

An aerial photograph of a forested area with a lake and a road. The forest is dense and green, with some trees showing autumn colors. A road winds through the forest, and a lake is visible in the lower right. The text is overlaid on the image.

# **LE PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LES CYANOBACTÉRIES AU LAC BROMONT**

**CAHIER 5**

**ÉTUDE EN 2008 - 2009**

**Dolors Planas  
Claire Vanier  
Estelle Lavirotte**

## **Comité d'encadrement depuis 2007**

Dolores Planas, professeure au Département des Sciences biologiques de l'UQAM, responsable de la recherche

Béatrix Beisner, professeure au Département des Sciences biologiques de l'UQAM

Yves Gosselin, Anne Joncas, Marcel Samson et Martin Miron, de Action conservation du bassin versant du lac Bromont (ACBVLB)

Jean-François L. Vachon, Nicolas Rousseau et Mylène Leblanc, de la Municipalité de Bromont

Claire Vanier, agente de développement, Service aux collectivités de l'UQAM

## **Rédaction**

Dolores Planas

Claire Vanier

Estelle Lavirotte, stagiaire

## **Révision et coordination de la production**

Claire Vanier, Service aux collectivités de l'UQAM

**Photographie de la page couverture** : Myriam Jourdain

## ***Soutiens financiers et techniques***

Programme d'aide financière à la recherche et à la création, UQAM - recherche dans le cadre des services aux collectivités, Volet 2

Municipalité de Bromont

Centre de recherche en géochimie et géodynamique - Groupe de Recherche Interuniversitaire en Limnologie et en Environnement Aquatique (GÉOTOP-GRILL)

Ministère du développement durable de l'environnement et des parcs (MDDEP)

Programme Études-travail

Programme Horizons sciences, d'Environnement Canada

Service aux collectivités de l'UQAM

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG)

Fonds de recherches du Québec - nature et technologies (FQRNT)

Organisme de bassin versant de la Yamaska (OBY) (anciennement, Conseil de gestion du bassin versant de la Yamaska - COGEBY)

Épicerie Métro de Bromont.

---

### **Service aux collectivités de l'Université du Québec à Montréal**

Case postale 8888, Succ. Centre-Ville,  
Montréal (Qc) H3C 3P8

Téléphone : (514) 987-3177

Télécopieur : (514) 987-6845

[www.sac.uqam.ca/accueil.aspx](http://www.sac.uqam.ca/accueil.aspx)

### **Action conservation du bassin versant du lac Bromont**

Case postale 17  
Bromont (Qc) J2L 1A9

(450) 263-9130

Courriel : [info@lacbromont.ca](mailto:info@lacbromont.ca)

[www.lacbromont.ca](http://www.lacbromont.ca)

---

ISBN 978-2-923773-15-5

Dépôt légal-Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2014

## TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES .....	II
LISTE DES TABLEAUX.....	III
LISTE DES ABRÉVIATIONS .....	III
INTRODUCTION .....	1
OBJECTIFS DE L'ÉTUDE 2008- 2009 .....	2
MÉTHODOLOGIE SPÉCIFIQUE À L'ÉTUDE 2008-2009 .....	3
Sites échantillonnés et variables mesurées .....	3
Échantillonnage dans les ruisseaux, le lac et les étangs de la Coulée du Rocher .....	3
Traitement des informations .....	5
PRÉSENTATION ET DISCUSSION DES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE 2008-2009 .....	6
Combien de nutriments sont entrés dans le lac en 2008-2009 ? Quel ruisseau en a apportés le plus ? .....	7
Les apports de phosphore .....	7
Les apports d'azote.....	8
Comment ont varié les apports de nutriments au lac entre les saisons ?.....	10
Les débits des 4 ruisseaux et les précipitations selon les saisons .....	10
Les charges en nutriments selon les saisons.....	11
Le lac a-t-il agi comme une <i>source</i> ou comme un <i>puits</i> de nutriments en 2008-2009? .....	14
Le bilan annuel du phosphore .....	14
Le bilan annuel de l'azote.....	15
Quelle est la dynamique des nutriments et des cyanobactéries dans le lac pendant la période libre de glace de 2008 ? .....	16
Les apports de phosphore et d'azote pendant cette période .....	16
Les bilans du phosphore et de l'azote pendant cette période .....	17
La distribution des nutriments et des cyanobactéries pendant cette période.....	18
Les étangs de la Coulée du Rocher ont-ils agi comme des puits ou comme des sources de nutriments et d'algues? .....	24
Les bilans de MES, de phosphore et d'azote dans les étangs du R2 .....	24
La biomasse et le bilan des algues dans les étangs du R2.....	27
PREMIÈRES CONCLUSIONS ET SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE 2008-2009 .....	28
Premières conclusions .....	28
Les questions soulevées en 2007-2008 .....	28
Les questions issues de l'étude de 2008-2009 .....	29
Synthèse de l'étude 2008-2009 .....	30

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des sites d'échantillonnage du lac et des ruisseaux en 2008-2009 .....	3
Figure 2 : Localisation des sites d'échantillonnage dans les étangs le long de la Coulée du Rocher (R2) en 2008-2009 .....	4
Figure 3 : Quantités (haut) et proportions (bas) de phosphore (PT, PD, PP) apportées par chacun des 4 ruisseaux d'alimentation du lac Bromont (2008 – 2009) .....	7
Figure 4 : Quantités (haut) et proportions (bas) d'azote (NT, ND, NP) apportées par chacun des 4 ruisseaux d'alimentation du lac Bromont (2008 – 2009) .....	8
Figure 5 : Variations des débits des 4 ruisseaux d'alimentation du lac selon les saisons en 2008-2009.....	10
Figure 6 : Variations des charges en phosphore total (PT) et en phosphore dissout (PD) des ruisseaux d'alimentation du lac selon les saisons de 2008-2009.....	11
Figure 7 : Variations de la charge en azote total (NT) et en azote dissout (ND) des ruisseaux d'alimentation du lac selon les saisons de 2008-2009 .....	12
Figure 8 : Bilans et charges nettes annuels de phosphore (PT, PD, PP) au lac Bromont, 2008-2009 .....	14
Figure 9 : Bilans et charges nettes annuels d'azote (NT, ND, NP) au lac Bromont, 2008-2009 .....	15
Figure 10 : Bilans et charges nettes de phosphore (PT, PD, PP) et d'azote (NT, ND, NP) pendant la période libre de glace de 2008 .....	17
Figure 11 : Distribution de la température (A) et de l'oxygène (B) dans la colonne d'eau du lac pendant la période libre de glace de 2008.....	18
Figure 12 : Variation des concentrations en phosphore (PT, PD, PP) et en azote (NT, ND, NP) dans les 3 couches de la colonne d'eau pendant la période libre de glace.....	20
Figure 13 : Distribution de la biomasse des cyanobactéries de la surface au fond du lac pendant la période libre de glace de 2008 .....	22
Figure 14 : Photographie d'efflorescences de <i>Plankthotrix</i> observées à l'été 2008 .....	23
Figure 15 : Bilans et charges nettes annuels de matières en suspension (MES) pour les étangs du R2 (2008-2009).....	24
Figure 16 : Bilans et charges nettes annuels de phosphore (PT, PD) et de l'azote (NT, ND) pour les étangs du R2 (2008 - 2009) .....	25
Figure 17 : Biomasse (kg de chlorophylle $\alpha$ ) des algues mesurée à l'entrée et à la sortie de l'étang Pétrone (R2-1 et R2-2) et à l'entrée et à la sortie de l'étang Russo (R2-3 et R2-4) (2008 - 2009) .....	27

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Fréquences d'échantillonnage dans les ruisseaux et dans le lac en 2008-2009 .....	4
Tableau 2 : Fréquences d'échantillonnage dans les étangs en 2008-2009 .....	4
Tableau 3 : Précipitations saisonnières au cours des saisons de 2008-2009 .....	11
Tableau 4 : Quantités (kg) et proportions des formes de P et de N apportées par les 4 ruisseaux d'alimentation pendant la période libre de glace de 2008 .....	16
Tableau 5 : Bilans de MES et de nutriments dans les étangs du R2 et statut individuel et de l'ensemble des étangs en regard des nutriments (2008 - 2009) .....	26

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

**ACBVLB** : Action conservation du bassin versant du lac Bromont

**GRIL** : Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie et en environnement aquatique

**MES** : Matières en suspension dans l'eau

**N** : Azote

**ND** : Azote dissous dans l'eau

**NP** : Azote particulaire dans l'eau

**NT** : Azote total dans l'eau

**P** : Phosphore

**PD** : Phosphore dissous dans l'eau

**PP** : Phosphore particulaire dans l'eau

**PT** : Phosphore total dans l'eau

**SAC** : Service aux collectivités de l'UQAM

**UQAM** : Université du Québec à Montréal



## INTRODUCTION

Entre 2007 et 2011, un Programme de recherche partenariale a été réalisé au lac Bromont par Dolores Planas et Béatrix Beisner, de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), avec Action conservation du bassin versant du lac Bromont (ACBVLB), suite à une demande de cette dernière. **Globalement, ce programme de recherche visait à étudier la présence de cyanobactéries dans le lac Bromont, à en déterminer les causes et à faire des recommandations.** La croissance de ces algues étant liée à une augmentation de la fertilité de l'eau des lacs, particulièrement par l'apport de phosphore, la recherche s'est principalement penchée sur les sources potentielles de nutriments et le lien entre ces nutriments et la croissance des cyanobactéries. Le Programme de recherche a été initialement soutenu par le Service aux collectivités puis, en 2007, la Municipalité de Bromont s'est jointe au comité d'encadrement, a collaboré à son financement et a soutenu la démarche.

Suite à ces études et en vue de favoriser la diffusion et l'appropriation des connaissances mises en lumière par le programme de recherche, neuf Cahiers ont été produits. De façon générale, les informations et les données présentées dans ces cahiers sont basées sur les études réalisées dans le cadre du Programme de recherche bien que quelques informations puissent être tirées d'études parallèles sur le lac Bromont.

Le premier cahier (Cahier 1) présente les caractéristiques du lac Bromont et les objectifs du programme de recherche, le Cahier 2 traite des connaissances générales sur les lacs, alors que le Cahier 3 porte sur les méthodologies générales employées dans les études au lac Bromont. Les cinq cahiers suivants, incluant le présent cahier, font état des résultats des études réalisées au lac Bromont en 2007-2008 (Cahier 4), en 2008-2009 (Cahier 5), en 2009-2010 (Cahier 6), et pendant les périodes libres de glace de 2010 (Cahier 7) et de 2011 (Cahier 8). Chaque cahier reflète les questions suscitées par les résultats des années antérieures, outre d'assurer un suivi des relations entre les nutriments et les algues, dans le lac. Par ailleurs, étant donné l'importance de la **période libre de glace**, pour la croissance des algues mais aussi dans la fréquence et l'intensité des apports au lac par les ruisseaux, depuis les débuts, les études ont toujours accordé une place centrale à cette période. Les méthodes spécifiques employées pour répondre aux objectifs annuels de recherche sont présentées dans les cahiers concernés (Cahiers 4 à 8). Pour les recherches directement associées à des projets de stage ou de maîtrise, le lecteur pourra référer aux documents concernés, dans la liste des **publications** produites dans le cadre du Programme de recherche au lac Bromont, fournie au Cahier 1.

Le dernier cahier, le Cahier 9, synthétise les résultats les plus importants et présente des recommandations pour assurer la qualité des eaux du lac. Outre les résultats annuels, ces cahiers présentent aussi en introduction les méthodologies spécifiques aux objectifs de recherche de ces années.

De plus, une brève formation et un protocole d'échantillonnage ont été développés, dans la perspective que la municipalité et l'ACBVLB maintiennent leur collaboration dans le suivi de la qualité de l'eau du lac.

Plusieurs personnes et organisations ont contribué à la réalisation du Programme de recherche au lac Bromont. Sans la générosité de tous, le Programme de recherche n'aurait pu se réaliser. Nous ne reprenons pas ici les **remerciements** : le lecteur pourra en consulter la liste dans le Cahier 1.

## OBJECTIFS DE L'ÉTUDE 2008- 2009

Outre l'objectif de base d'assurer le suivi des études de l'année précédente pour les valider, l'étude 2008-2009 visait aussi à répondre à certaines questions soulevées à la fin de l'étude de 2007 – 2008.

Ainsi, les objectifs en 2008-2009 étaient :

1. Assurer le suivi des apports en nutriments au lac par les ruisseaux
2. Tenter de comprendre pourquoi il y a eu peu d'efflorescences de cyanobactéries en 2007 et pourquoi leur étendue n'a pas été très importante, contrairement à l'été 2006, où le lac avait été fermé pendant un mois

Concrètement, cette question implique de :

- ♦ vérifier si les variations des apports de nutriments par les 4 ruisseaux selon les saisons sont similaires à celles trouvées en 2007-2008;
- ♦ évaluer le statut du lac en tant que *puits* ou *source* de nutriments pour une seconde année, en refaisant les calculs des bilans de nutriments.

3. Évaluer si les apports externes de nutriments sont toujours aussi faibles en été

En effet, pendant l'été 2007, il n'y a pas eu beaucoup des précipitations et, en conséquence, les débits des ruisseaux ont été très bas<sup>1</sup>.

Concrètement, cette question implique de :

- ♦ répéter, pour valider ou infirmer, les études réalisées l'année précédente, soit :
  - les bilans de nutriments pendant la période libre de glace, pour vérifier s'il y a une relation avec les précipitations estivales;
  - la distribution spatiale et temporelle de la température, de l'oxygène, des nutriments et des algues dans le lac et mettre en relation ces distributions.

4. Assurer le suivi de la dynamique de nutriments et des algues dans le lac pendant la période libre de glace

5. La rapide sédimentation du PP transporté par les ruisseaux soulève l'inquiétude de riverains sur les étangs artificiels construits le long de quelques ruisseaux alimentant le lac. Sont-ils des bombes à retardement pour l'enrichissement du lac en P? en d'autres mots, ces étangs peuvent en effet agir comme des puits de PP et, quand les habitants les nettoient en les déversant dans les ruisseaux, ils peuvent devenir alors des sources de PP.

Concrètement, cette question implique d'effectuer le bilan de nutriments dans les étangs situés le long de la Coulée du Rocher (R2) afin de savoir si ces étangs agissent comme des puits ou des sources de MES, de nutriments et d'algues.

Une dernière question posée à la fin de l'étude de 2007 - 2008 n'a pas été abordée ici car elle s'adressait à la municipalité de Bromont :

***L'apport important de PP par le ruisseau Wright au mois de mai est-il dû à des travaux sur son bassin versant, qui auraient remis en suspension beaucoup de sédiments?***

---

<sup>1</sup> Voir le Cahier 4 pour l'étude 2007-2008

## MÉTHODOLOGIE SPÉCIFIQUE À L'ÉTUDE 2008-2009

### Sites échantillonnés et variables mesurées

#### SITES ÉCHANTILLONNÉS

- Les **quatre ruisseaux qui alimentent le lac** : Petit Galop (R1), Coulée du Rocher (R2), des Cervidés (R3) et Wright (R4)
- Le ruisseau de **décharge** : Beaver Meadow (R5).
- Le **lac** dans sa partie la plus profonde, au centre, dans les 3 couches de la colonne d'eau (**épilimnion, métalimnion, hypolimnion**).
- L'entrée et la sortie des **étangs Pétrone et Russo** situés le long de la Coulée du Rocher (R2)

#### VARIABLES MESURÉES<sup>2</sup>

- Les nutriments dans la colonne d'eau : phosphore et azote (total : PT, NT; dissous : PD, ND)
- Les matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie des étangs
- Le débit des ruisseaux
- L'oxygène et la température dans la colonne d'eau
- Les principaux groupes d'algues, la biomasse des cyanobactéries dans la colonne d'eau et l'identification des efflorescences

### Échantillonnage dans les ruisseaux, le lac et les étangs de la Coulée du Rocher

La Figure 1 présente les sites d'échantillonnage dans les ruisseaux et le lac en 2008-2009 et le Tableau 1 précise les périodes et les fréquences de ces échantillonnages.

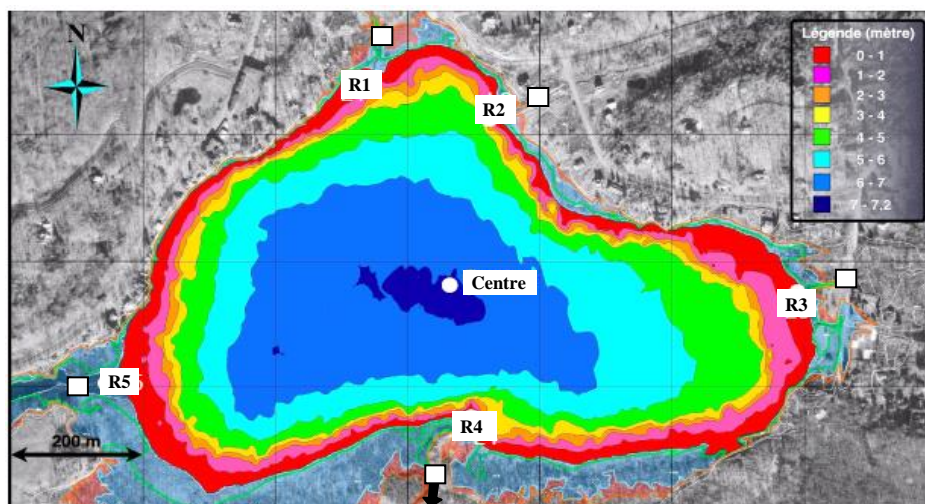


Figure 1 : Localisation des sites d'échantillonnage du lac et des ruisseaux en 2008-2009

<sup>2</sup> Voir le Cahier 3 pour plus de précisions

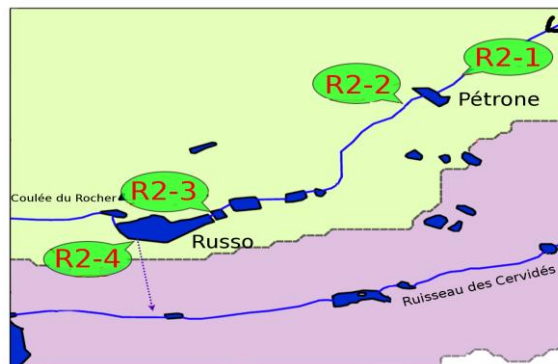
Dans la Figure 1, les **carrés blancs** représentent les **sites d'échantillonnage des ruisseaux**, qui ont été échantillonnés aux mêmes endroits qu'en 2007-2008 (R1 à R4 : en amont dans les ruisseaux; R5 : en aval du barrage). Le **cercle blanc**, dans la zone la plus profonde au centre du lac (~ 7 mètres), représente le **site d'échantillonnage dans le lac**. Le lac a été échantillonné pendant la période libre de glace (22 avril au 17 novembre 2008), dans la couche d'eau en surface (épilimnion), dans la couche intermédiaire (métalimnion) et dans la couche profonde (hypolimnion).

**Tableau 1 : Fréquences d'échantillonnage dans les ruisseaux et dans le lac en 2008-2009**

<b>RUISSEAUX</b>	<b>Avril 2008</b>		<b>Mai à novembre 2008</b>	<b>Décembre 2008 à avril 2009</b>
<b>Phosphore, azote</b>	au semaine		aux 2 semaines	au mois
<b>LAC</b>	<b>Avril – mai 2008</b>		<b>Juin à septembre 2008</b>	<b>Octobre - novembre 2008</b>
<b>Phosphore, azote</b>	au mois		au semaine	aux 2 semaines
	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>		<b>Octobre 2008</b>
<b>Température, oxygène</b>	au mois	3 fois	au semaine	aux 2 semaines
<b>Algues</b>			au semaine	aux 2 semaines

La Figure 2 présente les 4 sites échantillonnés dans les **étangs de la Coulée du Rocher (R2)**, soit :

- à l'entrée (R2-1) et à la sortie (R2-2) de l'étang Pétrone, qui récolte les eaux des pistes de ski;
- à l'entrée (R2-3) et à la sortie (R2-4) de l'étang Russo; cet étang se déverse principalement dans le ruisseau des Cervidés. Ainsi, l'échantillonnage en R2-4 est représentatif de la quantité qui sort de l'étang Russo.



**Figure 2 : Localisation des sites d'échantillonnage dans les étangs le long de la Coulée du Rocher (R2) en 2008-2009**

Le Tableau 2 présente les fréquences d'échantillonnage des étangs au cours de la période d'échantillonnage (juillet 2008 à juillet 2009).

**Tableau 2 : Fréquences d'échantillonnage dans les étangs en 2008-2009**

<b>Mesures</b>	<b>Juillet 2008</b>	<b>Août à novembre 2008</b>	<b>Décembre 2008 à mars 2009</b>	<b>Avril à Juillet 2009</b>
<b>Phosphore, azote</b>	3 échantillonnages	aux 2 semaines	au mois	aux 2 semaines
	<b>Juillet à novembre 2008</b>	<b>Décembre 2008 à mars 2009</b>	<b>Avril à juillet 2009</b>	
<b>Algues</b>	aux 2 semaines	au mois	aux 2 semaines	

### LES RUISSEAUX

Les mesures des **concentrations en nutriments** dans les cinq ruisseaux permettent de comparer les quantités apportées par chaque ruisseau au lac et les quantités rejetées par la décharge, ceci en vue de calculer les **bilans** des nutriments<sup>3</sup>. Rappelons que le bilan d'un nutriment compare la quantité totale de ce nutriment apportée au lac par les 4 ruisseaux (R1 à R4) à la quantité de ce nutriment rejetée par la décharge (R5).

### LE LAC

Les mesures des **concentrations en nutriments**, de **température et d'oxygène** au centre du lac permettent de connaître leurs variations en fonction du temps et des 3 couches de la colonne d'eau : l'épilimnion, le métalimnion et l'hypolimnion, pendant la période libre de glace. Ainsi, cette année, le métalimnion a été ajouté à l'étude, étant donné son importance comme lieu de croissance et d'accumulation de cyanobactéries potentiellement nocives.

La température et l'oxygène ont un effet direct (température) ou indirect (oxygène) sur la croissance et **la distribution des algues**, qui a aussi été évaluée au centre du lac.

### LES ÉTANGS DE LA COULÉE DU ROCHER (R2)

Les données recueillies à l'entrée et à la sortie des étangs Pétrone (respectivement R2-1 et R2-2, à la Figure 2) et Russo (respectivement R2-3 et R2-4, à la Figure 2), ont permis de calculer le bilan des nutriments et des MES pour ces étangs, ainsi que pour l'ensemble des étangs.

- Les bilans de l'étang Pétrone ont été calculés ainsi : mesures des nutriments à la sortie de l'étang (R2-2, Figure 2) moins mesures à son entrée (R2-1, Figure 2).
- Les bilans de l'étang Russo ont été calculés ainsi : mesures des nutriments à la sortie de l'étang (R2-4) moins mesures à son entrée (R2-3).
- Les bilans des Petits étangs, situés entre le Russo et le Pétrone, ont été calculés ainsi : mesures des nutriments à R2-3 moins mesures à R2-2.
- Les bilans pour l'ensemble des étangs ont été calculés de la façon suivante : mesure des nutriments à R2-4 moins mesures à R2-1.

Ces bilans ont permis de savoir si les étangs du R2 ont agi comme des *puits* ou comme des *sources* de nutriments et de MES en 2008-2009.

---

<sup>3</sup> Voir les Cahiers 2 et 3 pour plus de détails sur le concept de bilan, son calcul, son utilisation et ses limites.

## PRÉSENTATION ET DISCUSSION DES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE 2008-2009

Pour assurer le suivi des apports en nutriments par les ruisseaux et de la dynamique des nutriments et des algues dans le lac et pour rencontrer les objectifs spécifiques à l'étude 2008-2009, le présent Cahier est structuré suivant les questions suivantes :

- Les apports externes de nutriments au lac en 2008-2009 sont-ils différents de ceux de l'année précédente?
- Comment varient ces apports entre les saisons ?
- Le lac a-t-il agi comme une source ou comme un puits de nutriments en 2008-2009 ?
- Quelle est la dynamique des nutriments et des algues dans le lac, pendant la période libre de glace de 2008 ?
  - Quels sont les apports et les bilans de nutriments pendant cette période
  - Comment se distribuent les nutriments dans la colonne d'eau du lac, pendant cette période ?
  - Comment se distribuent les cyanobactéries dans le lac pendant cette période ? Quels sont les groupes d'algues les plus abondants ? Quelles espèces de cyanobactéries forment les efflorescences en surface ?

Le lecteur notera que plusieurs de ces questions sont similaires à celles posées en 2007-2008, pour confirmer ou raffiner l'interprétation des résultats de l'année précédente.

À ces questions s'est ajoutée celle concernant plus spécifiquement les étangs de la Coulée du Rocher :

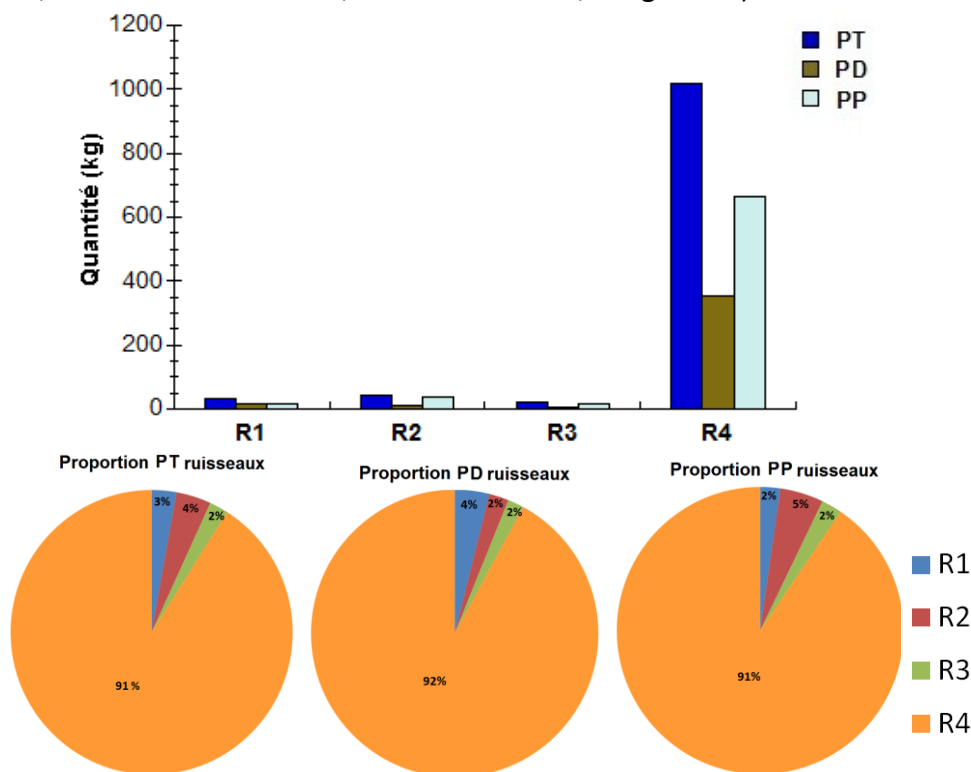
- Ces étangs agissent-ils comme des puits ou des sources de nutriments et d'algues pour ce ruisseau et, ultimement, pour le lac ?

## Combien de nutriments sont entrés dans le lac en 2008-2009 ? Quel ruisseau en a apportés le plus ?

Cette section présente les quantités de phosphore et d'azote apportées par les 4 ruisseaux d'alimentation du lac Bromont, du printemps 2008 au printemps 2009.

### Les apports de phosphore

La Figure 3 présente les quantités (en kg : graphique du haut) et les proportions (en % : cercles du bas) de phosphore total (PT), de phosphore dissous (PD) et de phosphore particulaire (PP) apportées du printemps 2008 au printemps 2009 par les 4 ruisseaux d'alimentation du lac Bromont (Petit Galop : R1; Coulée du Rocher : R2; des Cervidés : R3; Wright : R4).



**Figure 3 : Quantités (haut) et proportions (bas) de phosphore (PT, PD, PP) apportées par chacun des 4 ruisseaux d'alimentation du lac Bromont (2008 – 2009)**

La Figure 3 illustre l'importance relative des apports en azote en 2008-2009, soit :

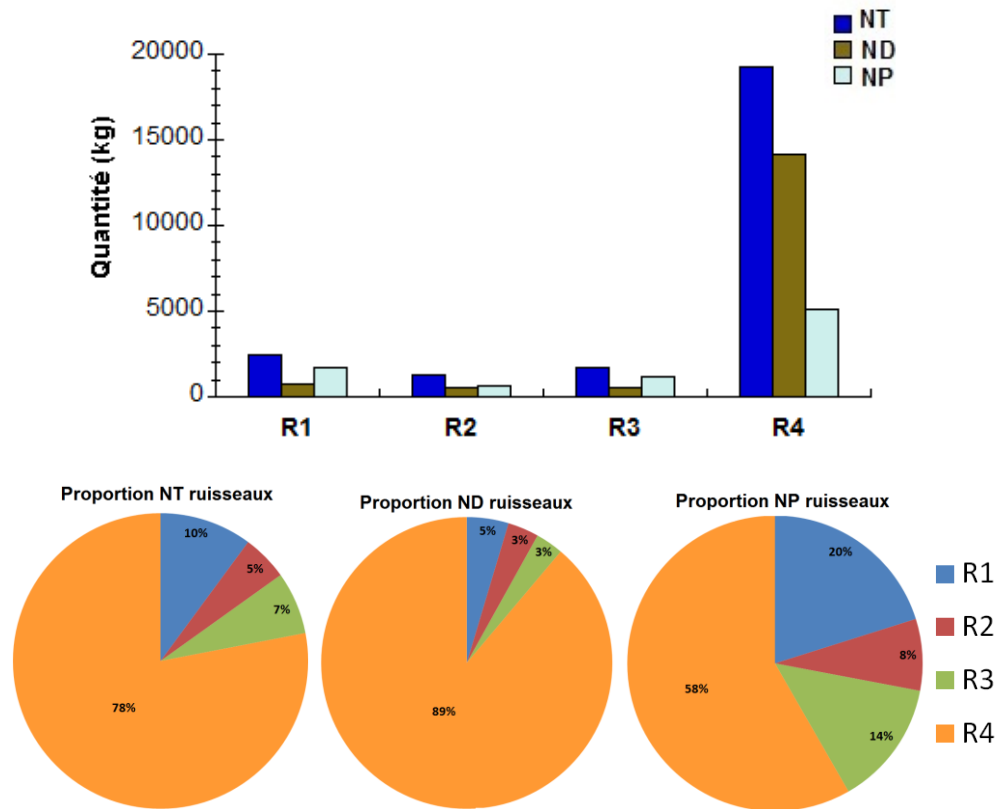
- R4 : 1<sup>er</sup> pour les apports des 3 formes de phosphore (PT : 91%; PD : 92%; PP : 91%)
- R2 : 2<sup>e</sup> pour les apports de PT et PP, 3<sup>e</sup> pour les apports de PD (PT : 4%; PD : 2%; PP : 5%).
- R1 : 3<sup>e</sup> pour les apports de PT et PP, 2<sup>e</sup> pour les apports de PD (PT : 3 %; PD : 4%; PP : 2%).
- R3 : 4<sup>e</sup> pour les 3 formes de phosphore (PT : 2%; PD : 2%; PP: 2%).

**Les apports de phosphore du R4 en 2008-2009 sont beaucoup plus importants que ceux des autres ruisseaux, comme en 2007-2008<sup>4</sup>. Par contre, R2 est le 2<sup>e</sup> pour les apports en PT et PP, alors qu'il était le 4<sup>e</sup> en 2007-2008.**

<sup>4</sup> Voir le Cahier 4 pour les apports en phosphore et en azote pour 2007-2008

## Les apports d'azote

La Figure 4 présente les quantités (kg) et les proportions (%) d'azote (NT, ND, NP) apportées par les ruisseaux au lac Bromont, du printemps 2008 au printemps 2009.



**Figure 4 : Quantités (haut) et proportions (bas) d'azote (NT, ND, NP) apportées par chacun des 4 ruisseaux d'alimentation du lac Bromont (2008 – 2009)**

La Figure 4 illustre l'importance relative des apports en azote en 2008-2009, soit :

- R4 : 1<sup>ier</sup> pour les 3 formes d'azote (NT : 78%; ND : 89%; NP : 58%)
- R1 : 2<sup>e</sup> pour les 3 formes d'azote (NT : 10%; ND : 5%; NP : 20%).
- R3 : 3<sup>e</sup> pour les 3 formes d'azote (NT : 7%; ND : 3%; NP : 14%).
- R2 : 4<sup>e</sup> pour les 3 formes d'azote (NT : 5%; ND : 3% ; NP : 8%).

**Les apports en azote du R4 sont beaucoup plus importants que ceux des autres ruisseaux, comme en 2007-2008.**

**De plus, les % d'apports en azote de chaque ruisseau au lac sont similaires à ceux de 2007-2008<sup>5</sup>.**

<sup>5</sup> Voir le Cahier 4 pour les apports en phosphore et en azote pour 2007-2008

**Ainsi, en 2008-2009 :**

- ➔ **Les apports de phosphore (PT : 1 118 kg) sont similaires à ceux de 2007- 2008 (PT : 1 092 kg).** PT est majoritairement composé de PP (66 %; 74 % en 2007-2008)<sup>6</sup>.
- ➔ **De même, les apports d'azote (NT : 24 658 kg) sont similaires à ceux de 2007- 2008 (NT : 26 423 kg).** Mais le % de NP (35%) est plus important qu'en 2007- 2008 (8%).
- ➔ **Comme en 2007- 2008, c'est R4 qui apporte le plus de nutriments au lac.** Toutefois, R2 est ici le 2<sup>e</sup> pour les apports en PT et PD, alors qu'il était le 4<sup>e</sup> en 2007-2008.

---

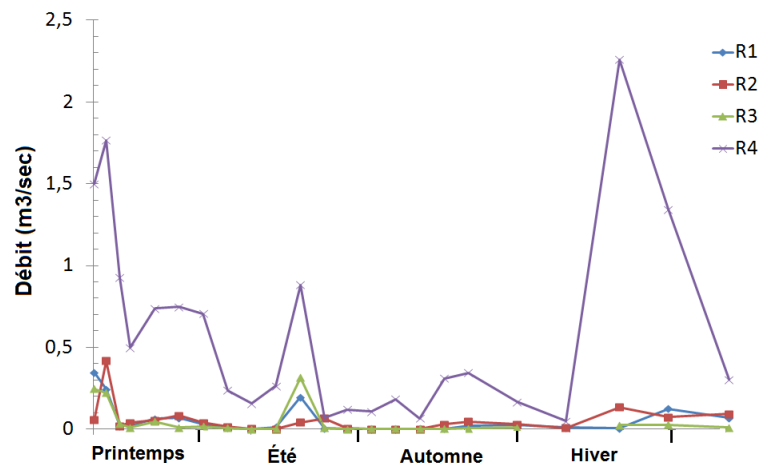
<sup>6</sup> Les % des différentes formes de phosphore et d'azote en 2008-2009 sont présentés dans le tableau de la Synthèse de l'étude 2008-2009 du présent document, et ceux de 2007-2008 dans le tableau de la Synthèse de l'étude 2007-2008 du Cahier 4.

## Comment ont varié les apports de nutriments au lac entre les saisons ?

Les quantités de nutriments apportés par chaque ruisseau au lac varient selon la superficie du sous-bassin versant<sup>7</sup> du ruisseau et selon le débit<sup>8</sup> de l'eau dans le ruisseau. Comme le débit dépend fortement des précipitations et de la fonte des neiges, les apports au lac il varient aussi selon les saisons.

### Les débits des 4 ruisseaux et les précipitations selon les saisons

La Figure 5 présente les variations des débits des 4 ruisseaux d'alimentation du lac, selon les saisons de 2008 – 2009.



**Figure 5 : Variations des débits des 4 ruisseaux d'alimentation du lac selon les saisons en 2008-2009**

On observe cinq phases dans cette figure :

- Au début du printemps, les débits des 4 ruisseaux sont très élevés (0,01 à 1,78 m<sup>3</sup>/s). Cette période correspond à la fonte des glaces de 2008. Ce pic n'avait pas été observé en 2007
- De la mi-printemps à la mi-été, les débits des 4 ruisseaux diminuent fortement, jusqu'à être quasiment nuls, sauf pour R4.
- De la mi-été à la fin de l'été, les 4 ruisseaux montrent une augmentation de débit (0,001 à 0,75 m<sup>3</sup>/s), probablement en raison des fortes précipitations de cette période (cf. Tableau 3, plus bas).
- En automne, les débits des 4 ruisseaux sont peu élevés (0,0005 à 0,35 m<sup>3</sup>/s). Ils augmentent légèrement à partir du milieu de la saison, probablement à cause de plus fortes précipitations. Cependant, à l'automne 2008, les débits des ruisseaux ont été plus bas qu'en 2007.
- En hiver, le débit des ruisseaux augmente légèrement mais, dans le cas du R4, il est très élevé (le plus élevé de l'année : max : 2,3 m<sup>3</sup>/s). On observe un pic très important du débit de ce ruisseau (jusqu'à 12 fois plus que le débit des autres ruisseaux), ce qui correspond aux précipitations hivernales.

<sup>7</sup> Voir le Cahier 1 pour le détail des sous-bassins versants des ruisseaux au lac Bromont

<sup>8</sup> Voir les Cahiers 2 et 3 pour la définition du débit, son calcul et son utilisation dans le calcul du bilan des nutriments

Le Tableau 3 présente les mesures de précipitation faites à la station météorologique de Granby au cours de l'année 2008-2009. Cette année-là, les précipitations les plus abondantes ont été au cours de l'été (mi à fin été).

**Tableau 3 : Précipitations saisonnières au cours des saisons de 2008-2009**

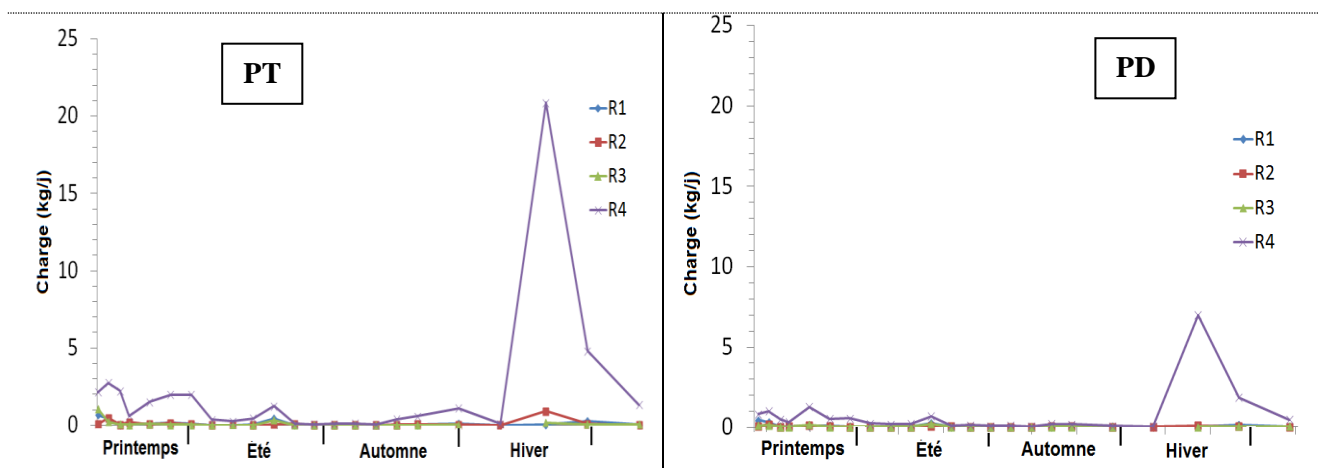
Saison	Précipitations (mm)
Début du printemps	42,2
Mi-printemps à mi-été	250,0
<b>Mi-été à fin de l'été</b>	<b>306,6</b>
Automne	266,8
Hiver	254,2
22 mars – 16 avril 2009	67,2
<b>Total</b>	<b>1 187</b>

**Ainsi, en 2008-2009 :**  
**L'automne présente les débits les moins élevés.**  
**R4 est le ruisseau qui a les débits les plus élevés, tout au long de l'année, comme en 2007-2008.**

### Les charges en nutriments selon les saisons

Les variations des charges en nutriments (apports par jour<sup>9</sup>) des 4 ruisseaux d'alimentation du lac selon les saisons de 2008-2009 sont présentées à la Figure 6 (variations de charges de PT et de PD) et à la Figure 7 (variations de charges de NT et de ND).

Ici (Figure 6), contrairement à l'année 2007-2008, les pics de phosphore ne semblent pas refléter aussi fidèlement les débits des ruisseaux (Figure 5) ni les jours de fortes précipitations (Tableau 3), du printemps à la fin de l'automne. De plus, les concentrations de printemps sont assez faibles, par rapport à 2007-2008.



**Figure 6 : Variations des charges en phosphore total (PT) et en phosphore dissout (PD) des ruisseaux d'alimentation du lac selon les saisons de 2008-2009**

<sup>9</sup> Voir le Cahier 3 pour le calcul de la charge

- Au printemps, **PT** est assez faible (max. 2,8 kg/j) et le reste jusqu'au début de l'hiver pour les 4 ruisseaux, qui montrent toutefois de petites augmentations vers la mi-été (max. 1,2 kg/j).
- En hiver, **PT** apporté par R4 est très élevé (max. 21 kg/j, soit 7 fois plus qu'au printemps). **PT** apporté par R2 augmente légèrement tandis qu'il reste très faible dans les 2 autres ruisseaux.

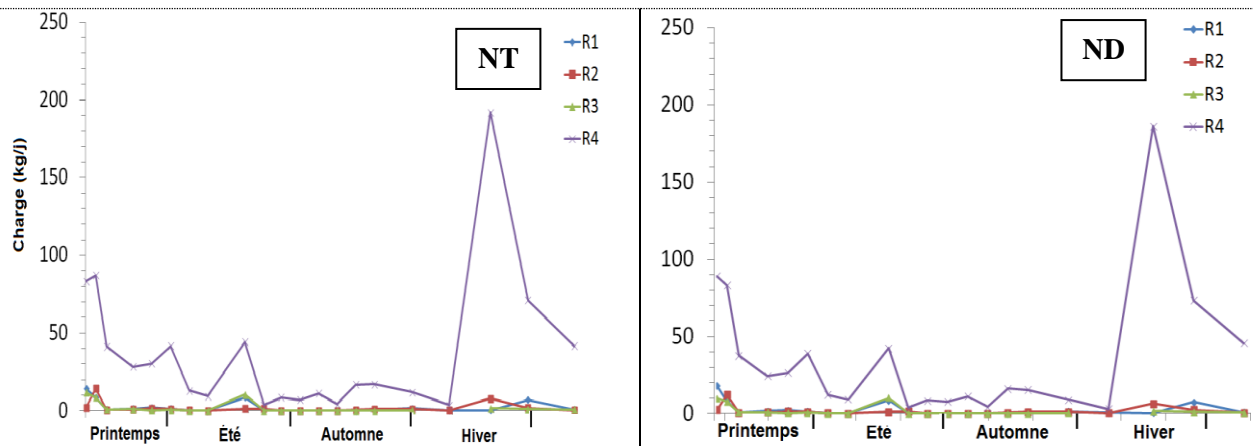
**PD** est jusqu'à 3 fois moins élevé que **PT** (max. : PD : 7 kg/j; PT : 21 kg/j), bien qu'il en suive les variations :

- Au printemps, **PD** est faible mais plus élevé qu'en automne, surtout pour R4.
- En été, **PD** est presque nul sauf une légère augmentation pour R4 (max. 0,7 kg/j) au milieu de la saison.
- En hiver, **PD** est très élevé dans R4 (max. 7 kg/j), mais il reste très faible dans les 3 autres ruisseaux pendant toute la saison.

Le phosphore est surtout apporté en hiver, probablement en lien avec les précipitations (2008) et la fonte des neiges (2009)

Plus de 60 % des apports de **PT** sont sous forme particulaire (i.e. **PP**, non présenté ici)  
R4 a les charges les plus élevées en phosphore pour toutes les saisons, comme en 2007-2008.

La Figure 7 présente les variations de charges du **NT** et du **ND** des 4 ruisseaux suivant les saisons :



**Figure 7 : Variations de la charge en azote total (NT) et en azote dissout (ND) des ruisseaux d'alimentation du lac selon les saisons de 2008-2009**

- Au début du printemps, **NT** est assez élevé, pour les 4 ruisseaux, contrairement à **PT**. Il diminue ensuite fortement pour devenir très faible (Ex : de 14,3 à 0,3 kg/j pour R1; de 87,2 à 28,3 kg/j pour R4).
- En hiver, **NT** de R4 est très important (max. 192 kg/j).

- En été et jusqu'au début de l'hiver, **ND** est faible (Ex. : max. pour R1 : 10,4 kg/j; pour R4 : 44,3 kg/j).
- **ND** suit **NT** et montre des valeurs assez similaires (max. **ND** : 186 kg/j ; **NT** : 192 kg/j).

**NT** (max. 192 kg/j) est presque 10 fois plus élevé que **PT** (max. 21 kg/j).

Les apports d'azote au lac sont surtout sous forme dissoute (**ND**).

C'est R4 qui a apporté les charges les plus élevées d'azote au lac. Mais les différences de charges d'azote entre R4 et les 3 autres ruisseaux sont plus importantes que dans le cas du phosphore

**Ainsi, en 2008-2009 :**

- ➔ **Au printemps, les charges des ruisseaux en PT étaient assez faibles (max. 2,8 kg/j),** contrairement à 2007-2008, où ces charges étaient les plus importantes de l'année (max. 13,6 kg/j).
- ➔ **En hiver, les charges des ruisseaux en PT apportées par R4 étaient 7 fois plus importantes qu'au printemps et 5 fois plus élevée qu'en 2007.**
- ➔ **Au printemps, l'azote montrait des charges élevées,** comparativement au phosphore.
- ➔ **Globalement, les charges des ruisseaux en PD représentaient ~ 35 % du PT** et étaient presque 6 fois plus élevées qu'en 2007-2008
- ➔ **Les charges de NT et ND au printemps et à l'été ont été similaires à celles de 2007, mais inférieures à l'automne pour le R4. Par contre le charge au pic hivernal a été supérieure en 2008 dans le R4.**

## Le lac a-t-il agi comme une *source* ou comme un *puits* de nutriments en 2008-2009?

Le calcul des bilans de nutriments<sup>10</sup> permet de déterminer si les apports en nutriments au lac sont supérieurs aux quantités rejetées par la décharge du lac. Ceci indique si, au cours de l'année, le lac a accumulé des nutriments dans ses sédiments : dans ce cas la charge nette (quantité apportée – quantité rejetée à la décharge) du nutriment sera positive. Si, au cours de l'année, le lac a rejeté plus de nutriments par la décharge (le seul **export**, au lac Bromont) qu'il en a reçus par ses ruisseaux (**Σapports**), la charge nette du nutriment sera négative.

### Le calcul du bilan d'un nutriment se comprend ainsi :

Si  $\Sigma \text{apports nutriment} > \text{export nutriment} \Rightarrow \text{nutriment retenu} \Rightarrow \text{charge nette positive} = \text{le lac est un puits du nutriment}$

Si  $\Sigma \text{apports nutriment} < \text{export nutriment} \Rightarrow \text{nutriment sorti du lac} \Rightarrow \text{charge nette négative} = \text{le lac est une source du nutriment}$

Les bilans de phosphore et d'azote ont été calculés au lac Bromont pour déterminer si, en 2008-2009, le lac a agi comme un *puits* pour ces nutriments ou comme une *source*. Les **charges nettes**, soit la quantité du nutriment qui a été retenue ou qui est sortie du lac, ont aussi été calculées.

### Le bilan annuel du phosphore

La Figure 8 présente les bilans et les charges nettes de phosphore (PT, PD, PP) au lac Bromont, du printemps 2008 au printemps 2009. Le graphique de gauche présente les bilans, où les parties de colonne de couleur bleu pâle représentent la somme des quantités du nutriment apportées au lac par les 4 ruisseaux; les parties de colonne sans couleur représentent les quantités du nutriment sorties du lac par la décharge (R5). Ainsi, il est entré 1118 kg de PT au lac et il en est sorti 346 kg, entre le printemps 2008 et le printemps 2009. Le graphique de droite présente les charges nettes des nutriments : par exemple, la quantité de PT entrée dans le lac (1118 kg) moins la quantité sortie (346 kg), ce qui donne une charge nette positive de 772 kg et indique que le lac a agi comme un puits et a accumulé ce PT.

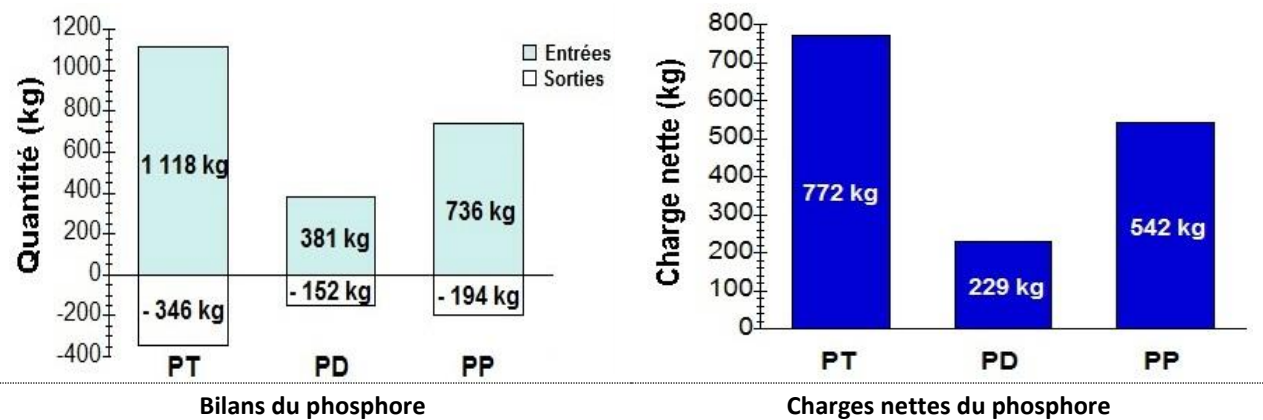


Figure 8 : Bilans et charges nettes annuels de phosphore (PT, PD, PP) au lac Bromont, 2008-2009

<sup>10</sup> Voir les Cahiers 2 et 3 pour plus de détails sur le concept de bilan, son calcul, son utilisation et ses limites.

Sur une base annuelle, les bilans de phosphore en 2008-2009 sont :

PT :  $\Sigma$ apports: 1 118 kg > Export: 346 kg  $\Rightarrow$  772 kg retenus (69 %)  $\Rightarrow$  le lac est un *puits* de PT

PD :  $\Sigma$ apports : 381 kg > Export: 152 kg  $\Rightarrow$  229 kg retenus (60 %)  $\Rightarrow$  le lac est un *puits* de PD

PP :  $\Sigma$ apports : 736 kg > S Export: 194 kg  $\Rightarrow$  542 kg retenus (74 %)  $\Rightarrow$  le lac est un *puits* de PP

## Le bilan annuel de l'azote

La Figure 9 présente les bilans et les charges nettes d'azote (NT, ND, NP) au lac Bromont, du printemps 2008 au printemps 2009. Ces graphiques s'interprètent comme ceux du phosphore (Figure 8).

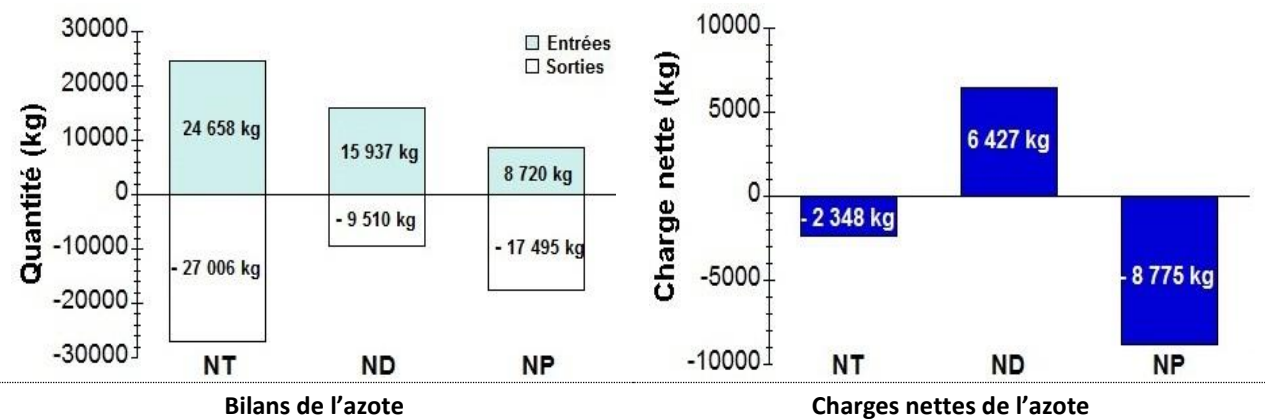


Figure 9 : Bilans et charges nettes annuels d'azote (NT, ND, NP) au lac Bromont, 2008-2009

Sur une base annuelle, les bilans d'azote en 2008-2009 sont :

NT :  $\Sigma$ apports: 24 658 kg < Export: 27 006 kg  $\Rightarrow$  2 348 kg sortis (+ 9,5 %)  $\Rightarrow$  le lac est une *source* de NT

ND :  $\Sigma$ apports: 15 937 kg > Export: 9 510 kg  $\Rightarrow$  6 427 kg retenus (40 %)  $\Rightarrow$  le lac est un *puits* de ND

NP :  $\Sigma$ apports: 8 720 kg < Export: 17 495 kg  $\Rightarrow$  8 775 kg sortis (+ 0,6 %)  $\Rightarrow$  le lac est une *source* de NP

Ainsi, sur la base de ces résultats et à l'échelle de l'année 2008-2009 :

➔ Le lac aurait agi comme un *puits* de phosphore (PT, PD, PP) et donc, à l'échelle de l'année, il a accumulé du phosphore. En 2007-2008, le lac avait accumulé du PT et du PD mais avait relâché du PD.

➔ Le lac aurait agi comme une *source* de NT et de NP et un *puits* de ND, comme en 2007-2008

## Quelle est la dynamique des nutriments et des cyanobactéries dans le lac pendant la période libre de glace de 2008 ?

Pour l'étude de la dynamique des algues dans le lac, la période libre de glace est la plus intéressante puisque c'est à cette période que se développent les cyanobactéries, les températures plus chaudes favorisant leur croissance. Quels sont les apports en nutriments, leur distribution dans le lac et celle des algues pendant cette période ? Ces apports de nutriments étaient-ils toujours aussi faibles pendant la période libre de glace de 2008 que pendant celle de 2007 ? En 2008, cette période s'est étendue du 22 avril (départ de la glace) au 17 novembre (début de la glace).

### Les apports de phosphore et d'azote pendant cette période

Le Tableau 4 présente, pour les différentes formes de phosphore (PT, PD, PP) et d'azote (NT, ND, NP), les apports annuels en 2008-2009 (en kg) des 4 ruisseaux au lac, ainsi que leurs apports (en kg) pendant la période libre de glace de 2008 et leurs proportions des apports annuels (en %).

**Tableau 4 : Quantités (kg) et proportions des formes de P et de N apportées par les 4 ruisseaux d'alimentation pendant la période libre de glace de 2008**

	Apport annuel (kg)	Apport pendant période libre de glace (kg)	Pourcentage des apports annuels
<b>PD</b>	381	82	21,5%
<b>PP</b>	736	107	14,5%
<b>PT</b>	1 118	189	16,9%
<b>ND</b>	15 937	5 034	31,5%
<b>NP</b>	8 720	355	4,0 %
<b>NT</b>	24 658	5 389	21,8%

Dans ce tableau, on note que, pendant la période libre de glace de 2008 :

- Pour les 3 formes de phosphore, les apports représentent au plus 1/5 des apports annuels de phosphore au lac.
- Pour les 3 formes d'azote, représentent moins du 1/3 (et moins de 1/10 dans le cas du ND) des apports annuels d'azote au lac.

#### Ainsi, pendant la période libre de glace de 2008 :

- ➡ **Les apports de nutriments au lac sont moindres qu'à la même période en 2007** (ex. : PT : en 2008 = 189 kg; 2007 : 431 kg), même si les apports annuels totaux étaient similaires entre les 2 années (ex. : PT : en 2008 = 1118 kg; en 2007 : 1092 kg).
- ➡ **Les % des apports de nutriments au lac pendant cette période, par rapport à l'année complète, sont beaucoup moins élevés qu'en 2007** (ex. : PT : en 2008 = 17 % ; en 2007 : 39 %).
- ➡ **Donc, en 2007 comme en 2008, les plus importantes quantités de nutriments sont apportées au lac en dehors de la période libre de glace, c'est-à-dire en dehors de la période de croissance des cyanobactéries**

## Les bilans du phosphore et de l'azote pendant cette période

La Figure 10 présente les bilans et les charges nettes de phosphore (PT, PD, PP) et d'azote (NT, ND, NP), pendant la période libre de glace de 2008.

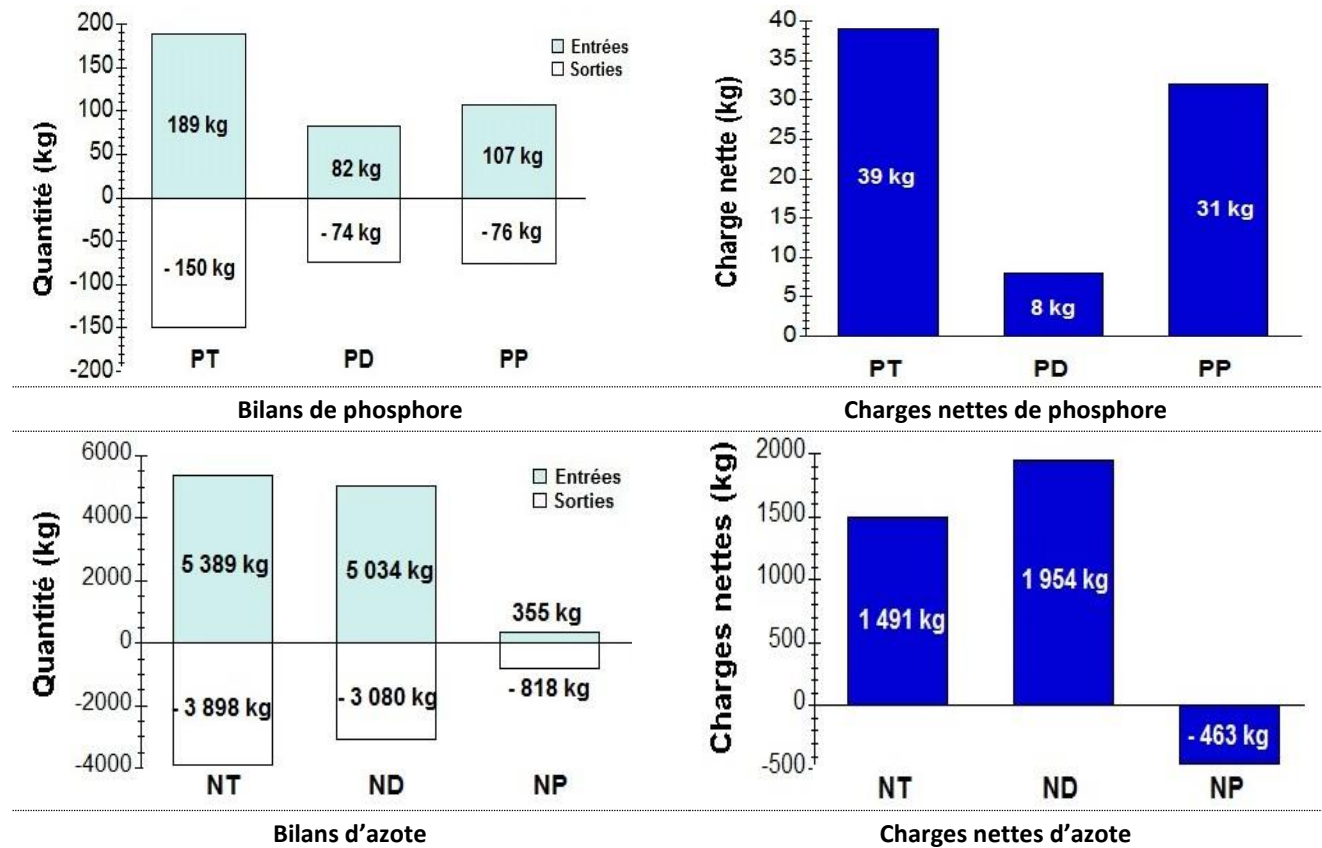


Figure 10 : Bilans et charges nettes de phosphore (PT, PD, PP) et d'azote (NT, ND, NP) pendant la période libre de glace de 2008

Pour la période libre de glace de 2008, les bilans du phosphore sont:

PT :  $\Sigma$ apports: 189 kg > Export: 160 kg  $\Rightarrow$  39 kg retenus  $\Rightarrow$  le lac est un *puits* de PT

PD :  $\Sigma$ apports: 82 kg > Export: 74 kg  $\Rightarrow$  8 kg retenus  $\Rightarrow$  le lac est un *puits* de PD

PP :  $\Sigma$ apports: 107 kg > Export: 76 kg  $\Rightarrow$  31 kg retenus  $\Rightarrow$  le lac est un *puits* de PP

Pour la période libre de glace de 2008, les bilans d'azote sont:

NT :  $\Sigma$ apports: 5 389 kg > Export: 3 898 kg  $\Rightarrow$  1 491 kg retenus  $\Rightarrow$  le lac est un *puits* de NT

ND :  $\Sigma$ apports: 5 034 kg > Export: 3 080 kg  $\Rightarrow$  1 954 kg retenus  $\Rightarrow$  le lac est un *puits* de ND

NP :  $\Sigma$ apports: 355 kg < Export: 818 kg  $\Rightarrow$  463 kg sortis  $\Rightarrow$  le lac est une *source* de NP

Ainsi, pendant la période libre de glace de 2008 :

$\rightarrow$  Comme en 2007, le lac a agi comme un *puits* de phosphore (PT, PD, PP), comme un *puits* de NT et de ND et comme une *source* de NP. Mais les quantités de nutriments retenus dans le lac sont moindres qu'à la même période en 2007<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Voir le Cahier 4 pour les données de 2007

## La distribution des nutriments et des cyanobactéries pendant cette période

La distribution des nutriments dans un lac, ainsi que la stabilité de la colonne d'eau, sont les principaux facteurs qui contrôlent la croissance et la distribution des algues dans le lac. Pour comprendre cette répartition des nutriments, il faut connaître :

- La distribution de la température dans le lac, pour établir la période de stratification de la colonne d'eau<sup>12</sup> et ses périodes de stabilité.
- La distribution de l'oxygène dans le lac, afin déterminer les périodes d'anoxie, qui peuvent être à l'origine du relargage de P par les sédiments, au fond du lac.

La section qui suit présente ainsi la distribution de la température et de l'oxygène dans la colonne d'eau au centre du lac, pendant la période libre de glace. Sont par la suite présentées les variations des concentrations en nutriments dans l'épilimnion, le métalimnion et l'hypolimnion au centre du lac.

### LES DISTRIBUTIONS DE LA TEMPÉRATURE ET DE L'OXYGÈNE DANS LA COLONNE D'EAU

La Figure 11 présente la distribution de la température (A) et celle de l'oxygène (B) dans la colonne d'eau, au centre du lac, pendant la période libre de glace.



Figure 11 : Distribution de la température (A) et de l'oxygène (B) dans la colonne d'eau du lac pendant la période libre de glace de 2008

Dans le premier graphique de la Figure 11 (A : Température), plus la couleur tire vers le rouge, plus la température de l'eau est élevée; plus la couleur tire sur le bleu foncé, plus la température est

<sup>12</sup> Voir le Cahier 2 pour des précisions sur la stratification, le brassage et l'anoxie.

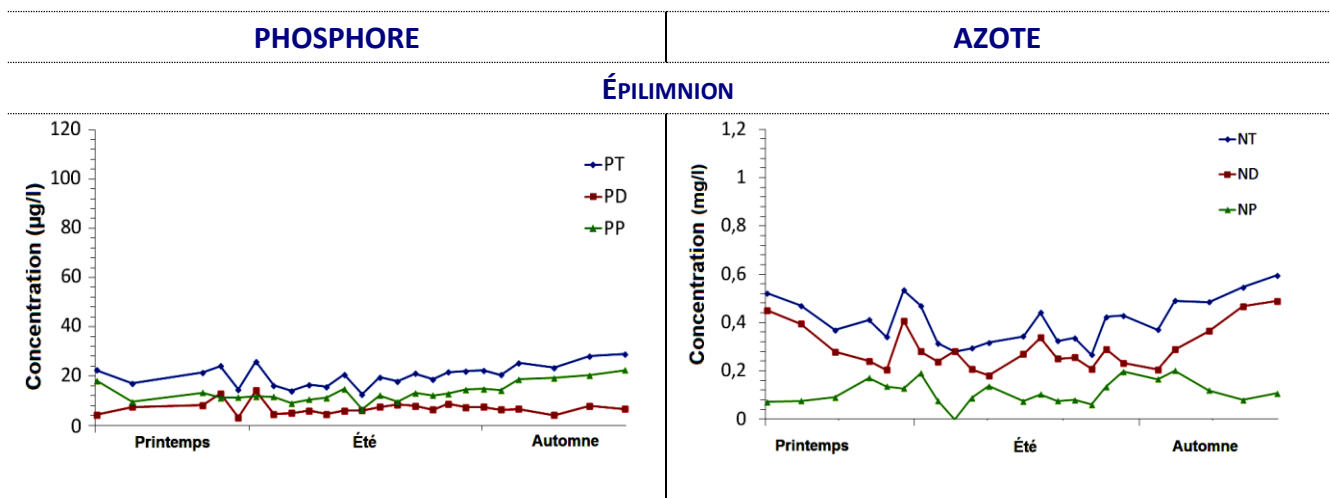
basse<sup>13</sup>. La lettre **S** sous le graphique représente la période de stratification et la lettre **B** le brassage automnal de la colonne d'eau. Selon ce graphique, la stratification a débuté début juin, un mois plus tard qu'en 2007, et est demeurée relativement instable jusqu'à la fin du printemps (24 juin). Elle a été assez stable pendant le mois de juillet. Le brassage automnal a débuté à la mi-septembre et, un mois plus tard, la température était approximativement la même sur toute la colonne d'eau (environ 12°C), ce qui indique que la stratification avait totalement disparu (21 octobre).

Dans le graphique du bas de la Figure 11 (B : % oxygène), plus la couleur tire vers le rouge, moins le % d'oxygène est élevé; plus la couleur tire sur le bleu foncé, plus ce % est élevé. Ce graphique montre que les couches d'eau en surface étaient parfaitement oxygénées (100%). Les couches plus profondes montrent des % en oxygène nettement plus faibles : soit inférieure à 25 % à partir de 4,5 m de profondeur, de la fin du printemps au début de l'automne. Pendant cette période, on observe une seule période d'anoxie (< 5 %, en rouge), qui a commencé au milieu de l'été et s'est achevée lors du brassage automnal.

**Lors de la période libre de glace de 2008, la stratification a débuté à la fin avril. Au cours de la période la plus chaude, au milieu de l'été, le lac était en anoxie jusqu'au brassage automnal, fin septembre**

## LA DISTRIBUTION DES NUTRIMENTS DANS LA COLONNE D'EAU

La Figure 12 présente les variations des concentrations en phosphore et en azote dans l'épilimnion (prélevés à 2,5 mètres de la surface), le métalimnion (prélevés à 3,5 à 4,5 mètres de la surface) et l'hypolimnion (prélevés à 1 mètre du fond), telles que mesurées au centre du lac pendant la période libre de glace de 2008.



<sup>13</sup> Voir le Cahier 3 pour la lecture plus détaillée de ce graphique.

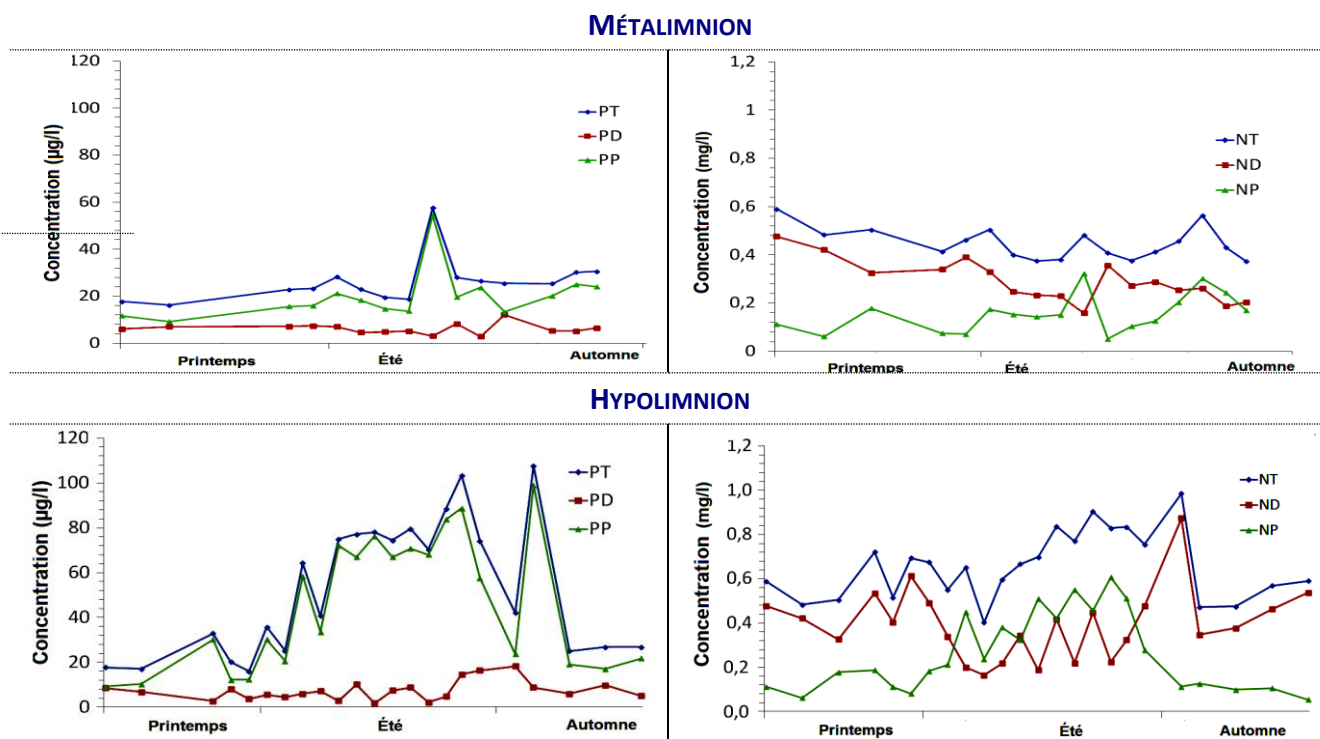


Figure 12 : Variation des concentrations en phosphore (PT, PD, PP) et en azote (NT, ND, NP) dans les 3 couches de la colonne d'eau pendant la période libre de glace

### ÉPILIMNION

- **PT** est peu élevé au printemps et en été (max. 25 µg/l) puis augmente légèrement à partir du brassage automnal jusqu'à la fin de l'automne (max. 29 µg/l).
- **PD**, qui représente moins de ¼ de PT, est relativement constant pendant l'été (environ 3 µg/l) mais augmente à 14 µg/l suite aux précipitations abondantes en septembre, pour diminuer graduellement par la suite.
- **PP** suit PT. Au milieu de l'été, il augmente quand PD diminue. Vers la mi-octobre, PP commence à diminuer car il est surtout dans les algues, qui commencent à décliner.

### MÉTALIMNION

- **PT**, faible au printemps (max. 23,5 µg/l), augmente fortement au milieu de l'été (max. 57,5 µg/l).
- **PD** reste très faible (max. 12 µg/l) : à cette profondeur les algues croissent et le consomment rapidement
- **PP** (max. 54,5 µg/l) est très proche de PT et évolue de façon inverse à PD

### ÉPILIMNION

- **NT** (max 0,6 mg/l) est majoritairement sous forme de ND (max. 0,5 mg/l)
- Au printemps, **ND** et **NT** sont relativement élevés, puis diminuent. En été, ils varient beaucoup mais restent inférieurs aux valeurs du printemps (max. 0,3 mg/l) puis augmentent en automne (max. 0,5 mg/l)
- **NP** (max. 0,2 mg/l) évolue de façon inverse à **ND** : faible jusqu'au milieu du printemps, il augmente légèrement jusqu'au début de l'été. En fin d'été, il augmente jusqu'au brassage automnal.

### MÉTALIMNION

- **NT** varie peu (0,4 à 0,6 mg/l)
- **ND** diminue, du printemps au milieu de l'été (de 0,4 à 0,2 mg/l), à cause de sa consommation par les algues
- **NP** varie de façon inverse au **ND** (de 0,1 à 0,3 mg/l).

<p><b>HYPOLIMNION</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>PT</b> (max. 103,4 µg/l) est plus de 3 fois plus élevé qu'en surface. Faible au printemps et en automne, son augmentation en été est associée au PP et correspond à la quantité maximale d'algues mesurée en profondeur.</li> <li>• <b>PD</b> est très faible (en général &lt; 10 µg/l) car il est rapidement consommé par les algues. Augmentant légèrement à la fin de l'été (13 µg/l), il redescend aux valeurs du printemps pendant l'automne.</li> <li>• <b>PP</b> (max. 89 µg/l) est jusqu'à 6 fois plus élevé qu'en surface. Ses variations suivent de près celles du PT</li> </ul>	<p><b>HYPOLIMNION</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>NT</b> (max. 1 mg/l) augmente à partir du milieu de l'été jusqu'au milieu de l'automne.</li> <li>• <b>ND</b> (max. à 0,9 mg/l), qui forme la majorité de NT au printemps et en automne et le suit de très près, s'en détache en été en diminuant fortement.</li> <li>• Inversement à ND, <b>NP</b> est faible au printemps et en automne (max 0,2 mg/l) mais élevé en été (max. 0,88 mg/l), lié à l'abondance des algues.</li> </ul>
<p><b>Dans les 3 couches :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ L'évolution de <b>PP</b> suit celle de <b>PT</b></li> <li>♦ <b>PT</b> est majoritairement constitué de <b>PP</b>, qui est sous forme algale</li> <li>♦ <b>PD</b> évolue inversement à <b>PP</b>, car en présence d'algues, PD diminue puisque les algues s'en nourrissent. Ce PD est donc «transformé» en <b>PP</b> algale.</li> </ul>	<p><b>Dans l'épilimnion et le métalimnion :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ L'évolution de <b>ND</b> suit généralement celle de <b>NT</b></li> <li>♦ <b>NT</b> est majoritairement sous forme de ND, assimilable par les algues</li> <li>♦ <b>NP</b> évolue inversement à ND, car, comme pour PP, NP est sous forme algale.</li> </ul> <p><b>Dans l'hypolimnion :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Comme dans l'épilimnion et le métalimnion, <b>NP</b> évolue inversement à ND, car, comme pour PP, NP est sous forme algale.</li> <li>♦ En été, <b>ND</b> ne suit plus NT, diminuant fortement, dû à sa consommation par les algues au fond du lac.</li> </ul>

**Ainsi, pendant la période libre de glace de 2008 :**

- ➔ Dans l'épilimnion, les concentrations de PT, PP et PD ont été assez constantes au cours de l'été et comparables au printemps - début de l'été de 2007. Mais, à la différence de 2007, ni le PT, PP, PD n'ont augmenté vers la fin de l'été-automne. On n'observe pas de variations importantes du printemps à l'automne 2008 dans la concentration NT, ND et NP. Tôt le printemps et vers la fin de l'été-automne, les concentrations de NT et ND sont similaires à celles mesurées en 2007. Par contre, elles étaient de 2 à 3 fois plus élevées qu'en 2007, de la fin du printemps au milieu de l'été.
- ➔ Dans le métalimnion, du début printemps à la mi-été, les concentrations de PT, PP et PD ont été similaires à celles de l'épilimnion. Ceci s'explique par le mélange entre l'épilimnion et le métalimnion, dû à l'instabilité de la thermocline. Lorsque la colonne d'eau s'est stabilisée en juillet, les concentrations de PT et PP ont augmenté (2,5 fois supérieures qu'au printemps). Cette augmentation est de courte durée due au mélange partielle du métalimnion avec l'épilimnion au mois d'août, ce qui a causé une légère augmentation de PT et PP à l'épilimnion. NT, ND et NP suivent à peu près le même patron que le phosphore, soit des concentrations similaires à celles de l'épilimnion au printemps et peu de variation cours de l'été

➔ Dans l'hypolimnion, on observe une forte augmentation des quantités de PT et PP (jusqu'à 5 fois supérieures à celles du printemps) quand la couche de l'hypolimnion est bien établie (du début juillet jusqu'au brassage d'octobre). Les concentrations de PT et PP sont plus de 2 fois plus élevée qu'en 2007 au cours de l'été et en début de l'automne, mais elles étaient plus basses au printemps.

### LA DISTRIBUTION DES CYANOBACTÉRIES DANS LA COLONNE D'EAU

En 2008 comme en 2007, du début de l'été jusqu'au brassage automnal, le groupe d'algues majoritaire au lac Bromont était les cyanobactéries (plus de 80 %). La Figure 13 présente la distribution de la biomasse des cyanobactéries (en kg par couches de 0,5 m) dans le lac en 2008. Sur cette figure, plus la couleur est foncée, plus la quantité de cyanobactéries est importante<sup>14</sup>. La période du brassage automnal y est illustrée par la lettre **B** surmontée d'une ligne qui traverse le graphique. Les efflorescences de cyanobactéries sont présentées par les cercles pleins verts foncés, à la surface.

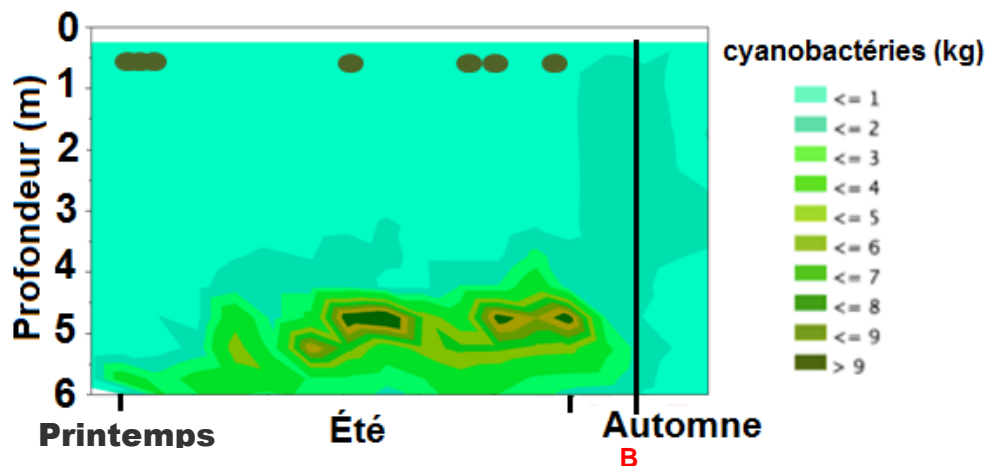


Figure 13 : Distribution de la biomasse des cyanobactéries de la surface au fond du lac pendant la période libre de glace de 2008

Les cyanobactéries se sont surtout développées dans les couches profondes, entre 4 et 5.5 m de profondeur, de la fin du printemps au début de l'automne (bleu foncé, Figure 13). Leur croissance au fond du lac a lieu plus tôt qu'en 2007, la biomasse a augmenté rapidement et s'est maintenue élevée (de 6 kg à plus de 9 kg) au cours de l'été dans les couches profondes et intermédiaires.

Au-dessus de 4 m, par contre, les cyanobactéries étaient beaucoup moins nombreuses, pendant le printemps et l'été. Au début de l'automne, quand le brassage a commencé, la masse des cyanobactéries s'est distribuée uniformément dans toute la colonne d'eau et leur quantité a diminué (2 kg et moins) (**B** sur la Figure 13). Ceci explique les résultats présentés à la Figure 12, où les concentrations en PD et ND variaient très peu en surface en été puis diminuaient au début de l'automne, à cause de l'assimilation des nutriments par les algues qui se sont retrouvées en surface après le brassage.

<sup>14</sup> Voir Cahier 3 pour la lecture de ce graphique

Les biomasses les plus élevées de cyanobactéries ont été mesurées quand le pourcentage d'O<sub>2</sub> était inférieur au 20% dans le méta-hypolimnion et que le fond du lac était en anoxie. La biomasse élevée de cyanobactéries au fond s'est maintenue jusqu'au début de l'automne, et donc plus tard qu'en 2007.

Lors de forts vents ou d'orages, le mélange des eaux de surface avec les eaux intermédiaires permet la remontée des cyanobactéries et des nutriments vers la surface. Ceci produit **des efflorescences estivales de cyanobactéries en surface**, qui apparaissent sous forme d'amas verts fluorescents, quand l'espèce dominante est une *Plankthotrix* (cercles verts au haut de la Figure 14), ce qui a été le cas en 2008, où l'espèce dominante de cyanobactéries a été *Plankthotrix agardhii*. Cette année-là, les efflorescences ont été plus fréquentes qu'en 2007. Lors des échantillonnages du 5 août, du 26 août, du 2 et du 15 septembre, des efflorescences ont été identifiées par l'équipe de recherche. Les efflorescences d'aspect vert poudreuses, de la fin juin au début du mois de juillet, sont dues à une autre espèce (*Anabaena flos-aquae*) qui croît au printemps au littoral du lac.



(Photographie de Zuzana Hrivnakova)

**Figure 14 : Photographie d'efflorescences de *Plankthotrix* observées à l'été 2008**

**Ainsi, pendant la période libre de glace de 2008 :**

- ➡ **Les cyanobactéries se sont surtout développées entre 4 et 6 m de profondeur, en consommant le PD disponible.** La stratification du lac ne leur permettant pas de remonter à la surface, la quantité de cyanobactéries a été très faible dans les couches superficielles jusqu'au brassage automnal.
- ➡ **Au milieu de l'été, associé à des mélanges partiels entre les couches de surface et les eaux intermédiaires, les cyanobactéries qui croissent au fond du lac sont entraînées dans les eaux superficielles et peuvent occasionner des efflorescences estivales.**
- ➡ **La population de cyanobactéries commence à décliner et se distribue dans toute la colonne d'eau lors du brassage automnal.**

## Les étangs de la Coulée du Rocher ont-ils agi comme des puits ou comme des sources de nutriments et d'algues?

Suite aux préoccupations des riverains soulevées par la couleur parfois «chocolat» de la Coulée du Rocher (R2), ainsi qu'aux observations par l'équipe de recherche d'un transport de MES par ce ruisseau après de grosses averses, des échantillonnages d'eau ont été effectués de juillet 2008 à juillet 2009. Le but était de vérifier si les étangs artificiels creusés dans le R2 pourraient agir comme des sources (ou des puits) de MES et de nutriments pour le R2 et, ultimement pour le lac.

### Les bilans de MES, de phosphore et d'azote dans les étangs du R2

La Figure 15 présente les bilans des matières en suspension (MES) de chaque étang, ainsi que leurs charges nettes entre juillet 2008 et juillet 2009.

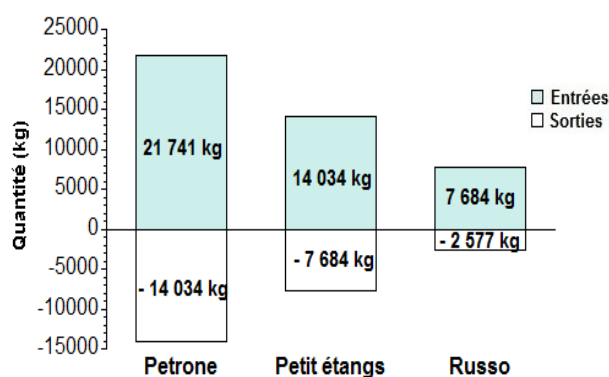
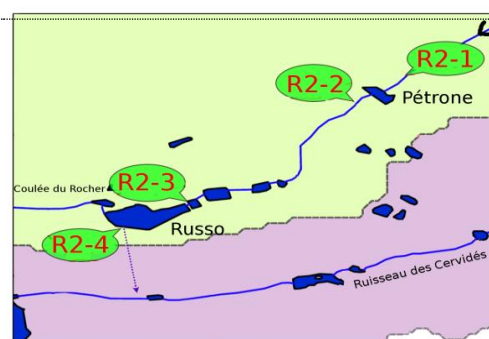
La charge nette d'un nutriment est calculée en soustrayant la valeur mesurée à la sortie de l'étang de la valeur mesurée à son entrée<sup>15</sup>.

Par exemple, suivant les résultats présentés à la Figure 15 :

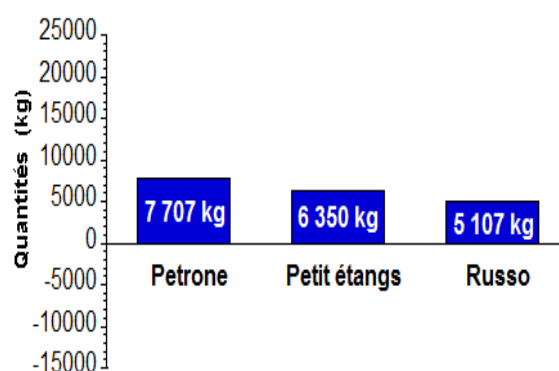
- Bilan de MES de l'étang Pétrone :

$$14\ 034\ \text{kg (sortie R2-2)} - 21\ 741\ \text{kg (entrée R2-1)} = 7\ 707\ \text{kg}$$

Ainsi, l'étang Pétrone a une charge nette de 7 707 kg de MES, qu'il accumule.



Bilans de MES



Charges nettes de MES

**Figure 15 : Bilans et charges nettes annuels de matières en suspension (MES) pour les étangs du R2 (2008-2009)**

Les résultats à la Figure 15 montrent que chaque étang pris individuellement a agi comme un *puits* de MES, en 2008 : l'étang Pétrone en a retenu 7 707 kg, les Petits étangs 6 350 kg et le Russo 6 107 kg. De plus, globalement, les étangs ont aussi agi comme un puits de MES car il est entré 21 741 kg de MES dans le Pétrone et il en est ressorti 2 577 kg à la sortie du Russo : ainsi, dans leur ensemble les étangs ont retenu 19 164 kg de MES.

<sup>15</sup> Voir la Section sur le traitement des données et des informations du présent document, pour la méthode de calcul des charges nettes de chaque étang

La Figure 16 présente les bilans et les charges nettes du phosphore (PT et PD), et de l'azote (NT et ND) pour chaque étang, de juillet 2008 à juillet 2009.

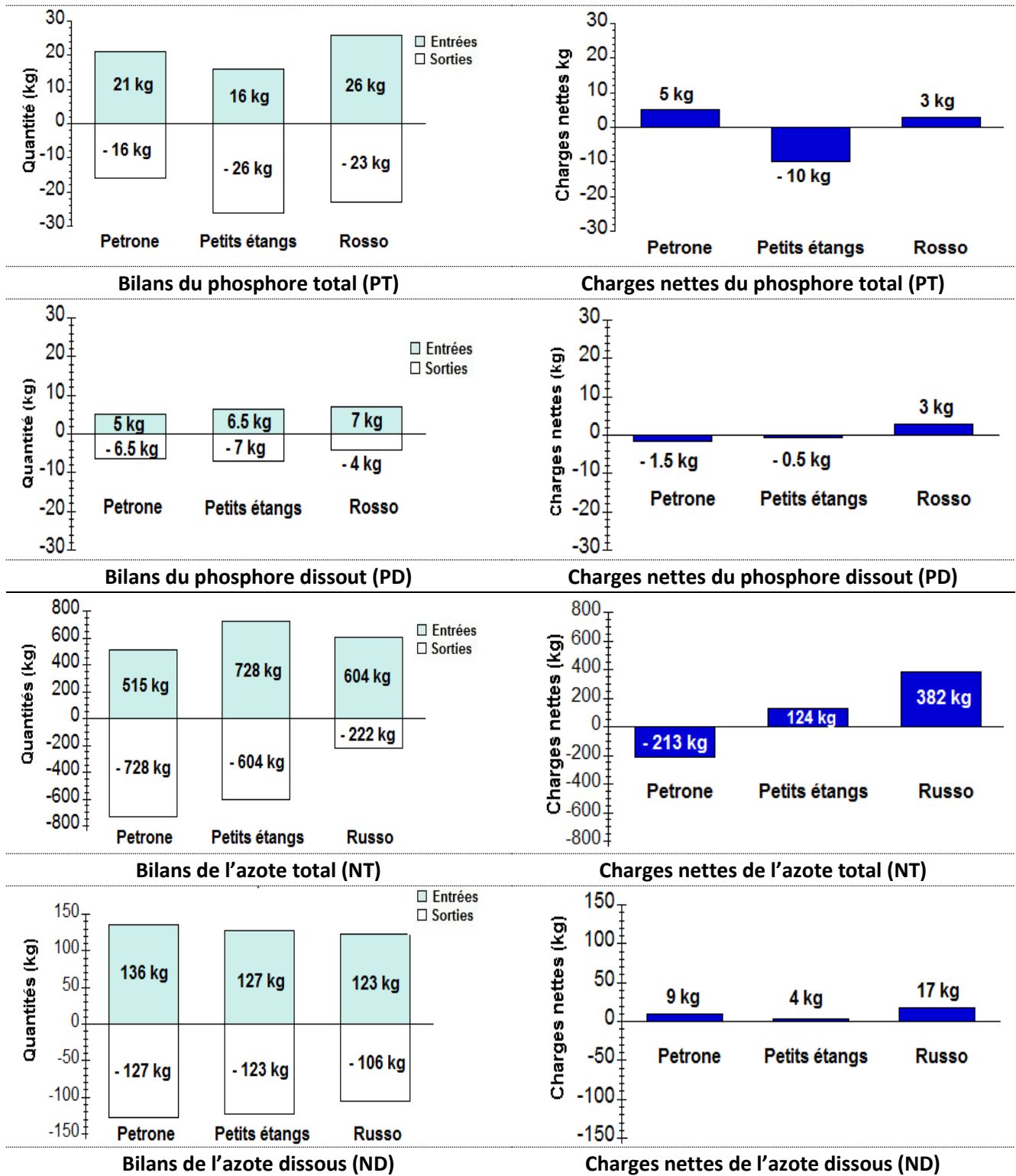


Figure 16 : Bilans et charges nettes annuels de phosphore (PT, PD) et de l'azote (NT, ND) pour les étangs du R2 (2008 - 2009)

**Bilan des MES dans les étangs :**

Pétrone : Apport: 21 741 kg > Export: 14 034 kg => **7 707 kg retenus** => Pétrone est un *puits* de MES  
 Petits étangs: Apport:14034 kg > Export: 7684 kg => **6350 kg retenus**=> Petits étangs sont un *puits* de MES  
 Russo : Apport: 7 684 kg > Export: 2 577 kg => **5 107 kg retenus** => Russo est un *puits* de MES  
**L'ENSEMBLE DES ÉTANGS AGIT COMME UN PUIFS DE MES** (Entrée : 21 741 kg > Sortie 2 577 kg)

**Bilan du PT dans les étangs :**

Pétrone : Apport: 21 kg > Export: 16 kg => **5 kg retenus** => Pétrone est un *puits* de PT  
 Petits étangs : Apport: 16 kg < Export: 26 kg => **10 kg sortis** => Petits étangs sont une *source* de PT  
 Russo : Apport: 26 kg > Export: 23 kg => **3 kg retenus** => Russo est un *puits* de PT  
**L'ENSEMBLE DES ÉTANGS AGIT COMME UNE SOURCE DE PT** (Entrée : 21 < Sortie 23 kg)

**Bilan du PD dans les étangs :**

Pétrone : Apport: 5 kg > Export: 6,5 kg => **1,5 kg sortis** => Pétrone est une *source* de PD  
 Petits étangs : Apport: 6,5 kg < Export: 7 kg => **0,5 kg sortis** => Petits étangs sont une *source* de PD  
 Russo : Apport: 7 kg > Export: 4 kg => **3 kg retenus** => Russo est un *puits* de PD  
**L'ENSEMBLE DES ÉTANGS AGIT COMME UN PUIFS DE PD** (Entrée : 5 kg > Sortie 4 kg)

**Bilan du NT dans les étangs :**

Pétrone : Apport: 515 kg < Export: 728 kg => **213 kg sortis** => Pétrone est une *source* de NT  
 Petits étangs : Apport: 728 kg > Export: 604 kg => **124 kg retenus** => Petits étangs sont un *puits* de NT  
 Russo : Apport: 604 kg > Export: 222 kg => **382 kg retenus** => Russo est un *puits* de NT  
**L'ENSEMBLE DES ÉTANGS AGIT COMME UN PUIFS DE NT** (Entrée : 515 > Sortie 222 kg)

**Bilan du ND dans les étangs :**

Pétrone : Apport: 136 kg > Export: 127 kg => **9 kg retenus** => Pétrone est un *puits* de ND  
 Petits étangs : Apport: 127 kg > Export: 123 kg => **4 kg retenus** => Petits étangs sont un *puits* de ND  
 Russo : Apport: 123 kg > v: 106 kg => **17 kg retenus** => Russo est un *puits* de ND  
**L'ENSEMBLE DES ÉTANGS AGIT COMME UN PUIFS DE ND** (Entrée : 136 > Sortie 106 kg)

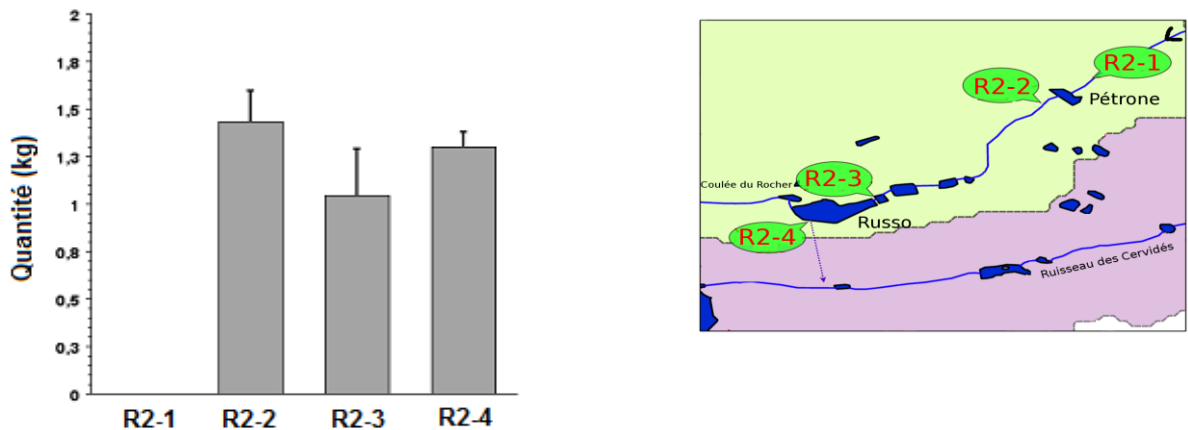
Le Tableau 5 synthétise ces résultats. Ainsi, globalement, l'ensemble des étangs a agi comme un *puits* de MES, de PD, de NT et de ND, mais comme une *source* de PT.

**Tableau 5 : Bilans de MES et de nutriments dans les étangs du R2 et statut individuel et de l'ensemble des étangs en regard des nutriments (2008 - 2009)**

	Pétrone	Petits Étangs	Russo	L'ensemble des étangs
MES	puits	puits	puits	<b>puits</b>
PT	puits	source	puits	<b>source</b>
PD	source	source	puits	<b>puits</b>
NT	source	puits	puits	<b>puits</b>
ND	puits	puits	puits	<b>puits</b>

## La biomasse et le bilan des algues dans les étangs du R2

La Figure 17 présente la carte des sites d'échantillonnage des étangs, ainsi que la biomasse des algues (en kg de chlorophylle  $a^{16}$ , axe vertical) mesurée à l'entrée et à la sortie de l'étang Pétrone (respectivement R2-1 et R2-2), et à l'entrée et à la sortie de l'étang Russo (respectivement R2-3 et R2-4), de juillet 2008 à juillet 2009. Ces données permettent de savoir si les étangs exportent des algues vers l'aval et, ultimement, vers le lac.



**Figure 17 : Biomasse (kg de chlorophylle  $a$ ) des algues mesurée à l'entrée et à la sortie de l'étang Pétrone (R2-1 et R2-2) et à l'entrée et à la sortie de l'étang Russo (R2-3 et R2-4) (2008 - 2009)**

Selon les résultats présentés à la Figure 17, les quantités d'algues mesurées à l'entrée des étangs, toutes espèces confondues, étaient basses, comparativement aux quantités de cyanobactéries mesurées dans le lac (voir la Figure 13). En effet, les algues étaient à peu près absentes à l'entrée de l'étang Pétrone (R2-1) et, par la suite, ne dépassaient pas 1,8 kg de chlorophylle  $a$ . Ces faibles quantités d'algues pourraient s'expliquer par la forte turbidité de l'eau des étangs, due aux MES, qui limite la croissance des algues.

### Bilan de la biomasse algale (BA) dans les étangs :

**Pétrone : Apport (R2-1) < Export (R2-2) => BA sorties => Pétrone est une source d'algues**

**Petits étangs: Apport (R2-2) > Export (R2-3) => BA retenues => Petits étangs sont un puits d'algues**

**Russo : Apport (R2-3) < Export (R2-4) => BA sorties => Russo est une source d'algues**

**L'ENSEMBLE DES ÉTANGS AGIT COMME UN PUIXS BA, EN 2008-2009 (Entrée > Sortie)**

- ➔ Les étangs du ruisseau Coulée du Rocher accumulent la plupart des MES, avant que le ruisseau se déverse dans le lac. Ce sont des *puits* de MES.
- ➔ L'étang Pétrone retient le plus de MES et de PT, et l'étang Russo retient le plus de PD, NT et ND.
- ➔ Les étangs contiennent très peu d'algues, probablement en raison de la forte turbidité de leur eau, qui limite la disponibilité de la lumière nécessaire à leur croissance.

<sup>16</sup> Voir le Cahier 3 sur la méthodologie générale

## PREMIÈRES CONCLUSIONS ET SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE 2008-2009

### Premières conclusions

En 2008-2009, les apports de **nutriments** au lac étaient plus importants l'hiver, dû à des précipitations abondantes et à la fonte des neiges. La majorité de ces nutriments sont apportés par le ruisseau Wright (R4), suivi des ruisseaux Petit Galop (R1) et des Cervidés (R3). La Coulée du Rocher (R2) est le ruisseau qui a apporté le moins de nutriments.

L'étude 2008-2009 a montré que 1 118 kg de **phosphore** et 24 658 kg d'**azote** ont été apportés par les quatre ruisseaux qui alimentent le lac. Le phosphore était composé majoritairement de PP tandis que l'azote est entré principalement sous forme dissoute. Seulement 16,9% du PT et 21,8% du NT ont été apportés au lac pendant la période libre de glace. Ces résultats montrent que les quantités de PT et de NT apportées au lac en 2008-2009 étaient peu différentes de celles de 2007-2008, et que les apports externes de nutriments en période libre de glace sont faibles. Pour cette raison, la concentration des algues dans les couches de surface est très faible (sauf lors des efflorescences).

La stratification du lac a commencé vers la fin du mois d'avril et s'est achevée au début de l'automne, lors du brassage. Le fond du lac a été anoxique à partir du milieu de l'été jusqu'au début de l'automne. Le relargage de phosphore par les sédiments peut expliquer la quantité de phosphore mesurée dans les couches profondes. Ce relargage serait ainsi la source principale du nutriment, qui a favorisé la croissance des grandes quantités d'algues dans les couches intermédiaires et profondes pendant l'été.

La croissance des algues a débuté plus tôt en 2008 qu'en 2007 et en générale la masse d'algues dans les couches intermédiaires a été plus dense qu'en 2007.

### Les questions soulevées en 2007-2008

L'étude 2008-2009 a permis d'éclaircir certaines des questions soulevées lors de l'étude de 2007-2008.

#### **1- Pourquoi y a-t-il eu peu d'efflorescences en 2007 et pourquoi leur étendue n'a pas été très importante, contrairement à l'année 2006, où le lac avait été fermé pendant un mois?**

En 2008, on a observé plus d'efflorescences et sur une plus grande étendue qu'en 2007. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les concentrations de PD au fond du lac ont été plus importantes en 2008 (moyenne 7 µg/l) qu'en 2007 (moyenne 4,84 µg/l) ainsi que par le nombre de jours d'anoxie qui était plus élevé en 2008 (56 jours) qu'en 2007 (44 jours).

#### **2- Est-ce que la charge externe est toujours aussi faible en été ? Pendant l'été 2007, il n'y a pas eu beaucoup des précipitations et, en conséquence, les débits des ruisseaux ont été très bas.**

Les apports externes de 2008 ont été encore plus faibles qu'en 2007.

### **3 - L'apport important de PP par le ruisseau Wright au mois de mai est-il dû à des travaux sur son bassin versant, qui auraient remis en suspension beaucoup de sédiments?**

Cette question n'a pu être répondue, vue l'absence d'informations suffisantes sur l'ensemble des travaux effectués dans le bassin versant du ruisseau Wright.

### **4 - Les étangs sont-ils des bombes à retardement pour l'enrichissement du lac en phosphore ?** La rapide sédimentation du PP transporté par les ruisseaux soulève l'inquiétude de riverains sur les étangs artificiels construits le long de quelques ruisseaux alimentant le lac. Ces étangs peuvent en effet agir comme des puits de PP et, quand les habitants les nettoient en les déversant dans les ruisseaux, ils peuvent devenir alors des sources de PP.

Les analyses effectuées en 2008-2009 montrent que les étangs accumulent beaucoup de MES susceptibles de se déverser dans le lac, lors des curages des étangs.

## **Les questions issues de l'étude de 2008-2009**

L'étude 2008-2009, tout en répondant à certaines interrogations, en a aussi fait surgir d'autres, au plan méthodologique, ainsi que sur de potentielles sources externes de nutriments autres que les quatre principaux ruisseaux qui arrivent au lac.

### **1- Les zones de villégiature sont-elles des sources externes de nutriments pour le lac?**

Les études de 2007-2008 et de 2008-2009 ont montré que les apports externes de nutriments par les ruisseaux sont relativement faibles et ne peuvent pas, à eux seuls, expliquer les grandes quantités de cyanobactéries que l'on retrouve dans le lac. Il existe donc d'autres sources de nutriments pour le lac. Les zones de villégiature, et notamment d'installations septiques, peuvent représenter d'autres sources de nutriments pour le lac. Il a donc été décidé d'étudier cette hypothèse en 2009-2010.

### **2- Au plan méthodologique : Les mesures des apports externes sont-elles sous-estimées?**

Concernant les apports des ruisseaux au lac, les sites d'échantillonnage dans les ruisseaux ont jusqu'ici été localisés plus haut dans les ruisseaux, et donc à une certaine distance de leur entrée réelle au lac (c'est-à-dire à leur embouchure).

Ainsi, les mesures d'apports externes par les ruisseaux ne prennent pas en compte les quantités de nutriments relâchés dans les ruisseaux entre leur site d'échantillonnage et leur arrivée au lac. Bien que ces distances ne soient pas si grandes, il se pourrait que les apports des ruisseaux calculés à partir des mesures en amont soient sous-estimés.

Pour s'en assurer, il a été décidé d'effectuer des échantillonnages directement aux embouchures des ruisseaux et de comparer ces mesures à celles effectuées plus haut dans les ruisseaux.

## Synthèse de l'étude 2008-2009

<b>Combien de nutriments entrent dans le lac et quel ruisseau en apportent le plus ?</b>					
	Quantités totales (proportion de PT) (kg)                      (% du PT)			Quantités totales (proportion de NT) (kg)                      (% du NT)	
<b>PT</b>	1 118	-	<b>NT</b>	24 658	
<b>PD</b>	381	(34 %)	<b>ND</b>	15 937	(65 %)
<b>PP</b>	736	(66 %)	<b>NP</b>	8 720	(35 %)
C'est le ruisseau Wright (R4) qui apporte le plus de nutriments au lac					
<b>Comment varient les apports de nutriments selon les saisons? Pendant la période libre de glace?</b>					
	Printemps	Fin printemps-mi été	Mi été-Automne	Fin automne-Hiver	
<b>PT</b>	Faible : R1 à R4	Faible : R1 à R4	Faible : R1 à R4	Très élevé : R4	
<b>PD</b>	Faible : R1 à R4	Faible : R1 à R4	Faible : R1 à R4	Très élevé : R4	
<b>NT</b>	Élevé : R1 à R4	Faible : R1 à R4	Faible : R1 à R4	Élevé : R1 à R4	
<b>ND</b>	Élevé : R1 à R4	Faible : R1 à R4	Faible : R1 à R4	Élevé : R1 à R4	
<b>Le lac agit-il comme une <i>source</i> ou comme un <i>puits</i> de nutriments ? Les bilans annuels 2008-2009</b>					
<b>PT</b>	le lac est un <i>puits</i>		<b>NT</b>	le lac est une <i>source</i>	
<b>PD</b>	le lac est une <i>source</i>		<b>ND</b>	le lac est un <i>puits</i>	
<b>PP</b>	le lac est un <i>puits</i>		<b>NP</b>	le lac est une <i>source</i>	
<b>Le lac agit-il comme une <i>source</i> ou comme un <i>puits</i> de nutriments pendant la période libre de glace de 2008? Les bilans pendant cette période</b>					
<b>PT</b>	le lac est un <i>puits</i>		<b>NT</b>	le lac est un <i>puits</i>	
<b>PD</b>	le lac est un <i>puits</i>		<b>ND</b>	le lac est un <i>puits</i>	
<b>PP</b>	le lac est un <i>puits</i>		<b>NP</b>	le lac est une <i>source</i>	
<b>Pendant la période libre de glace, 17 % du PT et 22 % du NT annuels sont apportés au lac</b>					
<b>Comment se distribuent les nutriments dans la colonne d'eau, au centre du lac ? Quels sont les liens avec la stratification du lac ?</b>					
<p>La stratification du lac a commencé le (22 avril et est demeurée jusqu'au brassage automnal, le 23 septembre. La couche profonde du lac, pouvant aller jusqu'à un mètre d'épaisseur, était en anoxie (O<sub>2</sub> inférieur à 5%) du 23 juillet jusqu'à la fin de la stratification</p> <p>PD et ND ont diminué de la fin du printemps au début de l'été, inversement au PP et au ND, dû à la croissance des algues.</p>					
<b>Quelle est la distribution des cyanobactéries pendant la période libre de glace?</b>					
<p>Les cyanobactéries se sont développées dans les couches profondes, du début de l'été jusqu'au début de l'automne. Encore cette année, elles ont constitué le groupe le plus abondant (plus de 80 %) et les efflorescences ont été plus nombreuses qu'en 2007-2008.</p>					
<b>Les étangs sont-ils des <i>puits</i> ou des <i>sources</i> de nutriments et d'algues ?</b>					
<p>Dans leur ensemble, en 2008-2009 les étangs contenaient peu d'algues et ils ont agit comme un puits de MES, de PD, NT, ND et d'algues, mais comme une source de PT pour le lac.</p>					