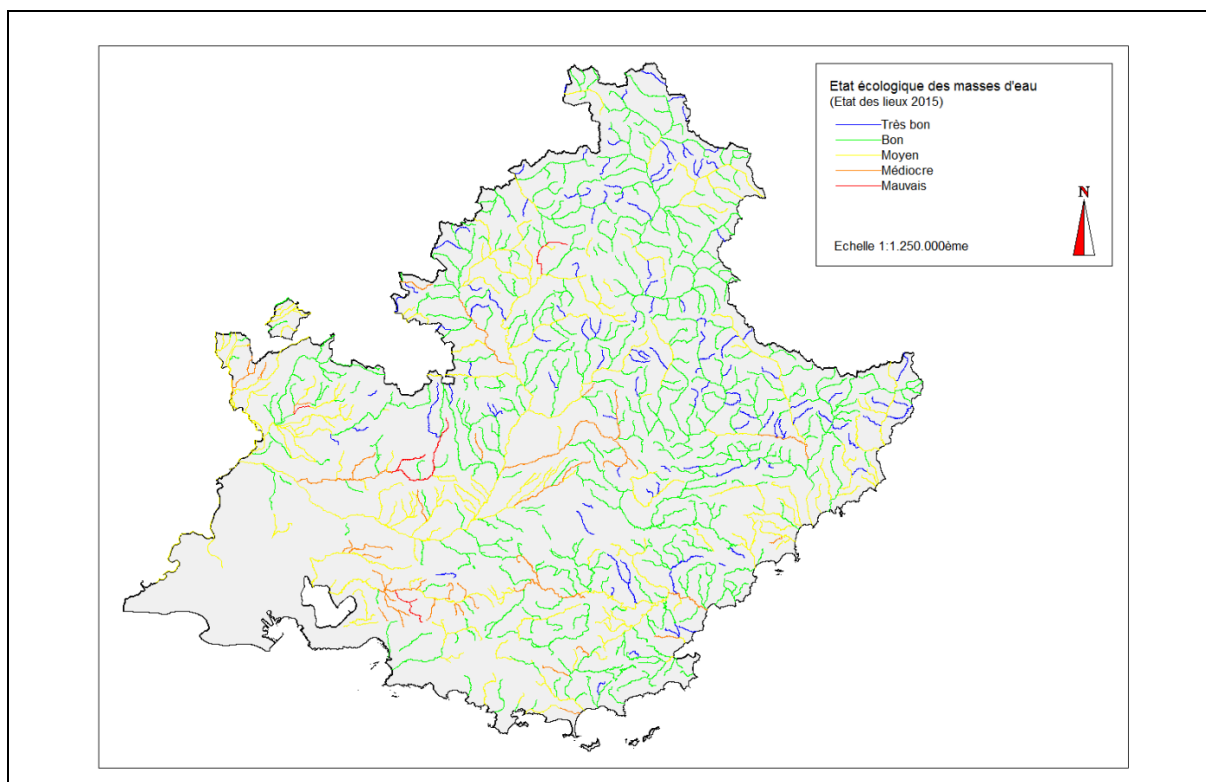


Figure 23 : Etat écologique des masses d'eau de PACA selon l'état des lieux du SDAGE de 2015

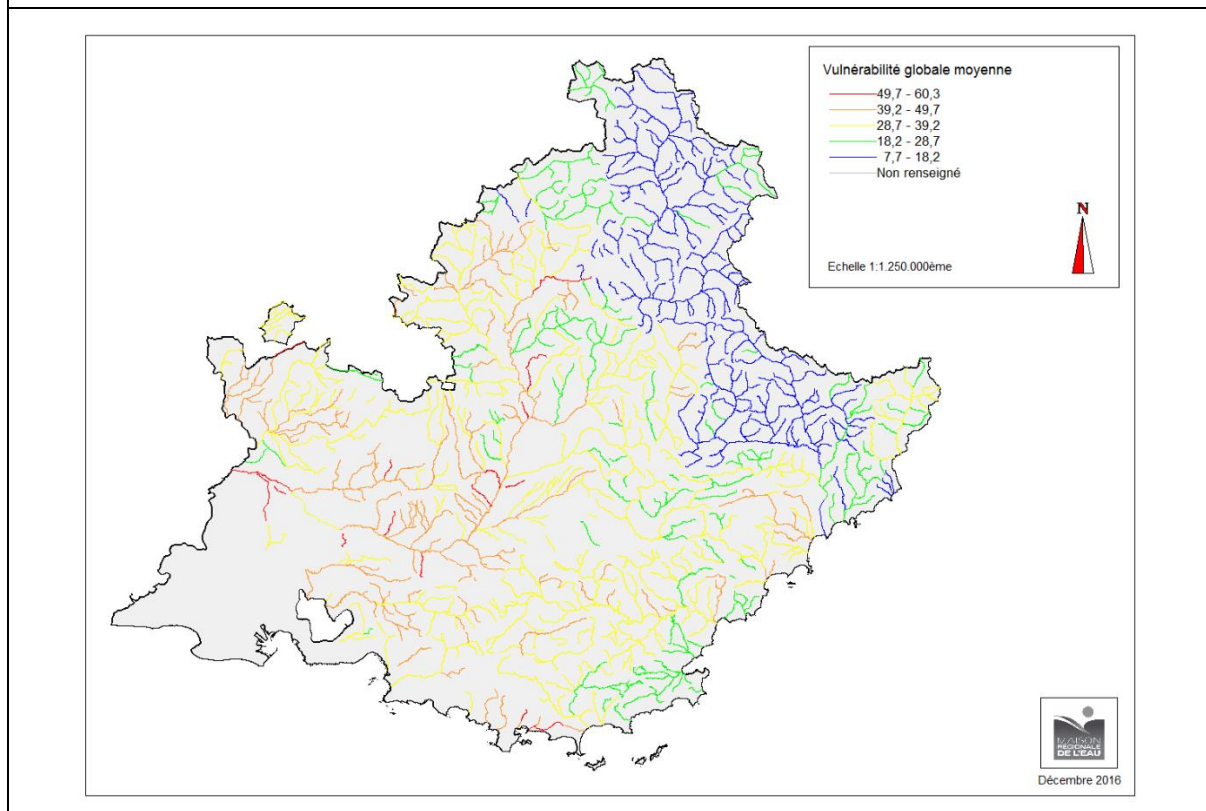


Figure 24 : Carte de la vulnérabilité moyenne globale issue de la phase 2



Plusieurs masses d'eau ou territoires en état écologique médiocre ou mauvais et susceptibles d'être vulnérables, peuvent être identifiés :

- Le Calavon et ses affluents en état écologique et chimique et considérés comme très vulnérables à vulnérables. La masse d'eau amont est vulnérable à cause de sa sensibilité au débit et à la température. La masse d'eau aval est plutôt sensible pour ses capacités d'adaptation qu'elle offre et en second lieu pour la température.
- Les sous bassins Sorgues, Nesque, Ouvèze vaclusienne, Meyne et Eygues avec bon nombre de masses d'eau en état écologique moyen ou médiocre et en état chimique mauvais. La vulnérabilité des cours d'eau de ces bassins vient en grande partie de leur sensibilité à la température et notamment l'échauffement.
- La basse et moyenne Durance en état écologique moyen avec un bassin très exposé aux changements et notamment d'un point de vue température. La Durance du canal EDF à l'Asse (FRDR275) est en état chimique mauvais.
- Le Buech est considéré en état écologique médiocre. Les masses d'eau de ce sous bassin sont aussi en majorité considérées comme vulnérables à cause des capacités d'adaptation qu'elles offrent et de leur sensibilité à l'hydrologie.
- Les bassins de la Touloubre et de l'Arc, tributaires de l'étang de Berre, qui présentent un mauvais état chimique. L'ensemble des masses d'eau considérées comme vulnérables le sont pour les faibles capacités d'adaptation qu'elles offrent.
- Les petits cours d'eau côtiers des Alpes Maritimes et leurs affluents, pour la plupart en état écologique moyen et vulnérables à cause de leur sensibilité à l'hydrologie.

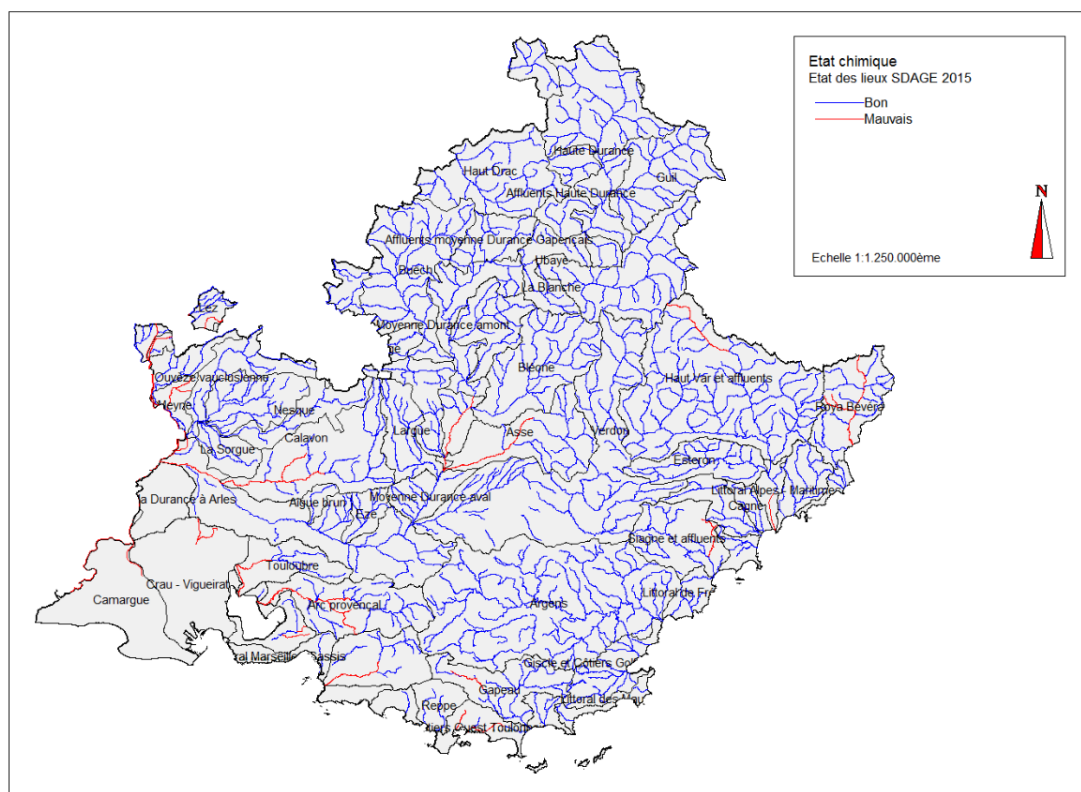


Figure 25 : Etat chimique des masses d'eau d'après l'état des lieux SDAGE de 2015

## **VIII. DES COMPLEMENTS A APPORTER**

---

Parmi les limites énumérées en début de phase 2, nous avons évoqué celles imposées par les bases de données existantes qui ont été élaborées, pour la plupart, dans le but d'atteindre le bon état écologique et chimique des eaux. L'analyse de phase 2 révèle aussi des lacunes sur des variables et critères très structurants d'un point de vue de la faune aquatique comme la température de l'eau, les étiages ou la pérennité de l'écoulement.

### **1) La température de l'eau**

Plusieurs fois relevée comme paramètre structurant pour la faune, la température de l'eau a été utilisée comme un des principaux thèmes de caractérisation de la sensibilité. Néanmoins, l'état des connaissances est encore très faible sur le régime thermique des cours d'eau ou des masses d'eau. L'apparition des enregistreurs thermiques et l'évolution de leur coût ont toutefois permis l'émergence de plusieurs suivis plus ou moins réguliers et aux objectifs très différents. Parmi les suivis en cours, nous pouvons citer :

- Les enregistrements réalisés sur les stations de suivi du réseau de surveillance de la DCE et pour les évaluations du bon état écologique et chimique.
- Des suivis départementaux mis en place par les Fédérations de pêche dans le cadre de la gestion piscicole et halieutique.
- Quelques observatoires comme celui porté par le Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance et dans le cadre d'une des actions du contrat de rivière.
- Des suivis spécifiques comme le suivi thermique de l'observatoire Apron.

Ces suivis thermiques sont difficiles à mettre en place et à maintenir dans la durée pour de multiples causes : vandalisme, vols, perte ou détérioration après une crue, engravement, défaut du matériel, effort de maintenance...

La donnée thermique, une fois acquise, n'est pas toujours exploitée ou partagée. Elle ne s'accompagne pas ou rarement d'une mesure du débit du cours d'eau.

Enfin, rares sont les suivis qui dépassent 10 années alors que la mise en évidence de changements climatiques ne peut s'effectuer que sur une très longue période (30 à 50 ans minimum). Le suivi pose aussi la question de la référence puisqu'il est probable que la température de bon nombre de cours d'eau ait déjà évolué. Il n'est pas non plus toujours facile d'identifier la part imputée au climat et celle imputée aux altérations ou à la gestion du cours d'eau, d'autant que les paramètres d'exposition ou l'influence de la température atmosphérique sont différents d'un cours d'eau à l'autre.

## 2) Les modifications du régime hydrologique

Comme les températures, les écoulements constituent un thème assez mal caractérisé malgré le réseau de stations hydrométriques. Techniquement, les étiages sont difficiles à enregistrer et les arrêts d'écoulement ou les assèchements ne sont pas toujours bien identifiés.

Il est très probable que le régime hydrologique de bon nombre de cours d'eau soit modifié par de nouvelles tendances climatiques : Influence nivale ou glaciaire moins forte voir disparue, périodes de crue décalées dans le temps, déficit hydrique prononcé en été, baisse de la durée d'écoulement, arrêts des écoulements précoces, modification de la loticité...

La carte suivante superpose les cours d'eau identifiés et en première approche, comme temporaires (MRE, 2011), et les projections climatiques concernant la période de sécheresse (Aladin RCP4.5) :

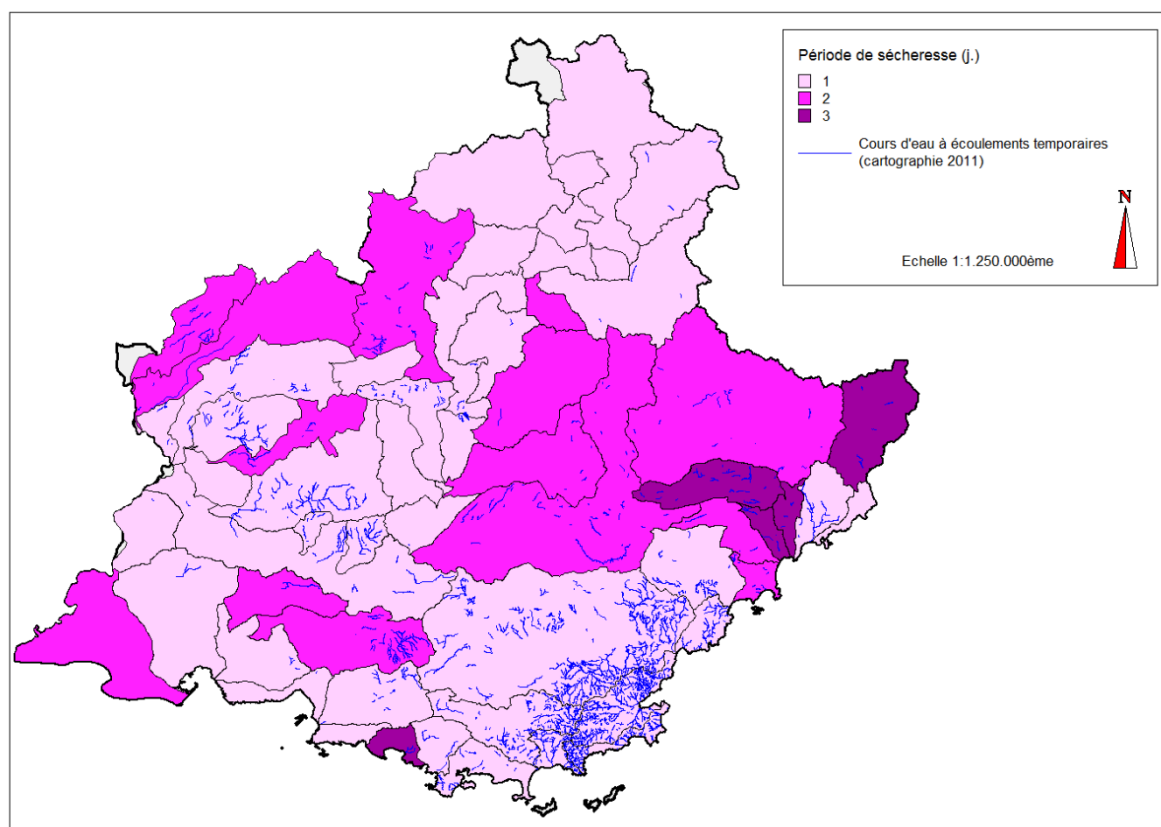


Figure 26 : Carte des cours d'eau temporaire et des projections en termes de période de sécheresse (Scénario RCP4.5)

La partie Maures Esterel, qui comprend bon nombre de vallons humides ou de cours d'eau intermittents et temporaires à très fortes valeurs patrimoniales, ne semble pas être la zone la plus touchée. Néanmoins, ces milieux sont très sélectifs. De faibles changements pourraient se traduire rapidement par de fortes modifications de richesse faunistique.

Les sous bassins de l'Esteron et de la Cagne comptent pas mal de cours d'eau temporaires qui risquent d'être impactés par des périodes d'assèchement plus longues ou plus précoces. Plus largement, les cours d'eau temporaires sur calcaire des Préalpes de Grasse et du plateau de Canjuers seraient aussi affectés ainsi que ceux du sous bassin Arc Provençal.

Des petits cours d'eau à régime permanent risquent de glisser vers le type temporaire ce qui aura probablement de fortes conséquences sur la richesse du cours d'eau.

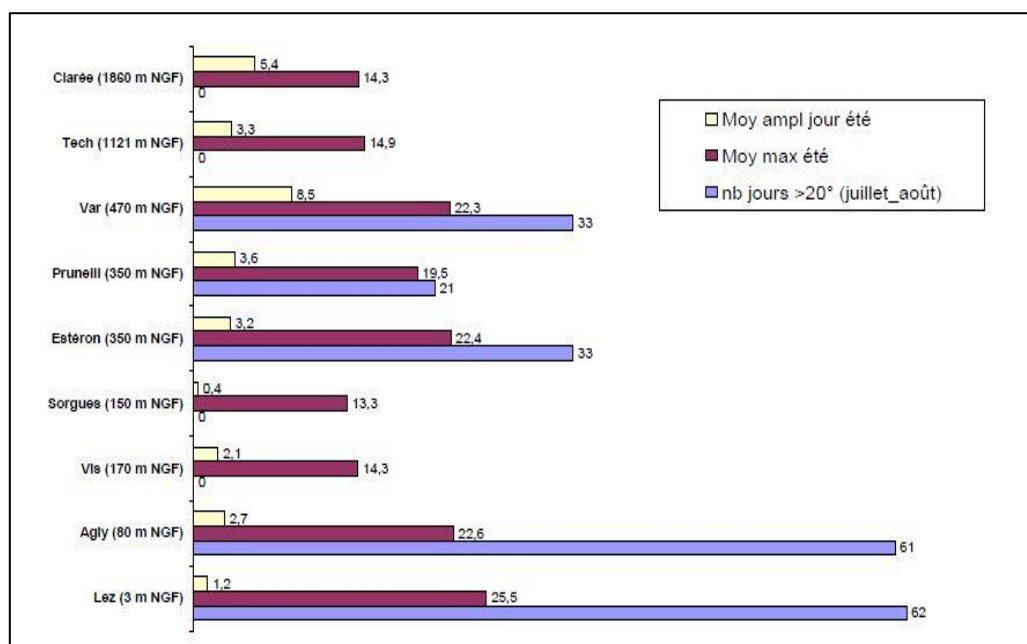
Des cours d'eau temporaires risquent aussi d'évoluer vers le type intermittent.

Ces évaluations sont très probablement sous-estimées dans les évaluations produites et il manque, à l'heure actuelle, une cartographie complète et exhaustive de ces cours d'eau. Elle doit être fondée sur des critères quantifiables comme la durée de l'écoulement ou la date d'arrêt de l'écoulement.

### 3) Masses d'eau superficielles et souterraines

Les relations masses d'eau superficielles et souterraines constitue probablement un enjeu important en termes de capacité de résistance offerte aux espèces et notamment d'un point de vue thermique. Elles résument aussi toutes les interactions possibles entre zones humides et cours d'eau au travers des plaines alluviales et bordures de cours d'eau.

Les masses d'eau souterraines ont souvent un rôle de tampon thermique comme c'est le cas sur les cours d'eau de type karstique ou à proximité des sources. Les eaux sont fraîches, même en été, et les amplitudes thermiques faibles :



**Figure 27 : Comparaison de différents régimes thermiques de cours d'eau sous climat méditerranéen (données du Réseau Hydrobiologique et Piscicole, 2010)**

Un croisement peut être établi entre les principaux karsts de la région (identifiés à partir de la cartographie des masses d'eau souterraines) et l'exposition à la température. La température des sources issues de ces karsts est souvent fraîche et très constante. Elle est considérée comme très proche de la température moyenne annuelle atmosphérique où se situe le karst. La carte suivante établit visuellement ce croisement :

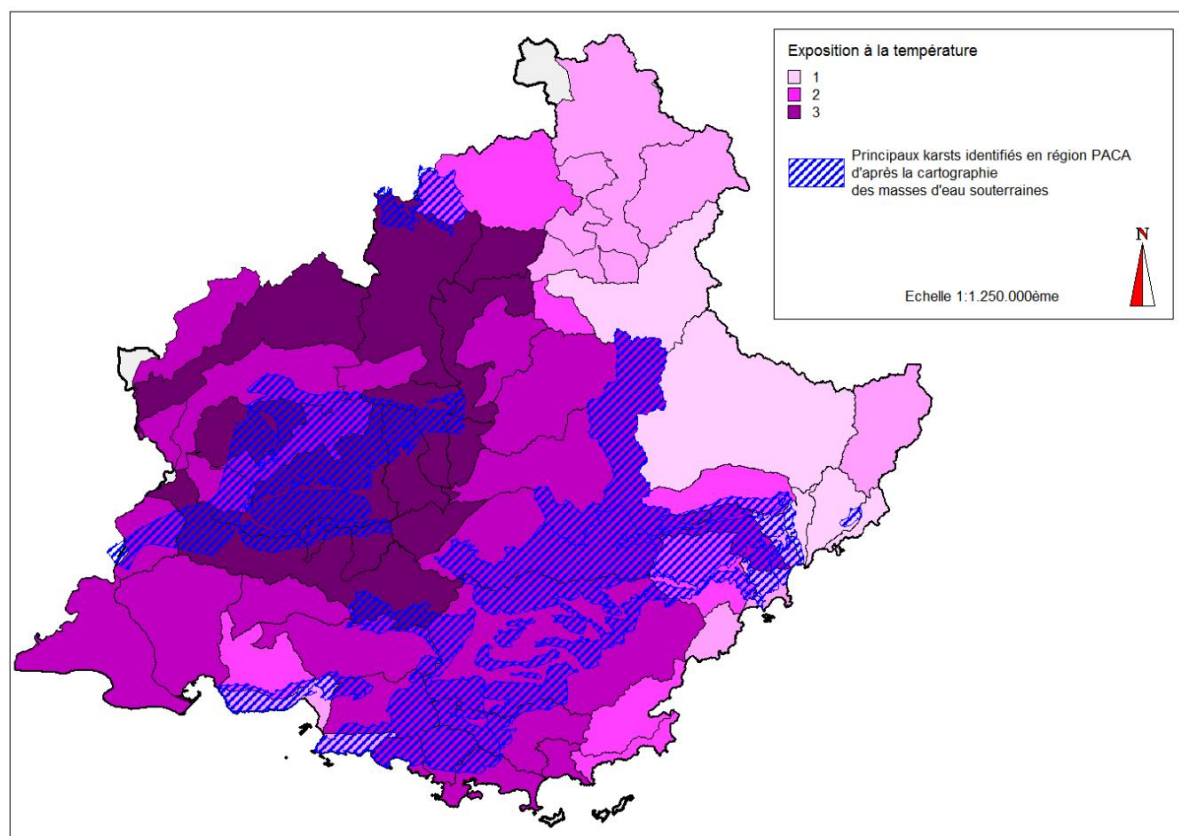


Figure 28 : Croisement entre principaux karsts de la région PACA et exposition à la température

La masse d'eau souterraine la plus exposée et en totalité serait représentée par les calcaires sous couverture synclinal d'Apt (FR\_D0\_226). Il s'agit d'un aquifère captif dont l'impluvium supposé serait les calcaires affleurant au Nord et au Sud de la Vallée du Coulon sur les masses d'eau des calcaires urgoniens du plateau de Vaucluse et de la Montagne de Lure et des calcaires crétacés de la montagne de Lubéron. Le synclinal d'Apt n'assure pas de soutien d'étiage au Calavon, néanmoins les prélèvements d'Apt dans ce système aquifère permettent de soulager ceux faits sur le Calavon, masse d'eau déjà identifié vulnérable.

Les formations gréseuses et marno-calcaires tertiaires dans BV Basse Durance (FR\_D0\_213) sont aussi très exposées mais cet aquifère renferme des réserves plutôt faibles. Le domaine plissé des bassins versants Haute et moyenne Durance ainsi que les calcaires urgoniens du plateau de Vaucluse et la Montagne de Lure, dont Fontaine de Vaucluse est l'exutoire principal, sont aussi exposés. Ils alimentent un cortège de cours d'eau déjà identifiés comme vulnérables : réseau des Sorgues, Nesque, Largue, affluents de la moyenne Durance aval.

Albert (2016), dans son mémoire de VAE, a étudié l'évolution des peuplements de macro invertébrés benthiques de la Sorgue amont entre 1988 et 2014. La première conclusion est la disparition des plécoptères Dinocras à partir des années 1990 mais cette disparition est plutôt mise en relation avec une évolution de la qualité de l'eau. Il note aussi que la structure du peuplement évolue significativement à partir de 2003, année de la canicule, et montre, dans les années qui suivent, la réponse structurelle des communautés lors de la période sèche 2005-2008.

A l'heure actuelle, exurgences et résurgences sont très mal connues et recensées. Elles ne sont ni identifiées dans la cartographie des masses d'eau ni dans celle des zones humides et si les sources de forte puissance et leur rôle pour les systèmes qu'elles alimentent, sont relativement bien connus, ce n'est pas le cas pour de nombreuses petites sources karstiques de plus faible puissance, qui ont probablement déjà disparu par assèchement. Ces milieux ont un rôle important en termes de biodiversité car ils abritent très souvent des espèces spécialisées de ce type de milieu. Leur stabilité hydrologique en fait aussi souvent des réservoirs biologiques pour les poissons ou les invertébrés.

D'un point de vue des aquifères alluviaux, les relations nappes – rivières sont plus complexes et peu de données caractérisent ces interactions. La base de données « *nappes* » de l'Agence de l'Eau, utilisée précédemment pour les évaluations de vulnérabilité est une première approche.

Des études récentes réalisées sur la Durance (Etude exploratoire de la nappe de la Durance, SMAVD, 2015) permettent aussi d'améliorer la connaissance sur ces relations. Elle a permis par exemple de montrer que l'alimentation provient principalement de recharges issues des karsts latéraux. Les prévisions de baisse des débits moyens annuels et des débits d'étiage n'aura donc qu'un impact secondaire sur la nappe. Elle a permis aussi d'identifier les secteurs de recharges et de décharges de la nappe qui peuvent être considérés, d'un point de vue écologique, comme autant de secteurs refuges pour les espèces d'eau froide.

Quid aussi des nappes d'eau alluviales de la frange littorale où le rapport de force eau douce - eau salée dépend fortement de la quantité de pluie récoltée sur le bassin versant ou des résurgences de nappe à proximité des lits de cours d'eau (adoux ou freydières).



#### 4) Evolutions d'usages

Trois champs issus de la base de données pression de l'Agence de l'Eau ont été utilisés afin d'évaluer les évolutions d'usage sur le territoire régional et au travers de thèmes liés aux pollutions urbaines et aux scénarios d'évolution des prélèvements en eau. Ces évolutions seront comparées aux évaluations de vulnérabilité :

| Scenevol          | Classe du scénario d'évolution de la population                        |
|-------------------|--|
| urbain_evol       | Pollution urbaine et industrielle ajustée avec le scénario d'évolution |
| prelevements_evol | Prélèvements ajustés avec le scénario d'évolution                      |

Chaque paramètre a été codifié selon trois degrés d'influence :

| Code degré | Signification     |
|------------|-------------------|
| 1          | Influence faible  |
| 2          | Influence moyenne |
| 3          | Influence forte   |

La carte suivante présente les évolutions probables des pollutions urbaines issues de la base de données « pression » de l'Agence de l'Eau (pollution urbaine et industrielle ajustée avec le scénario d'évolution de la population) :

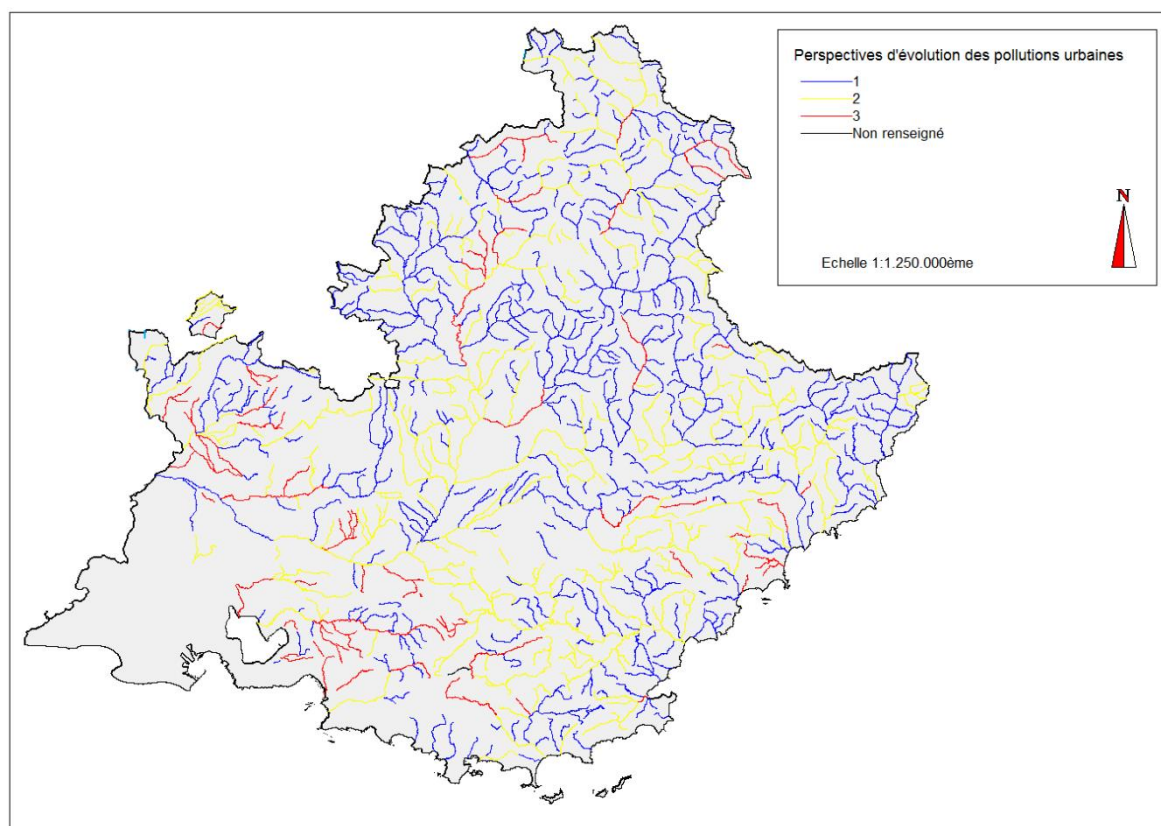


Figure 29 : Evolution de l'influence des pollutions urbaines et industrielles (d'après les données Agence de l'Eau)

De fortes influences apparaîtraient :

- Sur les bassins Nesque, Sorgues et Calavon.
- En moyenne Durance et affluents haute et moyenne Durance.
- Sur les tributaires de l'étang de Berre et en particulier sur le bassin de l'Arc.
- Sur les côtières ouest des Alpes Maritimes.

On retrouve ici des bassins qui sont identifiés comme vulnérables aux changements climatiques, qui sont dans un état écologique et chimique moyen à mauvais et dont les perspectives de développement ne vont pas dans le sens de l'amélioration. La carte suivante présente les évolutions probables des prélèvements d'eau issues de la base de données « *pression* » de l'Agence de l'Eau (prélèvement ajustée avec le scénario d'évolution de la population) :

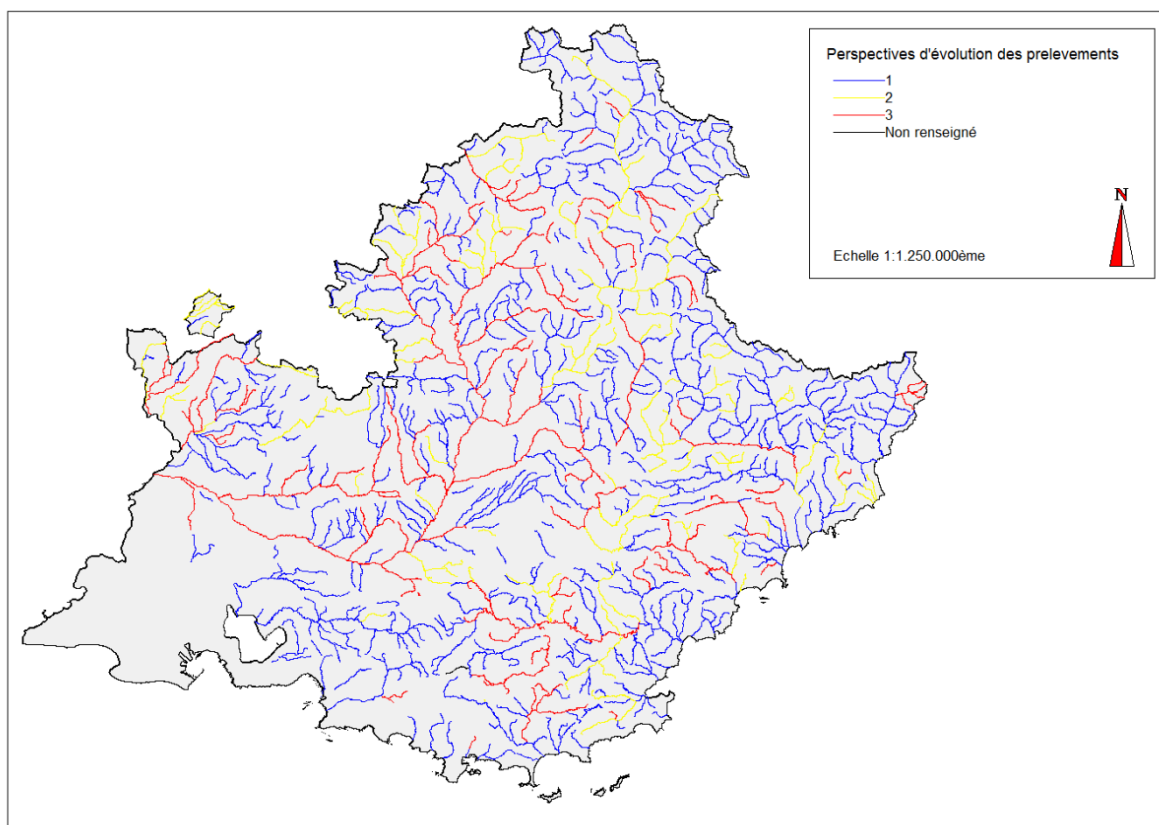


Figure 30 : Evolution de l'influence des prélèvements (d'après les données Agence de l'Eau)

La position des masses d'eau influencées est plus diffuse mais montre, encore une fois, que le bassin de la Durance pourrait être sensible à une plus forte sollicitation de la ressource en eau. Les masses d'eau du bassin de l'Argens, de la Siagne, du Loup, de la Cagne et de l'Estéron semblent aussi s'individualiser. Là aussi, ces bassins sont identifiés comme vulnérables et déjà très sensibles aux débits d'étiage et notamment les bassins du Loup et de la Cagne qui sont déjà très sollicités.



## **IX. DESCRIPTION DE QUELQUES TERRITOIRES OU MILIEUX**

---

### **1) Choix des territoires ou milieux**

A l'issue des évaluations de vulnérabilités et des compléments que l'on peut apporter « à dire d'experts », sept territoires ou milieux se distinguent :

- La Durance et ses affluents et notamment la moyenne et basse partie.
- Le réseau des Sorgues, La Nesque, l'Ouvèze vauclusienne et la Meyne.
- Les petits cours d'eau côtiers.
- La Cagne et le Loup.
- Le bassin Arc provençal et la Touloubre.
- Les cours d'eau à écoulement temporaire et intermittent.
- Les sources et têtes de bassin.

Ils constituent tous des territoires ou des milieux prioritaires en termes d'action ou de suivis et qui peuvent être considérés comme vulnérables aux changements climatiques.

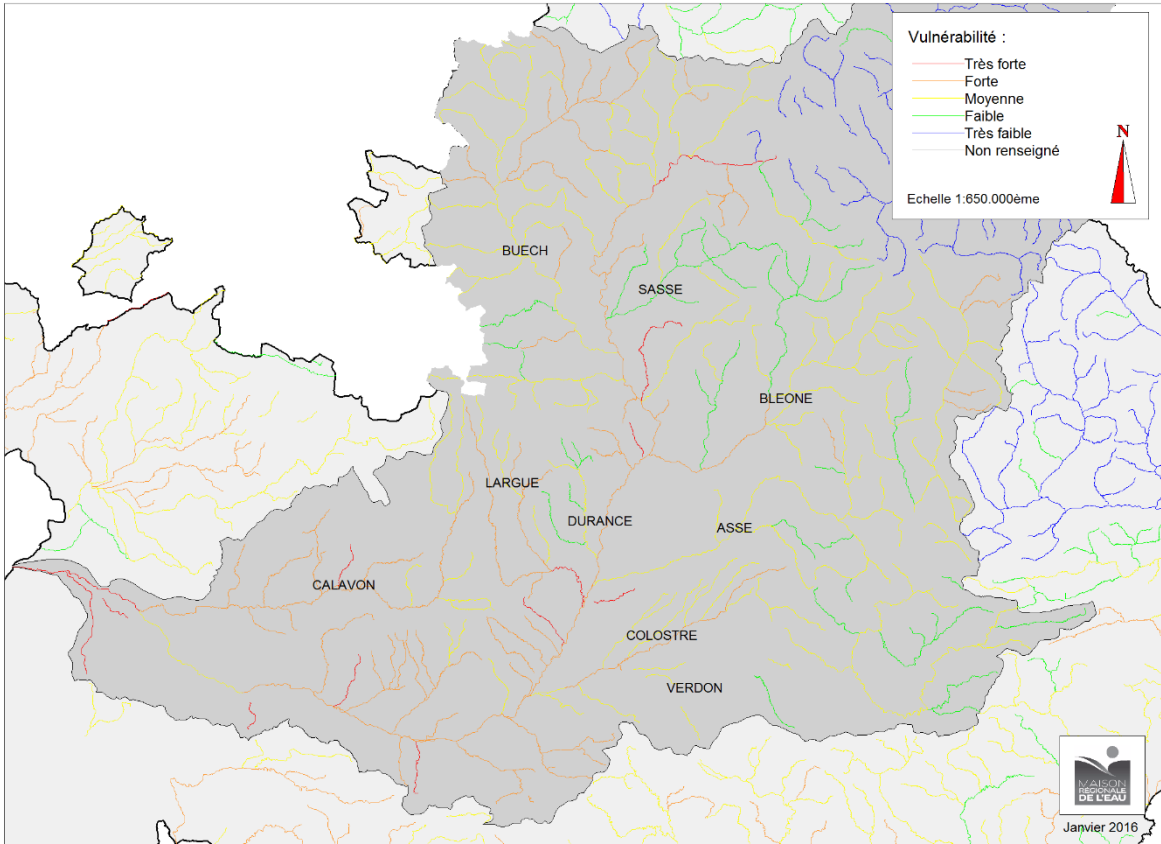
### **2) Fiches descriptives**

Des fiches descriptives sont établies pour les territoires qui présentent les plus fortes vulnérabilités mais les masses d'eau du territoire traité ne sont pas forcément toutes vulnérables. Des compléments sont aussi apportés sur des types de milieu qui seraient susceptibles d'être vulnérables mais qui n'apparaissent pas dans les évaluations. Certains territoires ou milieux peuvent aussi se recouper.

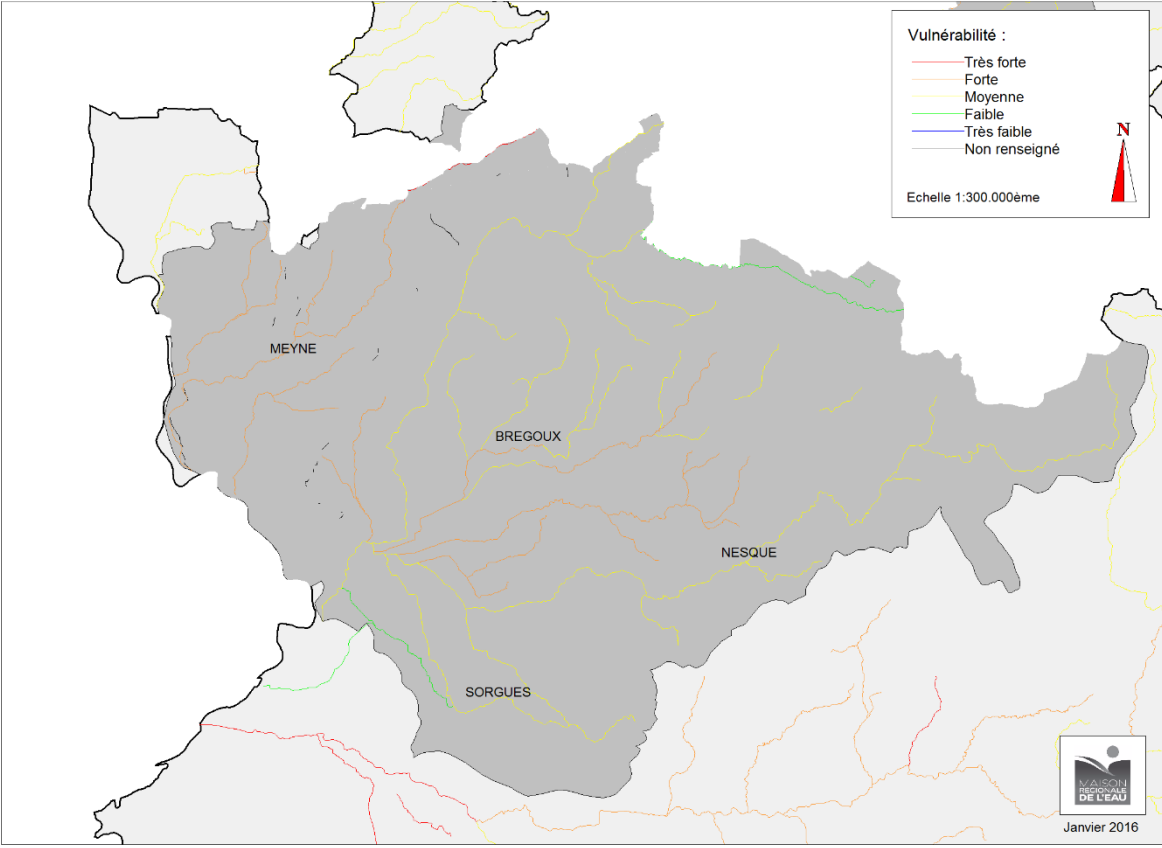
Les fiches permettent de rassembler toutes les informations relatives aux cours d'eau du territoire concerné mais il est évident qu'il rassemble des types de cours d'eau très différents et que les informations rassemblées restent donc très globales.

Chaque territoire possède aussi des sensibilités et des niveaux d'exposition différents et décrits dans chacune des fiches.

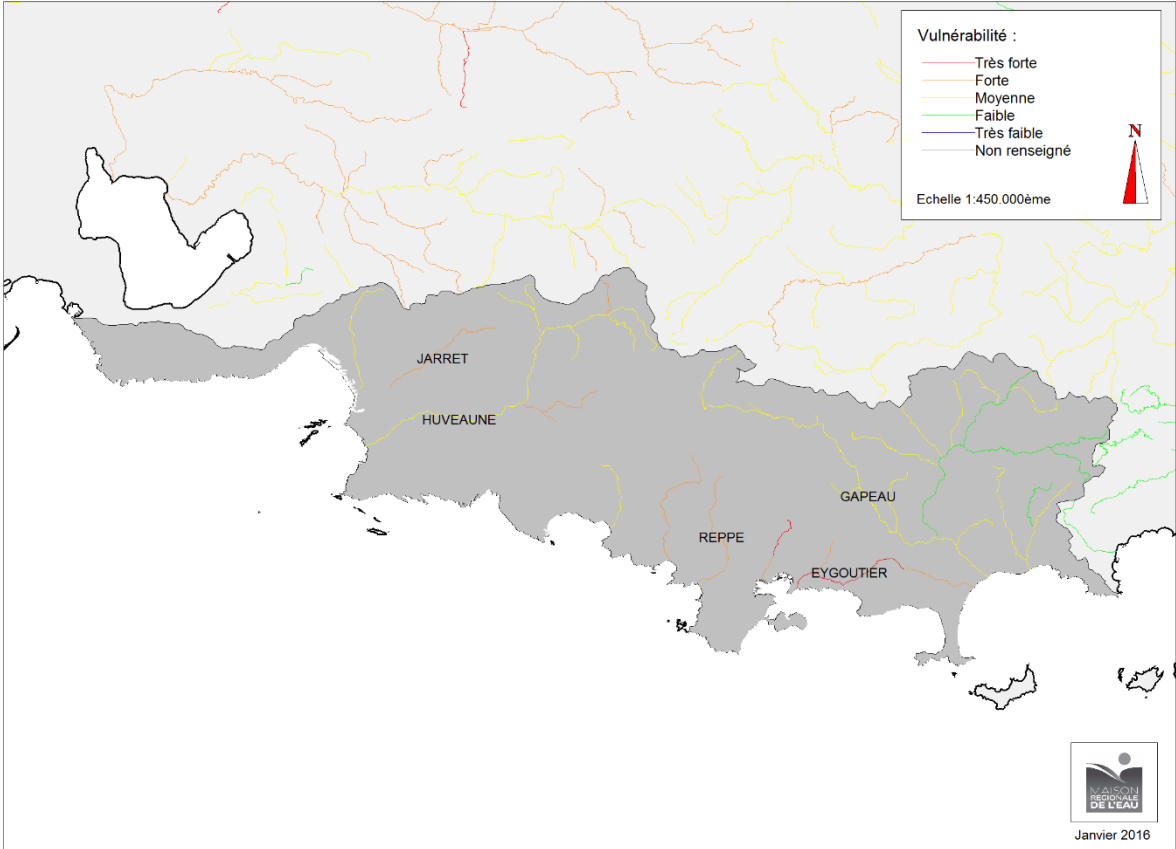
Il s'agit aussi d'introduire les premières bases pour les propositions à venir et notamment en termes d'espèces-repère et d'indicateurs.

| Territoire ou milieux  | La Durance et ses affluents  |
|--|--|
|  |   |
| Types associés   | Cours d'eau alpins méditerranéens et collines calcaires  |
| Masses d'eau pouvant être considérées comme très vulnérables | <p>FRDR11845 torrent de laval</p> <p>FRDR10291 le grand anguillon</p> <p><b>FRDR244 La Durance du Coulon à la confluence avec le Rhône</b></p> <p>FRDR11135 ravin de drouye</p> <p>FRDR10989 la valsette</p> <p>FRDR10636 torrent le grand vallat</p> <p>FRDR11003 rivière la riaille</p> <p>FRDR10548 ruisseau des carlats*</p> <p>FRDR10598 ravin de la combe</p> <p>FRDR11276 grand vallat de l'agoutadou*</p> <p>FRDR11749 riu de jabron</p> |

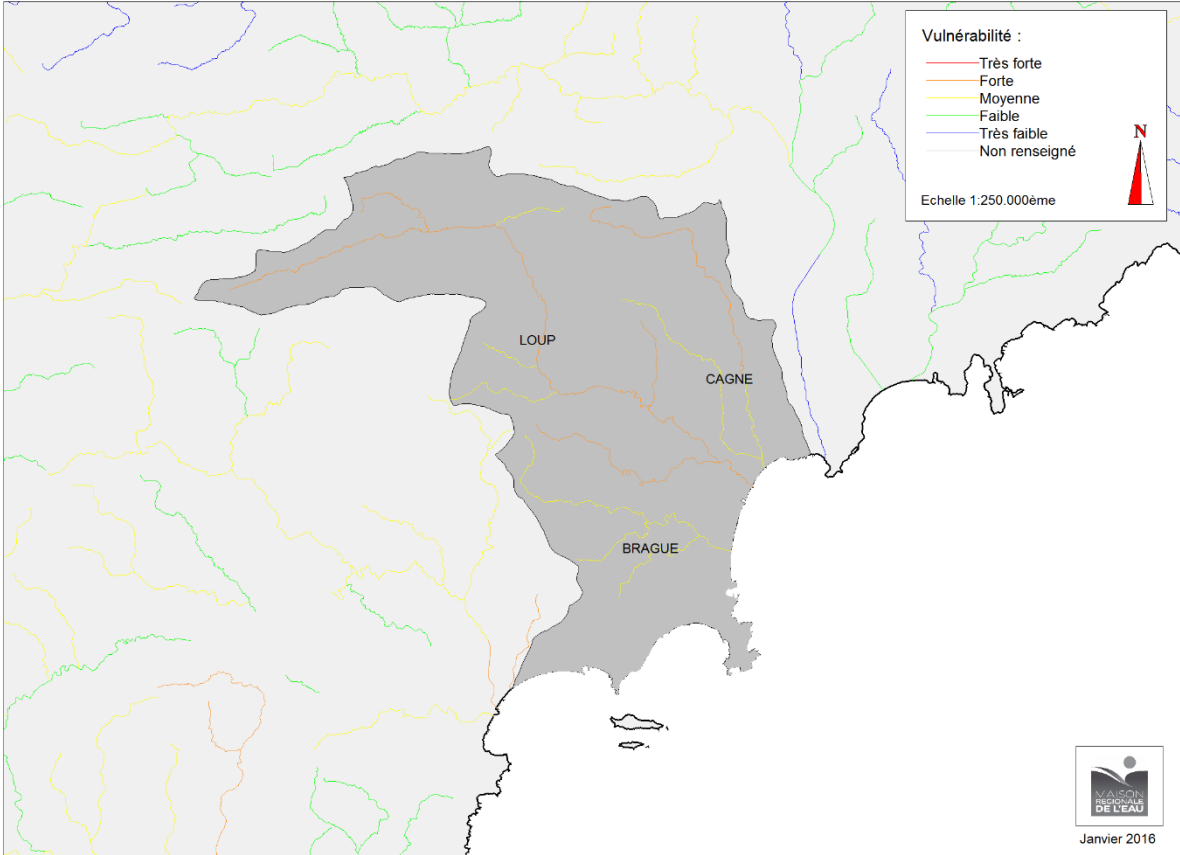
|  |  |
|--|--|
| <b>Masses d'eau souterraines associées</b> | Formations gréseuses et marno-calcaires tertiaires dans BV Basse Durance (FR_D0_213)<br>Calcaires montagne du Lubéron (FR_D0_133)<br>Calcaires urgoniens du plateau de Vaucluse + Montagne de Lure (FR_D0_130)<br>Alluvions de la Durance aval et moyenne et de ses affluents (FR_D0_302)<br>Alluvions de la Durance amont et de ses affluents (FR_D0_347) |
| <b>Zones humides associées</b>             | Zones alluviales<br>Retenues artificielles et gravières  |
| <b>Traits dominants</b>                    | Lit mobile à fort hydrodynamisme, fortes interactions avec les nappes alluviales<br>Régime pluvionival à étiage sévère<br>Double influence du climat méditerranéen et alpin  |
| <b>Caractéristiques des peuplements</b>    | Peuplement marqué par un mélange d'espèces sténothermes et eurythermes<br>Nature et structure du peuplement variable dans le temps et au rythme des crues  |
| <b>Biodiversité aquatique</b>              | Poissons : Apron du Rhône, Bouvière, Barbeau méridional, Blageon, Chabot, Toxostome<br>Ephéméroptères : Baetis pavidus ;<br>Plécoptère : Besdolus ravizzarum   |
| <b>Espèce(s)-repère Indicateurs</b>        | Poissons : Chabot<br>Invertébrés sténothermes d'eau froide<br>Ephéméroptères : les différents Baetis<br>Trichoptères : Chimarra marginata, les différents Hydropsyche<br>Plécoptères : Taeniopterygidae, Perlidae et Perlodidae  |
| <b>Causes de vulnérabilité</b>             | Vulnérabilité liée aux faibles capacités d'adaptation et aux faibles capacités de déplacements<br>Très exposé aux évolutions de température  |
| <b>Sensibilité Facteurs de fragilité</b>   | Sensible à l'isolement et aux ruptures de la libre circulation<br>Sensible aux variations de température<br>Etiages amplifiés par les prélèvements   |
| <b>Facteurs de résistance Adaptations</b>  | Relations nappes – rivières, colmatage<br>Maintien de l'hydrodynamisme, soutien de l'étiage estival  |
| <b>Territoire adapté à un suivi</b>        | Buëch, Largue ou Calavon   |

| Territoire ou milieu  | <b>Sorgues, Nesque, Ouvèze vaclusienne, Meyne</b>  |
|---|--|
|   |   |
| <b>Types associés</b>   | Plaines et collines calcaires<br>Cours d'eau karstiques  |
| <b>Masses d'eau pouvant être considérées comme très vulnérables</b> | FRDR401c L'Aigue de la Sauve (aval Nyons) à la limite du département de la Drôme<br><br>FRDR11455 ruisseau la gaude  |
| <b>Masses d'eau souterraines associées</b>                          | Calcaires sous couverture tertiaire de la plaine du Comtat (FR_D0_229)<br>Alluvions des plaines du Comtat et des Sorgues (FR_D0_301)<br>Formations marno-calcaires et gréseuses dans BV Drôme Roubion, Eygues, Ouvèze (FR_D0_508)<br>Molasses miocènes du Comtat (FR_D0_218) |
| <b>Zones humides associées</b>                                      | Plaines alluviales<br>Marais et landes humides de plaine   |
| <b>Traits dominants</b>   | Module faible et étiages sévères sauf soutien karstique<br>Lit unique peu mobile, grande variabilité des écoulements   |

|   |   |
|---|---|
| <b>Caractéristiques des peuplements</b>             | Taxons eurythermes banaux<br>Espèces sténothermes à proximité des sources karstiques  |
| <b>Biodiversité aquatique</b>                       | Poissons : Blageon, Truite fario<br>Trichoptères : <i>Rhyacophila vallisclusae</i> , endémique des Sorgues<br><i>Agapetus cravensis</i> , endémiques des sources calcaires de Provence  |
| <b>Espèce(s)-repère</b><br><b>Indicateurs</b>       | Poissons : <i>Salmo Trutta</i> (Truite fario)<br>Espèces à groupe indicateur élevé<br>Trichoptères : <i>Silo nigricornis</i> ;<br>Plécoptères Perlidae  |
| <b>Causes de vulnérabilité</b>                      | Vulnérabilité liée à la température<br>Faibles capacités de refuge<br>Très exposé aux évolutions de température   |
| <b>Sensibilité</b><br><b>Facteurs de fragilité</b>  | Sensible à la fois à l'échauffement des eaux et aux variations de températures<br>Etiages parfois sévères<br>Peut évoluer vers des types temporaires ou intermittents<br>Très altérés par les activités humaines et notamment d'un point de vue morphologique |
| <b>Facteurs de résistance</b><br><b>Adaptations</b> | Connexion avec les apports karstiques<br>Maintien du débit des sources de faible puissance<br>Rôle essentiel des ripisylves et de la couverture ombrageuse  |
| <b>Territoire adapté à un suivi</b>                 | Sorgues, Nesque   |

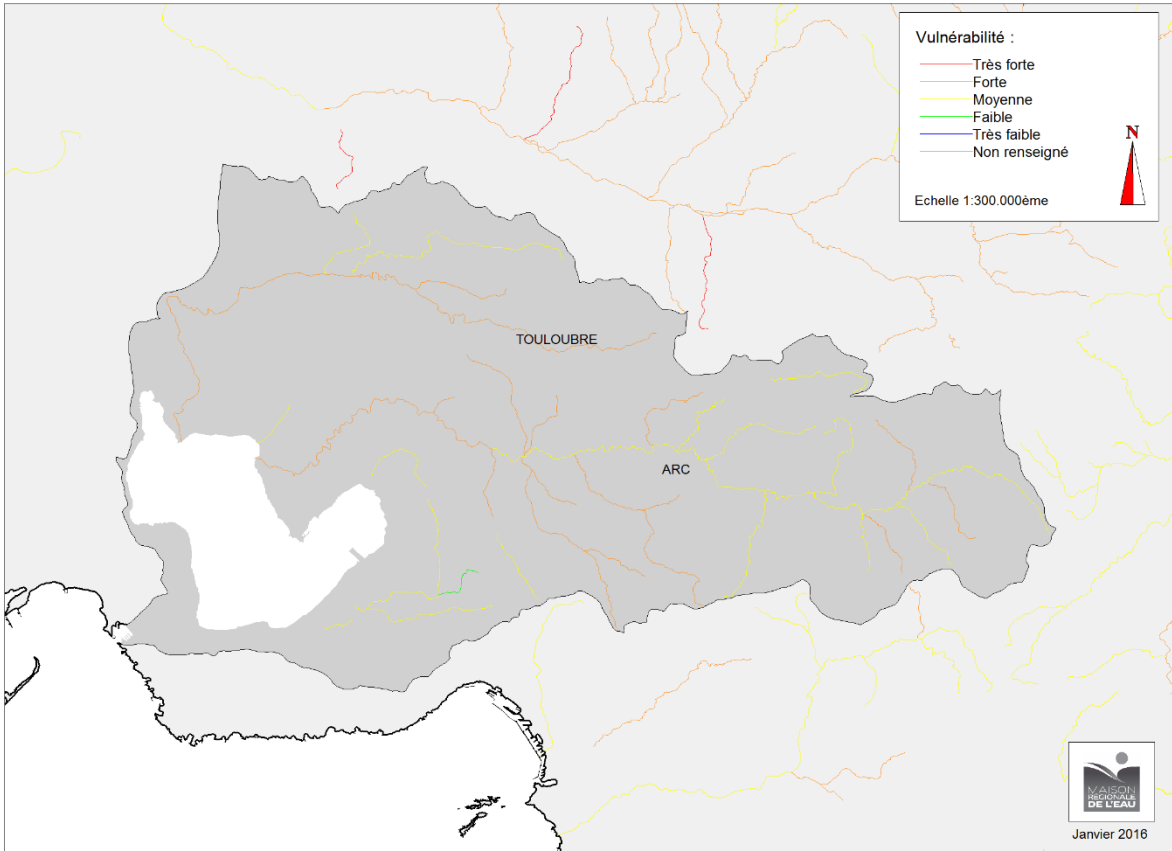
| Territoire ou milieu  | Les petits cours d'eau côtiers  |
|---|---|
|   |  <p>Vulnérabilité :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Très forte</li> <li>Forte</li> <li>Moyenne</li> <li>Faible</li> <li>Très faible</li> <li>Non renseigné</li> </ul> <p>Echelle 1:450.000ème</p> <p>Janvier 2016</p>   |
| <b>Types associés</b>   | <p>Plaines et collines calcaires et siliceuses</p> <p>Cours d'eau temporaires</p> <p>Petits et très petits cours d'eau</p>  |
| <b>Masses d'eau pouvant être considérées comme très vulnérables</b> | <p>FRDR115 L'Eygoutier</p> <p>FRDR116a Amont du Las</p>   |
| <b>Masses d'eau souterraines associées</b>                          | <p>Formations oligocènes région de Marseille (FR_D0_215)</p> <p>Massifs calcaires de Ste Baume, Agnis, Ste Victoire, Mont Aurélien, Calanques et Bassin du Beausset (FR_D0_137)</p> <p>Domaine marno-calcaires région de Toulon (FR_D0_514)</p> <p>Massifs calcaires Audibergue, St Vallier, St Cézaire, Calern, Caussols, Cheiron (FR_D0_136)</p> <p>Domaine plissé BV Var, Paillons (FR_D0_404)</p> |
| <b>Zones humides associées</b>                                      | <p>Plaines alluviales</p> <p>Vallons humides</p> <p>Marais et lagunes côtiers</p> <p>Baies et estuaires</p>   |

|   |   |
|---|---|
| <b>Traits dominants</b>                             | Etiages très sévères pouvant aller jusqu'à l'assèchement du cours d'eau<br>Faible rang de Strahler et longueur faible   |
| <b>Caractéristiques des peuplements</b>             | Fort taux d'endémisme<br>Invertébrés rares et/ou endémiques   |
| <b>Biodiversité aquatique</b>                       | Poissons : Barbeau méridional, Blennie fluviatile, Anguille   |
| <b>Espèces-repères</b><br><b>Indicateurs</b>        | Poissons : Chevaine<br>Richesse taxonomique et taux de taxons rhéophiles  |
| <b>Causes de vulnérabilité</b>                      | Vulnérabilité liée aux faibles capacités d'adaptation et à la température<br>Exposé à la sécheresse et aux événements extrêmes  |
| <b>Sensibilité</b><br><b>Facteurs de fragilité</b>  | Sensible à cause de l'isolement des bassins versants et de la faible densité du réseau hydrographique<br>Etiages sévères<br>Echauffement et variation de la température<br>Très altérés par les activités humaines et notamment d'un point de vue morphologique |
| <b>Facteurs de résistance</b><br><b>Adaptations</b> | Connexion avec les apports karstiques<br>Rôle essentiel des ripisylves et de la couverture ombrageuse<br>Relations nappes – rivières<br>Rôle essentiel des continuités latérales et verticales  |
| <b>Territoire adapté à un suivi</b>                 | Côtiers toulonnais  |


| Territoire ou milieu  | Cagne et Loup   |
|---|---|
|   |  <p>Vulnérabilité :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Très forte</li> <li>Forte</li> <li>Moyenne</li> <li>Faible</li> <li>Très faible</li> <li>Non renseigné</li> </ul> <p>Echelle 1:250.000ème</p> <p>Janvier 2016</p> |
| <b>Types associés</b>   | Cours d'eau karstiques et collines calcaires  |
| <b>Masses d'eau pouvant être considérées comme très vulnérables</b> | <p>Aucune masse d'eau très vulnérable</p> <p>5 masses d'eau vulnérables :</p> <p>FRDR11543 vallon de mardaric</p> <p>FRDR93b le Loup aval</p> <p>FRDR92a la Cagne amont</p> <p>FRDR93a le Loup amont</p> <p>FRDR10125 vallon du clarel</p>  |
| <b>Masses d'eau souterraines associées</b>                          | <p>Domaine plissé BV Var, Paillons (FR_D0_404)</p> <p>Massifs calcaires Audibergue, St Vallier, St Cézaire, Calern, Caussols, Cheiron (FR_D0_136)</p>   |
| <b>Zones humides associées</b>                                      | <p>Zones et plaines alluviales ; Vallons humides</p> <p>Marais et lagunes littorales</p> <p>Baies et estuaires</p>  |




|   |  |
|---|--|
| <b>Traits dominants</b>                             | <p>Lit peu mobile</p> <p>Etiage modéré et températures fraîches</p> <p>Double influence du climat méditerranéen et alpin</p>   |
| <b>Caractéristiques des peuplements</b>             | <p>Espèces sténothermes à basse altitude comme <i>Epeorus sylvicola</i> ou <i>Perla marginata</i></p> <p>Caractère sténotherme et montagnard dans un contexte très méditerranéen</p>   |
| <b>Biodiversité aquatique</b>                       | <p>Poissons : Barbeau méridional, Truite fario, Blennie fluviatile</p> <p>Odonates : <i>Coenogryon mercuriale</i>, inféodé aux sources calcaires</p> <p>Ephéméroptères : <i>Baetis pasquetorum</i></p>   |
| <b>Espèce(s)-repère</b>                             | <p>Poissons : <i>Salmo trutta</i></p> <p>Ephéméroptère : <i>Epeorus sylvicola</i></p> <p>Trichoptère : <i>Silo nigricornis</i>, <i>Agapetus cravensis</i>, endémiques des sources calcaires de Provence</p> <p>Plécoptères Perlidae : <i>Perla marginata</i></p> |
| <b>Causes de vulnérabilité</b>                      | <p>Vulnérabilité principalement liée à l'hydrologie</p> <p>Lié aux faibles capacités d'adaptation et de déplacements pour le vallon de Mardaric, le Loup aval et le ruisseau des Escures</p>   |
| <b>Sensibilité</b><br><b>Facteurs de fragilité</b>  | <p>Sensible aux étiages, peut évoluer vers des écoulements temporaires</p> <p>Etiages amplifiés par les prélèvements</p>   |
| <b>Facteurs de résistance</b><br><b>Adaptations</b> | <p>Relations nappes – rivières, connexions avec les apports du karst</p> <p>Rôle essentiel de la ripisylve et des continuités amont - aval</p>   |
| <b>Territoire adapté à un suivi</b>                 | <p>Cagne amont</p>   |

| Territoire ou milieux   | Arc provençal et Touloubre  |
|---|---|
|   |  <p>Vulnérabilité :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Très forte</li> <li>Forte</li> <li>Moyenne</li> <li>Faible</li> <li>Très faible</li> <li>Non renseigné</li> </ul> <p>Echelle 1:300.000ème</p> <p>TOULOUBRE</p> <p>ARC</p> <p>MAISON RÉGIONALE DE L'EAU</p> <p>Janvier 2016</p>  |
| <b>Types associés</b>   | <p>Plaines et collines calcaires</p> <p>Cours d'eau temporaires</p> <p>Cours d'eau karstiques</p>   |
| <b>Masses d'eau pouvant être considérées comme très vulnérables</b> | <p>Aucune masse d'eau très vulnérable</p> <p>13 masses d'eau vulnérables</p> <p>FRDR11235 ruisseau de budéou</p> <p>FRDR12063b ruisseau le grand torrent</p> <p>FRDR127 la touloubre du vallon de boulerie à l'étang de berre</p> <p>FRDR128 la touloubre de sa source au vallon de boulerie</p> <p>FRDR129 l'arc de la luyne à l'étang de berre</p> <p>FRDR10538 ruisseau de saint-pancrace</p> <p>FRDR11182 vallon de cabries</p> <p>FRDR11804 rivière la luyne</p> |

|  |  |
|--|--|
|  | FRDR10004 aubanedé*  |
|  | FRDR11894 ruisseau la torse  |
|  | FRDR12052 vallat marseillais   |
|  | FRDR10655 vallat des eyssarettes   |
|  | FRDR11753 ruisseau de longarel   |
| <b>Masses d'eau souterraines associées</b> | Formations bassin d'Aix (FR_D0_210)<br>Formations gréseuses et marno-calcaires tertiaires dans BV Touloubre et Berre (FR_D0_513)   |
| <b>Zones humides associées</b>             | Plaines alluviales<br>Marais et lagunes côtiers  |
| <b>Traits dominants</b>                    | Module faible et étiages sévères sauf soutien karstique<br>Lit unique peu mobile, grande variabilité des écoulements   |
| <b>Caractéristiques des peuplements</b>    | Taxons eurythermes banaux<br>Espèces sténothermes à proximité des sources karstiques   |
| <b>Biodiversité aquatique</b>              | Poissons : Barbeau méridional, Blageon, Anguille, Truite fario<br>Invertébré : Ecrevisse à pattes blanches, Plécoptère <i>Capnia bifrons</i> (tête de réseau de l'Arc)                     |
| <b>Espèces-repères Indicateurs</b>         | Poissons : <i>Salmo trutta</i> (Truite fario), vairon<br>Espèces sténothermes d'eau froide<br>Plécoptère : <i>Capnia bifrons</i>   |
| <b>Causes de vulnérabilité</b>             | Vulnérabilité liée aux faibles capacités d'adaptation<br>Exposé aux évolutions de températures   |
| <b>Sensibilité Facteurs de fragilité</b>   | Sensible à l'absence de zones refuge<br>Altéré sur la plan morphologique et continuités  |
| <b>Facteurs de résistance Adaptations</b>  | Connexion avec les apports karstiques et maintien de ces apports<br>Rôle essentiel des ripisylves et de la couverture ombrageuse<br>Rôle essentiel des continuités latérales et verticales |
| <b>Territoire adapté à un suivi</b>        | Arc ou Touloubre   |

| Territoire ou milieu   | <b>Les cours d'eau à écoulement temporaire</b>  |
|--|---|
|  | <p><i>Bassin versant de l'Aille (Var), massif des Maures– Printemps</i></p>   |
| <b>Types associés</b>  | <p>Cours d'eau temporaires cristallins ou calcaires</p> <p>Cours d'eau intermittents</p>  |
| <b>Masses d'eau pouvant être considérées comme très vulnérables</b>                | <p><i>Non identifié dans les évaluations</i></p> <p>Manque une cartographie des cours d'eau temporaires</p>   |
| <b>Masses d'eau souterraines associées</b>   | <p>Pas de masses d'eau particulières à désigner</p> <p>Alluvions de fond de vallée, faibles réserves souterraines</p>   |
| <b>Zones humides associées</b>   | <p>Marais et lagunes littorales</p> <p>Vallons humides, oueds</p> <p>Zones humides ponctuelles</p>  |
| <b>Traits dominants</b>  | <p>Lit peu mobile</p> <p>Assecs réguliers et durables</p> <p>Forte variabilité interannuelle du débit</p>   |
| <b>Caractéristiques des peuplements</b>  | <p>Taxons adaptés à l'assèchement</p> <p>Cycles biologiques adaptés à l'assèchement</p> <p>Lacunes faunistiques</p>   |
| <b>Biodiversité aquatique</b>  | <p>Poissons : Barbeau méridional, Blageon, anguille</p> <p>Invertébrés endémiques</p> <p>Plécoptère : <i>Rhabdiopteryx thienemanni</i></p> <p>Trichoptère : <i>Wormaldia langohri</i> (Maures, Estérel)</p> |

|   |  |
|---|--|
| <b>Espèce(s)-repère</b>                             | <p>Poissons : <i>Barbus meridionalis</i> (Barbeau méridional), anguille</p> <p>Plécoptères : <i>Brachyptera risi</i>, <i>Capnioneura mitis</i>, <i>Capnia bifrons</i>, <i>Siphonoperla torrentium</i>, <i>Isoperla grammatica</i> (signe d'une phase lotique soutenue)</p> <p>Trichoptère : <i>Wormaldia langohri</i></p> <p>Espèces rhéophiles et taxons à haut groupe indicateur</p> |
| <b>Causes de vulnérabilité</b>                      | <p>Vulnérabilité liée à l'hydrologie</p> <p>Peut évoluer vers des cours d'eau intermittents ou éphémères</p>   |
| <b>Sensibilité</b><br><b>Facteurs de fragilité</b>  | <p>Sensible à la durée de l'écoulement</p> <p>Sensible aux périodes d'exondation ou d'arrêt des écoulements par rapport aux cycles biologiques des espèces présentes</p>   |
| <b>Facteurs de résistance</b><br><b>Adaptations</b> | <p>Relations nappes – rivières</p> <p>Rôle essentiel de la ripisylve et des continuités amont - aval</p>   |
| <b>Territoire adapté à un suivi</b>                 | <p>Temporaires calcaires des Préalpes de Grasse ou du plateau de Canjuers</p>  |

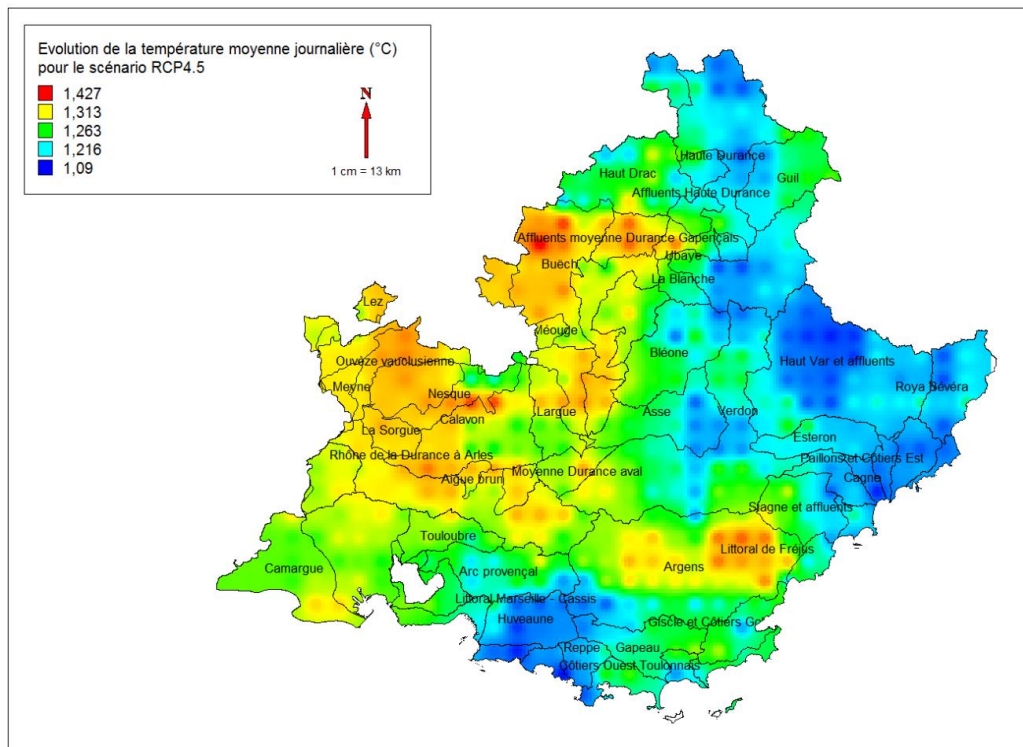
| Territoire ou milieu   | Les sources et têtes de bassin  |
|--|---|
|  <p data-bbox="434 819 954 846"><i>Fontaine de Vaucluse, réseau des Sorgues (Vaucluse)</i></p> |   |
| Types associés   | Potentiellement tous les types  |
| Masses d'eau pouvant être considérées comme très vulnérables   | <p><i>Non identifié dans les évaluations</i></p> <p>Manque une typologie et une cartographie des sources et têtes de bassin</p>   |
| Masses d'eau souterraines associées  | Pas de masses d'eau particulières à désigner  |
| Zones humides associées  | <p>Bordures de cours d'eau</p> <p>Zones humides de bas-fond en tête de bassin</p>   |
| Traits dominants   | <p>Stabilité thermique et fraîcheur de l'eau</p> <p>Stabilité hydrologique</p>  |
| Caractéristiques des peuplements   | <p>Taxons adaptés à l'assèchement</p> <p>Cycles biologiques adaptés à l'assèchement</p> <p>Lacunes faunistiques</p>   |
| Biodiversité aquatique   | <p>Souvent apiscicole ou Truite fario, chabot</p> <p>Invertébrés endémiques, taxons sténothermes d'eau froide</p> <p>Trichoptères : <i>Agapetus cravensis</i> (endémiques des sources calcaires de Provence), <i>Metalype fragilis</i>, <i>Tinodes antonioi</i></p> <p>Odonates : <i>Coenagrion mercuriale</i>, inféodé aux sources calcaires</p> |
| Espèce(s)-repère<br>Indicateur   | <p>Poissons : <i>Truite fario</i> (<i>Salmo trutta</i>)</p> <p>Trichoptères : <i>Silo nigricornis</i>, <i>Metalype fragilis</i>, <i>Agapetus cravensis</i>,</p> <p>Taux d'endémisme</p>   |

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>Causes de vulnérabilité</b>      | Vulnérabilité liée à de faibles changements aux fortes conséquences pour la faune et la flore associée |
| <b>Sensibilité</b>                  | Sensible à la stabilité et aux faibles variations  |
| <b>Facteurs de fragilité</b>        | Sensibles aux prélèvements d'eau   |
| <b>Facteurs de résistance</b>       | Relations avec les cours d'eau ou les zones humides  |
| <b>Adaptations</b>                  | Réservoirs biologiques fonctionnels pour d'autres milieux  |
| <b>Territoire adapté à un suivi</b> | Haut Verdon<br>Sources karstiques<br>Adoux des Alpes de Haute Provence                                 |

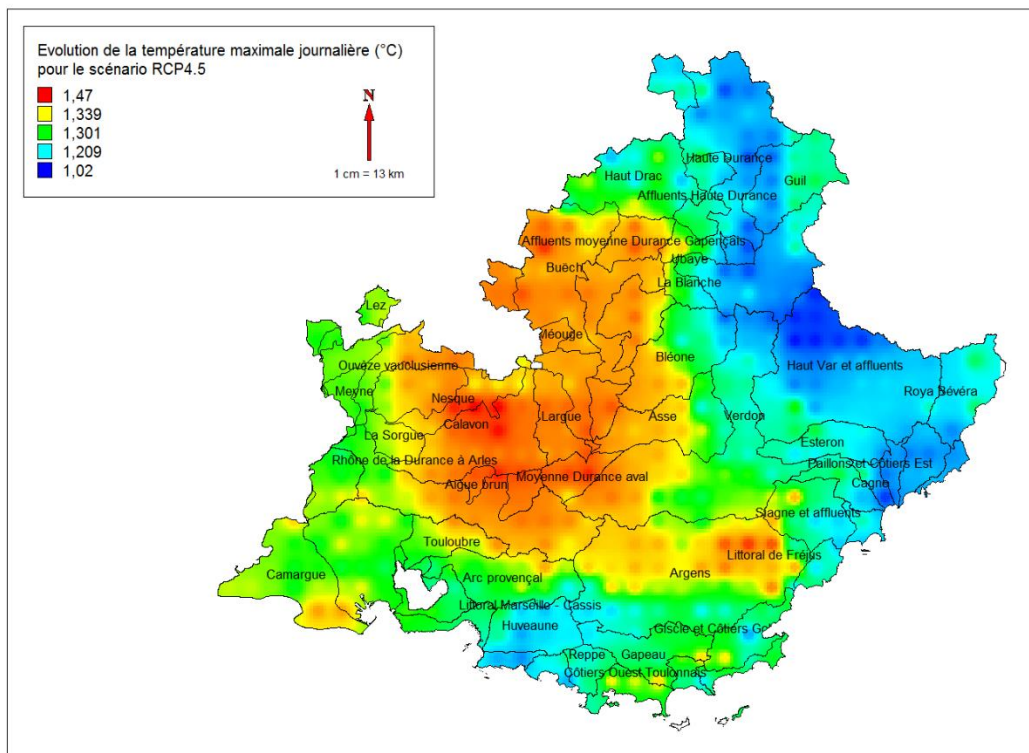


## ANNEXE 1 : Cartes d'exposition en région PACA (scénario RCP4.5)

### Température moyenne journalière (°C)

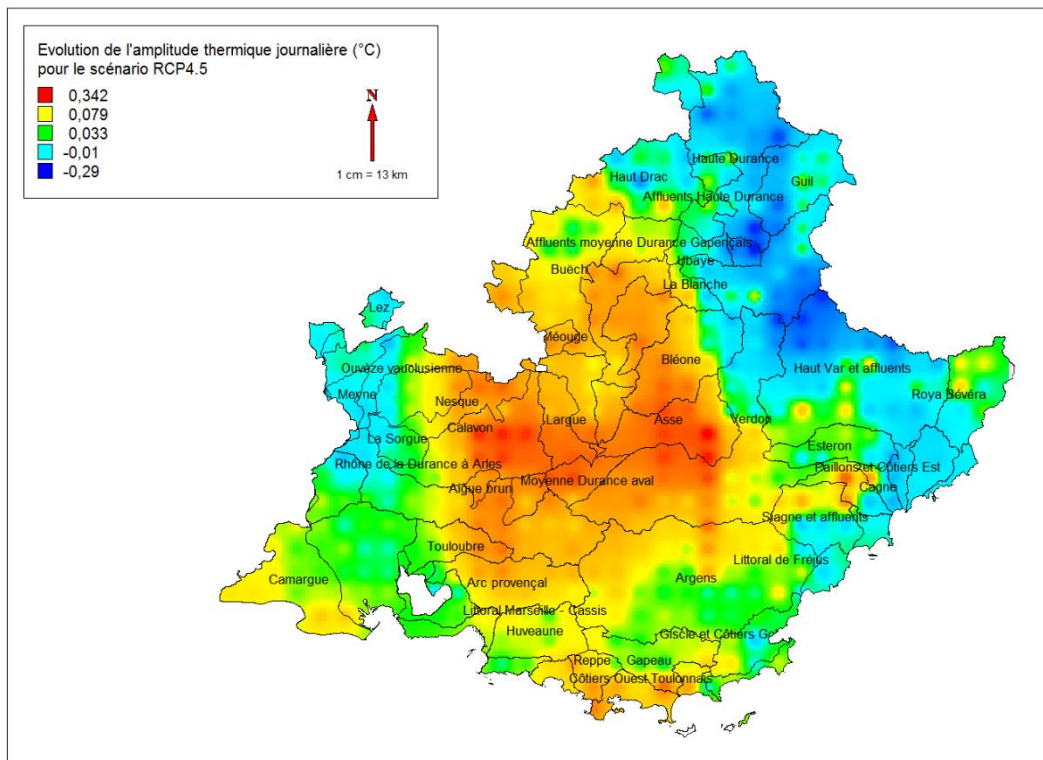


### Température maximale journalière (°C)

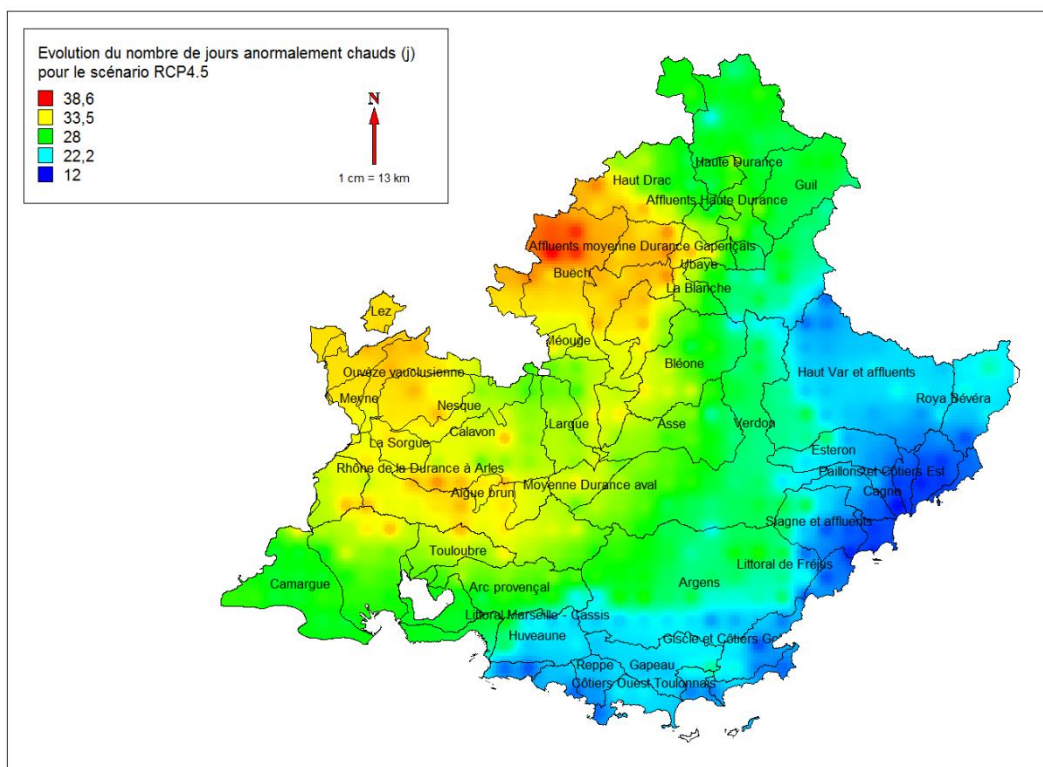




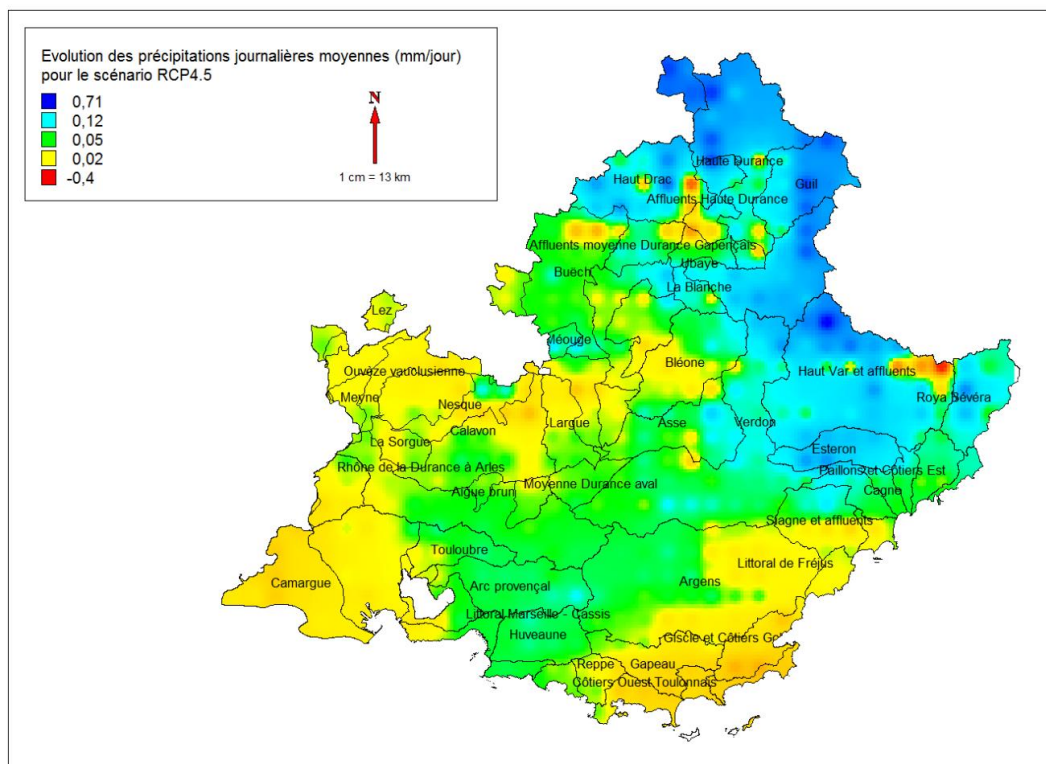
## Amplitude Thermique journalière (°C)



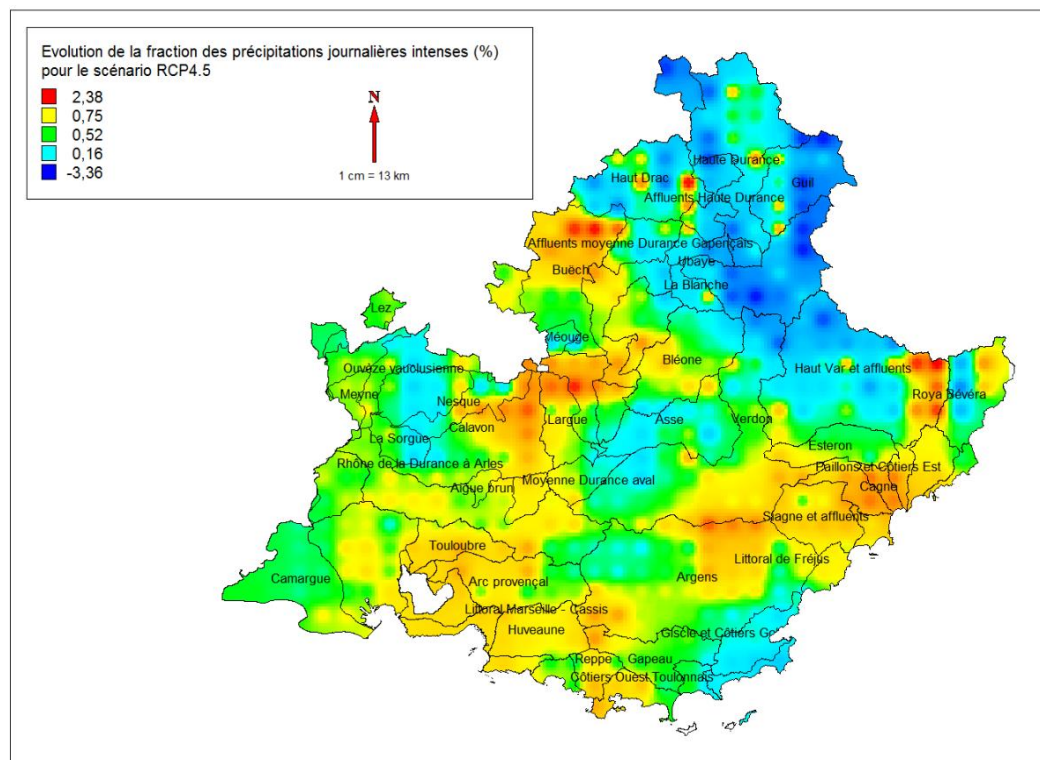
## Nombre de jours anormalement chauds (j.)



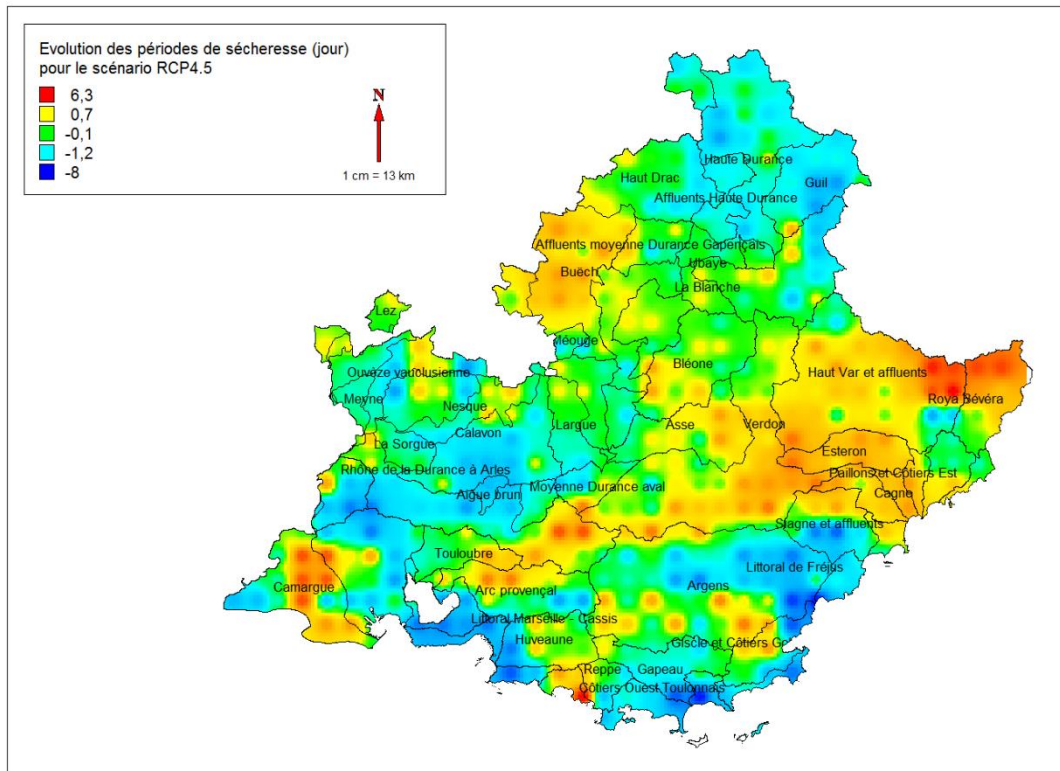
## Précipitation journalière moyenne (mm/j.)



## Précipitations intenses (%)



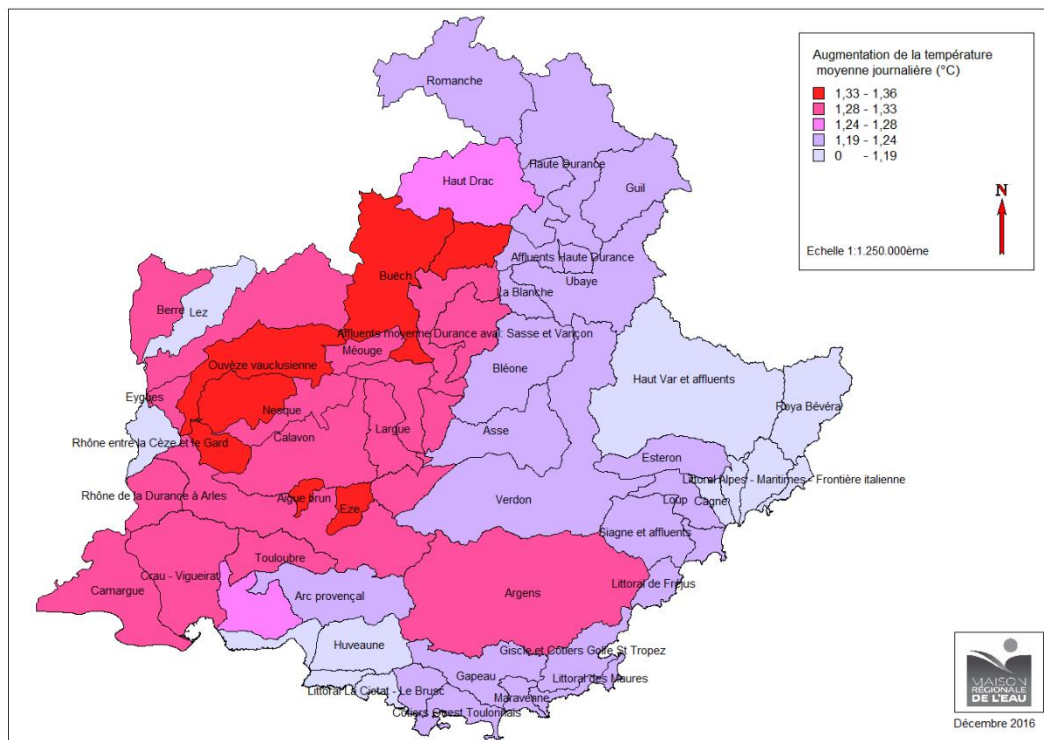
## Période de sécheresse (j.)



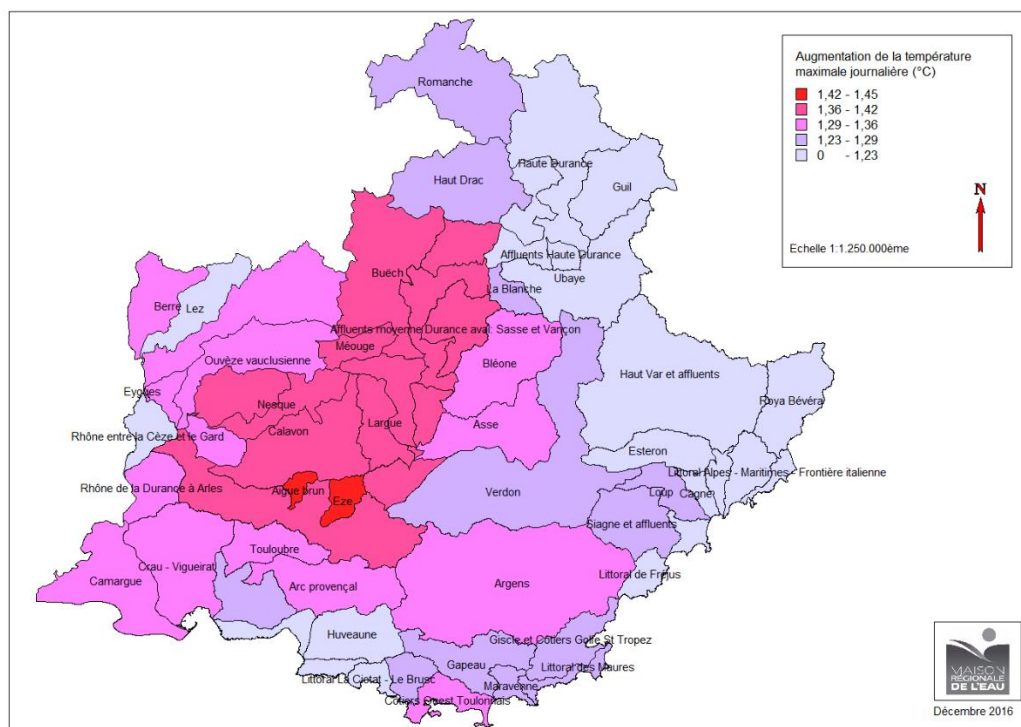


## ANNEXE 2 : Cartes d'exposition en région PACA (scénario RCP4.5) par sous bassin versant

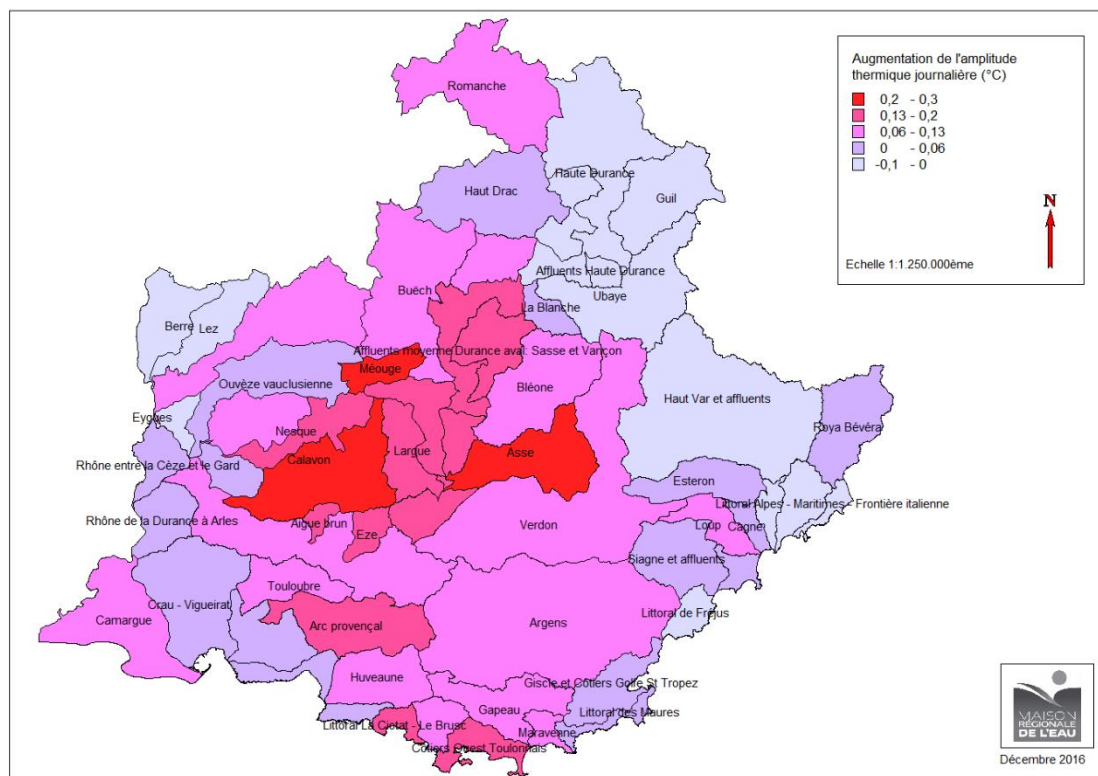
### Température moyenne journalière (°C)



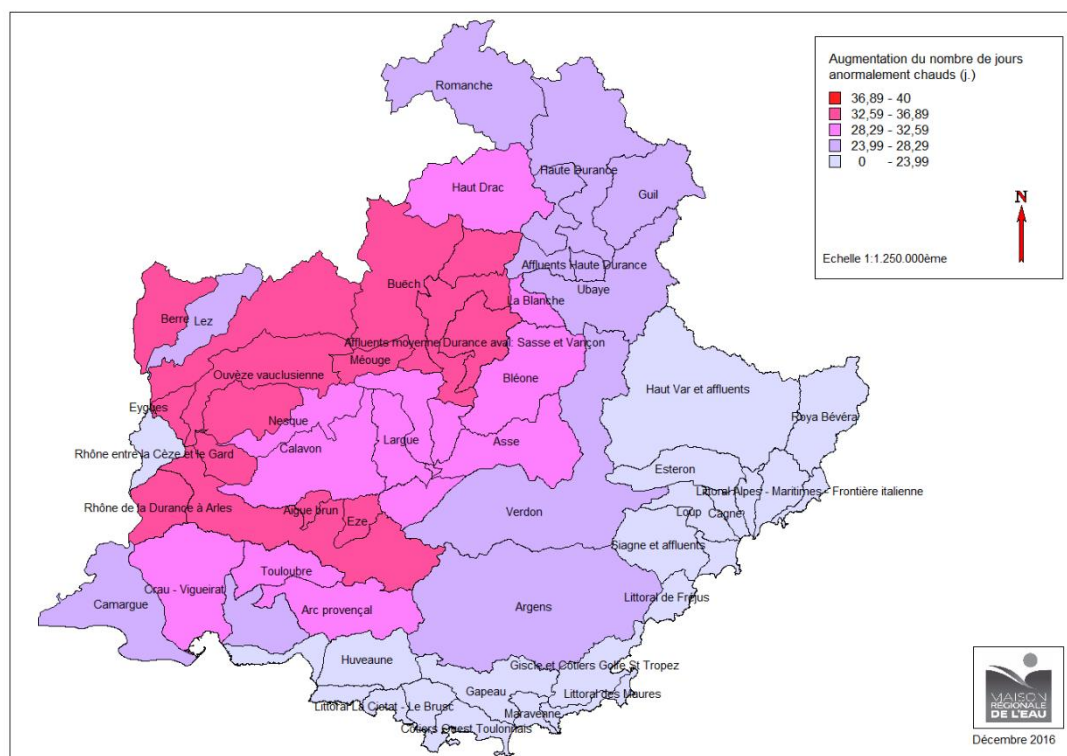
### Température maximale journalière (°C)



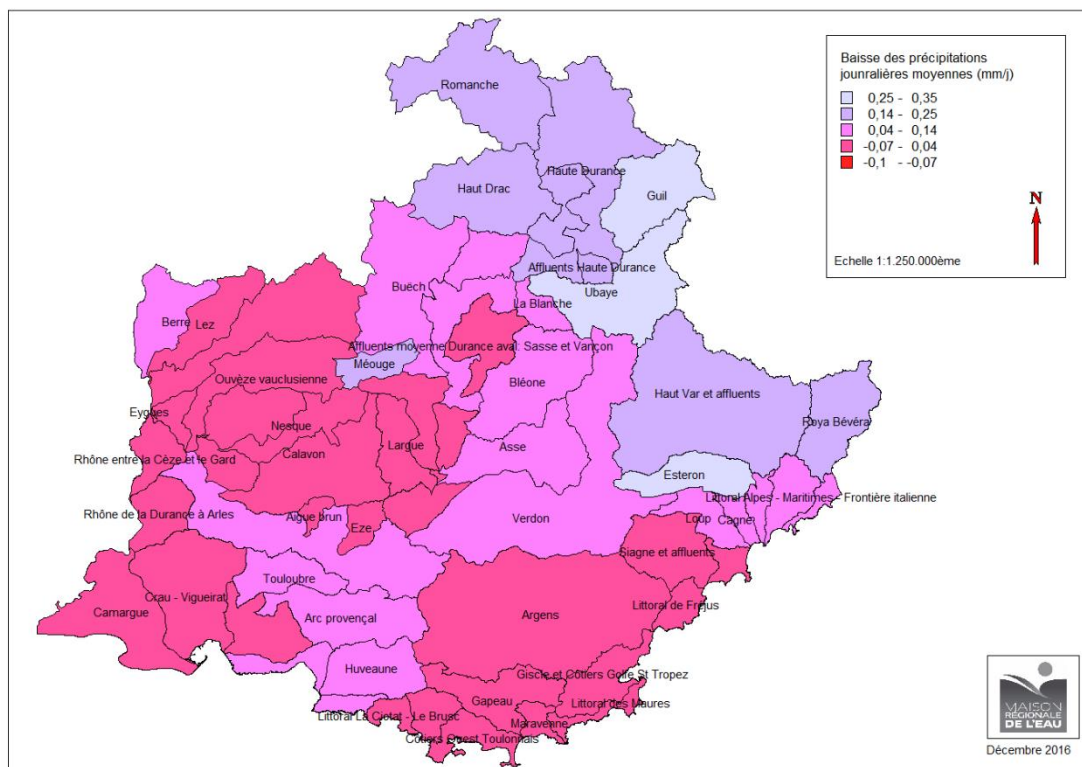
## Amplitude Thermique journalière (°C)



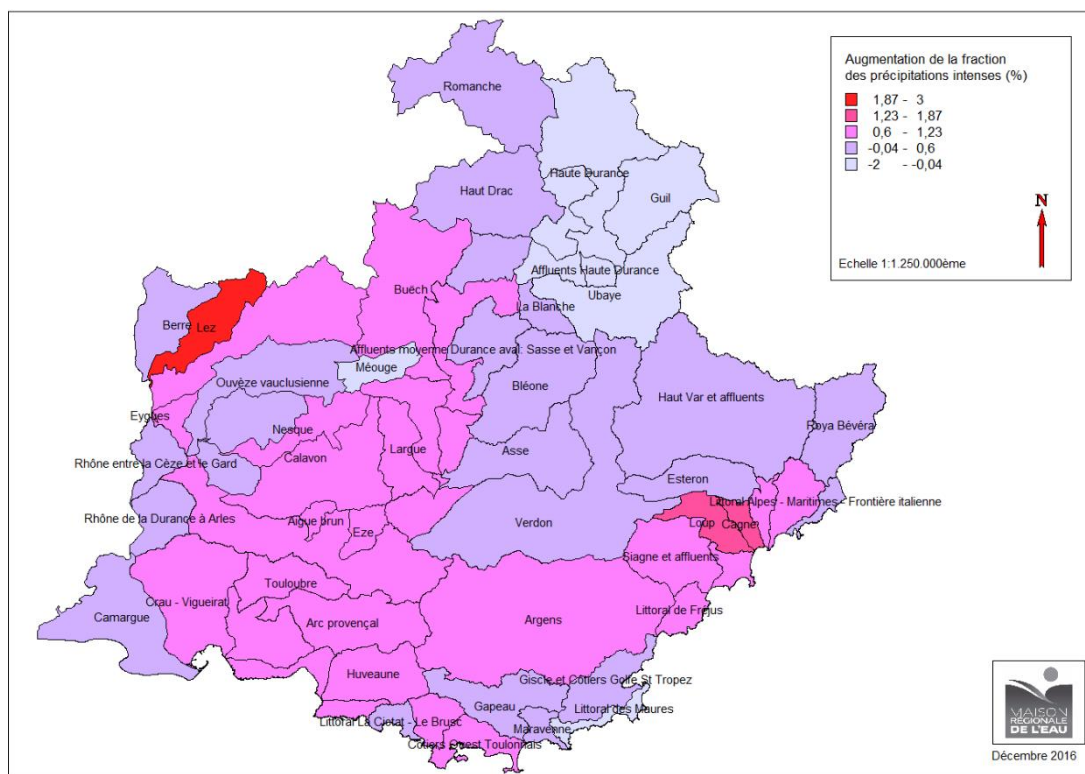
## Nombre de jours anormalement chauds (j.)



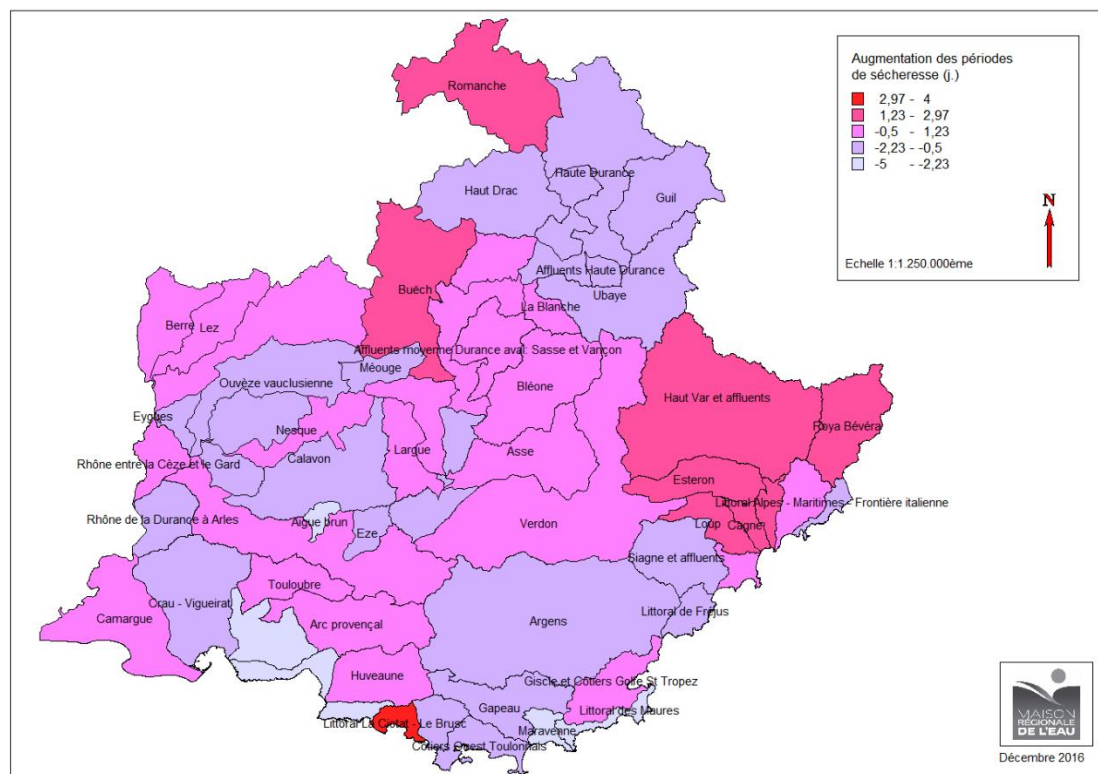
## Précipitation journalière moyenne (mm/j.) (pas de classe maximale)



## Précipitations intenses (%) (pas de classe maximale)



## Période de sécheresse (j.)





**ANNEXE 3 : Liste des masses d'eau potentiellement sensibles à la température  
(score supérieur à 17/30)**

| Eu_cd     | Name   | Ssbv     | Lib_ssbvpe                                       | code_eu_subunit | Score temp |
|-----------|--|----------|--|-----------------|------------|
| FRDR1251  | La Meyne / Mayre de Raphelis / Mayre de Merderic   | DU_11_05 | Meyne  | FRD_DURA        | 23         |
| FRDR11034 | ruisseau des aygaldades  | LP_16_07 | Littoral Marseille - Cassis                      | FRD_COCA        | 21         |
| FRDR115   | L'Eygoutier  | LP_16_02 | Côtièrs Ouest Toulonnais                         | FRD_COCA        | 21         |
| FRDR11419 | rivière la seille  | DU_11_08 | Ouvèze vauclusienne                              | FRD_DURA        | 21         |
| FRDR10243 | rivière la sorquette   | DU_11_03 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux                  | FRD_DURA        | 21         |
| FRDR384c  | Sorgue de Velleron, du Partage des Eaux à la confluence avec l'Ouvèze                                | DU_11_03 | La Sorgue  | FRD_DURA        | 21         |
| FRDR384d  | Grande Sorgue et Sorgue d'Entraigues, du Partage des eaux à la confluence avec la Sorgue de Velleron | DU_11_03 | La Sorgue  | FRD_DURA        | 21         |
| FRDR10531 | ruisseau la bouillide  | LP_15_14 | Braque   | FRD_COCA        | 20         |
| FRDR251   | Le Colostre de sa source à la confluence avec le Verdon  | DU_13_15 | Verdon   | FRD_DURA        | 20         |
| FRDR76b   | Le Paillons de Nice (du Paillons des Contes à la mer)  | LP_15_11 | Paillons et Côtiers Est                          | FRD_COCA        | 20         |
| FRDR11445 | ruisseau le roubaud  | LP_16_02 | Côtièrs Ouest Toulonnais                         | FRD_COCA        | 20         |
| FRDR11997 | rivière la mourachonne   | LP_15_13 | Siagne et affluents                              | FRD_COCA        | 20         |
| FRDR387b  | L'Auzon du pont de la RD 974 à la confluence avec la Sorgue de Velleron                              | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux                  | FRD_DURA        | 20         |
| FRDR10085 | rivière la grande frayère  | LP_15_13 | Siagne et affluents                              | FRD_COCA        | 19         |
| FRDR116a  | Amont du Las   | LP_16_02 | Côtièrs Ouest Toulonnais                         | FRD_COCA        | 19         |
| FRDR11845 | torrent de laval   | DU_13_04 | Basse Durance                                    | FRD_DURA        | 19         |
| FRDR95b   | La Siagne du parc d'activité de la Siagne à la mer   | LP_15_13 | Siagne et affluents                              | FRD_COCA        | 19         |
| FRDR77    | Magnan   | LP_15_11 | Paillons et Côtiers Est                          | FRD_COCA        | 19         |
| FRDR10997 | Le Brégoux du canal de Carpentras à la confluence  | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux                  | FRD_DURA        | 19         |
| FRDR250b  | Le Verdon du Collostre au retour du tronçon court-circuité   | DU_13_15 | Verdon   | FRD_DURA        | 19         |
| FRDR10636 | torrent le grand vallat  | DU_13_04 | Basse Durance                                    | FRD_DURA        | 19         |
| FRDR10661 | ruisseau des paluds*   | LP_16_02 | Côtièrs Ouest Toulonnais                         | FRD_COCA        | 19         |
| FRDR11235 | ruisseau de budéou   | LP_16_10 | Touloubre  | FRD_COCA        | 19         |
| FRDR11947 | ruisseau de saint-laurent  | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux                  | FRD_DURA        | 19         |
| FRDR128   | La Touloubre de sa source au vallat de Boulery   | LP_16_10 | Touloubre  | FRD_COCA        | 19         |
| FRDR129   | L'Arc de la Luynes à l'étang de Berre  | LP_16_01 | Arc provençal                                    | FRD_COCA        | 19         |
| FRDR11455 | ruisseau la gaude  | DU_11_02 | Eygues   | FRD_DURA        | 19         |
| FRDR384a  | La Sorgue amont  | DU_11_03 | La Sorgue  | FRD_DURA        | 19         |
| FRDR387a  | L'Auzon de sa source au seuil du pont de la RD 974   | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux                  | FRD_DURA        | 19         |
| FRDR389   | Le Grand Levade et le Long Vallat  | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux                  | FRD_DURA        | 19         |
| FRDR11379 | torrent le borriogo  | LP_15_07 | Littoral Alpes - Maritimes - Frontière italienne | FRD_COCA        | 18         |
| FRDR94    | La Braque  | LP_15_14 | Braque   | FRD_COCA        | 18         |
| FRDR11543 | vallon de mardaric   | LP_15_10 | Loup   | FRD_COCA        | 18         |
| FRDR11995 | vallon de lagnet   | LP_15_11 | Paillons et Côtiers Est                          | FRD_COCA        | 18         |
| FRDR93b   | Le Loup aval   | LP_15_10 | Loup   | FRD_COCA        | 18         |
| FRDR78a   | Le Var de la Vésubie à Colomars  | LP_15_06 | La Basse vallée du Var                           | FRD_COCA        | 18         |
| FRDR116b  | Aval du Las  | LP_16_02 | Côtièrs Ouest Toulonnais                         | FRD_COCA        | 18         |
| FRDR11135 | ravin de drouye  | DU_13_13 | Moyenne Durance aval                             | FRD_DURA        | 18         |
| FRDR95a   | La Siagne du barrage de Tanneron au parc d'activité de la Siagne                                     | LP_15_13 | Siagne et affluents                              | FRD_COCA        | 18         |
| FRDR11418 | ruisseau le jarret   | LP_16_05 | Huveaune   | FRD_COCA        | 18         |
| FRDR127   | La Touloubre du vallat de Boulery à l'étang de Berre   | LP_16_10 | Touloubre  | FRD_COCA        | 18         |
| FRDR10001 | ruisseau le riou   | LP_15_13 | Siagne et affluents                              | FRD_COCA        | 18         |
| FRDR10538 | ruisseau de saint-pancrace   | LP_16_01 | Arc provençal                                    | FRD_COCA        | 18         |
| FRDR11003 | rivière la riaille   | DU_13_07 | Calavon  | FRD_DURA        | 18         |
| FRDR11182 | vallat de cabries  | LP_16_01 | Arc provençal                                    | FRD_COCA        | 18         |
| FRDR10258 | torrent de saint-jeannet   | DU_13_03 | Asse   | FRD_DURA        | 18         |
| FRDR10478 | ruisseau le rieu   | DU_11_02 | Eygues   | FRD_DURA        | 18         |
| FRDR250a  | Le Verdon du retour du tronçon court-circuité à la confluence avec la Durance ?                      | DU_13_15 | Verdon   | FRD_DURA        | 18         |
| FRDR383   | L'Ouvèze de la Sorgue de Velleron à la confluence avec le Rhône                                      | DU_11_08 | Ouvèze vauclusienne                              | FRD_DURA        | 18         |
| FRDR12023 | mayre de malpass   | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux                  | FRD_DURA        | 18         |
| FRDR278   | La Durance du Jabron au canal EDF  | DU_13_12 | Moyenne Durance amont                            | FRD_DURA        | 18         |
| FRDR385   | La Nesque du vallat de Saume Morte à la confluence avec la Sorgue de Velleron                        | DU_11_06 | Nesque   | FRD_DURA        | 18         |
| FRDR10997 | Ruisseau de la Salette   | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux                  | FRD_DURA        | 18         |
| FRDR10386 | ravin d'aigues bonnes  | DU_13_15 | Verdon   | FRD_DURA        | 18         |



| Eu_cd     | Name  | Ssbv     | Lib_ssbvpe                                       | code_eu_subunit | Score temp |
|-----------|---|----------|--|-----------------|------------|
| FRDR268   | Le Largue de la Laye à la confluence avec la Durance                    | DU_13_11 | Largue   | FRD_DURA        | 17         |
| FRDR11691 | torrent le careï  | LP_15_07 | Littoral Alpes - Maritimes - Frontière italienne | FRD_COCA        | 17         |
| FRDR244   | La Durance du Coulon à la confluence avec le Rhône                      | DU_13_04 | Basse Durance                                    | FRD_DURA        | 17         |
| FRDR401c  | L'Aigue de la Sauve (aval Nyons) à la limite du département de la Drôme | DU_11_02 | Eygues   | FRD_DURA        | 17         |
| FRDR10291 | le grand anguillon  | DU_13_04 | Basse Durance                                    | FRD_DURA        | 17         |
| FRDR10325 | ruisseau de pontevès  | LP_15_01 | Argens   | FRD_COCA        | 17         |
| FRDR118   | La Reppe  | LP_16_09 | Reppe  | FRD_COCA        | 17         |
| FRDR276a  | La Bléone du Blès à la confluence avec la Durance                       | DU_13_05 | Bléone   | FRD_DURA        | 17         |
| FRDR126b  | La Cadière du pont de Glacière à l'étang de Berre                       | LP_16_03 | Etang de Berre                                   | FRD_COCA        | 17         |
| FRDR11804 | rivière la luynes   | LP_16_01 | Arc provençal                                    | FRD_COCA        | 17         |
| FRDR292   | La Durance du torrent de Trente Pas au torrent de St Pierre             | DU_13_12 | Moyenne Durance amont                            | FRD_DURA        | 17         |
| FRDR10548 | ruisseau des carlats*   | DU_13_04 | Basse Durance                                    | FRD_DURA        | 17         |
| FRDR11894 | ruisseau la torse   | LP_16_01 | Arc provençal                                    | FRD_COCA        | 17         |
| FRDR12052 | vallat marseillais  | LP_16_01 | Arc provençal                                    | FRD_COCA        | 17         |
| FRDR267   | La Durance de l'Asse au Verdon  | DU_13_13 | Moyenne Durance aval                             | FRD_DURA        | 17         |
| FRDR275   | La Durance du canal EDF à l'Asse  | DU_13_13 | Moyenne Durance aval                             | FRD_DURA        | 17         |
| FRDR289   | La Durance du torrent de St Pierre au Buech                             | DU_13_12 | Moyenne Durance amont                            | FRD_DURA        | 17         |
| FRDR10178 | ruisseau le mardaric  | DU_13_05 | Bléone   | FRD_DURA        | 17         |
| FRDR11485 | torrent le chaffère   | DU_13_13 | Moyenne Durance aval                             | FRD_DURA        | 17         |
| FRDR114b  | Le Gapeau du rau de Vigne Fer à la mer                                  | LP_16_04 | Gapeau   | FRD_COCA        | 17         |
| FRDR11727 | torrent l'aillade   | DU_13_13 | Moyenne Durance aval                             | FRD_DURA        | 17         |
| FRDR11013 | rivière le reyrans  | LP_15_01 | Argens   | FRD_COCA        | 17         |
| FRDR11082 | ruisseau de pradine*  | DU_11_02 | Eygues   | FRD_DURA        | 17         |
| FRDR280   | Le Jabron   | DU_13_01 | Affluents moyenne Durance aval: Jabron et Lauzon | FRD_DURA        | 17         |
| FRDR10491 | ruisseau des arnauds  | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux                  | FRD_DURA        | 17         |
| FRDR11240 | ruisseau notre-dame   | DU_13_15 | Verdon   | FRD_DURA        | 17         |
| FRDR11785 | ruisseau l'urbane   | DU_13_07 | Calavon  | FRD_DURA        | 17         |
| FRDR11659 | ruisseau l'abéou  | DU_13_04 | Basse Durance                                    | FRD_DURA        | 17         |

**ANNEXE 4 : Liste des masses d'eau potentiellement sensibles à l'hydrologie  
(score supérieur à 8/15)**

| Eu_cd     | Name  | Ssbv     | Lib_ssbvpe                                      | code_eu_subunit | Score hydro |
|-----------|---|----------|---|-----------------|-------------|
| FRDR268   | Le Largue de la Laye à la confluence avec la Durance                    | DU_13_11 | Largue  | FRD_DURA        | 12          |
| FRDR92a   | La Cagne amont  | LP_15_02 | Cagne   | FRD_COCA        | 12          |
| FRDR244   | La Durance du Coulon à la confluence avec le Rhône                      | DU_13_04 | Basse Durance                                   | FRD_DURA        | 11          |
| FRDR401c  | L'Aigue de la Sauve (aval Nyons) à la limite du département de la Drôme | DU_11_02 | Eygues  | FRD_DURA        | 11          |
| FRDR353c  | Torrent d'Ancelle   | ID_09_05 | Haut Drac                                       | FRD_ISER        | 11          |
| FRDR245a  | Le Coulon de sa source à Apt et la Doa                                  | DU_13_07 | Calavon   | FRD_DURA        | 11          |
| FRDR10390 | ruisseau des granges  | ID_09_05 | Haut Drac                                       | FRD_ISER        | 11          |
| FRDR11545 | ruisseau la valmasque   | LP_15_14 | Brague  | FRD_COCA        | 10          |
| FRDR259   | Le Verdon du barrage de Chaudanne au Jabron                             | DU_13_15 | Verdon  | FRD_DURA        | 10          |
| FRDR10370 | torrent d'abriès  | DU_12_04 | Ubaye   | FRD_DURA        | 10          |
| FRDR279   | Le Vanson   | DU_13_01 | Affluents moyenne Durance aval: Sasse et Vançon | FRD_DURA        | 10          |
| FRDR11338 | torrent de rif bel  | DU_12_02 | Guil  | FRD_DURA        | 10          |
| FRDR304   | Le Rabioux  | DU_12_01 | Affluents Haute Durance                         | FRD_DURA        | 10          |
| FRDR11788 | le riou   | LP_15_05 | Haut Var et affluents                           | FRD_COCA        | 10          |
| FRDR11919 | ravin du riou   | LP_15_05 | Haut Var et affluents                           | FRD_COCA        | 10          |
| FRDR11049 | vallon de sargles   | LP_15_01 | Argens  | FRD_COCA        | 10          |
| FRDR10223 | torrent de sachas   | DU_12_03 | Haute Durance                                   | FRD_DURA        | 10          |
| FRDR11089 | ruisseau de redebraus   | LP_15_11 | Pailhons et Côtiers Est                         | FRD_COCA        | 10          |
| FRDR11043 | ravin de la bastié  | DU_13_01 | Affluents moyenne Durance aval: Sasse et Vançon | FRD_DURA        | 10          |
| FRDR11237 | torrent le riou   | DU_13_10 | Eze   | FRD_DURA        | 10          |
| FRDR11537 | torrent de clarescombes   | DU_13_06 | Buëch   | FRD_DURA        | 10          |
| FRDR11797 | torrent la lèvensa  | LP_15_12 | Roya Bévéra                                     | FRD_COCA        | 10          |
| FRDR10232 | torrent le  | DU_12_03 | Haute Durance                                   | FRD_DURA        | 10          |
| FRDR10920 | torrent de la combe de narreyroux                                       | DU_12_03 | Haute Durance                                   | FRD_DURA        | 10          |
| FRDR11568 | rivière le peyron   | LP_15_10 | Loup  | FRD_COCA        | 10          |
| FRDR10497 | ruisseau le bouyon  | LP_15_03 | Esteron   | FRD_COCA        | 10          |
| FRDR251   | Le Colostre de sa source à la confluence avec le Verdon                 | DU_13_15 | Verdon  | FRD_DURA        | 9           |
| FRDR95b   | La Siagne du parc d'activité de la Siagne à la mer                      | LP_15_13 | Siagne et affluents                             | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR78a   | Le Var de la Vésubie à Colomars   | LP_15_06 | La Basse vallée du Var                          | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR80    | La Vésubie du ruisseau de la Planchette à la confluence avec le Var     | LP_15_05 | Haut Var et affluents                           | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR100a  | La Môle de sa source à la confluence avec la Giscle incluse             | LP_15_04 | Giscle et Côtiers Golfe St Tropez               | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR11078 | riu d'auron   | LP_15_05 | Haut Var et affluents                           | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR111   | Le Caramy   | LP_15_01 | Argens  | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR11976 | torrent le bouchier   | DU_13_15 | Verdon  | FRD_DURA        | 9           |
| FRDR10583 | ravin du mounard  | LP_15_05 | Haut Var et affluents                           | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR303   | Le torrent des Vachères   | DU_12_01 | Affluents Haute Durance                         | FRD_DURA        | 9           |
| FRDR11720 | rivière la verne en aval de la retenue                                  | LP_15_04 | Giscle et Côtiers Golfe St Tropez               | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR93a   | Le Loup amont   | LP_15_10 | Loup  | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR10997 | Le Brégoux de la source au canal de Carpentras                          | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux                 | FRD_DURA        | 9           |
| FRDR386   | La Nesque de sa source au vallon de Saume Morte                         | DU_11_06 | Nesque  | FRD_DURA        | 9           |
| FRDR10759 | torrent du buzon  | DU_13_16 | Affluents moyenne Durance Gapençais             | FRD_DURA        | 9           |
| FRDR353b  | Le Drac, du Drac de Champoléone à l'amont de St Bonnet                  | ID_09_05 | Haut Drac                                       | FRD_ISER        | 9           |
| FRDR10125 | vallon du clarel  | LP_15_10 | Loup  | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR10248 | torrent de pra reboul   | DU_12_03 | Haute Durance                                   | FRD_DURA        | 9           |
| FRDR10252 | vallon d'amen   | LP_15_05 | Haut Var et affluents                           | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR10869 | ruisseau de la planchette   | LP_15_05 | Haut Var et affluents                           | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR10991 | vallon du riou  | LP_15_05 | Haut Var et affluents                           | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR11125 | vallon de cante   | LP_15_05 | Haut Var et affluents                           | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR11605 | ruisseau la barlattette   | LP_15_05 | Haut Var et affluents                           | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR10334 | torrent de la bonne   | ID_09_05 | Haut Drac                                       | FRD_ISER        | 9           |
| FRDR306   | Torrent Chagne  | DU_12_02 | Guil  | FRD_DURA        | 9           |
| FRDR82    | Le Var du Cians à la confluence avec la Vésubie                         | LP_15_05 | Haut Var et affluents                           | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR86    | Le Var du Coulomp au Cians  | LP_15_05 | Haut Var et affluents                           | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR10028 | torrent le rousine  | DU_13_16 | Affluents moyenne Durance Gapençais             | FRD_DURA        | 9           |
| FRDR11046 | vallon de l'hôpital   | LP_15_01 | Argens  | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR11488 | ruisseau de raton   | LP_15_05 | Haut Var et affluents                           | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR10106 | le riou blanc   | LP_15_13 | Siagne et affluents                             | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR10110 | vallon de bramafam  | LP_15_05 | Haut Var et affluents                           | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR10215 | riu de clavières  | LP_15_01 | Argens  | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR10476 | vallon de pelcourt  | LP_15_01 | Argens  | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR10687 | torrent de palps  | DU_12_03 | Haute Durance                                   | FRD_DURA        | 9           |
| FRDR352   | Trt de la Séveraisette / Trt de la Muande                               | ID_09_05 | Haut Drac                                       | FRD_ISER        | 9           |
| FRDR11494 | torrent des moulettes   | DU_12_03 | Haute Durance                                   | FRD_DURA        | 9           |
| FRDR10592 | torrent de bonne  | DU_13_16 | Affluents moyenne Durance Gapençais             | FRD_DURA        | 9           |
| FRDR10746 | torrent d'aigubelle   | DU_13_06 | Buëch   | FRD_DURA        | 9           |
| FRDR11549 | rivière la siagnole   | LP_15_13 | Siagne et affluents                             | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR10826 | torrent de reyssas  | DU_12_01 | Affluents Haute Durance                         | FRD_DURA        | 9           |

**ANNEXE 5 : Liste des masses d'eau potentiellement sensibles à la capacité à s'adapter (score supérieur à 6/10)**

| Eu_cd     | Name  | Ssbv     | Lib_ssbvpe                                       | code_eu_subunit | Score adapt |
|-----------|---|----------|--|-----------------|-------------|
| FRDR11034 | ruisseau des ayalades   | LP_16_07 | Littoral Marseille - Cassis                      | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR77    | Magnan  | LP_15_11 | Paillons et Côtiers Est                          | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR11379 | torrent le borrio   | LP_15_07 | Littoral Alpes - Maritimes - Frontière italienne | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR11660 | torrent de gorbio   | LP_15_07 | Littoral Alpes - Maritimes - Frontière italienne | FRD_COCA        | 9           |
| FRDR115   | L'Eygoutier   | LP_16_02 | Côtiers Ouest Toulonnais                         | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR10531 | ruisseau la bouillide   | LP_15_14 | Brague   | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR11445 | ruisseau le roubaud   | LP_16_02 | Côtiers Ouest Toulonnais                         | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR10085 | rivière la grande frayère   | LP_15_13 | Siagne et affluents                              | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR116a  | Amont du Las  | LP_16_02 | Côtiers Ouest Toulonnais                         | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR11845 | torrent de laval  | DU_13_04 | Basse Durance                                    | FRD_DURA        | 8           |
| FRDR94    | La Brague   | LP_15_14 | Brague   | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR116b  | Aval du Las   | LP_16_02 | Côtiers Ouest Toulonnais                         | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR11418 | ruisseau le jarret  | LP_16_05 | Huveaune   | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR127   | La Touloubre du vallat de Bouley à l'étang de Berre               | LP_16_10 | Touloubre  | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR11691 | torrent le careï  | LP_15_07 | Littoral Alpes - Maritimes - Frontière italienne | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR10291 | le grand anquillon  | DU_13_04 | Basse Durance                                    | FRD_DURA        | 8           |
| FRDR10325 | ruisseau de pontevès  | LP_15_01 | Argens   | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR118   | La Reppe  | LP_16_09 | Reppe  | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR126b  | La Cadière du pont de Glacière à l'étang de Berre                 | LP_16_03 | Etang de Berre                                   | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR12063 | ruisseau le grand torrent   | LP_16_01 | Arc provençal                                    | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR11514 | riu de l'argentièr  | LP_15_08 | Littoral de Fréjus                               | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR73    | La Bévéra   | LP_15_12 | Roya Bévéra                                      | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR12130 | Grand Vallat du Ceinturon   | LP_16_03 | Etang de Berre                                   | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR100b  | La Giscle de la confluence avec la Môle à la mer                  | LP_15_04 | Giscle et Côtiers Golfe St Tropez                | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR10932 | rivière le batailler  | LP_15_09 | Littoral des Maures                              | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR11289 | vallon des déguis   | LP_15_01 | Argens   | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR10121 | torrent de bieugne  | LP_15_12 | Roya Bévéra                                      | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR11820 | la gordolasque  | LP_15_05 | Haut Var et affluents                            | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR11872 | torrent le boréon   | LP_15_05 | Haut Var et affluents                            | FRD_COCA        | 8           |
| FRDR74    | La Roya de la frontière italienne et la vallon de Cairos à la mer | LP_15_12 | Roya Bévéra                                      | FRD_COCA        | 8           |

**Caractérisation de la vulnérabilité des milieux aquatiques et des zones humides de Provence Alpes Côte d'Azur aux changements climatiques**  
Janvier 2017

| Eu_cd     | Name  | Ssbv     | Lib_ssbvpe                                  | code_eu_subunit | Score adapt |
|-----------|---|----------|---|-----------------|-------------|
| FRDR11419 | rivière la seille   | DU_11_08 | Ouvèze vauclusienne                         | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR76b   | Le Paillons de Nice (du Paillons des Contes à la mer)               | LP_15_11 | Paillons et Côtiers Est                     | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR11997 | rivière la mourachonne  | LP_15_13 | Siagne et affluents                         | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR10636 | torrent le grand vallat   | DU_13_04 | Basse Durance                               | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR10661 | ruisseau des paluds*  | LP_16_02 | Côtiers Ouest Toulonnais                    | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR11235 | ruisseau de budéou  | LP_16_10 | Touloubre                                   | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR11947 | ruisseau de saint-laurent   | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux             | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR128   | La Touloubre de sa source au vallat de Bouleury                     | LP_16_10 | Touloubre                                   | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR129   | L'Arc de la Luynes à l'étang de Berre                               | LP_16_01 | Arc provençal                               | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR11543 | vallon de mardaric  | LP_15_10 | Loup  | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR11995 | vallon de lagnet  | LP_15_11 | Paillons et Côtiers Est                     | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR93b   | Le Loup aval  | LP_15_10 | Loup  | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR11135 | ravin de drouye   | DU_13_13 | Moyenne Durance aval                        | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR10001 | ruisseau le riou  | LP_15_13 | Siagne et affluents                         | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR10538 | ruisseau de saint-pancrace  | LP_16_01 | Arc provençal                               | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR11003 | rivière la riaille  | DU_13_07 | Calavon                                     | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR11182 | vallat de cabries   | LP_16_01 | Arc provençal                               | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR10548 | ruisseau des carlats*   | DU_13_04 | Basse Durance                               | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR11894 | ruisseau la torse   | LP_16_01 | Arc provençal                               | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR12052 | vallat marsellais   | LP_16_01 | Arc provençal                               | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR10178 | ruisseau le mardaric  | DU_13_05 | Bléone                                      | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR11485 | torrent le chaffère   | DU_13_13 | Moyenne Durance aval                        | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR114b  | Le Gapeau du rau de Vigne Fer à la mer                              | LP_16_04 | Gapeau                                      | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR11727 | torrent l'aillade   | DU_13_13 | Moyenne Durance aval                        | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR76a   | Le Paillons de l'Escarène (de la source au Paillon de Contes)       | LP_15_11 | Paillons et Côtiers Est                     | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR10989 | la valsette   | DU_13_13 | Moyenne Durance aval                        | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR11179 | ruisseau le malvan  | LP_15_02 | Cagne                                       | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR11882 | torrent du fauge*   | LP_16_05 | Huveaune                                    | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR10655 | vallat des eyssarettes  | LP_16_01 | Arc provençal                               | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR10874 | ruisseau le raumartin   | LP_16_03 | Etang de Berre                              | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR11166 | rivière la garonne  | LP_15_08 | Littoral de Fréjus                          | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR112   | Le Maravanne  | LP_16_08 | Maravanne                                   | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR11749 | riou de jabron  | DU_13_12 | Moyenne Durance amont                       | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR121b  | L'Huveaune du seuil du pont de l'Etoile à la mer                    | LP_16_05 | Huveaune                                    | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR92a   | La Cagne amont  | LP_15_02 | Cagne                                       | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR10370 | torrent d'abriès  | DU_12_04 | Ubaye                                       | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR10553 | ruisseau du parpaillon  | DU_12_04 | Ubaye                                       | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR11776 | ruisseau le béal  | DU_11_04 | Lez   | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR12100 | le paillon de contes  | LP_15_11 | Paillons et Côtiers Est                     | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR10937 | vallat de fenouilloux   | LP_16_05 | Huveaune                                    | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR11276 | grand vallat de l'agoutadou*  | DU_13_04 | Basse Durance                               | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR11539 | grand vallat  | LP_16_09 | Reppe                                       | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR11909 | ravin des sauzeries   | DU_13_03 | Asse  | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR2031  | Le Coulomp, la Bernade, la Galange, la Vaire, la Combe              | LP_15_05 | Haut Var et affluents                       | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR10593 | vallon des routes   | LP_16_04 | Gapeau                                      | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR11065 | ruisseau le réal  | LP_15_01 | Argens                                      | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR12129 | Vallat neuf   | LP_16_03 | Etang de Berre                              | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR10659 | ruisseau de cologne   | LP_15_01 | Argens                                      | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR11847 | rivière le merlançon  | LP_16_05 | Huveaune                                    | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR12096 | le grand vallat   | LP_15_01 | Argens                                      | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR2033  | L'Argens de la Nartuby à la mer                                     | LP_15_01 | Argens                                      | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR80    | La Vésubie du ruisseau de la Planchette à la confluence avec le Var | LP_15_05 | Haut Var et affluents                       | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR10391 | canal de la magdeleine  | DU_13_16 | Affluents moyenne Durance Gapençais         | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR10982 | réal rimauresq  | LP_16_04 | Gapeau                                      | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR99b   | Le Preconil du vallon du Couloubrier à la mer                       | LP_15_04 | Giscle et Côtiers Golfe St Tropez           | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR11338 | torrent de rif bel  | DU_12_02 | Guil  | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR11976 | torrent le bouchier   | DU_13_15 | Verdon                                      | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR10444 | torrent le chadoulin  | DU_13_15 | Verdon                                      | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR10662 | riou d'ondres   | DU_13_15 | Verdon                                      | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR11824 | ravin de saint-pierre   | DU_13_15 | Verdon                                      | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR10306 | ruisseau le beillon   | DU_13_01 | Affluents moyenne Durance aval: Jabron et L | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR83    | La Tinée du vallon de Bramafam à la confluence avec le Var          | LP_15_05 | Haut Var et affluents                       | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR11979 | riou de méaulx  | LP_15_01 | Argens                                      | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR10759 | torrent du buzon  | DU_13_16 | Affluents moyenne Durance Gapençais         | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR2027a | Le Drac de l'aval de St Bonnet à la retenue du Sautet               | ID_09_05 | Haut Drac                                   | FRD_ISER        | 7           |
| FRDR91    | Le Var de sa source au Coulomp                                      | LP_15_05 | Haut Var et affluents                       | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR10504 | ruisseau de la liqueite   | LP_15_09 | Littoral des Maures                         | FRD_COCA        | 7           |
| FRDR10278 | torrent de reynier  | DU_13_01 | Affluents moyenne Durance aval: Sasse et V  | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR11407 | rivière l'asse de moriez  | DU_13_03 | Asse  | FRD_DURA        | 7           |
| FRDR11930 | torrent la ribière  | ID_09_05 | Haut Drac                                   | FRD_ISER        | 7           |
| FRDR81    | La Vésubie de sa source au ruisseau de la Planchette                | LP_15_05 | Haut Var et affluents                       | FRD_COCA        | 7           |

**ANNEXE 6 : Liste des masses d'eau sensibles et très sensibles selon l'indice global de sensibilité (score supérieur à 30/55)**

| Eu_cd     | Name   | Ssbv     | Lib_ssbvpe                                       | code_eu_subunit | IGS |
|-----------|--|----------|--|-----------------|-----|
| FRDR11034 | ruisseau des ayalades  | LP_16_07 | Littoral Marseille - Cassis                      | FRD_COCA        | 37  |
| FRDR115   | L'Eygoutier  | LP_16_02 | Côtiens Ouest Toulonnais                         | FRD_COCA        | 37  |
| FRDR10531 | ruisseau la bouillide  | LP_15_14 | Brague   | FRD_COCA        | 36  |
| FRDR1251  | La Meyne / Mayre de Raphelis / Mayre de Merderic   | DU_11_05 | Meyne  | FRD_DURA        | 35  |
| FRDR11419 | rivière la seille  | DU_11_08 | Ouvèze vauclusienne                              | FRD_DURA        | 35  |
| FRDR251   | Le Colostre de sa source à la confluence avec le Verdon  | DU_13_15 | Verdon   | FRD_DURA        | 35  |
| FRDR10085 | rivière la grande frayère  | LP_15_13 | Siagne et affluents                              | FRD_COCA        | 35  |
| FRDR11379 | torrent le borriço   | LP_15_07 | Littoral Alpes - Maritimes - Frontière italienne | FRD_COCA        | 35  |
| FRDR268   | Le Largue de la Laye à la confluence avec la Durance   | DU_13_11 | Largue   | FRD_DURA        | 35  |
| FRDR10243 | rivière la sorquette   | DU_11_03 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux                  | FRD_DURA        | 34  |
| FRDR76b   | Le Paillons de Nice (du Paillons des Contes à la mer)  | LP_15_11 | Paillons et Côtiers Est                          | FRD_COCA        | 34  |
| FRDR116a  | Amont du Las   | LP_16_02 | Côtiens Ouest Toulonnais                         | FRD_COCA        | 34  |
| FRDR11845 | torrent de laval   | DU_13_04 | Basse Durance                                    | FRD_DURA        | 34  |
| FRDR95b   | La Siagne du parc d'activité de la Siagne à la mer   | LP_15_13 | Siagne et affluents                              | FRD_COCA        | 34  |
| FRDR94    | La Brague  | LP_15_14 | Brague   | FRD_COCA        | 34  |
| FRDR92a   | La Cagne amont   | LP_15_02 | Cagne  | FRD_COCA        | 34  |
| FRDR11445 | ruisseau le roubaud  | LP_16_02 | Côtiens Ouest Toulonnais                         | FRD_COCA        | 33  |
| FRDR11997 | rivière la mourachonne   | LP_15_13 | Siagne et affluents                              | FRD_COCA        | 33  |
| FRDR77    | Magnan   | LP_15_11 | Paillons et Côtiers Est                          | FRD_COCA        | 33  |
| FRDR11543 | vallon de mardaric   | LP_15_10 | Loup   | FRD_COCA        | 33  |
| FRDR11691 | torrent le careï   | LP_15_07 | Littoral Alpes - Maritimes - Frontière italienne | FRD_COCA        | 33  |
| FRDR244   | La Durance du Coulon à la confluence avec le Rhône   | DU_13_04 | Basse Durance                                    | FRD_DURA        | 33  |
| FRDR401c  | L'Aigue de la Sauve (aval Nyons) à la limite du département de la Drôme                              | DU_11_02 | Eygues   | FRD_DURA        | 33  |
| FRDR11660 | torrent de gorbio  | LP_15_07 | Littoral Alpes - Maritimes - Frontière italienne | FRD_COCA        | 33  |
| FRDR10997 | Le Brégoux du canal de Carpentras à la confluence  | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux                  | FRD_DURA        | 32  |
| FRDR250b  | Le Verdon du Colostre au retour du tronçon court-circuité  | DU_13_15 | Verdon   | FRD_DURA        | 32  |
| FRDR11995 | vallon de laquet   | LP_15_11 | Paillons et Côtiers Est                          | FRD_COCA        | 32  |
| FRDR93b   | Le Loup aval   | LP_15_10 | Loup   | FRD_COCA        | 32  |
| FRDR78a   | Le Var de la Vésubie à Colomars  | LP_15_06 | La Basse vallée du Var                           | FRD_COCA        | 32  |
| FRDR10291 | le grand anguillon   | DU_13_04 | Basse Durance                                    | FRD_DURA        | 32  |
| FRDR11545 | ruisseau la valmasque  | LP_15_14 | Brague   | FRD_COCA        | 32  |
| FRDR10370 | torrent d'abriès   | DU_12_04 | Ubaye  | FRD_DURA        | 32  |
| FRDR384c  | Sorgue de Velleron, du Partage des Eaux à la confluence avec l'Ouvèze                                | DU_11_03 | La Sorgue  | FRD_DURA        | 31  |
| FRDR384d  | Grande Sorgue et Sorgue d'Entraigues, du Partage des eaux à la confluence avec la Sorgue de Velleron | DU_11_03 | La Sorgue  | FRD_DURA        | 31  |
| FRDR387b  | L'Auzon du pont de la RD 974 à la confluence avec la Sorgue de Velleron                              | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux                  | FRD_DURA        | 31  |
| FRDR10636 | torrent le grand vallat  | DU_13_04 | Basse Durance                                    | FRD_DURA        | 31  |
| FRDR10661 | ruisseau des paluds*   | LP_16_02 | Côtiens Ouest Toulonnais                         | FRD_COCA        | 31  |
| FRDR11235 | ruisseau de budéou   | LP_16_10 | Touloubre  | FRD_COCA        | 31  |
| FRDR11947 | ruisseau de saint-laurent  | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux                  | FRD_DURA        | 31  |
| FRDR128   | La Touloubre de sa source au vallat de Bouleury  | LP_16_10 | Touloubre  | FRD_COCA        | 31  |
| FRDR129   | L'Arc de la Luynes à l'étang de Berre  | LP_16_01 | Arc provençal                                    | FRD_COCA        | 31  |
| FRDR116b  | Aval du Las  | LP_16_02 | Côtiens Ouest Toulonnais                         | FRD_COCA        | 31  |
| FRDR11135 | ravin de drouye  | DU_13_13 | Moyenne Durance aval                             | FRD_DURA        | 31  |
| FRDR95a   | La Siagne du barrage de Tanneron au parc d'activité de la Siagne                                     | LP_15_13 | Siagne et affluents                              | FRD_COCA        | 31  |
| FRDR10325 | ruisseau de pontevès   | LP_15_01 | Argens   | FRD_COCA        | 31  |
| FRDR118   | La Reppe   | LP_16_09 | Reppe  | FRD_COCA        | 31  |
| FRDR276a  | La Bléone du Blès à la confluence avec la Durance  | DU_13_05 | Bléone   | FRD_DURA        | 31  |
| FRDR76a   | Le Paillons de l'Escarène (de la source au Paillon de Contes)  | LP_15_11 | Paillons et Côtiers Est                          | FRD_COCA        | 31  |
| FRDR353c  | Torrent d'Ancele   | ID_09_05 | Haut Drac  | FRD_ISER        | 31  |

| Eu_cd     | Name  | Ssbv     | Lib_ssbvpe                      | code_eu_subunit | IGS |
|-----------|---|----------|---------------------------------|-----------------|-----|
| FRDR11455 | ruisseau la gaude   | DU_11_02 | Eygues                          | FRD_DURA        | 30  |
| FRDR384a  | La Sorgue amont   | DU_11_03 | La Sorgue                       | FRD_DURA        | 30  |
| FRDR387a  | L'Auzon de sa source au seuil du pont de la RD 974                              | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux | FRD_DURA        | 30  |
| FRDR389   | Le Grand Levade et le Long Vallat   | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux | FRD_DURA        | 30  |
| FRDR11418 | ruisseau le jarret  | LP_16_05 | Huveaune                        | FRD_COCA        | 30  |
| FRDR127   | La Touloubre du vallat de Boulery à l'étang de Berre                            | LP_16_10 | Touloubre                       | FRD_COCA        | 30  |
| FRDR10001 | ruisseau le riou  | LP_15_13 | Siagne et affluents             | FRD_COCA        | 30  |
| FRDR10538 | ruisseau de saint-pancrace  | LP_16_01 | Arc provençal                   | FRD_COCA        | 30  |
| FRDR11003 | rivière la riaille  | DU_13_07 | Calavon                         | FRD_DURA        | 30  |
| FRDR11182 | vallat de cabries   | LP_16_01 | Arc provençal                   | FRD_COCA        | 30  |
| FRDR10258 | torrent de saint-jeannet  | DU_13_03 | Asse                            | FRD_DURA        | 30  |
| FRDR10478 | ruisseau le rieu  | DU_11_02 | Eygues                          | FRD_DURA        | 30  |
| FRDR250a  | Le Verdon du retour du tronçon court-circuité à la confluence avec la Durance ? | DU_13_15 | Verdon                          | FRD_DURA        | 30  |
| FRDR383   | L'Ouvèze de la Sorgue de Velleron à la confluence avec le Rhône                 | DU_11_08 | Ouvèze vauclusienne             | FRD_DURA        | 30  |
| FRDR126b  | La Cadière du pont de Glacière à l'étang de Berre                               | LP_16_03 | Etang de Berre                  | FRD_COCA        | 30  |
| FRDR11804 | rivière la luyne  | LP_16_01 | Arc provençal                   | FRD_COCA        | 30  |
| FRDR292   | La Durance du torrent de Trente Pas au torrent de St Pierre                     | DU_13_12 | Moyenne Durance amont           | FRD_DURA        | 30  |
| FRDR10989 | la valsette   | DU_13_13 | Moyenne Durance aval            | FRD_DURA        | 30  |
| FRDR11576 | torrent riou bourdoux   | DU_12_04 | Ubaye                           | FRD_DURA        | 30  |
| FRDR259   | Le Verdon du barrage de Chaudanne au Jabron                                     | DU_13_15 | Verdon                          | FRD_DURA        | 30  |
| FRDR11514 | riou de l'argentièr   | LP_15_08 | Littoral de Fréjus              | FRD_COCA        | 30  |
| FRDR73    | La Bévéra   | LP_15_12 | Roya Bévéra                     | FRD_COCA        | 30  |
| FRDR10553 | ruisseau du parpaillon  | DU_12_04 | Ubaye                           | FRD_DURA        | 30  |
| FRDR80    | La Vésubie du ruisseau de la Planchette à la confluence avec le Var             | LP_15_05 | Haut Var et affluents           | FRD_COCA        | 30  |
| FRDR11338 | torrent de rif bel  | DU_12_02 | Guil                            | FRD_DURA        | 30  |

**ANNEXE 7 : Liste des masses d'eau vulnérables et très vulnérables selon l'indice global de vulnérabilité (score supérieur à 40%) (classées par vulnérabilité décroissante)**

|           |   |          |                                     |
|-----------|---|----------|-------------------------------------|
| FRDR11845 | torrent de laval  | DU_13_04 | Basse Durance                       |
| FRDR268   | Le Largue de la Laye à la confluence avec la Durance                    | DU_13_11 | Largue                              |
| FRDR10291 | le grand anguillon  | DU_13_04 | Basse Durance                       |
| FRDR244   | La Durance du Coulon à la confluence avec le Rhône                      | DU_13_04 | Basse Durance                       |
| FRDR401c  | L'Aigue de la Sauve (aval Nyons) à la limite du département de la Drôme | DU_11_02 | Eygues                              |
| FRDR115   | L'Eygoutier   | LP_16_02 | Côtièrs Ouest Toulonnais            |
| FRDR11135 | ravin de drouye   | DU_13_13 | Moyenne Durance aval                |
| FRDR10989 | la valsette   | DU_13_13 | Moyenne Durance aval                |
| FRDR10636 | torrent le grand vallat   | DU_13_04 | Basse Durance                       |
| FRDR11003 | rivière la riaille  | DU_13_07 | Calavon                             |
| FRDR10548 | ruisseau des carlats*   | DU_13_04 | Basse Durance                       |
| FRDR10598 | ravin de la combe   | DU_13_13 | Moyenne Durance aval                |
| FRDR11276 | grand vallat de l'agoutadou*  | DU_13_04 | Basse Durance                       |
| FRDR116a  | Amont du Las  | LP_16_02 | Côtièrs Ouest Toulonnais            |
| FRDR11455 | ruisseau la gaude   | DU_11_02 | Eygues                              |
| FRDR11749 | riou de jabron  | DU_13_12 | Moyenne Durance amont               |
| FRDR292   | La Durance du torrent de Trente Pas au torrent de St Pierre             | DU_13_12 | Moyenne Durance amont               |
| FRDR11485 | torrent le chaffère   | DU_13_13 | Moyenne Durance aval                |
| FRDR11727 | torrent l'aillade   | DU_13_13 | Moyenne Durance aval                |
| FRDR10478 | ruisseau le rieu  | DU_11_02 | Eygues                              |
| FRDR11543 | vallon de mardaric  | LP_15_10 | Loup                                |
| FRDR11947 | ruisseau de saint-laurent   | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux     |
| FRDR245b  | Le Coulon de Apt à la confluence avec la Durance et l'Imergue           | DU_13_07 | Calavon                             |
| FRDR245a  | Le Coulon de sa source à Apt et la Doa                                  | DU_13_07 | Calavon                             |
| FRDR10015 | vallat de galance   | DU_13_04 | Basse Durance                       |
| FRDR11445 | ruisseau le roubaud   | LP_16_02 | Côtièrs Ouest Toulonnais            |
| FRDR267   | La Durance de l'Asse au Verdon  | DU_13_13 | Moyenne Durance aval                |
| FRDR275   | La Durance du canal EDF à l'Asse  | DU_13_13 | Moyenne Durance aval                |
| FRDR289   | La Durance du torrent de St Pierre au Buech                             | DU_13_12 | Moyenne Durance amont               |
| FRDR11082 | ruisseau de pradine*  | DU_11_02 | Eygues                              |
| FRDR2034  | Le Largue de sa source à la confluence avec la Laye incluse             | DU_13_11 | Largue                              |
| FRDR278   | La Durance du Jabron au canal EDF                                       | DU_13_12 | Moyenne Durance amont               |
| FRDR93b   | Le Loup aval  | LP_15_10 | Loup                                |
| FRDR10325 | ruisseau de pontevès  | LP_15_01 | Argens                              |
| FRDR118   | La Reppe  | LP_16_09 | Reppe                               |
| FRDR1251  | La Meyne / Mayre de Raphelis / Mayre de Merderic                        | DU_11_05 | Meyne                               |
| FRDR10516 | le rieu sec   | DU_11_02 | Eygues                              |
| FRDR11964 | torrent la véragne  | DU_13_06 | Buëch                               |
| FRDR401b  | L'Aigue de la limite du département de la Drôme au Rhône                | DU_11_02 | Eygues                              |
| FRDR11232 | ruisseau le réal  | DU_13_07 | Calavon                             |
| FRDR11944 | ruisseau la sénancole   | DU_13_07 | Calavon                             |
| FRDR387b  | L'Auzon du pont de la RD 974 à la confluence avec la Sorgue de Velleron | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux     |
| FRDR116b  | Aval du Las   | LP_16_02 | Côtièrs Ouest Toulonnais            |
| FRDR10916 | torrent de vauclaire  | DU_13_04 | Basse Durance                       |
| FRDR247   | L'Aigue Brun  | DU_13_02 | Aigue brun                          |
| FRDR251   | Le Colostre de sa source à la confluence avec le Verdon                 | DU_13_15 | Verdon                              |
| FRDR11505 | rivière la riaille  | DU_13_07 | Calavon                             |
| FRDR387a  | L'Auzon de sa source au seuil du pont de la RD 974                      | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux     |
| FRDR12006 | rivière la sauve  | DU_11_02 | Eygues                              |
| FRDR10391 | canal de la magdeleine  | DU_13_16 | Affluents moyenne Durance Gapençais |
| FRDR10481 | ravin de l'ausselet   | DU_13_11 | Largue                              |
| FRDR10997 | Le Brégoux du canal de Carpentras à la confluence                       | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux     |
| FRDR10759 | torrent du buzon  | DU_13_16 | Affluents moyenne Durance Gapençais |
| FRDR11588 | ravin de mardaric   | DU_13_13 | Moyenne Durance aval                |
| FRDR246a  | La Durance du vallon de la Campana à l'amont de Mallemort               | DU_13_04 | Basse Durance                       |
| FRDR10661 | ruisseau des paluds*  | LP_16_02 | Côtièrs Ouest Toulonnais            |
| FRDR11049 | vallon de sargles   | LP_15_01 | Argens                              |
| FRDR11235 | ruisseau de budéou  | LP_16_10 | Touloubre                           |
| FRDR11237 | torrent le riou   | DU_13_10 | Eze                                 |
| FRDR11418 | ruisseau le jarret  | LP_16_05 | Huveaune                            |
| FRDR12063 | ruisseau le grand torrent   | LP_16_01 | Arc provençal                       |
| FRDR127   | La Touloubre du vallon de Bouliery à l'étang de Berre                   | LP_16_10 | Touloubre                           |

|           |  |          |                                 |
|-----------|--|----------|---------------------------------|
| FRDR128   | La Touloubre de sa source au vallon de Boulery             | LP_16_10 | Touloubre                       |
| FRDR129   | L'Arc de la Luynes à l'étang de Berre                      | LP_16_01 | Arc provençal                   |
| FRDR11785 | ruisseau l'urbane  | DU_13_07 | Calavon                         |
| FRDR12023 | mayre de malpass   | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux |
| FRDR10737 | ruisseau de la merderie                                    | DU_11_02 | Eygues                          |
| FRDR10538 | ruisseau de saint-pancrace                                 | LP_16_01 | Arc provençal                   |
| FRDR11182 | vallat de cabries  | LP_16_01 | Arc provençal                   |
| FRDR11419 | rivière la seille  | DU_11_08 | Ouvèze vauclusienne             |
| FRDR11882 | torrent du fauge*  | LP_16_05 | Huveaune                        |
| FRDR288b  | Le Petit Buëch, le Bèoux, et le torrent de Maraise         | DU_13_06 | Buëch                           |
| FRDR402   | L'Eygues de l'Oule à la Sauve (aval Nyons)                 | DU_11_02 | Eygues                          |
| FRDR10250 | ruisseau de pommerol                                       | DU_11_02 | Eygues                          |
| FRDR11804 | rivière la luynes  | LP_16_01 | Arc provençal                   |
| FRDR11168 | ruisseau le riou   | DU_13_12 | Moyenne Durance amont           |
| FRDR389   | Le Grand Levade et le Long Vallat                          | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux |
| FRDR10085 | rivière la grande frayère                                  | LP_15_13 | Siagne et affluents             |
| FRDR2032  | La Durance du canal EDF au vallon de la Campane            | DU_13_04 | Basse Durance                   |
| FRDR10004 | aubanedes*   | LP_16_01 | Arc provençal                   |
| FRDR10937 | vallat de fenouilloux                                      | LP_16_05 | Huveaune                        |
| FRDR11539 | grand vallat   | LP_16_09 | Reppe                           |
| FRDR11894 | ruisseau la torse  | LP_16_01 | Arc provençal                   |
| FRDR12052 | vallat marseillais   | LP_16_01 | Arc provençal                   |
| FRDR92a   | La Cagne amont   | LP_15_02 | Cagne                           |
| FRDR11948 | torrent le marderic  | DU_13_04 | Basse Durance                   |
| FRDR11976 | torrent le bouchier  | DU_13_15 | Verdon                          |
| FRDR11712 | ruisseau de ridau  | DU_13_13 | Moyenne Durance aval            |
| FRDR10383 | ravin du riou  | DU_13_11 | Largue                          |
| FRDR10655 | vallat des eyssarettes                                     | LP_16_01 | Arc provençal                   |
| FRDR11008 | vallon des rocas   | LP_15_01 | Argens                          |
| FRDR11046 | vallon de l'hôpital  | LP_15_01 | Argens                          |
| FRDR11073 | ravin de marnas  | DU_11_02 | Eygues                          |
| FRDR111   | Le Caramy  | LP_15_01 | Argens                          |
| FRDR11741 | ravin de la grave  | DU_13_12 | Moyenne Durance amont           |
| FRDR276a  | La Bléone du Blès à la confluence avec la Durance          | DU_13_05 | Bléone                          |
| FRDR10480 | ruisseau d'usage   | DU_11_02 | Eygues                          |
| FRDR11776 | ruisseau le béal   | DU_11_04 | Lez                             |
| FRDR11780 | ruisseau de baudon   | DU_11_02 | Eygues                          |
| FRDR11537 | torrent de clarescombes                                    | DU_13_06 | Buëch                           |
| FRDR10781 | ruisseau le réal de jouques                                | DU_13_04 | Basse Durance                   |
| FRDR11582 | ruisseau l'ourgouse  | DU_13_10 | Eze                             |
| FRDR10243 | rivière la sorguette                                       | DU_11_03 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux |
| FRDR10444 | torrent le chadoulin                                       | DU_13_15 | Verdon                          |
| FRDR10662 | riou d'ondres  | DU_13_15 | Verdon                          |
| FRDR11065 | ruisseau le réal   | LP_15_01 | Argens                          |
| FRDR11289 | vallon des déguiers  | LP_15_01 | Argens                          |
| FRDR11753 | ruisseau de longarel                                       | LP_16_01 | Arc provençal                   |
| FRDR11810 | torrent le mouson  | DU_13_12 | Moyenne Durance amont           |
| FRDR11824 | ravin de saint-pierre                                      | DU_13_15 | Verdon                          |
| FRDR250b  | Le Verdon du Collostre au retour du tronçon court-circuité | DU_13_15 | Verdon                          |
| FRDR403   | Le Bentrax   | DU_11_02 | Eygues                          |
| FRDR93a   | Le Loup amont  | LP_15_10 | Loup                            |
| FRDR388a  | La Mède amont  | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux |
| FRDR95b   | La Siagne du parc d'activité de la Siagne à la mer         | LP_15_13 | Siagne et affluents             |
| FRDR10746 | torrent d'aiguebelle                                       | DU_13_06 | Buëch                           |
| FRDR10983 | torrent la sigouste  | DU_13_06 | Buëch                           |
| FRDR11108 | ruisseau ruissan   | DU_13_06 | Buëch                           |
| FRDR10125 | vallon du clarel   | LP_15_10 | Loup                            |
| FRDR10491 | ruisseau des arnauds                                       | DU_11_09 | Rivières Sud-Ouest Mont Ventoux |
| FRDR11013 | rivière le reyrans   | LP_15_01 | Argens                          |
| FRDR11568 | rivière le peyron  | LP_15_10 | Loup                            |
| FRDR11909 | ravin des sauzeries  | DU_13_03 | Asse                            |
| FRDR248   | L'Èze  | DU_13_10 | Eze                             |



