

Annexe

**Évaluation sommaire de l'état trophique du lac Nicolet et son
évolution depuis 1981**

Daniel Blais

Direction du Patrimoine Écologique et du Développement Durable

Ministère de l'Environnement

Décembre 2004

Équipe de réalisation

Analyse et rédaction :

Daniel Blais (MENV –DPEDD)

Collaborations

Source de données :

Marc Simonneau (MENV –DSEE)

Louis Roy (MENV –DSEE)

Table des matières

INTRODUCTION.....	4
MÉTHODOLOGIE.....	5
COMPARAISON TEMPORELLE DES DONNÉES.....	9
1. Caractéristiques morphologiques du lac et de son bassin versant.....	9
2. Caractéristiques physico-chimiques du lac Nicolet.....	11
3. Apports en phosphore provenant du bassin versant.....	13
DISCUSSION.....	15
CONCLUSION	17
BIBLIOGRAPHIE.....	18

Liste de tableaux

Tableau 1 -Sources diffuses d'apports.....	6
Tableau 2 -Sources ponctuelles d'apports en phosphore.....	7
Tableau 3 -Caractéristiques morphologiques du lac Nicolet et de son bassin versant	9
Tableau 4 -Données physico-chimiques du lac Nicolet.....	11
Tableau 5 -Apports en phosphore provenant du bassin versant par classe d'occupation	13
Tableau 6 -Apports 2003 provenant de la zone retirée du bassin versant	20

Liste des figures

Figure 1 -Comparaison des limites du bassin versant entre 1981 et 2003.....	10
---	----

Introduction

Le lac Nicolet est situé dans la MRC d'Arthabaska, dans la municipalité de Saints-Marthys-Canadiens. Les alentours du lac ont longtemps été la cible d'intérêt des géologues pour la variété et parfois la quantité de minéraux qu'on peut y retrouver. La complexité du socle rocheux en fait un site exceptionnel. Mis à part ces aspects géologiques particulièrement intéressants, le lac Nicolet est un plan d'eau de grande valeur pour ses riverains, qui jouissent entre autres d'une très bonne qualité d'eau.

En 1981, le Service de la Qualité des eaux du Ministère de l'Environnement procédait à un diagnostic écologique du lac Nicolet afin de pouvoir porter un jugement sur l'état de santé du lac. À l'époque, il ressortait de cette étude un lac en bonne santé. Tant les paramètres physico-chimiques que les bilans en phosphore et de vieillissement démontraient des signes d'un lac très peu productif et de conditions d'occupation du territoire ne mettant pas en péril l'état de santé du lac. Par contre, on y soulignait la fragilité du plan d'eau face à d'avantage d'apports en nutriments.

Aujourd'hui, certaines préoccupations sur la qualité de l'eau du lac ont poussé la Corporation de gestion des rivières des Bois-Francs à commander cette courte étude afin de faire le bilan sur l'évolution des apports en nutriments depuis 1981.

Des données récentes (1999 – 2003)¹, permettent de comparer sommairement l'état de l'eau du lac et des apports en nutriments entre la période de 1981² et 1999-2003. Cette comparaison a pour but de mettre en lumière l'évolution que suivent nos pratiques en termes d'exportation de nutriments et celle que suit l'état de l'eau du lac.

¹ Images LANDSAT TM Classifiées et Rôle d'évaluation de la Municipalité de Saints-Marthys-Canadiens

² « Diagnostic du lac Nicolet »

Méthodologie

La méthode utilisée consiste dans un premier temps à comparer les données physico-chimiques actuelles avec des données anciennes (1981). Cela nous donne une appréciation de l'état du lac au point de vue de l'oxygène dissous, de la conductivité, du pH, du phosphore total, de la chlorophylle a et du carbone organique dissous. Les données comparées ont toutes été prises à 1 mètre sous la surface de l'eau et ce durant l'été.

Dans un deuxième temps, on s'intéresse aux apports annuels et à la concentration en phosphore dans le lac. Pour arriver à ces fins, on utilise un modèle classique d'apports en phosphore soit le même que celui utilisé pour la production du diagnose de 1981. Ce type de modèle est basé sur des coefficients d'exportation de phosphore qui varient selon le type d'occupation du sol dans le bassin versant. On utilise ici le modèle de Dillon qui comme plusieurs autres modèles, est basé sur des coefficients d'exportation de phosphore lié à différents usages du territoire dans le bassin versant et sur quelques caractéristiques sommaires des lacs.

Ce modèle est largement utilisé, et bien que parfois contesté, il est un des seuls outils disponibles, et opérationnel qui permet de produire ce type d'évaluation sommaire et théorique de la concentration des lacs en phosphore total. Conscient des limites du modèle, il est important d'établir clairement les balises d'interprétation afin de ne pas laisser sous entendre une portée trop grande de l'outil.

Le modèle de Dillon (1986) se présente comme suit :

$$[Pt] = \frac{Lp * (1 - R)}{0,956 * qs}$$

Où :

$[Pt]$ = Concentration annuelle moyenne en phosphore total attendue dans le lac (mg/L)

Lp = Charge annuelle en phosphore total par unité de surface (mg/m²/an)

qs = Apport annuel d'eau par unité de surface

R = Coefficient de rétention du phosphore

Une manière pour estimer le coefficient de rétention du phosphore pour les plans d'eau dont l'hypolimnion est oxygène a été développée par Dillon.

$$R = \frac{12,4}{12,4 + qs}$$

Estimation de la charge en phosphore (L_p)

Le phosphore peut provenir de diverses sources tant naturelles qu'anthropiques. Il est important d'en faire une estimation la plus juste possible en utilisant le maximum d'informations sur l'occupation du territoire. On distingue habituellement les sources d'apports ponctuelles des sources d'apports diffusés. Pour les sources diffusées, des cartes d'occupation du sol et des images satellitaires ou aéroportées classifiées sont utilisées. L'estimation est dans ce cas basée sur des coefficients d'apports surfaciques. Les sources ponctuelles d'apports sont quant à elles ramenées en équivalent de nombre de personnes - année.

Tableau 1 - Sources diffusées d'apports³

Classe d'occupation du sol	Valeur min. (mg/m ² /an)	Valeur max. (mg/m ² /an)	Valeur retenue (mg/m ² /an)
Forêt			
• sur substrat igné	4,7	5,5	5,5
• sur substrat sédimentaire	10,3	12	12
Friche			
• sur substrat igné	-	-	9,8
• sur substrat sédimentaire	-	-	19,8
Terres cultivées (valeur moyenne)	50	66	66
• sur sable	10	25	-
• sur limon	20	105	-

³ RYDING, S-O, RAST, W 1994

• sur argile	85	125	-
Pâturages (non exploités)			
• sur sable	5	5	5
• sur limon	5	15	10
• sur argile	25	60	40
Zones marécageuses	20	66	66
Affectation urbaine	48	150	150
Précipitations	-	-	15

Les sources ponctuelles d'apports sont analysées dans un rayon de 300m aux bords des plans d'eau. On estime à 2,2 g de phosphore la contribution d'un habitant à chaque jour.⁴ Donc, considéré sur une année, un habitant exporte à la base environ 800 000 mg de phosphore. Puisque les rejets provenant des habitants passent souvent par différents types de traitements, la masse de phosphore exportée peut être réduite. Le tableau 2 donne les quantités de phosphore exportées annuellement par habitant selon le type de traitement que subit le rejet. Les valeurs choisies ne suivent pas une logique constante d'un type d'occupation à l'autre. Elles sont plutôt issues d'expériences passées. Les bornes minimales et maximales nous renseignent sur ce que l'on retrouve à travers la littérature sur le sujet.

Tableau 2 -Sources ponctuelles d'apports en phosphore⁵

Type de traitement	Valeur min.	Valeur max.	Valeur retenue
1 habitant sans aucun traitement (mgP/personne/an)	730 000	800 000	800 000
1 habitant avec fosse septique (mgP/ personne/an)	320 000	800 000	640 000

La variation dans les valeurs d'apport pour les habitants utilisant un système de fosse septique est en lien direct avec l'efficacité du système. L'âge ainsi que le type de système, s'il est connu, peut être pris en compte pour l'estimation de cette valeur. Les valeurs d'efficacité des fosses septiques et champs d'épuration pour retenir le phosphore

⁴ RECKHOW, K.H., BEAULAC, M.N., SIMPSON, J.T. (1980)

⁵ RYDING, S-O, RAST, W 1994

varient de 0,25 à 0,40 dans le cas des fosses septiques ordinaires.⁶ L'efficacité des systèmes de bio filtration à base de tourbe pour la réduction du phosphore n'est pour le moment pas démontrée. Afin de rester conservateurs, on utilise les valeurs les plus élevées pour la proportion exportée des systèmes traditionnels.

⁶ RYDING, S-O, RAST, W 1994

Comparaison temporelle des données

1. Caractéristiques morphologiques du lac et de son bassin versant

Les caractéristiques suivantes proviennent en partie de mesures faites à partir des données les plus récentes de la Base de Données Topographique du Québec (BDTQ). Ces données ont été mises à jour en 2002.

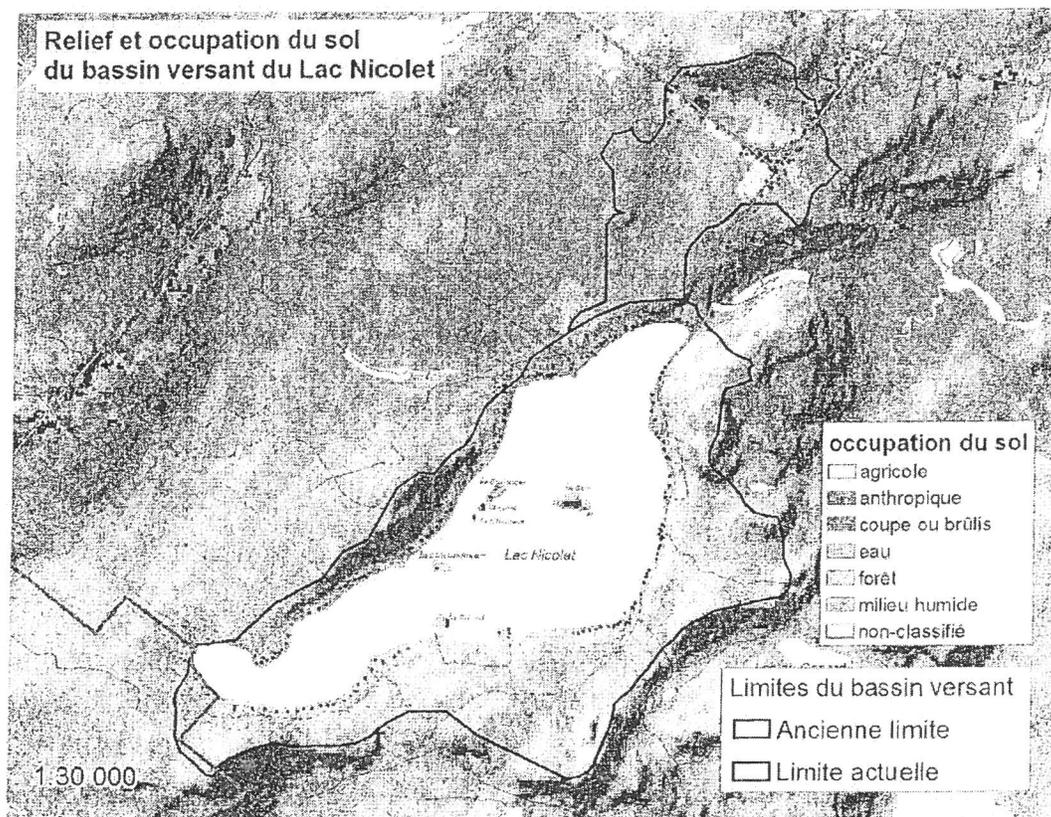
Tableau 3 -Caractéristiques morphologiques du lac Nicolet et de son bassin versant

<i>Caractéristique</i>	<i>1981</i>	<i>2004</i>
Superficie du lac	4 Km ²	4,1 Km ²
Superficie du bassin versant	13,3 Km ²	9,4 Km ²
Superficie du bassin versant sans lac	9,3 Km ²	5,3 Km ²
Profondeur maximale	44 m	41 m
Profondeur moyenne	17,3 m	17 m
Altitude	349 m	349 m

La différence de 3,6 Km² dans la superficie du bassin versant entre 1981 et 2002 est attribuable à des changements dans le réseau hydrographique dans la partie nord du bassin selon une étude produite en 1997 par Pro Faune⁷. La différence de délimitation apparaît sur la figure 1.

⁷ CHUM, M. 1997

Figure 1 -Comparaison des limites du bassin versant entre 1981 et 2003



2. Caractéristiques physico-chimiques du lac Nicolet

Des données physico-chimiques ont été prises au Lac Nicolet au cours de différentes campagnes d'échantillonnage. Les paramètres mesurés tout comme les méthodes de prise de données et d'analyse varient passablement. Pour cette raison il peut être hasardeux de tirer des conclusions sur la comparaison des valeurs entre différentes époques. Néanmoins, on peut dresser un aperçu de l'évolution de l'état de la qualité de l'eau du lac. Les données du tableau 2 ont toutes été prises à 1 mètre de la surface et ce pendant la période estivale.

Tableau 4 -Données physico-chimiques du lac Nicolet

<i>Caractéristique</i>	<i>Mesure 1981⁸</i>	<i>Mesure 1997⁹</i>	<i>Mesure 2002¹⁰</i>	<i>Mesure 2004¹¹</i>
Oxygène dissous (mg L ⁻¹)	7	10,0	7	n.d.
Conductivité (µmhos cm ⁻¹)	48	48	n.d.	n.d.
pH	7,4	7,64	7,6	n.d.
Secchi (m)	5,6	7 m	4	6,4
Ptot (µg L ⁻¹)	6,0	n.d.	n.d.	5,4
Chlorophylle a ((µg L ⁻¹)	n.d.	n.d.	n.d.	2,26**
Carbone organique dissous (µg L ⁻¹)	n.d.	n.d.	n.d.	2,6

* Valeurs prélevées à 1m de la surface

** Chlorophylle a et phéophytine

⁸ ALAIN, Jacques, (1981)

⁹ CHUM, M. 1997

¹⁰ Données provenant de la campagne 2002 du réseau Sentinelle de la Direction du Suivi de l'Environnement du Ministère de l'Environnement.

¹¹ Données provenant de la campagne 2004 du réseau Sentinelle de la Direction du Suivi de l'Environnement du Ministère de l'Environnement.

Aucune des données de ce tableau ne permet de conclure qu'il y a eu un changement significatif dans la qualité de l'eau du lac Nicolet entre 1981 et 2004. On peut cependant faire ressortir certains constats à l'égard de la qualité actuelle de l'eau.

- La profondeur moyenne de 6,4 mètres correspond à la transparence d'un lac peu enrichi.
- La concentration en phosphore total trace de $5,4 \mu\text{g L}^{-1}$ est celle d'un lac peu enrichi.
- La Chlorophylle a présente une concentration de 2,26. Cette valeur est la seule permettant de croire que le lac Nicolet possède une productivité légèrement plus élevée que l'oligotrophie.

Selon les données du tableau 2 le lac Nicolet se situe dans la zone oligotrophe, avec une légère tendance vers une classe intermédiaire oligo-mésotrophe. Cet état favorable actuel ne signifie cependant pas que le lac peut recevoir davantage de développements dans son bassin versant sans qu'il n'y ai de répercussions sur la qualité de l'eau et la santé du lac. La section suivante traite de l'évolution dans le temps de l'usage du territoire dans le bassin versant. À l'aide d'un modèle théorique de concentration en phosphore, il sera possible d'apprécier davantage les aspects de sensibilité du lac aux apports en nutriments.

3. Apports en phosphore provenant du bassin versant

Tout les lacs ont des apports en phosphore provenant de sources naturelles. Le cheminement des précipitations au travers du sol ou du socle rocheux contribue aux apports en phosphore (et autres nutriments) qui varie grandement d'un lac à l'autre. C'est entre autres pour cette raison que l'on retrouve parmi les lacs dont le bassin versant et les rives sont à l'état naturel, des lacs plus enrichis que d'autres. L'utilisation de modèles de concentration en phosphore nous permettent de penser que par ses apports naturels, le lac Nicolet devrait se situer à un stade oligotrophique. Ce sont les changements dans l'occupation du sol dans le bassin versant et sur les rives du lac qui peuvent être responsables à court ou moyen terme de modifications significatives dans l'état trophique du lac.

Tableau 5 - Apports en phosphore provenant du bassin versant par classe d'occupation

Classe d'occupation	État naturel (estimé)	Apports en 1981 (Kg)	Apports pour la période 1999 - 2003 (Kg)	Bilan (Kg) (1981 et 2003)
<i>Forêt sur substrat sédimentaire</i>	111	96,6	56,6	- 40
<i>Zones improductives</i>	0	23,7	2,8	- 20,9
<i>Agriculture</i>	0	7,5	2,3	- 5,2
<i>Urbain</i>	0	22,5	66,1	+ 43,6
<i>Chalets sur fosses septiques</i>	0	51,5	22,9	- 28,6
<i>Chalets sur bio filtre</i>	0	0	22,5	+ 9,9
<i>Résidences permanentes sur fosses septiques</i>	0	37,8	35,3	- 2,5

<i>Résidences permanentes sur bio filtre</i>	0	0	35,3	+ 15,5
<i>Précipitations</i>	152	152	156	+ 4
TOTAL	264	391.6	400	-24,2
<i>Concentration modélisée ($\mu\text{g L}^{-1}$)</i>	4,7	6,9	7,2	- 0,6

**Le détail de ces données est placé à l'annexe 2*

Les apports théoriques en nutriments ont des valeurs très proches de celles de 1981. La perte d'une partie du bassin versant engendrait une baisse des apports mais l'augmentation du nombre de chalets et la conversion de certains de ces chalets en habitation permanente ont contribué à maintenir et même augmenter légèrement la charge en phosphore sur le lac. Selon les données provenant de la municipalité de Saints-Marthurs-Canadiens, environ 50% des habitations, permanentes ou secondaires possèdent un système de biofiltration à base de tourbe. L'efficacité de ces systèmes sur les matières en suspension, les coliformes fécaux et la DBO5 est reconnue comme très élevée. Leur efficacité sur la rétention du phosphore n'est par contre pas démontrée. Cela nous oblige à rester conservateur et leur attribuer une efficacité égale à celle des systèmes traditionnels de fosse septique et champ d'épuration soit une rétention de 25% des rejets de phosphore.

Par rapport à la situation naturelle estimée du lac, les apports (et la concentration) semblent avoir augmentés de manière non négligeable. Ceci nous montre un indice sur l'impact des aménagements humains sur l'équilibre trophique du lac Nicolet. Environ 136 des 400 Kg (34%) de phosphore se rendant au lac annuellement sont attribuables aux modifications humaines du territoire du bassin versant.

Discussion

Le lac Nicolet présente les caractéristiques d'un lac en bonne santé d'un point de vue physico-chimique. Par contre, son faible taux de renouvellement porte à croire qu'il serait sensible à davantage d'apports en nutriments. Le changement qui est survenu dans l'hydrologie du lac dans la partie nord du bassin versant a modifié la taille de l'aire de drainage nette de 27%, ce qui a pour conséquence faire passer le temps de renouvellement de 7,6 années à 10,4 années. En théorie, cette augmentation du temps de renouvellement renforce l'idée selon laquelle le lac est sensible aux apports supplémentaires en phosphore. En effet, cela laisse plus de temps aux nutriments pour se déposer et être retenus à l'intérieur du lac.

Les apports annuels en phosphore provenant des habitations ont augmenté. Cela est dû à une augmentation du nombre de personnes – année par la conversion de chalets en résidence permanente et par l'ajout de chalets. Par contre, une modification dans le réseau hydrographique retranche en principe une partie du bassin versant, ce qui diminue les apports en phosphore et ainsi porte le bilan niveau similaire à celui de 1981.

Critères du MENV sur les apports admissibles en phosphore

Selon le critère de qualité de l'eau des lacs en ce qui a trait au phosphore total, une augmentation maximale de 50% de la concentration naturelle est permise, jusqu'à une concentration maximale de 0,01 mg/L pour les lacs naturellement oligotrophes (pauvres) ou 0,02 mg/L pour les lacs mésotrophes. Pour les lacs réputés eutrophes (riches), le critère de 50% ne s'applique pas. L'objectif poursuivi derrière ce critère et le fait de travailler par classe trophique est de ne pas dégrader des environnements aquatiques au point de les faire changer de classe trophique. D'autre part, plus la concentration naturelle en phosphore est élevée, plus la tolérance est grande. En d'autres termes, les lacs oligotrophes sont les plus sensibles et les lacs eutrophes les moins sensibles. Ces

derniers peuvent recevoir d'avantage d'apports en nutriments sans que leur état ne change substantiellement.

Selon ces critères, le lac Nicolet aurait déjà dépassé la limite permmissible. Dans un contexte naturel (scénario hypothétique), le lac Nicolet devait recevoir une quantité semblable à 264 Kg de phosphore annuellement. La concentration moyenne annuelle à laquelle on devrait s'attendre dans un tel contexte est de $4,7 \mu\text{g L}^{-1}$ de phosphore. Si on applique le critère d'un maximum d'augmentation de 50% de la concentration naturelle, on ne devrait pas dépasser la valeur théorique de $7,05 \mu\text{g L}^{-1}$ de phosphore. Cette valeur seuil, qui doit être interprété seulement comme une approximation, est actuellement dépassée par la concentration théorique provenant de la modélisation et qui s'élève à $7,2 \mu\text{g L}^{-1}$ de phosphore.

Est-ce que la concentration en chlorophylle a que l'on interprète comme un signal d'approche de la classe mésotrophique est le résultat de l'atteinte ou du dépassement d'un seuil concernant les apports? Pour aider à répondre à cette question, des données anciennes sur la concentration en chlorophylle a seraient requises.

Conclusion

Le lac Nicolet est reconnu sensible aux apports en nutriments, et les apports n'ont pas diminué depuis les 20 dernières années mais plutôt augmenté. Les apports en phosphore attribuables à l'homme dépassent un seuil de concentration jugé acceptable par le Ministère de l'Environnement. Ces deux constats ne sont peut-être pas ou peu perceptibles actuellement à l'aide de nos sens mais certains indices portent à croire que l'on devrait être très prudents devant tout projet pouvant engendrer une augmentation des apports en phosphore.

Le lac Nicolet représente une richesse des Appalaches de plus en plus rare considérant sa taille et de la qualité de son eau. Ceci lui confère une valeur qui vaut la peine d'être reconnue et préservée. Cette valeur est fragile et peut être rapidement altérée. Par contre, récupérer les qualités perdues d'un lac est habituellement très long, très coûteux et parfois impossible.

Bibliographie

- ALAIN, Jacques, (1981) *Projet assainissement. Diagnose du Lac Nicolet*. Ministère de l'Environnement, Direction des inventaires et de la recherche.
- CHUM, M. (1997) *Lac Nicolet: Inventaire des sources de pollution par les sédiments et propositions d'interventions*. Étude réalisée par la firme *Pro Faune* pour l'Association des résidants du lac Nicolet.
- RECKHOW, K.H., BEAULAC, M.N., SIMPSON, J.T. (1980) *Modeling phosphorus loading and lake response under uncertainty: A Manual and Compilation of Export Coefficients*. EPA 440/5-80-011, Washington, 214 p.
- RYDING, S-O, RAST, W, 1994. *Le contrôle de l'eutrophisation des lacs et réservoirs*, Masson, Paris, 294 pages.

Annexe 1

Données sur l'occupation du sol et les apports en phosphore pour 1981 et 2003

Données de 1981¹²

Classe d'occupation	Coefficient d'exportation (Kg P/km ² an ⁻¹)	Superficie (Km ²)	%	Apport (T P an ⁻¹)
<i>Forêt sur substrat sédimentaire</i>	12	8,05	86,56	96,6
<i>Zones improductives</i>	25	0,95	10,22	23,7
<i>Agriculture</i>	50	0,15	1,62	7,5
<i>Urbain</i>	150	0,15	1,62	22,5
BILAN	-			150,4

Données de 1999 à 2003

Classe d'occupation	Coefficient d'exportation (Kg P/km ² an ⁻¹)	Superficie (Km ²) ¹³	%	Apport (T P an ⁻¹)
<i>Forêt sur substrat sédimentaire</i>	12	4,7	89,5	56,6
<i>Zones improductives</i>	25	0,008	0,1	2,8
<i>Agriculture</i>	50	0,09	1,0	2,3
<i>Urbain</i>	150	0,44	4,7	66,1
BILAN	-			127,8

¹² Source de données provenant du « Diagnostic du Lac Nicolet »

Données sur l'occupation humaine et les apports en phosphore

Classe d'occupation	1981	2003
<i>Nombre de chalets sans égouts</i>	128	113
<i>Nombre d'habitations permanente sans égouts</i>	66	45
<i>Apport provenant des habitations (Kg P/km² an-1)</i>	89.2	115

Tableau 6 - Apports 2003 provenant de la zone retirée du bassin versant

Classe d'occupation	Apport en phosphore (Kg)
<i>Forêt sur substrat sédimentaire</i>	19,3
<i>Agriculture</i>	15.3
<i>Urbain</i>	18.5