

Commune de Vernoux-en-Vivarais

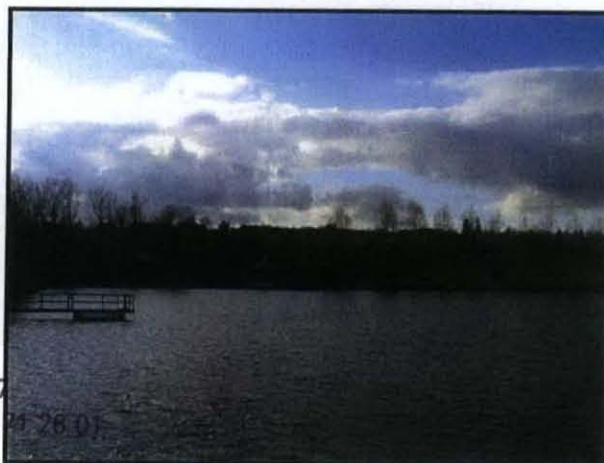
Lac aux Ramiers (07)

Etude diagnostique et prospective Rapport définitif - avril 2010



2-4, allée de Lodz
69363 LYON Cedex 07

Tél. 04 72 71 26 00 - Fax 04 72 71 26 01



Agence d'Avignon

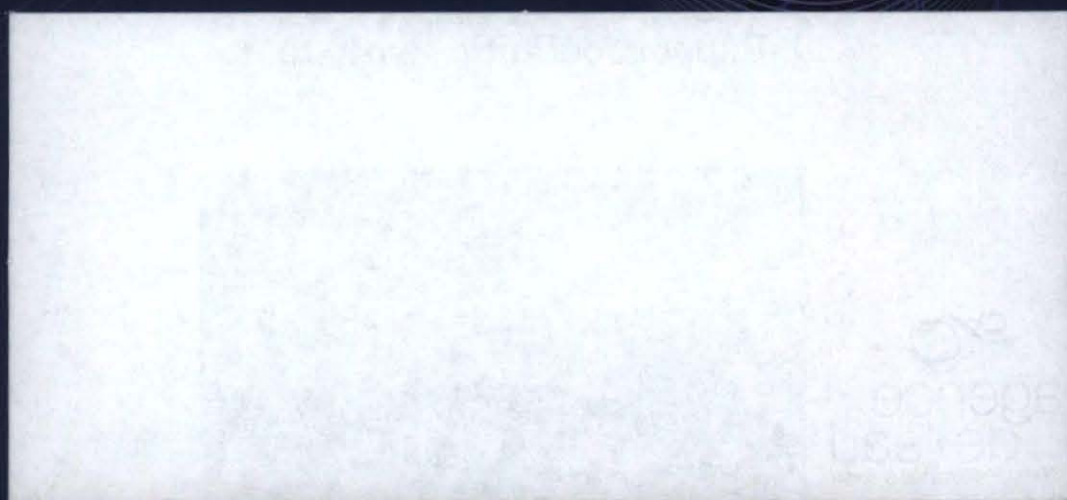
AGROPARC – 940, route de l'Aérodrome – BP 51 260
84 911 Avignon Cedex 9
Tél : 04.90.88.31.92 - Fax : 04 90 88 31 63

Agence de Montpellier

Parc Scientifique Agropolis 2 - Bat 6
34 397 MONTPELLIER cedex 5
Tél : 04-67-52-92-38 - Fax: 04-67-52-93-23



INGÉNIERIE DE L'ENVIRONNEMENT



ISO 9001:2000

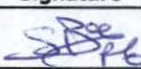
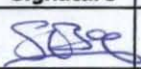
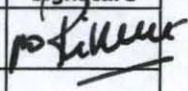


SYSTEME QUALITE CERTIFIE



Commune de Vernoux-en-Vivarais

Etude diagnostic et prospective du lac aux Ramiers (07)

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Rapport final	26/07/2010		P. CAMPS C. MAZOYER		S. BERNOUD C. MAZOYER		F. MAURY	
		a						
		b						
		c						
		d						

Numéro de rapport :	RAV2583
Numéro d'affaire :	A.23238
N° de contrat :	CAVZ090306
Domaine technique :	BV11
Mots clé du thésaurus	Aménagement concerté de bassin versant / Lutte contre l'érosion et le ruissellement / Pollution d'origine agricole et industrielle / Qualité des eaux superficielles et des sédiments

BURGEAP

AGENCE D'AVIGNON
 AGROPARC – 940, route de l'Aérodrome – BP 51 260
 F-84 911 AVIGNON CEDEX 9
 Téléphone : 04.90.88.31.92 - Télécopie : 04 90 88 31 63
 e-mail : agence.de.avignon@burgeap.fr

AQUASCOP

AGENCE DE MONTPELLIER
 Parc Scientifique Agropolis 2 - Bat 6
 34 397 MONTPELLIER cedex 5
 Tél : 04-67-52-92-38 - Fax: 04-67-52-93-23
 e-mail : aqua2@aquascop.fr

SOMMAIRE

1 - Contexte et objectifs de l'étude	7
2 - Présentation du périmètre d'étude	7
2.1 Caractéristiques générales	7
2.2 Contexte climatique	9
2.3 Contexte géologique et hydrogéologique	10
2.4 Réseau hydrographique	11
2.5 Occupation des sols	11
3 - Description de l'approche méthodologique	13
3.1 Collecte et synthèse de données	13
3.2 Programme de mesures de terrain	13
3.2.1 Investigations sur le plan d'eau	13
3.2.2 Investigations sur le ruisseau des Pêcheurs et le ruisseau des Eygas	14
3.2.3 Investigations sur les rejets directs au plan d'eau	14
4 - Le lac	15
4.2 Caractéristiques physiques	15
4.3 Usages et aménagements associés	17
4.3.1 Activité de baignade	17
4.3.2 Activité de tourisme et de loisirs	17
4.3.3 Activité de pêche	18
4.4 Hydrologie et fonctionnement hydraulique	19
4.4.1 Caractéristiques et dimensions des ouvrages hydrauliques actuels	19
4.4.2 Alimentation du lac	22
4.5 Qualité des eaux du lac	26
4.5.1 Qualité physico-chimique des eaux du lac	26
4.5.3 Qualité bactériologique	34
4.6 Flore et faune du lac	35
4.6.1 Analyse de la flore	35
4.6.2 Analyse de la faune	36
4.7 Qualité des sédiments et envasement	37
4.7.1 Envasement du plan d'eau	37
4.7.2 Qualité chimique des sédiments	38
4.8 Les apports polluants au lac	39
4.8.1 Apports domestiques	39
4.8.2 Apports industriels	46
4.8.3 Apports agricoles	47
4.9 Bilan : niveau de pollution et d'eutrophisation	50
4.9.1 Importance et hiérarchisation des rejets polluants	50
4.9.2 Liens entre le peuplement algal et les facteurs environnementaux	50
4.9.3 Niveau trophique du lac	52

4.9.4	Etat écologique du plan d'eau (guide technique mars 2009)	53
4.9.5	Etudes antérieures	54
5 -	Les cours d'eau amont et aval	55
5.1	Hydrologie	55
5.2	Morphologie et transport solide	55
5.2.1	Caractéristiques morphologiques par secteur	55
5.2.2	Transport solide	64
5.3	Qualité des eaux	65
5.3.1	Résultats 2009	65
5.3.2	Résultats antérieurs	67
5.4	Qualité des milieux	67
5.4.1	Poissons dans les cours d'eau	67
5.4.2	Autres	67
5.5	Documents et programme de gestion et d'orientation	68
5.5.1	Objectifs DCE	68
5.5.2	Contrat de rivière	68
5.5.3	Démarche Natura 2000	68
6 -	Bilan	69
6.1	Etat actuel du lac et causes des dysfonctionnements constatés	69
6.2	Incidences sur les usages	70
6.3	Incidences sur le cours d'eau aval	71
7 -	Les enjeux	72
8 -	Les propositions	72
9 -	Protocole de suivi pour apprécier l'efficacité des mesures de restauration et de gestion proposées	118
10 -	Conclusion générale	119

SCHEMAS	Version
Schéma n°1 : Plan de situation du Lac aux Ramiers	
Schéma n°2 : Moyenne mensuelle des précipitations en millimètres au poste pluviométrique 07338001	
Schéma n°3 : Carte géologique du secteur d'étude (n° BRGM, 1979)	
Schéma n°4 : Occupation des sols sur le bassin versant	
Schéma n°5 : Représentation de la bathymétrie du lac aux Ramiers (juin 2009)	
Schéma n°6 : Présentation schématique de l'ouvrage hydraulique d'évacuation	
Schéma n°7 : Valeurs mensuelles des paramètres hydrologiques sur 1998-2009	
Schéma n°8 : Evolution de la composition du phytoplancton	
Schéma n°9 : Envasement du lac aux Ramiers (juin 2009)	
Schéma n°10 : Localisation du collecteur unitaire de Châteauneuf-en-Vivaraïs	
Schéma n°11 : Poste de refoulement des eaux usées avec rejet dans le ruisseau des Pêchers	
Schéma n°12 : Réseaux et rejets directs au lac	

FIGURES HORS TEXTE	Version
Figure n°1 : Contexte hydrologique	
Figure n°2 : Contexte hydrographique du bassin versant	
Figure n°3 : Occupation des sols	
Figure n°4 : Localisation des agriculteurs et des industriels	
Figure n°5 : Bathymétrie de lac	
Figure n°6 : Cartographie des hauteurs de sédiments	
Figure n°7 : Etat des lieux morphologiques	
Figure n°8 : Apports et exutoire du lac	

TABLEAUX

Tableau 1 - Moyenne mensuelle des précipitations en millimètres au poste pluviométrique 07338001 de Vernoux-en-Vivarais	9
Tableau 2 - Analyses physico-chimiques effectuées lors des quatre campagnes	14
Tableau 3 - Débits estimés des cours d'eau amont et aval lors des quatre campagnes respectives de BURGEAP/AQUASCOP et de CESAME	22
Tableau 4 - Bilan hydrique moyen mensuel sur le bassin versant du lac aux Ramiers	24
Tableau 5a - Synthèse des analyses physico-chimiques lors des quatre campagnes	28
Tableau 5b - Synthèse des analyses physico-chimiques lors de la campagne hivernale	29
Tableau 6 - Synthèse des peuplements phytoplanctoniques lors des quatre campagnes	29
Tableau 7 - Grille d'interprétation des espèces sensibles (d'après Lafont, 2007)	33
Tableau 8 - Proposition pour une classification des plans d'eau, selon les valeurs de l'indice IOBL (d'après Lafont, 1989)	33
Tableau 9 - Synthèse de la qualité bactériologique (2005-2009)	34
Tableau 10 - Analyses physico-chimiques des sédiments	38
Tableau 11 - Recensement des activités agricoles du bassin versant	47
Tableau 12 - Pression azotée liée aux pratiques agricoles	48
Tableau 13 - Risque de lixiviation sous prairie des nitrates	49
Tableau 14a - Mesures in situ complémentaires sur les cours d'eau amont et aval	65
Tableau 14b - Mesures in situ complémentaires sur la retenue collinaire amont	65
Tableau 15 - Analyses physico-chimiques sur les cours d'eau amont et aval (5 campagnes 2009 - BURGEAP/AQUASCOP et CESAME)	66
Tableau 16 - Résultats IBGN sur l'Eve (1998 et 2006)	67
Tableau 17 - Synthèse des actions préconisées	73

1 - Contexte et objectifs de l'étude

Le Lac aux Ramiers est un plan d'eau d'origine anthropique de 3,5 ha qui se situe à 20 km à l'Ouest de Valence sur la commune de Vernoux-en-Vivarais, à une altitude de 560 mètres. Le plan d'eau a été créé en 1955 par la construction d'une digue sur le ruisseau des Pêcheurs. Ce plan d'eau a été mis en valeur par la commune qui a développé des activités variées : baignade, pêche (1^{ère} catégorie), gîtes, promenade, etc.

Plusieurs signes de baisse de qualité du lac ont conduit à la réalisation de la présente étude :

- des manifestations d'eutrophisation : développement d'algues, faible transparence, pH élevé ;
- une baisse de la qualité du poisson : maladie, mortalité, goût de vase ;
- une qualité des eaux parfois non compatible avec la baignade (germes, visibilité insuffisante).

Dans un but de satisfaire les usages de baignade en toute sécurité et de maintenir l'activité de pêche du lac, la commune de Vernoux-en-Vivarais, avec l'aide du Syndicat Eyrieux Clair, souhaite en conséquence mener les actions nécessaires pour répondre à ces enjeux.

Ainsi, l'étude doit permettre de dresser un bilan actualisé complet sur le fonctionnement et l'état du lac afin de proposer des solutions adaptées en termes de gestion et de restauration pour améliorer la qualité du lac et satisfaire les usages existants et souhaités.

Le présent document synthétise la méthodologie mise en œuvre et les résultats obtenus dans le cadre de cette étude.

2 - Présentation du périmètre d'étude

2.1 Caractéristiques générales

Le secteur d'étude comprend (cf. illustrations ci-après) :

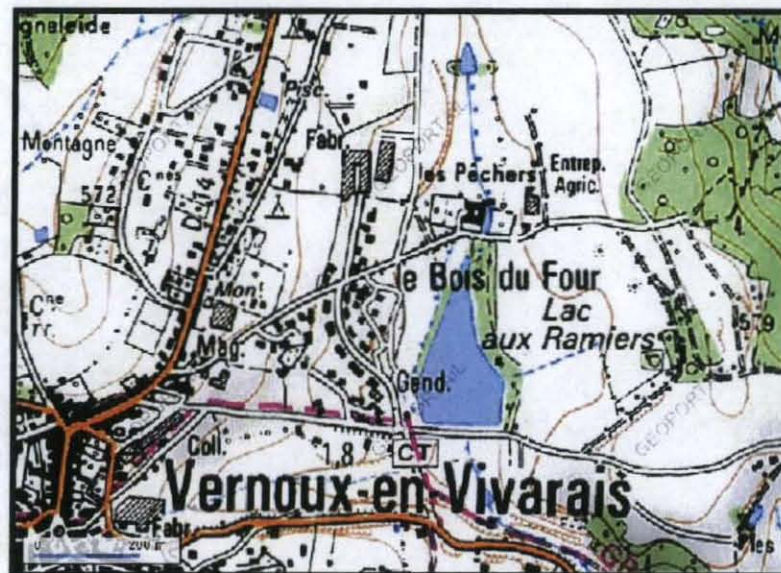
- le Lac aux Ramiers, ses ruisseaux affluents (dont petite retenue amont, ruisseau rive gauche, drains rive droite) et son bassin versant ;
- le ruisseau des Eygas, affluent de l'Eve, recevant les eaux du lac.

Le lac artificiel est situé en tête de bassin du ruisseau de l'Eve (présence de sources permanentes), localisé dans le quartier des Pêcheurs sur la commune de Vernoux-en-Vivarais (07).

Le contexte hydrologique de la zone d'étude et l'emprise du bassin versant sont respectivement illustrés en **figures 1 et 2 hors texte**.



Lac aux Ramiers sur orthophotoplan (Géoportail, 2008)



Lac aux Ramiers sur fond IGN SCAN25 (Géoportail, 2008)

Schéma 1 - Plan de situation du Lac aux Ramiers

2.2 Contexte climatique

La commune de Vernoux-en-Vivarais, située à une altitude d'environ 560 m dans le moyen Vivarais, est soumise à l'influence de climat de type océanique et continental.

2 postes pluviométriques sont situés à proximité du périmètre d'étude sur la commune : station 07338001 à 566 m d'altitude ; station 07338005 à 510 m d'altitude.

La pluviométrie moyenne annuelle enregistrée est d'environ **1 145 mm**.

Le **tableau 1** ci-dessous rapporte les valeurs des précipitations mensuelles moyennes mesurées sur la période janvier 1998 – décembre 2009 ainsi que les moyennes mensuelles des précipitations enregistrées courant 2009 lors de la réalisation de l'étude, et illustrées dans le **schéma 2**.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
2009	34,5	202,5	31,5	96,5	38	67	27,5	29	53,5	91,5	86	88
1998-2009	64,1	49,6	53,7	88,5	102,1	62,9	62,8	99,2	126,3	182,9	138,4	89,5

Tableau 1 - Moyenne mensuelle des précipitations en millimètres au poste pluviométrique 07338001 de Vernoux-en-Vivarais

Les courbes de variations saisonnières montrent des pluies abondantes au printemps et en automne. L'été et l'hiver sont des périodes moins arrosées.

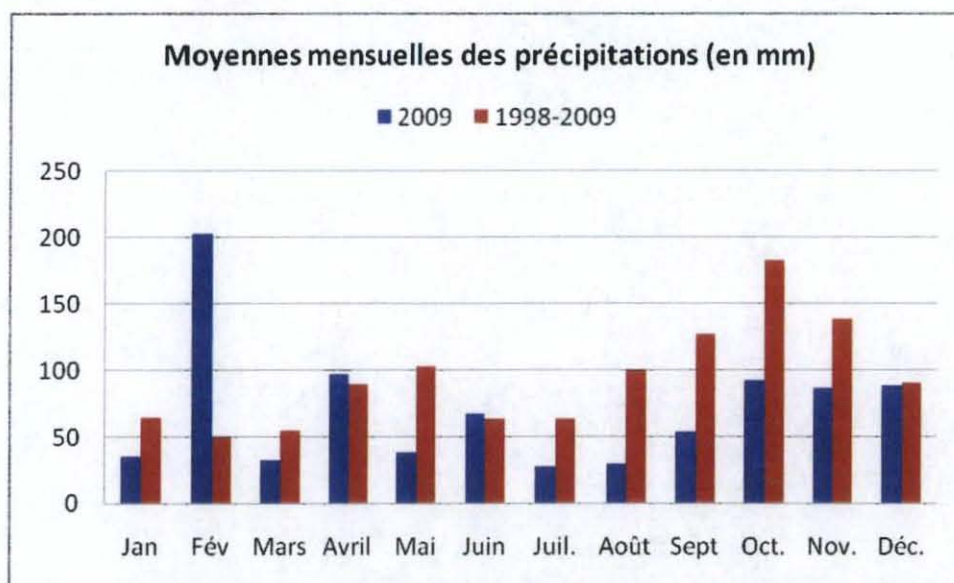


Schéma 2 - Moyenne mensuelle des précipitations en millimètres au poste pluviométrique 07338001 de Vernoux-en-Vivarais (1998-2009)

Les valeurs reportées sur les histogrammes correspondent aux moyennes mensuelles mesurées en 2009. L'année 2009 présente en conséquence une très faible pluviométrie comparativement à la pluviométrie moyenne annuelle estimée sur 1998-2009 (somme des précipitations enregistrées de l'ordre de 845 mm en 2009), avec par ailleurs un mois de février exceptionnellement pluvieux (202,50 mm enregistrés pour une moyenne interannuelle de 49,6 mm).

Le **contexte pluviométrique rencontré en 2009 est donc relativement particulier** et devra être pris en considération dans le cadre de cette étude.

2.3 Contexte géologique et hydrogéologique

Le site du Lac aux Ramiers appartient au Massif Central granitique. C'est la zone du granite migmatitique du Velay. Cependant, Vernoux-en-Vivarais est localisée en bordure de la zone granitique et des lambeaux de Trias supérieur gréseux demeurent sur le granite. Ils comprennent :

- des grès plus ou moins feldspathiques et arkoses, à grain grossier à fin, avec intercalations ;
- des sables argileux ; un conglomérat quartzeux basal s'observe en quelques lieux ; couleur générale lie-de-vin ;
- localement des alternances d'argiles, marnes, calcaires dolomitiques et dolomies ;
- des argiles bariolées interstratifiées avec des grès, fins blanchâtres ou grossiers.

L'épaisseur de l'ensemble, qui correspondrait seulement à la moitié supérieure du Trias (fin Muschelkalk et Keuper), n'excède pas la trentaine de mètres.

Le ruisseau des Pêchers, barré pour former le lac aux Ramiers correspond quant à lui, à **un thalweg** dans le socle granitique.

Les différentes unités aquifères sont représentées par des milieux perméables en petit (arènes cristallines et grès du Trias) ou en grand (zones de roches cristallines largement fissurées) surmontant un substratum imperméable qui est représenté, dans la majorité des cas, par les roches cristallines aux fissures non ouvertes. Localement, il peut exister à la base ou au sein des arènes, quelques niveaux argileux qui forment la base imperméable de **petits dispositifs aquifères**.

Dans le quartier des Pêchers, dans la zone déprimée, l'épaisseur d'arènes granitiques paraît faible. Le granite sain est peu profond. Il y a émergence des eaux d'arènes à la faveur d'une dépression topographique. Les **sources sont donc liées à la pénétration des eaux de précipitation dans les arènes**. Elles sont superficielles, éparées et sujettes généralement à **de fortes variations saisonnières**.

Nous avons consulté le site du BRGM (infoTerre) afin de vérifier l'existence ou non de coupes géologiques au droit du bassin versant considéré, suite à la réalisation de sondages de sol ou d'implantation d'ouvrages. Cette recherche n'a donné aucune information complémentaire.

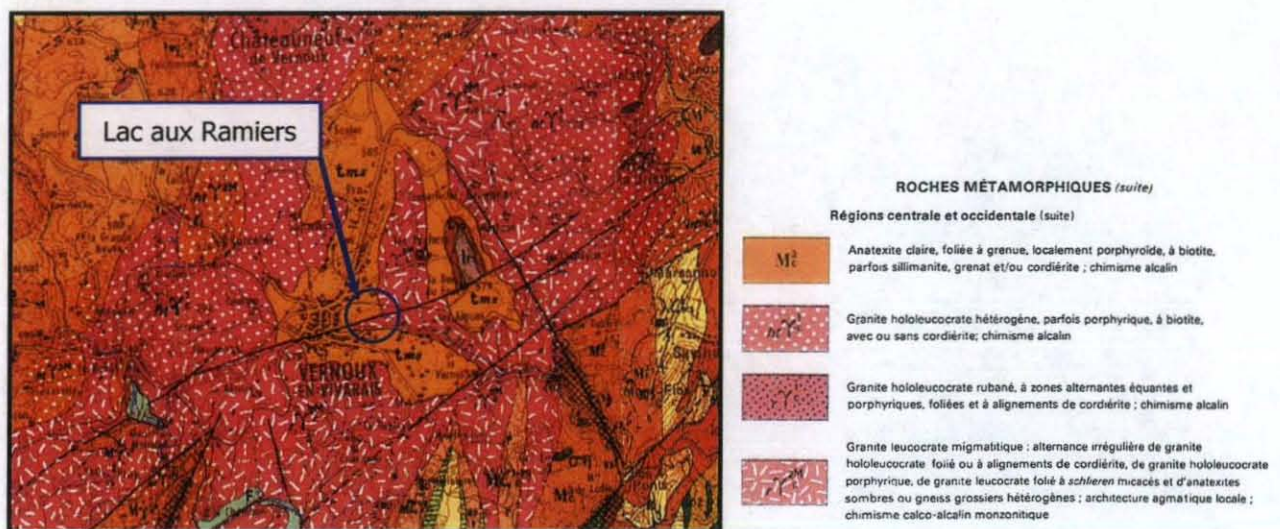


Schéma 3 - Carte géologique du secteur d'étude (n° BRGM, 1979)

2.4 Réseau hydrographique

Le lac aux Ramiers est un plan d'eau artificiel formé par le barrage du cours amont du ruisseau des Pêchers. Le bassin versant du lac est d'environ 1,2 km². L'exutoire du plan d'eau est appelé ruisseau des Eygas. Ce ruisseau conflue quelques centaines de mètre plus loin avec l'Eve, qui lui-même est un affluent de la Dunière, affluent de l'Eyrieux.

En amont du plan d'eau se trouve une petite retenue d'eau, dont la formation est liée à la présence d'un chemin barrant l'écoulement d'un ruisseau affluent.

Une retenue collinaire est également présente à 340 mètres en amont du lac ; elle occupe une surface d'environ 660 m² pour un volume estimé à 1 000 m³ (cf. **figure 2 hors texte**). La suspicion de pompages sauvages ponctuels antérieurs pour de l'arrosage a été rapportée.

2.5 Occupation des sols

Le bassin versant du lac aux Ramiers couvre une superficie d'environ 1,2 km² soit environ **120 ha**.

L'occupation des sols du bassin versant est répartie comme suit (cf. **figure 3 hors texte** et **schéma 4** page suivante) :

- surface agricole : 67,7 ha ;
- surface en forêt : 12,8 ha ;
- surface résidentielle : 12,7 ha ;
- surface occupée par les activités industrielle : 7,36 ha ;
- surface occupée par les activités de loisir : 4,45 ha ;
- surface en eau : 3,1 ha.

56% du bassin versant est donc occupé par des terrains agricoles. Les surfaces imperméabilisées sont donc faiblement représentées.



Schéma 4 – Occupation des sols sur le bassin versant

3 - Description de l'approche méthodologique

L'étude s'est déroulée en deux phases :

- **une phase de diagnostic** (phase 1) dans laquelle nous avons établi un bilan du fonctionnement actuel du plan d'eau au sein de son environnement (caractéristiques physiques du bassin versant et occupation des sols) sur la base d'investigations de terrain et de collecte de données ;
- **une phase de propositions** (phase 2) dans laquelle des mesures de gestion et d'aménagement sont avancées afin de satisfaire les enjeux environnementaux et récréatifs susmentionnés.

3.1 Collecte et synthèse de données

Les organismes consultés et données collectées sont présentés en **annexe 1** de ce rapport.

3.2 Programme de mesures de terrain

3.2.1 Investigations sur le plan d'eau

La qualité du plan d'eau a été évaluée en mettant en œuvre le protocole de la diagnose rapide des plans d'eau proposée par le CEMAGREF. Ce protocole est basé sur la chimie des eaux et des sédiments ainsi que sur l'analyse du phytoplancton et des oligochètes.

Des analyses d'eau et de phytoplancton ont été réalisées lors de 4 campagnes menées depuis la fin de l'hiver jusqu'à l'automne (mars, juin, août, septembre 2009).

- profil de mesures in situ de la surface au fond dans la zone de plus grande profondeur : température, oxygène dissous, pH et conductivité ;
- mesure de la transparence au disque de Secchi ;
- prélèvements d'eau intégrés dans la zone euphotique¹ et près du fond pour analyses chimiques (matières organiques et oxydables, formes de l'azote et du phosphore, pigments chlorophylliens) ;
- détermination et comptage des algues du phytoplancton dans la zone euphotique.

Des analyses de sédiments ont été réalisées lors d'une campagne automnale :

- prélèvements (3 prélèvements élémentaires mélangés) à la benne Eckman dans la zone de plus grande profondeur pour analyses granulométriques et chimiques (options 5 et 6²) ;
- prélèvements de sédiments pour analyse des oligochètes (indice IOBL).

Les caractéristiques du plan d'eau ont été précisées,

- bathymétrie : réalisation de transects à l'aide d'un échosondeur couplé à un GPS de façon à dresser la bathymétrie actuelle de la zone en eau ;
- importance de l'envasement par des sondages à la perche ;
- repérage des herbiers aquatiques : localisation, étendue, composition ;
- description des habitats de berges : structure, pente, granulométrie, intérêt vis à vis de la faune en particulier les poissons ;
- description des rives : boisements, espaces naturels ou entretenus par l'homme.

¹ La zone euphotique correspond à 2,5 fois la transparence mesurée avec le disque de Secchi.

² Analyses chimiques des micropolluants (41 substances) sur un échantillon moyen de sédiments (option 5) et analyses chimiques des micropolluants (2 substances, glyphosate et AMPA) sur un échantillon moyen de sédiments (option 6).

3.2.2 Investigations sur le ruisseau des Pêchers et le ruisseau des Eygas

Les cours d'eau amont et aval du plan d'eau ont fait l'objet de prélèvements d'eaux lors de la campagne hivernale avec réalisation des analyses physico-chimiques suivantes,

- DBO5, COD, nitrates, nitrites, ammonium, azote Kjeldahl, orthophosphate, phosphore ;
- mesures in situ : pH, conductivité, taux d'oxygénation, température, estimation du débit.

Parallèlement, une étude de la qualité des cours d'eau du bassin de l'Eyrieux a été menée courant 2009 par le bureau d'étude CESAME pour le compte du Syndicat de l'Eyrieux, avec la mise en œuvre de 4 campagnes de prélèvements et analyses physico-chimiques. Nous avons exploité ces données en compléments de celles acquises lors de nos campagnes de mesures.

3.2.3 Investigations sur les rejets directs au plan d'eau

Des mesures de température, de conductivité et de pH ont été réalisées lors de la campagne estivale sur les rejets directs au plan d'eau identifiés (cf. § 4.9.1.3).

Le **tableau 2** ci-dessous synthétise l'ensemble des mesures de terrain mises en œuvre ou exploitées dans le cadre de cette étude sur les différents milieux considérés (plan d'eau, cours d'eau et rejets).

	Hiver	Printemps	Été	Automne
Plan d'eau	profil vertical in situ: T°C, pH, conductivité, oxygène dissous; Disque de Secchi analyses en laboratoire: MES, turbidité, DBO5, DCO, COT, COD, nitrate, nitrite, NH4+, N Kjeldahl, orthophosphate, phosphore, Cl a*, phéopigments*, silicates	profil vertical in situ: T°C, pH, conductivité, oxygène dissous; Disque de Secchi analyses en laboratoire: MES, turbidité, DBO5, DCO, COT, COD, nitrate, nitrite, NH4+, N Kjeldahl, orthophosphate, phosphore, Cl a*, phéopigments*, silicates	profil vertical in situ: T°C, pH, conductivité, oxygène dissous; Disque de Secchi analyses en laboratoire: MES, turbidité, DBO5, DCO, COT, COD, nitrate, nitrite, NH4+, N Kjeldahl, orthophosphate, phosphore, Cl a*, phéopigments*, silicates	profil vertical in situ: T°C, pH, conductivité, oxygène dissous; Disque de Secchi analyses en laboratoire: MES, turbidité, DBO5, DCO, COT, COD, nitrate, nitrite, NH4+, N Kjeldahl, orthophosphate, phosphore, Cl a*, phéopigments*, silicates analyses sur sédiments (option 5 et 6)
ruisseau des Pêchers	in situ: T°C, pH, conductivité, oxygène dissous, débit estimé analyses en laboratoire: DBO 5, COD, Nitrates, nitrites, ammonium, azote Kjeldahl, orthophosphate, phosphore	in situ: T°C, pH, conductivité, oxygène dissous, débit estimé analyses en laboratoire: DBO5, COD, Nitrates, nitrites, ammonium, azote Kjeldahl, orthophosphate, phosphore	in situ: T°C, pH, conductivité, oxygène dissous, débit estimé analyses en laboratoire: DBO 5, COD, Nitrates, nitrites, ammonium, azote Kjeldahl, orthophosphate, phosphore	in situ: T°C, pH, conductivité, oxygène dissous, débit estimé analyses en laboratoire: DBO 5, COD, Nitrates, nitrites, ammonium, azote Kjeldahl, orthophosphate, phosphore
ruisseau des Eygas	in situ: T°C, pH, conductivité, oxygène dissous, débit estimé analyses en laboratoire: DBO 5, COD, Nitrates, nitrites, ammonium, azote Kjeldahl, orthophosphate, phosphore	in situ: T°C, pH, conductivité, oxygène dissous, débit estimé analyses en laboratoire: DBO5, COD, Nitrates, nitrites, ammonium, azote Kjeldahl, orthophosphate, phosphore	in situ: T°C, pH, conductivité, oxygène dissous, débit estimé analyses en laboratoire: DBO 5, COD, Nitrates, nitrites, ammonium, azote Kjeldahl, orthophosphate, phosphore	in situ: T°C, pH, conductivité, oxygène dissous, débit estimé analyses en laboratoire: DBO 5, COD, Nitrates, nitrites, ammonium, azote Kjeldahl, orthophosphate, phosphore
rejets directs	in situ: T°C, conductivité	in situ: T°C, conductivité	in situ: T°C, conductivité	in situ: T°C, conductivité

* : uniquement sur prélèvement intégré

** : analyses réalisées par le bureau d'étude CESAME

Tableau 2 - Analyses physico-chimiques effectuées lors des quatre campagnes

PHASE 1 : DIAGNOSTIC QUALITATIF ET FONCTIONNEL

4 - Le lac

4.1 Rappel historique

Avant 1955, l'emplacement du lac aux Ramiers était constitué d'une zone marécageuse traversée par le ruisseau des Pêcheurs. Les parcelles appartenait à plusieurs propriétaires en indivision.

Le lac aux Ramiers a été créé en **1955 et mis en eau en 1956 (voir photo jointe)** afin de développer le tourisme notamment par des activités de pêche ; il était alors géré par une société anonyme.



En 1985, la commune de Vernoux-en-Vivarais a racheté le lac ainsi que l'ensemble des propriétés attenantes. Elle engage alors des travaux d'aménagements, afin de développer sur le plan d'eau des activités de loisirs : pêche mais aussi baignade. Ainsi, elle installe des équipements nautiques tels que les pontons et la plage située au sud-est du lac. Ces travaux s'accompagnent d'un aménagement paysager et de la création de la Maison du lac (salle communale).

En 1989, la buse de trop plein qui alimente le ruisseau des Eygas en aval du plan d'eau est équipée d'une vanne de fond. Un curage partiel du lac a par ailleurs été effectué, unique opération de nettoyage réalisée depuis sa création d'après la commune. L'opération a été réalisée à la pelle mécanique. A cette occasion, **11 000 m³** de matériaux ont été extraits du plan d'eau par l'entreprise GERLAND T.P. Les moyens techniques mis à disposition à cette date n'ont pas permis de réaliser un curage complet du plan d'eau. Lors de cette opération, la vanne de fond de la digue était ouverte pour abaisser le niveau du lac et faciliter son curage.

Début 1990, le fossé contournant le lac dans sa partie ouest (rive droite) est drainé et comblé.

En juillet 1991 et jusqu'en 1995, des opérations de faucardage ont été effectuées chaque année dans le plan d'eau. On ne dispose malheureusement pas d'information précise sur ces opérations (secteurs concernés, espèces végétales, quantité,...).

4.2 Caractéristiques physiques

Une digue de faible élévation (< 4 m) d'environ 180 m de long est implantée en travers du ruisseau des Pêcheurs de façon à retenir l'eau. La cuvette présente une longueur d'environ 330 m et une largeur de 160 m.

Les caractéristiques du lac aux Ramiers sont les suivantes (mesures du 02/06/09) :

- périmètre du plan d'eau : environ 900 m
- surface en eau : environ 3,17 ha

- profondeur minimum : 0,20 m
- profondeur maximum : 3,70 m
- profondeur moyenne : 1,60 m
- volume d'eau : 51 000 m³ ; le volume d'eau plein bord du lac est estimé à environ 67 000 m³.

Une campagne de bathymétrie a été réalisée en juin 2009 à l'aide d'un échosondeur couplé à un GPS ; 765 points de mesure ont été relevés. La bathymétrie est illustrée en **figure 5 hors texte** et schématisée ci-dessous.

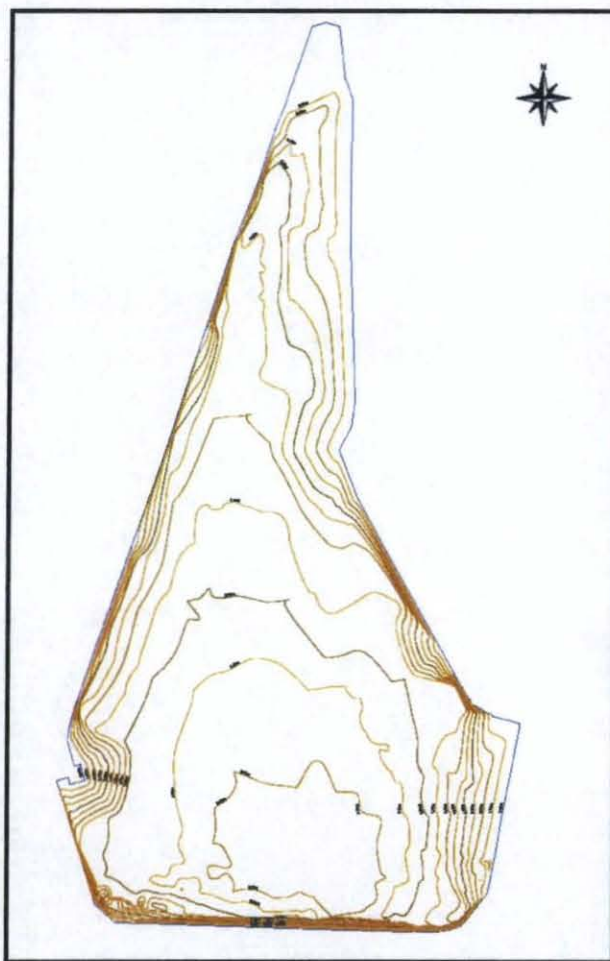


Schéma 5 - Représentation de la bathymétrie du lac aux Ramiers (juin 2009)

Il en découle les observations suivantes :

- la zone de plus grande profondeur se situe à proximité de la digue, sur le tracé de l'ancien ruisseau des Pêcheurs ;
- la pente est plus abrupte au niveau de l'enrochement en rive droite, au niveau de la digue ainsi que du ponton ;

la zone située à proximité de la plage ainsi que celle située en queue de retenue en rive gauche sont en pente plus douce. En effet, la roselière piège les sédiments fins charriés par le ruisseau amont et génère elle-même des apports organiques (sédimentation de feuilles mortes par exemple), la plage quant à elle est régulièrement alimentée en sables par les services municipaux.

4.3 Usages et aménagements associés

4.3.1 Activité de baignade

La plage aménagée en rive gauche du lac occupe une superficie d'environ 900 m² ; elle est composée de sable et de terre enherbée.

La baignade est surveillée par un maître nageur sauveteur les mois de juillet et août et une aire de baignade est délimitée par une ligne de flotteurs. Une cabine du type cabine toilettes chimiques de chantier est installée sur la plage pendant la période estivale. Ce sont des WC à l'anglaise avec réservoir à recirculation d'eau et pompe à main (chasse d'eau).

Les pontons implantés sur le plan d'eau, et plus particulièrement celui installé en rive droite du lac, sont utilisés par certains jeunes pour sauter dans le plan d'eau en dehors de la zone de baignade surveillée.



Photographies 1 : Plage et pontons

4.3.2 Activité de tourisme et de loisirs

Le lac aux Ramiers est un lieu touristique majeur pour la commune de Vernoux-en-Vivarais. Le plan d'eau est fréquenté en période estivale. En effet, lors des campagnes de terrain réalisées au mois d'août, le plan d'eau était très fréquenté à la fois par des baigneurs mais aussi des pêcheurs ou de simples promeneurs.

Sans aucun doute, ce tourisme a été incité par les aménagements récréatifs du plan d'eau et de son environnement lors des travaux de 1985. A cette date, de vastes travaux d'aménagement ont été engagés comprenant un aménagement paysager, la construction de la maison du lac, des gîtes communaux, des jeux, des parcs de stationnement.

En 1965 (cf. photos ci-après), les abords du plan d'eau étaient moins artificialisés que de nos jours. Le talus enherbé a été remplacé par un muret béton, l'aire de stationnement des pédalos a fait place à un ponton et à la maison du lac. A l'époque, la profondeur du plan d'eau n'excédait pas un mètre, et on peut distinguer en queue du lac la présence d'une roselière relativement importante.

En 1987, on peut observer sur les plans consultés la présence d'un fossé sur la rive droite du plan d'eau. En 1990, ce fossé a été comblé sur 150 m par l'entreprise GERLAND T.P. et fils, et un drain a été construit pour assainir le bord du lac.



Photographies 2 : Lac aux Ramiers avant et après les travaux d'aménagement (1960/1965 et 2009)

Le plan d'eau est aussi un lieu de détente pour les habitants de la commune et de la région, fréquentant les abords du lac et profitant de ce cadre pour des activités de promenade.



Des chemins ceinturent partiellement le plan d'eau et des allées sont dessinées sur le terrain à l'ouest du plan d'eau. Une aire de pique-nique avec deux tables est aménagée au nord. Notons l'existence d'un parcours de santé, dont le départ se situe du côté de la maison du lac et dont le tracé couvre le périmètre du plan d'eau. Un agret est déposé sur la partie enherbée de la plage. Pour les plus jeunes, une aire de loisirs et un skate-parc ont été aménagés en contrebas des 13 pavillons des gîtes communaux.

La maison du lac, située au sud-ouest, du plan d'eau peut accueillir 170 personnes et est utilisée pour des repas de famille ou associatifs mais aussi pour des réunions et des spectacles.

4.3.3 Activité de pêche

Le plan d'eau est fréquenté par les pêcheurs de Vernoux-en-Vivaraïs et de la région. Ils peuvent poser leurs lignes sur la totalité du plan d'eau excepté en rive gauche où les roseaux et la propriété privée leur empêchent tout accès au plan d'eau.

Lors des visites de terrain, nous avons rencontré des pêcheurs sur la plage, sur les pontons du sud du lac, le long de la promenade ouest du lac, sur les enrochements, et au niveau de l'aire de pique-nique aménagée au nord.

Le lac étant classé en 1^{ère} catégorie piscicole, la pêche est autorisée de mars à septembre (14 mars au 20 septembre 2009). La taille minimale de capture pour la truite fario est de 23 cm.

La gestion est assurée par l'association de pêche locale, « la truite Vernousaine » qui compte environ 300 adhérents (donnée 2008). Les pêcheurs sont pour la plupart des locaux mais le site est accessible aux pêcheurs titulaires du permis départemental.

La fréquentation halieutique est importante lors de la fête de la pêche en juin. Elle a réuni 400 inscrits en 2009 dont beaucoup d'enfants. Pour cet événement, des lâchés de truites sont réalisés quelques jours avant : 400 à 500 kg de truite arc-en-ciel en 2009 dont 150 kg de gros individus (3 à 6 kg).

L'AAPPMA (Association Agréée pour la Protection de la Pêche et du Milieu Aquatique) rejette aussi des truites fario (taille de 23 à 29 cm) environ 10 jours avant la date d'ouverture de la pêche.

La fédération de pêche de l'Ardèche déverse 220 kg de truite arc-en-ciel chaque année (120 kg avant la date d'ouverture de la pêche et 100 kg en mai). Il n'y a en revanche plus d'empoissonnement dans les rivières de 1^{ère} catégorie piscicole du département (gestion patrimoniale).

4.4 Hydrologie et fonctionnement hydraulique

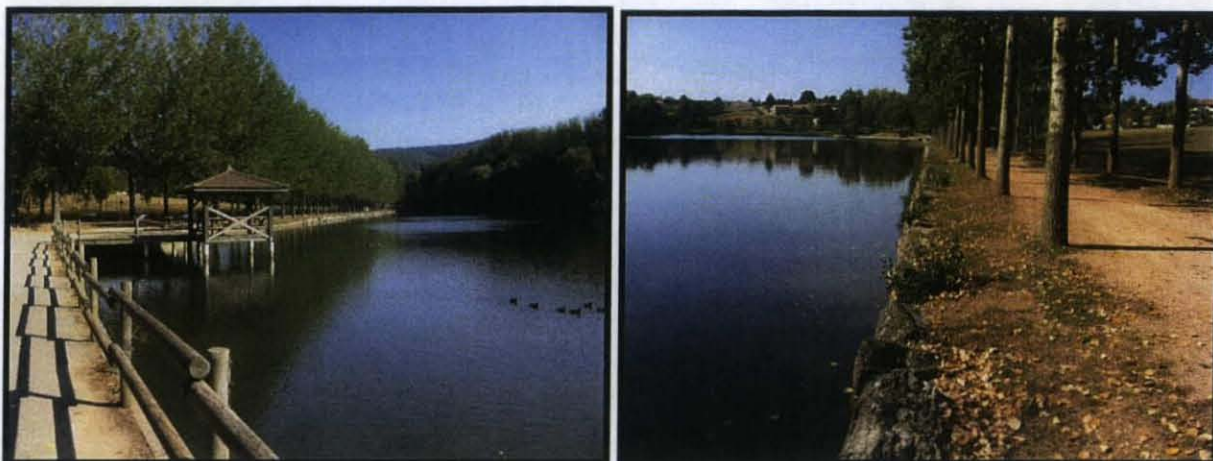
4.4.1 Caractéristiques et dimensions des ouvrages hydrauliques actuels

Le premier ouvrage hydraulique à mentionner est évidemment la digue. Elle est longue d'environ 180 m, et de largeur en crête de 4 m. D'après nos observations de terrain, il semblerait que la structure de la digue soit en terre et non pas une structure maçonnée. Son élévation maximale est de 4 m. Aucune coupe ou plan de l'ouvrage n'est disponible ; ainsi nous ne disposons que des mesures et observations de terrain réalisées.



Photographie 3 : digue du plan d'eau

La berge en rive droite est artificielle et composée de 240 m d'enrochement puis un muret béton de 105 m jusqu'à la digue.



Photographies 4 : Enrochement et muret en rive droite

Le plan d'eau ne possède pas de déversoir de sécurité. En revanche, le trop plein est évacué par une buse située en partie sud du plan d'eau. Cette buse de 300 mm de diamètre est munie d'un dégrilleur en mauvais état. Le risque **d'obturation de la conduite d'évacuation est réel**.

La conduite évacuatrice connectée à la buse est située à 3,45 m de profondeur. Elle est constituée d'une conduite en ciment de diamètre 100 mm implantée perpendiculairement à la digue. Depuis 1989, cette conduite est équipée en amont d'une vanne murale à commande manuelle (colonnette et volant en fonte) qui n'est quasiment jamais utilisée en raison d'un mauvais fonctionnement de cette dernière. La conduite évacue le trop plein vers le ruisseau des Eygas, exutoire du lac.

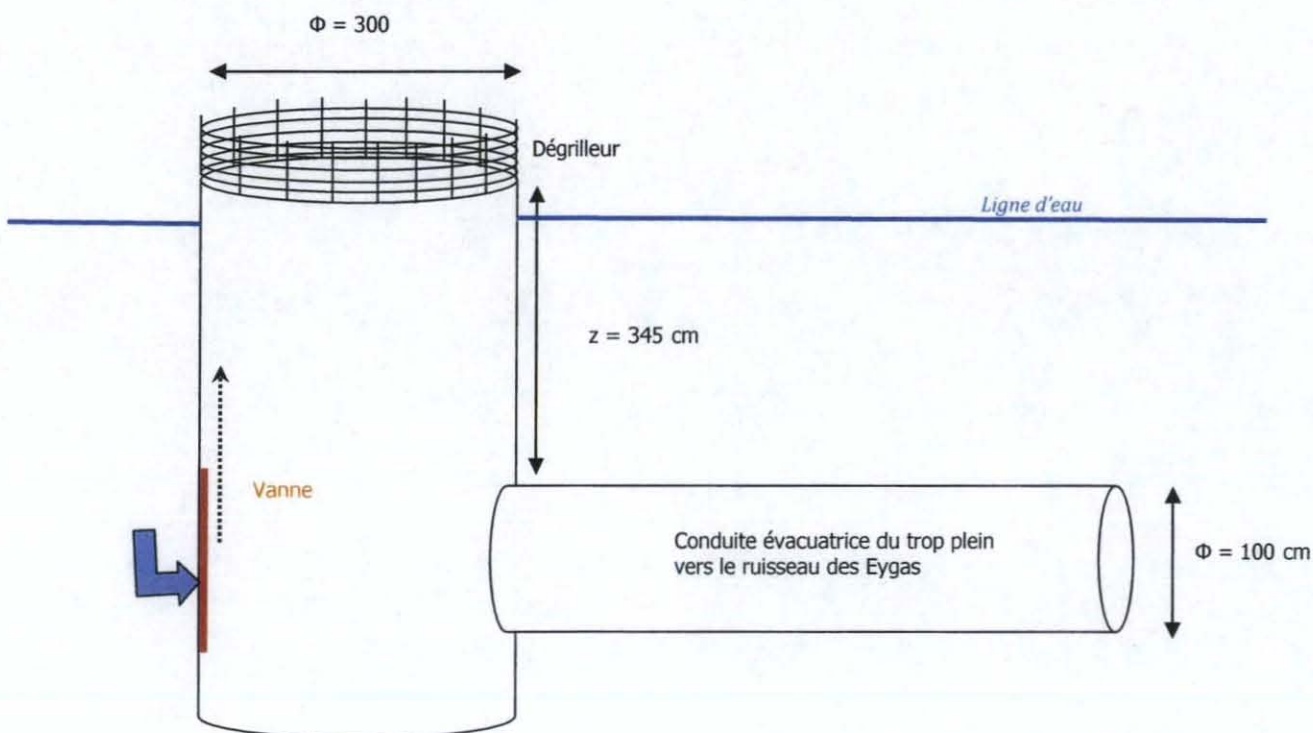


Schéma 6 - Représentation schématique de l'ouvrage hydraulique d'évacuation

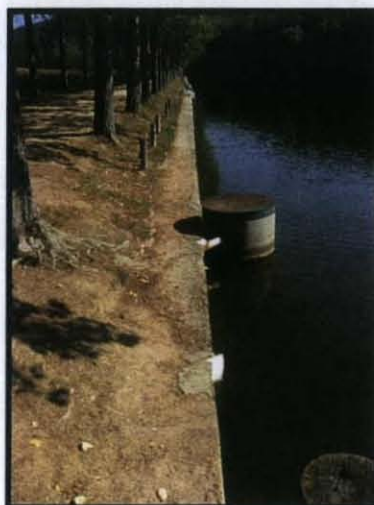


Photographies 5 : Buse déversoir, passerelle, volant à crémaillère et dégrilleur



Photographie 6 : Conduite exutoire - ruisseau des Eygas

Enfin, un ouvrage en rive droite du plan d'eau (cf. photographie ci-dessous) a été identifié. L'usage de cet ouvrage reste à confirmer. Il est possible que ce soit un système de mesure qui avertit la commune lorsque le niveau du plan d'eau est élevé pour déclencher l'ouverture de la vanne de fond. On peut également supposer un système de pompage, éventuellement pour l'arrosage de terrains proches du plan d'eau.



4.4.2 Alimentation du lac

Le régime hydrologique des cours d'eau de l'Ardèche est caractérisé de « **pluvial de type cévenol** ». Il se rapproche du régime pluvial avec cependant des débits élevés en automne liés à des crues violentes. Le régime pluvial quant à lui se caractérise par des hautes eaux en automne-hiver et un étiage en été.

Le ruisseau des Pêchers ayant un débit très faible, et le lac n'étant par ailleurs alimenté que par de petites sources éparses, le cours d'eau en aval du plan d'eau subit donc annuellement un **étiage sévère** durant l'été allant jusqu'à l'état de sécheresse.

Le lac est de **type polymictique aléatoire** sans **stratification thermique durable**, ce qui induit des échanges fréquents entre couches profondes et superficielles, notamment sous l'effet du vent.

En l'absence de stations hydrométriques sur le ruisseau des Pêchers en amont du lac et le ruisseau des Eygas, exutoire du plan d'eau, les données dont nous disposons sur les débits de ces cours d'eau sont celles mesurées par nos soins lors des campagnes de prélèvements, complétées par les mesures transmises par le bureau d'étude CESAME.

Date	Ruisseau des Pêchers	Ruisseau des Eygas
26 mars 2009	≈ 40 l/s	≈ 13 l/s
29 avril 2009 *	30 l/s	20 l/s
02 juin 2009	≈ 10 l/s	≈ 8,5 l/s
25 juin 2009 *	0 l/s	A sec
13 août 2009	≈ 1 l/s	A sec
27 août 2009 *	1 l/s	A sec
22 septembre 2009	4 l/s	3 l/s
22 octobre 2009	10 l/s	30 l/s

Tableau 3 - Débits estimés des cours d'eau amont et aval lors des quatre campagnes respectives de BURGEAP/AQUASCOP et de CESAME

Le ruisseau des Pêchers qui alimente le lac présente un débit faible voire quasiment nul en été (1 l/s en août).

A partir de juin jusqu'à fin août, **le cours d'eau en aval immédiat du lac est à sec (absence de surverse)**.

L'analyse du bilan hydrologique permet d'avoir une estimation quantifiée des différents apports et pertes d'eau qui constituent le cycle de l'eau sur un bassin versant. Pour effectuer les calculs qui suivent, nous avons exploité les données météorologiques de la station Météo France de Vernoux-en-Vivarais.

4.4.2.1 Les apports en eau

Le principal apport d'eau sur le bassin versant du lac aux Ramiers est lié aux précipitations.

- Superficie du bassin versant : $S = 1,2 \text{ km}^2$.
- Précipitations brutes moyennes annuelles = 1 145 mm.

Notons par ailleurs **la présence d'une source en rive droite du ruisseau des Pêchers**. Cette source d'un débit estimé à 137 l par minute lors d'une année de grande sécheresse (1976) est utilisée pour l'alimentation en eau d'une propriété située dans les hauteurs sur la rive gauche du lac.

Cette **eau de source** traverse par la suite des champs pâturés avant **de se jeter en rive gauche du plan d'eau (via un système de buse)**.

Les termes de sorties

Dans le bilan, 3 termes de sortie sont ici pris en compte,

- (Q) - écoulement vers l'exutoire par ruissellement direct : l'exutoire étant défini par l'ouvrage de trop-plein du lac aux Ramiers ;
- (ETP et ETR) - Evaporation et évapotranspiration
 - ETP évapotranspiration potentielle : pertes d'eau sur une surface donnée et en un temps donné, par évaporation à la surface du sol et par transpiration des plantes. L'évapotranspiration potentielle est la transpiration maximale, dans des conditions atmosphériques données, sur un sol portant une végétation basse bien pourvue d'eau et ne recouvrant pas entièrement le sol ;
 - ETR évapotranspiration réelle : l'évapotranspiration réelle (ETR) est égale à la quantité d'eau réellement évapotranspirée au niveau des plantes. C'est une grandeur observée ;
- (I) - infiltration et alimentation des nappes souterraines sans résurgence dans les cours d'eau.

Le bilan global s'établit par l'équation suivante :

$$P = Q + ETR + I + \Delta S$$

- P: précipitations brutes annuelles en mm
- Q : écoulements annuels moyen en mm
- ETR : évapotranspiration réelle annuelle en mm
- I : infiltration annuelle en mm
- ΔS : variation de stock d'une année sur l'autre (négligeable devant les autres termes)

Dans le cas du lac aux Ramiers, il est difficile de quantifier séparément les termes de ruissellement et d'infiltration puisque le bassin versant comporte des sources de versant qui sont des résurgences des circulations souterraines en provenance du versant nord-ouest.

Nous nous attacherons donc dans un premier temps à quantifier le terme Q+I.

4.4.2.2 Principe et méthode de calculs

Compte tenu du fort contraste climatique inter-saisonnier identifié, nous cherchons ici à réaliser une analyse plus fine permettant d'estimer les paramètres du bilan hydrique, au pas de temps mensuel.

- P : précipitations moyennes mensuelles (station météorologique de Vernoux-en-Vivarais) ;
- ETP : évapotranspiration potentielle calculée à la station de Vernoux-en-Vivarais ;
- ETR : évapotranspiration réelle calculée comme suit :
 - lorsque $P < ETP$, $ETR = P$;
 - lorsque $P > ETP$, $ETR = ETP$;
- Q + I : ce terme composé des infiltrations alimentant la nappe et les sources et du ruissellement direct est calculé par soustraction de l'ETR au terme de pluviométrie ;
- RFU (en mm) : Réserve du sous-sol utilisable par les plantes (valeurs moyennes extraites de bases bibliographiques tenant compte des données pédologiques disponibles imprécises) ;
- S : la variation de stock est supposée négligeable.

Résultats

Le **tableau 4** suivant présente les résultats obtenus pour le calcul du bilan hydrologique au pas de temps mensuel.

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Année
Précipitations moyennes (mm)	133	191	143	90	64	50	54	89	102	63	63	106	1146
ETP (mm)	88,4	46,2	25,0	15,5	19,0	28,9	59,8	90,6	120,6	150,4	167,0	129,5	940,9
P-ETP (mm)	44,5	145,0	118,2	74,1	45,1	20,6	-6,1	-2,1	-18,5	-87,5	-104,2	-23,9	205,3
RFU	70	70	70	70	70	70	63,9	61,9	43,4	0,0	0,0	0,0	-
Q+I (mm)	44,5	145,0	118,2	74,1	45,1	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	447,6
ETR (mm)	88,4	46,2	25,0	15,5	19,0	28,9	59,8	90,6	102,0	63,0	62,8	105,6	706,7
Q+I l/s	21	65	55	33	20	10	0	0	0	0	0	0	

Tableau 4 - Bilan hydrique moyen mensuel sur le bassin versant du lac aux Ramiers

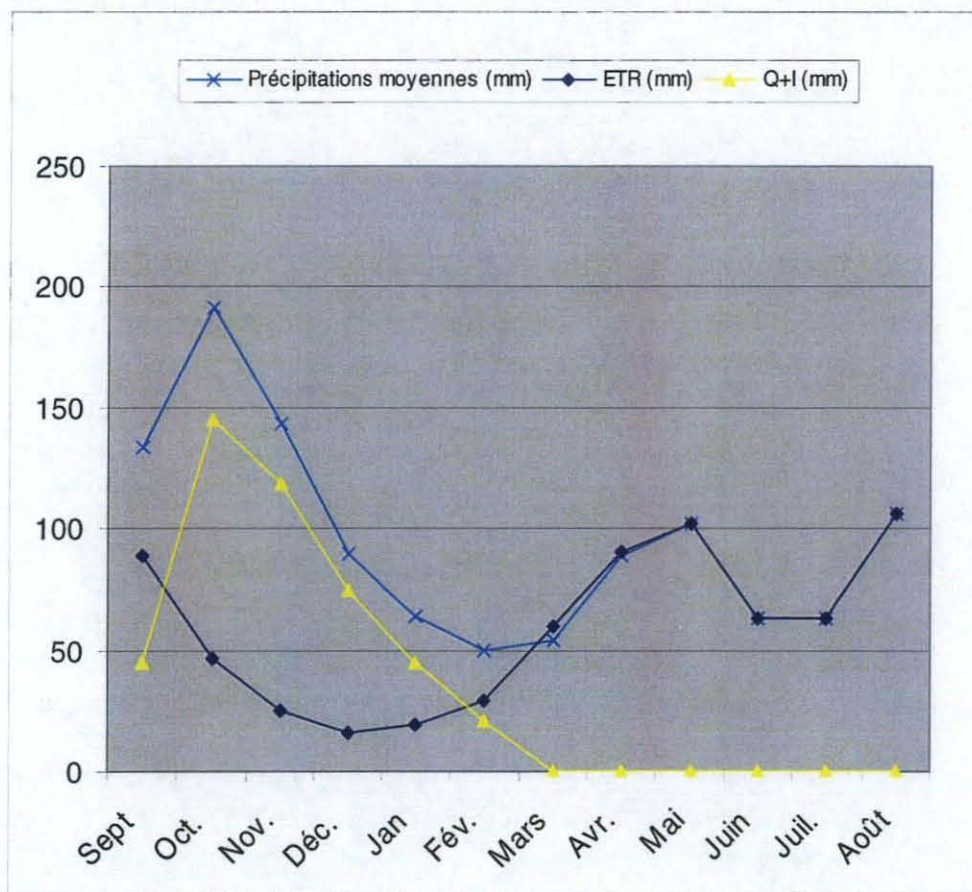


Schéma 7 - Valeurs mensuelles des paramètres hydrologiques sur 1998-2009

Le bilan hydrique ci-dessus met en évidence que **la période de remplissage du plan d'eau s'échelonne entre septembre et février**, avec une recharge maximale entre octobre et décembre. Les mois de mars à août correspondent à une période de **déficit hydrique** où l'évapotranspiration à l'échelle du bassin versant est supérieure aux précipitations.

Ces observations restent cependant à nuancer en fonction des termes d'apport qui peuvent être différés par la présence de sources continues sur le bassin versant le long du lac.

Temps de renouvellement des eaux du lac

En 2005, une étude menée sur le lac aux Ramiers par le bureau d'étude CINCLE pour le syndicat intercommunal Eyrieux Clair a conclu à un temps de séjour des eaux de 2 mois au module, 1 mois en période hivernale humide et 5 mois pendant l'été, période durant laquelle le bilan hydrologique du lac est déficitaire.

Lors de nos investigations de terrain, nous avons estimé les débits entrant par le ruisseau des Pêchers et sortant via la buse dans le ruisseau des Eygas.

Au 2 juin 2009, le volume d'eau stocké dans le plan d'eau a été estimé à **51 000 m³**. Le débit entrant par le ruisseau des Pêchers est estimé à 10 l/s et le débit sortant à l'exutoire est estimé à 8,5 l/s.

On constate ainsi une perte d'1,5 l/s par évaporation et/ou infiltration. Ceci étant, nous pouvons calculer les temps de renouvellement des eaux à cette date :

$$t = V \text{ cuvette} / V \text{ flux entrant ou } V \text{ flux sortant.}$$

L'estimation des flux entrants est biaisée du fait d'apport par les sources sous-lacustres ou autres types d'apport ; sur la base du volume de flux sortant, le temps de renouvellement des eaux est de :

$$t = 51\,000\,000 / (8,5 \times 3\,600 \times 24)$$

$$t = \mathbf{69 \text{ jours}}$$

Sur la base des valeurs mesurée le 2 juin 2009, le temps de renouvellement des eaux du plan d'eau est d'un **peu plus de 2 mois**.

Sur la base du bilan hydrique établi, le temps de renouvellement moyen des eaux sur une période d'un an est estimé à **35 jours**.

Sur la base de nos investigations de terrain complétées par celles de CESAME réalisées courant 2009, le ruisseau des Eygas était à sec et le niveau du plan d'eau sous la limite de la buse de trop plein à compter de fin juin jusqu'à fin août minimum (le débit sortant atteignant seulement 3 l/s à fin septembre). En conséquence, l'absence de surverse dans le ruisseau des Eygas a été observée en 2009 sur une période effective de 2-3 mois.

Le débit entrant quasi inexistant, estimé à 1 l/s, et le fort ensoleillement laissent supposer que le bilan hydrique est très déficitaire et que le plan d'eau perd une grande quantité d'eau par évaporation, avec un temps de renouvellement probablement proche de celui estimé par CINCLE, soit **5 mois minimum** en période estivale.

4.5 Qualité des eaux du lac

4.5.1 Qualité physico-chimique des eaux du lac

Quatre campagnes de prélèvements ont eu lieu en mars, juin, août et octobre 2009.

Lors de chaque campagne ont été réalisées les mesures suivantes :

- relevés physico-chimiques in situ tous les 50 cm sur une verticale au point de plus grande profondeur du lac ; les mesures sont faites à l'aide d'une sonde multi-paramètres (température, pH, conductivité, oxygène dissous) ;
- prélèvements d'eau pour analyses chimiques en laboratoire : 1 échantillon moyen dans la zone euphotique¹ et 1 échantillon près du fond,
- mesures *in situ* (température, pH, conductivité, oxygène dissous), dans les cours d'eau amont (ruisseau des Pêcheurs) et aval (ruisseau des Eygas).

Les analyses chimiques ont été confiées au laboratoire EUROFINS. L'ensemble des bordereaux d'analyse sont présentés en **annexe 2**.

4.5.1.1 Profils verticaux

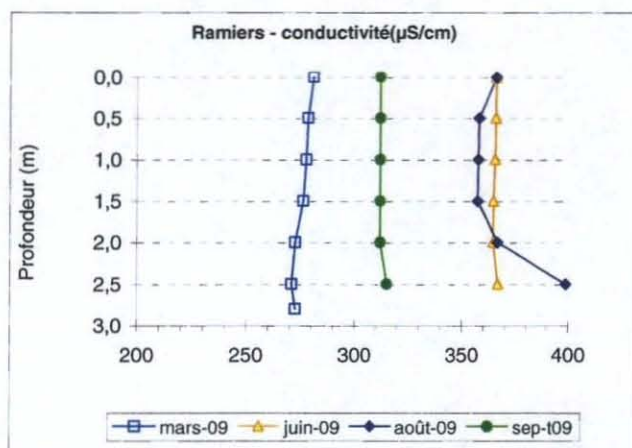
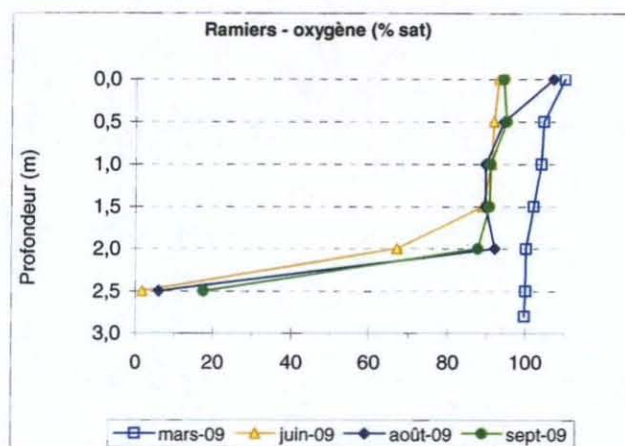
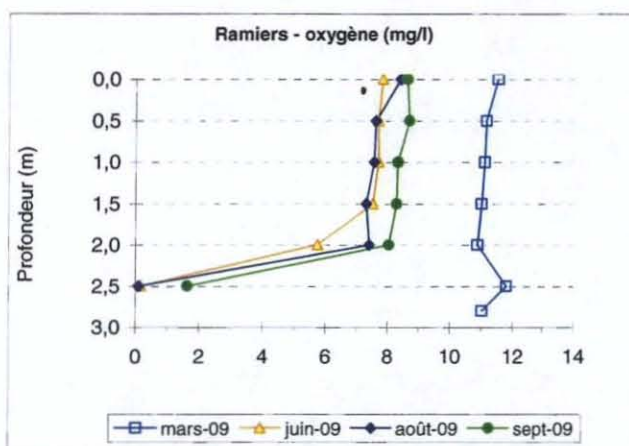
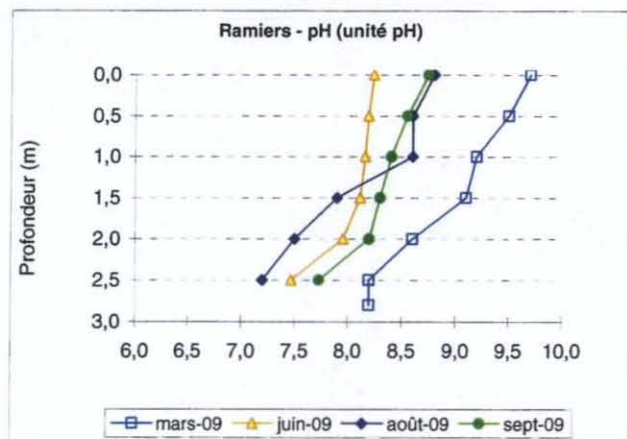
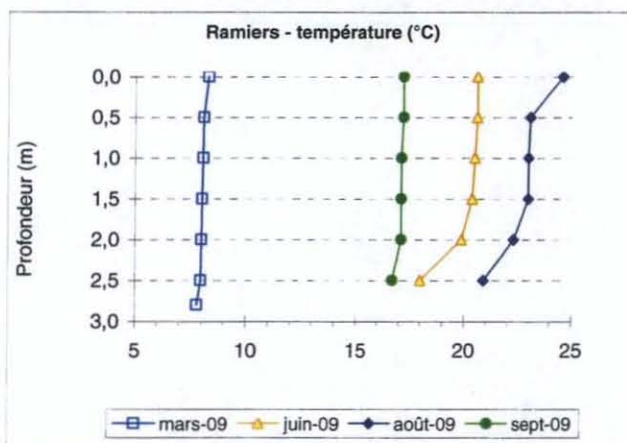
L'évolution saisonnière de quelques paramètres au sein de la masse d'eau est représentée sur les courbes présentées page suivante.

Les courbes montrent les éléments suivants :

- la hauteur d'eau, qui n'excède pas 3 mètres, ne présente pas de stratification de la masse d'eau ;
- la température de l'eau augmente du printemps à l'été avec la température de l'air ; en août, elle est élevée en surface (24,6°C) mais aussi au fond (20,6°C) ce qui est préjudiciable sur une rivière à truite en tête de bassin ; la température correspond à une qualité passable (classe jaune du SEQ- plan d'eau) ;
- l'oxygène dissous est proche du 100 % de saturation en fin d'hiver (mars 2009) ; en revanche, lors des 3 autres campagnes en mai, juillet et septembre 2009, le taux d'oxygène est proche de 90% de la surface à - 2 m pour chuter brusquement près du fond où il est proche de 0. Même en été, période de développement algal, on ne relève pas de sursaturation en oxygène dans la zone trophogène où se développent les microalgues ;
- les eaux sont basiques (pH supérieur à 8,5) en surface et proche de la neutralité au fond ; l'amplitude de variation est forte de la surface au fond (1,5 unités pH) ;
- la conductivité de l'eau, moyenne en mars, augmente sensiblement au printemps et en été pour diminuer ensuite en automne. On ne relève pas de gradient au sein de la masse d'eau ;
- la transparence, mesurée au disque de Secchi, est particulièrement réduite : 75 cm en mars 2009, 70 cm en juin, 58 cm en août et 70 cm en septembre. Cette faible transparence correspond à une qualité mauvaise d'après la grille de qualité du SEQ-plan d'eau ; les eaux sont le plus souvent troubles, et colorées (marron vert).

¹ Par convention la zone euphotique est égale à 2,5 fois la transparence mesurée à l'aide d'un disque de Secchi (en mètres).

Evolution verticale saisonnière de la physico-chimie des eaux du lac aux Ramiers en 2009



4.5.1.2 Qualité des eaux de surface et de fond

Les résultats d'analyses chimiques des eaux du lac lors des 4 campagnes sont présentés dans le **tableau 5a** ci-dessous :

LAC AUX RAMIERS	unité	hiver		printemps		été		automne	
		26/03/2009	26/03/2009	02/06/2009	02/06/2009	13/08/2009	13/08/2009	22/09/2009	22/09/2009
		intégré	fond	intégré	fond	intégré	fond	intégré	fond
Secchi	m	0,8		0,7		0,6		0,7	
zone euphotique (calcul)	m	1,9		1,8		1,5		1,8	
température	°C	10,6	8,4	20,5	18	23	20,6	17,1	16,7
oxygène	mgO ₂ /l	10,9	5,0	7,7	0,2	7,5	0,1	8,4	1,6
oxygène	% saturation	105	45	91	2	91	1	93	18
pH unité	unité pH	8,3	7,6	8,2	7,5	8,6	7,2	8,5	7,7
conductivité	µS/cm	278	272	365	367	357	410	312	315
turbidité	NTH	7	50	10	14	8	7	6	6
matières en suspension	mg/l	13	47	17	26	18	18	26	31
demande chimique en oxygène	mgO ₂ /l	<30	<30	<30	<30	36	62	41	41
demande biochimique en oxygène	mgO ₂ /l	<3	<3	<3	<3	<3	<3	5	4
carbone organique total	mgC/l	4	3	4	4	7	6	6	6
carbone organique dissous	mgC/l	4	2	4	4	6	5	5	5
nitrates	mgNO ₃ /l	5	5	2	1	<1	<1	<1	<1
nitrites	mgNO ₂ /l	<0,04	<0,04	0,06	0,05	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
ammonium	mgNH ₄ /l	0,08	<0,05	0,34	0,29	0,23	0,82	0,24	0,09
azote Kjeldahl	mgN/l	<1	<1	<1	<1	<1	2	1	1
N minéral (N-NH ₄ +N-NO ₃) calcul	mgN/l	1,2	1,2	0,6	0,5	0,4	0,9	0,4	0,3
orthophosphate	mgPO ₄ /l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
phosphore	mgP/l	0,029	0,027	0,03	0,031	0,029	0,068	0,035	0,033
chlorophylle (a)	µg/l	12		9		12		28	
phéopigments	µg/l	6		10		16		16	
silicates	mgSiO ₂ /l	3,59	2,88	<0,5	0,9	4,48	4,5	4,93	5,32

Tableau 5a - Synthèse des analyses physico-chimiques lors des quatre campagnes

Code couleur : référence au grille de qualité du SEQ-plan d'eau et aux seuils d'état écologique des plans d'eau (guide technique mars 2009).

Outre la faible transparence, la température élevée en été et l'absence d'oxygène au fond, déjà évoqués précédemment, les autres signes de perturbation¹ sont les suivants :

- une teneur en pigments chlorophylliens relativement élevée, ceci dès le mois de mars, avec un maximum relevé en septembre (44 µg/l pour la somme « chlorophylle et phéopigments ») ;
- l'azote minéral (sous forme nitrates et ammonium) est présent à une forte concentration² en fin d'hiver (1,2 mgN/l) ce qui est une source importante de nutriments pour le développement des microalgues. Les teneurs diminuent ensuite en été avec la consommation végétale (une faible concentration de 0,38 mgN/l est relevée en août et en septembre 2009) ; la moyenne juin/août/septembre d'azote minéral estival est de 0,47 soit en classe d'état « moyen » mais proche de « bon » (cf circulaire mars 2009, annexe 7) ;
- en août et en septembre (étiage estival), les eaux s'enrichissent en matière organique (DBO₅, COD, COT).

En revanche, le phosphore est faiblement concentré, ce qui signifie que les développements d'algues, favorisés par l'azote, sont freinés par le manque de disponibilité des phosphates (**facteur limitant**).

Lors de la première campagne de mars 2009, des analyses complémentaires ont concerné les eaux de surface du lac (échantillons intégrés). **Les éléments dosés reflètent la nature des terrains traversés. Les eaux sont pauvres en alcalino-terreux (calcium et magnésium), en sulfates et ont une alcalinité moyenne.**

¹ Les valeurs sont comparées à la grille de qualité du SEQ-plan d'eau de 2003, reprise en partie dans le guide technique de mars 2009 relatif à l'évaluation des eaux douces de surface (annexe 7). On considère aussi le document « diagnose rapide des plans d'eau » du CEMAGREF.

² En référence au niveau d'eutrophisation ; les teneurs en nitrates sont très faibles par rapport à la norme eau potable (50 mg/l) ou au grille de qualité des eaux (SEQ eau).

26/03/2009	Unité	Echantillon intégré
Titre Alcalimétrique Simple	°F	<2
Titre Alcalimétrique Complet	°F	15
Hydrogénocarbonates	mgHCO ₃ /l	182
Titre hydrotimétrique	°F	17
chlorures	mgCl/l	33
sulfates	mgSO ₄ /l	9
magnésium soluble	mgMg/l	7
potassium soluble	mgK/l	3
calcium soluble mg/l	mgCa/l	33

Tableau 5b - Synthèse des analyses physico-chimiques lors de la campagne hivernale

4.5.2 Qualité biologique (indices)

4.5.2.1 Phytoplancton : biomasse et composition

A chaque campagne, des prélèvements d'eau ont été réalisés dans la zone euphotique pour analyse de la biomasse algale par le biais des pigments chlorophylliens et pour détermination et comptage des algues microscopiques (méthode Untermyhl).

Caractéristiques générales des peuplements échantillonnés

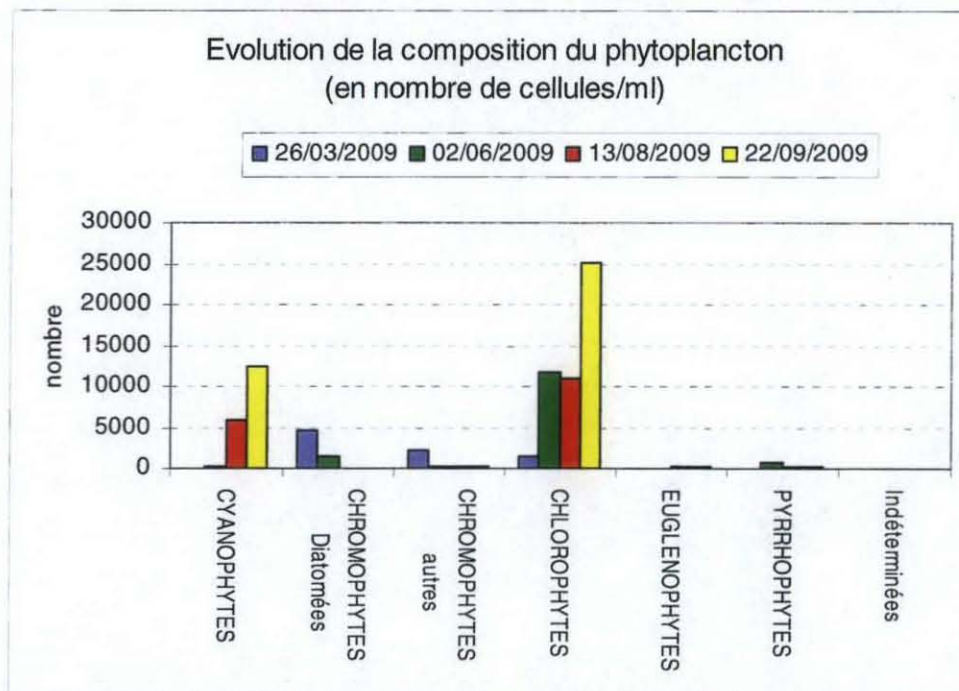
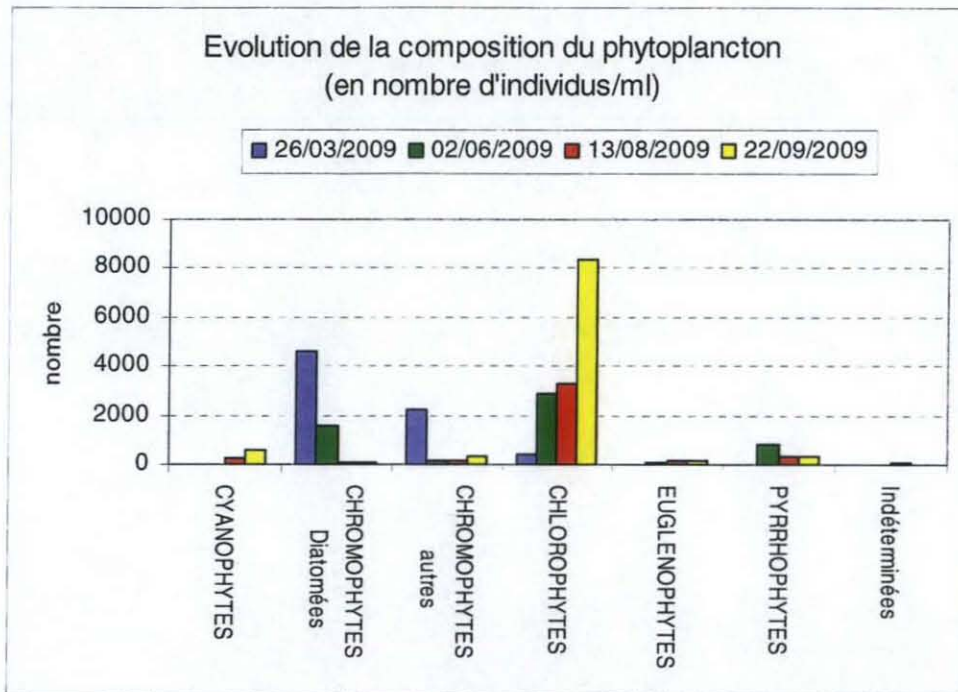
Les résultats synthétiques pour les 4 campagnes sont rassemblés dans le tableau ci-dessous (voir aussi résultats complets en **annexe 3**).

Paramètres	26 mars 2009	2 juin 2009	13 août 2009	22 septembre 2009
Diversité taxonomique	17 taxons identifiés	36 taxons identifiés	38 taxons identifiés	38 taxons identifiés
Densité algale individus /ml	7 300	5 400	4 400	9 700
Densité cellulaire ¹ cellules/ml	8 300	14 600	17 800	38 300
Composition du peuplement	diatomées dominantes (2 espèces)	80% de la densité cellulaire est due à <i>Coelastrum</i> , <i>Crucigenia</i> et <i>Dictyosphaerium</i> pluricellulaires	les cyanophytes ² (algues bleues) représentent 33% de la densité cellulaire	dominance des algues vertes (86%) dont <i>Closterium</i> et toujours <i>Pediastrum simplex</i>
Particularité	présence de <i>Kephyrion</i> , dont l'espèce <i>rubriclaustri</i>	augmentation notable de la quantité d'algues	développement des algues bleues ; dominance de <i>Pediastrum simplex</i>	proportion notable d'une desmidiée, groupe d'algues indicateur de qualité de l'eau correcte
Transparence de l'eau (m)	0,75	0,70	0,60	0,70
Chlorophylle + phéopigments (µg/l)	18	19	28	44

Tableau 6 - Synthèse des peuplements phytoplanctoniques lors des quatre campagnes

¹ Certaines algues comportent plusieurs cellules : elles sont dites pluricellulaires. La masse algale peut donc être exprimée en nombre d'individus et en nombre de cellules, ce qui renseigne sur la matière organique produite et donc sur le niveau trophique du plan d'eau.

² La tendance actuelle est de les nommer « cyanobactéries », en raison de leur parenté, dans la structure de leurs cellules, avec les bactéries. Cela qui prête à confusion, car ces organismes ont la capacité (des végétaux) à utiliser les minéraux (photosynthèse), en étant incapables à utiliser la matière organique et à vivre dans d'autre organisme (comme les bactéries).



Schémas 8a et 8b - Evolution de la composition du phytoplancton

- Evolution du peuplement

■ Le premier prélèvement, au début du **printemps**, montre un peuplement d'algues de densité moyenne avec moins de 10 000 individus/ml, et une biomasse qui n'est guère plus élevée. **La dominance des diatomées à cette époque est une caractéristique assez commune des plans d'eau**, les diatomées étant plus aptes que les autres algues à se développer dans des eaux fraîches et /ou les autres types d'algues étant moins favorisées par des températures fraîches (comme c'est le cas des eaux du plateau ardéchois après l'hiver). La diversité taxonomique est assez faible, avec seulement 17 taxons identifiés. Les espèces *Nitzschia acicularis* (27% du total des individus) et *Fragilaria ulna* var *acus* (même proportion) sont dites « alpha-mésosaprobies », c'est à dire vivant dans des milieux riches en matières organiques, *Nitzschia acicularis* étant même N-hétérotrophe obligatoire, c'est à dire se développant en présence de fortes quantités d'azote organique permanentes, et lié à une certaine richesse minérale de l'eau. L'algue verte *Dictyosphaerium* est assez commune dans le phytoplancton.

On remarquera l'abondance de l'algue chrysophycée (algue « dorée ») *Kephyrion* (dont surtout l'espèce *K. rubri-claustri* qui en est la principale représentante), phénomène assez rarement observé : cette algue représente ici 20% environ de la densité algale. Son écologie est mal connue mais elle semble plutôt liée à des milieux oligotrophes à mésotrophes, peu riches en éléments minéraux, donc a priori de bonne qualité.

■ En juin, le peuplement se modifie notablement : les Chlorophytes (algues vertes) dominent en constituant 80% de la densité cellulaire avec notamment des genres comme *Coelastrum*, *Crucigenia* et *Dictyosphaerium*, qui sont pluricellulaires. De ce fait, **la biomasse algale produite par le plan d'eau est en nette augmentation en début d'été** (on le voit aussi par la concentration de chlorophylle dans l'eau), **ce qui est vraisemblablement permis par le réchauffement de l'eau**, même si la densité algale en début d'été reste du même ordre de grandeur qu'en mars. En revanche, ce sont surtout des algues pluricellulaires qui se développent en juin puisque la densité cellulaire double presque avec 14 500 cellules/ml. Notons la disparition de la *Kephyrion* observée en mars. On note aussi la nette augmentation de la diversité (36 taxons identifiés). Cela est dû à la coexistence des diatomées et des algues vertes qui se multiplient et se diversifient. Ce phénomène est habituel de l'évolution saisonnière du phytoplancton des plans d'eau.

■ **En août**, le développement des algues bleues (33% de la densité cellulaire), et des algues pluricellulaires en général, dont les algues vertes *Pediastrum simplex* et *Tetraedron regulare*, caractéristiques des planctons estivaux, **engendre une augmentation de la masse algale (nombre de cellules, chlorophylle), et une diminution de la transparence de l'eau**. Cela peut s'expliquer par la présence d'espèces en forme de filaments, ou de colonies circulaires plates accroissant la turbidité de l'eau. La diversité reste importante (38 taxons identifiés), du fait, cette fois-ci de la coexistence des algues bleues et des algues vertes

L'augmentation de la matière organique produite par le phytoplancton, le développement des algues bleues dans une forte proportion, aux dépens des algues vertes qui restent néanmoins abondantes, sont liés à la température de l'eau, à l'intensité lumineuse, et paradoxalement, à la rareté de l'azote dissous dans l'eau. Les algues bleues sont en effet capables d'utiliser l'azote de l'air lorsque celui de l'eau vient à manquer, ce qui leur donne un avantage considérable sur les autres algues.

■ C'est en **fin d'été** (septembre) que le phytoplancton semble le plus concentré. La densité algale est voisine de 10 000 individus/ml et la grande proportion d'algues pluricellulaires augmente encore la densité cellulaire (38 200 cellules/ml). Les algues vertes composent en grande partie le phytoplancton (86%). On note que l'espèce dominante est la même qu'en août : *Pediastrum simplex* (plutôt associé à une certaine richesse nutritive de l'eau) représente 43% de la densité cellulaire, générant une biomasse relativement importante. On remarque aussi un autre taxon abondant, du groupe des Chlorophytes mais faisant partie de la famille des desmidiées (*Closterium*), plutôt associée à des eaux peu riches en matières minérales. Soit la qualité de l'eau s'est améliorée, soit la pauvreté nutritive de l'eau sélectionne des espèces plus adaptées, en dehors du groupe des algues bleues, ce qui semble montrer que **le plan d'eau se « rétablit » d'une certaine façon**.

4.5.2.2 Zooplancton

En complément de l'analyse du phytoplancton, un prélèvement au filet à zooplancton (maille de 20 μ) a été réalisé lors de 3 campagnes. Les résultats (listes faunistiques) sont donnés en **annexe 4**.

Le peuplement zooplanctonique du lac est bien diversifié (18 à 19 taxons selon les campagnes). Il comprend des protozoaires (organismes unicellulaires hétérotrophes) ciliés et rhizopodes, ainsi que des métazoaires (organismes pluricellulaires hétérotrophes) : rotifères et crustacées.

Les **Ciliés** présents sont des espèces planctoniques courantes qui se nourrissent de particules organiques microscopiques ou de bactéries présentes dans le milieu. Il en est de même pour les rhizopodes, qui peuvent aussi se nourrir de petits ciliés.

Les représentants de **Rhizopodes** sont des organismes benthiques qui ne se retrouvent en suspension dans l'eau qu'occasionnellement ou par agitation de la surface du fond.

La majorité des **Rotifères** présents dans le lac sont des espèces cosmopolites, que l'on trouve communément dans les plans d'eau de nos latitudes. Ils se nourrissent d'algues unicellulaires ou de détritus ou encore de bactéries (*Pompholyx sulcata*). Ils sont de sensibilité mésotrophe, c'est-à-dire qu'ils se développent en eaux moyennement riches en matières nutritives. Les espèces considérées comme polluo-tolérantes (*Brachionus angularis*, *Brachionus calyciflorus*) sont peu abondantes. On peut observer une progression du processus de l'eutrophisation au niveau des formes et de l'abondance des *Keratella cochlearis* entre juin et septembre 2009 ; la forme *Keratella cochlearis forma tecta* apparaît dans le milieu à la faveur du réchauffement des eaux. Il s'agit apparemment de succession saisonnière qui coïncide avec l'évolution saisonnière du phytoplancton. L'espèce *Polyarthra minor* préfère les eaux neutres voire plutôt tourbeuses alors que *Polyarthra vulgaria* est eurytherme et cosmopolite.

Le peuplement zooplanctonique du lac relève d'un milieu moyennement chargé en matières nutritives. Les peuplements du juin et août 2009 semblent assez équilibrés et sans prolifération excessive d'une seule espèce. Le peuplement du mois de septembre 2009 reflète l'eutrophisation progressive des eaux du plan d'eau correspondant à l'évolution saisonnière et en concordance avec les résultats de phytoplancton.

4.5.2.3 Indice oligochètes

- Méthode d'évaluation de la qualité biologique de plans d'eau (indice lacustre IOBL, AFNOR 2005)

L'indice IOBL (Indice Oligochètes de Bioindication Lacustre) varie de 0 à 20 ou plus. Il est considéré comme décrivant les potentialités du milieu à assimiler et à recycler les substances nutritives ; il est corrélé positivement avec les carbonates du sédiment et la minéralisation des eaux, et négativement avec les teneurs en matières organiques. Les oligochètes intègrent et décrivent cette « **capacité métabolique** » globale d'un lac. En effet, intégrateurs par excellence des sédiments, ils peuvent être considérés comme un paramètre caractéristique dans la mesure où ils participent à la dynamique des échanges eaux-sédiment et aux processus de diagénèse et de pédogénèse (expressions de l'activité biologique des sols aquatiques).

Les oligochètes intègrent également l'impact des rejets anthropiques pour autant que ceux-ci perturbent la capacité métabolique des plans d'eau : les oligochètes expriment donc un compromis entre **un état de pollution et la capacité métabolique globale**.

Les facteurs responsables des capacités biotiques et métaboliques d'un plan d'eau sont multiples :

- teneurs en carbonates du sédiment ;
- nature et origine de la matière organique ;
- taille du plan d'eau, temps de renouvellement des eaux, température, profondeur, ...

Le pourcentage d'espèces qualifiées « **d'oxyphiles** » ou de « **sensibles** » à des apports polluants complète le diagnostic donné par l'indice (le statut d'espèce sensible est attribué à une trentaine de taxons – cf. Annexe C de la norme NF T90-391).

La présence de ces espèces sensibles est notamment liée aux teneurs en oxygène dissous, nécessaires à une bonne assimilation des substances organiques. Leur disparition ou la baisse de leurs effectifs constitue donc une première indication sur la diminution des capacités biotiques et/ou sur la dégradation du milieu. Elles décrivent par ailleurs un « **effet de fosse** » (ou « **effet de stagnation** », Lafont, 1989) qui implique très certainement, outre des déficits en oxygène, un drainage insuffisant du milieu et la stagnation de substances indésirables pour les oligochètes (dérivés de décomposition des matières organiques, déchets excrétés par les oligochètes eux-mêmes, gaz carbonique, produits réducteurs et toxiques, etc).

Une grille d'interprétation du pourcentage d'espèces sensibles est présentée dans le **tableau 7** ci-après. Les sédiments les plus préservés sont ceux où les espèces sensibles prédominent, quel que soit le potentiel métabolique.

% d'espèces sensibles		Diagnostic
> 50 %	5	Très bonne qualité des sédiments
21-50 %	4	Bonne qualité des sédiments
11-20 %	3	Qualité des sédiments moyenne
6-10 %	2	Qualité des sédiments médiocre et/ou impasse trophique
≤ 5	1	Qualité des sédiments mauvaise et/ou impasse trophique

Tableau 7 – Grille d'interprétation des espèces sensibles (d'après Lafont, 2007)

L'indice IOBL est de la forme : **$IOBL = \text{nombre d'espèces} + 3 \log_{10} (\text{effectifs} + 1) / 0,1 \text{ m}^2$**

Trois types de plans d'eau sont définis en fonction des valeurs indicielles (cf. **tableau 8**) :

- les plans d'eau à fort potentiel métabolique ;
- les plans d'eau au potentiel métabolique moyen ;
- les plans d'eau au potentiel métabolique faible.

Indice IOBL	Type de plan d'eau	
≥ 10	type 1	à fort potentiel métabolique
$6,1 \leq IOBL \leq 9,9$	type 2	au potentiel métabolique moyen
≤ 6	type 3	au potentiel métabolique faible

Tableau 8 - Proposition pour une classification des plans d'eau, selon les valeurs de l'indice IOBL (d'après Lafont, 1989)

Cette typologie intègre donc simultanément des tendances fonctionnelles et l'incidence des rejets d'origine anthropique.

- Résultats de la campagne de septembre 2009

Le rapport d'analyse est présenté en **annexe 5**.

La présence exclusive de Tubificidae (100%) est observée. Par ailleurs, un très faible nombre de vers a été retrouvé (9 individus / 0,1 m²).

L'absence d'espèces sensibles a été observée. Celle-ci peut être le fait de :

- phénomène de dystrophie, ou dysfonctionnement trophique lié à la présence de matières organiques difficilement assimilables par les invertébrés (tourbe, débris végétaux grossiers riches en lignine et en cellulose, aiguilles de conifères...) ;
- phénomène de stagnation des eaux ;
- la présence d'une charge polluante modérée à forte dans les sédiments.

Ces différents éléments pouvant agir de façon synergique.

La capacité métabolique du plan d'eau est très faible (IOBL = 4,0). La diversité spécifique ainsi que le nombre d'individus sont très faibles (9 individus représentant d'une espèce). La seule famille représentée est celle des Tubificidae, formes polluo-résistantes.

Les sédiments du plan d'eau sont **sous l'incidence d'un effet polluant modéré à accusé et d'une impasse trophique** (difficulté du milieu à assimiler les apports en matière organique).

4.5.3 Qualité bactériologique

Le lac étant ouvert à la baignade, sa qualité bactériologique est contrôlée chaque été par les services de la DDASS (5 campagnes d'analyses de juin à août).

Sur la base de tous les résultats acquis de 1993 à 2009 inclus (soit 73 analyses), il apparaît que :

- les paramètres bactériologiques sont conformes aux normes de baignade dans 99 % des cas, seule l'analyse du 10 août 2005 dépassant les valeurs impératives ;
- les paramètres chimiques (transparence, coloration, signes de pollution par les huiles, phénols, substances tensio-actives) sont conformes dans 34 % des cas ; la non-conformité est presque toujours due à la **faible transparence de l'eau** (qui doit être supérieure à 1 m pour être conforme).

Les résultats depuis 2005 (voir **tableau 9** ci-dessous) montrent une tendance à la baisse de la qualité avec de nombreuses analyses supérieures à la norme guide sans atteindre toutefois la norme impérative.

Date	Coliformes totaux	Escherichia coli	Streptocoques fécaux
20/06/2005	9000	824	77
06/07/2005	90	15	<15
20/07/2005	550	141	<15
03/08/2005	400	30	<15
10/08/2005	25000	30	6119
22/08/2005	180	61	46
21/06/2006	4400	30	270
11/07/2006	2100	270	144
17/07/2006	630	197	15
02/08/2006	1700	327	46
24/08/2006	600	61	93
20/06/2007	2100	61	0
05/07/2007	60	45	15
16/07/2007	300	30	30
07/08/2007	1000	61	125
23/08/2007	600	30	61
24/06/2008	200	0	0
08/07/2008	3900	197	77
21/07/2008	2500	307	46
04/08/2008	1300	15	30
18/08/2008	1000	30	77
15/06/2009	100	15	15
06/07/2009	400	310	160
20/07/2009	800	530	61
03/08/2009	600	530	46
17/08/2009	900	670	94
norme guide	500	100	100
norme impérative	10000	2000	*

Tableau 9 - Synthèse de la qualité bactériologique (2005-2009)

La réglementation évolue en matière de gestion de la qualité des eaux de baignade avec l'application de la directive européenne 2006/7/CE du 15 février 2006. Cette directive fixe de nouvelles règles d'appréciation de la qualité des eaux : le classement se fait par une méthode statistique sur la base des analyses réalisées pendant 4 années consécutives.

Si on fait le calcul sur le jeu de données de 2006 à 2009 pour le lac, **la qualité de l'eau est « suffisante »** sur la base des 2 paramètres (Escherichia coli et Entérocoques intestinaux) **sans atteindre toutefois la qualité « bonne »**.

4.6 Flore et faune du lac

4.6.1 Analyse de la flore

Aucun développement végétal aquatique (autre que le phytoplancton) n'a été observé en 2009 dans le lac : il n'y a pas d'herbiers enracinés ; quelques filaments d'algues (genres *Spirogyra*) sont observés de manière éparse. Les fonds vaseux sont nus.

Sur les berges poussent quelques hélophytes :

- en rive gauche, au droit de la maison, roselière de roseaux (*Phragmites australis*) accompagnés d'épilobe, d'iris, des douce amère, de renouée et de massette ;
- sur la digue : phragmites, menthe, iris, jonc,... ; ces formations herbacées sont régulièrement fauchées pour faciliter l'accès au plan d'eau pour la pêche à la ligne ;
- en rive droite : quelques rares pieds d'hélophytes (véronique, renouée, prêle,...) ; la berge est en partie enrochée et de plus fauchée (allée de peupliers).

Dans la pré-retenue en amont immédiat du lac se développent des prêles (voir photographies).

Les cours d'eau en amont comme en aval du lac ne sont pas le siège de développement végétal significatif.

Dans la retenue collinaire en amont, on note en été un tapis dense d'algues filamenteuses (*Spirogyra* sp.) ; il n'y a pas de phanérogames (herbiers enracinés). En bordure se développent des hélophytes : massette, renouée, glycérie, épilobe, jonc, prêle, rubanier, menthe,....



Zone de source en tête de bassin :
hélophytes (massettes), aulnes



Retenue collinaire en amont du lac ;
développement d'algues filamenteuses



Pré-retenue au droit du « château » ;
prêles



Ru des Pêchers ; absence de végétaux
aquatiques



4.6.2 Analyse de la faune

Le lac aux Ramiers, bien qu'implanté sur une rivière de 1^{ère} catégorie piscicole, a un peuplement de poissons caractéristiques des eaux calmes. A notre connaissance, il n'y a jamais eu d'inventaire piscicole scientifique dans le lac depuis sa création. D'après les informations données par les pêcheurs, les espèces principales sont : gardon, perche commune, tanche, carpe¹, perche-soleil, carassin, brochet, (poisson-chat ?). Il n'y a, à priori, pas de vairon, goujon, sandre.

Des lachés de truite (truite fario remplacée par truite arc-en-ciel ces dernières années) sont pratiqués avant l'ouverture de la pêche et pour la fête de la pêche chaque année en juin (voir paragraphe relatif à l'activité pêche).

Parmi les espèces indésirables dans le lac (car source de déséquilibres biologiques), on note la perche-soleil, l'écrevisse Signal (*Pasifastacus liniusculus*) et l'écrevisse américaine (*Orconectes limosus*). Les carassins, nombreux il y a quelques années, semblent moins proliférer.

En été, les conditions de vie dans le lac (température élevée, absence d'oxygène au fond) sont peu favorables et l'observation de poissons malades ou morts a été rapportée. Les pêcheurs se plaignent également du goût de vase de ces poissons ce qui limite l'intérêt de la pêche au moins l'été.

La digue du plan d'eau constitue un obstacle infranchissable pour la montaison (digue de 4 mètres sans passe à poisson). L'ouvrage de restitution de l'eau à l'aval du lac (par surverse) rend très difficile le passage des poissons vers l'aval mais on a pu observer quelques poissons transiter dans la tulipe et sortir à l'aval.

En été, le lit du cours d'eau en aval immédiat de la digue est sec par absence de surverse (l'évaporation est supérieure à l'apport amont). Un linéaire d'environ 1 km n'est donc plus alimenté avant le rejet de la station d'épuration de Vernoux qui alimente la rivière.

¹ Quelques gros spécimens sont pêchés régulièrement et remis à l'eau.

4.7 Qualité des sédiments et envasement

4.7.1 Envasement du plan d'eau

Lors des campagnes de prélèvements hivernale et printanière (les 26 mars et 2 juin 2009), nous avons sillonné le plan d'eau sur une barque équipée d'un moteur et avons réalisé une centaine de points de sondage de la **hauteur de sédiment meuble**, à l'aide d'une perche graduée, en notant les coordonnées de ces points (Système WGS 84, en degré minute). La **figure 6 hors texte**, schématisée ci-dessous, illustre l'épaisseur de la couche de sédiments fins et meubles au fond du lac.

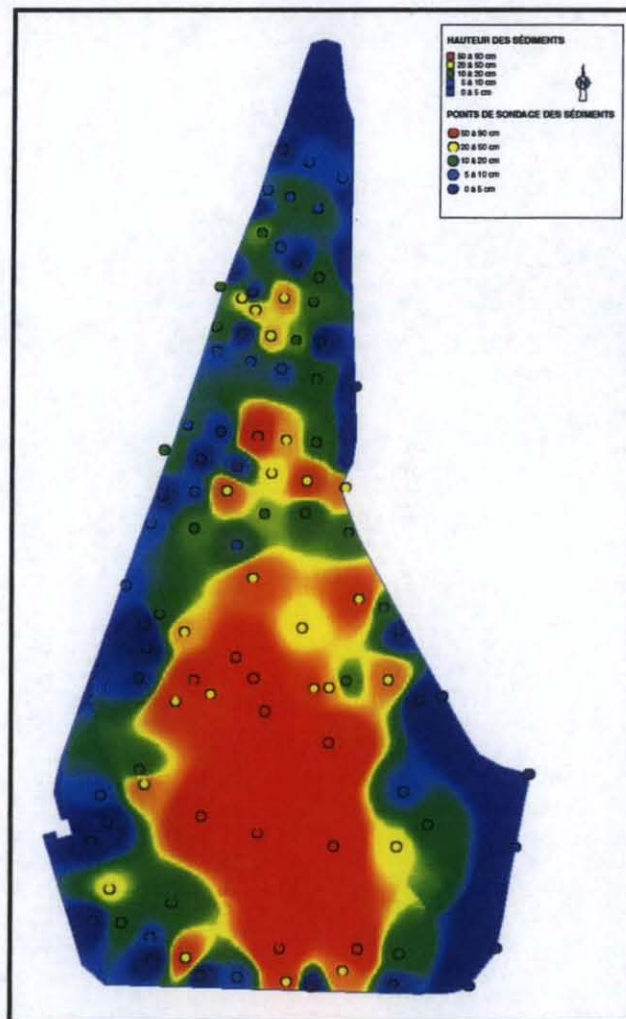


Schéma 9 - Envasement du Lac aux Ramiers (juin 2009)

Le volume de sédiments vaseux meuble (que l'on peut attribuer, par approche sommaire, à des dépôts depuis la création du lac) est ainsi estimé à environ **12 000 m³**, avec une épaisseur variant de 0 à 90 cm. Les dépôts sont plus importants au centre du plan d'eau.

Pour rappel, le plan d'eau a fait l'objet d'un curage partiel en 1989, soit 20 ans auparavant, au cours duquel ont été extraits 11 000 m³ de sédiments. Les apports sédimentaires au plan d'eau seraient donc de l'ordre de **600 m³/an** (estimation pénalisante dans la mesure où le volume de sédiments non curés n'est pas connu et que l'objectif principal de ce curage n'était pas seulement d'enlever les dépôts accumulés mais également d'augmenter la profondeur du lac), qui rapportés à la surface du bassin représente environ 500 m³/km²/an, équivalent d'une perte au sol de **900 tonnes/km²/an**.

Sur la base de notre expérience, cette valeur semble effectivement surestimée pour les raisons évoquées précédemment. Néanmoins, même majorée, elle est indicatrice de l'existence certaine de transports solides très actifs au droit du bassin versant.

Les origines potentielles de ces apports sédimentaires sont les suivantes :

- apports solides par le ruisseau des Pêcheurs (cf. § 5.2) ;
- apports sédimentaires diffus par ruissellement sur le bassin versant ;
- ensablement au niveau de la plage ;
- apports solides par les buses de rejet direct au plan d'eau (cf. § 4.9.1.3).

4.7.2 Qualité chimique des sédiments

Une analyse des sédiments du fond du plan d'eau a été effectuée en septembre 2009. Les résultats d'analyses figurent ci-dessous (voir résultats complets en **annexe 2**).

22/09/2009	unité	lac aux Ramiers
phase solide :		
matière sèche (MS)	% poids brut	25
refus pondéral à 2 mm	% poids brut	9
matières organiques (perte au feu)	% MS	12
carbone organique total	g/kg MS	48
azote Kjeldahl	g/kg MS	4,9
phosphore total	g/kg MS	0,989
C/N (calcul)		10
N/P (calcul)		5
cadmium	g/kg MS	<0,95
nickel	g/kg MS	17
plomb	g/kg MS	36
étain	g/kg MS	<5
HAP (16 éléments)	mg/kg MS	toutes molécules < LQ
autres micropolluants organique (voir liste)	mg/kg MS	toutes molécules < LQ
eau interstitielle :		
ammonium mgNH ₄ /l	mgNH ₄ /l	31,6
orthophosphates mgPO ₄ /l	mgPO ₄ /l	<0,1
phosphore mgP/l	mgP/l	0,082

Tableau 10 - Analyses physico-chimiques des sédiments

Code couleur : référence au grille de qualité du SEQ-plan d'eau.

Les sédiments au fond de la retenue sont composés de **particules fines** (91 % des particules ont une taille inférieure à 2 mm). Ils sont de couleur noir, de texture homogène, fine, sans débris organiques et dégagent **une légère odeur de fermentation**. **La charge en nutriments (carbone organique, azote, phosphore) est faible** ; il ne semble pas y avoir d'accumulation excessive de matières organiques au fond du lac.

En revanche, la **concentration d'ammonium dans l'eau interstitielle** (emprisonnée entre les particules de sédiments) **est très forte** ce qui est surprenant étant données la teneur correcte en azote dans la phase solide et la faible concentration relevée dans les eaux du fond (un artéfact lié au dosage n'est pas à exclure¹). **Le processus de relargage du sédiment vers l'eau surnageante semble donc très actif.**

La recherche de micropolluants minéraux et organiques n'a pas mis en lumière de pollution particulière. Seule la teneur en plomb se révèle significative (en limite de qualité bonne/passable).

¹ Le laboratoire d'analyses a cependant confirmé ce dosage.

4.8 Les apports polluants au lac

4.8.1 Apports domestiques

4.8.1.1 Schéma d'assainissement général

La commune de Vernoux-en-Vivaraïs est dotée d'un schéma d'assainissement général depuis avril 1998. La démarche retenue est :

- les secteurs d'assainissement collectif ou non collectif existants dont le fonctionnement donne satisfaction sont conservés selon ce caractère ;
- l'assainissement autonome est la seule solution envisageable techniquement et financièrement pour les habitations et hameaux isolés, une étude au cas par cas devant déterminer les nécessités et les possibilités de réhabilitation de l'assainissement autonome en place ;
- l'étude se focalise ainsi sur les zones à urbaniser et les zones déjà urbanisées dans lesquelles l'assainissement est défaillant ;
- pour affiner les solutions à retenir, des études technico-économiques sont conduites dans les zones où plusieurs alternatives sont possibles.

La carte d'aptitude des sols indique que le sol sur le bassin versant du plan d'eau est apte à accueillir un assainissement autonome.

4.8.1.2 Diagnostic du réseau d'assainissement de Vernoux-en-Vivaraïs

Le SIVOM du canton de Vernoux-en-Vivaraïs a dressé en 2008 un diagnostic des réseaux d'assainissement de la commune. Le système d'assainissement de la commune de Vernoux-en-Vivaraïs comprenait selon cette étude un réseau de collecte unitaire à 100 % et une station d'épuration.

Aujourd'hui, environ 75 % du réseau est unitaire et 25 % est séparatif (source VEOLIA).

Le réseau de collecte concerne principalement le bourg de Vernoux-en-Vivaraïs ainsi que le Nord et l'Ouest du bourg. Le plan d'eau est situé à l'Est de la commune.

La station d'épuration, qui traite aussi les eaux usées de Châteauneuf-de-Vernoux (4 000 EH, 630 m³/jour et 225 kg DBO5/jour), rejette les eaux traitées et le trop-plein dans le ruisseau de l'Eygas, cours d'eau exutoire du lac aux Ramiers. La capacité d'épuration est de 4 000 équivalent-habitants (630 m³/jour et 225 kg DBO5/jour).

Un schéma du collecteur drainant les eaux usées de Châteauneuf-de-Vernoux à la STEP est illustré ci-après.

Les eaux usées de la maison du Lac sont gérées par le réseau d'assainissement et traitées à la station d'épuration.

Sur la base des plans de réseaux disponibles, il semblerait que la maison privée en rive gauche du lac soit équipée d'un assainissement autonome.

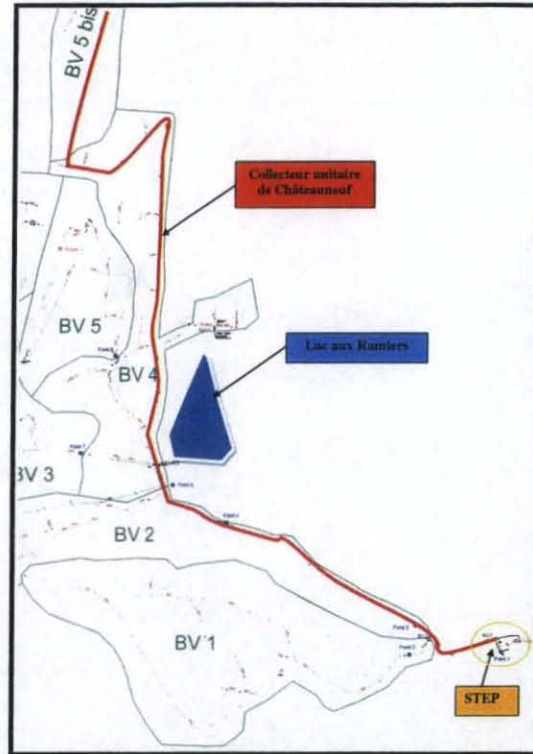


Schéma 10 – Localisation du collecteur unitaire de Châteauneuf-en-Vivaraïs

Le réseau est équipé de 9 déversoirs d'orage ainsi que de 3 postes de relèvement.

L'un des postes de refoulement gérant les eaux usées (réseau séparatif) présente un trop-plein qui rejette dans le ruisseau des Pêcheurs, **25 m en amont du plan d'eau** (cf. § 4.8.1.3), schématisé ci-dessous. Néanmoins, le rejet au milieu naturel ne peut se produire qu'en cas de panne du poste de refoulement faisant l'objet d'une télésurveillance, situation qui jusqu'à ce jour ne s'est encore jamais produite.

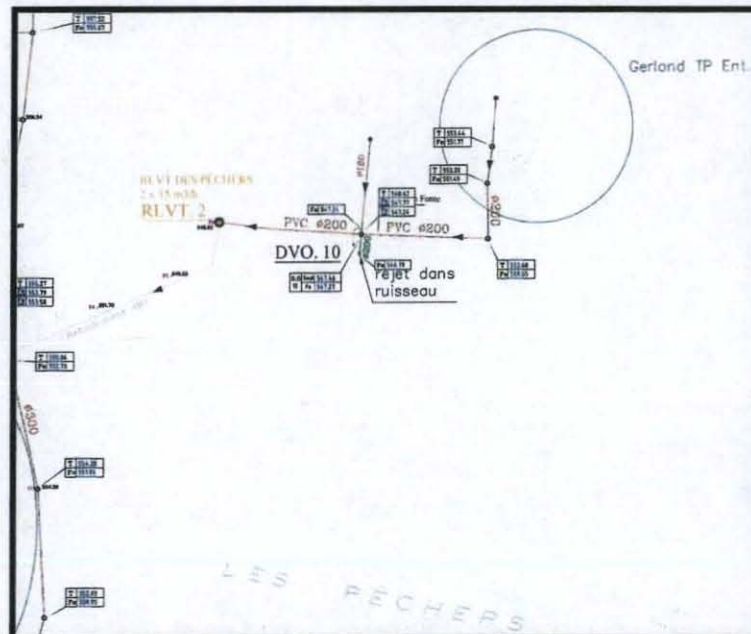


Schéma 11 – Poste de refoulement des eaux usées avec rejet dans le ruisseau des Pêcheurs

Le réseau de collecte draine quelques eaux claires parasites (débit minimal nocturne de 1,2 m³/h), qui constitue l'un des dysfonctionnements avérés du réseau d'assainissement.

4.8.1.3 Exutoires dans le plan d'eau ou le cours d'eau amont

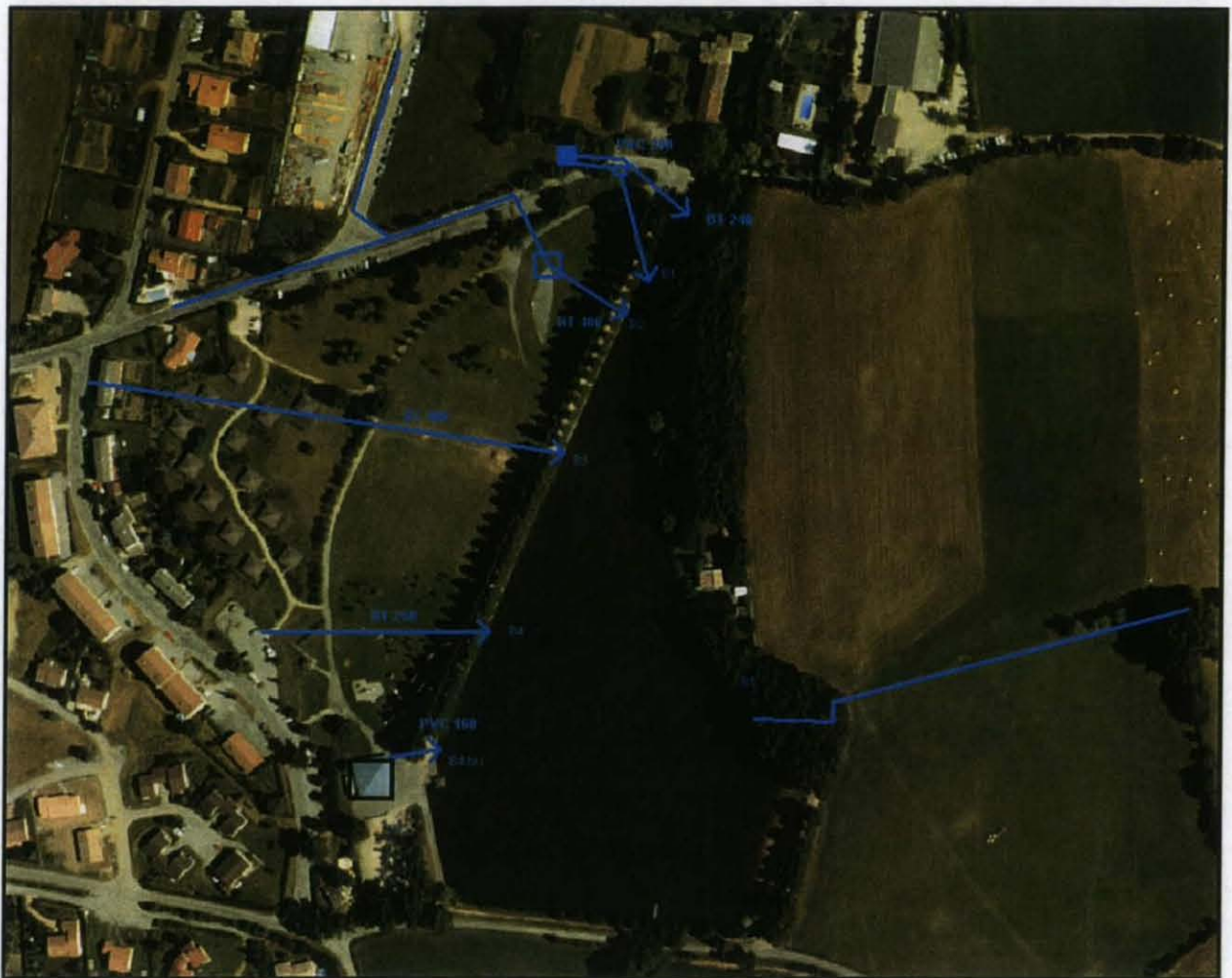


Schéma 12 - Réseaux et rejets directs au Lac

Des **rejets directs au plan d'eau ou au cours d'eau amont** ont été identifiés lors de la visite de terrain.

Trois buses en ciment (référencées B1, B2 et B3) ont été répertoriées sur la rive droite du lac ainsi qu'un rejet en tube PVC (référencé B4bis).

Leur localisation précise est présentée sur la **figure 8 hors texte**.

Des précisions concernant ces rejets ont été apportées par Mr VIALLE (VEOLIA EAU, Saint-Péray).

Les buses identifiées dans le périmètre du plan d'eau sont les exutoires de conduite d'assainissement des eaux pluviales :

- B1 collecte une grille d'eau pluviale et un fossé à proximité du poste de refoulement d'eaux usées ;
- B2 avec un regard d'accès vers l'espace de jeux, collecte des fossés et notamment celui en aval de la menuiserie ;
- B3 et B4 collectent les eaux pluviales des immeubles et voiries situés à l'ouest du lac ;
- B4bis collecte quant à lui les drains et les eaux pluviales du bâtiment situé au bord sud-ouest du lac.

La campagne de septembre 2009 a donné lieu à la mesure de la température et de la conductivité des eaux rejetées.

Buses	Température (°C)	Conductivité (µS/cm)
B2	17,5	364
B3	17,3	438
B4	17,2	379
Débourbeur	17,0	475

Aucune mesure n'a pu être établie au droit des autres buses en raison soit de l'absence de rejet lors de l'intervention (B1), soit de l'immersion de la conduite (B4 bis). Les valeurs mesurées n'indiquent pas de problèmes particuliers, notamment en ce qui concerne la conductivité où les apports ne semblent pas très importants.

Un descriptif et une illustration de ces rejets directs au plan d'eau sont présentés ci-dessous.

Buse de rejet B1 : Diamètre : 40 cm / Épaisseur de la conduite: 4 cm / Fonctionnalité, origine des apports : EP



Buse de rejet B2 : Diamètre : 60 cm / Épaisseur de la conduite: 5,5 cm / Fonctionnalité, origine des apports : EP



Lors d'une visite de terrain, nous avons pu constater que les matériaux apportés au plan d'eau par la buse B2 sont effectivement issus du fossé longeant la route et charriés lors d'épisodes pluvieux.

Buse de rejet B3 : Diamètre : 60 cm / Épaisseur de la conduite: 5,5 cm / Fonctionnalité, origine des apports : EP



Buse de rejet B4 : Diamètre : 20 cm / Fonctionnalité, origine des apports : EP et drains de la Maison du Lac



Un léger filet d'eau s'écoulait lors de la campagne du 18 août 2009. Il semblerait que cette buse corresponde au drain installé en 1989 lors du comblement du fossé ceinturant le lac.

Pour rappel (cf. § 4.5.2.1), une cinquième buse rejetée en rive gauche du plan d'eau (référéncée B5), par laquelle transite les eaux de la source identifiée sur le versant ouest du plan d'eau.

Buse de rejet B4bis : Diamètre : 16 cm / Fonctionnalité, origine des apports : drains de la Maison du Lac



Sur la base des informations transmises par Mr VILLARET, président de « la truite vernousaine », cette buse collecte notamment les eaux usées de la salle du lac (cuisine et sanitaires) qui ensuite sont déroutées dans le réseau d'assainissement au moyen d'une pompe de relevage. Cette pompe, qui présenterait des signes de dégradation avérée (rouille), serait défectueuse et ne serait donc pas en mesure de remplir pleinement son rôle, comme le laisse suspecter la photographie ci-dessus. Il faut noter que cette information n'a pas pu faire l'objet d'une vérification sur le terrain.

L'existence d'apports d'eaux usées ponctuels directs au plan d'eau ne peut donc être écartée.

Rejet direct en amont immédiat du plan d'eau (référéncé BT 240 ou B6) :



Il existe 25 m en amont du plan d'eau le rejet du trop-plein du poste de refoulement des eaux usées, en rive droite du ruisseau des Pêcheurs. Notons qu'il est surveillé en permanence par une télésurveillance existante. Les déversements dans le cours d'eau ne se sont jusqu'à ce jour jamais produits et ne pourraient survenir qu'en cas de panne exceptionnelle du poste de refoulement.

Drains agricoles rejetant dans le ruisseau des Pêchers

Il faut noter enfin sur le secteur amont la présence de drains agricoles (dont la localisation est illustrée en figure 4), l'un débouchant à la hauteur de la petite retenue collinaire en amont et l'autre en aval du Château des Pêchers, drainant des parcelles agricoles du versant Ouest.

Les valeurs mesurées lors de la campagne de septembre 2009 ne mettent pas en évidence une conductivité très élevée. Pour autant, nous ne pouvons pas affirmer que ces rejets n'impactent pas le cours d'eau ou le plan d'eau.

Ils participent notamment **à la dynamique d'envasement du plan d'eau**, particulièrement le rejet B2 qui draine le fossé longeant la voie communale et charriant ainsi cailloux et matières plus fines. Le déboureur installé côté Ouest du plan d'eau ne joue pas son rôle de stockage efficacement. Les sédiments charriés peuvent par ailleurs présenter **une charge polluante potentiellement remobilisable**.

Les apports potentiels de ces rejets sont de plusieurs natures :

- pollutions organiques, par entraînement des eaux de ruissellements et drain vers la maison du lac ;
- hydrocarbures (lessivage des voiries) ;
- pollutions par métaux lourds ;
- macro-déchets drainés dans les fossés.

L'ensemble de ces exutoires directs ou indirects au plan d'eau sont illustrées en **figure 8 hors texte**.

4.8.2 Apports industriels

La localisation des activités industrielles recensées est illustrée en **figure 4 hors texte**.

Une **zone artisanale** est implantée à l'ouest des terres cultivées en rive droite, après un chemin de terre. Trois établissements sont recensés :

- une entreprise de salaison (Etablissement GUEZE) ;
- une carrosserie poids lourds (Etablissement JARJAT) ;
- une menuiserie-charpenterie (Etablissement PIERREFEU).

Le cours d'eau circule ensuite entre des terrains bâtis, en rive droite des habitations (le château des Pêcheurs) et en rive gauche l'entreprise GERLAND T.P. (et propriété annexée), 4^{ème} entreprise recensée. Lors du parcours du linéaire du cours d'eau amont, aucune arrivée de buse n'a été observée (cf. § 5.2.1, tronçon T2). Il n'y a donc pas de rejet direct au cours d'eau depuis ce site industriel.

Un questionnaire d'enquête a été transmis à chacune de ces entreprises afin notamment d'appréhender les éventuels risques de pollution associés à leurs activités vis-à-vis du plan d'eau et du cours d'eau. En dépit de nombreuses relances, nous n'avons obtenu aucun retour sur les questionnaires transmis. En l'absence de données notamment sur le traitement des eaux au droit de ce différents sites industriels, l'appréciation des éventuels apports polluants au plan d'eau en lien avec ces activités industrielles ne peut être établie. La seule information portée à notre connaissance est que l'établissement PIERREFEU (traitement de bois, charpente) est soumis à autorisation. Le traitement des bois se fait dans une cuve conforme localisée dans un bâtiment clos dont le revêtement du sol est en béton.

Concernant l'entreprise GERLAND T.P. du versant est, les observations de terrain témoignent de la présence au droit du site de stocks de matériaux dont la nature ne peut être précisée.

Aucune visite détaillée de site n'a pu être réalisée afin notamment d'identifier les installations et sources de pollution potentielles vis-à-vis du milieu naturel, les accès nous ayant été refusés.

Pour rappel, la buse B2 est l'exutoire de la canalisation qui collecte les eaux du fossé longeant le chemin d'accès au plan d'eau côté Nord ainsi que le fossé longeant la voirie qui dessert la zone artisanale. En conséquence, cette buse, qui participe à l'envasement du plan d'eau, est susceptible de contribuer à l'apport d'une charge polluante (présente dans les sédiments et/ou les eaux de ruissellement) liée aux activités industrielles recensées, soient :

- chlorure de sodium (sel), matières organiques ;
- métaux lourds, composés organiques volatils, hydrocarbures ;
- produits toxiques liés au traitement du bois.

Par ailleurs, il faut noter qu'en cas de pollution accidentelle sur la zone artisanale, ce drain drainant les eaux pluviales constitue un risque avec un transfert direct de la pollution au plan d'eau.

4.8.3 Apports agricoles

La localisation des activités agricoles recensées est illustrée en **figure 4 hors texte**.

Le **tableau 11** ci-dessous synthétise les données acquises sur les exploitations agricoles du bassin versant, obtenues à l'issue des enquêtes de terrain menées auprès des agriculteurs.

Localisation des parcelles	Type d'exploitation	Surface exploitée	Type d'apport	Quantité d'apport	Fréquence d'apport	Période d'apport	Observations
Rive droite ruisseau des Pêchers	terre cultivée (céréales et légumineuses);	7 à 8 ha	compost	-	-	-	Aucun apport d'engrais ni produit phytosanitaire
Rive gauche ruisseau des Pêchers	luzerne 4 an; trèfle 2 ans; céréales 2 ans	15 ha					
Rive gauche ruisseau des Pêchers	terre cultivée (1 année blé; 1 année luzerne)	1,85 ha	- compost - engrais	3 tonnes/ha 150 kg / ha pour le blé	- tous les 3 / 4 ans - tous les 2 ans	- automne	pas d'engrais depuis 4 ans pas de produit phytosanitaire
Rive gauche Lac aux Ramiers	terre cultivée (Maïs l'été, blé l'hiver)	2,75 ha	- purin - fumier - engrais	18 à 20 m ³ /ha 400 à 600 kg/ha maïs et 350-400 kg/ha blé	- 1 fois par an - 1 fois par an - 1 fois par an	- hiver - au semis (automne) - mars (maïs) et printemps (blé)	Utilisation de désherbant (pas depuis 3 ans)
Rive gauche Lac aux Ramiers	terre pâturée (16 à 20 bovins de juillet à novembre)	7,2 ha	déjections animales	difficilement estimables	de juillet à novembre	-	Rive gauche Lac aux Ramiers

Tableau 11 - Recensement des activités agricoles du bassin versant

Les renseignements fournis par la mairie et les agriculteurs ont mis en évidence une singularité du bassin versant. Il existe en effet **une source** sur la parcelle située entre la zone artisanale et le ruisseau des Pêchers. Cette source possède un débit de 137 l/minutes, débit mesuré en 1976 année de grande sécheresse.

Historiquement, cette source alimente en eau la maison du propriétaire du terrain, propriété située en rive gauche du plan d'eau et au-dessus de la parcelle destinée au pâturage des bovins de M. Gerland via un système de canalisation et de pompage.

Cette eau de source alimente un drain situé au sein des parcelles de M. Gerland, utilisé pour l'abreuvement des bêtes. L'eau passe dans une buse sous le chemin pédestre puis est accumulée dans une petite retenue dans la propriété attenante au plan d'eau. Après une petite chute d'environ 50 à 70 cm, cette eau circule à nouveau à l'intérieur d'une buse qui l'achemine au lac.

Ce rejet d'eau direct au plan d'eau **peut donc être chargé en nutriments et autres apports polluants** : engrais, déjection animale, eaux usées domestiques,....



Photographies 7 : Drain, abreuvoir et entrée buse sur la parcelle en rive gauche



Photographies 8 : Retenue et entrée de buse dans la propriété attenante au plan d'eau

4.8.3.1 Evaluation des quantités d'azote produites sur le bassin versant

A partir des données du RGA 2000, nous avons estimé la quantité d'azote produite par le cheptel présent et selon le mode de fertilisation pratiqué. Les données concernant la production d'azote sont celles du CORPEN. En, ramenant la quantité d'azote à la surface de la parcelle, on obtient une contribution relative de la parcelle à la production d'azote par l'agriculture sur le bassin versant.

La grille utilisée est la suivante,

- forte pression : > 75 kg N/ha/an ;
- moyenne pression : 45-75 kg N/ha/an ;
- faible pression : < 45 kg N/ha/an.

Localisation des parcelles	Type d'exploitation	Surface exploitée	Type d'apport	Azote total (unité par tonne ou m3)	Apport d'azote (kg/ha/an)	Pression
Rive droite ruisseau des Pêchers	terre cultivée (céréales et légumineuses);	7 à 8 ha	compost	7,2	?	+ (?)
Rive gauche ruisseau des Pêchers	luzerne 4 an; trèfle 2 ans; céréales 2 ans	15 ha				
Rive gauche ruisseau des Pêchers	terre cultivée (1 année blé; 1 année luzerne)	1,85 ha	compost	7,2	5,4	+
			engrais	15 % (valeur moyenne conventionnelle)	11	
Rive gauche Lac aux Ramiers	terre cultivée (Maïs l'été, blé l'hiver)	2,75 ha	Purin	1	20	++(+)
			Fumier	5,5	?	
			engrais	à 6%	48	
Rive gauche Lac aux Ramiers	terre pâturée (16 à 20 bovins de juillet à novembre)	7,2 ha	déjections animales	73 kg N/an par vache laitière	202,8 pendant 5 mois 84,5 par an	++(+)

+ : pression faible
++ : pression moyenne
+++ : pression forte

Tableau 12 – Pression azotée liée aux pratiques agricoles

Concernant le ruisseau des Pêchers, la pression azotée est globalement faible en rive droite et en rive gauche, avec cependant un doute qui reste à lever car la quantité et la fréquence de l'apport en compost n'est pas connue.

Pour le lac aux Ramiers en rive gauche, la pression est moyenne à forte pour les raisons suivantes :

- la présence de vaches laitières pendant 5 mois (202,8 kg/ha/an d'azote en été et automne) induit une forte pression au moment même où le plan d'eau est le plus vulnérable (conditions hydrologiques les moins favorables). Rapporté à l'année, cette pression est évaluée à 84,5 kg/ha/an d'azote (pression forte) si 20 vaches pâturent, ou à 67,6 kg/ha/an d'azote (pression moyenne) si ne sont considérées que 16 têtes ;
- les apports totaux connus liés à la fertilisation sont évalués à 68 kg/ha/an d'azote (pression moyenne), mais ils n'incluent pas les apports annuels de fumiers ; si ces derniers se révèlent supérieurs à 3,5 T/an, les apports totaux passeraient à plus de 75 kg/ha/an d'azote.

4.8.3.2 Evaluation des risques de lixiviation sous prairies

Dans « le courrier de l'environnement de l'INRA » n°30 (avril 1997), l'article de Simon, Decau & Vertes « Chargement animal et pollution nitrique sous prairies » conclut sur le résultat suivant :

« [le chargement] pourrait, du moins dans l'état actuel des connaissances, servir d'indicateur utilisable en terme de risques. A un changement parcellaire faible (inférieur à 1 UGB/ha ou, exprimé en jours de pâturage, à 365 J/an), les risques de pollution nitrique sont faibles. Ils deviennent importants pour des chargements supérieurs à 1,5 UGB/ha (ou 550 JP/an) où l'on observe dans une majorité de situations une teneur en nitrate des eaux percolées dépassant le seuil de potabilité, soit 50 mg de nitrate par litre. »

Remarque : à teneur équivalente, le poids du lessivage de l'azote nitrique sera cependant très variable selon les conditions pédoclimatiques des situations rencontrées. Le chargement est donc performant en tant qu'indicateur qualitatif, mais insuffisant en tant qu'indicateur quantitatif.

Le risque de lixiviation a été ainsi déterminé en utilisant les valeurs établies par Simon, Decau & Vertes,

- risque fort : chargement > 1,5 UGB/ha,
- risque moyen : 1 UGB/ha < chargement < 1,5 UGB/ha,
- risque faible : chargement < 1 UGB/ha.

Localisation des parcelles	Type d'exploitation	Surface exploitée	Type d'apport	Risque lixiviation (UGB/ha)	Pression
Rive gauche Lac aux Ramiers	terre pâturée (16 à 20 bovins de juillet à novembre)	7,2 ha	1 vache laitière = 1 UGB	2,78 (juil à nov)	+++

+ : pression faible
++ : pression moyenne
+++ : pression forte

Tableau 13 – Risque de lixiviation sous prairie des nitrates

Le risque de lixiviation sous prairie lié au pâturage des 20 vaches laitières induit une pression forte de juillet à novembre. A l'année, cela correspond à 423 JP (Jour Pâturés), soit à une pression moyenne. Pour préciser le résultat qui est essentiellement qualitatif, il conviendrait de réaliser une étude pédologique afin d'évaluer quantitativement les risques de lixiviation de nitrates par infiltration et/ou par ruissellement.

4.9 Bilan : niveau de pollution et d'eutrophisation

4.9.1 Importance et hiérarchisation des rejets polluants

Les analyses effectuées sur les sédiments du plan d'eau ne mettent pas en évidence de problèmes majeurs. On note toutefois une classe de qualité moyenne concernant les teneurs en plomb mais les autres paramètres (autres métaux, HAP, ...) ne déclassent pas la qualité du compartiment « sédiments ». L'origine éventuelle des apports en plomb peut être potentiellement liée aux apports directs au plan d'eau par les buses récupérant les eaux de pluvielles de la zone artisanale.

Les risques liés aux activités industrielles recensées sur le bassin versant semblent par ailleurs limités, sur la base des seules informations partielles acquises.

En revanche, il faut souligner la forte concentration d'ammonium dans l'eau interstitielle des sédiments (classe de qualité mauvaise, au regard du SEQ-plan d'eau). Cependant, la concentration en azote dans la phase solide des sédiments ainsi que dans l'eau du fond ne sont pas si élevées, ce qui laisse à penser que le **processus de relargage des sédiments vers l'eau est très actif mais fugace**.

La nature des rejets directs dans le plan d'eau est d'origine pluviale. Ces rejets d'eaux pluviales peuvent constituer des apports polluants au plan d'eau (hydrocarbures, matière organique et matière en suspension). Néanmoins, les analyses physico-chimiques n'ont pas mis en lumière d'éléments de pollution liée à des apports en matière organique ou en hydrocarbures. Par contre, comme évoqué dans les paragraphes précédents, les buses identifiées contribuent à la dynamique d'envasement du plan d'eau (**remobilisation des sédiments accumulés dans les collecteurs/fossés**). Or comme indiqué ci-dessus, ces derniers peuvent accumuler des polluants qu'ils sont susceptibles de relarguer dans le milieu récepteur, tel que l'ammonium identifié dans l'eau interstitielle.

Par ailleurs, les eaux du lacs (lors de 4 campagnes) présentent particulièrement en fin d'hiver, une concentration en azote minéral (disponible pour le développement algal) importante. Le développement végétal en réduit la concentration au fil des saisons. Cet apport d'azote minéral serait principalement lié **au lessivage des parcelles agricoles du bassin versant**, l'activité agricole représentant une forte pression de pollution pour le plan d'eau. Cette hypothèse est confortée par le fait que les concentrations maximales en azote sont mesurées courant mars, après les forts épisodes pluvieux enregistrés courant février de cette même année.

L'ensemble des analyses effectuées tend à prouver que le plan d'eau souffre :

- **d'apport en éléments minéraux (azote surtout) qui favorise le développement d'algues** : ces apports semblent être le fait des eaux de ruissellement qui lessivent les parcelles agricoles ;
- **d'apport solide lors des pluies.**

4.9.2 Liens entre le peuplement algal et les facteurs environnementaux

Les algues planctoniques ont des tailles généralement comprises entre 10 et 100 μm ; elles se présentent sous forme de globules, de disques, de bâtonnets, de filaments.... Elles comportent généralement des gros chloroplastes (organes qui contiennent la chlorophylle et les autres pigments), ce qui leur confère **une opacité** et une couleur déterminée par les pigments dominants (à l'origine de leur nom d'ailleurs). Les comptages mettent en évidence **des densités cellulaires parfois assez élevées (40 000 cellules par ml) qui expliquent la très faible (50 à 70 cm) transparence de l'eau**.

Le fait que celle-ci reste dans cette fourchette avec des densités cellulaires inférieures à 10 000 cellules/ml laisse penser que **la turbidité de l'eau peut avoir d'autres causes : couleur liée à la présence de colloïdes, particules argileuses (moins de 2 μm de diamètre) en suspension dans l'eau....** L'absence d'oxygène à 1 m du fond en été (alors que la profondeur maximale n'est que de 3 m) indique clairement que l'obscurité règne sous 2 m d'eau.

La relative rareté des phosphates dans l'eau au printemps limite la densité planctonique : 38 000 cellules/ml « seulement » sont notées en fin d'été (à titre de comparaison, le CSHPF¹ demande la recherche de toxines algales dans les zones de loisirs si la densité des algues bleues est supérieure à 100 000 cellules /ml d'eau).

Le plan d'eau peut donc être qualifié d'**eutrophe** d'après :

- la succession saisonnière algale typique (diatomées/chlorophytes/cyanophytes),
- la présence et la coexistence de certains taxons (*Pediastrum*, *Nitzschia acicularis* ...),
- la forte proportion d'algues bleues en été (33 % de la densité cellulaire) sans toutefois d'espèce potentiellement toxique,
- la forte biomasse (chlorophylle),
- l'absence de transparence de l'eau,
- le déficit en oxygène dans le fond du plan d'eau en été,
- sa faible capacité métabolique.

Ces caractéristiques sont la conséquence des apports, mêmes faibles, d'éléments nutritifs au plan d'eau, principalement par les eaux de ruissellement qui lessivent les parcelles agricoles. La faible profondeur du plan d'eau, d'où son réchauffement très favorable aux algues bleues, et la lenteur du renouvellement de l'eau sont 2 facteurs aggravants.

Les risques présentés par les développements algaux pour la baignade sont de deux ordres :

- d'une part, ces particules, même microscopiques, opacifient l'eau, limitant la sécurité et pouvant gêner le travail des maîtres nageurs ;
- d'autre part, certaines algues, et en particulier les cyanophytes en eau douce, produisent des composés rejetés dans le milieu aquatique.

La nature des substances produites par les algues est très variée : acides divers, polysaccharides, enzymes, vitamines et hormones ... De très nombreux composés volatils peuvent être à l'origine de différentes odeurs, dans l'air ou la chair des poissons. Parmi les produits extracellulaires libérés, sont aussi présents des inhibiteurs de la croissance des autres algues, toxiques pour les autres algues, mais parfois aussi pour les autres organismes aquatiques, et même pour l'Homme.

Les trois quarts des espèces de cyanophytes d'eau douce sont potentiellement toxiques. Mais ce sont seulement certaines souches de certaines espèces d'algues bleues qui sont susceptibles de produire des toxines, et ce avec une intensité très variable dans le temps. Lorsque des clones sont isolés dans un plan d'eau dans lequel des manifestations de toxicité sont observées, des souches toxiques et non toxiques cohabitent, sans que l'on sache en expliquer l'origine (ou la disparition). Seulement trois espèces communes représentent l'essentiel des cas rapportés : *Microcystis aeruginosa*, la plus fréquemment en cause, *Anabaena flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae*. Des techniques de laboratoire permettent de doser directement les toxines, par inhibition de réactions enzymatiques. Un diagnostic de toxicité peut également être fait à l'aide de tests sur organisme vivant, comme pour n'importe quel toxique. Mais pour être certain, le diagnostic de la toxicité d'une algue repose uniquement sur une injection intrapéritonéale d'un concentrat à une souris.

Dans le lac aux Ramiers, seuls des *Microcystis* ont été trouvés, au cours de 2 campagnes, leur densité cellulaire la plus élevée n'étant que de 1500 cellules par ml environ (à comparer au seuil des 100 000 cellules requis par le CSHPF pour la recherche de toxines algales).

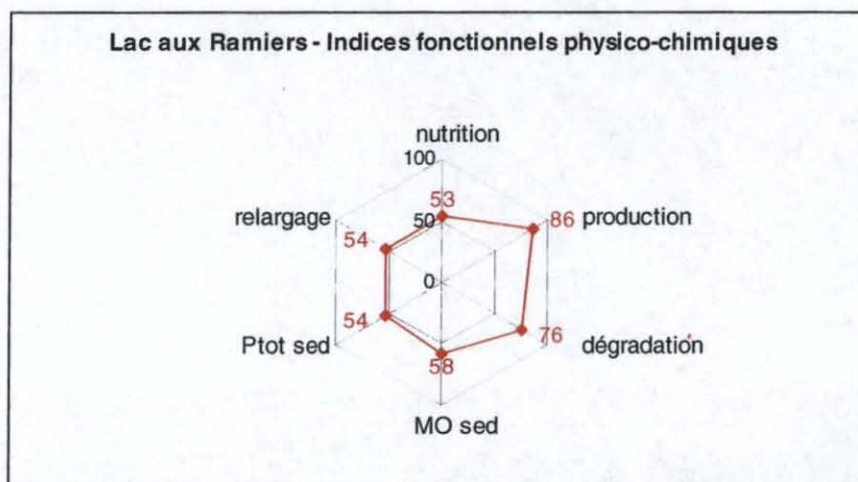
¹ Conseil supérieur d'hygiène publique de France.

4.9.3 Niveau trophique du lac

Remarque préalable : le lac aux Ramiers, très peu profond, avec une stratification peu marquée, ne rentre pas *sensus stricto* dans le domaine d'application de la méthode « diagnose rapide » du CEMAGREF. Les résultats qui suivent sont donc à considérer avec précaution. Ils donnent cependant un diagnostic intéressant.

▪ Indices fonctionnels physico-chimiques :

indice fonctionnel nutrition	53
indice production	86
indice fonctionnel dégradation	76
indice fonctionnel stockage de la matière organique du sédiment	58
indice fonctionnel stockage des minéraux du sédiment	54
indice fonctionnel relargage	54



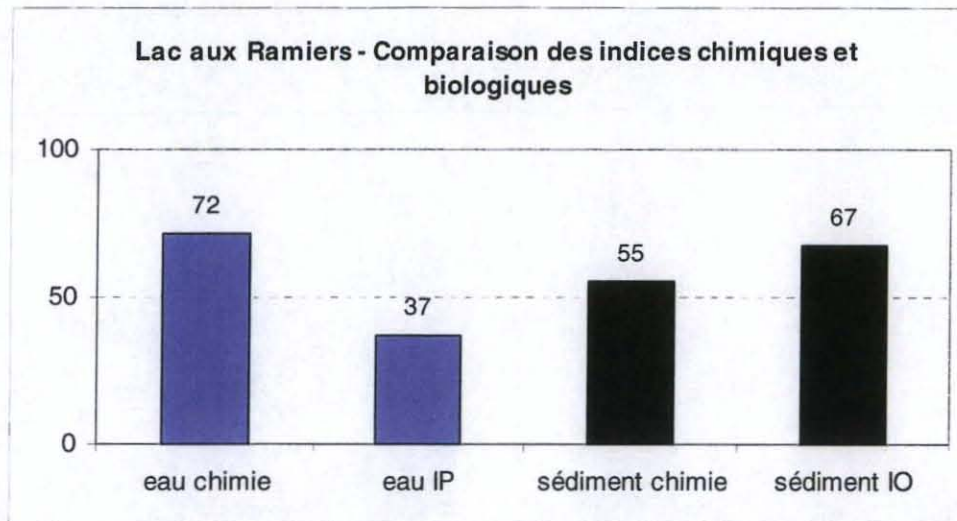
Le tracé des indices est de grande dimension (valeur supérieure à 50) et dissymétrique : les branches « production » et « dégradation » sont plus longues ce qui signifie que **l'activité physico-chimique est intense (flux de matières importants)**.

▪ Indices biologiques

- l'indice planctonique IP = 37 basé sur les campagnes de juillet, d'août, et de septembre ;
- l'indice oligochètes IOBL = 67 lors de la campagne de septembre (plan d'eau à faible capacité métabolique).

▪ Synthèse

Le graphique ci-après résume la diagnose en présentant à la fois les indices physico-chimiques moyens (un pour la pleine eau et un pour le sédiment) et les indices biologiques (indice planctonique et indice oligochètes).



Les indices « eau chimie » et « sédiment oligochètes », largement supérieurs à 50 témoignent d'un milieu fortement dégradé.

Les 2 autres indices, notamment l'indice « phytoplanctonique », atténuent ce diagnostic.

4.9.4 Etat écologique du plan d'eau (guide technique mars 2009)

Le guide technique du MEEDDET de mars 2009 donne des règles d'évaluation de l'état écologique des eaux douces.

L'analyse des données du suivi 2009 au travers des classes de qualité de ce guide donne les résultats suivants :

Paramètres physico-chimiques généraux :

- Nutriments (on considère que le temps de séjour est supérieur à 2 mois) :
 - **l'azote** minéral maximal est de 1,2 mg/l (valeur mesurée en mars 2009) soit un état **médiocre**,
 - **le phosphore sous forme PO4** est inférieur à 0,03 mgP/l soit un état **moyen**,
 - **le phosphore total maximal** est égal à 0,029 (valeur mars 2009) soit un état **bon**.
- Transparence moyenne estivale (m) = 0,66 m = classe **mauvaise**.

Paramètres biologiques :

Phytoplancton :

- Chlorophylle a moyenne estivale (mg/l) : 16 µg/l soit état **moyen**,
- Indice planctonique IPL : 37 soit état **bon**,
- Indice oligochètes IOBL : 4 soit état **médiocre**.

On voit que les différents paramètres donnent des résultats assez différents (non concordance).

4.9.5 Etudes antérieures

Une étude réalisée par IRIS en 2006 met en évidence des valeurs déclassantes sur le plan d'eau aux Ramiers en 1998 et 2006. Ceci entraîne une qualité trophique du lac mauvaise. En 2004, pour les besoins d'une étude menée sur le Lac aux Ramiers au sujet de la gestion piscicole, des mesures de physico-chimie ont été réalisées sur le plan d'eau.

Au mois d'août 2004, à 11h, la transparence au disque de Secchi indiquait une valeur de 54 cm, ce qui classe le plan d'eau **eutrophe**. Ce phénomène est également mis en évidence par la sursaturation en oxygène dans la zone trophogène et la sous-saturation en oxygène dans la zone tropholytique où la matière organique entre en décomposition, ce qui implique une consommation en oxygène. Cette consommation va croissante jusqu'à atteindre l'anoxie au fond du plan d'eau.

Le gradient de pH évolue de manière similaire à l'oxygénation de l'eau. En effet, la photosynthèse favorise l'alcalisation de l'eau tandis que l'effet inverse est constaté lors des processus de décomposition. Cependant, la nature géologique du bassin versant proche du plan d'eau (l'affleurement de roches sédimentaires ± dolomitiques datant du Trias) limite l'acidification de l'eau en profondeur, mais les eaux de surface, dans la zone trophogène restent très alcalines.

Le diagnostic concluait sur l'existence au droit du lac aux Ramiers d'une productivité biologique accrue de la masse d'eau en réponse à un enrichissement excessif en substances nutritives, principalement l'azote et le phosphore (phénomène d'eutrophisation).