

**Syndicat des propriétaires du
lac de la Thuile**

**ÉTUDE ECOLOGIQUE ET PISCICOLE
LAC DE LA THUILE**



SAGE Environnement
12 Avenue du Pré de Challes
74940 Annecy-le-Vieux

Avril 2011

SOMMAIRE

1. PRESENTATION DU LAC	7
2. PROGRAMME D'ETUDE.....	8
3. HYDROMORPHOLOGIE DU LAC DE LATHUILE	9
3.1. MORPHOLOGIE DU LAC	9
3.1.1. <i>Matériel et méthode</i>	9
3.1.2. <i>Résultats</i>	9
3.2. ALIMENTATION EN EAU	10
4. REGIME THERMIQUE	12
4.1. MATERIEL ET METHODE	12
4.1.1. <i>Principe</i>	12
4.1.2. <i>Sondes thermiques</i>	12
4.1.3. <i>Profils de température</i>	12
4.2. RESULTATS	13
5. PHYSICO-CHIMIE	16
5.1. QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE LA MASSE D'EAU	16
5.1.1. <i>Mesures in situ</i>	16
5.1.2. <i>Analyses de laboratoire</i>	19
5.2. QUALITE DES SEDIMENTS.....	22
6. ELEMENTS BIOLOGIQUES	24
6.1. LE PHYTOPLANCTON.....	24
6.1.1. <i>Méthodologie</i>	24
6.1.2. <i>Approche qualitative</i>	25
6.1.3. <i>Approche qualitative</i>	26
6.2. LE PEUPEMENT D'INVERTEBRES.....	28
6.2.1. <i>Méthode</i>	28
6.2.2. <i>Résultats</i>	30
6.3. LE PEUPEMENT PISCIAIRE.....	33
6.3.1. <i>Méthodologie</i>	33
6.3.2. <i>Résultats</i>	37
7. BILAN ET EVOLUTION DU PEUPEMENT	50
8. CONCLUSIONS.....	53

LISTE DES ILLUSTRATIONS,

• **Liste des figures :**

Figure 1 : régime thermique du lac de la Thuile ; le graphique au dessus présente les valeurs des sondes enregistreuses positionnées aux profondeurs 1, 3, 5 et 7m ; les trait rouges verticaux matérialisent les campagnes de physico-chimie ; les principaux épisodes venteux ont été matérialisés ; en parallèle, les profils thermiques obtenus lors des trois campagnes sont présentés ; les traits horizontaux matérialisent les profondeurs des sondes enregistreuses. 13

Figure 2: profils verticaux de température, d'oxygène dissous et de saturation en oxygène obtenus lors des trois campagnes sur le lac de la Thuile..... 16

Figure 3: profils verticaux de pH et de conductivité obtenus lors des trois campagnes sur le lac de la Thuile..... 18

Figure 4: résultats des analyses physico-chimiques réalisées dans le cadre de l'étude 2010 du lac de la Thuile ; les seuils du SEQ plan d'eau et du SEQ Eau V2 ont été appliqués quand ils existent. 20

Figure 5 : résultats des analyses physico-chimiques sur sédiments réalisées dans le cadre de l'étude 2010 du lac de la Thuile ; les seuils du SEQ plan d'eau et du SEQ Eau V2 ont été appliqués quand ils existent..... 22

Figure 6: résultats des analyses de pigments sur eau réalisées dans le cadre de l'étude 2010 du lac de la Thuile ; les seuils du SEQ plan d'eau et du SEQ Eau V2 ont été appliqués quand ils existent. 25

Figure 7: répartition des effectifs (en nombre d'individus/ml) de phytoplancton dans les groupes algaux..... 26

Figure 8: répartition des biovolumes (en mm³/ml) de phytoplancton dans les groupes algaux 26

Figure 9 : Grille d'interprétation des espèces sensibles (d'après Lafont, 2007) 29

Figure 10 : Classes de potentiel métabolique définies à partir de l'indice IOBL, NF T90-391 29

Figure 11: liste faunistique d'invertébrés benthiques prélevés dans les sédiments du lac de LaThuile 30

Figure 12: récapitulatif du calcul de l'IOBL sur les trois échantillons prélevés dans le lac de la Thuile. 32

Figure 13: Répartition des filets maillants multimailles benthiques dans les différentes strates de profondeur du lac de la Thuile..... 34

Figure 14 : Effort d'échantillonnage benthique et pélagique mis en œuvre dans le lac de la Thuile 34

Figure 15: Résultats de l'échantillonnage benthique et pélagique réalisé sur le lac de la Thuile 37

Figure 16 : Peuplement capturé dans les filets benthiques dans le lac de la Thuile..... 38

Figure 17 : position dans une diagramme de rendement numérique et pondéral du lac de la Thuile comparé à 27 plan d'eau français naturels et artificiels..... 39

Figure 18: Histogramme des effectifs capturés dans l'ensemble de l'échantillonnage 40

Figure 19: Histogramme des biomasses capturées dans l'ensemble de l'échantillonnage 40

Figure 20: Histogramme et données par espèces de la répartition verticale des effectifs capturés dans les filets benthiques 41

Figure 21: Histogramme de la répartition verticale de la biomasse capturés dans les filets benthiques..... 41

Figure 22: Histogramme de taille du gardon, obtenu à partir de l'échantillonnage réalisé dans l'ensemble des filets	42
Figure 23: répartition des biomasses (en grammes) de gardons capturées dans les compartiments benthique et pélagique	43
Figure 24 : Histogramme de taille de la perche, obtenu à partir de l'échantillonnage réalisé dans l'ensemble des filets.....	44
Figure 25: répartition des biomasses (en grammes) de perches capturées dans les compartiments benthique et pélagique	45
Figure 26: Histogramme de taille des brèmes, obtenu à partir de l'échantillonnage réalisé dans l'ensemble des filets	46
Figure 27: répartition des biomasses (en grammes) des brèmes capturées dans les compartiments benthique et pélagique	46
Figure 28: répartition des effectifs des rotangles capturées dans les compartiments benthique et pélagique	48
Figure 29 : répartition des biomasses (en grammes) de rotangles capturées dans les compartiments benthique et pélagique	48
Figure 30 : Données anciennes de présence d'espèces de poissons dans le lac de la Thuile...	50
Figure 31: Bilan des pêches de 1991 et 2010, en pourcentage des captures. Les rendements de pêche moyens sont précisés.....	51
Figure 32: rendements de pêche par espèces lors des études de 1991 et 2010	51

ETUDE ECOLOGIQUE DU LAC DE LATHUILE

Le présent document concerne la réalisation d'une étude écologique approfondie du lac de Lathuile. Elle a été réalisée à la demande de l'Association de Copropriété du Lac de Lathuile et a pour finalité la caractérisation hydromorphologique, hydrologique, thermique et trophique du lac, en relation avec l'exploitation piscicole et les usages qui en sont faits.

1. PRESENTATION DU LAC

Source : l'Association de Copropriété du Lac de Lathuile

« Le niveau du lac se trouve à 874 m d'altitude dans la partie Est du Massif des Bauges. D'origine tertiaire, il s'est formé à l'époque de la fonte de la glaciation. L'eau étant retenue dans le creux d'une dépression argileuse, entourée de moraines qui composent le vallonnement de ses contours.

Il couvre 7 ha 56, s'étend sur 800 m de longueur et 200 m de largeur. Rapidement à pic, il atteint 8 m à ses points les plus profonds.

Le lac est à vocation principalement piscicole, on y pêche le brochet, la carpe, la tanche, la perche, et petite friture et des écrevisses. Néanmoins, une très belle plage en espace herbeux et ombragé est aménagée pour le tourisme, avec une portion de baignade pour les enfants. Celle-ci est laissée aux risques et périls de l'utilisateur. Propice aux bons nageurs, l'eau est propre, claire, d'une température agréable durant la saison estivale. Elle se couvre souvent, l'hiver, d'une épaisse couche de glace jusqu'à 20 cm.

Le lac est alimenté par de nombreuses sources faisant monter son niveau à la fonte des neiges. Il lui est arrivé de déborder, recouvrant la plage et la route. Ce sont en permanence deux importantes et intarissables sources qui l'alimentent réellement. L'une dont on ressent les tourbillons à peu près en son centre. L'autre qui descend à l'intérieur du flanc de la montagne du « Mollard de l'Ouà » ou « Crévion », au sommet de laquelle on trouve un réservoir naturel, sorte de mare dite « la Gueule du Chat ». A cet endroit, tout le pan de la montagne est instable, ayant tendance à glisser. En creusant le bas de la pente, on a bien trouvé cet afflué d'une eau très propre où nichaient d'ailleurs des écrevisses. Dans la trajectoire au fond u lac, à quelques mètres de la rive, les hommes-grenouilles ont découvert de gros troncs d'arbres fossilisés, provenant très certainement d'un très ancien glissement de terrain dû à cet écoulement d'eau. »

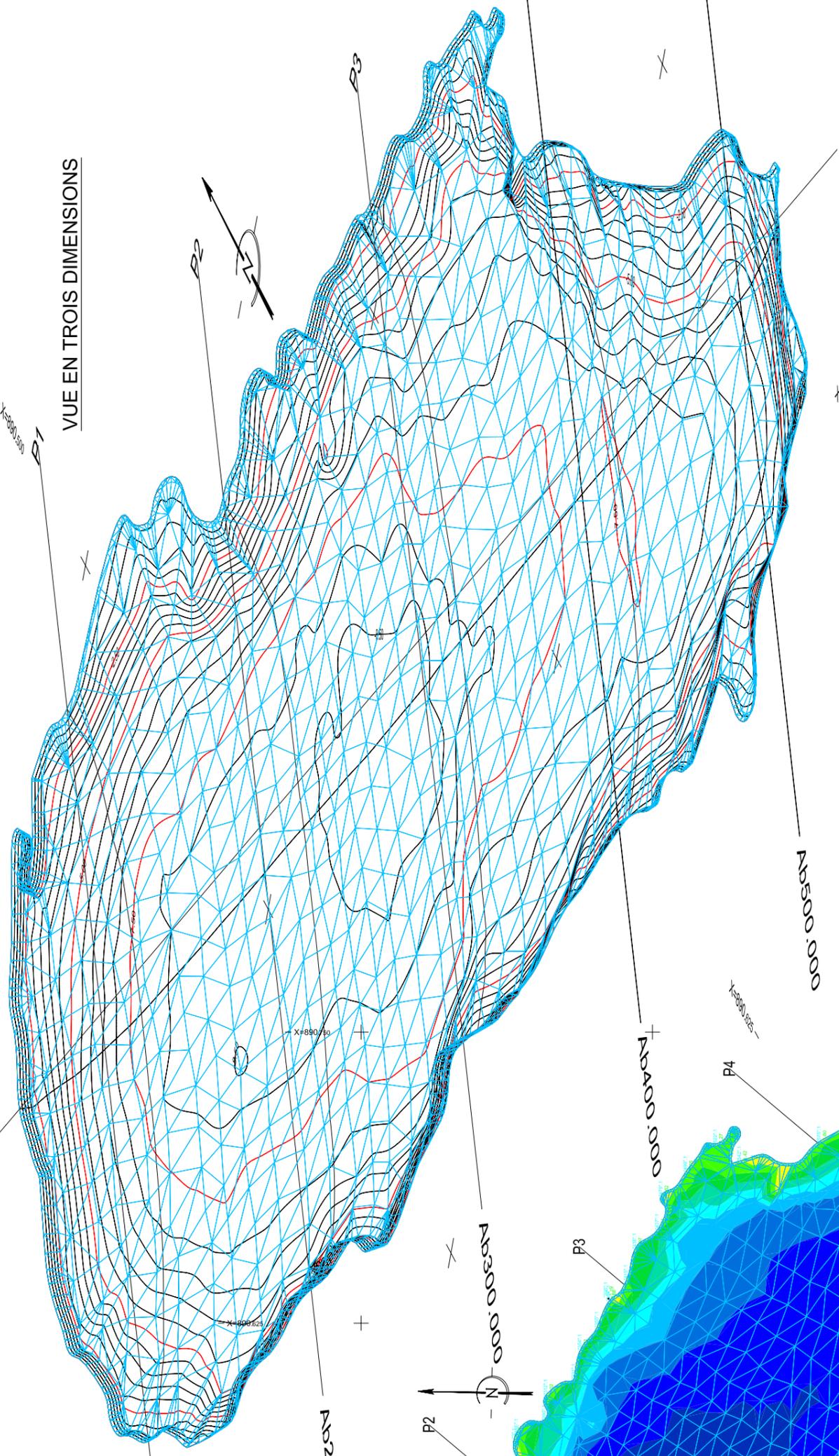
2. PROGRAMME D'ETUDE

Les investigations se sont déroulées en 2009 et 2010. Le programme est précisé dans le tableau suivant :

	2009			2010												
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Bathymétrie			■													
Campagnes de physico-chimie						■										
Prélèvement de plancton						■										
Prélèvements de sédiments						■										
Suivi thermique						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
IOBL						■										
Pêche aux filets																
Hydrologie						■										

La bathymétrie a précédé l'ensemble des investigations. L'étude des autres compartiments s'est faite en 2010. La méthodologie de chacun de ces volets sera précisée dans la suite du rapport.

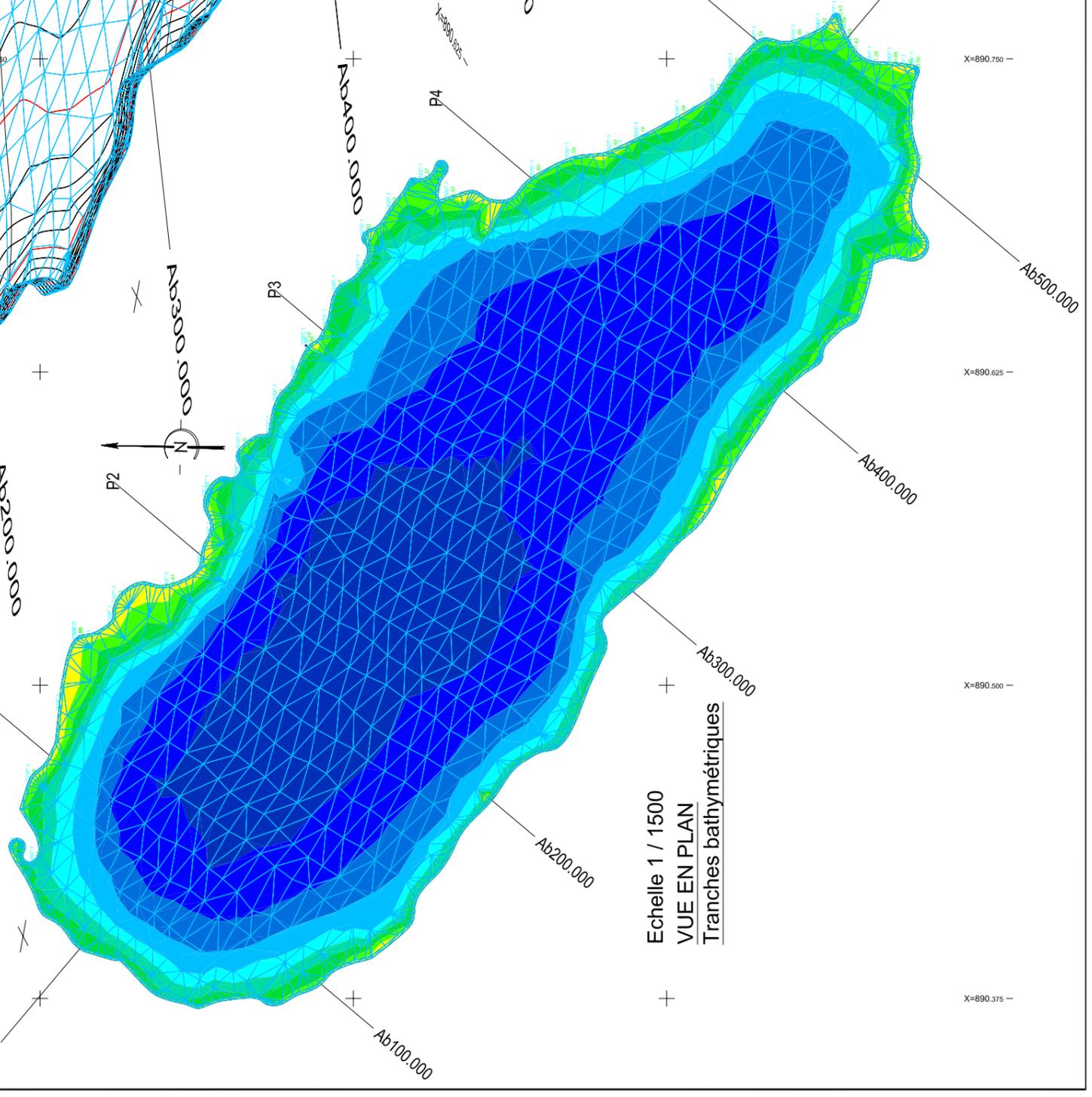
VUE EN TROIS DIMENSIONS



Coloriage par tranches

-9.00	Tranche bathymétrique -8.00
-8.00	Tranche bathymétrique -7.00
-7.00	Tranche bathymétrique -6.00
-6.00	Tranche bathymétrique -5.00
-5.00	Tranche bathymétrique -4.00
-4.00	Tranche bathymétrique -3.00
-3.00	Tranche bathymétrique -2.00
-2.00	Tranche bathymétrique -1.00
-1.00	Tranche bathymétrique 0.00

Echelle 1 / 1500
VUE EN PLAN
Tranches bathymétriques



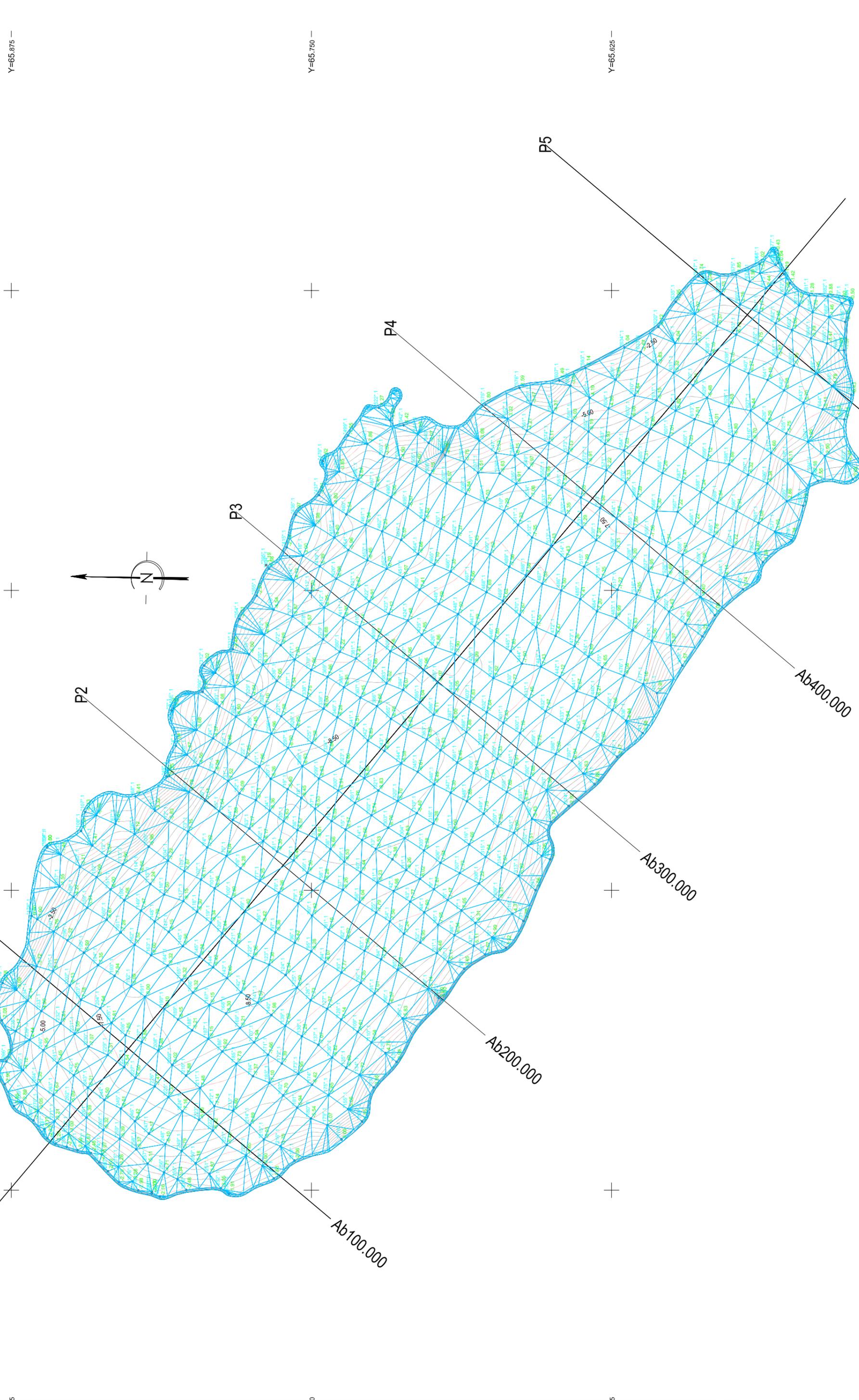
LAC DE LA THUILE

Bathymétrie



12 avenue du Pré de Chailles - Parc des Galiers - 74 540 ANNECY LE VIEUX - T. 04 50 64 06 14 - F. 04 50 64 08 73 - sage.amnecy@saoie-environnement.fr

Date	Phase
Version	Destinateur
Format	A2
Echelle	PYM
1/1000	



Y=65.875

Y=65.750

Y=65.625

P1

P2

P3

P4

P5

Ab100.000

Ab200.000

Ab300.000

Ab400.000

3. HYDROMORPHOLOGIE DU LAC DE LA THUILE

3.1. MORPHOLOGIE DU LAC

3.1.1. Matériel et méthode

Le principe de l'intervention consiste à lever au GPS, à l'aide d'une embarcation et d'un échosondeur, la profondeur sur des transects. Le positionnement des transects s'est fait sur un pas d'environ 10 m, pris dans le sens de la plus grande longueur. Sur chaque transect, l'espacement entre les points est d'environ 10 m ce qui conduit à la réalisation d'environ 700 points de mesure pour un plan d'eau de 7 hectares.

Le matériel utilisé est le suivant :

- **Echosondeur**

Fréquence 200 khz

Puissance 40000 watts crête à crête

Résolution centimétrique, précision env. décimétrique

Permet de sonder jusqu'à 500 m de profondeur

- **Système de positionnement**

Récepteur GPS 16 canaux

Précision en milieu ouvert +/- 3m

Cette méthodologie permet d'obtenir rapidement une bathymétrie d'ensemble et la qualification morphologique du plan d'eau.

3.1.2. Résultats

Le lac de LaThuile présente la morphologie d'une cuvette peu pentue. La profondeur maximum varie entre 7.5 et 8.5 m environ, selon la cote du plan d'eau. La bathymétrie est présentée sur les cartographies.

3.2. ALIMENTATION EN EAU

Le bassin versant alimentant le lac de la Thuile est de taille modeste. La majorité des écoulements proviennent de la bordure méridionale des bauges, au sud/sud est.



Les écoulements ont été recensés lors de deux campagnes, une humide en avril et une sèche en juillet. Lors des deux recensements, aucune pluie n'était observée le jour de l'intervention mais des légères précipitations avaient eu lieu les jours précédents.

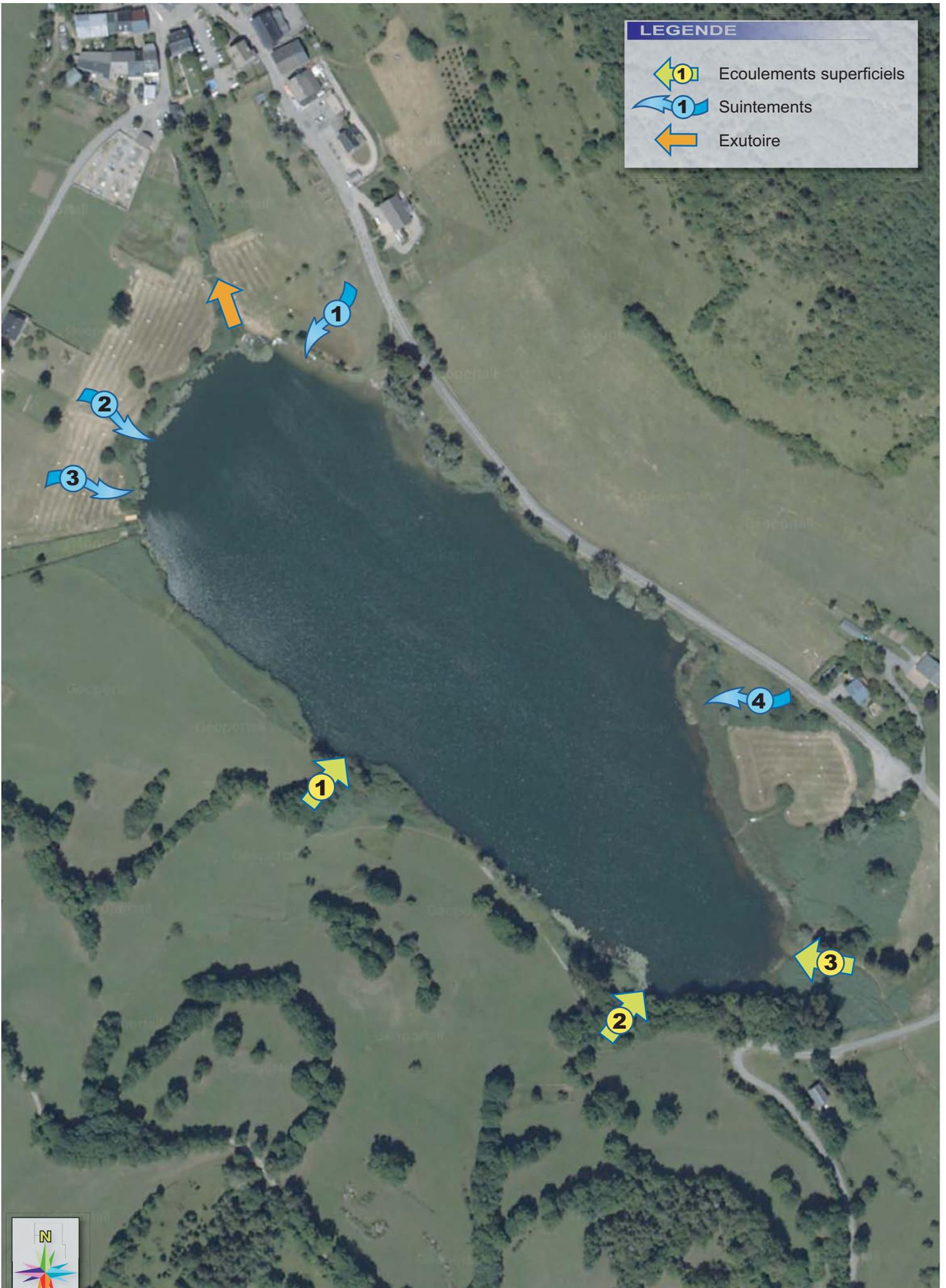
La localisation des écoulements recensés est présentée dans la cartographie des écoulements ; le résultat présenté ci-dessous :

		08-avr-10	27-juil-10
Ecoulements superficiels	1	actif	sec
	2	actif	sec
	3	actif	sec
Suintement	1	actif	sec
	2	actif	sec
	3	actif	sec
	4	actif	sec
Exutoire		40 l/s	1 l/s

En mars, plusieurs arrivées d'eau pouvaient être notés sur la majorité du pourtour du plan d'eau.

LEGENDE

-  Ecoulements superficiels
-  Suintements
-  Exutoire



0 ECHELLE 100 m

Recensement des principaux écoulements superficiels

- trois avaient la morphologie de d'un petit cours d'eau : écoulements superficiels 1, 2 et 3,
- les autres étaient des suintements : suintement 1 à 4

Ces écoulements étaient très faibles et aucune évaluation de débit n'a pu être effectuée. Le débit à l'exutoire était estimé à 40 l/s.

En juillet, aucun écoulement superficiel si suintement n'était observable. Le débit à l'exutoire était d'environ 1l/s.

La contribution des écoulements superficiels dans le renouvellement des eaux du lac apparaît faible et il est probable que les échanges liés aux écoulements sous terrains soient prépondérants.

Etant donné la faible surface du bassin versant, il est probable que ces échanges soient faibles et que le taux de renouvellement des eaux du lac soit très faible.

4. REGIME THERMIQUE

4.1. MATERIEL ET METHODE

4.1.1. Principe

Le régime thermique du lac de la Thuile a été étudié à l'aide :

- d'enregistreurs de température, disposés à différentes profondeurs sur une colonne d'eau (bouée plus ancre) localisée au niveau du point le plus profond,
- de la réalisation ponctuelle de profils de température sur ce même secteur.

4.1.2. Sondes thermiques

Quatre sondes thermiques ont été disposées aux profondeurs 1, 3, 5 et 7 m afin de suivre l'évolution estivale de la température à ces profondeurs.

Les sondes thermiques utilisées sont de marques PROSENSOR, modèle TIDBIT V2.

Leurs caractéristiques sont les suivantes :

Etanches à 300 m

Précision : $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ de 0 à 50°C

Résolution : $0,02^{\circ}\text{C}$ à 25°C



Après une vérification préalable, les sondes ont été programmées pour enregistrer la température toutes les heures. Elles ont été posées le 8 avril 2010 lors de la première campagne de physico-chimie et récupérées le 7 octobre lors de la dernière campagne.

4.1.3. Profils de température

Lors de chaque campagne de physico-chimie, un profil thermique a été réalisé au même niveau. Il consiste à réaliser des relevés de températures tous les 0.5 m de la surface jusqu'au fond, à l'aide d'appareils de mesures portatifs.

Ces profils permettent, en complément des enregistrements, de bénéficier d'images instantanées précises des gradients thermiques sur la colonne d'eau.

4.2.RESULTATS

Les résultats obtenus sont présentés dans les documents ci-dessous.

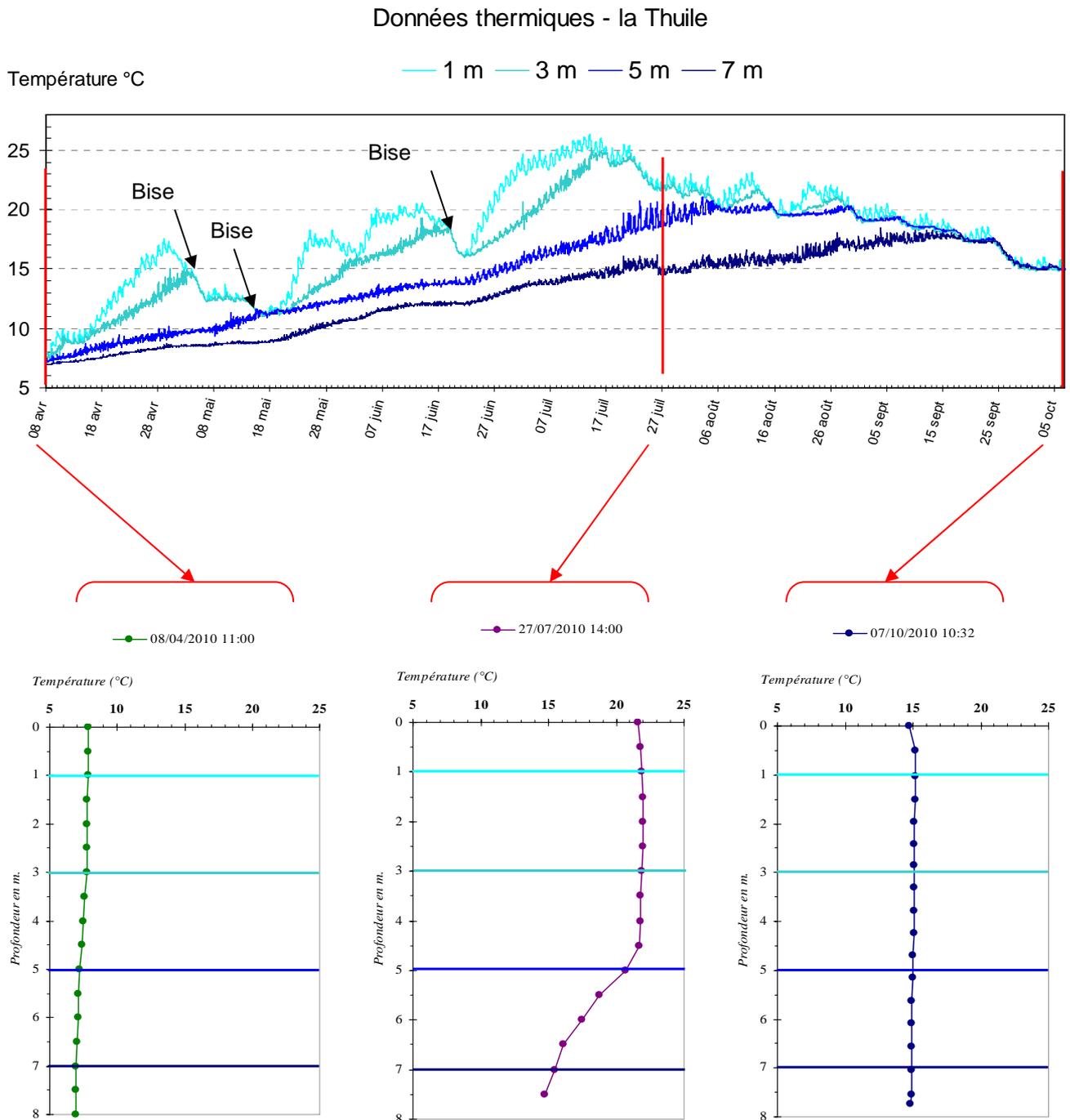


Figure 1 : régime thermique du lac de la Thuile ; le graphique du dessus présente les valeurs des sondes enregistreuses positionnées aux profondeurs 1, 3, 5 et 7m ; les trait rouges verticaux matérialisent les campagnes de physico-chimie ; les principaux épisodes venteux ont été matérialisés ; en parallèle, les profils thermiques obtenus lors des trois campagnes physico-chimiques sont présentés ; les traits horizontaux matérialisent les profondeurs des sondes enregistreuses.

Evolution générale

- les températures observées à 1 m et 3 m fluctuent fortement, sur des rythmes journaliers et météorologiques.
- Les températures observées à 5 et 7 m ne subissent pas de fluctuations rapides. Les températures évoluent sur un rythme annuel.

Températures maximales observées

La température maximale observée diminue avec la profondeur.

	1 m	3 m	5 m	7 m
Température instantanée maximale	26.3	25.2	21.1	18.4
	14/07/10	14/07/10	03/08/10	04/09/10
Température moyenne journalière maximale	25.6	24.6	20.2	17.8
	14/07/10	17/07/10	05/08/10	13/09/10

Le tableau ci-dessus appelle les commentaires suivants :

- En surface, la température maximale instantanée est de 26.3 °, la moyenne journalière la plus chaude est de 25.6°
- A 7m, le température maximale instantanée est de 18.4°, tandis que la température moyenne journalière maximum est de 17.8°.
- Les températures maximales des couches profondes sont atteintes plus tardivement que celle des couches superficielles : le 14 juillet à -2m et le 4 septembre à -7 m.

La température des eaux de surfaces est directement en relation avec la météorologie locale (température de l’air, ensoleillement, vent) ce que confirme ses fortes fluctuations. En revanche, les couches profondes exercent une certaine inertie à l’échauffement. En septembre, la température maximale de fond est atteinte du fait d’un échauffement par conduction thermique des eaux de fond par les eaux de surface.

Stratification et brassage

Le lac de la Thuile subit un mécanisme dit de « stratification thermique ». En été, le profil de température se décompose en deux couches à gradient de température faible (épilimnion en surface, hypolimnion au fond) séparés par une autre à gradient de température fort, appelé thermocline. Sur le profil de 27 juillet 2010, l’épilimnion correspond à la couche 0 – 5 m, la thermocline s’étend entre 5 et 6.5 m et l’hypolimnion est en dessous. Cette structure est commune dans les lacs profonds en milieu tempéré et conditionne les échanges gazeux, comme le fonctionnement de l’écosystème.

Le régime thermique du lac de la Thuile peut être qualifié de « Dimictique ». Son fonctionnement schématique peut être décrit comme suit.

- après le gel hivernal du plan d’eau, la température de l’eau est la même sur toute la colonne d’eau. Cette situation permet le mélange de l’ensemble de la masse d’eau, à l’occasion d’épisodes venteux par exemple. Cette situation est observée lors du profil d’avril. Il y a homothermie.
- En été, une stratification stable se met en place. Une couche d’eau froide de fond est isolée de celle chaude de surface par une thermocline. Les échanges chimiques entre la surface et le fond sont alors très limités. Cette situation est illustrée par le profil de juillet. Si des épisodes venteux se produisent durant cette période, seul l’épilimnion

(couche superficielle) est affecté, comme le met en évidence les enregistrements thermiques lors des épisodes venteux de mai et de juin.

- L'épaisseur de l'hypolimnion décroît durant la saison estivale, pour disparaître à partir du 15 septembre. Cette seconde homothermie permet à nouveau le brassage du plan d'eau jusqu'au gel de celui-ci. (Cf. profil d'octobre)
- Aucun enregistrement n'a été fait en hiver mais classiquement, le gel fige les échanges thermiques et une légère stratification thermique inverse (les eaux les plus froides sont en surface) se met en place.

L'existence de deux périodes de brassage, séparées par deux périodes de stratification (une normale et une inverse) est à l'origine de la qualification « dimictique », (deux mixions)

5. PHYSICO-CHIMIE

5.1. QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE LA MASSE D'EAU

5.1.1. Mesures *in situ*

Les paramètres de l'oxygène, le pH et la conductivité sont étudiés comme pour la température de l'eau en mettant en œuvre des mesures *in situ* à différentes profondeurs. Ces mesures permettent la réalisation de profils verticaux.

L'oxygène dissous et la saturation en oxygène ont été mesurés tous les 0.5 m, de la surface jusqu'au fond.

Le pH et la conductivité ont été mesurés en au moins six points du profil.

5.1.1.1. L'oxygène dissous

La teneur en oxygène dans un milieu aquatique peut être affectée par les mécanismes de photosynthèse, qui produit de l'oxygène et de dégradation aérobie, ou respiration, qui consomme de l'oxygène. Les profils obtenus pour les paramètres de l'oxygène lors des trois campagnes de physico-chimie sont les suivants. Ceux de température de l'eau sont rappelés pour comparaison.

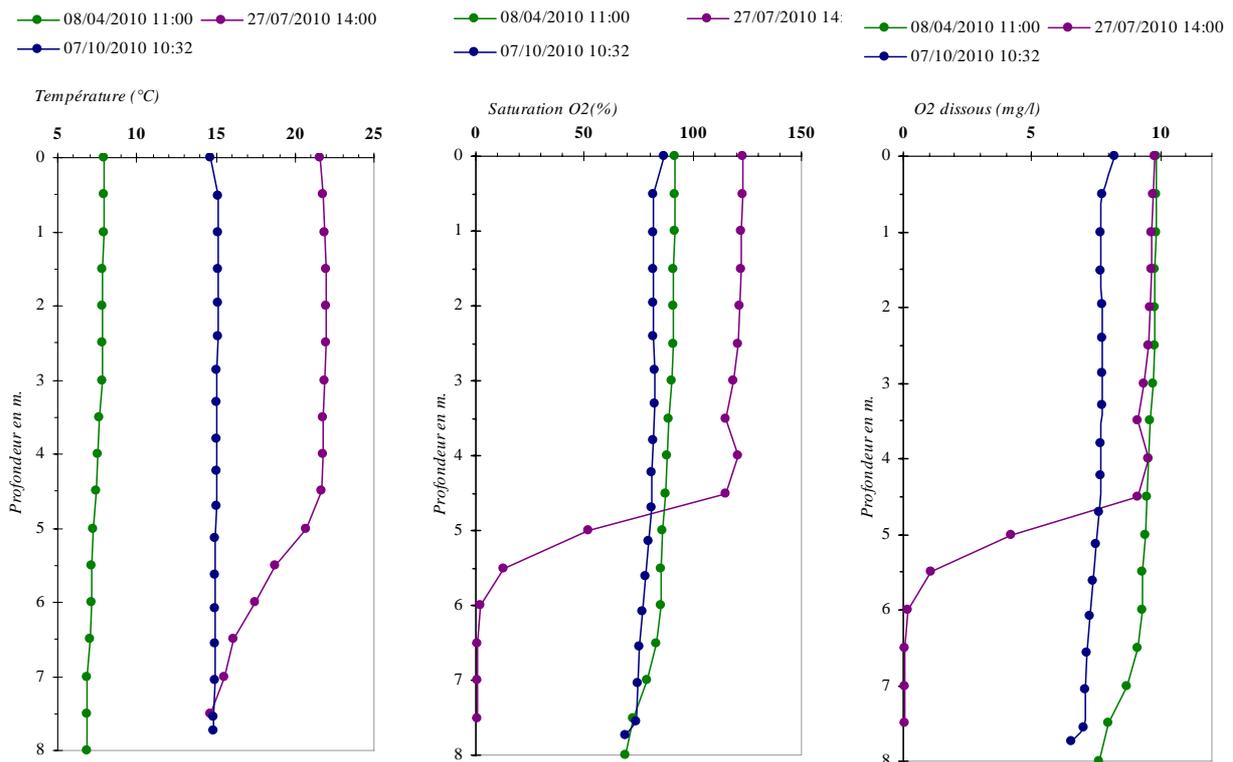
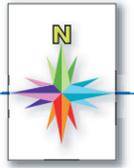


Figure 2: profils verticaux de température, d'oxygène dissous et de saturation en oxygène obtenus lors des trois campagnes sur le lac de la Thuile

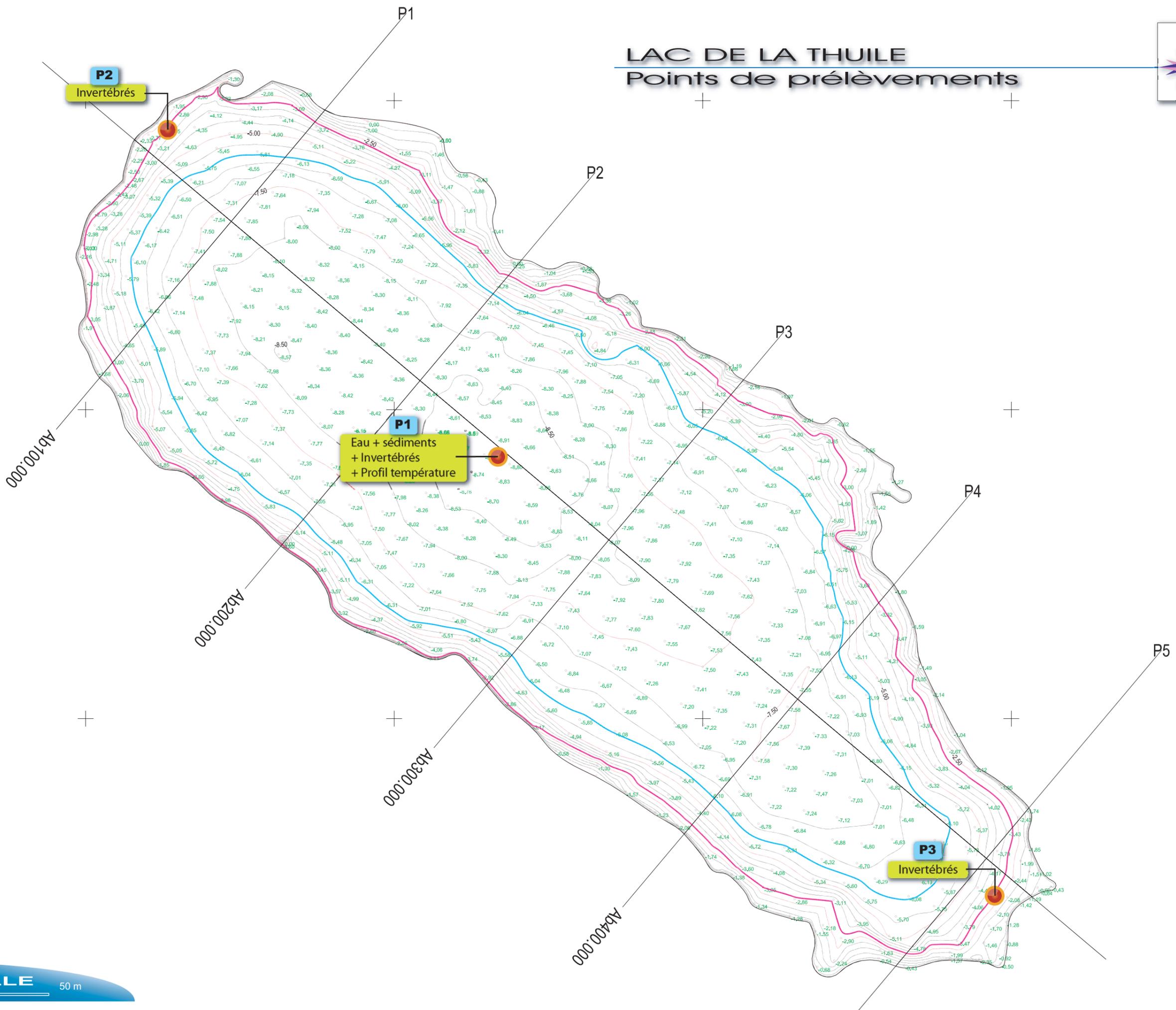
Lors de la première campagne (04/2010), la température est homogène, autour de 7°, sur l'ensemble de la colonne. L'oxygénation est bonne, proche de 90% mais un léger déficit est observé au fond. L'homothermie observée permet le brassage du plan d'eau mais la légère

LAC DE LA THUILE

Points de prélèvements



Y=65.875



Y=65.750

Y=65.625



0 **ECHELLE** 50 m

sous saturation au fond laisse penser que celui-ci n'est pas complet. Il est possible qu'une désoxygénation modérée du fond se produise durant la période de gel hivernal.

Lors de la seconde campagne (07/2010) la stratification thermique est en place depuis plusieurs mois. La couche de surface (épilimnion de 0 à 5 m) présente une saturation de 120% tandis que la couche de fond (l'hypolimnion) est presque dépourvue d'oxygène.

- En surface, la photosynthèse est à l'origine de la production d'oxygène, sous l'effet de la lumière.
- Au fond, la matière organique présente dans les sédiments ainsi que le plancton mort produit en surface, consomme de l'oxygène en se dégradant. La stratification thermique limitant les échanges thermiques et gazeux avec la surface, la couche d'eau de fond se retrouve presque totalement dépourvue d'oxygène au dessous de 6m.

Lors de la troisième campagne (10/2010), la température est à nouveau homogène sur l'ensemble de la colonne d'eau, autour de 15°C. L'oxygénation de la masse d'eau est bonne et homogène, bien qu'incomplète (environ 80%)

Le retour de l'homothermie permet le brassage du plan d'eau, l'eau de surface venant réoxygéner l'eau de fond.

Ces résultats mettent en évidence l'existence d'une phase de désoxygénation estivale, en relation avec la stratification thermique et la présence de matière organique dans les sédiments et/ou dans la masse d'eau. Cette désoxygénation se met probablement en place dès le début de la stratification (début avril en 2010) et s'amplifie progressivement jusqu'à sa disparition en fin d'été (début septembre en 2010). Lors de la campagne fin juillet l'oxygène dissous est proche de 0 mg/l en dessous de 6 m d'eau. Ce compartiment est de fait temporairement peu utilisable par la biocénose¹.

¹ Etre vivants évoluant dans un écosystème

5.1.1.2. Le pH et la conductivité

Les profils de pH et de conductivité, obtenus lors des trois campagnes sont présentés ci-dessous.

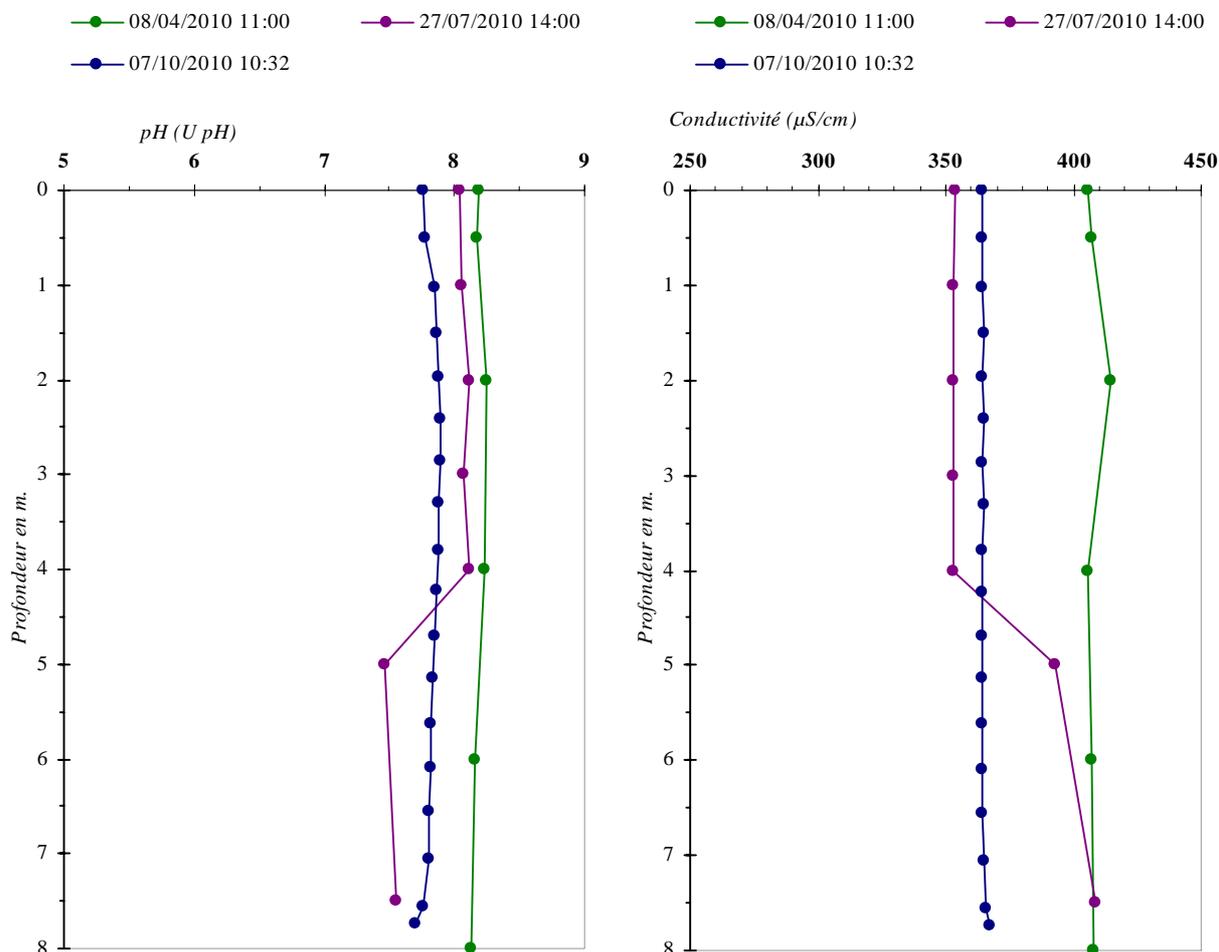


Figure 3: profils verticaux de pH et de conductivité obtenus lors des trois campagnes sur le lac de la Thuile

Lors de la première et de la dernière campagne, les valeurs de pH sont homogènes de la surface jusqu'au fond. Lors de la campagne estivale, le pH est supérieur en surface.

En milieu aquatique, la photosynthèse est accompagnée d'une augmentation de pH, c'est pourquoi un pH supérieur est observé dans la zone éclairée par la lumière.

Les conductivités les plus fortes, de l'ordre de 400 µS/cm, sont observées lors de la première campagne. Fin juillet, la conductivité dans l'épilimnion est plus faible (350 µS/cm) alors que celle du fond n'a pas évolué. En septembre, la conductivité est de l'ordre de 360 µS/cm sur tout le profil.

La conductivité quantifie la présence de substances dissoutes dans l'eau. Avant l'été, les substances minérales sont plus abondantes, suite au brassage printanier et à la minéralisation hivernale d'une partie de la matière organique. Ces substances sont consommées par le phytoplancton ce qui abaisse la conductivité en été dans l'épilimnion puis dans l'ensemble de la masse d'eau à l'automne.

5.1.2. Analyses de laboratoire

5.1.2.1. Matériel et méthode

- **Prélèvements sur eau**

Les prélèvements sont effectués au niveau du point le plus profond. Deux échantillons ont été analysés lors de chaque campagne.

Un prélèvement intégré, effectué à l'aide d'une bouteille fermante sur une tranche d'eau d'une hauteur égale à 2,5 fois la profondeur de disparition du Secchi. Ce prélèvement a été obtenu à partir de 5 prélèvements équidistants mélangés à proportions égales.

Un prélèvement d'eau brute au niveau du fond.

- **Prélèvements sur sédiments**

Les sédiments ont été prélevés en bateau, au droit du point le plus profond, à l'aide d'une benne « Heckmann ». L'échantillon analysé est issu de l'homogénéisation de plusieurs prélèvements, afin d'obtenir le volume nécessaire aux analyses.

- **Analyses**

Le flaconnage utilisé est fourni par le laboratoire agréé en charge des analyses. Les échantillons prélevés sont transportés en enceinte réfrigérée et délivrée au laboratoire sous 24h.

Le laboratoire agréé en charges des analyses est le laboratoire CARSO-LSEH de Lyon.

5.1.2.2. Interprétation des résultats

Différents référentiels d'aide à l'interprétation des résultats ont été utilisés. Pour chaque paramètre, le référentiel utilisé est précisé, ainsi que le descripteur. Etant donné que l'effort d'échantillonnage nécessaire à l'utilisation de ce type de référentiel n'est pas atteint, les couleurs sont à prendre à titre d'indication.

Classes	Qualité
Bleu	Très bonne
Vert	Bonne
Jaune	Moyenne
Orange	Médiocre
Rouge	Mauvaise

5.1.2.3.Résultats

Campagne		8 avril 2010	27 juillet 2010	7 octobre 2010	Référentiel	Descripteur	
Profondeur max	m	8.2	7.2	7.7			
Transparence (SECCHI)	m	3.1	3.1	2.5	SEQ plan d'eau	transparence minimale annuelle	
Zone euphotique	m	0 - 7.8	0 - 7	0 - 6.25			
Analyse		Intégré	Fond	Intégré	Fond	Intégré	Fond
Profondeur prélèvement	m	0 - 7.8	8.5	0 - 6	7.5	0 - 6	7.5
Paramètres <i>in situ</i>							
Température	°C	7.5	6.9	21.2	14.7	15	14.8
pH	U pH	8.2	8.1	8	7.55	7.8	7.7
Conductivité	µS/cm	408	408	360	409	364	367
Oxygène dissous	mg/l	9.4	7.6	7.5	0.1	7.7	6.5
Saturation en oxygène	%	87	69	98	1	81	69
						SEQ cours d'eau V2	acidification minéralisation matières organiques oxydables
Matières organiques oxydables							
DBO5	mg(O2)/l	1.1	2.6	1.9	3.2	0.7	0.7
Matières en suspension totales	mg/l	3.6	5	3.8	11	9.6	< 2.0
						SEQ cours d'eau V2	matières organiques oxydables particules en suspension
Azote							
Nitrates	mg(NO3)/l	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
Nitrites	mg(N)/l	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06
Ammoniac	mg(N)/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ammonium	mg(NH4)/l	0.18	0.21	< 0.05	< 0.05	0.11	0.07
Azote Kjeldahl	mg(N)/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
N minéral (NH4+NO3)	mg (N)/l	0.11	0.13	< 0.03	< 0.03	0.07	0.04
						SEQ plan d'eau	nutriments
Phosphore							
Phosphore total	mg(P)/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.02	< 0.02	0.06
Orthophosphates	mg(P)/l	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	0.006	< 0.003
						SEQ plan d'eau	nutriments
Minéraux							
Silicates	mg(SiO3)/l	5.5	5.4	2.7	3.5	3.8	4

Figure 4: résultats des analyses physico-chimiques réalisées dans le cadre de l'étude 2010 du lac de la Thuile ; les seuils du SEQ plan d'eau et du SEQ Eau V2 ont été appliqués quand ils existent.

- Paramètres *in situ*

Les paramètres *in situ* ont été rappelés à titre indicatif mais ceux-ci ont été interprétés dans le détail par le biais de profils. L'application des seuils du SEQ Eau met en évidence la désoxygénation de l'hypolimnion.

- Matières organiques oxydables

La DBO5 est la Demande Biochimique en Oxygène durant cinq jours. Elle correspond à la quantité de matière organique biodégradable présente dans l'eau.

Les valeurs de DBO5 sont globalement faibles. Les valeurs les plus fortes se retrouvent au fond, en avril et en juillet. Elles s'expliquent probablement par une légère accumulation de plancton au fond du plan d'eau en période de production.

Le plancton est produit dans l'épilimnion ce qui se traduit par des valeurs de DBO5 de 0.7 à 1.9 mg/l selon les campagnes. La plus forte valeur s'observe logiquement en juillet. Le plancton mort sédimente et s'accumule faiblement au fond ou il se dégrade. Les valeurs observées varient de 0.7 à 3.2 mg/l. La plus forte valeur est là aussi observée en juillet.

- L'azote

L'azote et le phosphore sont des composants de la matière organique. Dans les systèmes lacustres, ces molécules se retrouvent alternativement utilisées par les êtres vivants, puis remis à disposition sous forme minérale dans l'eau.

Schématiquement, les formes minérales sont utilisées par les être vivants photosynthétiques (algues, phytoplancton et végétaux aquatiques). C'est par ce biais que l'azote et le phosphore entrent dans la chaîne alimentaire et composent la matière organique des différents maillons. La dégradation des êtres vivants morts, ainsi que les processus de dégradation remettent à disposition l'azote et le phosphore sous forme minérale. C'est le cycle des nutriments.

L'analyse des quantités d'azote minérale contribue à la connaissance des potentialités de production d'un plan d'eau. Cette production est à double tranchant puisque la biomasse produite est ensuite dégradée, avec comme corollaire des phénomènes de consommation d'oxygène et d'accumulations de formes moléculaires pouvant être toxiques.

Les résultats des analyses mettent en évidence des concentrations faibles en azote, sous toutes ses formes minérales. Il n'y a pas d'accumulation des formes toxiques que sont l'ammoniac² ou les nitrites, y compris dans la zone désoxygénée en juillet. Ces éléments vont dans le sens d'un niveau de trophie modéré du lac.

- **Le phosphore**

Le phosphore total ou les ortho-phosphates ne sont presque jamais détectés dans le lac. Cette situation conforte l'observation faite sur l'azote quand au niveau de trophie modéré.

- **Conclusion**

Les analyses physico-chimiques réalisées ne mettent pas en évidence un enrichissement excessif du lac de la Thuile. Néanmoins, la désoxygénation de la couche profonde du lac en été témoigne de difficultés à recycler la matière organique produite par le plan d'eau dans un contexte de stratification thermique.

² L'ammoniac non ionisé sous la forme NH₃ est très toxique pour le poisson. Sa concentration est calculée par la relation d'équilibre entre les deux formes qui s'écrit :

$$NH_3 \text{ (mg / l)} = (NH_4^+) \times \frac{1}{1 + 10^{(10 - pH - 0,03 t)}}$$

5.2. QUALITE DES SEDIMENTS

Les prélèvements de sédiments ont été réalisés en fin de période de production biologique, au début du mois d'octobre 2010. A ce moment, ils ont subi l'ensemble de la période de stratification et donc de désoxygénation. Cette période est généralement ciblée car elle correspond à la plus défavorable du point de vu des nutriments.

Caractéristiques générales		7 octobre 2010	Référentiel	Descripteur
Profondeur prélèvement	m	0 - 6	-	
Matières sèches (MS)	%	26.1	-	
Eau	%	73.9	-	
Matières minérales	%	50.4	-	
Matières organiques	%	49.6	-	
Nutriments				
Carbone organique	g(C)/kg MS	48.1	SEQ plan d'eau	caractéristiques des sédiments
Azote total	g(N)/kg MS	5		
Rapport C/N	-	9.6	-	
Ammonium sur eau	mg (N)/L	16	SEQ plan d'eau	potentiel de relargage des sédiments
Orthophosphates sur eau	mg/kg MS	< 2.5	-	
Métaux				
Arsenic	mg/kg MS	4.3	SEQ cours d'eau V2	Micropolluants minéraux sur sédiments
Cadmium	mg/kg MS	< 0.5		
Chrome	mg/kg MS	12.8		
Cuivre	mg/kg MS	8.6		
Mercurure	mg/kg MS	0.057		
Nickel	mg/kg MS	11.4		
Plomb	mg/kg MS	26.1		
Zinc	mg/kg MS	93.1		

Figure 5 : résultats des analyses physico-chimiques sur sédiments réalisées dans le cadre de l'étude 2010 du lac de la Thuile ; les seuils du SEQ plan d'eau et du SEQ Eau V2 ont été appliqués quand ils existent.

• Composition

Les sédiments sont composés d'une phase aqueuse importante (80%) ainsi que d'une proportion importante de matière organique (50%). Ce résultat confirme l'accumulation de matières organiques au fond du plan d'eau. Cette accumulation est favorisée par la désoxygénation qui limite, lors de la période de forte production planctonique, sa décomposition par biodégradation aérobie.

• Nutriments

La quantité de carbone est importante, en relation avec le taux de matière organique élevée. La classe de qualité résultante reste bonne (verte) mais la concentration mesurée est en limite inférieure de classe. Il en est de même pour l'azote total.

Le rapport C/N est un indicateur de l'origine de la matière organique présente dans les sédiments. Il informe également de sa capacité à se dégrader plus ou moins rapidement.

Les matières organiques allochtones (feuilles et autres débris organiques d'origine terrestre) ont un rapport C/N > 50. Elles sont difficiles à dégrader. Celui observé dans les sédiments du lac de la Thuile est < 10. Cette signature correspond à des matières organiques autochtones (plancton) rapidement biodégradables.

L'ammonium et les orthophosphates sur eau interstitielle permettent d'évaluer les potentialités des sédiments à relarguer des nutriments. La classe de qualité pour l'ammonium est moyenne, ce qui est cohérent avec les teneurs en matières organiques de ceux-ci.

- **Métaux**

Les sédiments ne présentent pas de concentration en métaux importante. Il n'y a pas de pollution de ce type des sédiments du lac de la Thuile.

6. ELEMENTS BIOLOGIQUES

6.1. LE PHYTOPLANCTON

Le phytoplancton (du grec *phyton* ou plante et *planktos* ou errant) est constitué par l'ensemble du plancton végétal, c'est-à-dire des microorganismes photosynthétiques qui sont libres, passifs et en suspension dans la colonne d'eau. Il est à la base de la chaîne alimentaire et constitue la principale production primaire d'un lac. Sa nature et son abondance renseignent sur l'équilibre écologique du lac.

6.1.1. Méthodologie

C'est un des principaux éléments d'évaluation du compartiment biologique des plans d'eau. Deux approches sont utilisées :

- une approche quantitative basée sur la mesure des concentrations en chlorophylle a dans l'épilimnion et dans l'hypolimnion,
- une approche qualitative basée sur l'examen des peuplements.

Quelques paramètres indirects peuvent être utilisés en parallèle tels que les mesures de transparence ou de matières en suspension.

- **Analyses de pigments :**

Les pigments sont analysés sur les mêmes échantillons d'eau que ceux prélevés pour la physico-chimie. Le laboratoire en charge des analyses est le laboratoire CARSO-LSEH de Lyon.

- **Examen du peuplement :**

Lors de chaque campagne, le peuplement est évalué à partir de la détermination du phytoplancton dans un échantillon d'eau intégré sur l'ensemble de la couche euphotique (éclairée par la lumière, recevant plus de 1% de la lumière incidente). Le protocole de détermination est celui de la « Diagnose rapide des plans d'eau » du Cemagref.

Les déterminations ont été effectuées par le bureau d'étude BECQ'Eau.

6.1.2. Approche qualitative

Les concentrations en différents pigments ont été mesurées lors des trois campagnes en 2010. Ces résultats ainsi que les mesures de transparence et de matières en suspension sont synthétisés dans le tableau suivant :

Campagne		8 avril 2010	27 juillet 2010	7 octobre 2010	Référentiel	Déscripteur
Profondeur max	m	8.2	7.2	7.7		
Transparence (SECCHI)	m	3.1	3.1	2.5	SEQ plan d'eau	transparence minimale annuelle
Zone euphotique	m	0 - 7.8	0 - 7	0 - 6.25		

Analyse		Intégré	Fond	Intégré	Fond	Intégré	Fond	
Profondeur prélèvement	m	0 - 7.8	8.5	0 - 6	7.5	0 - 6	7.5	
Matières en suspension totales	mg/l	3.6	5	3.8	11	9.6	< 2.0	SEQ cours d'eau V2 particules en suspension

Phytoplancton								
<i>Chlorophylle a</i>	µg/l	2	1	4	3	2	2	
<i>Phéopigments</i>	µg/l	1	2	1	2	3	4	
<i>Chlorophylle a + phéopigments</i>	µg/l	3	3	5	5	5	6	SEQ plan d'eau effets des développements végétaux

Figure 6: résultats des analyses de pigments sur eau réalisées dans le cadre de l'étude 2010 du lac de la Thuile ; les seuils du SEQ plan d'eau et du SEQ Eau V2 ont été appliqués quand ils existent.

La transparence de l'eau mesurée au disque de Secchi est relativement constante. Elle varie de 2.5 à 3.1 m. La transparence minimale est mesurée en octobre. Il en est de même pour les matières en suspension qui sont également maximales dans l'épilimnion en octobre.

Les concentrations en chlorophylle et phéopigments sont relativement faibles, témoignant d'une activité photosynthétique modérée.

- La *chlorophylle a* est le principal pigment photosynthétique. Son dosage est utilisé pour quantifier la production primaire.
- Les *phéopigments* caractérisent quand à eux la dégradation de la chlorophylle.

En avril, les concentrations en chlorophylle dans l'épilimnion sont faibles (2 µg/l). Elle sont supérieures aux concentrations en phéopigments dans l'épilimnion et inversement dans l'hypolimnion. Cela s'explique très logiquement par une dominance des mécanismes de production sur ceux de dégradation, en relation avec l'approche de la saison estivale.

En été, la concentration en chlorophylle a est la plus importante de l'année dans l'épilimnion comme dans l'hypolimnion. Les concentrations en phéopigments sont minoritaires : la production primaire est la plus forte.

En octobre, les phéopigments sont majoritaires sur la chlorophylle a dans l'épilimnion comme dans l'hypolimnion. La période de production touche à sa fin et le plancton produit en abondance se dégrade.

De nombreux référentiels utilisent la chlorophylle et/ou les phéopigments pour déterminer la catégorie trophique d'un plan d'eau. Le nombre de mesure n'est ici pas suffisant pour utiliser rigoureusement ces référentiels mais les ordres de grandeurs obtenus semblent correspondre aux niveaux trophiques « oligotrophe » et « mésotrophe » (Grille OCDE de 1982) pour les paramètres chlorophylle a et transparence.

6.1.3. Approche qualitative

Des prélèvements de phytoplancton, intégrés sur l'ensemble de la couche euphotique (éclairée par la lumière) ont été effectués lors des trois campagnes de 2010. Un incident de stockage (rupture de flacon) est intervenu sur l'échantillon estival. Seuls sont présentés les résultats des analyses d'avril et octobre.

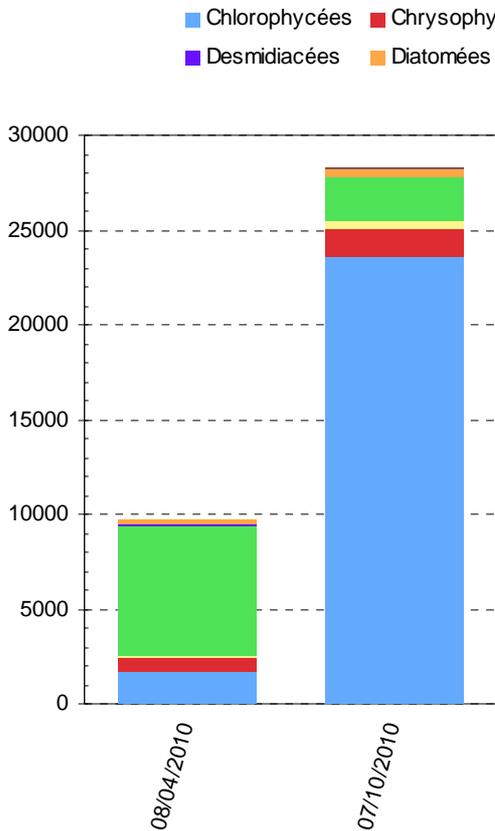


Figure 7: répartition des effectifs (en nombre d'individus/ml) de phytoplancton dans les principaux groupes algaux

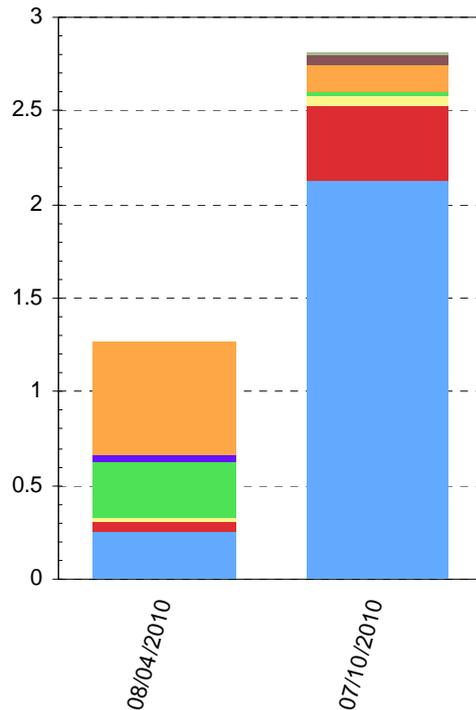


Figure 8: répartition des biovolumes (en mm3/ml) de phytoplancton dans les principaux groupes algaux

L'étude du plancton végétal se fait par identification et comptage d'organismes dans un volume d'eau déterminé. Le résultat est présenté en nombre d'individus par millilitre. L'utilisation des biovolumes moyens par espèce permet de convertir ces effectifs en biomasse et de considérer ainsi la contribution des différentes espèces à la production primaire du plan d'eau.

La biomasse est dominée en avril par les diatomées et les cyanobactéries.

Une espèce de diatomée, *Gyrosigma attenuatum* représente 44% de la biomasse. Trois espèces de cyanobactéries sont présentes : *Aphanocapsa delicatissima*, *Synechococcus elongatus* et *Synechocystis parvula*.

Ces espèces sont les plus rapides à s'installer en début de saison et exploitent les nutriments remis à disposition par le brassage et la minéralisation hivernale.

L'absence de donnée estivale affecte le diagnostic mais les données d'octobre montrent un équilibre très différent.

Le peuplement est dominé par les chlorophycées et parmi celles-ci par *Crucigenia tetrapedia* et *Tetrastrum triangulare* qui représentent plus de 50 % de la biomasse.

L'IPL (Indice planctonique Lacustre) est un outils de diagnostique qui permet d'évaluer le niveau de trophie (ou d'enrichissement en nutriment) d'un lac en fonction de son peuplement phytoplanctonique. La méthode complète n'est pas appliquée et les résultats fournis sont à prendre avec précaution mais à titre informatif, les sous indices obtenus sont de 37 et 57 sur 100 pour les campagnes d'avril et d'octobre. Ils correspondent à des niveaux trophiques oligo-mésotrophe ce qui correspond à un enrichissement perceptible mais modéré.

6.2. LE PEUPLEMENT D'INVERTEBRES

Les invertébrés benthiques correspondent à la faune présente en surface et dans le sédiment du plan d'eau. La nature, l'abondance et la diversité du peuplement fournissent des informations sur les conditions de vies qu'offrent les sédiments du lac, en relation avec la qualité de ceux-ci.

6.2.1. Méthode

6.2.1.1. Prélèvements des invertébrés

L'échantillonnage a été réalisé début octobre en trois points du plan d'eau. Un prélèvement a été réalisé au niveau de la zone la plus profonde, et deux autres, à la profondeur – 3 m, de part et d'autre du premier suivant le plus grand axe (Cf. cartographie de localisation des points de mesure). Chaque point le prélèvement est constitué de 2 échantillonnages à l'aide d'une benne « Hekmann ». Cette benne dite « à mâchoire » permet de prélever le sédiment et la faune qui le compose sur une surface de 215 cm².



Photo 1: Benne « Hekmann » sur son treuil.

6.2.1.2. Détermination

L'analyse a été faite sur l'ensemble de la faune benthique par le laboratoire d'hydrobiologie de SAGE ENVIRONNEMENT. Les invertébrés ont été extraits du sédiment, identifiés et analysés. Ce traitement permet d'obtenir par point la liste des invertébrés présents.

6.2.1.3.L'IOBL

L'**I.O.B.L.** ou Indice Oligochètes de Bioindication Lacustre est un indice biologique basé sur l'examen des oligochètes présents dans les sédiments des plans d'eau. Il a été conçu pour évaluer les potentialités des sédiments lacustres à assimiler et à recycler les substances nutritives. C'est une expression de la « capacité métabolique » globale d'un lac.

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**.

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

Une grille d'interprétation du pourcentage d'espèces sensibles est présentée dans le tableau ci-dessous. 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

Figure 9 : Grille d'interprétation des espèces sensibles (d'après Lafont, 2007³)

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

Il varie de 0 à 20, trois types de plans d'eau sont définis en fonction des valeurs indicielles (cf. Erreur ! Source du renvoi introuvable.) :

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

Figure 10 : Classes de potentiel métabolique définies à partir de l'indice IOBL, NF T90-391

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

³ Interprétation de l'indice lacustre oligochètes IOBL et son interprétation dans un système d'évaluation de l'état écologique. 1 CEMAGREF / MEDAD : 18pp

6.2.2. Résultats

6.2.2.1. La faune d'invertébrés benthiques

Point de prélèvement	P1	P2	P3
Profondeur	7 m	3 m	3 m
INSECTES			
<i>DIPTERES</i>			
Chaoboridae	12	5	1
Chironomidae	2	6	
<i>ODONATES</i>			
Anisoptere		1	1
<i>MEGALOPTERES</i>			
Sialidae			1
OLIGOCHETES	4	39	3
NEMATHELMINTHES			1
TRICLADES			
Dugesiiidae		11	
<i>Effectifs</i>	18	62	7
<i>Variété taxonomique</i>	3	5	5

Figure 11: liste faunistique d'invertébrés benthiques prélevés dans les sédiments du lac de LaThuile

La liste faunistique présentée ci-dessus n'a pas pour vocation de constituer un inventaire des invertébrés benthiques présents dans le lac de LaThuile. Les berges ainsi que l'interface air / eau présentent généralement une diversité biologique supérieure à celle observé dans le milieu très homogène que constitue les sédiments.

En revanche, les sédiments représentent la plus grande surface du plan d'eau et leur capacité à accueillir des invertébrés est indicatrice leur qualité.

La faune présente dans les sédiments est composée de larves d'insectes dont l'adulte est volant et d'organismes strictement aquatiques.

Parmi les larves d'insecte dont l'adulte est terrestre, on retrouve des diptères (mouches et moucheron), des odonates (libellules) et des mégaloptères (Sialis). Les larves vivent dans les sédiments et l'adulte émerge à l'issue de la phase de métamorphose. (Cf. photo de métamorphose d'une libellule anisoptère)

Les oligochètes, némathelminthes et triclades, sont différents groupes de « vers » qui passent l'intégralité de leur vie dans les sédiments lacustres.

Chaque taxon a des exigences écologiques qui renseignent sur les conditions de vie existantes dans les sédiments.

La faune observée au niveau du point le plus profond est composée exclusivement de larves de diptères (famille des *chironomes* et des *chaoboridés*) ainsi que d'oligochètes (vers annelés). Les *chaoboridés* qui dominent le peuplement sont des invertébrés dont les larves supportent des conditions de vie anoxiques (sans oxygène). Ce point est celui qui présente les conditions de vie les plus critiques puisque il subit la plus longue période de stratification et donc de désoxygénation.



Figure 12: Photo Sage Environnement d'une larve d'odonate anisoptère sortant de son exuvie

Les deux prélèvements réalisés à 3 m ont une diversité équivalente, mais des effectifs très différents. Aux trois taxons présents au point 1, s'ajoute des larves d'odonates (libellules), de *sialis*, ainsi qu'un némathelminthe (vers rond) et des *dugesIIDae* (vers plats).

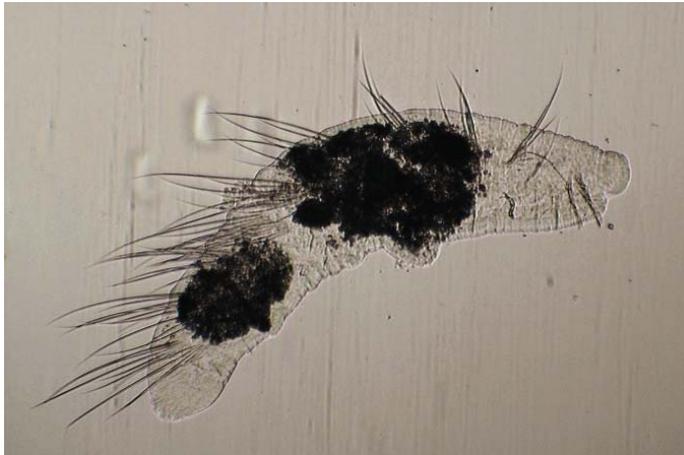
La présence de larves de libellules (Cf. photo ci-contre) témoigne de la présence d'oxygène dans la masse d'eau et à la surface du sédiment. Cet élément corrobore le profil d'oxygène de juillet ou la désoxygénation se produit à partir de 5 m.

En revanche, la présence persistante de chaoboridé confirme que les conditions de vie à l'intérieur du sédiment restent anoxiques.

Le point 2 présente une liste faunistique sensiblement différente du point 3. Les effectifs sont nettement plus élevés (62 individus pour 7) et un taxon absent ailleurs est ici abondant : les *dugesIIDae*. Ce résultat laisse penser que les conditions de vies sont différentes entre ces deux points. L'influence d'une résurgence au niveau du point 2 est possible.

6.2.2.2.L'IOBL

L'IOBL est basée sur une détermination à l'espèce des oligochètes présents dans les sédiments.



Les oligochètes sont des vers annelés et présentant des soies qui vivent dans les sédiments. La photo ci-contre illustre *Vejdovskyella intermedia*, une espèce sensible d'oligochète.

Taille de l'individu, environ 2 mm

Les listes complètes des espèces sont présentées en annexe.

Date	07/10/2010	07/10/2010	07/10/2010
Point de prélèvements	P1	P2	P3
Profondeur de prélèvement	7m	3m	3m
Effectif / 0,1 m ²	6	58	4
Nombre de taxons	1	4	1
IOBL	3.5	9.3	3.2
Type de potentiel métabolique	Lac à faible potentiel	Lac à potentiel Moyen	Lac à faible potentiel
% espèces sensibles (% d'ind. / total)	0	46	0
diagnostique espèce sensibles	Qualité des sédiments mauvaises	Bonne qualité des sédiments	Qualité des sédiments mauvaises

Figure 13: récapitulatif du calcul de l'IOBL sur les trois échantillons prélevés dans le lac de la Thuile.

L'IOBL décrit des sédiments à faible potentiel métabolique et une qualité mauvaise pour les points P1 et P3. Le potentiel métabolique est moyen et la qualité des sédiments bonne au niveau du point P2.

Le potentiel métabolique correspond à la capacité des sédiments lacustres à recycler les matières organiques. Cette mauvaise capacité conduit à une accumulation de matières organique au fond du plan d'eau, ce que confirme les teneurs importantes (env. 50%) mises en évidence dans les analyses (Cf. 5.2).

La dégradation (ou biodégradation) des sédiments dans le fond du plan d'eau est responsable de la consommation de l'oxygène présent dans l'eau. La stratification en place en été, (Cf. 4.1.3) en limitant les échanges entre les eaux de fond et les eaux de surface conduit à une disparition de l'oxygène à proximité du sédiment. L'anoxie limite très fortement la vitesse de recyclage des matières organique et entretient le phénomène d'accumulation.

Ce constat est conforté par l'absence d'espèces sensibles dans les prélèvements P1 et P3.

Le prélèvement P2 est différent puisque les densités d'oligochètes sont plus importantes et le pourcentage d'espèces sensibles plus élevé. Il est difficile de conclure si le point P2 est un îlot

favorable lié à une résurgence ou si à l'inverse, le point P3 est un secteur défavorable lié à l'accumulation de matières organiques en provenance de la ceinture végétale abondante. Un doute subsiste donc concernant le potentiel métabolique des sédiments à cette profondeur.

L'altération de l'indice IOBL s'inscrit dans une dynamique d'enrichissement organique des sédiments. Le faible taux de renouvellement de l'eau (Cf. 3.2) contribue à la sensibilité du lac de la Thuile à ce phénomène naturel car les exportations de substances nutritives par l'émissaire sont probablement nettement inférieures aux importations (litières de feuilles du bassin versant, ruissellement des sols ...)

Cet enrichissement aussi appelé eutrophisation traduit le vieillissement d'un lac. Il peut être accéléré par tout facteur humain contribuant à l'apport de substances nutritive, que ce soit par l'engraissement du bassin versant (engrais, épandages) ou par les eaux usées domestiques, même infiltrées en sortie des fosses sceptiques.

En l'état actuel et parmi les indicateurs suivis lors de l'étude, l'enrichissement des sédiments apparaît comme étant le seul indicateur d'eutrophisation. Les indicateurs de pleine eau témoignent d'avantage d'un niveau trophique oligotrophe à mésotrophe ce qui laisse espérer une situation relativement stable.

6.3.LE PEUPELEMENT PISCIAIRE

6.3.1. Méthodologie

6.3.1.1.Objectifs de la méthode

Cette méthode concerne la mise en œuvre de pêches aux filets selon la norme CEN EN 14757 (méthode dite "suédoise"). Cette norme européenne décrit une méthodologie normalisée pour l'échantillonnage des poissons dans les lacs, à l'aide de filets maillants multimailles.

La méthode fournit une estimation, à l'échelle d'un lac,

- de l'occurrence des différentes espèces,
- de leur abondance relative, numérique et pondérale, exprimée en capture par unité d'effort (CPUE),
- et de la structure en taille des populations de poissons.

Elle fournit également des estimations comparables dans le temps au sein d'un même lac où entre plusieurs lacs.

6.3.1.2.Principe de la méthode

Le mode opératoire est basé sur un échantillonnage aléatoire stratifié. Le lac est divisé en différentes strates de profondeur et un échantillonnage aléatoire est exécuté au sein de chacune de ces strates. Le protocole prévoit l'utilisation de deux types de filets maillants multimailles (benthique⁴ et pélagique⁵).

Les filets benthiques sont des araignées composées de 12 nappes de mailles de dimensions différentes, comprises entre 5 mm et 55 mm noeud à noeud, définies selon une série géométrique. Ils mesurent au total 30 m de long sur 1,5 m de haut et reposent sur le fond. L'effort d'échantillonnage pour les filets benthiques est donné par un abaque en fonction de la surface du plan d'eau et de sa profondeur maximale.

⁴ Le filet repose sur le fond du plan d'eau.

⁵ Le filet est suspendu entre deux eaux.

L'emplacement de chaque filet maillant benthique au sein du lac est déterminé de telle façon que l'effort de pêche total puisse constituer un échantillon non biaisé des peuplements de poissons capturables présents dans le lac. Les filets benthiques constituent un échantillonnage stratifié parce que proportionnel à la surface des différentes strates et donc à l'habitat benthique. Ce sont les résultats de capture de ces filets qui sont utilisés pour l'analyse des populations.

Les filets pélagiques sont des araignées composées de 11 nappes de mailles différentes. La répartition des nappes est identique à celle des filets benthiques, à l'exception de la nappe de maille 5 mm qui est absente. Ils mesurent au total 27,5 m de long sur 6 m de haut et sont utilisés par paire (55 m au total). Ils ont pour objectif de pêcher successivement les différentes strates depuis la surface jusqu'à la profondeur maximale, afin d'intercepter les poissons ayant un comportement pélagique.

Même s'il n'existe pas d'espèces strictement pélagiques dans le lac, de nombreuses espèces de poissons optent pour un habitat pélagique soit au cours de certaines phases de leur cycle biologique, soit temporairement au cours de la journée. L'échantillonnage pélagique est donc mis en oeuvre en tant que profil vertical sur la partie la plus profonde du lac. Le nombre de filets maillants pélagiques à utiliser est déterminé par la profondeur maximale du lac. Contrairement à l'échantillonnage avec les filets maillants benthiques, l'échantillonnage pélagique ne fournit pas d'estimation par rapport au volume total d'eau.

Le temps de pêche par pose est de 12h ; la norme prévoit la pose des filets entre 18 h et 20 h et la levée entre 6 h et 8 h.

6.3.1.3. Effort d'échantillonnage

L'effort d'échantillonnage pour les filets benthiques est donné par un abaque en fonction de la surface du plan d'eau et de sa profondeur maximale. Le nombre de filets maillants pélagiques à utiliser est déterminé par la profondeur maximale du lac.

Dans le cas du lac de la Thuile, la profondeur maximale observée lors de l'opération de pêche était de 7.5 m. La surface du plan d'eau prise en compte est de 7.5 ha.

Le nombre de **filets benthiques** à poser est de 8, répartis comme suit :

Zone de profondeur (m)	Nombre de pose de filets benthiques
< 3	3
3 à 5,9	3
> 6 m	2
Total	8

Figure 14: Répartition des filets maillants multimailles benthiques dans les différentes strates de profondeur du lac de la Thuile

Un seul **filet pélagique** est utilisé pour échantillonner la pleine eau entre 0 et 6 m.

Les surfaces de filets mise en œuvre, combinées au temps de pêche, conditionnent « l'effort d'échantillonnage ».

Compartiment	Nombre de filet	Surface d'un filet (m ²)	Effort d'échantillonnage (m ² /12h pêche)
benthique	8	90	720
pélagique	1	660	660

Figure 15 : Effort d'échantillonnage benthique et pélagique mis en œuvre dans le lac de la Thuile

Dans le cas de l'étude piscicole du lac de la Thuile, l'effort d'échantillonnage pélagique est proche de celui benthique.

6.3.1.4. Plan d'échantillonnage

L'emplacement de chaque filet maillant au sein du lac est déterminé de telle façon que la pêche totale puisse constituer un échantillon non biaisé des peuplements de poissons capturables présents dans le lac.

Au sein de chaque strate, les filets benthiques sont disposés de manière aléatoire à travers l'ensemble du lac. Ils sont posés en ligne droite et selon des angles aléatoires par rapport à la berge. Compte tenu du fait qu'il convient de traiter les captures réalisées dans chaque filet comme un échantillon indépendant pour cette zone de profondeur particulière, les filets benthiques ne sont pas accrochés les uns aux autres.

Le positionnement des filets benthiques a été réalisé préalablement à la campagne d'intervention sur un plan d'échantillonnage par l'utilisation d'outils de positionnement aléatoire. (Cf. carte de localisation des filets)

Les filets pélagiques ont été positionnés au niveau de la zone la plus profonde du plan d'eau.

6.3.1.5. Conditions d'intervention

La campagne de pêche s'est déroulée du 26 au 27 juillet 2010 par un temps ensoleillé. Le résultat de l'échantillonnage des poissons à l'aide d'engins passifs est fortement influencé par la température de l'eau, le cycle biologique et la période de frai des différentes espèces.

Dans le cas présent, la date d'intervention est conforme aux prescriptions de la norme et du guide de lecture du GISPE.⁶ La date d'échantillonnage permet de garantir une activité importante des espèces de poisson attendues. Elle se situe en dehors des périodes de reproduction des principaux poissons et doit permettre la détection des individus de l'année (O^+) au moins pour les espèces dont la reproduction est précoce (gardon, perche).

6.3.1.6. Traitement des résultats

Les poissons capturés ont été identifiés, mesurés, pesés et associés à une maille et à un filet. Les résultats obtenus ont été synthétisés en terme :

- de peuplement,
- de classes de tailles par espèces,
- et de répartition des captures en fonction de la profondeur.

⁶ Résumé et guide de lecture de la norme CEN prEN 14757 – Echantillonnage piscicole à l'aide de filets multimaillages – Groupement d'Intérêt Scientifique Plan d'Eau – avril 2006 – 15p.



Photo 2: démaillage des poissons capturés dans le lac de la Thuile

Ce traitement a été réalisé sur les captures effectuées dans les filets benthiques uniquement puisque eux seuls constituent un échantillon représentatif des peuplements de poissons capturables présents dans le lac.

Les captures réalisées dans les filets pélagiques permettent d'obtenir un complément qualitatif de l'occupation de la zone de pleine eau.

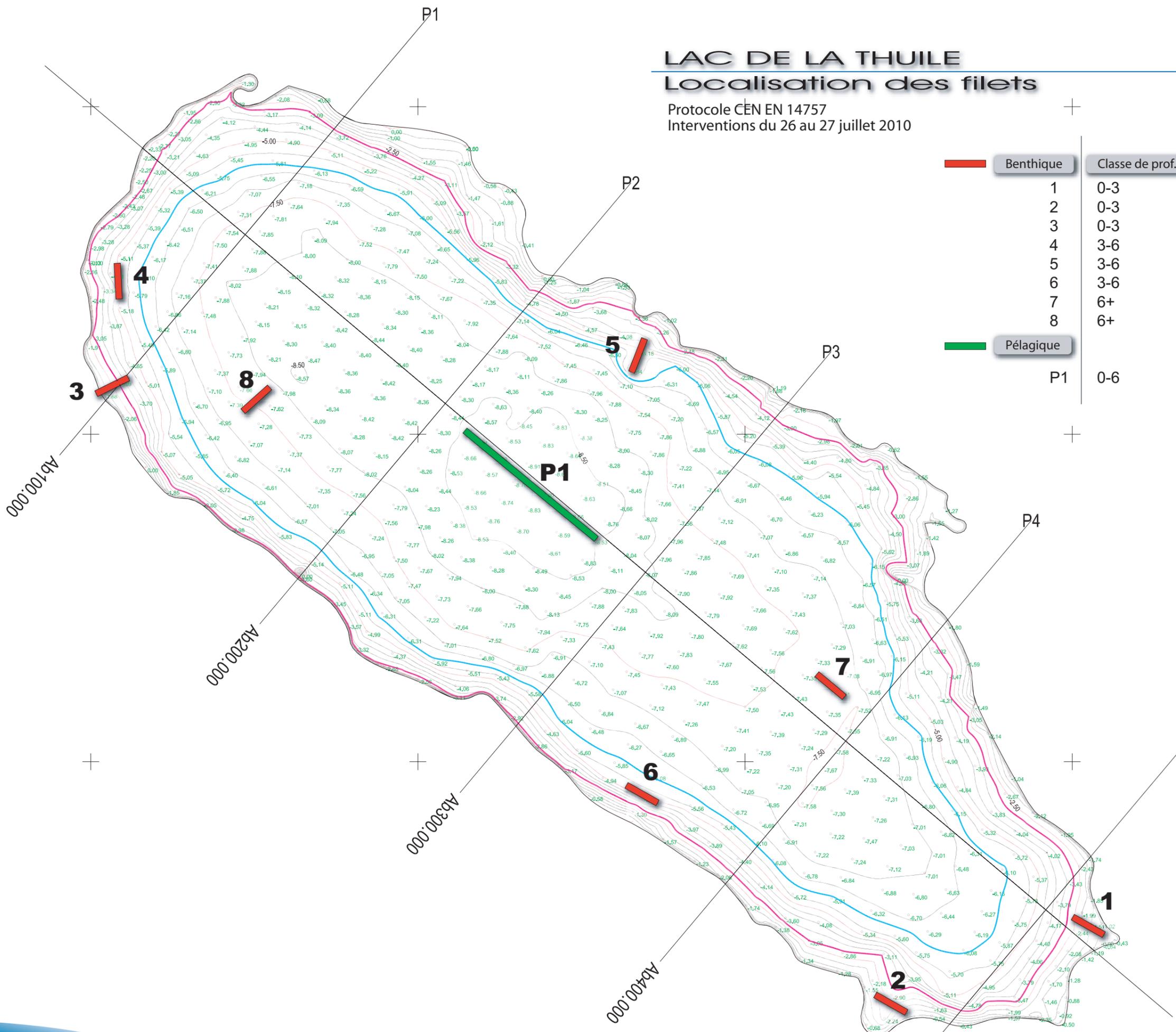
LAC DE LA THUILE

Localisation des filets

Protocole CEN EN 14757
Interventions du 26 au 27 juillet 2010



Y=65.875



Benthique		Classe de prof.
1		0-3
2		0-3
3		0-3
4		3-6
5		3-6
6		3-6
7		6+
8		6+
Pélagique		
P1		0-6

Y=65.750

Y=65.625



0 ECHELLE 50 m

6.3.2. Résultats

6.3.2.1. Résultats bruts

Les résultats obtenus dans les deux compartiments échantillonnés sont présentés ci-dessous :

Filets Benthiques	gardon	Biomasse (g)	1227
	<i>Rutilus rutilus</i>	Effectif	78
	perche	Biomasse (g)	2945
	<i>Perca fluviatilis</i>	Effectif	152
	brochet	Biomasse (g)	294
	<i>Esox lucius</i>	Effectif	1
	breme	Biomasse (g)	1936
	<i>Abramis brama</i>	Effectif	39
	brème bordeliere	Biomasse (g)	124
	<i>Blicca bjoerkna</i>	Effectif	5
	rotengle	Biomasse (g)	1325
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Effectif	25
	Ecrevisse Americaine	Biomasse (g)	438
	<i>Orconectes limosus</i>	Effectif	47
tanche	Biomasse (g)	2988	
<i>Tinca tinca</i>	Effectif	3	
perche soleil	Biomasse (g)	278	
<i>Lepomis gibbosus</i>	Effectif	52	
Biomasse totale capturée dans les filets benthiques (g)			11555
Effectif capturés dans les filets benthiques			402
Filets Pélagiques	gardon	Biomasse (g)	3506
	<i>Rutilus rutilus</i>	Effectif	290
	perche	Biomasse (g)	612
	<i>Perca fluviatilis</i>	Effectif	16
	brochet	Biomasse (g)	362
	<i>Esox lucius</i>	Effectif	1
	breme	Biomasse (g)	1164
	<i>Abramis brama</i>	Effectif	10
	brème bordeliere	Biomasse (g)	230
	<i>Blicca bjoerkna</i>	Effectif	1
	rotengle	Biomasse (g)	1190
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Effectif	86
	perche soleil	Biomasse (g)	8
	<i>Lepomis gibbosus</i>	Effectif	2
Biomasse totale capturée dans les filets pélagiques (g)			7072
Effectif capturés dans les filets pélagiques			406

Figure 16: Résultats de l'échantillonnage benthique et pélagique réalisé sur le lac de la Thuile

Huit espèces de poissons et une espèce d'écrevisse ont été capturées. Toutes sont présentes dans l'échantillonnage benthique. Parmi celles-ci, 7 espèces de poissons sont également présentes dans l'échantillonnage pélagique. La seule espèce que l'on ne rencontre que dans l'échantillonnage benthique est la tanche.

Les effectifs et les biomasses trouvées dans les deux types d'échantillonnage sont similaires. Etant donné que les surfaces échantillonnées sont également proches (Cf. 6.3.1.3), il est important de noter que les évaluations habituellement faite sur l'échantillonnage benthique omettent dans ce cas une part importante du peuplement.

L'occupation du compartiment pélagique (pleine eau) apparaît ici important.

6.3.2.2. Le peuplement

6.3.2.2.1. Aspect quantitatif

L'évaluation qualitative et quantitative du peuplement est effectuée à partir de l'échantillonnage par les filets benthiques uniquement. Eux seuls constituent « *a priori* » un échantillon représentatif des peuplements de poissons capturables dans la retenue. Aucune autre espèce n'a été capturée dans les filets pélagiques.

Espèces	Effectif total	Effectif moyen par filet	Effectif / 100 m ²	%	Poids total (g)	Poids moyen par filet (g)	Poids / 100 m ²	% du poids
gardon	78	9.8	21.7	19%	1227	153.4	340.8	11%
perche	152	19.0	42.2	38%	2945	368.1	818.1	25%
brochet	1	0.1	0.3	0%	294	36.8	81.7	3%
breme	39	4.9	10.8	10%	1936	242.0	537.8	17%
brème bordelienne	5	0.6	1.4	1%	124	15.5	34.4	1%
rotengle	25	3.1	6.9	6%	1325	165.6	368.1	11%
Ecrevisse Américaine	47	5.9	13.1	12%	438	54.8	121.7	4%
tanche	3	0.4	0.8	1%	2988	373.5	830.0	26%
perche soleil	52	6.5	14.4	13%	278	34.8	77.2	2%
Somme	402	50.3	111.7	100%	11555	1444.4	3209.7	100%

Figure 17 : Peuplement capturé dans les filets benthiques dans le lac de la Thuile

D'un point de vue quantitatif, le rendement numérique de pêche est de 111.7 individus pour 100 m² de filets. Le rendement pondéral est de 3210 g/100 m².

Il n'existe pas encore à l'heure actuelle de référentiel concernant les biomasses et les effectifs de poissons capturés par cette méthode de pêche en plan d'eau. Il est donc délicat de se prononcer sur les rendements de pêche, néanmoins les rendements numériques et pondéraux obtenus dans le lac de la Thuile peuvent être comparés à ceux d'autres lacs français échantillonnés par la même méthode et dont les résultats sont disponibles dans la bibliographie. (DECELIÈRE-VERGES *et al*, 2009)

Les graphiques ci-dessous présentent 27 plans d'eau naturels et artificiels répartis sur le territoire français et représentant un panel des niveaux trophiques rencontrés. La liste des plans d'eau ainsi que les données complètes sont présentées en annexe.

Le rendement numérique de pêche est dans la moitié supérieure du panel de plan d'eau. (11 sur 28). Le rendement pondéral apparaît en revanche moins élevée (19 sur 28).

Cette légère distorsion peut être liée à la dominance d'espèces de petites tailles (gardon, perches) tandis que les espèces benthiques qui atteignent des tailles importantes (brèmes, carpes notamment) apparaissent peu abondantes.

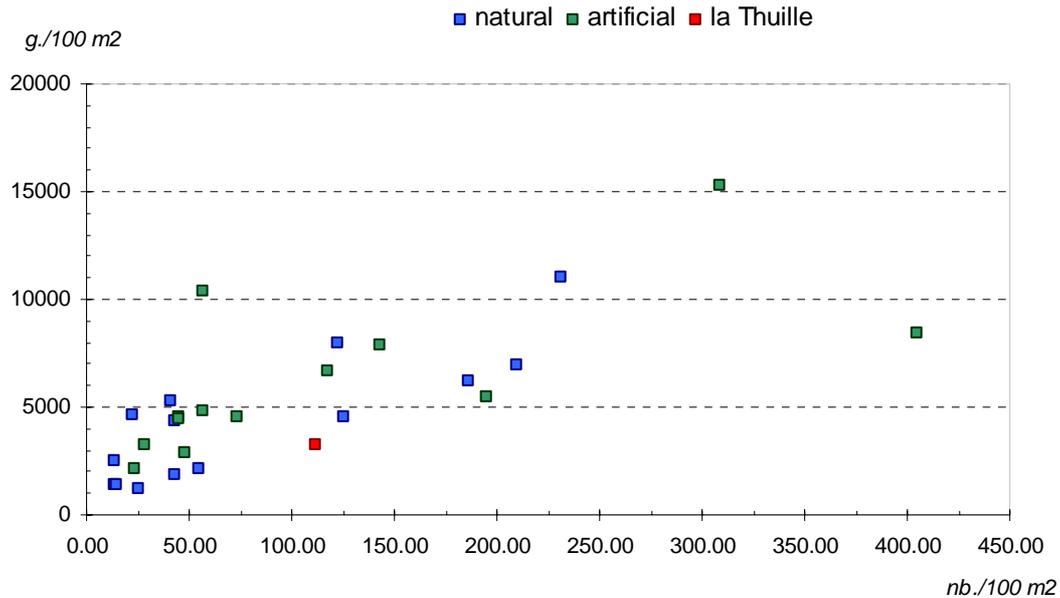


Figure 18 : position dans un diagramme de rendement numérique et pondéral du lac de la Thuille comparé à 27 plan d'eau français naturels et artificiels.

Il faut toutefois relativiser ce résultat puisque :

- L'effort d'échantillonnage de pleine eau n'est pas corrélé à la surface du plan d'eau donc celui-ci n'est pas pris en compte dans les comparaisons entre plan d'eau,
- Le compartiment de pleine eau du lac de la Thuille est fortement occupé.

Il apparaît donc que les biomasses observées dans l'échantillonnage du lac de la Thuille apparaissent importantes, relativement au panel de plan d'eau.

Il n'est pas possible de vouloir établir un niveau trophique à partir de rendements de pêche, puisque la capacité de production d'un lac, si elle dépend des ressources nutritives disponibles, est d'avantage affectée par le bon transfert de l'énergie dans la chaîne alimentaire.

6.3.2.2. Aspect qualitatif

La composition du peuplement est présentée dans les histogrammes de capture ci-dessous :

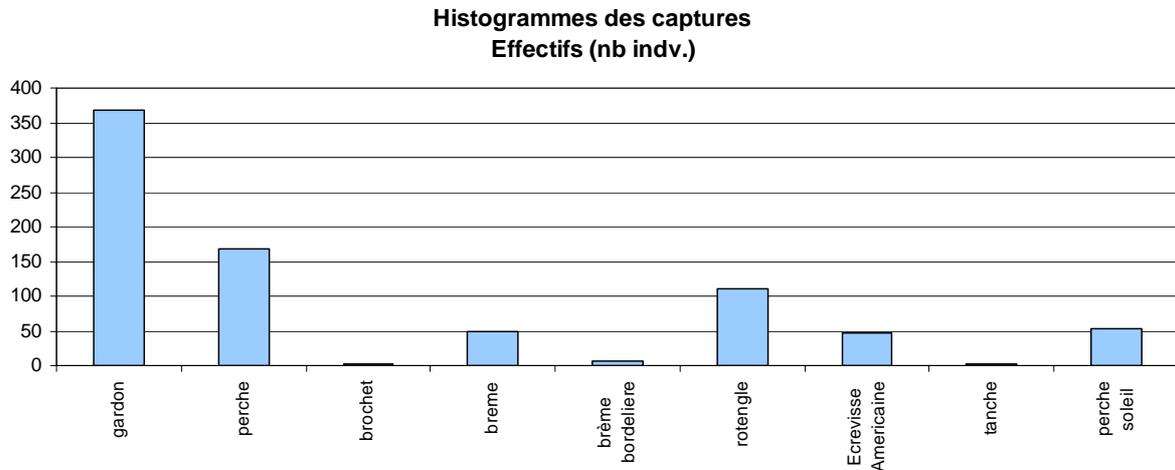


Figure 19: Histogramme des effectifs capturés dans l'ensemble de l'échantillonnage

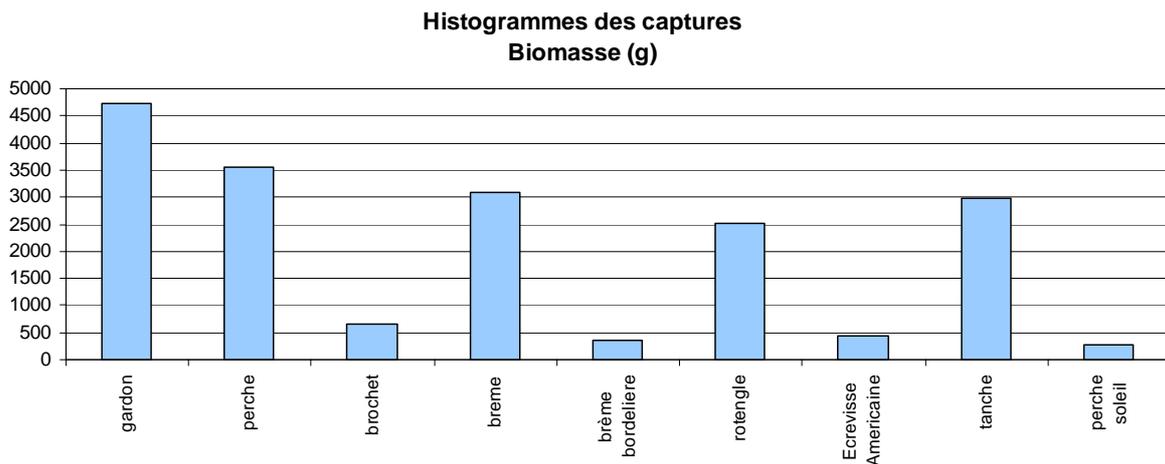


Figure 20: Histogramme des biomasses capturées dans l'ensemble de l'échantillonnage

Le peuplement est dominé numériquement et pondéralement par le gardon et la perche. Suivent le rotengle et d'un point de vu pondéral, la brème et la tanche.

L'association dominante est donc gardon/perche ; deux espèces nettement favorisées par l'abondance de phytoplancton. C'est par ailleurs cette ressource alimentaire qui conduit à la bonne occupation de la pleine eau.

Les brèmes (brème communes et brème bordelières) sont peu abondantes numériquement mais leur taille élevée les classe en 3^e d'un point de vu pondéral. Il en est de même des tanches.

Les carnivores sont représentés par les perches adultes et les brochets. Seuls deux brochets ont été détectés, mais cette espèce étant peu capturable aux filets, ce résultat confirme sa présence.

Une espèce classée nuisible semble bien représentée : la perche soleil, toutefois ses capacités de nuisances réelles sont très faibles à nulles.

6.3.2.3. Répartition verticale

La répartition verticale du peuplement peut s'étudier au travers de l'échantillonnage benthique. Dans ce cas, le résultat obtenu correspond à la répartition des poissons en fonction de la profondeur, dans des filets d'un mètre cinquante de haut, reposant sur le fond. C'est donc l'évolution qualitative et quantitative de l'occupation de l'interface substrat/eau, en fonction de la profondeur, qui est évaluée.

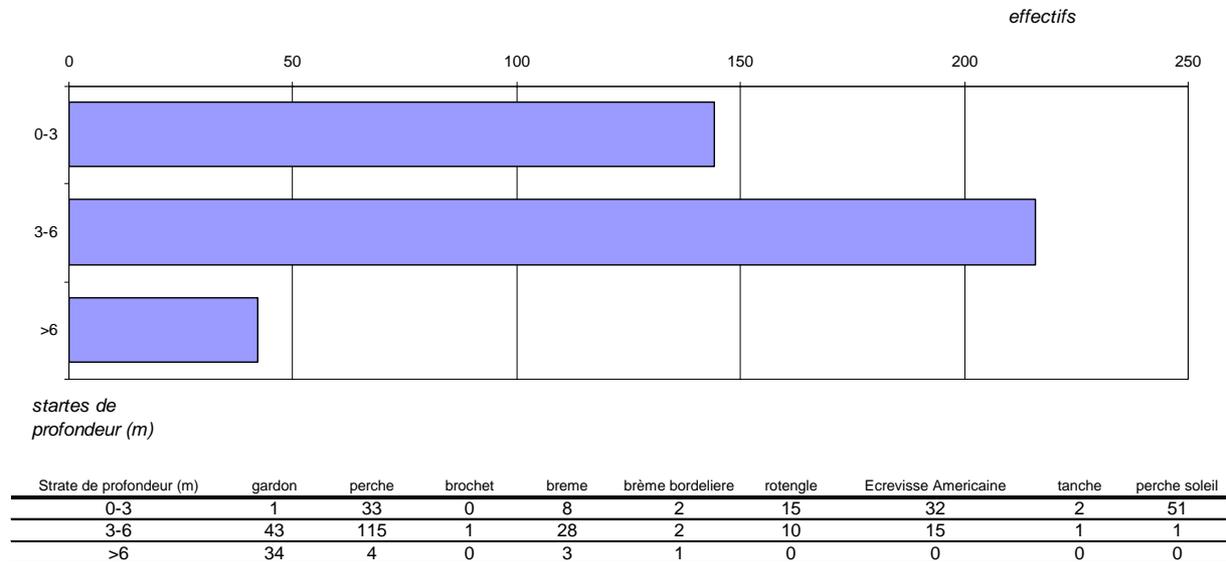


Figure 21: répartition verticale des effectifs capturés dans les filets benthiques

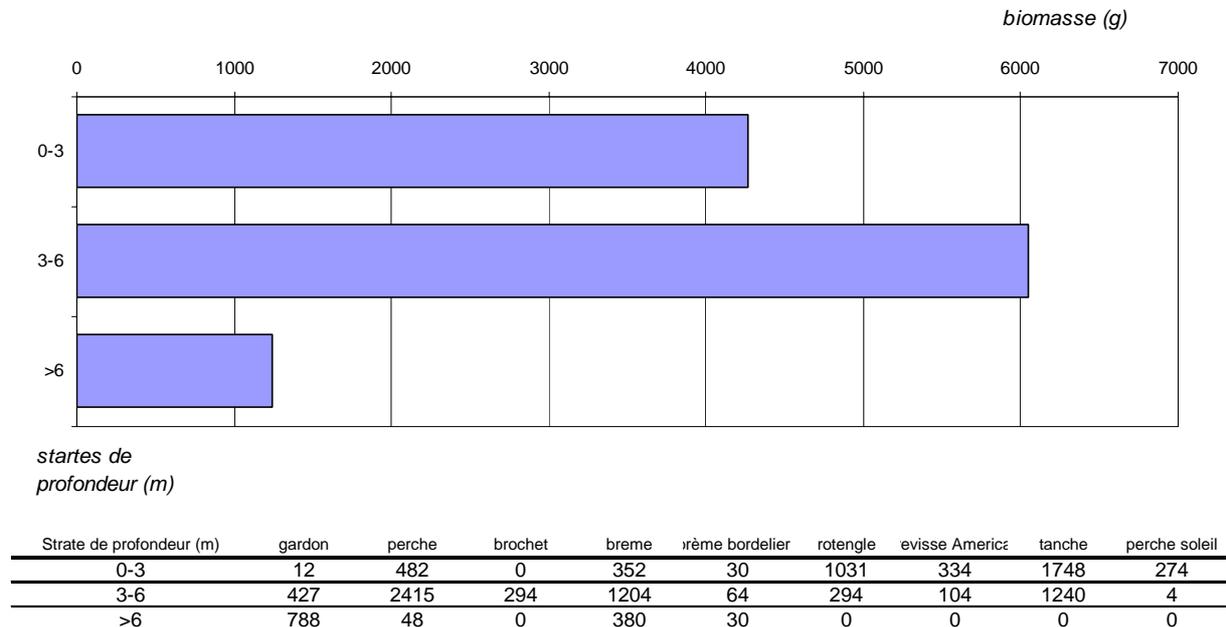


Figure 22: répartition verticale de la biomasse capturée dans les filets benthiques

La répartition des effectifs et de la biomasse est similaire. La tranche 3-6 m est celle qui présente l'occupation la plus forte, suivie de la couche 0-3 m. Enfin les profondeurs inférieures à 6 m sont moins occupées.

- La couche 0-3 m s'étend sur des secteurs très proches des berges. C'est là que s'observe l'essentiel des populations de perche soleil, d'écrevisse américaine et de tanches.
- La couche 3-6 m semble la plus favorable au poisson. Cette tranche d'eau est encore bien oxygénée et c'est à ce niveau que se trouve probablement la majorité de la biomasse zoo planctonique, consommable par les poissons. C'est dans cette couche que l'on rencontre la majorité des espèces zooplanctonophages, tel que le gardon, la perche et les brèmes.
- La couche > 6m correspond à la partie inférieure de la zone éclairée par la lumière. Ce secteur est généralement le plus occupé mais dans le lac de la Thuile, il correspond également à l'interface de la zone désoxygénée. Seuls persistent à ce niveau quelques gardons, perche et brèmes.

6.3.2.4. Etat des lieux des principales populations

Les principales espèces capturées font l'objet d'analyses spécifiques.

6.3.2.4.1. Les espèces dominantes

- **Le gardon : *Rutilus rutilus***

Le gardon est l'espèce présentant la plus forte biomasse dans les captures.

C'est une espèce ubiquiste thermophile qui occupe généralement le compartiment littoral mais colonise fréquemment les secteurs pélagiques dans les plans d'eau si la ressource planctonique le permet.

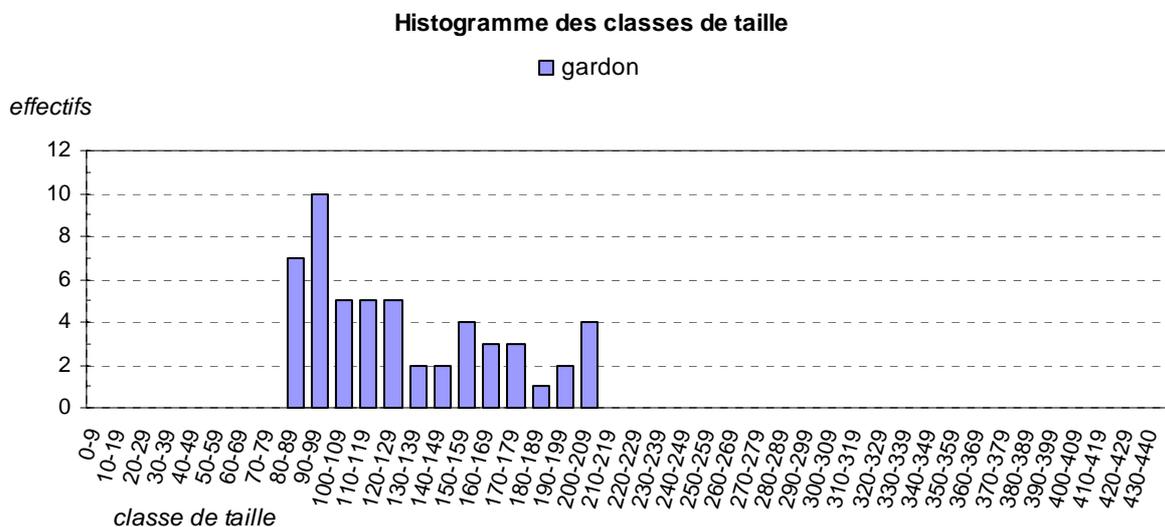
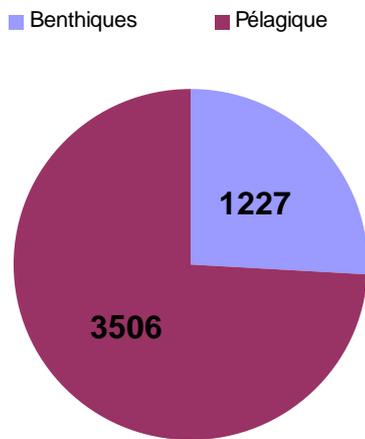


Figure 23: Histogramme de taille du gardon, obtenu à partir de l'échantillonnage réalisé dans l'ensemble des filets

Une seule cohorte se dessine ; l'absence de données scalimétriques ne permet pas d'identifier avec certitude l'âge des individus, cependant si la croissance est normale les données disponibles dans la bibliographie (SCHLUMBERGER, ELIE, 2008), (BRUSLE, QUIGNARD, 2001) permettent d'émettre l'hypothèse les individus capturés sont âgés d'un à deux ans.

L'absence apparente d'individus de l'année ainsi que d'individus de taille supérieure à 21 cm ne signifie pas forcément qu'il y ait un trou dans les cohortes. L'effort d'échantillonnage ne permet probablement de détecter que les cohortes dominantes.



L'essentiel de la population de gardon s'observe dans le compartiment pélagique. C'est un poisson omnivore capable d'exploiter efficacement une variété importante de ressources alimentaires (zooplanctonique, benthique ou végétale). Cette répartition atteste que la ressource alimentaire planctonique est préférentiellement exploitée à cette période de l'année.

L'espèce rencontre dans le lac de la Thuile les conditions propices à son développement.

Figure 24: répartition des biomasses (en grammes) de gardons capturés dans les compartiments benthique et pélagique

- **La perche ; *Perca fluviatilis***

La perche est l'espèce sub-dominante dans le lac de la Thuile.

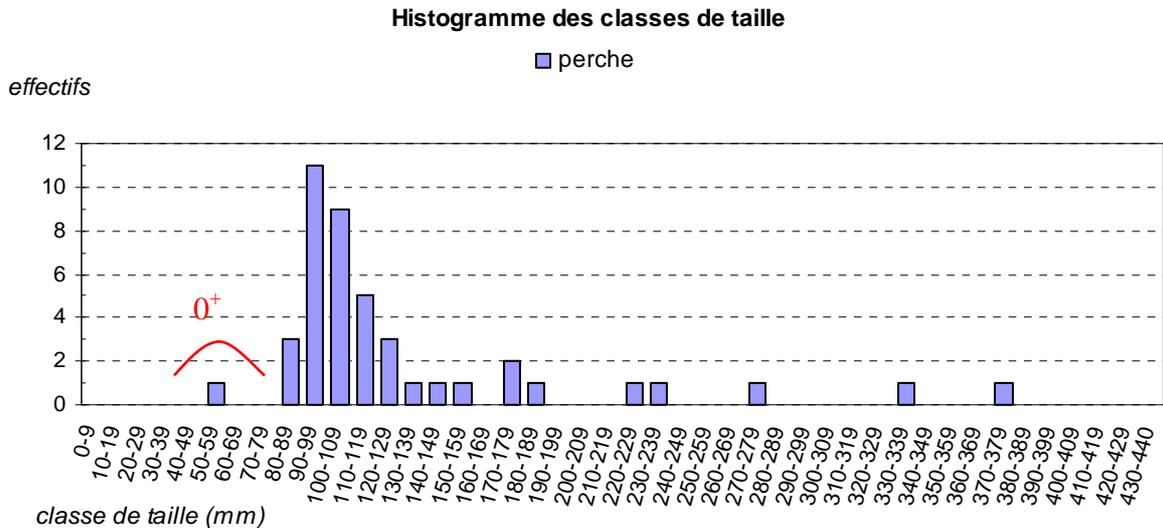


Figure 25 : Histogramme de taille de la perche, obtenu à partir de l'échantillonnage réalisé dans l'ensemble des filets

L'histogramme des classes de taille de la perche appelle les commentaires suivants :

- L'essentiel des individus capturés mesurent entre 80 et 140 mm.
- Un individu de l'année a été échantillonné (0^+) ; il est probable que cette taille soit la taille minimum capturable et que la majeure partie de recrutement 2010 n'ait pas été pris en compte,
- Quelques individus de taille supérieure sont observés avec une taille maximum de 380 mm.

La population de perche apparaît équilibrée.

Le plus grand nombre d'individus présente une taille inférieure à 120-150 mm ce qui correspond au basculement de régime alimentaire de zooplanctonophage / invertivore à ichtyophage.

Le nombre d'individus ayant dépassé ce seuil semble significatif ; aucun problème de nanisme lié à des difficultés à dépasser ce stade ne semble exister.

En conclusion, la population de perche trouve dans le lac de la Thuile, les conditions thermiques, trophiques et habitationnelles propices à son développement.

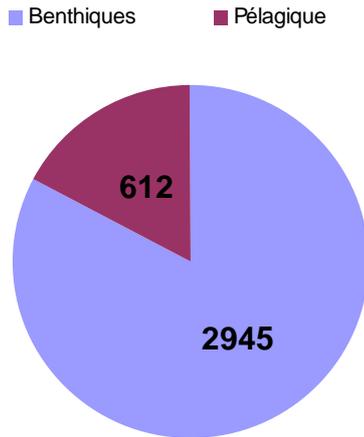


Figure 26: répartition des biomasses (en grammes) de perches capturées dans les compartiments benthique et pélagique

Contrairement au gardon et en dépit d'un régime alimentaire similaire pour les jeunes individus, les perches semble avoir une moins grande affinité envers le compartiment de pleine eau. Leur répartition est très majoritairement à proximité des berges où elles se rencontrent en bancs serrés.

6.3.2.4.2. *Les carnassiers*

Deux espèces de carnassiers sont présentes : la perche, et le brochet.

Photo 3: Brochet capturé dans le lac de la Thuile

Deux brochets d'environ 30 cm ont été capturés dans les filets. Ce résultat, qui peut apparaître faible, s'explique par deux éléments principaux :

- D'une part, dans un peuplement, les carnassiers sont toujours moins abondants que les espèces proies,
- D'autre part, la morphologie allongée du brochet le rend peu capturable aux filets maillants.

Ce résultat doit donc être considéré comme le témoignage d'une présence nette de l'espèce au regard de l'effort d'échantillonnage peu important et peu adapté qui lui est appliqué.

La gestion actuelle des niveaux d'eau mise en œuvre par les propriétaires du lac d'eau prend en compte les exigences du brochet en terme de reproduction. Elle comprend une phase d'inondation des pelouses jouxtant le lac durant le printemps permettant à celui-ci de venir y déposer ses œufs. L'utilisation de ces espaces a pu être vérifiée lors de la campagne de mars ou une prospection rapide avait permis la détection d'une douzaine d'individus mâles ayant pris possession des frayères.

Le brochet est une espèce vulnérable dans un plan d'eau de taille modeste, notamment du fait des prélèvements qui affectent rapidement les effectifs. Son maintien autonome dans le lac de la Thuile est la conséquence du succès de sa reproduction, en relation avec l'attention dont il fait l'objet. La présence suffisante de poissons fourrage permet ensuite leur grandissement.

6.3.2.4.3. *Les espèces secondaires*

- **Les brèmes : *Abramis brama* et *Blicca bjoerkna***

Deux espèces sont observées : la brème commune (*Abramis brama*) et la brème bordelière (*Blicca bjoerkna*). Ces espèces, ayant des exigences écologiques proches, sont présentées

ensemble. Les brèmes sont peu nombreuses, relativement aux espèces citées précédemment, mais en raison d'un poids individuel élevé, la brème commune représente la troisième espèce la plus abondante en terme de biomasse.

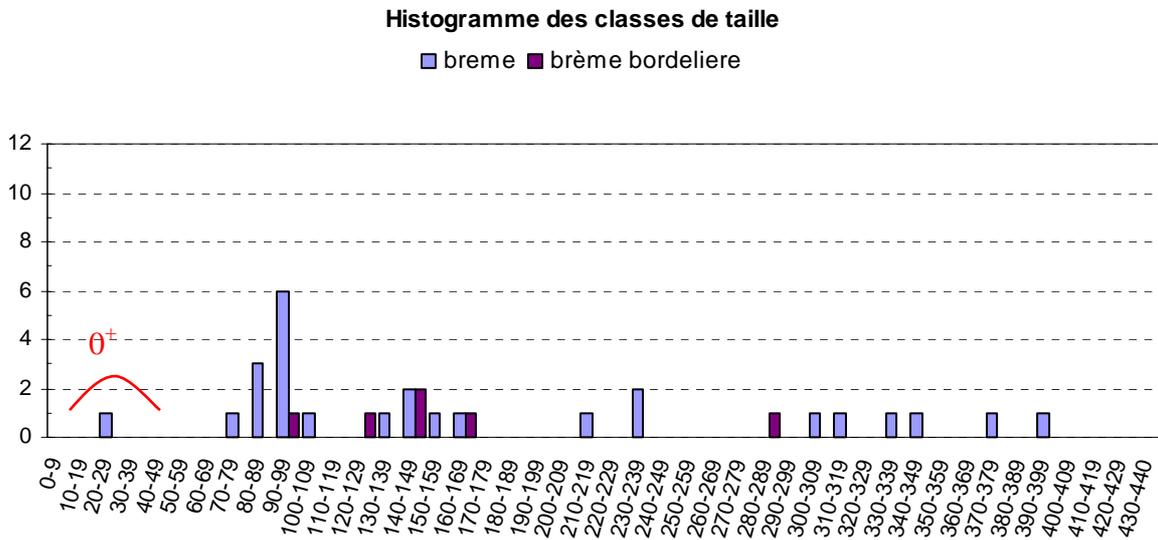


Figure 27: Histogramme de taille des brèmes, obtenu à partir de l'échantillonnage réalisé dans l'ensemble des filets

Un individu de l'année de brème commune est observé (0+), confirmant sa reproduction. Des individus de toutes tailles se retrouvent dans l'histogramme, mettant en évidence que la reproduction est bonne et régulière.

L'histogramme de taille, bien qu'incomplet en raison du faible effort d'échantillonnage, semble équilibré.

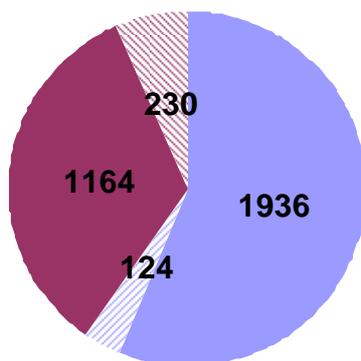


Figure 28: répartition des biomasses (en grammes) des brèmes capturées dans les compartiments benthique et pélagique

Les brèmes ont été capturées dans les compartiments pélagiques et benthiques.

Les brèmes ont un régime alimentaire basé sur la consommation de benthos (invertébrés vivant sur ou à proximité du fond) et de divers déchets organiques qu'elles délogent du sédiment. La proportion de la population observée dans le compartiment pélagique doit probablement être associée à un régime alimentaire opportuniste zooplanctonophage.

Plusieurs éléments peuvent être avancés pour expliquer ce résultat :

- le stade d'alimentation zooplanctonophage est courant pour les stades juvéniles qui dominent l'échantillon,
- la désoxygénation des sédiments, mise en évidence précédemment à pour conséquences de faibles densités en invertébrés benthiques. Il apparaît logique que cette ressource alimentaire s'efface rapidement en été, lorsque la production planctonique est maximale.

- **Le rotengle : *Scardinius erythrophthalmus***

Le rotengle est un poisson omnivore, avec une prédominance pour la consommation d'insectes et la prise de nourriture en surface. Son régime alimentaire le rattache d'avantage aux habitats de berges.

Photo 4: Rotengle capturé dans les filets lors de l'étude piscicole du lac de la Thuile

■ Benthiques ■ Pélagique

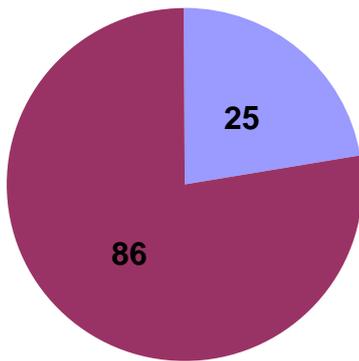


Figure 29: répartition des effectifs des rotengles capturés dans les compartiments benthique et pélagique

■ Benthiques ■ Pélagique

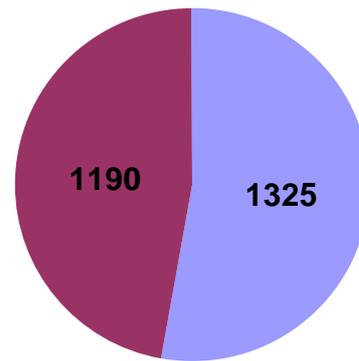


Figure 30: répartition des biomasses (en grammes) de rotengles capturés dans les compartiments benthique et pélagique

L'échantillonnage met en évidence que la majorité des individus a été capturés dans le compartiment pélagique. En revanche, pour les biomasses, la répartition est plus équilibrée.

Il est probable que les individus les plus gros occupent leur habitat préférentiel en berge mais que les plus jeunes, s'alimentent en pleine eau.

- **La tanche : *Tinca tinca***

La tanche est une espèce benthophile⁷, plus ou moins lucifuge, préférant les zones littorales végétalisées. C'est ce qui est observé dans l'échantillonnage puisque la totalité des individus a été capturée dans le compartiment benthique, près du bord. C'est également une des rares espèces que l'on retrouve dans le compartiment 0-3 m.

Son régime alimentaire est de type omnivore benthophage, sur fond mou organique avec une préférence pour les proies animales (invertébrés, écrevisses). C'est probablement ce qui explique sa répartition dans les tranches les moins profondes du plan d'eau, où la qualité des sédiments est la meilleure.

⁷ Affectionnant la proximité du fond

7. BILAN ET EVOLUTION DU PEUPLEMENT

Le peuplement observé sur le lac de la Thuile est un peuplement typique d'étang. Les espèces présentes sont celles susceptibles de se reproduire naturellement.

Une étude piscicole réalisée en 1991 par la DDAF permet d'analyser l'évolution de ce peuplement.

Espèces	Leger		DDAF	SAGE
	1942-1943	1950	1991	2010
perche	p	p	p	p
brochet	p	p	p	p
gardon	p		p	p
breme		p	p	p
rotengle	p		p	p
tanche	p		p	p
brème bordeliere			p	p
Ecrevisse Americaine			p	p
carpe	p	p		
<i>perche soleil</i>				p
ablette			p	
goujon		p		
vairon		p		
truites AEC			p	
Somme	6	6	10	9

Figure 31 : Données anciennes de présence d'espèces de poissons dans le lac de la Thuile

En 2010, 8 espèces de poissons et une espèce d'écrevisse sont recensées dans l'inventaire. Ce peuplement est proche de celui observé en 1991. Quelques différences sont notées :

- une nouvelle espèce est détectée en 2010 : la perche soleil
- l'ablette qui n'était présente qu'à l'état de relique en 1991 n'est pas retrouvée en 2010
- les truites arc-en-ciel, issues d'un lâché de poissons surdensitaires en 1991 ne se retrouvent pas

Par rapport aux données plus anciennes :

- Les carpes ne sont pas détectées : celles-ci sont probablement présentes mais comme la population n'est pas vigoureuse, elle n'a pas été détectée.
- Le gougeon et le vairon, cités en 1950 n'apparaissent plus dans l'inventaire. Ces espèces sont caractéristiques d'un plan d'eau « jeune » et l'évolution actuelle de l'écosystème ne leur semble pas favorable.

La méthode d'inventaire utiliser en 1991 n'est pas exactement la même toutefois elle est suffisamment proche pour que des comparaisons qualitatives et quantitatives puissent être réalisées.

Espèces	2010		1991	
	Effectifs	Biomasses	Effectifs	Biomasses
gardon	45.5%	25.4%	61.2%	17.2%
perche	20.8%	19.1%	6.9%	16.4%
brochet	0.2%	3.5%	0.5%	3.6%
breme	6.1%	16.6%	24.0%	44.5%
brème bordeliere	0.7%	1.9%	1.2%	2.9%
rotengle	13.7%	13.5%	4.3%	1.0%
Ecrevisse Americaine	5.8%	2.4%	0.8%	0.2%
tanche	0.4%	16.0%	0.7%	12.5%
perche soleil	6.7%	1.5%		
ablette			0.2%	0.1%
truites AEC			0.2%	1.6%
Somme	100%	100%	100%	100%
rendement (g/m ²)	27		11	
temps de pêche	12 h		16 h	

Figure 32: Bilan des pêches de 1991 et 2010, en pourcentage des captures. Les rendements de pêche moyens sont précisés.

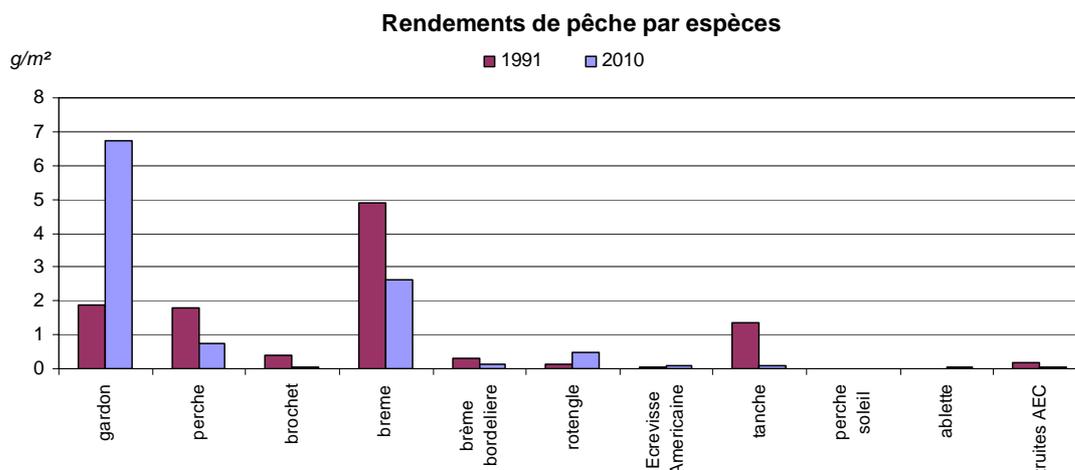


Figure 33: rendements de pêche par espèces lors des études de 1991 et 2010

Le rendement de pêche est nettement supérieur en 2010 - presque multiplié par trois – en dépit d'un temps de pose plus court (12h en 2010 contre 16h en 1991).

Le gardon est l'espèce qui présente la plus grosse progression, alors que les perches, les brèmes et les tanches régressent.

L'évolution du peuplement piscicole du lac de la Thuile semble cohérente avec l'hypothèse d'un enrichissement progressif en nutriment du lac. Celui-ci :

- en permettant une production primaire planctonique relativement importante, favorise les espèces adaptées à l'exploitation de cette ressource : gardons, jeunes perches (ses effectifs ont progressés alors que la biomasse a diminué), rotangles,
- alors que l'enrichissement des sédiments en matière organique n'est pas favorable aux espèces benthophages (brèmes, tanches, carpes).

Le peuplement actuel semble bien adapté aux conditions de vies dans le lac et il ne semble pas souhaitable de modifier cet équilibre par une gestion piscicole différente. La facilitation de la reproduction du brochet par la gestion hydraulique du plan d'eau porte ses fruits puisque cette population se maintiens dans un lac de dimension modeste soumis à des prélèvements.



Photo 5: Poissons capturés dans le lac de la Thuile lors de la pêche de 2010.

8. CONCLUSIONS

Le lac de la Thuile montre bon nombre d'indicateurs positifs quand à son état écologique (plancton, physico-chimie). Sa faiblesse réside dans un enrichissement organique des sédiments en relation avec le probable faible taux de renouvellement de l'eau. Les conséquences se ressentent sur le peuplement de macroinvertébrés, l'oxygénation des couches profondes du plan d'eau et sur le peuplement piscicole.

L'enjeu probable des années à venir sur le lac est la maîtrise de son enrichissement car un emballement du phénomène serait défavorable à la production piscicole et au fonctionnement écologique du plan d'eau en général.

Aucun élément ne permet de confirmer que ce phénomène progresse, si ce n'est l'évolution du peuplement piscicole, mais la plus grande attention doit être apportée pour empêcher (ou continuer d'empêcher) tout apport de substances nutritives dans le lac par son bassin versant.

La présente étude constitue un point réalisé en 2010 de l'état du plan d'eau. Si une étude ultérieure est faite, elle pourra servir de base pour mesurer l'évolution de la situation.

BIBLIOGRAPHIE

Deceliere-Verges, Argillier, Lanoiselee, De Bortoli, Guillard, 2009, Stability and precision of the fish metrics obtained using CEN multi-mesh gillnets in natural and artificial lakes in France, Fisheries research, vol. 99, no1, pp. 17-25

O. Schlumberger, P. Elie, 2008, Poissons des lacs naturels français, Ecologie des espèces et évolution des peuplements, Quae éditions, 211 p.

J. Bruslé, JP. Quignard, 2001, Biologie des poissons d'eau douce européens, Edition Tec & Doc, 625 p.

Gillet, 1989, Le déroulement de la fraie des principaux poissons lacustres, hydroécologie appliquée, 1/2, pp. 117-143

CEN EN 14757, Water quality – sampling of fish with multi-mesh gillnets, 23 p.

Résumé et guide de lecture de la norme CEN prEN 14757 – Echantillonnage piscicole à l'aide de filets multimailles – Groupement d'Intérêt Scientifique Plan d'Eau – avril 2006 – 15p.

Lafont – Interprétation de l'indice lacustre oligochète IOBL et son intégration dans un système d'évaluation de l'état écologique. Cemagreff/MEDAD : 18 pp.

SEQ Plan d'Eau – classes de qualité et variables – avril 2003 – Aquascop / Gay – Environnement

ANNEXES

Listes IOBL

Rapport d'essais d'analyses physico-chimiques (version papier du document)

Lac de la Thuile

Date	07/10/2010
Station	P1
Profondeur de prélèvement	7m

Liste faunistique et Abondance des espèces ou taxons

TUBIFICIDAE sans soies capillaires				
Taxon	Nbre de taxons	Effectif brut	Abondance relative	Densité (/0,1m ²)
Tubificidae immatures sans soies capillaires		4	100	6
Sous-Total		4	100	6

TOTAL		4	100	6
--------------	--	----------	------------	----------

Calcul de l'indice

Effectif / 0,1 m ²	6
Nombre de taxons	1

IOBL	3.5
Type de potentiel métabolique	Lac à faible potentiel
% espèces sensibles (% d'ind. / total)	0

Classe d'état écologique	Etat mauvais
--------------------------	---------------------

Lac de la Thuile

Date	07/10/2010
Station	P2
Profondeur de prélèvement	3m

Liste faunistique et Abondance des espèces ou taxons

NAIDIDAE				
Taxon	Nbre de taxons	Effectif brut	Abondance relative	Densité (/0,1m ²)
Naididae		5	13	7
<i>Stylaria lacustris</i>		18	46	27
<i>Branchiura Sowerbyi</i>		1	3	1
<i>Dero digitata</i>		13	33	19
<i>Pristina longiseta</i>		2	5	3
Sous-Total		39	100	58

TOTAL		39	100	58
--------------	--	-----------	------------	-----------

Calcul de l'indice

Effectif / 0,1 m ²	58
Nombre de taxons	4

IOBL	9.3
<i>Type de potentiel métabolique</i>	Moyen
<i>% espèces sensibles (% d'ind. / total)</i>	46

<i>Classe d'état écologique</i>	Etat bon
---------------------------------	-----------------

Lac de la Thuile

Date	07/10/2010
Station	P3
Profondeur de prélèvement	3m

Liste faunistique et Abondance des espèces ou taxons

TUBIFICIDAE sans soies capillaires				
Taxon	Nbre de taxons	Effectif brut	Abondance relative	Densité (/0,1m ²)
Tubificidae immatures sans soies capillaires		3	100	4
Sous-Total	1	3	100	4

TOTAL	1	3	100	4
--------------	----------	----------	------------	----------

Calcul de l'indice

Effectif / 0,1 m ²	4
Nombre de taxons	1

IOBL	3.2
<i>Type de potentiel métabolique</i>	Faible
<i>% espèces sensibles (% d'ind. / total)</i>	0

<i>Classe d'état écologique</i>	Etat mauvais
---------------------------------	---------------------