



DENTES

DÉPARTEMENT ENVIRONNEMENT TECHNOLOGIE ET SOCIÉTÉ



Master 1 Gestion des Eaux et des Milieux Aquatiques
DENTES – Université de Provence

CARACTERISATION BIOLOGIQUE ET PHYSICO-CHIMIQUE DE LA NESQUE AMONT

BARBAROUX Eugénie
BELIN Olivia
FICHE Elodie
SIMMARANO Jean-Baptiste
VILLESSECHE David



Projet Environnemental 2011

Enseignants-tuteurs : M. BOUDENNE Jean-Luc
M. CAVALLI Laurent

Département Environnement Technologie et Société
Université de Provence
Centre Saint-Charles
Case 75
3 place Victor Hugo
13 331 MARSEILLE Cedex 3
04 13 55 07 42

Association « La Nesque Propre »
183 route de Saint-Philippe
84 210 PERNES LES FONTAINES
04 90 66 00 84

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
--------------------	---

PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

I. LOCALISATION	5
II. RELIEF ET GEOLOGIE.....	5
III. HYDROLOGIE	7
V. DEMOGRAPHIE	10
VI. RESSOURCES EN EAU.....	12
VII. LA ZONE D'ETUDE	14

ETUDE DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE

I. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	16
II. MATERIELS ET METHODES	16
II.1. Spectroscopie atomique (cations).....	16
II.1.1. <u>Matériels</u>	16
II.1.2. <u>Méthode</u>	16
II.2. Chromatographie ionique (anions)	17
II.2.1. <u>Matériels</u>	17
II.2.2. <u>Méthode</u>	17
II.3. COT-mètre	18
II.3.1 <u>Matériels</u>	18
II.3.2. <u>Méthode</u>	18
III. DESCRIPTIONS DES PARAMETRES ET RESULTATS	18
III.1. Pré-campagne : mesures in situ le 11 février 2011.....	19
III.2. Mesures en laboratoire sur l'eau brute le 15 avril 2011.....	20
III.3. Mesures en laboratoire réalisées sur les sédiments le 15 avril 2011	28
IV. INTERPRETATION.....	29

ANALYSES COMPLEMENTAIRES / BACTERIOLOGIE

I. MATERIELS ET METHODE	31
I.1. Indicateurs de contamination fécale.....	31
I.2. Protocole de prélèvements	31
I.3. Filtration, ensemencement et dénombrement	32

ETUDE DES INVERTEBRES

I. MATERIELS ET METHODE	34
I.1. Matériels	34
I.2. Méthode	34
II . RESULTATS.....	38

INTERPRETATION	40
----------------------	----

ANNEXES

REMERCIEMENTS

Nous souhaitons remercier nos tuteurs, MM. Laurent CAVALLI et Jean-Luc BOUDENNE pour leur aide dans l'avancement de notre projet.

Nous remercions également les membres de l'association La Nesque Propre, représentés par leur président M. Jean-Pierre SAUSSAC, pour la présentation et la découverte des lieux de l'étude. Nous remercions en particulier M. Georges UGHETTO pour son savoir sur la Nesque et sa région, ainsi que M. Joël MATHIEU, gardien du Château de Coudray, pour l'accueil en ce lieu lors de nos journées de terrain. Nous tenons à saluer de plus les habitants autour de la Nesque pour nous avoir permis l'accès à leurs parcelles pour nos relevés de terrain.

Nous tenons par ailleurs à remercier nos enseignants MM. Bruno ARFIB et Jean-Christophe RODITIS, ainsi que Mme Anne-Marie FARNET pour leur aide dans leurs domaines respectifs.

INTRODUCTION

La Nesque est un cours d'eau s'écoulant dans le Vaucluse, depuis la commune d'Aurel jusqu'à celle de Velleron. Elle comprend une partie en surface libre jusqu'à Monieux, des gorges jusqu'à Methamis, et enfin une autre partie en surface libre, où elle se jette dans la Sorgue de Velleron.

Notre domaine d'étude s'étend uniquement d'Aurel à Monieux, sur la partie dite amont de la Nesque. Cette région est renommée pour sa culture du lavandin, effectivement présente tout autour de notre site d'étude. Il y a également la présence de prairies où sont accueillis les animaux d'élevage l'été. Par ailleurs, de par sa proximité avec le Mont Ventoux et les Monts de Vaucluse, cette région est très touristique. Les gorges de la Nesque sont de plus un lieu attractif où sont pratiqués les sports d'eaux vives lors de la saison touristique. C'est pourquoi depuis une dizaine d'années, des captages d'eau potable ont été mis en place au niveau de la source de la Nesque, pour répondre à la demande d'eau grandissante pour ces différents secteurs d'activité.

En outre, le Mont Ventoux, site environnemental riche et fragile, est classé par l'UNESCO en Réserve de Biosphère depuis 1990 et également en site Natura 2000 dans le cadre de la mise en place d'un réseau écologique européen. Ainsi, pour palier aux risques de rejets d'effluents agricoles ou domestiques, et pour appréhender les effets de la réduction du débit du cours d'eau suite à la mise en place des captages, il est important de mieux connaître l'état de la rivière dans ce type d'environnement possédant un intérêt remarquable.

En partenariat avec l'association La Nesque Propre et l'Université de Provence, un diagnostic écologique et physico-chimique de la Nesque amont a été effectué. Cette étude scientifique fait suite au constat visuel des membres de l'association de la dégradation de l'état du cours d'eau d'années en années, comme notamment l'accumulation de matières organiques à certains endroits de la rivière.

Pour caractériser le fonctionnement de la rivière, deux descripteurs ont été utilisés :

- la physico-chimie, par l'étude de l'évolution des paramètres classiques (pH, O₂ dissous, température, conductivité électrique), l'étude des anions et cations majeurs ainsi que celle de la matière organique sur le linéaire étudié ;
- la biologie, par la caractérisation des peuplements de macro-invertébrés d'eau douce.

Des comparaisons avec un cours d'eau proche, le Toulourenc, seront effectuées, ainsi qu'avec des données de 2003 sur la Nesque, partie amont.

Ce rapport s'articule donc autour des deux axes de travail sus-cités, ainsi que sur une discussion permettant de faire les liens nécessaires, aboutissant de ce fait à l'obtention d'une vision juste et globale des pressions exercées sur la Nesque dans sa partie amont. Des solutions de gestion appropriées pourront donc être pertinemment présentées.

PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

I. LOCALISATION

La Nesque prend sa source à Aurel dans le Vaucluse (84) (figure 1). Son cours, d'une longueur d'environ cinquante kilomètres, traverse la dépression de Sault et s'enfonce, à l'aval de Monieux, dans de profondes gorges.

À la sortie des gorges, elle draine le piémont des Monts de Vaucluse jusqu'à l'agglomération de Pernes-les-Fontaines, à l'aval de laquelle, elle pénètre dans la plaine du Comtat Venaissin, où son lit est fortement artificialisé. Affluent du réseau des Sorgues, elle se jette dans la Sorgue de Velleron, entre Velleron et Althen-les-Paluds.



Figure 1: Localisation de la Nesque amont (Source: <http://www.geoportail.fr>)

II. RELIEF ET GEOLOGIE

La Nesque se trouve à l'est du massif du mont Ventoux et au nord-est des monts de Vaucluse (figure 2). Il est posé sur un plateau calcaire en limite du plateau d'Albion. Le plateau d'Albion se situe sur trois départements, à savoir le Vaucluse, la Drôme et les Alpes de Haute Provence. Il se subdivise administrativement en sept communes dont celle de Sault et d'Aurel.

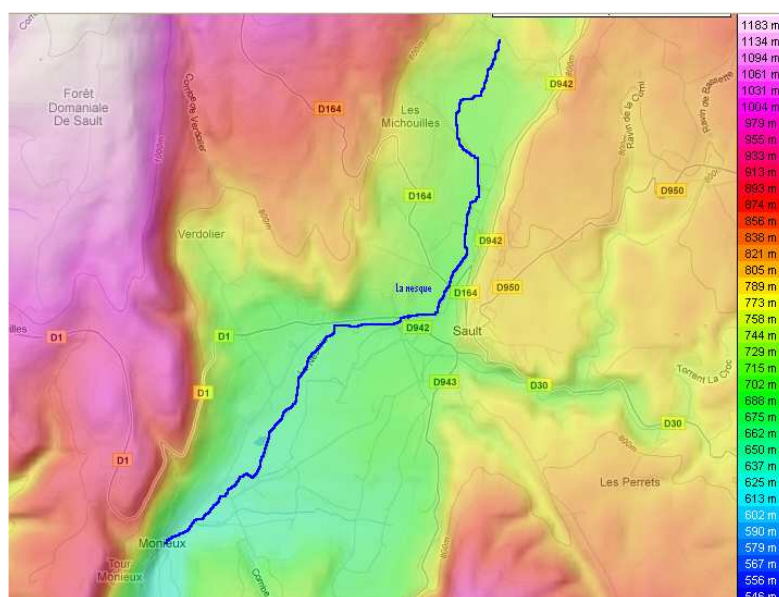


Figure 2: Carte du relief du bassin versant de la Nesque amont.

Source: <http://www.cartes-topographiques.fr/Vaucluse>

Le plateau est situé sur un substrat de couches de calcaires à faciès urgonien (Crétacé). Ce calcaire se présente selon un modelé karstique avec lapiaz, avens et dolines. Il est associé à des couches sédimentaires du Bédoulien et de calcarénites du Barrémien (Secondaire), recouvert par des colluvions et alluvions siliceux et des argiles de décalcification du Quaternaire. Le plateau possède toutes les caractéristiques climatiques des Alpes du Sud, dont il est, avec le Mont Ventoux et la Montagne de Lure, le chaînon le plus occidental.

Le bassin versant amont de la Nesque se caractérise par deux ensembles géologiques distincts, d'amont en aval :

- le fossé d'effondrement d'Aurel, où une vaste zone d'éboulis recouvre les terrains oligocènes indifférenciés, au contact desquels de nombreuses sources, dont celle de la Nesque, émergent ;
- les calcaires crétacés karstiques Bédoulien des Monts de Vaucluse et de la partie terminale du Mont Ventoux, séparés par les gorges de la Nesque. Ces formations, essentiellement concentrées à l'amont du bassin versant, qui représentent plus des deux tiers de sa surface, sont constituées de larges et profondes fissures qui drainent les précipitations et sans doute une partie des eaux de la Nesque vers l'impluvium de la Fontaine du Vaucluse.

Dans le cadre de l'étude de la tête de bassin, nous nous intéresserons seulement aux calcaires

karstiques du crétacé inférieur ainsi qu'aux marnes de l'oligocène.

D'après la carte géologique simplifiée au 1/50 000 du BRGM, on peut mettre en évidence la présence de niveaux gypseux au sein des couches argilo-calcaires de l'oligocène. Ceci pourra donc entraîner une minéralisation particulière de l'eau avec la solubilisation des ions sulfates (gypse) et carbonates (calcaires), et en parallèle du calcium et du magnésium. Cette nature lithologique imperméable se retrouve sur l'ensemble de notre zone d'étude et permet des écoulements continus et permanents de la Nesque, en limitant les infiltrations dans le karst sous-jacent. Cette caractéristique hydrogéologique est une particularité de la nature karstique du Plateau de Sault.

III. HYDROLOGIE

Les principaux affluents de la Nesque sont la Croc (26,1 km), la Combe dembarde (7,8 km), la Rieu (6,2 km) et la Riaille du premier pont (5,7 km), auxquels se rajoutent: le ruisseau de Buan, le vallon de Peissonnier, le vallon de Saume morte, la combe de la Sône, le Grand vallon, le vallon des Barbéris, le ravin de Bouquet, le vallon de Cartoux, le vallon de Coulombey, le ravin du Défend et la riaille du Rouret (*figure 3*).

La Nesque ne possède pas d'affluents significatifs, cependant elle reçoit, dans la partie amont de son bassin versant les eaux de nombreux talwegs (généralement à secs).

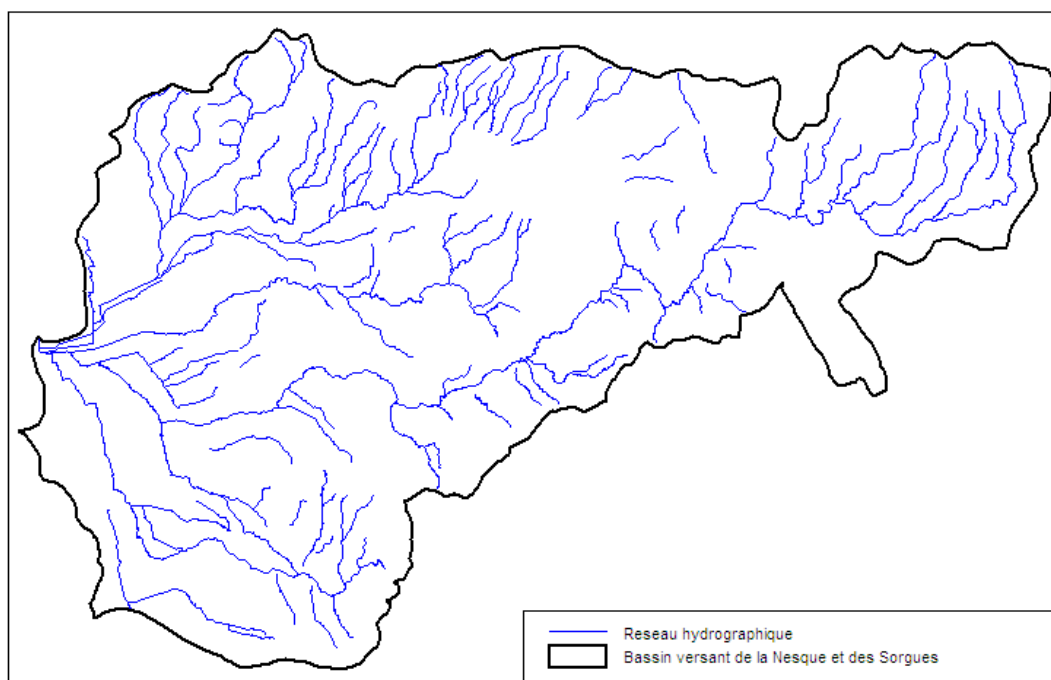


Figure 3: Réseau hydrographique du bassin versant de la Nesque et des Sorgues. (Source : BD Carthage). La Nesque amont est entourée en rouge.

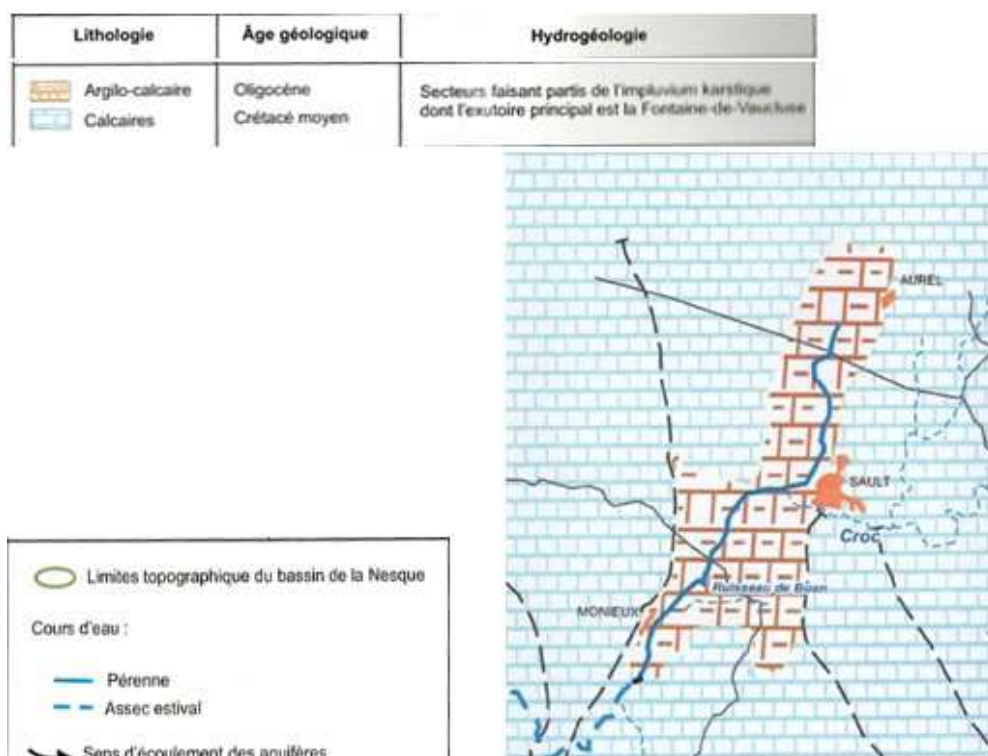


Figure 4: Carte hydrogéologique du secteur de la Nesque amont.

Relevé météorologique du plateau d'Albion pour une altitude moyenne de 900 mètres.

mois	jan.	fév.	mar.	avr.	mai	juin.	juil.	août.	sep.	oct.	nov.	déc.	année
Température minimale moyenne (°C)	-1,0	-1,0	2,0	4,0	8,0	12,0	14,0	14,0	11,0	7,0	3,0	-1,0	5,5
Température moyenne (°C)	3,5	5,5	7,5	10,0	14,0	18,5	21,0	21,0	17,0	12,5	7,5	2,0	11,7
Température maximale moyenne (°C)	8,0	10,0	13,0	16,0	20,0	25,0	28,0	28,0	23,0	18,0	12,0	8,0	17,0
Précipitations (mm)	26,9	24,3	23,8	44,0	40,0	27,9	20,9	32,7	45,9	53,5	52,4	30,7	482,8

Source : Relevés météo de Manosque sur le site meteo.msn avec application du gradient -0,6° tous les 100 mètres de dénivelé

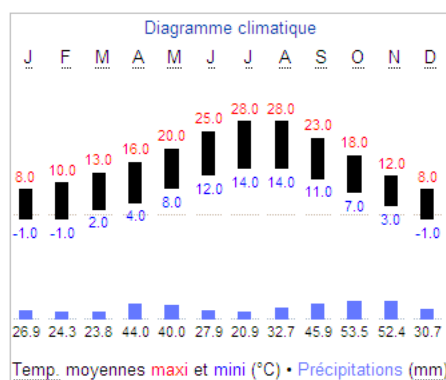


Figure 4: Relevé des températures et des précipitations sur le plateau d'Albion, sur toute l'année 2010.

Le cours d'eau est pérenne jusqu'au plan d'eau de Monieux (figure 4) puis les écoulements s'interrompent à l'été dans les gorges et même à l'aval jusqu'à Pernes-les-Fontaines.

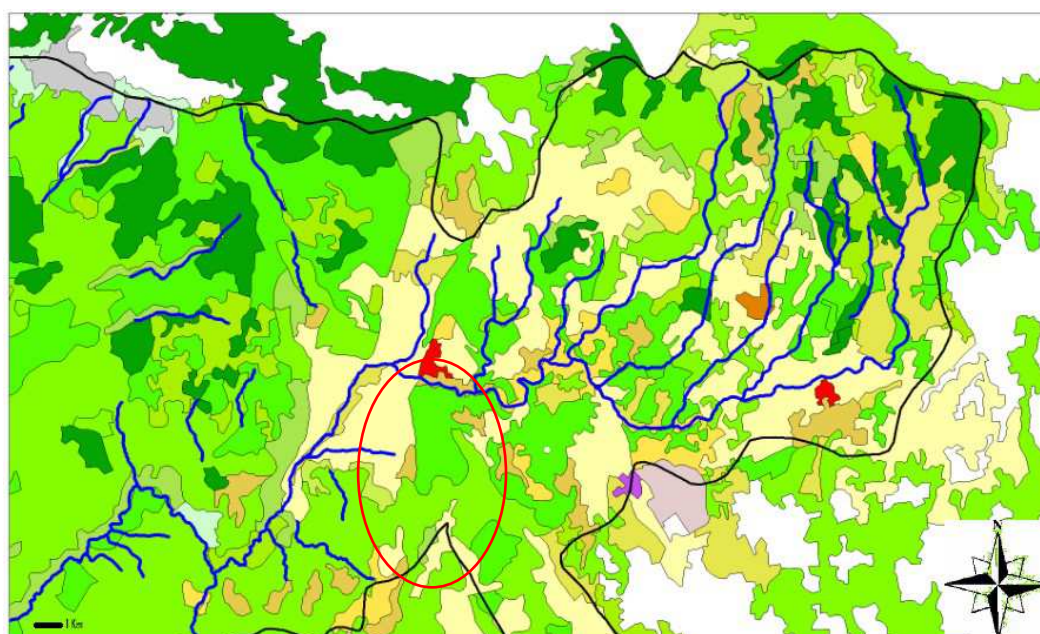
Au niveau de notre secteur d'étude, la Nesque reçoit de l'eau provenant de ses deux affluents temporaires, la Croc, drainant la commune de Sault et dans laquelle sont déversées les eaux de sa station d'épuration.

L'apport hydraulique se fait par les affluents en hiver, lorsqu'ils ne sont pas secs, mais aussi par les précipitations (figure 4).

IV. OCCUPATION DES SOLS

L'occupation des sols (figure 5) sur le bassin versant de la Nesque se divise en deux grandes parties : la première est marquée par des zones forestières et des milieux semi-naturels principalement, et la deuxième correspond à l'agriculture (notamment de lavandins).

Les cultures pratiquées dans le bassin versant de la Nesque sont représentées sur la figure 7. Le long du



— Réseaux hydrographique

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| ■ Forêts de feuillus | ■ Aéroports |
| ■ Forêts de conifères | ■ Extraction de matériaux |
| ■ Forêts mélangées | ■ Tissu urbain discontinu |

Figure 3: Carte de l'occupation du sol (Source : BD Carthage (Bassin Versant et Réseau hydrographique), Corinne la

- | |
|---|
| ■ Systèmes culturels et parcellaires complexes |
| ■ Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels |

cours d'eau, les parcelles rencontrées correspondent à de l'arboriculture principalement. Cependant, il y a aussi la présence de prairies temporaires qui peuvent accueillir divers animaux.

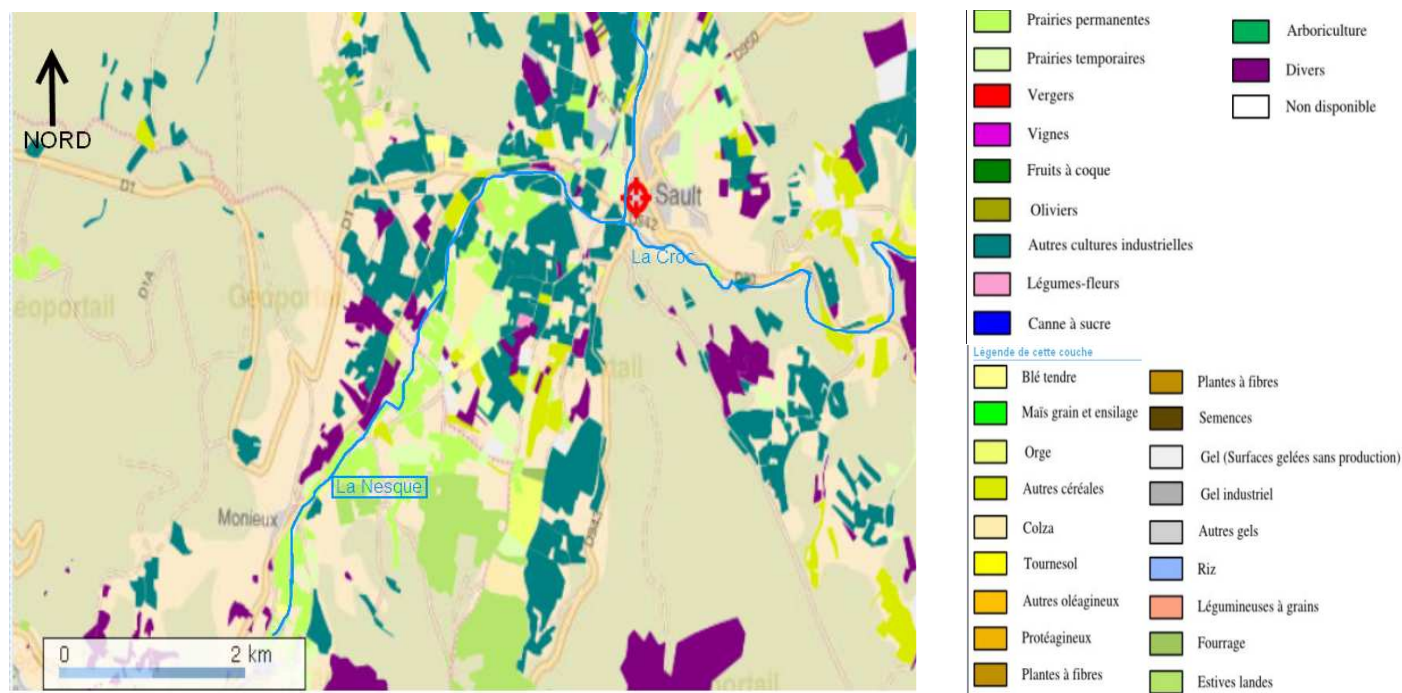


Figure 4: Diverses cultures pratiquées sur le bassin versant de la Nesque (Source : <http://www.geoportail.fr>).

Certaines parcelles en amont de Sault sont soumises à un gel dit agronomique. Cela correspond à la restriction de récoltes imposée aux agriculteurs. Ainsi, avant le 31 août, aucune récolte ne se fait. Notons que l'agriculture et le tissu urbain discontinu peuvent être sources de pollutions.

V. DEMOGRAPHIE

Sur la partie étudiée, trois communes constituent les organisations administratives autour de la Nesque :

- **Sault** : Bâti en hémicycle, à 765 m d'altitude, sur une avancée rocheuse qui termine le plateau de Vaucluse à l'ouest et domine la vallée de la Nesque, Sault offre une bonne base d'excursions entre le Ventoux, les Baronnies et la montagne de Lure. Le village se trouve à l'est du mont Ventoux et au nord-est des monts de Vaucluse. Il est posé sur un plateau calcaire en limite du plateau d'Albion, entre pierres, forêts (dont forêt du Défens, bois des Roumigières et bois des Fayettes) et champs de lavande. Il s'agit avant tout d'une activité agricole de montagne : production de lavande, de lavandin, d'épeautre, de miel et de leurs produits dérivés. Il y a la présence d'une coopérative des producteurs de lavande du pays de Sault avec expo-vente et distillerie, d'une coopérative céréalière et d'une

exploitation forestière. L'élevage ovin ou porcin tient aussi une place importante. La proximité du Mont-Ventoux, de la Montagne de Lure, et des Gorges de la Nesque a permis de développer un tourisme vert qui prend de plus en plus d'importance dans l'économie locale et bénéficie d'aménagements récents avec entre autres un office de tourisme de la Région de Sault et un camping. Une base militaire, à Saint-Christol sur le plateau d'Albion, est importante pour l'économie du village. La population locale a augmenté légèrement (*figure 7*). Cependant, étant une zone touristique, l'été et durant toutes les vacances de l'année, la population double.

Évolution démographique (Source : INSEE¹²)

1962	1968	1975	1982	1990	1999	2006	2007
1160	1320	1230	1231	1206	1171	1285	1301 ¹³
Nombre retenu à partir de 1962 : population sans doubles comptes							

Figure 5: Evolution démographique de la ville de Sault d'après L'INSEE.

- **Aurel** : Située au nord-est du Vaucluse et à l'est du Mont Ventoux, la commune d'Aurel est au nord de Sault, en bordure avec la Drôme. Le relief de la commune est tout en altitude et ses deux hameaux du Saint-Esprit et du Ventouret contrôlent des voies d'accès au sommet du Mont Ventoux. Le tourisme tient une part importante de l'économie locale (hôtels, gîtes et chambres d'hôtes). Parmi les points d'attrait touristique : village perché, proximité du Mont Ventoux, la culture de la lavande, etc (*figure 8*).

Évolution démographique

1962	1968	1975	1982	1990	1999	2006
127	132	113	126	128	156	220 ¹³
Nombre retenu à partir de 1962 : population sans doubles comptes						

Figure 6: Evolution démographique de la ville d'Aurel, d'après L'INSEE.

- **Monieux** : La commune de Monieux est située sur les plateaux des Monts de Vaucluse, proche de la commune de Sault. Elle abrite sur son territoire une partie des sites classés « Réserve de Biosphère » du Mont Ventoux. Le massif des monts de Vaucluse est formé de calcaires de l'ère

secondaire souvent perméables. L'eau s'enfonce dans la roche, créant des réseaux souterrains (système karstique), ressortant aux points bas comme la Fontaine de Vaucluse. La croissance démographique (*figure 9*) est de 130 % mais est toutefois relative car le nombre d'habitants reste faible. Le tourisme tiens une part importante de l'économie locale. La commune bénéficie d'ailleurs des services d'un office de tourisme. Parmi les points d'attrait touristique : village perché, Gorges de la Nesque, plan d'eau, gîtes, chambres d'hôtes et restaurant.

Évolution démographique

(Source : INSEE⁸)

1962	1968	1975	1982	1990	1999	2006
139	151	122	171	158	250	323
Nombre retenu à partir de 1962 : population sans doubles comptes						

Figure 7: Evolution démographique de la ville de Monieux, d'après l'INSEE.

VI. RESSOURCES EN EAU

Le 31 janvier 2001, un syndicat intercommunal dit « Syndicat Intercommunal d'Aménagement de la Nesque» (SIAN) regroupant onze communes du bassin versant de la Nesque a été créé par arrêté préfectoral dans le but d'assurer sa protection.

Le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable et d'Assainissement de la Région de Sault (SIAEPA) a été autorisé à dériver une partie des eaux souterraines au niveau du captage dit «Source de la Nesque», en vue de produire et distribuer au public de l'eau destinée à la consommation humaine dans les conditions fixées par un arrêté préfectoral signé en octobre 2010. Ce syndicat a entrepris et réalisé les travaux de dérivation des eaux pour la consommation humaine à partir du captage dit « source de la Nesque», situé sur la commune d'Aurel (Vaucluse). Le SIAEPA a également institué des périmètres de protection immédiats, rapprochés et éloignés autour de l'ouvrage de captage, ainsi que des servitudes associées pour assurer la protection des ouvrages et de la qualité de l'eau.

Les débits maxima autorisés en vue de la production d'eau destinée à la consommation humaine sont :

- débit de production maximum journalier de 100 m³.
- débit de production maximum annuel de 30 000 m³.

Les indemnités qui peuvent être dues aux propriétaires des terrains ou aux occupants concernés par la mise en conformité du captage dit « Source de la Nesque » sont fixées selon les règles applicables en matière d'expropriation pour cause d'utilité publique. Les indemnités dues sont à la charge du SIAEPA.

Suite à ces ouvrages de captage, tous les usagers, propriétaires ou gestionnaires d'un terrain le long du cours d'eau qui voudraient créer des installations ou aménager leur terrain doivent faire état de l'ouvrage et en demander l'autorisation à la préfecture.

Par ailleurs, dans la zone du captage, les faits et activités suivants sont interdits :

- La recherche et le captage, par de nouveaux puits ou forages, des eaux souterraines, sauf en vue de la consommation humaine pour des collectivités publiques.
- La construction d'immeubles d'habitation non raccordés aux réseaux publics d'eau potable et d'assainissement. Les assainissements des habitations existantes devront être vérifiés sous un délai de 5 à 6 mois à compter de la signature du présent arrêté avec mise en conformité si nécessaire sous un délai de 6 mois.
- L'ouverture de carrières et d'excavations, le décapage des terrains de couverture de l'aquifère.
- Tout rejet dans la nappe en particulier par puisard ou puits perdu.
- Les dépôts ou déversements d'ordures ménagères, d'immondices, de détritiques, de produits radioactifs, d'hydrocarbures ou de tous produits ou matières susceptibles d'altérer la qualité de l'eau.
- Les dépôts ou déversements de produits chimiques ou organiques polluants, d'eaux usées de toutes natures.
- Le stockage de produits phytosanitaires.
- L'épandage souterrain ou superficiel des eaux usées d'origine agroalimentaire, de lisiers ou de boues ainsi que le parage d'animaux domestiques.
- L'utilisation de tout produit phytosanitaire est strictement interdite. Cependant, par dérogation, l'utilisation de produits phytosanitaires strictement réservés à l'usage d'insecticide ou de fongicide est autorisée uniquement sur les cultures de lavande, lavandin, sauge sarclée et cerisier.

De plus, les faits et activités suivants sont réglementés :

- Toutes nouvelles installations d'activités susceptibles d'apporter des risques de dégradation de la qualité de l'aquifère.
- Toutes activités existantes susceptibles d'apporter un risque de dégradation de la qualité de l'aquifère devront faire l'objet d'une mise en conformité.

Sur les parcelles en cultures, l'utilisation de matières fertilisantes est autorisée selon les pratiques actuelles raisonnées et sous réserve que des plans de fumure soient réalisés à la parcelle ou par îlot de culture et tenus à disposition des services de contrôle.

VII. LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude s'étend sur onze kilomètres, de la source de la Nesque à la commune de Monieux. Sur ces quelques kilomètres, des analyses physico-chimiques et biologiques ont été réalisées. Pour pouvoir juger de l'ensemble de cette zone, des échantillons représentatifs ont été prélevés. Cette fragmentation de la zone d'étude s'est faite par un échantillonnage de jugement, c'est-à-dire que les stations de prélèvement ont été sélectionnées en fonction du visuel, d'une étude historique ou pour certaines d'un accord avec les riverains du cours d'eau.

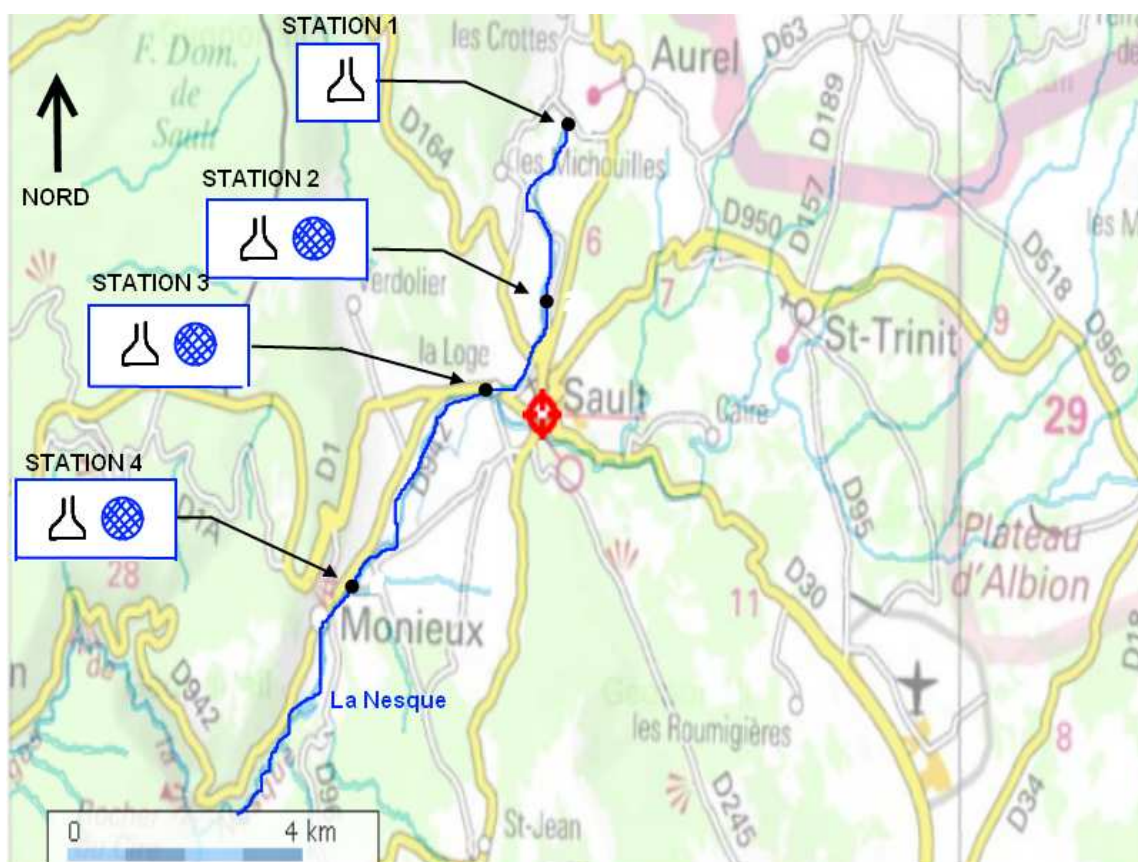
Les stations ont variées pour l'analyse physico-chimique et biologique de la manière suivante (*figure 10*) :

- pour l'analyse biologique, trois stations de prélèvements nous ont été conseillées et fixées au préalable par l'association La Nesque propre, à savoir :
 - le Lavoir (point 4) ;
 - la Loge (point 3) ;
 - le Pont (point 2) ;
- en ce qui concerne l'analyse physico-chimique, cinq points de mesure ont été réalisés :
 - au niveau de la source du Château de Coudray (point 0) ;
 - à la ferme (point 1) ;
 - au Pont (point 2) ;
 - à La Loge (point 3) ;
 - au Lavoir (point 4) ;

L'échantillonnage pour les analyses physico-chimiques s'est fait à partir des points fixés semblables à ceux où ont été réalisés les prélèvements d'IBGN. Cependant, à la différence de l'analyse biologique, deux autres points ont été rajoutés. En effet, la source a été choisie pour constituer un témoin, pour pouvoir faire une comparaison avec les autres points et éventuellement observer un changement voire une évolution. De plus, un autre point a été réalisé (non représenté sur la *figure 10*) situé au niveau du château de Coudray.

Pour l'IBGN, deux campagnes ont été nécessaires, l'une en mars et l'autre en avril, pour voir l'évolution des populations d'invertébrés et pour prendre en compte la variabilité temporelle et saisonnière. A l'inverse, une seule campagne de prélèvement d'eau pour les analyses physico-chimiques a eu lieu, faute de temps nécessaire à la réalisation d'autres prélèvements. Cependant, une pré-campagne avait été réalisée en février, afin de pouvoir mieux cibler par la suite cette étude.

Une campagne supplémentaire a été effectuée en septembre 2011 pour appréhender l'effet de l'étiage estival sur la structure des communautés de macro-invertébrés.



LEGENDE

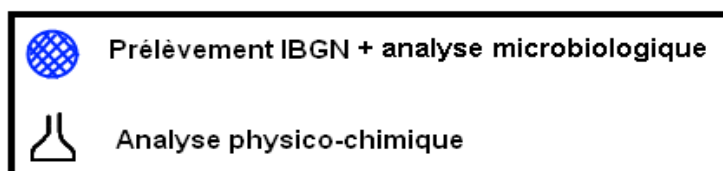


Figure 8: Représentation des stations où ont été réalisées les prélèvements IBGN et les mesures pour les analyses physico-chimiques. (Source: <http://www.geoportail.fr>)

ETUDE DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE

I. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Le bassin versant amont de la Nesque se caractérise par deux ensembles géologiques distincts :

- le fossé d'effondrement d'Aurel, où une vaste zone d'éboulis recouvre les terrains oligocènes argilo-calcaires, au contact desquels de nombreuses sources, dont celle de la Nesque, émergent ;
- les calcaires crétacés karstiques Bédoulien des Monts de Vaucluse et de la partie terminale du Mont Ventoux, séparés par les gorges de la Nesque. Ces formations, essentiellement concentrées à l'amont du bassin versant représentent plus des deux tiers de sa surface et constituent l'impluvium de la Fontaine du Vaucluse.

Dans le cadre de l'étude de la tête de bassin, nous nous intéresserons seulement aux calcaires karstiques du crétacé inférieur ainsi qu'aux marnes de l'oligocène.

D'après la carte géologique simplifiée au 1/50 000 du BRGM, la présence de niveaux gypseux peut être mise en évidence au sein des couches argilo-calcaires de l'oligocène. Ceci pourra donc entraîner une minéralisation particulière de l'eau, avec la solubilisation des ions sulfates (gypses) et carbonates (calcaires), et en parallèle, celle du calcium et du magnésium. Cette nature lithologique imperméable se retrouve sur l'ensemble de la zone d'étude et permet des écoulements continus et permanents de la Nesque, en limitant les infiltrations dans le karst sous-jacent. Cette caractéristique hydrogéologique est une particularité de la nature karstique du Plateau de Sault.

II. MATERIELS ET METHODES

II.1. Spectroscopie atomique (cations)

II.1.1. Matériels

Le dispositif expérimental utilisé en absorption atomique se compose d'une source, la [lampe à cathode creuse](#) , d'un [brûleur](#) et d'un [nébuliseur](#), d'un monochromateur et d'un détecteur relié à un amplificateur et à un dispositif d'acquisition.

II.1.2. Méthode

Cette technique d'analyses fait l'objet d'une normalisation, d'une part pour le calcium et le

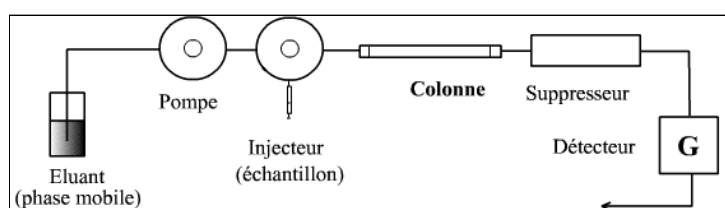
magnésium (NF A20-601) et d'autre part pour le sodium et le potassium (NF A20-603).

Dans notre démarche analytique, nous avons choisi la technique de vaporisation en flamme. Cette technique permet la détermination des hautes concentrations en cations majeurs, comme le calcium Ca^{2+} ou le magnésium Mg^{2+} . La spectrométrie de masse élémentaire utilise le fait que des particules électriquement chargées peuvent être séparées et détectées dans un spectromètre de masse par l'apport d'énergie.

Les concentrations en ions sodium Na^{2+} et potassium K^{+} sont mesurées par l'intermédiaire de leurs spectres d'émissions, tandis que les concentrations des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} sont déterminées grâce à leurs spectres d'absorption.

II.2. Chromatographie ionique (anions)

II.2.1. Matériels



Chromatographe DIONEX-ICS-3000 :

Eluant : 1,8 mM Na_2CO_3 / 1,7 mM NaHCO_3

Colonne Ionpac AS11-HC

Vitesse d'élution : 1,5 ml/min

Boucle d'injection : 25 μl

Figure 9: Représentation schématique d'un chromatographe DIONEX-ICS-3000.

II.2.2. Méthode

Cette méthode d'analyse est régie par les normes NF EN 10304-1 et NF EN 10304-2. La chromatographie ionique en phase liquide permet l'identification et la quantification simultanées de divers ions : ses applications sont donc multiples.

Différentes colonnes sont utilisées pour analyser les anions et les cations. La chromatographie ionique est une méthode particulièrement bien adaptée à l'analyse des anions et des cations majeurs des eaux naturelles (Cl^- , F^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}). Ces ions sont conservatifs, c'est-à-dire que leur abondance n'est pas modifiée au cours du temps dans les conditions normales de stockage et de circulation des eaux. La lecture des concentrations des différents ions s'effectue directement en mg/L.

II.3. COT-mètre

II.3.1 Matériels

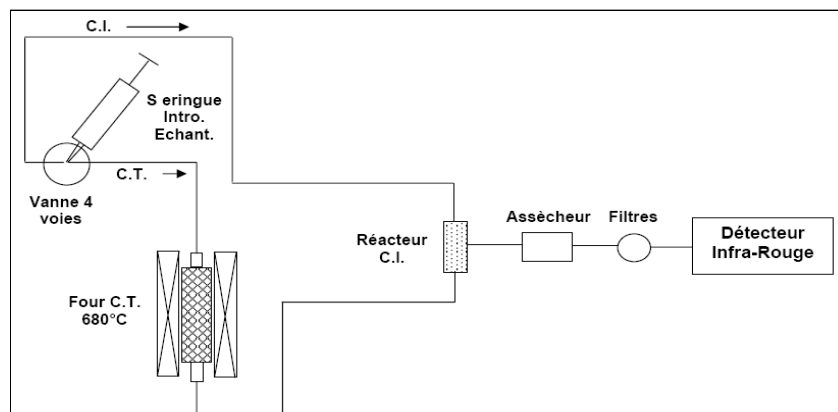


Figure 10: Représentation schématique d'un COT-mètre SHIMADZU 5050A

II.3.2. Méthode

Le dosage du carbone organique total (COT) dans les déchets, les boues et les sédiments est conditionné par la norme NF EN 13137. La mesure du carbone organique total permet de suivre l'évolution de la charge organique d'un cours d'eau et de faciliter la surveillance d'un procédé de traitement d'eau.

III. DESCRIPTIONS DES PARAMETRES ET RESULTATS

Afin de conserver le maximum d'informations, un graphique de l'évolution des concentrations est présenté pour chaque paramètre considéré. Lors de la lecture, il est très important de considérer attentivement l'échelle des concentrations. Un tableau regroupant l'ensemble des résultats obtenus est présenté en annexe.

La température influence directement la réaction de dissolution de l'oxygène dans l'eau : plus l'eau est froide, plus la dissolution est importante. La température influence également les processus respiratoires, le développement et la reproduction des organismes aquatiques.

La teneur en oxygène commande fortement la vie aquatique et dépend principalement de la température de l'eau et de son régime d'écoulement (fluvial ou torrentiel). On considère que celle-ci est, d'un point de vue des fonctions biologiques, perturbée dès que le taux de saturation est inférieur à 75%. De plus, le processus de dégradation des matières organiques et de l'ammoniaque par auto-épuration naturelle nécessite une teneur suffisante en oxygène dissous.

La conductivité électrique renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau, c'est-à-dire qu'elle traduit la présence d'ions dans l'eau brute.

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance

entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibres physico-chimiques et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

III.1. Pré-campagne : mesures in situ le 11 février 2011

Une pré-campagne d'analyses physico-chimiques a été réalisée sur trois stations, à savoir La Ferme, Le Pont et Le Lavoir. Ces trois points ont donc fait l'objet de mesures de routine sur le terrain le 11 février 2011, par l'étude des paramètres décrits ci-dessus. Les résultats bruts sont présentés en *Annexe I*, *tableau a*.

Les **températures** observées sont en corrélation avec la période hivernale de l'analyse (*tableau 1*). Au niveau de la source de la Nesque, l'eau provient d'une zone plus profonde dont les conditions de température sont indépendantes des conditions atmosphériques en surface. Sur les deux stations en aval (Le Pont et Le Lavoir), la température des eaux de surface est en équilibre avec les conditions climatiques hivernales régionales.

Les températures sont donc globalement faibles, ce qui permet d'obtenir des concentrations en **O₂ dissous** satisfaisantes pour le fonctionnement des milieux aquatiques en cette période (*tableau 2*). Néanmoins, le taux de saturation de 70% sur la station Ferme n'est pas significatif, puisque les eaux ne sont pas encore entrées en contact actif avec l'atmosphère.

La **conductivité électrique** sur les stations du cours d'eau principal sont comprises entre $400\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ et $600\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$, ce qui est caractéristique des eaux ayant circulé sur des calcaires. D'après l'étude du contexte géologique, le cours d'eau peut rencontrer des niveaux gypseux, ce qui explique les valeurs relativement plus élevées sur les stations Pont et Lavoir. En effet, les sulfates ont la propriété de faire augmenter très rapidement la conductivité (*Cf Annexe I, tableau d*).

Conformément au contexte géologique, des **pH** alcalins se retrouvent sur l'ensemble des stations.

Pré-campagne 11/02/2011	Pont	Lavoir
Température (°C)	5	6
O ₂ dissous (mg.l ⁻¹)	10,77	10,8
Conductivité (μS.cm ⁻¹)	593	579
pH	8,34	8,43

Tableau 1: Paramètres mesurés lors de la pré-campagne de physico-chimie, le 11 février 2011, aux stations Pont et Lavoir.

Pré-campagne 11/02/2011	Ferme	Pont	Lavoir
Température (°C)	11	5	6
Solubilité maximale (mg.l ⁻¹)	10,99	12,73	12,41
O ₂ dissous (mg.l ⁻¹)	7,65	10,77	10,8
Taux de saturation (%)	70	85	87

Tableau 2: Taux de saturation de l'O₂ dissous, mesurés aux stations Ferme, Pont et Lavoir, lors de la pré-campagne de physico-chimie le 11 février 2011.

III.2. Mesures en laboratoire sur l'eau brute le 15 avril 2011

Tous les résultats bruts de ces analyses sont présentées en *Annexe I, tableau b et c*.

- **Balance ionique**

Afin de valider nos analyses, la balance ionique doit être équilibrée en admettant une erreur acceptable de 5%. Une erreur sur la balance ionique peut provenir d'une erreur analytique ou d'une minéralisation particulière. La balance ionique s'appuie sur le principe que la somme des anions majeurs et la somme des cations majeurs sont équivalente :



L'erreur est donnée par la formule suivante : $(\sum \text{anions} - \sum \text{cations}) / (\sum \text{cations} + \sum \text{anions}) * 100$

Sur l'ensemble des stations, les analyses présentent une erreur acceptable, donc elles peuvent être validées (*tableau 3*). Concrètement, cela signifie que les ions analysés caractérisent intégralement l'eau échantillonnée.

en méq/L	$\sum$ anions	$\sum$ cations	Erreur en %
Château	6,93	6,69	1,77
Ferme	5,33	4,95	3,71
Pont	6,15	5,89	2,16
La Loge	6,04	5,75	2,44
Lavoir	5,75	5,46	2,6

Tableau 3: Erreurs sur la balance ionique des analyses de physico-chimie.

- **Matières organiques et oxydables**

Le paramètre carbone total regroupe le carbone organique total et le carbone inorganique.

→ **Le carbone inorganique (CI)** est l'ensemble des formes inorganiques du carbone (H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{2-} , CO_2) présentes en solution dans les eaux.

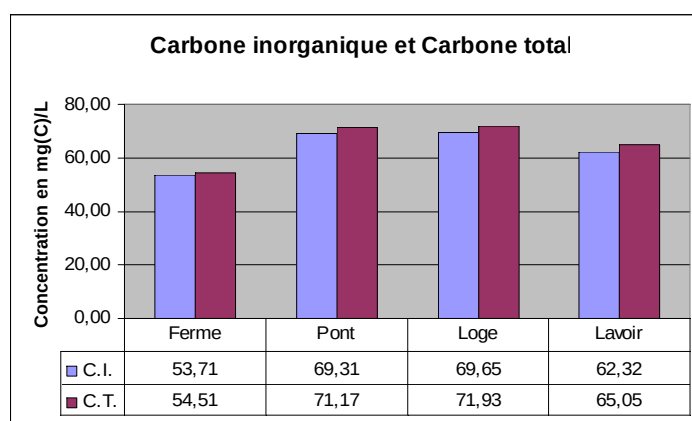


Figure 11: Histogramme de l'évolution du carbone inorganique et du carbone total entre Aurel et Monieux.

Les résultats de la figure 13 montrent que, le jour de nos prélèvements sur la Nesque, la majorité du carbone se trouvait sous forme inorganique (CO_3^{2-} , HCO_3^-). Ceci s'explique par la présence des formations géologiques carbonatées que traversent les eaux.

La hausse des concentrations à partir de la station Pont est à mettre en lien avec la circulation sur les niveaux gypseux qui permet la solubilisation des carbonates.

→ **Le carbone organique total**, ou COT, est l'ensemble du carbone organique présent dans une eau. Si l'analyse porte sur une eau brute, c'est à dire non filtrée, ce paramètre regroupe le carbone organique dissout (COD) et le carbone organique particulaire (COP) (figure 14). Dans le cadre de notre protocole d'analyse, et comme le stipule les normes internationales, nous avons mis en place un protocole de filtration de l'eau. Le carbone organique dissout est celui lié aux molécules organiques dont la taille est inférieure au seuil de coupure à $0,45 \mu\text{m}$ du filtre utilisé par l'opérateur pour séparer le filtrat de la phase particulaire. Nous assimilerons donc les valeurs du COT à celles du COD.

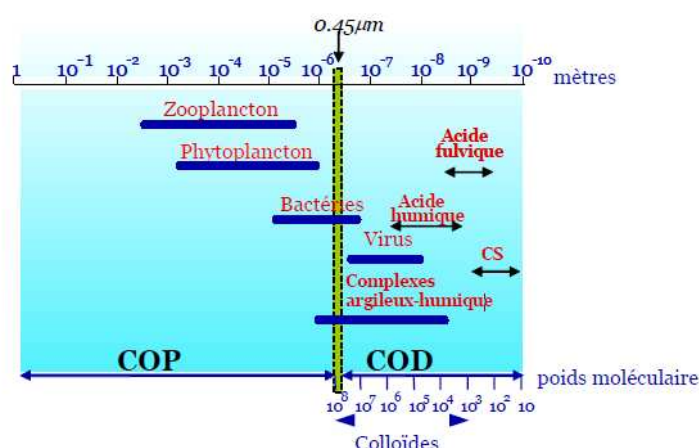


Figure 12: Diagramme montrant la granulométrie des principaux constituants de la matière organique contenue dans les eaux naturelles. Le terme CS se rapporte aux composés simples comme les carbohydrates, les glucides et les lipides.

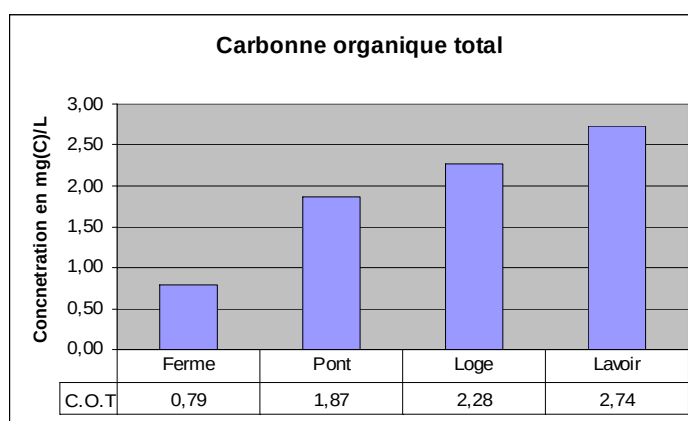


Figure 13: Histogramme de l'évolution du COT entre Aurel et Monieux.

Les valeurs de COT augmentent constamment et de manière progressive de l'amont vers l'aval (figure 16). Au niveau de la station Pont, il y a une augmentation de $1,08 \text{ mg.l}^{-1}$.

La zone d'étude est située en tête de bassin et en domaine karstique, au sein desquels les eaux s'infiltrant très rapidement. Les eaux ne vont donc pas se charger de matières organiques lorsqu'elles traversent les sols. Il est donc normal de retrouver des teneurs faibles en carbone organique à la source.

Le carbone organique total est également un paramètre qui caractérise les eaux usées domestiques. L'augmentation vers l'aval peut donc témoigner de rejets domestiques peu ou pas traités.

La station Loge se trouve directement en aval de la confluence avec le cours d'eau de la Croc, dans lequel sont déversées les eaux de la STEP de Sault qui fonctionne sur lit bactérien et à faible charge. Malgré ce fait, il n'y a pas de constat de dégradation majeure en ce qui concerne la matière organique, le jour et l'heure de notre prélèvement.

- **Matières azotées**

→ L'**azote total (N_T)** regroupe l'ensemble des éléments azotés en solution. On distingue les ions NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺ et l'azote organique (N_{org}).

- NH₄⁺ + N_{org} = Azote NTK (NTK)
- NT = NTK + NO₃⁻ + NO₂⁻

Ce paramètre regroupe à la fois la pollution humaine (agricole et domestique) et la pollution naturelle.

Toutes les sources d'azote sont des sources potentielles de nitrates. Dans l'eau, ces substances peuvent provenir de la décomposition de matières végétales ou animales, d'engrais ou de pesticides azotés utilisés en agriculture, du fumier, d'eaux usées domestiques et industrielles, des précipitations ou de formations géologiques renfermant des composés azotés solubles. Normalement, la concentration de nitrates dans les eaux souterraines et les eaux de surface est faible voire nulle, mais elle peut atteindre des niveaux élevés à cause du lessivage des terres cultivées ou de la contamination par des déchets d'origine humaine ou animale.

L'azote total Kjeldahl (ou NTK) représente les formes réduites de l'azote, soit l'azote organique et l'azote ammoniacal. Ainsi il est souvent caractéristique des eaux usées et reflète donc la décomposition des déchets organiques et des rejets anthropiques.

L'azote organique N_{org} est l'azote qui est lié au carbone pour former des molécules complexes. Dans les êtres vivants, l'azote organique se trouve principalement sous forme de protéines, d'acides nucléiques (ADN, ARN), dans certains polysaccharides comme la chitine (carapace des arthropodes) ou encore le peptidoglycane (paroi des bactéries).

L'ion ammonium correspond à la forme réduite de l'azote. Ce composé azoté est caractéristique des eaux résiduelles où il est associé à l'azote organique. Dans des conditions d'oxygénation normale, cet élément est oxydé en nitrites puis en nitrates.

En règle générale, environ 90% de l'azote Kjeldahl est constitué d'azote organique.

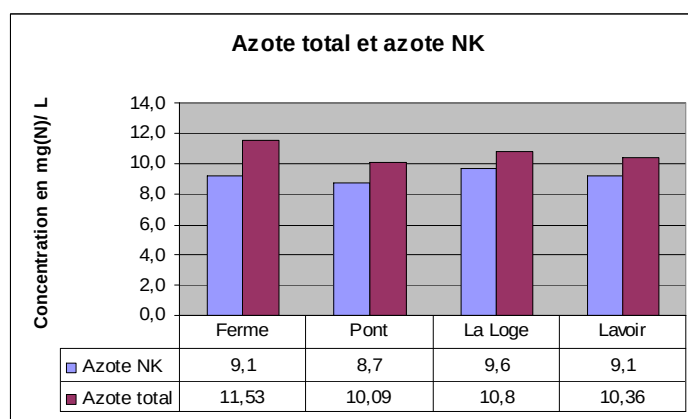


Figure 14: Histogramme de l'évolution des composés azotés entre Aurel et Monieux.

Des concentrations en azote NTK élevées sont observées dès la source et aucune évolution significative n'est observée en allant vers l'aval (figure 16).

La stabilité des concentrations le long du linéaire peut être expliquée par le fait que la température de l'eau lors de la période d'analyse est basse, ce qui ralentit fortement les transformations chimiques, malgré un taux d'oxygène dissous élevé. Ceci ne permet donc pas à l'azote organique d'être transformé en azote ammoniacal puis d'être oxydé en nitrates.

- **Les cations**

→ Les résultats montrent que les concentrations en **calcium** (figure 17) et en **magnésium** (figure 18) sont relativement plus élevées sur la station Château. Une diminution de ces deux paramètres est observée sur la station Ferme. Le calcium présente ensuite des valeurs constantes vers l'aval. Les mêmes observations sont effectuées pour le magnésium, hormis sur la station Lavoir où une baisse des teneurs est observée. La station Lavoir est située en aval de la confluence avec le ruisseau du Buan.

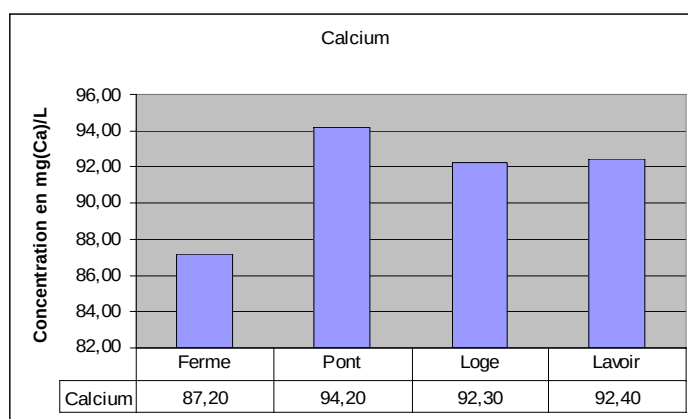


Figure 17: Histogramme de l'évolution du calcium entre Aurel et Monieux.

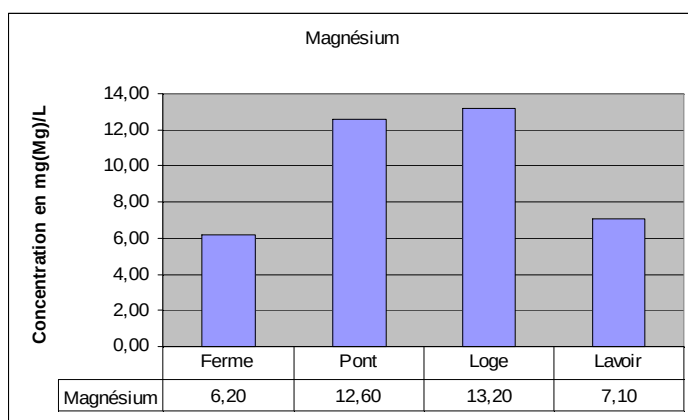


Figure 18: Histogramme de l'évolution du magnésium entre Aurel et Monieux.

→ Le profil d'évolution du **sodium** (figure 19) est à mettre en relation avec les teneurs en chlorures (figure 25). Hormis sur la station Loge sur laquelle une erreur analytique est fortement suspectée, les concentrations en sodium augmentent en allant vers l'aval, conjointement aux ions chlorures.

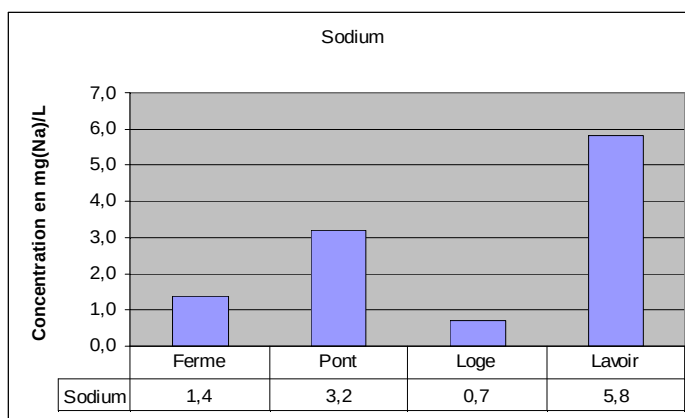


Figure 15: Histogramme de l'évolution du sodium entre Aurel et Monieux.

→ Les résultats concernant le **potassium** (figure 20) montrent que les concentrations les plus élevées sont sur les stations Ferme et Loge. La diminution des teneurs observées sur les stations Pont et Lavoir peut être liée à des phénomènes de dilution ou alors à l'utilisation par la végétation riveraine.

Cette liste d'hypothèses n'est pas exhaustive mais, dans notre cadre de travail, ce sont celles qui paraissent les plus probables.

Le potassium est un élément qui compose des roches comme par exemple la sylvine (KCl). Par ailleurs, le potassium entre dans la composition des engrais, notamment organiques.

Actuellement, nous ne disposons pas d'élément solide qui nous permettent de valider l'une ou l'autre hypothèse.

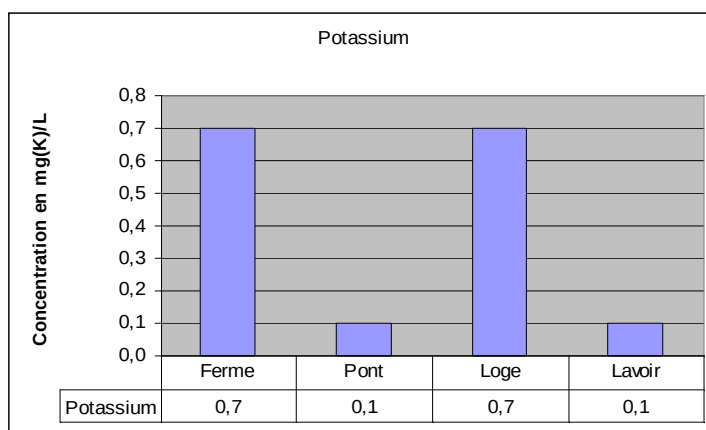


Figure 20: Courbe de l'évolution du potassium entre Aurel et Monieux.

- **Les anions**

Tout d'abord, précisons que les phosphates PO_4^{2-} et les nitrites NO_2^- sont en dessous des limites de détection sur les 5 stations.

→ Les **nitrites** (figure 21) sont détectés à une concentrations de 10mg.l^{-1} près de la source située quelque peu en amont de la station Ferme.

La diminution des teneurs vers l'aval peut témoigner du bon fonctionnement de l'auto-épuration naturelle. Cette diminution pourrait également être reliée à des phénomènes de dilution, dus à l'apport d'eau non contaminée en provenance des affluents de surface ou souterrains.

Lors de cette étude, les mesures de débit n'ont pas été effectuées, mais les observations de terrain mettent en évidence une augmentation très probable des débits qui sont susceptibles de provoquer une dilution et donc la baisse des concentrations.

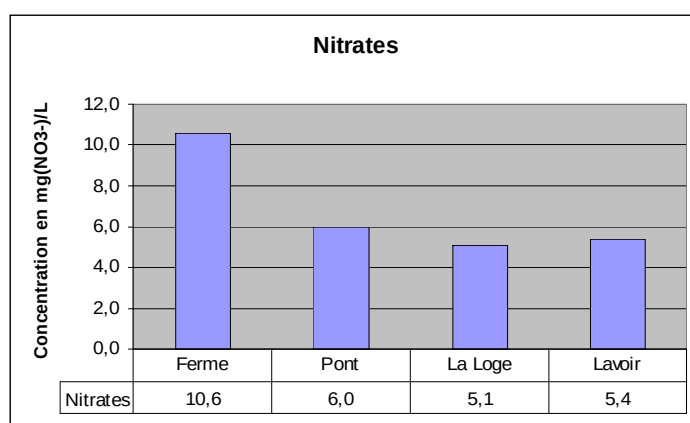


Figure 16: Histogramme de l'évolution des nitrates entre Aurel et Monieux.

→ La station Ferme présente des concentrations en ions **sulfates** (figure 22) de $16,7\text{mg.l}^{-1}$. Aucune source anthropique n'est relevée sur la zone d'alimentation de ce point. On observe une forte augmentation des concentrations à partir de la station Pont. Ceci s'explique parfaitement par les formations géologiques du fossé d'effondrement d'Aurel où les eaux de la Nesque rencontrent des niveaux gypseux.

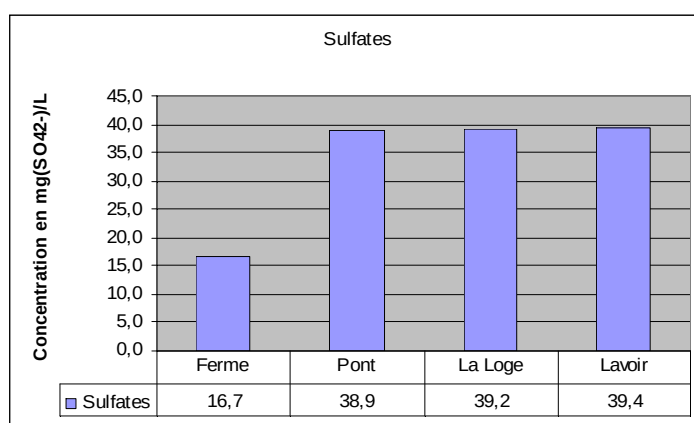


Figure 22: Histogramme de l'évolution des sulfates entre Aurel et Monieux.

→ Les très faibles valeurs en ions **fluorures** (figure 23) montrent une origine naturelle et, dans le cadre de cette étude, ce paramètre ne constitue pas un indicateur représentatif de la qualité de l'eau. Il est cependant utile afin de valider nos analyses.

Notons toutefois que des concentrations excessives en fluor peuvent constituer un facteur de risque à l'origine de l'émail marbré, voire de la fluorose en cas d'ingestion. En France, la limite de qualité est de 0,7 mg.l⁻¹.

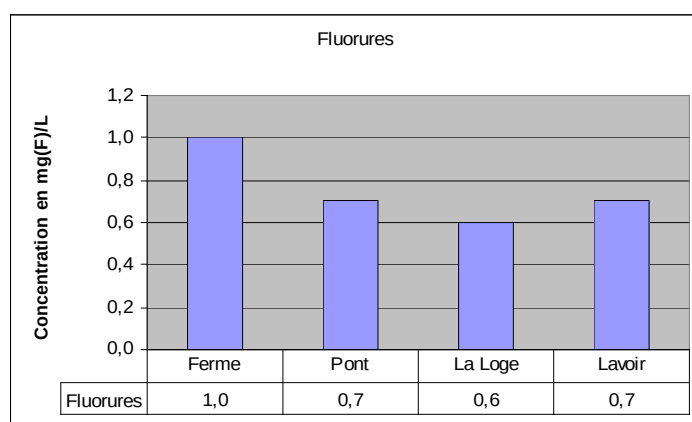


Figure 17: Histogramme de l'évolution des F entre Aurel et Monieux.

Les résultats nous permettent d'observer que la limite est dépassée sur la station Ferme et que, sur les trois stations aval les valeurs sont très proches de la limite. La surveillance de ce paramètre est donc nécessaire, malgré le fait que l'eau de surface ne soit pas utilisée pour faire de l'eau potable.

→ D'après les résultats concernant les ions **chlorures** (figure 24), on peut voir que le profil des concentrations ne cessent d'augmenter vers l'aval. Sur les stations Pont, Loge et Lavoir, un apport non naturel en chlorures dans le cours d'eau est clairement identifiée. Les chlorures sont un indicateur de

dysfonctionnement de fosses septiques. Ceci est confirmé par les analyses microbiologiques abordées au

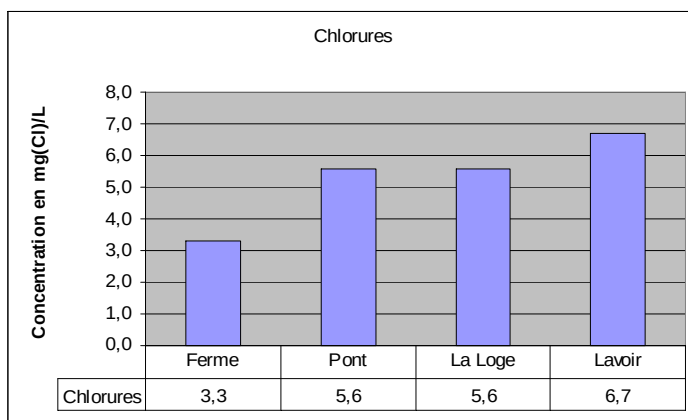


Figure 18 Histogramme de l'évolution des Cl⁻ entre Aurel et Monieux.

chapitre suivant, ce qui permet de définir l'origine anthropique de cet élément.

III.3. Mesures en laboratoire réalisées sur les sédiments le 15 avril 2011

Trois échantillons de sédiments ont été prélevés sur les stations Pont, Loge et Lavoir. D'après les résultats, une pollution organique est clairement identifiée au niveau de la station Pont. En effet, les deux paramètres étudiés, à savoir le carbone organique et inorganique (figure 25), apparaissent comme très proches sur les deux stations aval (Loge et Lavoir) alors que sur la station Pont, un pic de carbone organique dépassant les 100g.kg⁻¹ apparaît.

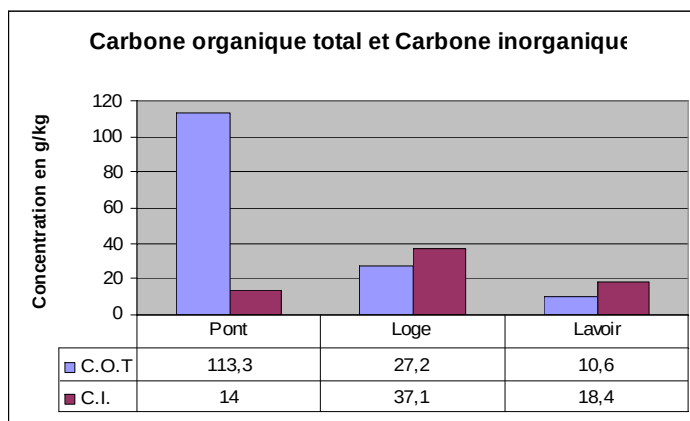


Figure 19: Histogramme de l'évolution du COT et du CI dans les sédiments.

IV. INTERPRETATION

Il faut distinguer les apports dits «naturelles» des apports «anthropiques». Cela signifie que la notion de pollution est à déterminer ici par ses conséquences et non par ses causes.

Dans le cadre de cette étude, ce travail a été effectué notamment vis à vis des concentrations en sulfates. Nous avons prouvé leur origine naturelle (dissolution du gypse) et malgré des concentrations relativement élevées, on ne peut pas considérer ici que nous faisons face à une pollution.

Afin de disposer d'éléments de comparaison, les résultats obtenus ont été comparés avec une station de référence, considérée comme pas ou très peu impactée par les activités humaines. Celle-ci se situe sur le Toulourenc à Saint Léger du Ventoux (84), et fait partie des stations du réseau de contrôle et de surveillance de l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse. Les analyses ont été effectuées le 30 mars 2011, dans une période très proche de la notre, ce qui renforce son intérêt.

Sur la Nesque amont entre Aurel et Monieux, et d'après la physico-chimie, quatre types de pollution sont descriptibles :

- sédiments présentant une pollution organique sur la station Pont ;
- pollution d'origine anthropique aux nitrates à la source (station Ferme) ;
- pollution anthropique (rejets domestiques, épandage d'engrais organiques) d'après les valeurs d'azote Kjeldahl élevées sur le linéaire étudié ;
- l'augmentation des teneurs en chlorures témoignent de rejets domestiques peu ou pas traités ;
- valeurs excessives en carbone organique total.

Le pic de carbone organique dans les sédiments au niveau de la station Pont peut être dû à la présence de sédiments allochtones pollués et utilisés comme matériaux de remblai lors de la construction du seuil. Une autre hypothèse serait que l'accumulation de matières organiques est la conséquence du ralentissement du courant, dû à la présence du seuil directement en aval.

Afin de valider l'une ou l'autre des hypothèses, une analyse plus approfondie doit être réalisée, afin d'identifier précisément le type de molécule(s) mise(s) en cause. Une autre méthode consisterait à effectuer conjointement des mesures de débits et de concentrations afin de voir si les flux qui transitent, et donc les quantités qui transitent, peuvent expliquer ces valeurs élevées.

Concernant les teneurs en azote Kjeldahl, deux hypothèses peuvent être formulées. D'une part, il peut s'agir d'une pollution dite naturelle qui serait la conséquence d'une forte activité microbienne fixant l'azote gazeux. D'autre part, cela pourrait être la conséquence de la dégradation de l'urée issu des rejets domestiques, de l'épandage d'engrais organiques ou de l'utilisation de pesticides azotés. D'après les

résultats obtenus, les valeurs en azote total Kjeldahl ne peuvent pas témoigner d'une pollution naturelle. Cela est confirmé par les valeurs observées sur la station de référence du Toulourenc qui sont presque dix fois moins élevées (figure 26).

En revanche, les teneurs en nitrates sur la station Ferme sont caractéristiques d'une pollution diffuse d'origine humaine, qui est très probablement la conséquence des activités agricoles dans la région. Cette pollution est également confirmée par la station de référence ($1 \text{ mg (NO}_3^{2-}\text{).l}^{-1}$).

L'augmentation de la concentration en chlorures est corrélée avec l'apparition des zones anthropisées et permet donc de suspecter fortement la conséquence des rejets domestiques. La station de référence paraît légèrement impactée par les chlorures ($3,2 \text{ mg (Cl}^-\text{).l}^{-1}$) mais, sur la Nesque, les valeurs deviennent excessives dès la station Pont, située trois kilomètres en aval de la source.

De même que pour les chlorures, la station de référence présente des valeurs de C.O.T qui ne sont pas nulles ($1,3 \text{ mg C.l}^{-1}$), mais qui sont inférieures aux valeurs observées sur la Nesque. Le profil de l'évolution des concentrations montrent clairement l'augmentation progressive en allant vers l'aval et pourrait indiquer, là encore, le dysfonctionnement des fosses septiques à proximité du cours d'eau.

Le Toulourenc à Saint Leger du Ventoux	
30/03/2011 (Validation provisoire)	
Nitrates (mg(NO ₃)/L)	1
Nitrites (mg(NO ₂)/L)	0
Phosphates (mg(PO ₄)/L)	0
Sulfates (mg(SO ₄)/L)	4
Calcium (mg(Ca)/L)	82
Azote Kjeldahl (mg(N)/L)	<1
Carbone organique (mg(C)/L)	1,3
Chlorures (mg(Cl)/L)	3.2

Figure 26: Données physico-chimiques sur la station de référence Le Toulourenc, à Saint Léger du Ventoux (Donnée Agence de l'eau RMC).

ANALYSES COMPLEMENTAIRES : BACTERIOLOGIE

L'étude de la microbiologie lors de la caractérisation d'un cours d'eau fait partie des analyses couramment pratiquées. En effet, le but d'une étude bactériologique est d'identifier la présence d'une pollution consécutive aux activités humaines (agricoles, domestiques et urbaines, etc). Dans cette étude, seul le suivi d'une éventuelle contamination d'origine fécale a été réalisé, pouvant être à l'origine de maladies intestinales, mais ayant également un lien de cause à effet avec les infections respiratoires fébriles aiguës. Dans ce lieu où le système de collecte des eaux usées est individuel et peut donc être soumis à des rejets d'eau mal traitée dans le milieu naturel ayant par conséquent un impact sur l'écosystème tout entier, nous avons jugé intéressant voire indispensable de réaliser une étude bactériologique.

I. MATERIELS ET METHODE

I.1. Indicateurs de contamination fécale

Il existe plusieurs indicateurs de contamination fécale. En tout premier lieu, se sont les Coliformes totaux et thermotolérants qui sont recherchés. Beaucoup de Coliformes (tableau 4) sont des hôtes naturels des eaux et de l'environnement, mais les Coliformes thermotolérants sont plus étroitement liés à une contamination fécale. Le microorganisme le plus recherché est *Escherichia coli*, le seul Coliforme étant un hôte indiscutable de la microflore commensale intestinale, étant spécifiques des fèces d'hommes et d'animaux homéothermes. La recherche de Coliformes thermotolérants correspond donc à la recherche de *E.coli*.

Les deuxièmes indicateurs de contamination fécale sont les Entérocoques, étant également des microorganismes d'origine intestinale. Par ailleurs, les Entérocoques présentent une résistance au sel, constituant ainsi un indicateur adapté pour les suivis d'eaux marines.

	Gram	Métabolisme	Morphologie
Coliformes	-	anaérobie	bacilles
Entérocoques	+	anaérobie	coques, souvent en chainettes

Tableau 4: Données sur les Coliformes et les Entérocoques.

I.2. Protocole de prélèvements

L'étude bactériologique a été réalisée sur les trois stations les plus en aval de notre site d'étude, aux

lieux dits Le Pont, La Loge et Le Lavoir. La campagne de prélèvements d'eau a été réalisée *in situ* le matin du 30 mars 2011. Les filtrations et ensemencements en boîte de Pétri ont été réalisés l'après-midi du 30 mars 2011, en salle de travaux pratiques de microbiologie de l'université Paul Cézanne de Marseille, sous la tutelle du Docteur Mme Anne-Marie FARNET.

I.3. Filtration, ensemencement et dénombrement

Les méthodes utilisées lors de ce suivi respectent les normes suivantes :

- NF EN ISO 9308-1 pour les Coliformes totaux ;
- NF EN ISO 9308-3 pour *Escherichia coli* ;
- NF EN ISO 7899-1 pour les Entérocoques.

Ne sachant pas à quelle concentration se trouvaient les microorganismes dans les trois échantillons d'eau, plusieurs volumes d'eau ont été filtrés, à savoir 1 et 10 ml pour les Coliformes totaux, 10 ml pour les Coliformes thermotolérants et 50 ml pour les Entérocoques, afin de faciliter le dénombrement par la suite. Après incubation, les Unités Formant Colonies (UFC) ont été dénombrées macroscopiquement dans chaque boîte de Pétri.

II. RESULTATS

Les résultats suivants ont été obtenus (tableau 5). Ils sont présentés en UFC pour 100 ml d'eau, afin de pouvoir les comparer avec les normes concernant les eaux destinées à la consommation humaine, ou normes EDCH (arrêté du 11 janvier 2007) et les eaux de baignade (décret n° 2008-990 du 18 septembre 2008).

	PONT	LA LOGE	LAVOIR	Normes EDCH	Normes eaux de baignade	
					Nombre guide	Nombre impératif
Coliformes totaux	400	300	1100	-	500	10000
Escherichia coli	13	15	AR	0	100	2000
Entérocoques	23	2	5	0	100	-

AR : absence de résultats (boîtes vides).

Tableau 5: Nombre d'Unités Formant Colonies par ml, et limites des normes EDCH et eaux de baignade.

Le décret n° 2008-990 du 18 septembre 2008 sur les eaux de baignade prévoit un nombre guide et un nombre impératif pour chaque microorganisme étudié (tableau 5), permettant de juger de la qualité de l'eau

de la façon suivante :

- eau de bonne qualité : respect des nombres guides pour tous les germes recherchés ;
- eau de qualité acceptable : respect des nombres impératifs pour les germes recherchés et dépassement des nombres guides pour au moins l'un d'entre eux ;
- eau de mauvaise qualité : dépassement des nombres impératifs.

Concernant la qualité de l'eau de la Nesque amont en tant qu'eau de baignade, tous les nombres guides sont respectés, excepté au lieu dit Le Lavoir pour les Coliformes totaux. Cependant le nombre impératif n'est pas dépassé. Nonobstant, la norme pour les eaux destinées à la consommation humaine n'est pas respectée à aucun des sites échantillonnés. Cela n'a que peu d'importance, étant donné que les captages d'eau destinée à la consommation humaine sont réalisés en amont de tous nos points d'études.

L'eau de la Nesque sur sa partie amont est donc de qualité acceptable au regard de la bactériologie. Ces conclusions sont néanmoins à nuancer, étant donné que certaines cultures sur boîte de Pétri n'ont pas donné de résultats et qu'une seule campagne a été réalisée. Toutefois, ces analyses mettent en évidence des rejets d'eaux usées, a priori non ou mal traitées, dans la Nesque amont, particulièrement à hauteur du lieu-dit Le Lavoir. La présence de *Escherichia coli* dans les eaux traduit une contamination récente alors que la présence des Entérocoques est plutôt associée à une contamination ancienne des eaux. La réalisation d'un suivi de longue durée serait judicieux, en prenant tout particulièrement soin d'étudier les variations de contamination fécale sur la journée, afin de compléter ce travail de caractérisation de la qualité de la Nesque amont.

ETUDE DES INVERTEBRES D'EAU DOUCE

Cette méthode suit la norme IBGN DCE , référencée dans la circulaire DCE 2007/22 du 11 avril 2007.

I. MATERIELS ET METHODE

I.1. Matériels

- **Sur le terrain :**

Après identification et délimitation des tronçons étudiés pour chaque station, les prélèvements de macro-invertébrés (*figure 27*) ont été effectués de l'aval vers l'amont à l'aide d'un échantillonneur de type Surber, ayant une base de 1/20 m² et un filet de maille 500 µm.



Figure 27: Prélèvement des invertébrés d'eau douce au lieu-dit La Loge.

- **Au laboratoire :**

Chaque échantillon a été analysé séparément. Les invertébrés ont été identifiés grâce à la clé de détermination TACHET et al, 2002. Les différents calculs ont enfin été réalisés sur tableur.

I.2. Méthode

Trois campagnes ont été réalisées : la première, le 11 mars 2011, comprend l'échantillonnage des trois stations les plus en aval du site d'étude, à savoir les lieux-dits Le Pont, La Loge et Le Lavoir, avec à

chaque fois douze prélèvements effectués selon la norme. La deuxième campagne s'est déroulée le 15 avril 2011 et comprend uniquement l'échantillonnage des lieux-dits La Loge et Le Lavoir, avec seulement des prélèvements dans les quatre supports marginaux, étant les plus biogènes, afin d'effectuer une comparaison succincte avec la première campagne, nous permettant ainsi de vérifier les résultats obtenus lors de cette dernière. Cela permet de plus de voir une éventuelle différence significative dans la composition des prélèvements, pour mettre en évidence un éventuel « effet saison » sur la composition taxonomique. Il en est de même pour la troisième campagne, réalisée le 30 septembre 2011 en période d'étiage, afin de mesurer les impacts lorsque le cours d'eau est le plus vulnérable. Les cartographies de chaque site échantillonné, présentant les substrats et les classes de vitesse des habitats, sont présentées en *Annexe II, figure e, f et g*.

→ **Calcul de la note IBGN :**

Les résultats bruts des macro-invertébrés recensés dans les prélèvements IBGN sont indiqués en *Annexe III, tableaux h à o*.

Le calcul de l'indice se fait en trois étapes :

1) la détermination de la classe de variété taxonomique qui, sur la base des cent cinquante-deux taxons potentiellement présents, est égale au nombre de taxons récoltés même s'ils ne sont représentés que par un seul individu, quatorze classes de variétés sont définies. Le répertoire des organismes retenus pour le calcul de l'IBGN contient 152 taxons.

2) le groupe faunistique indicateur ou GFI (*tableau 6*), en ne prenant en compte que les taxons indicateurs représentés dans les échantillons par au moins trois individus ou dix selon les taxons. L'unité taxonomique retenue est la famille à l'exception de quelques groupes faunistiques pour lesquels c'est l'embranchement ou la classe (38 d'entre eux constituent les 9 groupes faunistiques indicateurs, numérotés de 1 à 9 dans le tableau de détermination, par ordre de polluosensibilité croissante).

Deux valeurs peuvent être utilisées afin d'évaluer la robustesse de l'IBGN, en fonction des macro-invertébrés indicateurs présents :

- GFI maxi - retenu si l'effectif de macro-invertébrés indicateurs avait été suffisant ;
- GFI mini - en dessous de celui retenu, avec un nombre suffisant de macro-invertébrés pour être pris en compte.

Taxons	Chloroperlidae Perlidae Perlodidae Taeniopterygidae	Capniidae Brachycentridae Odontoceridae Philopotamidae	Leuctridae Glossosomatidae Beraeidae Goeridae Leptophlebiidae	Nemouridae Lepidostomatidae Sericostomatidae Ephemeridae	Hydroptilidae Heptageniidae Polymitarcidae Potamanthidae
G.F.I.	9	8	7	6	5
Taxons	Leptoceridae Polycentropodidae Psychomyiidae Rhyacophilidae	Limnephilidae Hydropsychidae Ephemerellidae Aphelocheiridae	Baetidae Caenidae Elmidae Gammaridae Mollusques	Chironomidae Asellidae Achètes Oligochètes	
G.F.I.	4	3	2	1	

Tableau 6: Tableau des Groupes Faunistiques Indicateurs, par ordre croissant de polluo-résistance.

3) le calcul de l'indice en lui-même est obtenu par la formule suivante :

Classe de variété	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Richesse taxonomique	50	45	41	37	33	29	25	21	17	13	10	7	4	1
Groupe faunistique indicateur	49	44	40	36	32	28	24	20	16	12	9	6	3	
9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Note IBGN : 17/20

Interprétation écologique

Très bon	Bon	Moyen	Mauvais	Très mauvais
20-17	16-13	12-9	8-5	4-1

Tableau 7: Calcul de la note IBGN.

La note IBGN peut être obtenue soit en croisant la classe de variété avec le numéro du groupe faunistique indicateur (tableau 7), soit, selon la formule :

$$IBGN = N^{\circ} \text{ du GFI} + N^{\circ} \text{ de la classe de variété} - 1$$

avec $IBGN \leq 20$

L'IBGN est une méthode intéressante car c'est un outil permettant une représentation synthétique et rapide de l'écosystème étudié. Il prend en compte l'ensemble des invertébrés de la communauté et pas uniquement les groupes les plus sensibles. Il tient compte de la sensibilité des organismes et présente une certaine commodité de récolte, de manipulation et d'exploitation par rapport aux informations apportées. Par ailleurs, il présente de larges possibilités d'applications dans le cadre du suivi de la qualité écologique d'un cours d'eau.

En effet, il peut être utilisé avec l'objectif de situer la qualité biologique d'un site considéré isolément, de suivre son évolution temporelle, ou encore de caractériser un gradient spatial (amont-aval perturbation).

Néanmoins, comme chaque méthode, il présente également certaines limites puisqu'il n'est pas applicable dans les zones de sources (en raison de la spécificité des faunes associées), ou dans les zones profondes (comme les grands cours d'eau, les estuaires ou les canaux). De par son caractère global, il ne permet pas de différencier l'évolution du milieu de la variabilité saisonnière due aux cycles biologiques de la faune en place, ni d'identifier la nature exacte de la perturbation.

→ **Calculs d'indices représentatifs :**

- **Fréquence des espèces dans le milieu :**

Elle est analysée par le calcul de l'indice de Shannon-Weaver (H). Celui-ci n'est pas sensible à la richesse spécifique.

$$H = - \sum ((N_i/N) \log_2 (N_i/N))$$

avec : N_i = nombre d'individus d'une espèce donnée, i allant de 1 à S (nombre total d'espèce)

N = nombre total d'individus

Cet indice est minimal ($H = 0$) si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce ou si dans un peuplement chaque espèce est représentée par un individu, excepté une espèce qui est représentée par tous les autres individus du peuplement.

Il est en revanche maximal (en général = 4,5) quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces.

- **Mesure de similarité entre les peuplements des stations :**

L'indice de Jaccard (ICJ) permet d'élaborer des similitudes entre deux peuplements. Cet indice ne tient pas compte de l'abondance de chaque espèce, mais prend seulement en compte les nombres de taxons.

$$ICJ = (100 \cdot N_c) / (N_a + N_b - N_c)$$

avec : N_a : nombre de taxon de l'échantillon A

N_b : nombre de taxon de l'échantillon B

N_c : nombre de taxon communs entre l'échantillon A et B

II . RESULTATS

Les douze prélèvements sont réalisés en trois groupes de quatre relevés (ou trois « bocaux ») qui pourront être regroupés sur le terrain en respectant certaines règles.

- un premier groupe de quatre prélèvements sur les supports marginaux, suivant l'ordre d'habitabilité (bocal 1) ;
- un deuxième groupe de quatre prélèvements sur les supports dominants, suivant l'ordre d'habitabilité (bocal 2) ;
- un troisième groupe de quatre prélèvements sur les supports dominants, en privilégiant la représentativité des habitats (bocal 3).

Les résultats seront exprimés sous la forme de trois listes faunistiques par échantillon, soit une liste pour chaque bocal. Ces listes permettront par différentes combinaisons de recalculer :

- une liste « équivalente IBGN » ($B1 + B2$) ;
- une liste « habitats dominants » ($B2 + B3$) ;
- une liste « habitats marginaux » ($B1$) ;
- une liste « faune globale » ($B1 + B2 + B3$).

Ce protocole permettra donc d'inclure dans le futur indice des métriques calculées séparément sur la faune des habitats dominants et marginaux et sur la faune globale, et de calculer une note d'indice « équivalent IBGN ».

Les résultats détaillés de la campagne 1, correspondants au trois stations de prélèvement sur la Nesque amont sont présentés dans le tableau suivant (*tableau 8*). Des prélèvements complémentaires ont été réalisés en avril (15 avril 2011) et en septembre (30 septembre 2011) sur un nombre restreint d'habitats (4). L'objectif de ces prélèvements est prendre en compte la variabilité temporelle et l'influence de la phase de sécheresse estivale sur la structure des peuplements.

Le pont	G.F.I. (Max- Min)	Nbre de taxons	Classe de Variété	Note IBGN
B1 "habitats marginaux"	9-8	19	6	16
B2	9-7	15	5	
B3	9-6	11	4	
B1 + B2 "équivalente IBGN"	9-8	25	8	
B2 + B3 "habitats dominants"	9-7	21	7	
B1 + B2 + B3 "faune globale"	9-8	28	8	
La loge	G.F.I. (Max- Min)	Nbre de taxons	Classe de Variété	Note IBGN
B1 "habitats marginaux"	6-5	18	6	15
B2	9-7	16	5	
B3	9-8	21	7	
B1 + B2 "équivalente IBGN"	9-7	24	7	
B2 + B3 "habitats dominants"	9-8	29	8	
B1 + B2 + B3 "faune globale"	9-8	32	9	
Le lavoir	G.F.I. (Max- Min)	Nombre de taxons	Classe de Variété	Note IBGN
B1 "habitats marginaux"	9-6	15	5	15
B2	9-8	16	5	
B3	9-7	14	5	
B1 + B2 "équivalente IBGN"	9-8	23	7	
B2 + B3 "habitats dominants"	9-8	20	6	
B1 + B2 + B3 "faune globale"	9-8	29	9	

Tableau 8: Résultats sur les trois stations d'étude, d'amont en aval.

Les résultats de la campagne 1 effectuée le 11 mars 2011 selon le protocole IBGN DCE font apparaître des notes équivalentes IBGN de 16, 15 et 15 respectivement sur les stations « Le Pont », « La Loge » et « Le Lavoir ». Les notes ne sont pas significativement différentes entre les prélèvements. On n'observe pas non plus de différences dans le nombre total d'invertébrés échantillonnés dans les trois stations (933 dans les 12 habitats de la station « Le Pont », 835 dans la station « La Loge » et 833 dans la station « Le Lavoir ». De la même façon, des taxons polluo-sensibles sont présents sur les trois stations (Plécoptères Perlodidae, Nemouridae).

Les taxons les plus représentés et cela de la même façon dans les trois stations sont les Diptères Chironomidae (respectivement 55, 45 et 48 % du nombre total d'individus) et les Gammarus (15, 28 et 26 %).

Indice de diversité de Shannon :

Lors de la campagne 1, les indices de diversité de Shannon sont respectivement de 1.63, 1.79 et 1.64 sur les stations « Le Pont », « La Loge » et «Le Lavoir ». Cette valeur non significativement différente entre les stations est le reflet d'un grand nombre de taxons dans les prélèvements mais d'une forte représentation de certains taxons, dans notre cas les Diptères Chironomidae et les Crustacés Gammaridae.

Comparaisons inter- campagnes

Les échantillons au cours des campagnes 2 et 3 ont été effectuées seulement sur les substrats marginaux des deux stations aval (Loge et Lavoir). L'analyse se basera donc sur la comparaison des habitats 1 à 4 des 2 stations et cela au cours des 3 campagnes. L'objectif de ce travail était de pouvoir prendre en compte la variabilité spatiale et la variabilité temporelle avec un protocole d'échantillonnage réduit.

Entre la campagne 1 (Mars) et la campagne 2 (Avril), on observe peu de différences. Les effectifs sont à peu près identiques (222 et 270 individus au cours des campagnes 1 et 2 sur la station Loge et 249 et 566 individus au cours des campagnes 1 et 2 sur la station Lavoir). On note une augmentation des effectifs entre mars et avril, augmentation cohérente avec l'augmentation de température et l'avancement dans le cycle biologique des espèces. Comme dans la campagne 1, dans la campagne 2, on n'observe pas de différence notable entre les stations, les taxons polluo-sensibles sont toujours présents, les peuplements sont toujours dominés par les Chironomidae et les Gammaridae.

Par contre, on observe de nettes modifications au cours de la campagne 3, c'est-à-dire après la phase d'étiage estivale. Les effectifs dans les deux stations sont beaucoup plus faibles (80 et 88 individus) et les taxons polluo-sensibles (plécoptères) disparaissent des prélèvements à la station Lavoir. Trois individus sont encore observés à la station Loge.

III. INTERPRETATION

Les résultats de la campagne 1 selon le protocole IBGN DCE ont permis d'attribuer des notes de 16, 15 et 15 respectivement sur les stations « Le Pont », « La Loge » et «Le Lavoir ». Ces notes reflètent un cours d'eau de bonne qualité mais sont à modérer dans le cadre du contexte géologique et climatique.

Commençons par la définition des hydroécorégions ou HER (*figure 28*) :

« Zone homogène du point de vue de la géologie, du relief et du climat. C'est l'un des principaux critères utilisés dans la typologie et la délimitation des masses d'eau de surface. La France métropolitaine peut être

décomposée en vingt-deux hydro-écorégions principales. »

Leurs caractéristiques seront notre référence afin d'évaluer la pertinence de nos résultats.

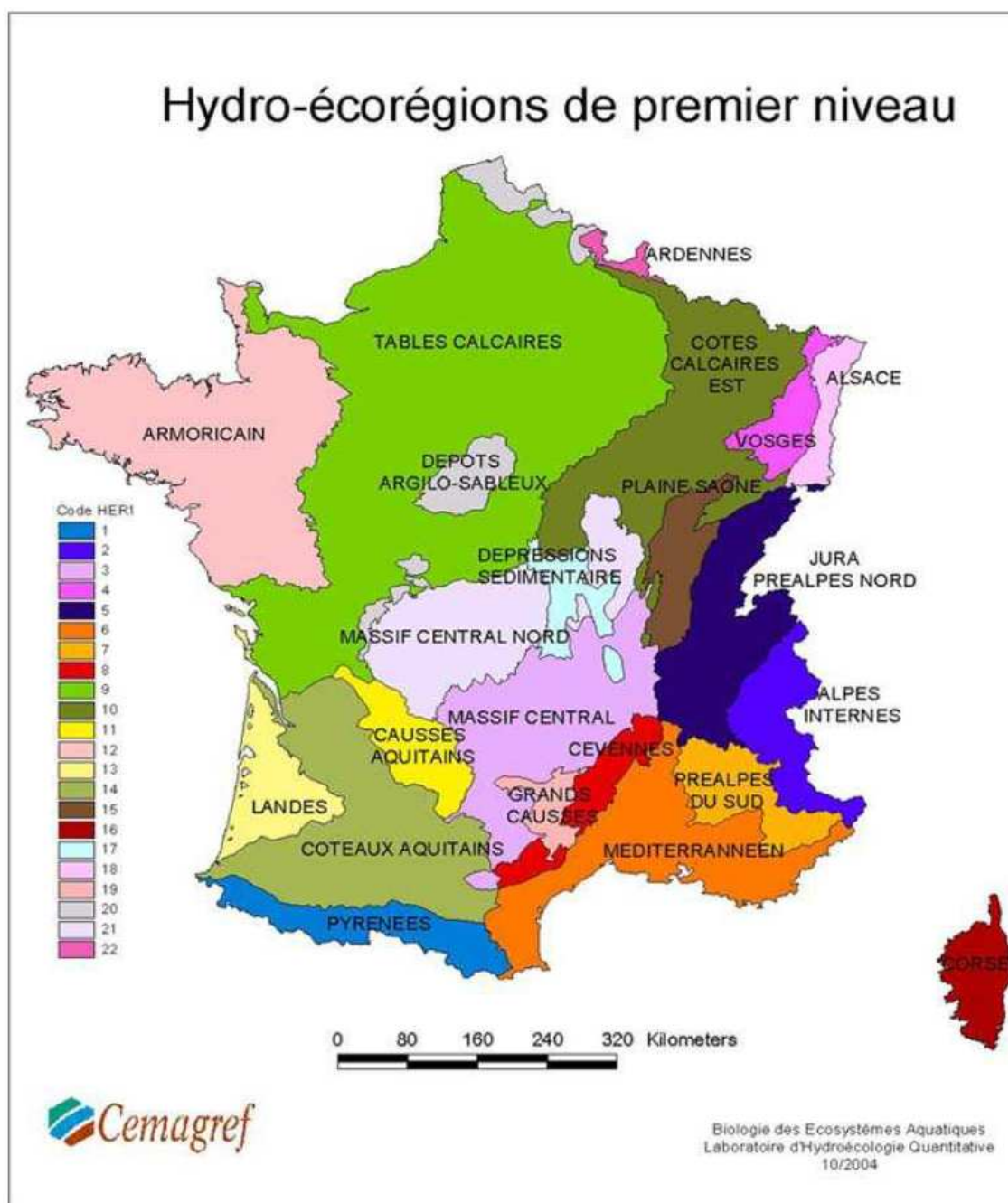


Figure 28 : Carte des vingt-deux hydroécorégions Source : Cemagref

On entend par « endogènes » des cours d'eau dont la totalité du bassin versant se situe dans une même HER. Nous les opposerons aux tronçons de cours d'eaux « exogènes », dont une part significative du bassin amont se situe dans une ou plusieurs HERs différentes.

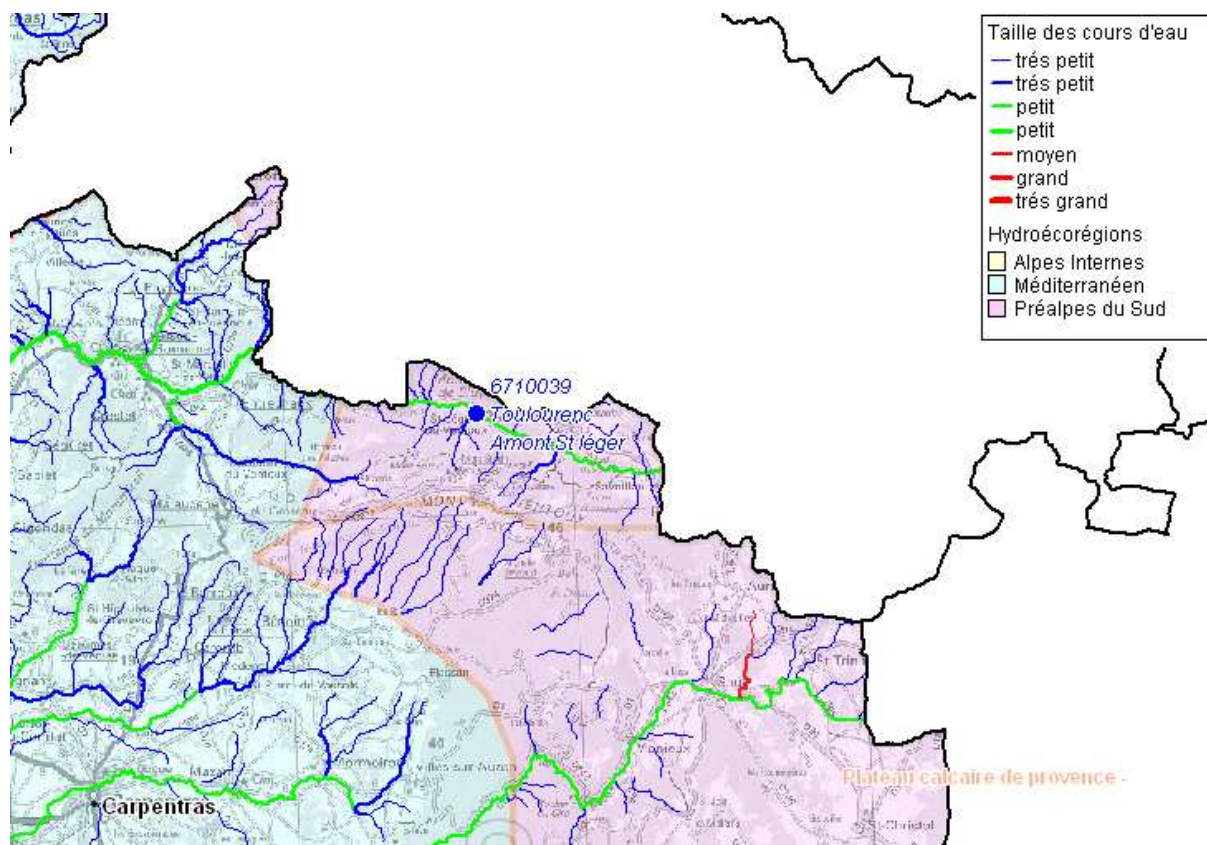


Figure 29 : La Nesque, en rouge, située dans l'HER 7 Préalpes du Sud

Comme le montre la carte (figure 31) des HER du Vaucluse, la Nesque est donc endogène aux Préalpes du sud, l'HER 7.

Voici maintenant les limites de bon état selon les HER de la région PACA. Celles de l'HER 7 nous intéresseront particulièrement.

En considérant la note « équivalente IBGN » des 3 stations, ainsi que l'appartenance du cours d'eau à l'HER 7 comme état de référence, on peut conclure au « Très bon état biologique » selon le SEQ eau (tableau 10). Néanmoins ces résultats sont à nuancer quand à la fragilité de cette note.

En effet, elle est à la limite du très bon état, et comme l'indique son GFI min, en cas de disparition du taxon indicateur, on tomberait alors dans la catégorie en dessous (bon état) pour 2 des 3 stations (la Loge et le Lavoir).

Enfin, on peut comparer les résultats de notre IBGN (Mars 2011) à ceux d'une étude précédente concernant le même tronçon : la Nesque amont. Cette étude date de Juillet 2003 (tableau 14), elle concerne deux stations : la première entre Aurel et Monieux, au niveau de Sault en amont de la confluence avec la

Croc ; la seconde à l'amont du plan d'eau de Monieux au niveau de la confluence avec le ruisseau du Buan.

Juillet 2003	G.F.I.	Nombre de taxons	Classe de Variété	Taxon indicateur	Note IBGN
Station 1	9	30	9	<i>Perlodidae</i>	17
Station 2	9	30	9	<i>Chloroperlidae</i>	17

Tableau 9: Etude IBGN de Juillet 2003 réalisée sur la Nesque amont.

Une baisse de la qualité des eaux de la Nesque amont est clairement constatée entre 2003 et 2011.

Conclusion

Les résultats des différentes campagnes de prélèvements invertébrés montrent :

- Un cours d'eau présentant des notes relativement bonnes en mars/avril avec un milieu de suffisamment bonne qualité pour permettre la présence de taxons polluo-sensibles mais avec un peuplement déséquilibré, dominé par des Diptères Chironomidae c'est-à-dire par des organismes qui affectionnent les milieux riches en matière organique
- Un cours d'eau dégradé en fin de saison estivale avec la quasi disparition des taxons polluo-sensibles et la diminution des effectifs.

Ces résultats montrent un cours d'eau avec un potentiel biotique fort mais extrêmement fragile. La dégradation temporelle de la qualité biologique du cours d'eau peut s'expliquer à la fois par l'augmentation de l'activité humaine dans son bassin versant, mais également, et peut-être en premier lieu, par l'augmentation des prélèvements à la source depuis 2010.

Ainsi la Nesque reste encore classée comme ayant un très bon état biologique selon le SEQ-eau au cours de la campagne de mars, cependant sa qualité se dégrade clairement au fil du temps, comme le montrent nos résultats. Car autant d'un point de vue ponctuel que comparé avec des résultats antérieurs ou un état de référence (Toulourenc : IBGN à 20), notre étude IBGN révèle un cours d'eau perturbé dans toute sa partie amont.

La distribution des Plécoptères Perlodidae est caractéristique du fonctionnement de ce cours ; les individus de ce taxon sont potentiellement présents dans la rivière mais sont surtout présents dans les zones où la vitesse du courant est forte. De même, ce sont les premiers à disparaître en cas de perturbation. Le débit a donc une influence forte sur la distribution des invertébrés à la fois par son rôle de dilution de la pollution et par les conditions habitationnelles qu'il offre.

ETUDE PISCICOLE DE LA NESQUE AMONT

Une pêche électrique a été réalisée sur la Nesque amont le 16 juin 2011, pour recenser la population piscicole de cette partie de la rivière.

Chaque point d'un cours d'eau peut être classé en 1° ou 2° catégorie piscicole selon si le peuplement est dominé par des Salmonidés ou des Cyprinidés. L'étude s'étant faite dans la partie amont de la Nesque, soit dans la zone à truites, on peut émettre l'hypothèse d'un peuplement dominé par cette espèce.

La pêche électrique a été réalisée sur deux points de notre étude, à savoir au lieu dit « la Loge » et au lieu dit « le moulin de la Fontaine » équivalent de notre station Lavoir.

Au niveau de la première station, une seule espèce a été retrouvée, la truite Fario. Cette espèce de Salmonidés est une espèce protégée, qui vit dans les eaux vives, froides et très bien oxygénées. Les individus capturés sont principalement des juvéniles ; les conclusions de la Fédération de pêche sont que cette station est une bonne zone de recrutement et de reproduction.

A l'inverse, plus en aval, au niveau de la station Moulin de la Fontaine, plusieurs espèces ont été recensées : Vairon, Loche franche, Truite Fario et Chevaine. Le Vairon apprécie les eaux limpides, fraîches, bien oxygénées, peu profondes et graveleuses des petits ruisseaux comme des grandes rivières. La Loche franche est une espèce de poissons benthique d'eau douce autochtone de l'Europe occidentale et centrale et du nord de l'Espagne jusqu'au sud de la Suède. C'est un poisson discret qui vit sous les pierres et fréquente la même zone que la truite. Ses besoins en oxygène sont assez élevés, mais on peut la rencontrer en aval dans des eaux de bonne qualité. Le Chevaine est une espèce de poissons d'eau douce très fréquente en Europe. Son habitat se situe principalement dans les rivières courantes. Il vit généralement entre deux eaux. En été il est souvent près de la surface et proche des berges à la recherche d'insectes alors qu'en hiver il descend vers le fond.

De plus, quelques Ecrevisses de Californie, qui sont des espèces invasives, ont été signalées.

Les poissons se répartissent dans le milieu en fonction de la teneur en dioxygène qu'il comporte. Cette teneur dépend des caractéristiques physiques de l'eau, une eau froide et agitée est riche en dioxygène, mais aussi de la présence de végétaux chlorophylliens, qui libèrent de l'oxygène par la photosynthèse.

La pollution des rivières provoque une diminution de la teneur en dioxygène car la dégradation des substances polluantes par les micro-organismes est consommatrice d'oxygène. La présence d'azote et de phosphore accentue le développement des algues dans les rivières, c'est l'eutrophisation. La dégradation de ces végétaux par les micro-organismes est également consommatrice de dioxygène.

Les pêches électriques montrent donc un peuplement dominé par des espèces dont les besoins en oxygène sont forts. Cependant, nous notons des variations entre les deux stations. Les espèces de la zone à Cyprinidés remontent sur la station Lavoir ; les habitats amont ne semblent favorables seulement aux juvéniles de truites.

DISCUSSION

Les analyses physico-chimiques ont montré la présence de différents ions selon les stations. Les résultats varient ainsi de l'amont vers l'aval dans notre zone d'étude.

En effet, au niveau de notre première station « la Ferme », les analyses ont permis de constater la présence de NTK en grande quantité. Cette présence anormale à la source est expliquée par plusieurs hypothèses. La première est que l'apport de NTK serait lié à la présence d'une fosse septique proche, éventuellement celle du Château de Coudray. La deuxième serait l'utilisation d'engrais azotés naturels tels que les fumiers qui sont composés d'azote organique. Cette dernière hypothèse a été établie car la station « ferme » se situe dans le périmètre de protection rapproché du captage d'eau, mis en place par le SIAEPA. Or ce périmètre de protection interdit l'utilisation de pesticides mais autorise celle d'engrais. Enfin, la troisième hypothèse est que le NTK pourrait être dû à l'épandage des boues des industries d'équarrissage, à proximité du cours d'eau.

Deuxièmement, au niveau de la station nommée « la Loge », les concentrations de NTK n'ont pas variées par rapport à la première station. De plus, des quantités de carbone organique importantes sont observées. Ces quantités ont été considérées grandes par comparaison avec le cours d'eau le Toulourenc. Ce dernier est un cours d'eau qui prend sa source au pied du Château d'Aulan, près de Montbrun-les-Bains et coule sur trente kilomètres dans une vallée étroite aux gorges profondes et sauvages. Il limite très nettement le versant nord du Mont Ventoux, jalonné par des villages médiévaux. Il est donc peu soumis à une influence anthropique. C'est pourquoi, le Toulourenc il nous a semblé pertinent pour constituer notre témoin.

Ainsi par comparaison, une concentration plus importante de COT dans la Nesque est constatée. Ces paramètres réunis, à savoir la présence de COT et de NTK, amènent à penser qu'il peut y avoir des rejets domestiques directs dans le cours d'eau ou la présence de fosses septiques défectueuses.

Enfin, la dernière station, appelée « Lavoir », est marquée par la forte présence de chlorures, par rapport aux autres stations en amont. Il est donc probable qu'à ce niveau, il y ait des rejets domestiques directs. Cette hypothèse a été vérifiée par les résultats des analyses microbiologiques, où les quantités de coliformes fécaux ont explosé à ce point de la zone d'étude. Cette conclusion a également été confirmée par les témoignages des riverains.

Par ailleurs, en ce qui concerne les prélèvements IBGN, une partie des hypothèses formulées précédemment est visible, notamment pour la station « Loge ». Pour rappel, cette station se situe au milieu de notre étude et est soumise, d'après les résultats des analyses de physico-chimie, à la réception de rejets domestiques directs ou à ceux de fosses septiques défectueuses. Ces rejets vont alors affecter les populations d'invertébrés. En effet, la quantité de *perlodidae* (espèce la plus polluosensible) a légèrement

diminuée. Cependant, cette affectation est la plus notable aux niveaux des habitats des invertébrés. En observant les différents substrats, les espèces les plus polluosensibles sont concentrées dans leurs habitats préférentiels, à l'inverse des stations amont où elles se retrouvaient sur quasiment tous les substrats.

Au niveau de cette station, les *perlodidae* semblent s'être réfugiés dans leurs habitats préférentiels comme réagissant face à un stress, qui pourrait être un ou plusieurs rejets domestiques constants, les contraignant à se rassembler dans les habitats qui leur sont les plus favorables. Ainsi, ces Plécoptères laissent l'espace libre aux espèces les plus polluo-résistantes, telles que les *seriscotomatidae*, qui investissent, à cet endroit, tous les habitats.

Les résultats obtenus lors de cette étude de 2011 ont été comparés avec une étude de la qualité des eaux de la Nesque datant d'avril 2003, ainsi qu'une étude de la qualité des eaux du Toulourenc, où ont été réalisées diverses campagnes (en 2007, 2009 et 2010).

Concernant la campagne d'avril 2003 sur la Nesque, les résultats sur la partie amont du cours d'eau étaient meilleurs que ceux que observés aujourd'hui. En effet, à l'époque la note équivalente IBGN s'élevait à 17 avec une grande richesse faunistique ainsi que des taxons indicateurs de grande qualité (comme les *chloroperlidae*).

Ainsi, en comparaison avec cette étude, une baisse globale de la qualité biologique de la Nesque amont est constatée. Elle est en effet moins riche en terme de macro-invertébrés, même si elle conserve des taxons indicateurs d'une très bonne polluosensibilité.

Concernant les campagnes réalisées sur le Toulourenc, les résultats sont rassemblés dans le tableau 16.

D'après les trois campagnes de 2007, 2009 et 2010, le groupe faunistique indicateur est le groupe 9, par la présence importante de *perlodidae*. Ces espèces étant très polluosensibles à la matière organique, il peut être conclu que celle-ci n'est pas présente de façon conséquente dans le cours d'eau. D'après les références des hydroécorégions, les notes IBGN obtenues sur les trois campagnes classent le cours d'eau Toulourenc dans un très bon état biologique selon la SEQ eau.

Il est possible que la nouvelle autorisation de dérivation des eaux de la Nesque de 2010 soit à l'origine de cette baisse. L'impact du captage d'eau à la source de la Nesque ne peut en effet être négligé. Celui-ci modifie le débit et donc le fonctionnement propre du cours d'eau avec les macro-invertébrés présents à l'origine. Le courant étant moins fort, la hauteur d'eau affectée et les périodes d'étiage modifiées, une baisse globale de la qualité biologique de la rivière est à prévoir. Les habitats d'invertébrés sont d'ailleurs les premiers touchés. Les espèces caractéristiques de la bonne qualité de l'eau, telles que les *perlodidae*, ont besoin pour leur survie d'un courant moyen compris entre 25 et 50 cm/s (sachant que le courant rapide correspond à des vitesses supérieures à 50cm/s). La diminution du courant a ainsi un impact direct sur les

macro-invertébrés d'eau douce.

Durant les périodes estivales, le tourisme est plus important, ainsi que la demande en eau potable. De plus, la Nesque étant caractérisée par un climat méditerranéen (climat chaud et sec), l'été correspond à la période d'étiage. Par conséquent, la colonne d'eau va se rétrécir et le débit va diminuer. Cette modification du courant a des impacts importants sur les populations d'invertébrés et sur la qualité de l'eau. Mais, il est à considérer aussi, qu'en période d'étiage et avec un faible débit, les éventuelles pollutions présentes dans un cours d'eau sont plus impactantes.

CONCLUSION

La Nesque est un cours d'eau qui a une grande importance. En effet, son utilité pour approvisionner en eau potable les régions alentours la rend préservable. De plus, la Nesque est synonyme de tourisme, de par ses gorges principalement. Pour préserver et sensibiliser les populations locales à la protection de ce cours d'eau, une association a été fondée par les riverains.

Pour cette association, des études physico-chimiques, biologiques et microbiologiques ont été réalisées, comme citées précédemment. Ces différentes études ont dévoilé diverses pollutions et ont amené à formuler diverses hypothèses quant aux sources de pollution.

Cependant, pour vérifier et confirmer toutes les hypothèses énoncées, il faudrait mettre en place d'autres campagnes microbiologiques et physico-chimiques, afin de prendre en compte la variabilité temporelle. En effet, ces deux types d'analyses sont ponctuelles et correspondent à un instant donné, à l'inverse de l'étude IBGN qui est intégratrice des impacts sur un plus long terme.

D'autres analyses complémentaires pourraient aussi être réalisées. En particulier, le prélèvement de sédiments dans le plan d'eau de Monieux, pour évaluer s'il y a la présence impactante ou non de pesticide, ou encore la mesure des débits tout au long du cours d'eau. Ceci permettrait de constater s'il y a apport d'eaux souterraines ou apport d'eaux des affluents de la Nesque, et permettrait par ailleurs de calculer les flux des masses d'eaux et ainsi de discriminer ou non l'hypothèse sur les sédiments à la station « pont ».

En complément, il aurait été intéressant de placer une station en amont direct de la Loge et une autre en aval direct, la Loge constituant un hameau entourant le cours d'eau et correspondant au premier regroupement d'habitations depuis la source.

Si toutes les analyses sont réalisées et confirment les suppositions citées ici, alors un plan de gestion peut être proposé. Tout d'abord, la mise en place des fosses septiques pour chaque habitation ou la restauration de celles déjà existantes est à prévoir. Ensuite, des campagnes de sensibilisation des politiques et des populations locales devraient être entreprises, concernant la préservation de ce cours d'eau et le captage d'eau à la source qui doit être limité, malgré les demandes d'eau de plus en plus pesantes.

En conclusion, la Nesque est un cours d'eau avec un très fort potentiel mais très fragile au regard des analyses réalisées durant cette étude. Cependant, au cours du temps, cette qualité s'est dégradée et pourrait à long terme s'aggraver si aucune gestion raisonnée du cours d'eau n'est mise en place.

BIBLIOGRAPHIE

Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse (2011) Données sur l'état de la qualité des eaux de surfaces, Station RCS de Saint Léger du Ventoux : <http://sierm.eaurmc.fr/> [en ligne]

Arrêté du 17 septembre 2003 relatif aux méthodes d'analyse des échantillons d'eau et à leurs caractéristiques de performance : <http://www.car-analyse.com/hydro/a170903.htm> [en ligne le 03/05/2011]

Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique.

Arrêté préfectoral du 6 octobre 2010 portant déclaration d'utilité publique de la dérivation des eaux du captage dit « source de la Nesque », commune d'Aurel (Vaucluse) et de l'instauration des périmètres de protection : <http://la-nesque-propre.asso-web.com> [en ligne]

Décret n° 2008-990 du 18 septembre 2008 relatif à la gestion de la qualité des eaux de baignade et des piscines.

Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'Aménagement du territoire (2009) Guide technique actualisant les règles d'évaluation de l'état des eaux douces de surface de métropole : http://www.eaufrance.fr/IMG/pdf/GuidetechniqueREEE-ESC_30mars2009.pdf [en ligne]

SIEE PACA, via RODITIS J.C. (2005) Schéma d'aménagement, de restauration et d'entretien de la Nesque, Phase 1 : Etat des lieux – Diagnostic. 117 pp.

TACHET H., RICHOUX P., BOURNAUD M. et USSEGLIO-POLATERA P. (2002) Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. CNRS Editions. 587 pp.

<http://www.geoportail.fr> [en ligne]

Données sur le Toulourenc : DREAL PACA, via ALBERT L.

ANNEXES

ANNEXE I : RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

		Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
		Source du château de Coudray	Ferme Ruffinato	Pont	Moulin Fontaine (lavoir)
Paramètres	Unités				
Coord GPS		5°25,0282 E 44°7,2309 N	5°24,7892 E 44°7,4511 N	5°24,3656 E 44°5,823 N	5°21,732 E 44°4,136 N
Température	°C	6	10,6	5	6
Conductivité	µS/cm	720	435	593	579
PH		7,7	7,65	8,34	8,43
O ₂ dissous	mg/l	8,7	7,65	10,77	10,8
Fe ²⁺ +Fe ³⁺	mg/l	0	0	0	0
Fe ²⁺	mg/l	0	0	0	0
Fe ³⁺	mg/l	0	0	0	0
NH ₄ ⁺	mg/l	0	0	0	0
NO ₃ ⁻	mg/l	0	0	0	0
NO ₂ ⁻	mg/l	0	0	0	0
SO ₄ ²⁻	mg/l	87	2	127	154
PO ₄ ³⁻	mg/l	0	0	0	0
Cl ⁻	°F	<0,05	<0,1	1	2
Dureté	°F	38	22	40	30

Tableau a : Résultats obtenus lors de la pré-campagne de physico-chimie, le 11 février 2011.

En mg/L	Château	Ferme	Pont	Loge	Lavoir
Na ⁺	3,7	1,4	3,2	0,7	5,8
K ⁺	0,9	0,7	0,1	0,7	0,1
Ca ²⁺	103,32	87,20	94,20	92,30	92,40
Mg ²⁺	16,30	6,20	12,60	13,20	7,10
Azote NTK	8,90	0,93	4,09	5,70	4,96
SO ₄ ²⁻	57,9	16,7	38,9	39,2	39,4
Cl ⁻	3,4	3,3	5,6	5,6	6,7
NO ₃ ⁻	0	10,6	6,0	5,1	5,4
NO ₂ ⁻	0	0	0	0	0
F ⁻	0	1,0	0,7	0,6	0,7
PO ₄ ³⁻	0	0	0	0	0
COT	1,44	0,79	1,87	2,28	2,74
CI	88,84	53,71	69,31	69,65	62,32

Tableau b : Résultats bruts en mg.l-1 obtenus lors de la campagne de physico-chimie le 15 avril 2011.

En méq/l	Château	Ferme	Pont	Loge	Lavoir
Na ⁺	0,161	0,061	0,139	0,030	0,252
K ⁺	0,023	0,018	0,003	0,018	0,003
Ca ²⁺	5,165	4,360	4,710	4,615	4,620
Mg ²⁺	1,342	0,51	1,037	1,086	0,584
Azote NTK					
SO ₄ ²⁻	1,206	0,348	0,81	0,817	0,821
Cl ⁻	0,096	0,093	0,158	0,158	0,189
NO ₃ ⁻	0,000	0,171	0,097	0,082	0,087
NO ₂ ⁻	0	0	0	0	0
F ⁻	0,000	0,053	0,037	0,032	0,037
PO ₄ ³⁻	0	0	0	0	0

Tableau c : Résultats bruts en méq.l⁻¹ de la campagne d'analyses physico-chimiques du 15 avril 2011.

H ⁺	349,8	Ba ²⁺	63,6	OH ⁻	197,6	NO ₃ ⁻	71,4
Li ⁺	38,7	Ca ²⁺	59,5	Cl ⁻	76,3	SO ₄ ²⁻	80,0
Na ⁺	50,1	Cu ²⁺	56,6	Br ⁻	78,1	CH ₃ COO ⁻	40,9
K ⁺	73,5	Pb ²⁺	40,0	I ⁻	77,0	C ₂ H ₅ COO ⁻	35,8
NH ₄ ⁺	73,4	Zn ²⁺	52,8	F ⁻	55,4	C ₃ H ₇ COO ⁻	32,6
Ag ⁺	61,9			BrO ₃ ⁻	55,7		

Tableau d : Tableau des conductivités équivalentes limites des ions (104 λ en S.m².eq⁻¹).

ANNEXE II : CARTOGRAPHIES DES SITES IBGN

Figure e
: Cartographie de la station Le Pont.

Prélèvement	Substrat	Classe de vitesse
1	Bryophytes	< 5 cm/s
2	Litières	5-25 cm/s
3	Branchage, racines	5-25 cm/s
4	Blocs	5-25 cm/s
5	Pierres, galets	25-75 cm/s
6	Granulats	5-25 cm/s
7	Vases	5-25 cm/s
8	Sables, limons	5-25 cm/s
9	Algues	25-75 cm/s
10	Pierres, galets	5-25 cm/s
11	Pierres, galets	25-75 cm/s
12	Algues	5-25 cm/s

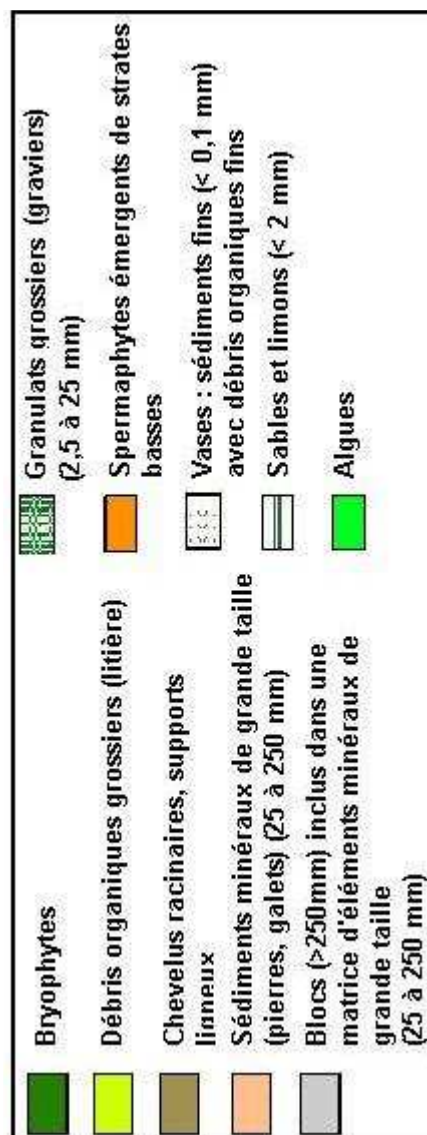
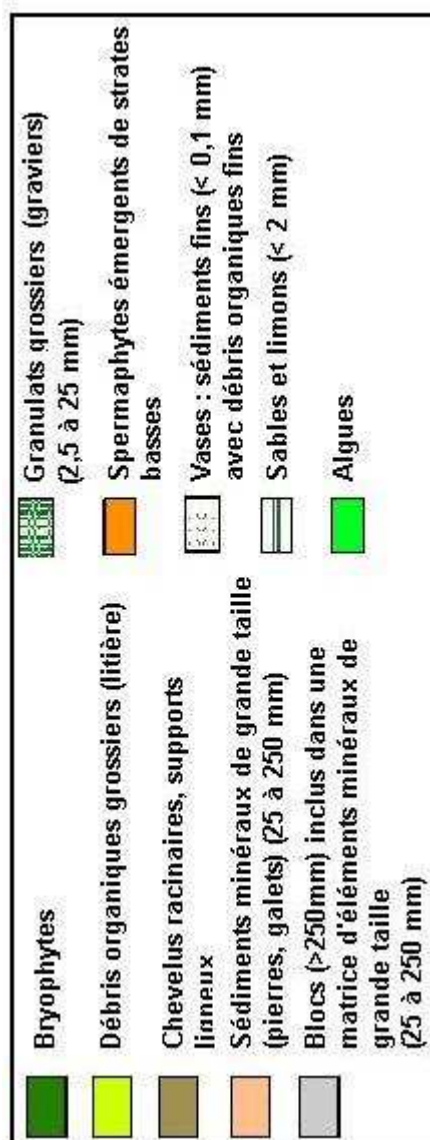




Figure g : Cartographie de la station Le Lavoir.



ANNEXES III : TABLEAUX DES RESULTATS IBGN

STATION 1 : Pont 11/03/2011

Taxon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL	Nb taxons :
<i>Plecoptera</i>	1	1	2			5		1		2		14	24	29
<i>Plecoptera perlodidae isoperla</i>		1											5	
<i>Plecoptera nemouridae nemoura</i>					2								1	
<i>Plecoptera capniidae capnia</i>							1						1	
<i>Plecoptera perlodidae chloroperlidae siphonoperla</i>										1			1	
<i>Trichoptera</i>										3			3	
<i>Trichoptera rhyacophilidae rhyacophila</i>					1							2	3	
<i>Trichoptera hydropsychidae hydropsyche</i>				5				1					6	
<i>Trichoptera philopotamidae philopotamus</i>		3	1	2	2				5	2		1	16	
<i>Trichoptera serisconomatidae serisconotoma</i>		2				1			6		1		9	
<i>Trichoptera goeridae silo</i>													1	
<i>Trichoptera ecnomidae ecnomus</i>				2				2					6	
<i>Trichoptera limnephilidae limnephilinae</i>		1											1	
<i>Trichoptera brachycentridae micrasema</i>				7									7	
<i>Trichoptera psychomyiidae psychomyia</i>		2							1				3	
<i>Ephemeroptera</i>	1									1		5	6	
<i>Ephemeroptera heptageniidae heptagenia</i>													1	
<i>Ephemeroptera ephemeridae ephemera</i>													6	
<i>Ephemeroptera heptageniidae epeorus</i>				1									1	
<i>Ephemeroptera baetidae baetis</i>													1	
<i>Coleoptera</i>		1				7	8						16	
<i>Coleoptera elmidae elmis</i>		4		2				4	2	13			25	
<i>Coleoptera elmidae esolus</i>													506	
<i>Diptera</i>	33	75	26	55	42	68	32	55	40	15	15	50	85	
<i>Diptera chironomidae</i>	2	1	22		17	7		15		1			6	
<i>Diptera simuliidae</i>	4							2					1	
<i>Diptera ceratopogonida</i>		1											61	
<i>Diptera tabanidae</i>						61							1	
<i>Diptera psychodidae</i>					1								61	
<i>Diptera stratiomyidae</i>	1												1	
<i>Diptera culicidae</i>													1	
<i>Crustacea</i>		65	9	1	16	5		9		8	2	25	140	
<i>Crustacea gammaridae gammarus</i>													1	
<i>Oligochaeta</i>														
<i>Oligochaeta tubificidae</i>														
TOTAL	44	157	61	75	81	154	41	89	54	46	18	97		

Tableau h : Résultats IBGN station Pont, 11 mars 2011.

Cours d'eau	Site	Date	Localisation	Département
La Nesque	le pont	11/03/2011	Monieux	Vaucluse (84)

Nature du substrat	Substrat	SANDRE	Habitabilité	% réel de recouvrement	Dominant/Marginal	Superficie
Bryophytes	Bryophytes	S1	11	moins de 1%	Marginal	<1m ²
Spermaphytes immergés	Hydrophytes	S2	10			
Débris organiques grossiers (litières)	Litières	S3	9	15%	Marginal	6m ²
Chevelus racinaires, supports ligneux	Branchage, racines	S28	8	5%	Marginal	2m ²
Sédiments minéraux de grande taille (pierres, galets) (25 à 250mm)	Pierres, galets	S24	7	60%	Dominant	70m ²
Blocs (>250 mm) inclus dans une matrice d'éléments minéraux de grande taille (25 à 250 mm)	Blocs	S30	6	moins de 1%	Marginal	<1m ²
Granulat grossier (graviers) (2,5 à 25 mm)	Granulats	S9	5	20%	Dominant	10m ²
Spermaphytes émergents de strates basses	Helophytes	S10	4			
Vases : Sédiments fins (< 0,1mm) avec débris organiques fins	Vases	S11	3	5%	Marginal	2m ²
Sables et limons (< 2 mm)	Sables, limons	S25	2	5%	Marginal	2m ²
Algues	Algues	S18	1			
Surfaces uniformes dures naturelles et artificielles (roches, dalles, marnes et argiles compactes)	Dalles, argiles	S29	0			

Tableau i : Description des habitats, station Pont

STATION 2 : La loge 11/03/2011

Taxon	Espèce	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL	Nb taxons :
Plecoptera	Plecoptera perlodae perlodidae isoperla			1		7					18		2	25	35
	Plecoptera nemouridae nemoura				1			2						12	
	Plecoptera perlodidae perlodidae								2					1	
	Plecoptera capniidae capnia									3				5	
	Plecoptera perlodidae chloroperlidae siphonoperla				1									1	
Trichoptera	Trichoptera rhyacophilidae rhyacophila		1											1	9
	Trichoptera hydropsychidae hydropsyche					1		8						9	
	Trichoptera philopotamidae philopotamus									1				1	
	Trichoptera serisconomatidae serisconotoma		14	7		3			2					46	
	Trichoptera goenidae silo				1			1						3	
	Trichoptera ecnomidae ecnomus	5												5	
	Trichoptera beraeidae beraea									1				1	
	Trichoptera limnephilidae limnephilinae										1			1	
	Trichoptera dipseudopsidae pseudoneureclipsis										13			13	
	Ephemeroptera heptageniidae heptagenia	2						1			5		6	14	
Ephemeroptera	Ephemeroptera ephemeridae ephemera								2				1	3	4
	Ephemeroptera heptageniidae rithrogena												1	1	
	Ephemeroptera heptageniidae ecdyonurus				1			3					12	12	
	Ephemeroptera leptophlebiidae paraleptophlebia													3	
	Ephemeroptera baetidae baetis						3		1			5		6	
	Ephemeroptera oligoneuriidae oligoneuriella										8			11	
	Ephemeroptera leptophlebiidae habropleptoides						3							6	
	Ephemeroptera elmididae elmis	5			4	5	2	2						18	
Coleoptera	Coleoptera acilius sulcatus	1												1	1
	Coleoptera gyrinidae												1	1	
	Diptera chironomidae	37	50	30		70	66	30	9	20	15	36	20	383	
Diptera	Diptera simuliidae	1		1	3									5	2
	Diptera ceratopogonidae		2							1				2	
	Diptera empididae													1	
	Diptera limoniidae		1			1				2				4	
Odonata	Odonata hydrocorises notonectidae				1									1	1
	Odonata anioptera gomphidae								1					1	
Crustacea	Crustacea gammaridae gammarus	12	3	6	31	11	39	5	45	5	45	30	6	238	2
	Oligochaeta tubificidae										2			2	
TOTAL		63	70	46	43	97	128	52	62	29	115	71	59		

Tableau j : Résultats IBGN station Loge, 11 mars 2011.

Cours d'eau	Site	Date	Localisation	Département
la Nesque	la loge	11/03/2011	Monieux	Vaucluse (84)

Nature du substrat	Substrat	SANDRE	Habitabilité	% réel de recouvrement	Dominant / Marginal	Superficie
Bryophytes	Bryophytes	S1	11	<1%	Marginal	<1 m²
Spermaphytes immergés	Hydrophytes	S2	10			
Débris organiques grossiers (litières)	Litières	S3	9	<1%	Marginal	<1 m²
Chevelus racinaires, supports ligneux	Branchage, racines	S28	8	1%	Marginal	1 m²
Sédiments minéraux de grande taille (pierres, galets) (25 à 250mm)	Pierres, galets	S24	7	80%	Dominant	90 m²
Blocs (>250 mm) inclus dans une matrice d'éléments minéraux de grande taille (25 à 250 mm)	Blocs	S30	6	<1%	Marginal	<1 m²
Granulat grossier (graviers) (2,5 à 25 mm)	Granulats	S9	5	10%	Dominant	10 m²
Spermaphytes émergents de strates basses	Helophytes	S10	4			
Vases : Sédiments fins (< 0,1mm) avec débris organiques fins	Vases	S11	3	10%	Dominant	10 m²
Sables et limons (< 2 mm)	Sables, limons	S25	2			
Algues	Algues	S18	1			
Surfaces uniformes dures naturelles et artificielles (roches, dalles, marnes et argiles compactes)	Dalles, argiles	S29	0			

Tableau k : Description des habitats, station Loge.

STATION 3 : Lavoir 11/03/2011

Taxon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL	Nb taxons :
Plecoptera	2	9	8		16	4	3		6	8	32	2	82	26
Trichoptera	1	1	2	3		2			1	1	5		16	9
		1			1	1			3				6	
			1		8				5				14	
					5		1				2		8	
										3	5		8	
										1			1	
Ephemeroptera	1				1								2	
			13			1		6					20	
						3	4			4			11	
											12		12	
Coleoptera			1										1	
			1										1	
						1							1	
						1							1	
											3		3	
Diptera	15	36	34	13	45	58	50	12		74	50	14	401	
	1												1	
		4			2								4	
													2	
Odonata			4										4	
Crustacea	50	4	29	27	24	10		2	2	22	50		220	
Oligochaeta					4								4	
					1								1	
TOTAL	53	32	96	68	73	70	65	59	29	113	159	16		

Tableau I : Résultats IBGN station Lavoir, 11 mars 2011.

Cours d'eau	Site	Date	Localisation	Département		
la Nesque	le lavoir	11/03/2011	Monieux	Vaucluse (84)		
Nature du substrat	Substrat	SANDRE	Habitabilité	% réel de recouvrement	Dominant/Marginal	Superficie
Bryophytes	Bryophytes	S1	11	<1%	Marginal	<1m²
Spermaphytes immergés	Hydrophytes	S2	10			
Débris organiques grossiers (litières)	Litières	S3	9	15%	Marginal	6 m²
Chevelus racinaires, supports ligneux	Branchage, racines	S28	8	5%	Marginal	2 m²
Sédiments minéraux de grande taille (pierres, galets) (25 à 250mm)	Pierres, galets	S24	7	60%	Dominant	70 m²
Blocs (>250 mm) inclus dans une matrice d'éléments minéraux de grande taille (25 à 250 mm)	Blocs	S30	6	<1%	Marginal	<1%
Granulat grossier (graviers) (2,5 à 25 mm)	Granulats	S9	5	20%	Dominant	10 m²
Spermaphytes émergents de strates basses	Helophytes	S10	4			
Vases : Sédiments fins (< 0,1mm) avec débris organiques fins	Vases	S11	3	5%	Marginal	2 m²
Sables et limons (< 2 mm)	Sables, limons	S25	2	5%	Marginal	2m²
Algues	Algues	S18	1			
Surfaces uniformes dures naturelles et artificielles (roches, dalles, marnes et argiles compactes)	Dalles, argiles	S29	0			

Tableau m : Description des habitats, station Lavoir.

STATION 1 : La loge 15/04/2011

Taxon	Espece	1	2	3	4	TOTAL	Nb taxons :
Ephemeroptera	Ephemeroptera ephemeridae ephemer	3	4			7	18
	Ephemeroptera baetidae baetis	28	1		11	40	
	Ephemeroptera leptophlebiidae habropleptoides		1			1	
	Ephemeroptera heptageniidae heptagenia	1				1	
Plecoptera	Plecoptera nemouridae nemoura	1	2	1		4	
	Plecoptera perlidae perlodidae isoperla		19				
	Plecoptera capniidae capnia		2				
Coleoptera	Coleoptera elmidae elmis			3		3	
	Coleoptera elmidae esolus			9	3	12	
	Coleoptera hydraenidae limnebius	4				4	
	Coleoptera elmidae dupophilus brevis	1				1	
Trichoptera	Trichoptera serisconomatidae serisconotoma	3	7			10	
	Trichoptera odontoceridae odontocerum albicorne		1			1	
	Trichoptera limnephiliidae mesophylax			4		4	
	Trichoptera rhyacophiliidae rhyacophila	2	2			4	
Diptera	Diptera chironomidae	14	20	15	2	51	
	Diptera simuliidae	1				1	
	Diptera stratiomyidae		1			1	
	Diptera limoniidae		3			3	
Crustacea	Crustacea gammaridae gammarus	68	27	6		101	
TOTAL		126	90	38	16		

STATION 2 : Lavoir 15/04/2011

Taxon	Espece	1	2	3	4	TOTAL	Nb taxons :
Plecoptera	Plecoptera nemouridae nemoura	2		1	4	7	10
Ephemeroptera	Ephemeroptera heptageniidae heptagenia				1	1	
	Ephemeroptera leptophlebiidae habroplebia	1				1	
Coleoptera	Coleoptera elmidae esolus	3			1	4	
	Trichoptera rhyacophiliidae rhyacophila			3	1	4	
Trichoptera	Trichoptera polycentropodidae plectrocnemia				2	2	
	Trichoptera odontoceridae odontocerum albicorne		1			1	
	Diptera chironomidae	15	66	150	60	291	
Diptera	Diptera simuliidae		7		1	8	
	Crustacea gammaridae gammarus	20	73	150	4	247	
TOTAL		41	147	305	73		

Tableau n : Résultats IBGN stations Loge et Lavoir, 15 avril 2011.

	Toulourenc	Nesque
Carbone organique (mg(C)/L)	1,3	>2

Tableau 15: Comparaison concentrations COT dans le Toulourenc et dans la Nesque.

Campagne TOULOURENC	GFI	VARIETE TAXONOMIQUE	NOTE IBGN
2007	9	45	20
2009	9	34	18
2010	9	42	20

Tableau 10: Résultats IBGN du TOULOURENC sur trois années successives.