

Étude du phénomène d'eutrophisation des Gardons – Année 2011

Rapport de synthèse

Février 2012



aquascop

SMAGE des Gardons





Syndicat Mixte pour l'Aménagement et la Gestion Équilibrée des Gardons

Étude du phénomène d'eutrophisation des Gardons – Année 2011

Rapport de Synthèse

Février 2012

Version	Date	Nom et signature du (des) rédacteur(s)	Nom et signature du vérificateur
Version finale	Février 2012	Vincent BOUCHARÉYCHAS 	Catherine MAZOYER 

Sommaire

OBJECTIFS DE L'ETUDE	4
1. METHODOLOGIE	4
1.1. Les secteurs d'étude	4
1.1.1. Les gorges du Gardon	4
1.1.2. Le bassin versant amont	4
1.2. Les mesures et investigations	4
INDICES MACROPHYTES	4
1.3. Hydrologie	4
2. RESULTATS	5
2.1. Les gorges du gardon	5
2.1.1. Les mesures physico-chimiques de l'eau	5
2.1.2. La végétation aquatique du Gardon dans les gorges	6
2.1.3. La végétation aquatique des résurgences des gorges du Gardon	7
2.1.4. Les diatomées des gorges du Gardon	7
2.2. Le suivi du bassin versant	8
2.2.1. Aspects physico-chimiques	8
2.2.2. Les indices IBMR du bassin versant des Gardons	8
2.2.3. Les diatomées (IBD)	9
3. CONCLUSIONS	10
3.1. Bilan des manifestations d'eutrophisation en 2011	10
3.2. Les indices diatomiques	10
3.3. Qualité physico-chimique des eaux	11
3.4. liens entre qualité des eaux et croissance algale	11
3.5. Orientations d'actions	12
4. ANNEXES	12

OBJECTIFS DE L'ETUDE

La présente étude a pour objet de dresser un diagnostic de l'eutrophisation des Gardons, en particulier dans le secteur des gorges entre Russan et le Pont du Gard, grâce à un suivi détaillé d'un cycle complet de développement végétal (été 2011). A la lumière du diagnostic physico-chimique et biologique, des propositions d'actions pour enrayer ou réduire les phénomènes observés sont faites.

1. METHODOLOGIE

1.1. LES SECTEURS D'ETUDE

1.1.1. Les gorges du Gardon

Sept stations de suivi sont positionnées dans les gorges du cours principal du Gardon entre le Pont de Russan et le Pont du Gard. Sur ce secteur, dix principales résurgences et deux affluents ont été identifiés et analysées sur le plan physico-chimique.

1.1.2. Le bassin versant amont

Les principaux Gardons situés en amont des gorges (Gardons réunis à St Chaptès, Gardon d'Alès, d'Anduze, de Mialet et Saint Jean) sont suivis par 5 stations de mesures physico-chimiques et biologiques.

1.2. LES MESURES ET INVESTIGATIONS

Le tableau suivant synthétise le programme d'analyses :

Thème	Paramètres	Stations et campagnes
Qualité physico-chimiques des eaux	Mesures in situ ; matières organiques, nutriments (formes d'azote et de phosphore), bactériologie, ...	19 stations et jusqu'à 4 campagnes dans les gorges ; 3 pour le bassin versant amont
Cycles nycthémeraux	Enregistrements en continu sur 24 heures : oxygène dissous et saturation en oxygène, température, pH des eaux	2 stations (Collias et Pont du Gard) ; 2 campagnes sur le site de Collias seulement (11/07/11 et 29/08/11)
Végétation aquatique (inventaire des macrophytes)	Inventaire des macrophytes et estimation des recouvrements sur tout le linéaire des gorges	Secteur des gorges découpé en 5 tronçons ; 4 campagnes de reconnaissance du linéaire
Indices diatomiques	IBD (indice Biologique diatomique), IPS (Indice de Polluosensibilité Spécifique)	8 stations dans les gorges et 5 stations du bassin versant amont ; 3 campagnes
Indices macrophytes	IBMR (Indice Biologique Macrophytique en Rivière)	5 stations du bassin versant amont ; 3 campagnes

4 campagnes dans les gorges : mi avril et fin mai, juin et août

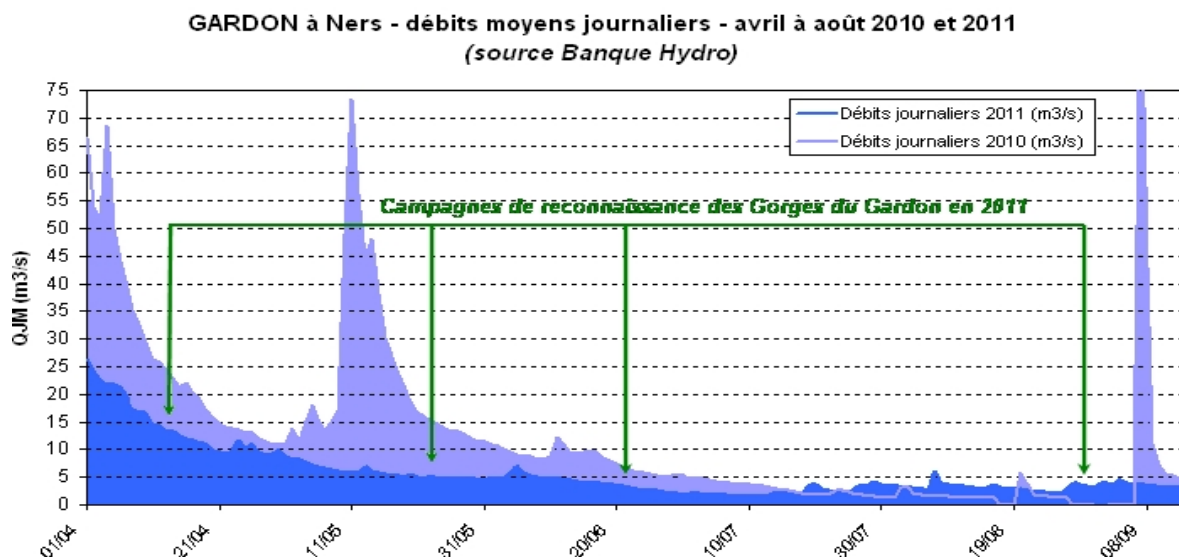
3 campagnes dans le bassin versant amont : fin avril, fin juin et 1^{er} septembre

1.3. HYDROLOGIE

Les Gardons sont des cours d'eau typiquement méditerranéens caractérisés par des étiages sévères de fortes crues lors des épisodes pluvieux intenses venus de Méditerranée (dits « épisodes cévenoles »).

Par rapport à 2010, l'année 2011 a présenté un printemps moins arrosé et un étiage plus précocé. En revanche, la fin de l'année est assez conforme entre les deux années avec un épisode cévenol marqué chaque fin d'année (débit moyen 485 m³/s la journée du 4 novembre 2011).

Le graphique ci-dessous permet de situer nos investigations hydrobiologiques, sur la période d'étude d'avril à septembre 2011. En 2011 l'étiage s'est déroulé de juillet à octobre avec des débits d'étiage moins marqués qu'en 2010.



2. RESULTATS

2.1. LES GORGES DU GARDON

2.1.1. Les mesures physico-chimiques de l'eau

Les cartes présentées en « annexe 1 » reprennent les qualités des stations de mesure du bassin versant par altération (nitrates et phosphates).

- **Le cours principal du Gardon**

La qualité des eaux du Gardon dans les gorges est bonne à très bonne pour 99 % des analyses physico-chimiques réalisées (faibles teneurs en matières organiques et en nutriments).

Les effets des manifestations d'eutrophisation, se traduisent par des sursaturations en oxygène (par exemple 184%, fin mai, en aval du seuil de Collias), liées soit à de forts développements d'algues filamenteuses, soit à « micro-développements » (pérlithon), couvrant une grande partie des fonds.

Localement les températures de l'eau peuvent être ponctuellement élevées et pénalisantes pour la faune benthique et notamment les poissons (27,6° C au Pont St Nicolas en mai 2011).

- **Les résurgences et affluents**

Globalement les eaux des résurgences sont de très bonne qualité tant physico-chimique que bactériologique. Elles sont naturellement pauvres en oxygène mais sans avoir un impact mesurable dans le Gardon (réoxygénation rapide).

Deux affluents sont particulièrement riches en azote et/ou en phosphore : le Rial et le ruisseau de Vers (recevant notamment des effluents des stations d'épuration de Sanilhac et de Vers-Pont du Gard) ;

Deux sources karstiques présentent des teneurs excessives en nutriments (matières phosphorées) : la Hutte (située au droit de Poulx) et une petite source à l'aval (analyses de septembre 2010 ; l'origine de ces apports reste à identifier).

La principale résurgence du Gardon : « La Baume » apporte une eau de bonne qualité avec cependant une teneur en nitrates supérieure à celle du Gardon.

• Bilan de dispositifs d'assainissement situés dans les gorges

Les dispositifs d'assainissement identifiés comme pouvant avoir un impact sur les eaux du Gardon dans les gorges sont les suivants :

- la station de « Sanilhac » qui rejette dans le Rial ;
- la station de « Vers – Pont du Gard », qui rejette dans le ruisseau du Moulinet. Un dysfonctionnement fin juillet 2011, a été à l'origine d'une pollution du Gardon ;
- la station d'épuration de Poulx dont les eaux s'infiltrent dans le karst. L'origine des teneurs significatives de phosphore mesurées dans la source de la Hutte pourrait être liée à ce rejet (à préciser) ;
- les stations d'Uzès et plus localement de Collias rejettent dans l'Alzon.

Notons que l'amélioration de plusieurs de ces dispositifs est à l'étude : Sanilhac, Vers-Pont du Gard et Collias.

• Suivi des cycles nycthéméraux

Ces enregistrements témoignent de l'activité photosynthétique des proliférations végétales (voir courbes en « annexe 2 ». Ainsi, les écarts d'oxygénation sont très marqués au Pont du Gard avec une amplitude de plus de 103 % de la saturation en oxygène (75 à 178 %). Aucun déficit nocturne inquiétant n'a été mesuré. L'amplitude de variation du pH est modérée (pH de 7,4 à 8,4).

Le site de Collias présente des courbes moins marquées malgré les importants recouvrements végétaux observés. La température reste basse grâce aux apports de la Baume et localement de la grotte de Pâque.

2.1.2. La végétation aquatique du Gardon dans les gorges

La liste complète de la végétation macrophytique identifiée dans le lit du Gardon et dans les résurgences est présentée dans le rapport d'étude intégral.

Ce sont les algues les mieux représentées, suivies des hélophytes et des hydrophytes. Notons que les trois quarts des taxons sont des bioindicateurs.

• Evolution longitudinale des macrophytes dans les gorges

Conformément à l'évolution typologique des cours d'eau, **la variété taxonomique augmente globalement de l'amont vers l'aval**. La richesse, ne s'exprime vraiment qu'en aval de Collias :

Le niveau de bioindication des peuplements est globalement stable le long du Gardon indiquant une certaine homogénéité de la qualité trophique des eaux. Seule la retenue de Collias et le secteur aval du bas Gardon présentent un caractère eutrophe plus marqué.

La linéarisation des **recouvrements végétaux** dans les gorges est synthétisée dans le tableau suivant (également sur des cartes dans le rapport d'étude) et l'évolution qualitative est présentée en « annexe 3 » :

SECTEURS Campagne	Pont de Russan - pont St Nicolas	Pont St Nicolas - résurgence La Baume	la Baume - retenue de Collias	Retenue de Collias	Seuil de Collias - Pont du Gard
avril 2011	< 5 %	< 5 %	<< 5 %	< 10 %	< 5 %
mai 2011	25 à 75 %	25 à 75 %	5 à 50 %	50 à > 75 %	< 25 à 75 %
juin 2011	Vers l'assec	25 à 75 %	25 à 100 %	> 75 %	< 25 à 75 %
août 2011	assec	< 50 %	5 à 75 %	25 à 75 %	10 à 75 %
Classes de recouvrements					
	$R < 5 \%$	$5 \leq R < 25 \%$	$25 \leq R < 50 \%$	$50 \leq R < 75 \%$	$R \geq 75 \%$

Les fourchettes indiquées témoignent de la variabilité des développements végétaux alors que les couleurs correspondent aux niveaux de recouvrement observés sur le plus grand linéaire du tronçon.

On remarque que les manifestations d'eutrophisation peuvent toucher, selon la période, n'importe quel secteur de la zone d'étude. Seul le secteur de Collias au Pont du Gard, ne présente jamais, lors de ce suivi, de prolifération végétale de grande étendue. A contrario, la retenue de Collias est la zone la plus fréquemment touchée par des développements végétaux excessifs, pouvant aller jusqu'à un recouvrement végétal total des fonds ou du plan d'eau.

Les proliférations, essentiellement algales, les plus intenses touchent surtout le secteur entre les résurgences de La Baume et le seuil de Collias (en juin).

2.1.3. La végétation aquatique des résurgences des gorges du Gardon

67 taxons ont été inventoriés au droit des principales résurgences lors des différentes campagnes de reconnaissance de 2011. Tous les groupes floristiques sont bien représentés avec une proportion plus importante d'algues filamenteuses et de bryophytes, en accord avec la typologie de ce type de milieu (sources froides, souvent rapides et ombragées).

L'évolution saisonnière, de la flore des résurgences indique la stabilité des peuplements ; seul le cortège d'algues à développement printanier diminue en cours d'été (diatomées *Melosira*, algues brunes *Tribonema*, *Vaucheria*, cyanophycée *Phormidium*) ; inversement *Spirogyra* s'installe plutôt en été.

Sur le plan de la bioindication, on constate une grande homogénéité des niveaux trophiques moyens qui se situent à la base de la classe « mésotrophe ». Les macrophytes des résurgences Frégières et Boucas révèlent un niveau trophique légèrement plus eutrophe. Les résurgences Font Verte, Fiéroles et La Baume présentent des peuplements de plus faible trophie.

2.1.4. Les diatomées des gorges du Gardon

Les résultats IBD sont regroupés dans le tableau ci-dessous et reportés sur carte en « annexe 4 ».

		Pont de Russan	Pont St Nicolas	Amont La Hutte	Amont La Baume	Aval La Baume	Collias Aval seuil	Collias Aval Alzon	Pont du Gard
Avril 2011	IBD	14,5	15,1	14,5	Non mesuré	16	14,7	15,8	19,8
	Etat Ecologique	Moyen	Moyen	Moyen	Non mesuré	Bon	Moyen	Moyen	Très bon
Juin 2011	IBD	18,5	18,9	Non mesuré	18,3	16,8	18,1	18,8	19,4
	Etat Ecologique	T. bon	Très bon	Non mesuré	Très bon	Bon	Très bon	Très bon	Très bon
Août 2011	IBD	Non mesuré	Non mesuré	Non mesuré	Non mesuré	16,1	19	17,3	19,2
	Etat Ecologique	Non mesuré	Non mesuré	Non mesuré	Non mesuré	Bon	Très bon	Bon	Très bon

Les couleurs pour « IBD » sont celles de la norme IBD et pour « l'Etat écologique » issues de l'arrêté de janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état des eaux.

Ces indices diatomées mettent en évidence des **eaux de bonne voire très bonne qualité biologique en sensible amélioration au cours de l'été**.

Les **peuplements sont peu diversifiés avec des compositions assez proches** entre les stations suivant à peu près les mêmes évolutions temporelles.

Les taxons sont majoritairement inféodés aux **milieux eutrophes** sauf à la station située en l'aval de La Baume où le peuplement témoigne dès juin, d'une charge minérale légèrement moins élevée.

Les espèces tolérantes vis-à-vis de l'azote organique dominent les peuplements mettant ainsi en évidence des concentrations modérées ou ponctuellement élevées en azote organique. **La charge en matières organiques apparaît également réduite** compte tenu de la dominance d'espèces indicatrices d'un niveau de saprobie modéré.

2.2. LE SUIVI DU BASSIN VERSANT

2.2.1. Aspects physico-chimiques

Les analyses réalisées dans les 5 stations en amont des gorges indiquent :

- de **très faibles teneurs en nutriments**, (sauf dans le Gardon d'Alès dont taux de nitrates est faible (3,5 mgNO₃/l) mais supérieur aux autres Gardons et qui présente des proliférations algales) ;
- des **sursaturations en oxygène et des pH élevés** (Gardon d'Anduze (157% saturation en O₂) d'Alès et secondairement Gardon de St-Jean). Ces pics sont à relier à l'importance du périlithon/périphyton. Du fait de sa faible minéralisation, le Gardon de Mialet semble plus sensible à l'alcalinisation du milieu lors des pics photosynthétiques.
- une légère contamination bactérienne, surtout à l'étiage, qui traduit des déficits d'assainissement (Gardons d'Alès, St-Jean et Mialet et St-Chaptes).

• Evolution historique des nutriments pour quelques stations RCS

L'évolution des teneurs en nitrates et en phosphates de janvier 2007 à août 2011 sont représentées dans les graphes en « annexe 5 » (données RCS). Notons :

- un **cycle saisonnier** pour les **nitrates** dont le taux est supérieur en période de hautes eaux hivernales. Ce phénomène correspond aux lessivages des terres agricoles pendant la saison humide. Le Gard à Remoulins est plus chargé en nitrates (5 mgNO₃/l), pour partie issus des apports de l'aquifère urgonien ainsi que des apports intermédiaires du Bas Gardon ;
- Il n'y a **pas de cycle** saisonnier constatable **pour les phosphates**. Etant donnée la faible part agricole du bassin, les phosphates ont probablement une origine domestique. Comme pour le Gard à Remoulins, les pics peuvent être expliqués par des dysfonctionnements de stations d'épuration (maximum 0,16mgPO₄/l en août 2010). Les taux dépassent rarement 0,1 mgPO₄/l, légèrement plus dans le Gardon d'Anduze.

Si les eaux du Gard à St Chaptes (avant l'entrée des gorges) contiennent peu de phosphates depuis 2007, le Gardon reçoit à l'amont des gorges deux affluents assez chargés en apports : le Bourdic et la Braune.

2.2.2. Les indices IBMR du bassin versant des Gardons

Les résultats des 3 campagnes de suivi IBMR sont présentés ci-dessous et sur la carte des indices biologiques en « annexe 4 ».

Notes IBMR et campagnes de mesures	Gardon Saint-Jean	Gardon de Mialet	Gardon d'Anduze	Gardon d'Alès	Gardon à St Chaptes
18-19 avril 2011	8,1	10,40	8,95	7,23	8,00
23-23 juin 2011	9,11	9,29	8,84	7,74	9,23
1 ^{er} sept. 2011	6,42	7,5	8,89	8,96	9,16

Niveaux trophiques selon norme IBD (NF T 90-395)

Très faible	faible	moyen	fort	Très élevé
-------------	--------	-------	------	------------

Les cours d'eau étudiés présentent des **niveaux de trophie « forts » à « très élevés »**. Seul le Gardon de Mialet présente au printemps, un niveau trophique moindre dit « mésotrophe ».

La chute estivale des indices dans les Gardons St Jean et de Mialet indique la **grande sensibilité de ces stations à l'eutrophisation en période d'étiage**. A l'inverse, la **trophie du Gardon d'Alès et de la Gardonnenque à St Chaptes tend à diminuer au cours de l'été**, malgré la conjonction de facteurs favorables à l'eutrophisation (déficit hydrologique, concentration des apports nutritifs, températures et ensoleillement élevés, ...).

• **Les richesses floristiques sont assez faibles** sur ces bassins (≤18 taxons indicateurs). Les Gardons d'Alès, d'Anduze ou le Gard à Saint Chaptes souffrent d'une qualité physique très dégradée, notamment du fait des anciennes extractions de granulats qui marquent encore un profond déséquilibre morphodynamique et écologique (St Chaptes en particulier). La roche mère est fréquemment mise à nu, la ripisylve et les dépôts fins de bordure sont souvent absents (connectivité latérale insuffisante, rareté des milieux annexes). Ces facteurs conduisent à la banalisation d'un milieu naturellement assez peu favorable aux macrophytes.

- **Aucune prolifération** extrême d'algues filamenteuses n'a été observée. Au printemps, seules les diatomées sont abondantes, comme par exemple *Melosira* dans les Gardons de St-Jean, de Mialet et d'Anduze. Seul le **Gardon d'Alès** est **affecté par des développements d'algues vertes filamenteuses** au printemps (38 % de recouvrement) qui régressent ensuite.
- **Ecologie des peuplements** : les valeurs bioindicatrices des macrophytes observés témoignent du caractère eutrophe des Gardons étudiés. Du point de vue des peuplements, **le Gardon de Mialet présente les meilleures potentialités en termes de trophie** ; c'est secondairement le cas du Gardon Saint-Jean au printemps avant sa dégradation en cours d'été (impact de l'assainissement collectif et non collectif).

2.2.3. Les diatomées (IBD)

Les résultats IBD sont regroupés dans le tableau et sur la carte en « annexe 4 » :

Suivi 2011 « étude eutrophisation »	IBD Avril	Etat Ecologique Avril	IBD Juin	Etat Ecologique Juin	IBD Sept.	Etat Ecologique Septembre
Gardon Saint-Jean	16,1	Bon	17,2	Bon	17,2	Bon
Gardon de Mialet	20	Très bon	19,2	Très bon	17,7	Bon
Gardon d'Anduze	17,1	Bon	16,6	Bon	15,6	Moyen
Gardon d'Alès	16,5	Bon	11,7	Moyen	9,5	Mauvais
Gard à Saint Chaptes	16,5	Bon	19,4	Très bon	19,3	Très bon

* Les codes couleurs pour les lignes «IBD» sont ceux de la norme IBD (NF T 90-354) ; les classes de « l'Etat écologique » selon les grilles de l'arrêté du 08/07/10 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010.

Les valeurs indicielles de l'IBD mettent en évidence des **eaux de bonne voire très bonne qualité biologique** relativement stable au cours de l'année, à **l'exception du Gardon d'Alès**, qui présente une forte dégradation du milieu dès la campagne de juin.

• Principales caractéristiques des peuplements de diatomées

Les **eaux sont bien oxygénées** sauf dans le **Gardon de Saint-Jean en avril** où les teneurs en oxygène semblent modérées. On observe une amélioration vis-à-vis de ce paramètre au cours de l'été.

La majorité des peuplements indique que **les concentrations en azote organique sont réduites ou ne sont que ponctuellement élevées**. En fin d'été, dans les Gardons de Mialet, Saint-Jean et d'Alès, l'indice témoigne d'une **amélioration du milieu**, malgré l'été.

La charge organique semble réduite dans l'ensemble des stations **sauf dans les Gardons de Mialet et de Saint-Jean** où les diatomées d'avril témoignent d'un léger enrichissement organique du milieu.

Notons toutefois une part relativement importante de taxons inféodés aux **eaux eutrophes dans les Gardon de Mialet et de Saint-Jean** (septembre), tandis que le Gardon d'Alès présente une trophie moins marquée.

• Evolution historique (suivi RCS)

	IBMR	IBD	IBMR	IBD	IBMR	IBD	IBMR	IBD	IBMR	IBD
	Gardon St Jean		Gardon d'Anduze		Gardon d'Alès		Gard à St Chaptes		Gard à Remoulins	
RCS 2007	9.94	15.1	8.35	14.8	7.78	12.6	6.92	12.1	-	15
RCS 2008	10.71	15	9.64	14.5	9.21	18.7	6.94	17.3	9.32	18
RCS 2010	9.78	15.2	8.28	16.4	10.27	16.6	6.78	18.9	8.5	17.7

Malgré une certaine variabilité des résultats depuis 2007, on note une amélioration des indices dans le Gardon d'Alès, également supérieurs à ceux mesurés, plus en aval, lors de l'étude eutrophisation de 2011.

A Saint Chaptes, si l'amélioration de la qualité des eaux se confirme depuis 2007 au travers des IBD, l'IBMR marque en revanche une très forte trophie. Le suivi IBMR de 2011 (étude) révèle quant à lui une nette amélioration du niveau trophique.

3. CONCLUSIONS

3.1. BILAN DES MANIFESTATIONS D'EUTROPHISATION EN 2011

L'année 2011, malgré une hydrologie considérée comme favorable pour la vie aquatique (étiage assez tardif), a présenté d'importantes manifestations d'eutrophisation au cours de la période de végétation, notamment dans le secteur des gorges du Gardon.

De faible étendue lors de la campagne d'avril 2011 (état initial), le recouvrement du lit par les végétaux aquatiques s'est développé fin mai pour atteindre un développement maximum fin juin notamment entre la résurgence de la Baume et le seuil de Collias. La campagne d'étiage d'août 2011 a montré une amélioration générale de la situation liée à la conjugaison de 2 processus naturels : la sénescence des algues filamenteuses (à développement printanier) et l'impact d'orages (notamment mi août) qui ont, par effet mécanique, « nettoyé » le lit.

Sans ces orages (d'intensité significative mais pas exceptionnelle), la situation en fin d'été aurait probablement ressemblé à celle observée début septembre 2010. Ce point illustre l'importance de l'hydrologie dans les modalités de manifestation de l'eutrophisation particulièrement pour les proliférations d'algues filamenteuses.

La partie supérieure des gorges, située en amont du seuil de Collias, est le secteur le plus concerné par les développements végétaux. Les facteurs propices au développement sont en particulier :

- une grande homogénéité des faciès d'écoulements : les longs secteurs calmes plus ou moins profonds associés à un substrat dur (affleurement de la roche mère) favorisent l'ancrage et la croissance des algues, notamment les espèces d'eaux calmes ;
- les importants apports d'eaux issues du karst Urgonien (résurgence de la Baume), bien que participant au renouvellement des eaux (eaux courantes fraîches) semblent, paradoxalement, amplifier les phénomènes d'eutrophisation. En effet, ces eaux contiennent des nitrates en concentration faible ($<5\text{mgNO}_3/\text{l}$), mais suffisante pour être consommés par les végétaux et entretenir les blooms algaux.

C'est ainsi que sont observées des proliférations saisonnières d'algues filamenteuses (spirogyres) particulièrement de l'aval de la Baume jusqu'à Collias.

Le Gardon en aval de Collias, bien que présentant localement d'importantes proliférations de végétaux supérieurs et/ou d'algues filamenteuses, paraît moins affecté. Ce secteur semble plus équilibré sur le plan « hydromorphologique » (ripisylve en bordure, transport solide assez actif). La plus grande variété écologique limite ainsi les possibilités de prolifération végétale à grande échelle comme constaté à l'amont.

3.2. LES INDICES DIATOMIQUES

Les investigations sur les algues diatomées mettent en évidence des **eaux de bonne à très bonne qualité biologique pour l'ensemble des stations avec globalement une amélioration de la qualité en cours d'été**. Seul le Gardon d'Alès présente une forte dégradation dès juin témoignant de l'impact des apports du bassin versant en période d'étiage.

Les populations de diatomées rencontrées dans les gorges du Gardon sont assez semblables à celles observées dans le bassin versant amont témoignant d'une certaine homogénéité des conditions environnementales, avec :

- une bonne oxygénation des eaux y compris en fin d'été (sauf situation moyenne en avril dans le Gardon St Jean) ;
- une charge organique réduite partout, sauf en avril dans le Gardon St Jean et dans une moindre mesure dans le Gardon de Mialet ;
- une eutrophisation des eaux notamment dans les gorges du Gardon.

3.3. QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX

Aucune surcharge en nutriments n'a été observée au cours de ce suivi physico-chimique. Néanmoins, le suivi a montré quelques résultats intéressants comme :

- des affluents très chargés en nutriments comme le ruisseau de Vers ou dans une moindre mesure le Rial en relation avec des rejets domestiques (effluents de dispositifs d'assainissement) ;
- des sources et résurgences qui, bien que globalement de bonne qualité, présentent parfois des enrichissements significatifs de nutriments comme la source de la Hutte au Nord du village de Poulx (matières phosphorées). Les résurgences de la Baume, apportant un débit important au Gardon, sont de bonne qualité mais sont légèrement chargées en nitrates qui sont ensuite consommés par les végétaux ;
- à l'échelle du bassin versant, les Gardons en amont des gorges, présentent une qualité d'eau satisfaisante vis-à-vis des nutriments, hormis le Gardon d'Alès qui reçoit notamment les apports de l'agglomération d'Alès ;
- de fortes sursaturations en oxygène dissous ont été mesurées (parfois concomitantes à des valeurs élevées de pH) à la fois dans les gorges et dans le bassin versant amont. Ces signes de forte activité photosynthétique sont plutôt liés : à la couverture biologique des fonds (microalgues composant le périlithon) dans les Gardons en amont des gorges ; ainsi qu'aux macrophytes dans les gorges du Gardon et la retenue de Collias (épais tapis d'algues filamenteuses libres ou fixées).

Les végétaux aquatiques ont ainsi pu se développer dans les gorges du Gardon, malgré une bonne qualité physico-chimique des eaux. L'approche physico-chimique ne suffit donc pas pour mesurer ou anticiper les problèmes d'eutrophisation.

3.4. LIENS ENTRE QUALITE DES EAUX ET CROISSANCE ALGALE

Les manifestations d'eutrophisation, observées dans les gorges du Gardon, se produisent principalement sous forme de développements algaux parfois intenses avec une dynamique saisonnière : formes de résistances au printemps puis croissance forte en début d'été avec un pic de recouvrement et enfin une période de sénescence en fin d'été.

Nous n'avons pas clairement mis en évidence l'origine du phénomène et les mécanismes précis qui se sont mis en place au cours de ces dernières années pour aboutir à la montée en puissance des proliférations algales. Néanmoins, nous avons émis quelques hypothèses quant à la persistance des phénomènes ainsi que certaines des causes essentielles :

- On ne note pas de corrélation directe et simple entre les teneurs instantanées en nutriments dans les eaux et les peuplements végétaux présents. **Les algues ont la capacité de puiser dans le milieu les nutriments (azote, phosphore) et de les stocker dans leurs cellules** afin d'assurer dans un second temps leur croissance différée dès que les conditions mésologiques sont favorables (éclairage et température). Ceci explique sans doute les rapides et courtes phases de croissance algale observées. Une partie importante du phosphore présent dans le milieu est stocké au sein de la biomasse végétale expliquant ainsi les faibles teneurs observées dans les eaux.
- Dans ce système d'eau courante, il semble que le **facteur limitant la production primaire soit le phosphore**. Une des pistes d'actions sera donc de réduire encore les flux de matières phosphorées à l'échelle du bassin.
- Les **objectifs de résultats sur le phosphore** mentionnés dans le SDAGE RM&C sont **fixés au maximum à 0,2 mgPO₄/l**) sont présentés comme des minima. Ils ne doivent pas être perçus comme des objectifs ultimes notamment en contexte karstique. En effet, les rivières karstiques, très minéralisées, possèdent naturellement un fort potentiel biologique qui profite au développement des peuplements algaux et amplifie les phénomènes d'eutrophisation. Il faut donc avoir des **objectifs plus ambitieux vis-à-vis du phosphore**.

- **Les formes de résistance et de reproduction sont des mécanismes biologiques essentiels des cycles de reproduction des algues.** On a pu noter, notamment en période de hautes eaux, la persistance de petits développements d'algues cladophores fixées aux affleurements rocheux. Ces petits développements pérennes sont capables de redémarrer très précocement dès que les conditions sont propices au printemps. Enfin, d'autres algues du Gardon, comme les spirogyres, peuvent passer la mauvaise saison sous forme de zoospores, déposés sur les fonds et capable de générer des proliférations algales l'année suivante dès que les conditions sont favorables.

3.5. ORIENTATIONS D'ACTIONS

Ainsi, cette étude a permis d'établir un diagnostic des manifestations d'eutrophisation notamment dans les gorges du Gardon. Les cortèges floristiques saisonniers ont été décrits confirmant le caractère très eutrophe du Gardon.

Même si les concentrations en nutriments disponibles dans les eaux sont faibles, elles sont suffisantes pour fabriquer de la matière vivante par photosynthèse.

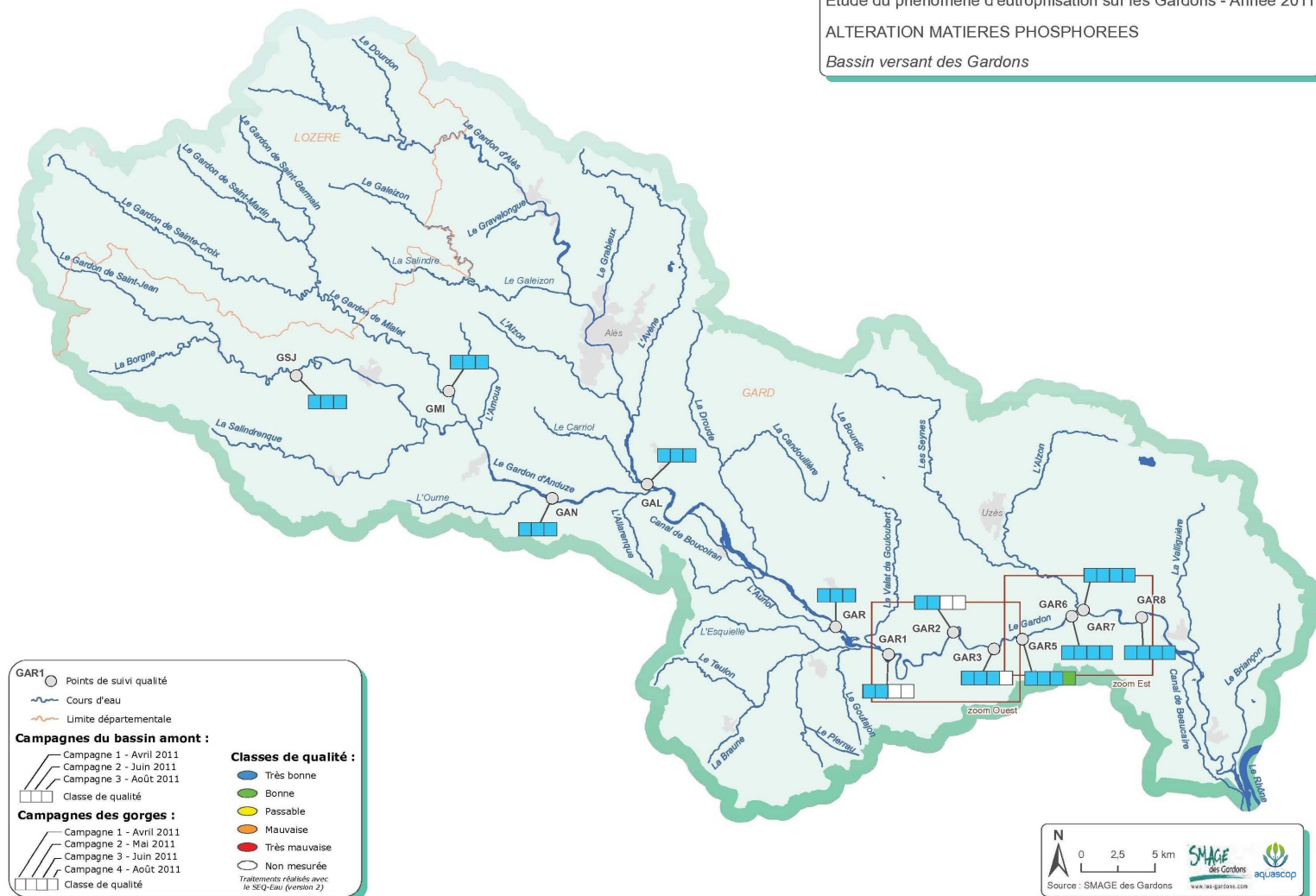
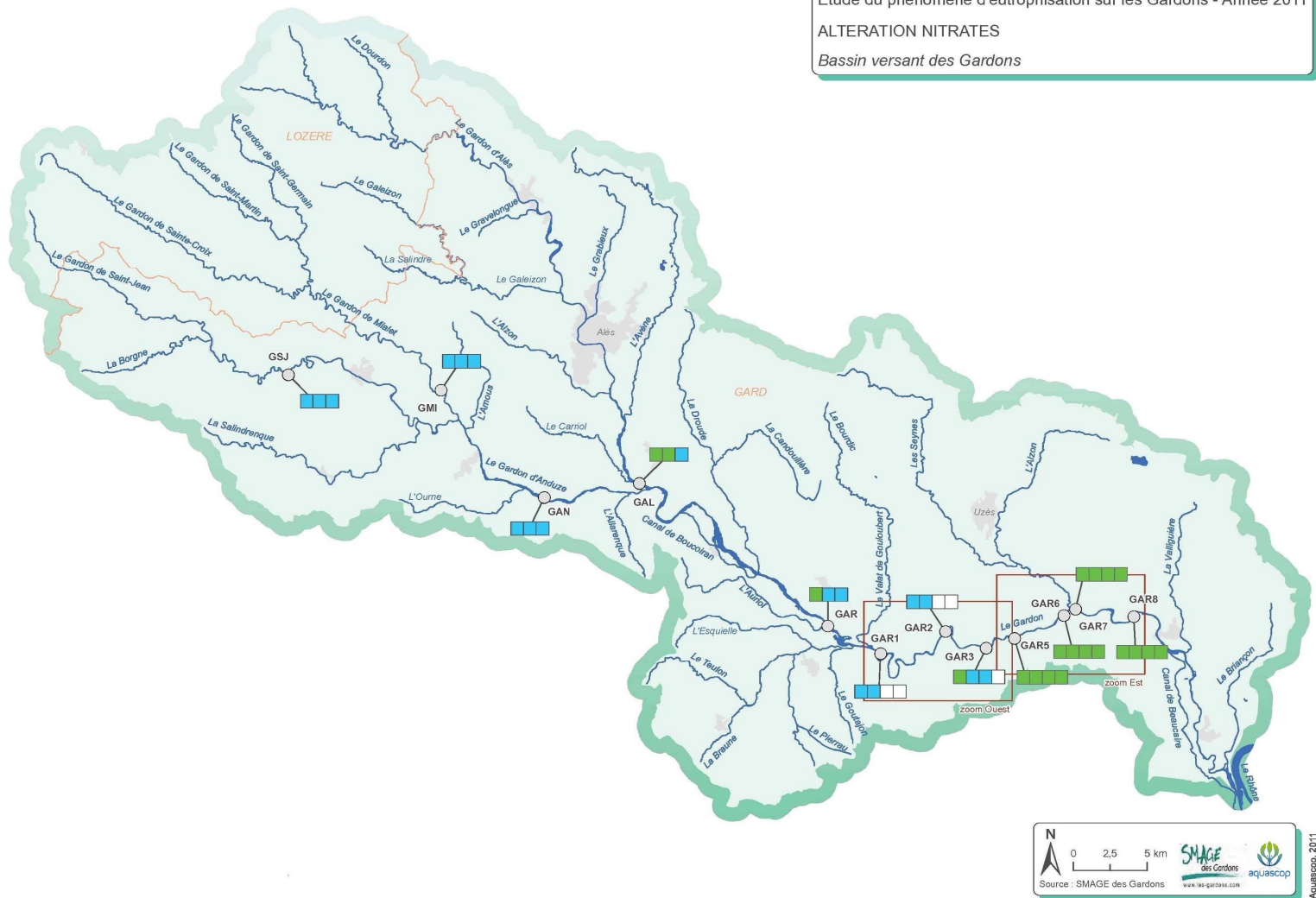
Les leviers possibles pour freiner les proliférations excessives sont peu nombreux. On en revient toujours à une réduction des apports nutriments à la source. Des actions pour limiter autant que possible le phosphore (facteur limitant donc de maîtrise possible du processus) sont donc à privilégier et particulièrement dès le début de la période de végétation au printemps (amélioration des systèmes d'épuration, zone tampon avant rejet, irrigation par eaux traitées ...).

Ainsi, la lutte contre les sources locales d'apports dans les gorges peut être payante compte tenu de la plutôt bonne qualité des eaux entrantes à l'amont. Peuvent être envisagées des actions sur l'assainissement collectif en amont des confluences Rial, Vers ainsi qu'Alzon et plus généralement des actions sur l'assainissement non collectif tout au long du Gardon.

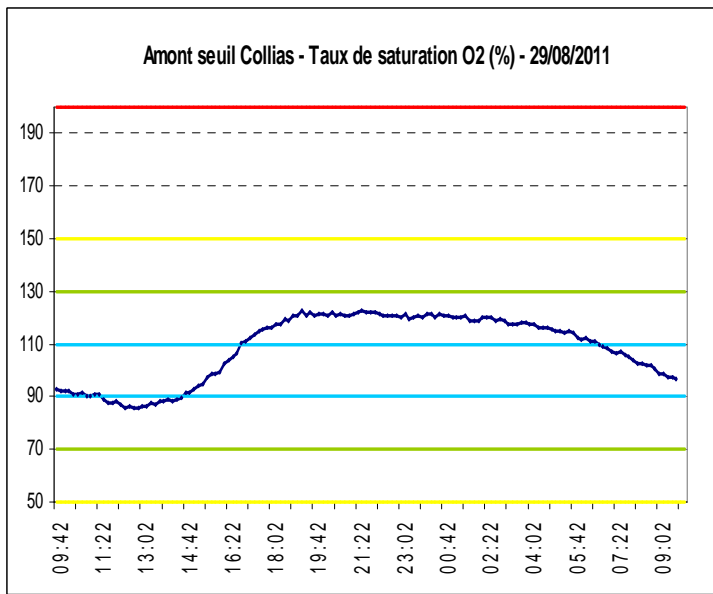
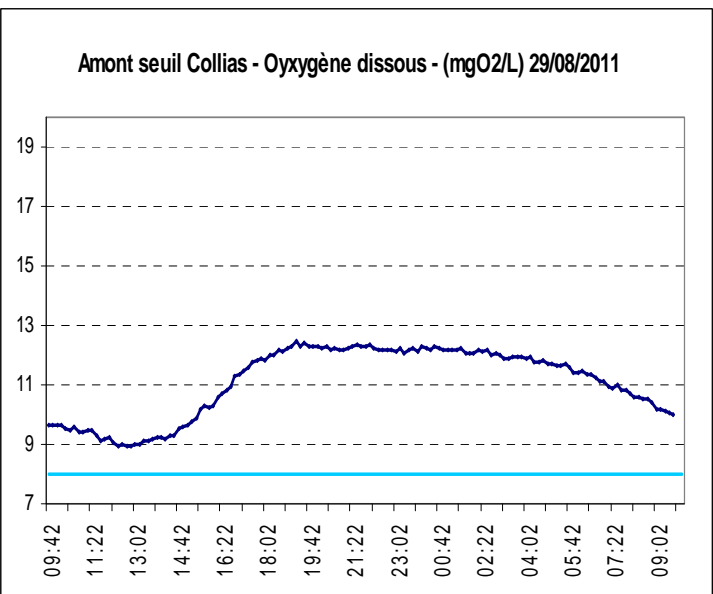
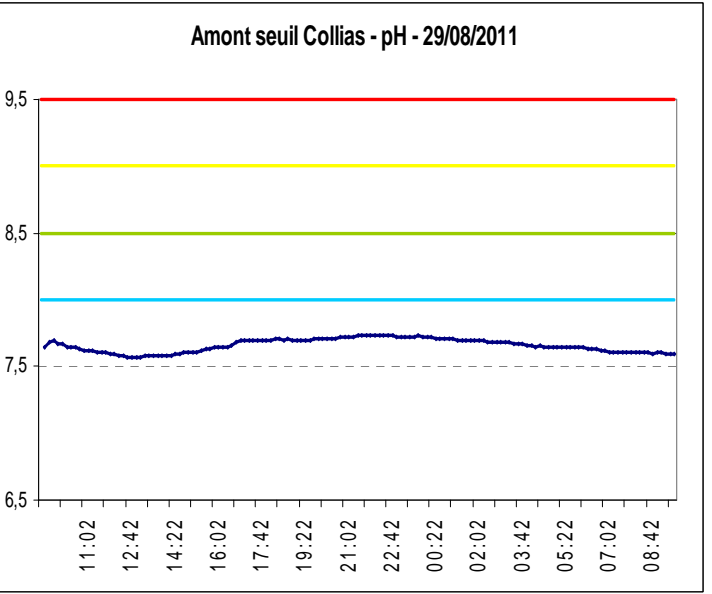
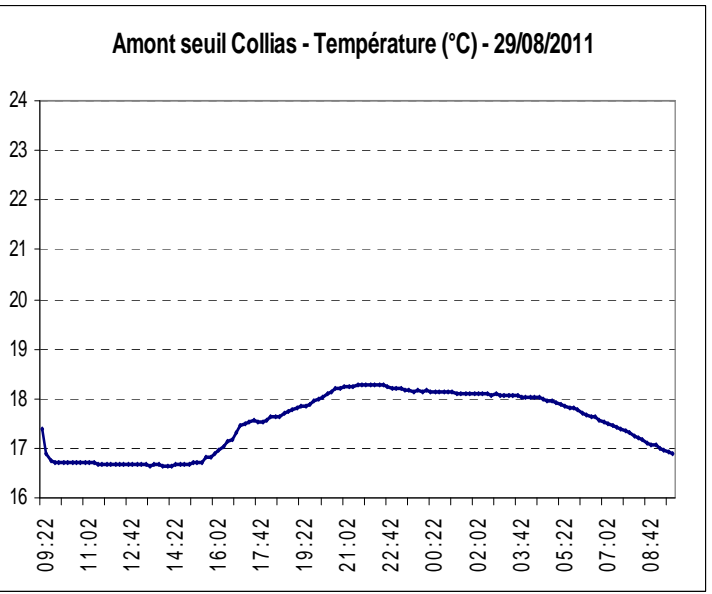
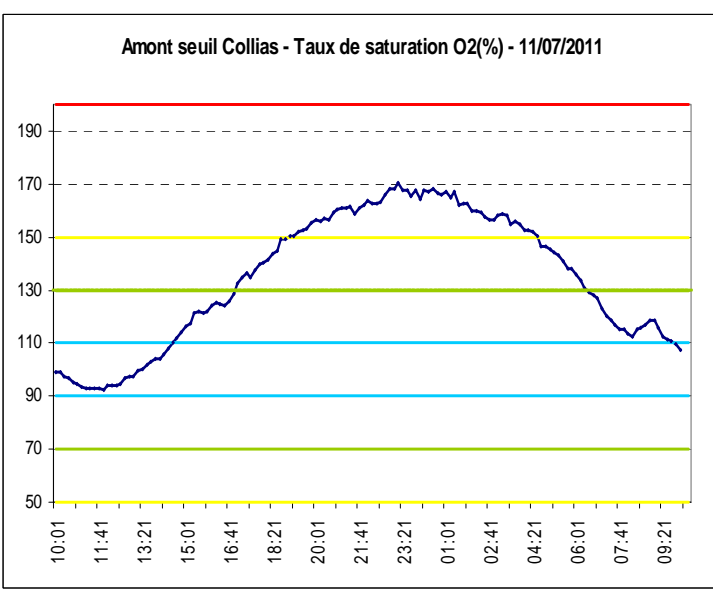
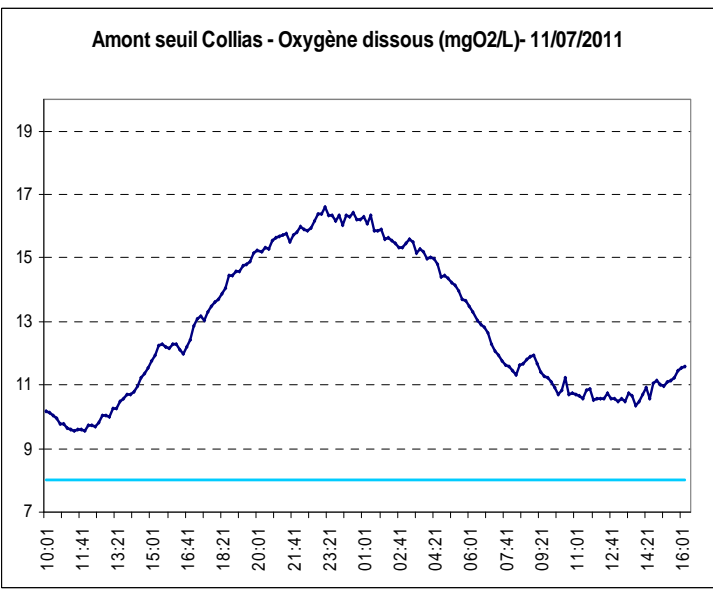
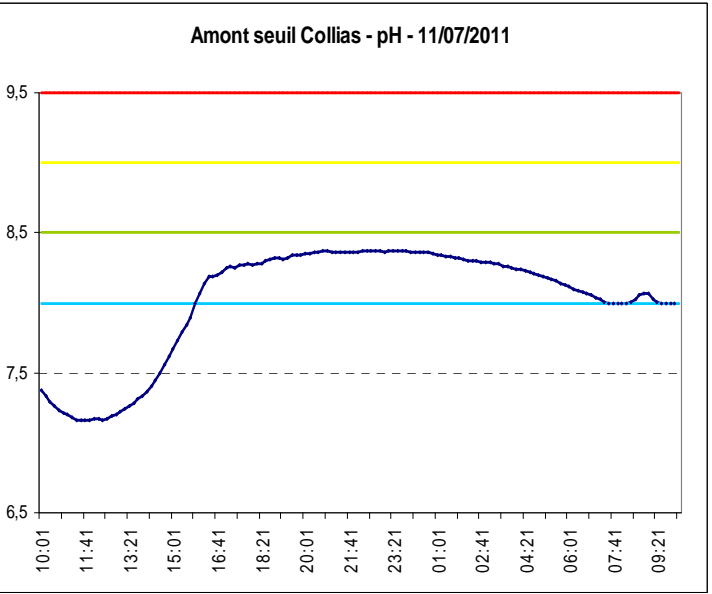
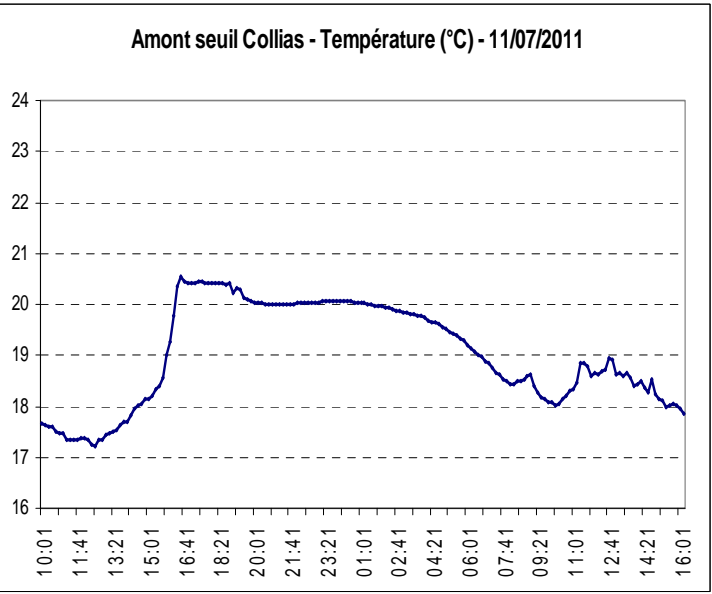
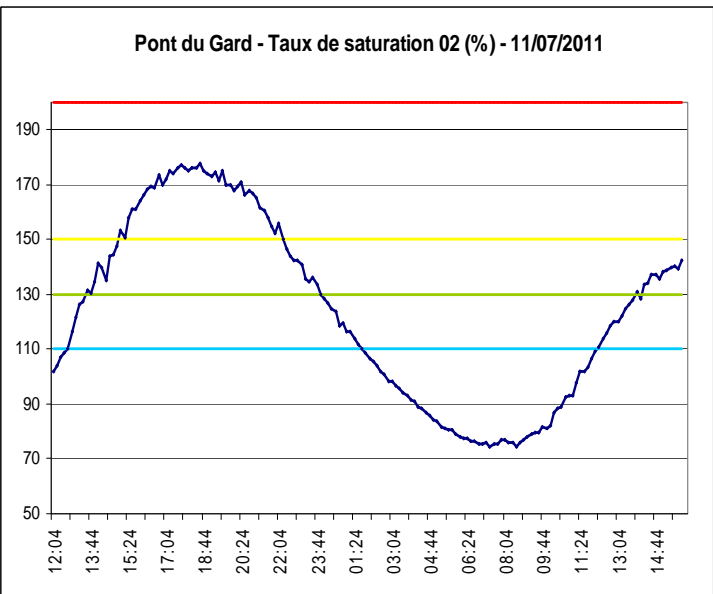
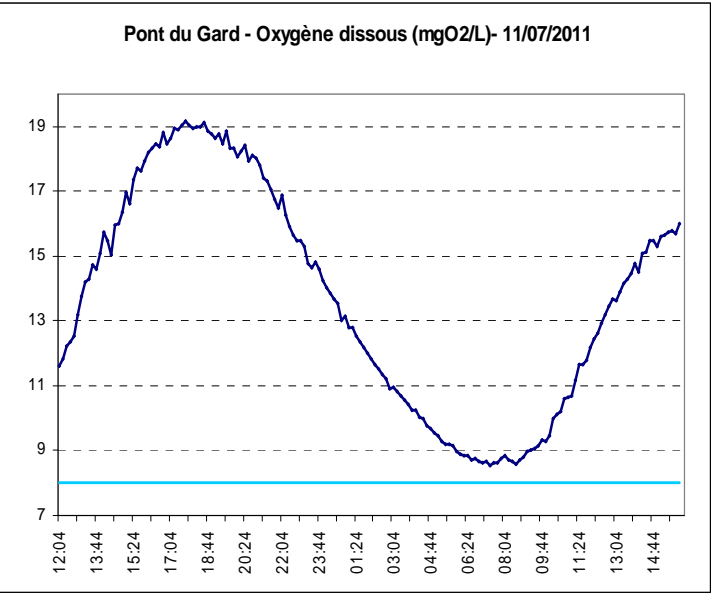
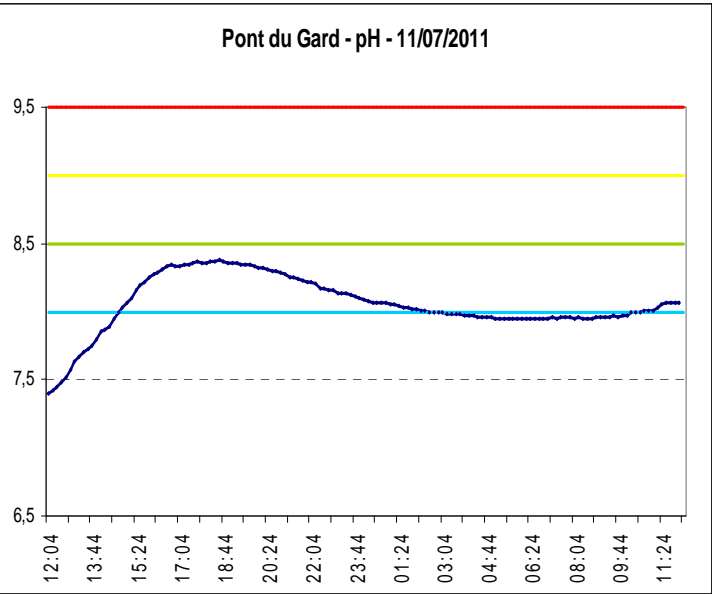
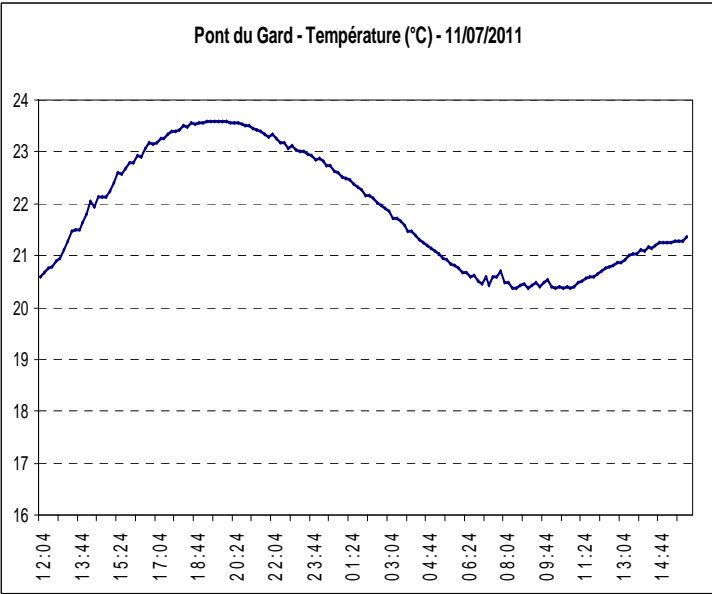
Les actions curatives (faucardage, algicides, traitement des sédiments, ...) n'ont qu'un effet limité dans l'espace et le temps ; elles doivent être reproduites régulièrement (engendrant des coûts élevés) et peuvent provoquer d'autres perturbations. Sur la base du diagnostic réalisé en 2011, ce type d'actions curatives ne paraît pas approprié à cette zone d'étude.

4. ANNEXES

- **Annexe 1 : Cartes de qualité physico-chimique** à l'échelle du bassin versant
- **Annexe 2 : Courbes d'enregistrements nycthéméraux**
- **Annexe 3 : Tableaux synthétiques d'évolution saisonnière des couvertures végétales dans les gorges du Gardon en 2011**
- **Annexe 4 : Carte de qualité des indices biologiques** : diatomées (IBD) et macrophytes (IBMR) – suivi 2011
- **Annexe 5 : Graphes de l'évolution des teneurs en nitrates et phosphates** de plusieurs stations du bassin versant des Gardons – suivi RCS 2007-2011.
- **Annexe 6 : Photographies des principaux végétaux observés en 2011** : algues dominantes ou proliférantes et principaux hydrophytes
- **Annexe 7 : Glossaire des termes techniques**



Annexe 2 - Suivi des cycles nycthémeraux sur 24 heures - Gardon sur les sites de Collias (amont seuil) et du Pont du Gard



Annexe 3 - Évolution temporelle des peuplements végétaux dans les gorges du Gardon d'avril à mai 2011

	A+B– du pont de Russan aux résurgences de La Baume	C - des résurgences de la Baume à la retenue de Collias	D - Retenue de Collias	E - du seuil de Collias au Pont du Gard
Campagne d'avril 2011 (période de forte hydrologie)	<p>La végétation aquatique est rare et dispersée avec quelques bryophytes (Cinclidotus), hydrophytes (renoncules) et hélophytes (scirpes et paspales).</p> <p>Notons la présence de l'algue rouge printanière <i>Lemanea</i> sur les substrats durs en zone courante, alors que les autres algues filamenteuses (cladophores) sont sous une forme courte sur les substrats durs (périlithon).</p>	Comme à l'amont, il n'y a pas de recouvrement important de végétaux.	<p>La retenue est peu végétalisée avec un herbier central immergé et peu étendu de Potamots et de renoncules.</p> <p>Les berges nord sont végétalisées par des hélophytes (Eleocharis et paspale) souvent colonisés d'algues épiphytes.</p>	En avril, la végétation de ce secteur est comme pour le reste des gorges peu développée et dispersée.
Campagne de mai 2011 (débits encore soutenus)	<p>La végétation est en très forte croissance notamment pour les algues filamenteuses comme <i>Cladophora</i> qui tend à proliférer.</p> <p>En secteur calme, l'algue <i>Spirogyra</i> prolifère localement (aval résurgence Fiéroles). Certains taxons eutrophes apparaissent comme les algues entéromorphes qui domine les spirogyres ou le potamot de rivière (vers la combe de la Goule).</p>	On observe des développements algaux modérés de spirogyres et d'entéromorphes.	<p>La végétation se développe nettement ; l'herbier central progresse avec la croissance du myriophylle.</p> <p>Les bordures nord se couvrent d'algues filamenteuses variées.</p>	En mai, les couvertures végétales progressent fortement mais restent localisées avec par exemple des algues en aval immédiat du seuil de Collias ou des grands herbiers d'hydrophytes mêlés d'algues se développent ça et là surtout dans la moitié amont du secteur. On note une forte croissance du potamot pectiné, espèce la plus eutrophe qui soit.

Les couleurs des cellules représentent l'importance des recouvrements végétaux globaux :

Classes de recouvrements	R < 5 %	5 ≤ R < 25 %	25 ≤ R < 50 %	50 ≤ R < 75 %	R ≥ 75 %
--------------------------	---------	--------------	---------------	---------------	----------

Annexe 3 (suite) - Évolution temporelle des peuplements végétaux dans les gorges du Gardon de juin à août 2011

	A+B– du pont de Russan aux résurgences de La Baume	C - des résurgences de la Baume à la retenue de Collias	D - Retenue de Collias	E - du seuil de Collias au Pont du Gard
Campagne de juin 2011	<p><i>En raison notamment des pertes naturelles du Gardon, l'écoulement est réduit et non permanent. Néanmoins, la végétation est très abondante avec d'importantes proliférations algales</i>, parfois en fin de cycle, notamment lorsque l'écoulement est presque nul comme à l'amont de Frégières, la Hutte ou La Baume. Ce sont maintenant les spirogyres qui dominent au détriment des cladophores. Les herbiers d'hydrophytes sont rares et étouffés par les algues filamenteuses.</p>	<p>On assiste à une intense prolifération algale dès les résurgences de la Baume (spirogyre et Tribonema). La quasi totalité du linéaire est touchée, particulièrement les chenaux lenticulaires profonds.</p>	<p>Les hydrophytes sont en pleine croissance avec la dominance des espèces eutrophes (myriophylle et potamots nouveaux et pectinés) et la régression des renoncules (printanières).</p> <p>Les bordures avec leurs vastes zones d'affleurements rocheux sont couvertes d'algues.</p>	<p>La végétation aquatique se développe, les herbiers se trouvent maintenant envahis par les algues filamenteuses flottantes et épiphytes.</p> <p>Le secteur du Pont du Gard présente une couverture algale marquée, mais peu dense de cladophores périlithiques et de spirogyres courtes. Notons que c'est le secteur parmi les moins touchés par l'eutrophisation de l'ensemble de la zone d'étude.</p>
Campagne d'août 2011 (fin d'été)	<p>Seule une petite portion a été prospectée en raison de l'assèchement du lit en amont de la Combe de la Goule.</p> <p>Dans les zones déconnectées, on observe des algues en fin de vie alors que dans les veines de courant les algues sont encore abondantes (<i>Enteromorpha</i>, <i>Cladophora</i>).</p>	<p>Les recouvrements algaux sont en nette régression, bien qu'encore bien présents vers la Baume.</p> <p>On note la décomposition d'une partie des développements algaux et un « décapage » des substrats sans doute en raison des « coups d'eau » consécutifs aux orages du mois d'août (27/8).</p>	<p>L'herbier central est à son apogée, affleurant largement à la surface de l'eau.</p> <p>On note encore l'abondance d'algues filamenteuses avec néanmoins une tendance à la régression y compris près des berges.</p>	<p>Nette réduction des manifestations d'eutrophisation.</p> <p>Le secteur du Pont du Gard a retrouvé un aspect plus « propre » bien qu'il soit.</p>

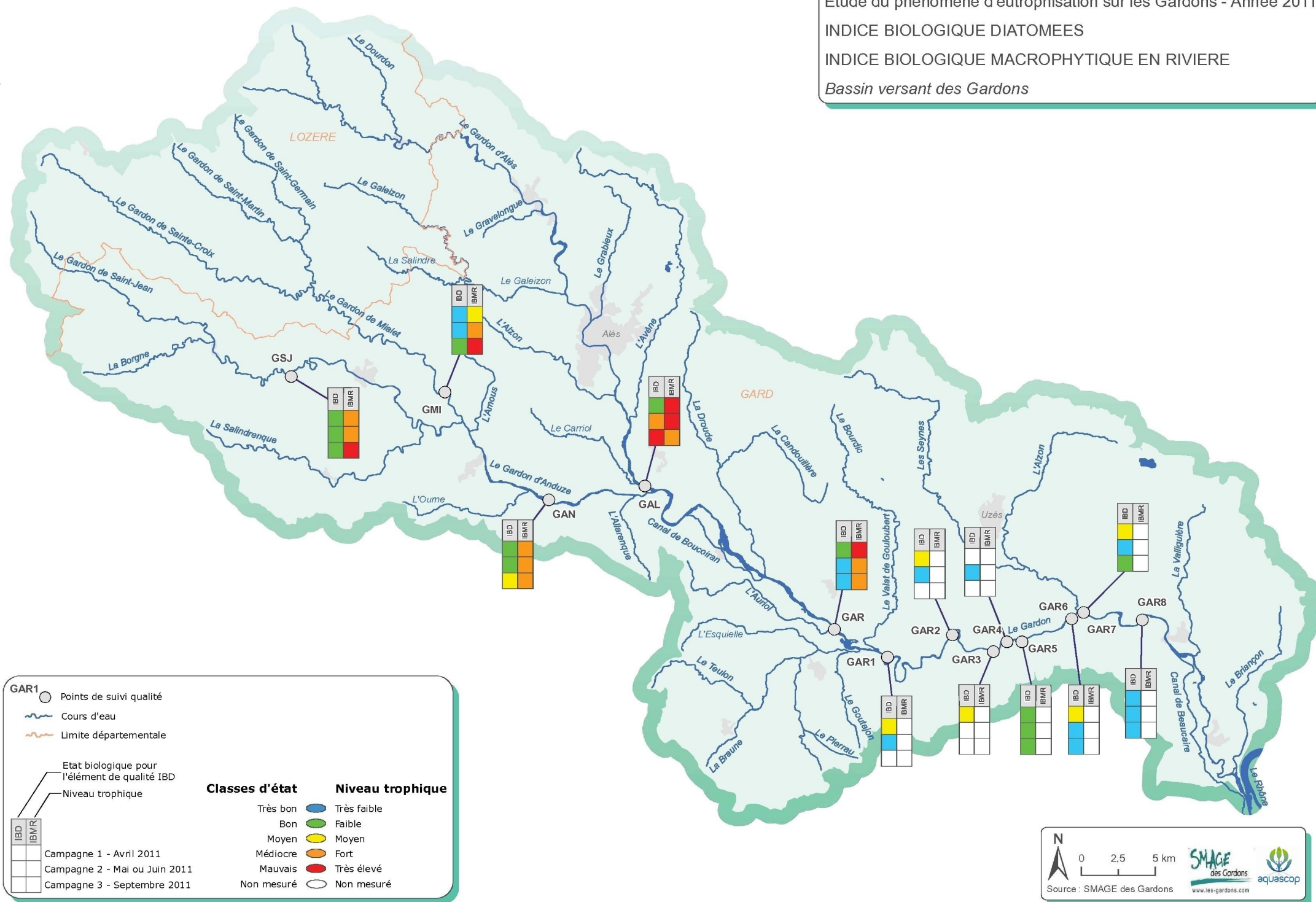
Annexe 4 - Carte de qualité des indices biologiques

Etude du phénomène d'eutrophisation sur les Gardons - Année 2011

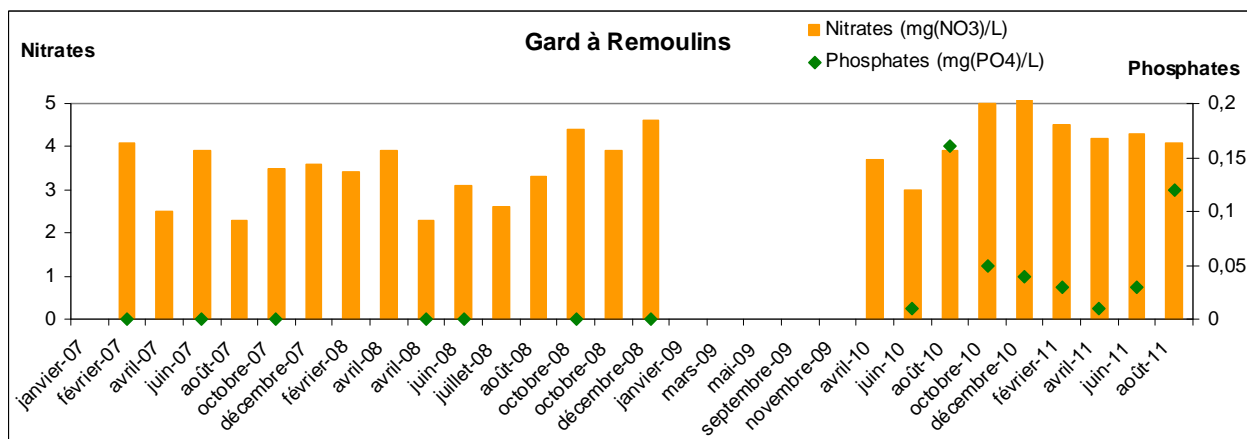
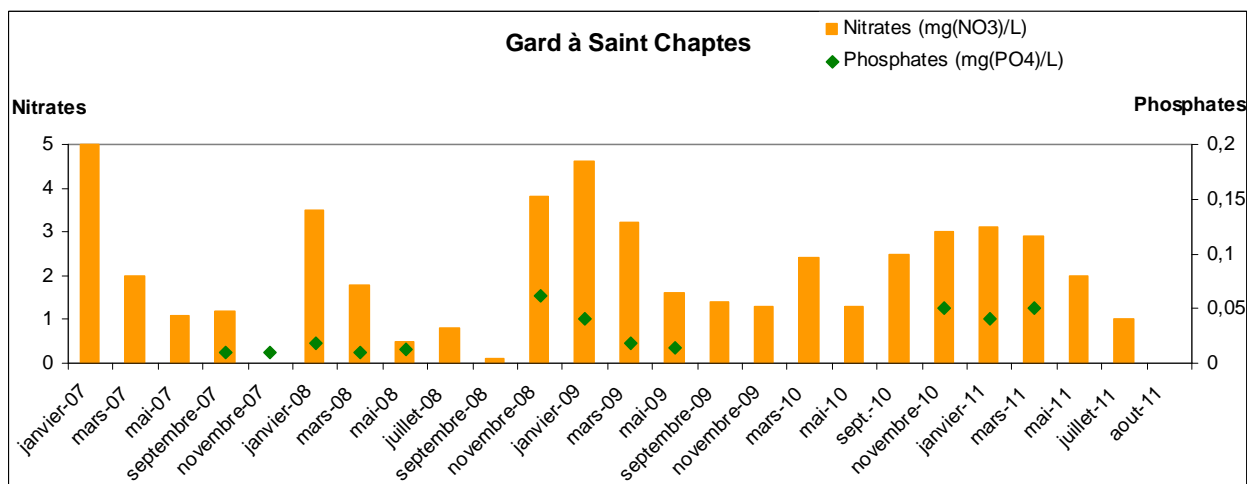
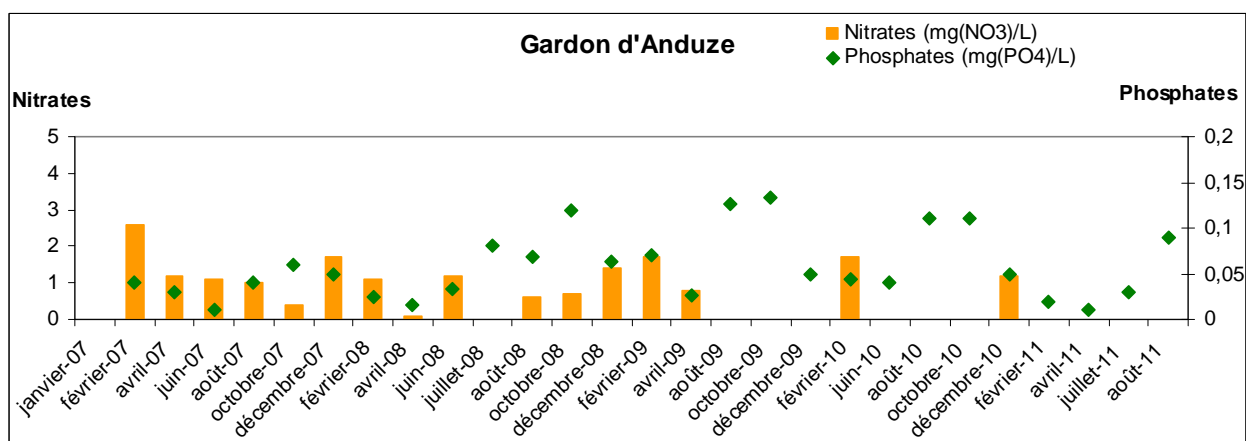
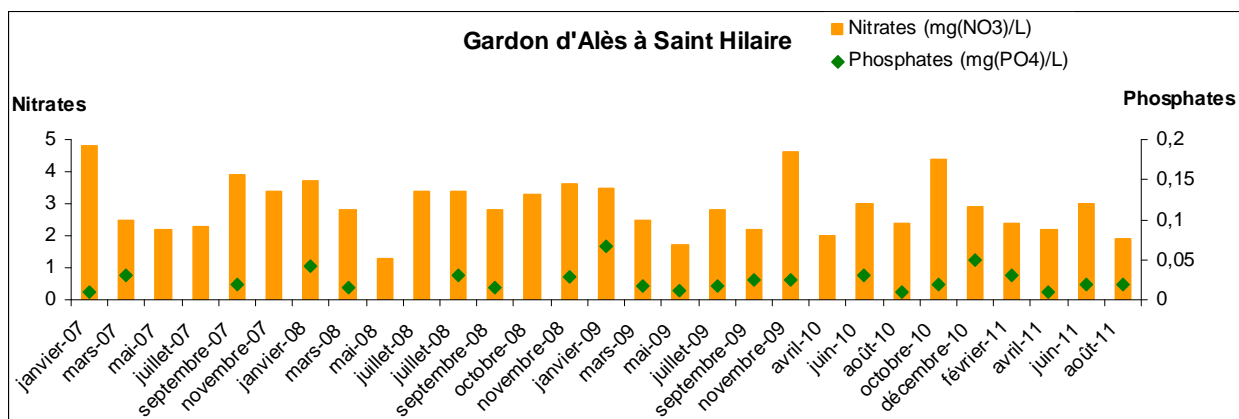
INDICE BIOLOGIQUE DIATOMEES

INDICE BIOLOGIQUE MACROPHYTIQUE EN RIVIERE

Bassin versant des Gardons



Annexe 5 : Évolution des teneurs en nitrates et phosphates



Annexe 6 - Étude du phénomène d'eutrophisation dans les Gardons Photographies des algues dominantes ou proliférantes observées en 2011

(AQUASCOP, mars à août 2011)



Melosira sp. (vue générale)



Melosira sp.
(vue macroscopique)



Melosira sp.
(vue microscopique)



Tribonema sp. en mélange avec
Ulothrix sp.



Gomphoneis sp.
(vue générale)



Gomphoneis sp.
(vue macroscopique)



Gomphoneis sp.
(vue microscopique)



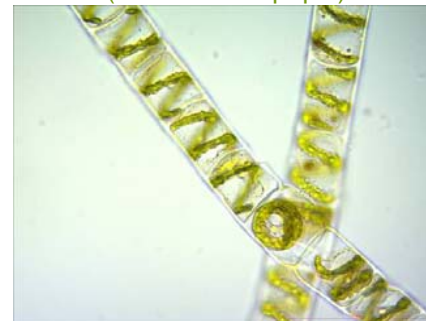
Enteromorpha intestinalis
(= Ulva intestinalis)



Spirogyra sp.
(vue générale)



Spirogyra sp.
(vue subaquatique)

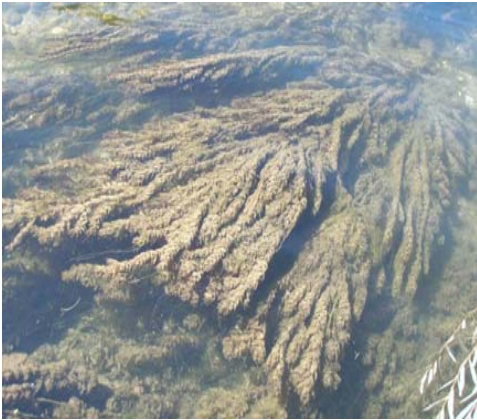


Spirogyra sp.
(vue microscopique)



Cladophora sp.

Annexe 6 (suite) - Étude du phénomène d'eutrophisation dans les Gardons
Photographies des principaux hydrophytes observés en 2011
(AQUASCOP, mars à août 2011)



Myriophyllum spicatum



Myriophyllum spicatum



Potamogeton nodosus



Potamogeton nodosus



Potamogeton pectinatus



Ranunculus penicillatus pseudofluitans
var calcareus



Ranunculus trichophyllus

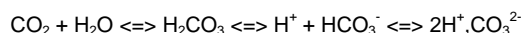


Zannichellia palustris (vert clair) et
Myriophyllum spicatum (vert glauque)

Annexe 7 - Glossaire des termes techniques

Certaines définitions de ce lexique sont extraites du glossaire mis en place par les partenaires du SIE (Système d'Information sur l'Eau) sur le site « eaufrance ». <http://www.glossaire.eaufrance.fr>

Alcalinisation : dans le cadre de l'activité photosynthétique diurne, une alcalisation du milieu se produit du fait de la consommation du CO₂ de l'eau et donc un déplacement de l'équilibre ci-dessous de droite à gauche qui combine des ions H⁺ et fait donc augmenter le pH :



Algue : végétal inférieur (thallophyte) souvent microscopique et unicellulaire ; mais aussi parfois macroscopique et pouvant former des filaments ou des colonies.

Algues filamenteuses : algues pluricellulaires, dont le thalle peut atteindre des dimensions macroscopiques.

Anthropique : résultant de l'action ou de la présence humaine.

Aquifère : formation contenant de l'eau (lit ou strate), constituée de roches perméables, de sable ou de gravier, et capable de céder des quantités importantes d'eau.

Atterrissement : Amas de terre, de sable, de graviers, de galets apportés par les eaux, occasionné par une diminution de la vitesse du courant.. Ces amas sont généralement mobilisés par les crues ; mais ils ont tendance à se végétaliser dans le temps favorisant leur ancrage.

Autotrophes : se dit des organismes capables de synthétiser eux même la matière organique dont ils ont besoin. Les végétaux chlorophylliens sont autotrophes.

Bassin versant : superficie de territoire drainée par un cours d'eau.

Benthique : Adjectif qui qualifie l'interface eau-sédiment d'un écosystème aquatique. Qualifie également un organisme vivant sur les fonds (macro invertébrés ou algues benthiques par exemple).

Bioindicateur : tout organisme ou système biologique utilisé pour apprécier une modification (détérioration) de la qualité du milieu ; Espèce vivante qui, par sa présence ou son absence, son abondance ou sa rareté, permet d'apprécier le degré de pollution d'un milieu ; par exemple d'une rivière.

Biomasse : quantité de matière vivante présente dans l'écosystème.

Bryophytes : embranchement du règne végétal comprenant les mousses et les hépatiques.

Contributives (espèces) : il s'agit des espèces indicatrices qui interviennent dans le calcul de l'indice IBMR ; par opposition aux espèces non contributives qui figurent dans le relevé floristique mais qui n'influent pas sur la valeur de l'indice.

Diatomées : algues microscopiques unicellulaires faisant partie des algues brunes, formant parfois des colonies filamenteuses, se développant dans tous les milieux aquatiques. Elles sont pourvues d'un squelette siliceux qui permet leur identification.

Diversité : caractère relatif à l'importance numérique des espèces végétales ou animales dans une communauté ou un site donné.

Echantillonnage : action qui consiste à prélever une partie considérée comme représentative d'une masse d'eau en vue de l'examen de diverses caractéristiques définies.

Epiphyte : se dit d'un végétal qui se développe sur un autre qu'il utilise alors comme support. On pense généralement aux orchidées tropicales, aux lichens sur les arbres mais cela peut aussi s'appliquer en milieu aquatique aux algues sur les hydrophytes ou les bryophytes par exemple.

Eutrophe : qui possède une forte teneur en éléments nutritifs (eau eutrophe) ; qui exige des eaux riches en éléments minéraux (végétaux aquatiques dits eutrophes).

Eutrophisation : processus naturel par lequel un milieu aquatique s'enrichit en nutriments, en particulier par des composés d'azote et de phosphore, qui accéléreront la croissance d'algues et des formes plus développées de la vie végétale.

Eutrophisation (définition officielle CE 21 mai 1991) : enrichissement d'un milieu aquatique en éléments nutritifs, en particulier l'azote et le phosphore, sous l'effet des activités anthropiques (eaux domestiques, agriculture, industrie,...) provoquant un développement accéléré des algues qui entraîne une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes et une dégradation de la qualité de l'eau.

Faciès (d'écoulement) : unité morphodynamique d'un cours d'eau, présentant une homogénéité longitudinale de la pente de la surface de l'eau et des distributions des hauteurs d'eau, des vitesses du courant et de la granulométrie du substrat

Faucardage : on entend par faucardage les travaux de fauche de la végétation des berges ou du fond des rivières ; concerne donc autant la coupe des hélophytes que des hydrophytes.

Granulométrie : dimension des éléments minéraux qui composent le lit d'une rivière (vase, sables, cailloux, galets, blocs...). Ce facteur est déterminant pour l'implantation des végétaux et des animaux qui vivent dans le milieu.

Hélophyte : végétal semi-aquatique ou amphibie, ayant un système racinaire ancré dans le sédiment saturé en eau et finissant par développer un appareil végétatif et reproducteur totalement aérien.

Hydrophyte : végétal qui développe la totalité de son appareil végétatif à l'intérieur du milieu aquatique ou à la surface de ce dernier.

Hygrophyte : se dit d'une plante qui apprécie l'humidité au niveau du sol et de son système racinaire. Elle ne supporte ni l'immersion, ni la saturation du substrat en eau permanentes.

Hyper-eutrophe : voir définition dystrophe.

Karst : Aquifère en terrain calcaire dont le comportement est caractérisé par une hétérogénéité et un compartimentage du réservoir qui se traduisent par deux grands types de fonctions : la fonction conductrice qui donne lieu à des écoulements rapides par les conduits karstiques interconnectés (fissures qui ont été élargies par dissolution) et qui explique la grande vulnérabilité aux contaminations de ces aquifères et la vitesse de déplacement des pollutions, et la fonction capacitive, assurée principalement par les zones fissurées et micro-fissurées, qui est le siège de vitesses d'écoulement plus lentes et autorise une capacité de stockage variable selon les calcaires.

Lentique ou lénitique : qualifie une eau stagnante ou caractérisée par des faibles vitesses de courant.

Macrophyte : Ensemble des végétaux aquatiques ou amphibies visibles à l'œil nu, ou vivant habituellement en colonies visibles à l'œil nu.

Macropolluants : polluants agissant à des concentrations élevées en créant un dysfonctionnement des systèmes naturels (par exemple azote ou phosphore). En opposition au terme de micropolluant qui a des effets à des concentrations très faibles dans l'environnement.

Mésotrophe : milieu (ici aquatique) dont la disponibilité en éléments minéraux nutritifs est de valeur moyenne.

Morphodynamique : c'est la science qui étudie l'évolution géomorphologique des cours d'eau. Il s'agit notamment de l'étude de l'évolution du lit sous l'action de l'énergie hydraulique.

Nutriment : substances minérales dissoutes susceptibles d'être assimilées par les organismes autotrophes (végétaux) pour leur croissance. Qui a rapport à la nutrition des producteurs primaires.

Nyctéméral (cycle) : Qui a rapport au nyctémère, c'est à dire à une durée de vingt-quatre heures (correspondant à un jour et une nuit). En biologie, on parle de cycle nyctéméral pour décrire les rythmes biologiques en relation avec les paramètres environnementaux. Par exemple on mesure les variations physicochimiques de l'eau en relation avec l'activité photosynthétique des végétaux aquatiques.

Périphyton : couverture biologique constituée d'organismes microscopiques et généralement d'algues filamenteuses, qui se développent à la surface des macrophytes (parfois par extension de tous types de substrats)

Périlithon : « biofilm » constitué de microorganismes (comme des bactéries, des algues, des champignons,...) qui se développe à la surface des substrats minéraux immergés (pierres, galets, dalles, ...).

Périlithique : relatif au périlithon

Phosphatophile : en milieu aquatique, se dit d'un végétal qui se développe préférentiellement dans des eaux riches en phosphates.

Photosynthèse : production par les végétaux verts de substances organiques à partir de substances minérales grâce aux pigments chlorophylliens utilisant l'énergie lumineuse.

Polluosensibilité : définit le degré d'exigence d'un organisme vis à vis de la qualité de l'eau. Un organisme polluosensible témoigne de l'absence de dégradation physico-chimique majeure.

Ripisylve : ensemble des formations boisées, buissonnantes et herbacées présentes sur les rives des milieux aquatiques continentaux et généralement le long des cours d'eau.

Saprobie : désigne des associations d'organismes aquatiques d'eau douce vivant dans des eaux plus ou moins riches en matières organiques.

Taxon : c'est un regroupement conceptuel de tous les organismes vivants possédant en commun certains caractères bien définis. Un taxon peut renseigner n'importe quel niveau systématique (genre, espèce, famille, ...).

Trophie : pour un écosystème représente la charge en éléments nutritifs.

Trophique (niveau) : évaluation de la charge du milieu en éléments nutritifs ; également notion capacité du milieu à nourrir les peuplements. Egalement position occupée par un organisme dans une chaîne alimentaire : les producteurs primaires, les herbivores, les carnivores et les décomposeurs.

Zoospore : spore des algues ou de certains champignons, caractérisée par sa mobilité grâce à leurs flagelles ou leurs cils vibratiles. Les cladophores sont capables d'émettre des zoospores (reproduction asexuée). Les spirogyres quant à elles effectuent fréquemment une reproduction sexuée (conjugaison de contenus cellulaires de filaments voisins) donnant des zygospores ou zygotes chacun capable de donner naissance à un nouveau filament.