



**Geo<sup>3</sup>-Hydrogéologie - Département ArGENCo**

(Architecture, Géologie, Environnement & Constructions)

Université de Liège

Convention RW et SPGE – AQUAPOLE

Caractérisation hydrogéologique et support à la mise en œuvre de la Directive Européenne  
2000/60 sur les masses d'eau souterraine en Région Wallonne

**Rapport sur les essais de traçage dans le bassin du Néblon**

**Réalisés en août 2009**

<b>1. Introduction</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Contexte Hydrogéologique</b> .....	<b>5</b>
<b>3. Données antérieures au traçage</b> .....	<b>7</b>
3.1 Campagnes de terrain .....	7
3.2 Essais de traçage réalisés précédemment dans le bassin du Néblon.....	7
<b>4. Injection</b> .....	<b>9</b>
4.1 Rejet de la station d'épuration d'Ouffet .....	10
4.2 Rejet de Bende .....	13
4.3 Méandre du Néblon.....	14
<b>5. Echantillonnage</b> .....	<b>15</b>
5.1 Construction en Briques .....	15
5.2 Galerie Principale.....	16
5.3 Bouveau .....	17
5.4 Bois 1.....	17
5.5 Pavillon de jauge et Bois 2 .....	17
5.6 Peupliers.....	17
5.7 Galerie Communale .....	17
5.8 Galerie de Tinkou.....	17
5.9 Néblon Aval.....	18
<b>6. Réalisation de l'essai de traçage</b> .....	<b>19</b>
6.1 Injection au rejet de la station d'épuration d'Ouffet.....	19
6.2 Injection à la perte de Bende.....	19
6.3 Injection dans méandre du Néblon.....	20
<b>7. Résultats</b> .....	<b>21</b>
7.1 Restitution à la galerie de Tinkou .....	21
7.2 Restitution à la galerie Communale .....	22
7.3 Restitution à la galerie Principale.....	22
7.4 Restitution à la construction en briques.....	23
7.5 Néblon en aval des galeries.....	23
7.6 Echantillons manuels .....	23
<b>8. Conclusions</b> .....	<b>25</b>
<b>9. Bibliographie</b> .....	<b>26</b>



## 1. Introduction

Récemment, deux projets d'étude successifs se sont intéressés au bassin versant du Néblon. Premièrement, l'étude intitulée « Tests d'une méthode de cartographie de la vulnérabilité intrinsèque applicable aux nappes aquifères de la Région wallonne - Application à l'aquifère calcaire du Néblon » (convention RW – GeomaC, Hydrogéologie) a eu lieu de 2002 à 2004. Elle a été suivie par le projet Synclin'EAU ou « Projet de caractérisation hydrogéologique et de support à la mise en œuvre de la Directive Européenne 2000/60 sur les masses d'eau souterraine en Région Wallonne, RWM011, 012, 021, 022 et 023 » (Convention RW et SPGE – AQUAPÔLE), dont la partie « caractérisation » a débuté en novembre 2005 et s'est terminée en mars 2009.

De nombreuses campagnes de terrain ont été organisées sur les périodes d'activités de ces projets. L'interprétation des résultats permet d'avoir une vue d'ensemble du contexte hydrogéologique du bassin du Néblon. Toutefois, le fonctionnement du bassin, dans toute sa complexité, n'est pas entièrement déterminé. Parmi les questions auxquelles il serait bon de pouvoir répondre, il y a celles liées à certaines zones à risque du point de vue hydrogéologique (pertes, vallées sèches, ...) ou anthropiques (rejets, épandage de fumier, ...) et particulièrement les interactions entre ces points et les galeries de captage de la CILE.

Pour tenter de répondre à ces questions, des essais de traçage ont été réalisés à partir de trois points situés à la surface du bassin, sélectionnés sur base des données disponibles et des risques environnementaux identifiés. Les essais de traçage ont été réalisés en août 2008 dans le cadre du projet Synclin'Eau.

Ce rapport reprend tout d'abord le contexte hydrogéologique général du bassin du Néblon. Les données récoltées sur le terrain lors du projet Vulnérabilité et du projet Synclin'Eau sont brièvement décrites. Les essais de traçage réalisés précédemment dans le bassin sont passés en revue. Le choix et la description des points d'injections et des points d'échantillonnage sont détaillés et les étapes des injections sont ensuite décrites. Enfin, les résultats sont présentés et analysés.

## 2. Contexte Hydrogéologique

Le bassin du Néblon est situé à 25 kilomètres au Sud-Ouest de la ville de Liège. Il s'étend sur les communes d'Havelange, Somme-Leuze, Clavier, Durbuy, Ouffet et Hamoir. La superficie totale du bassin est de 75,7 km<sup>2</sup>, avec une extension longitudinale de 18,5 km et une extension latérale maximale de 7,5 km. Son exutoire se trouve à Hamoir sur la rive gauche de l'Ourthe (Figure 1).

Le bassin du Néblon est localisé dans la partie orientale du Synclinorium de Dinant. Cette entité géologique est constituée d'une alternance d'anticlinaux schisto-gréseux du Dévonien supérieur et de synclinaux calcaires carbonifères. Les anticlinaux gréseux n'affleurent pas dans la partie Nord du bassin où les synclinaux calcaires sont interconnectés. Au cœur des synclinaux, on retrouve localement les formations détritiques du Namurien.

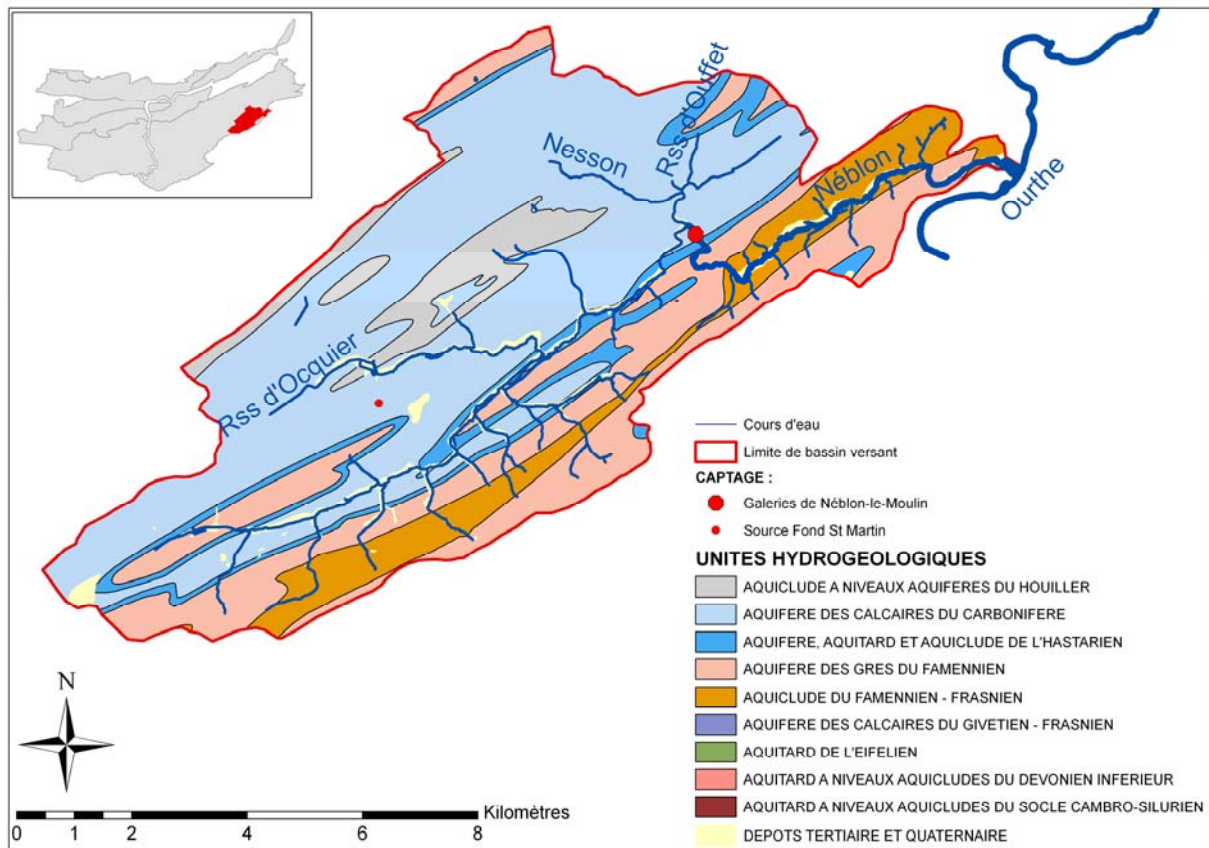


Figure 1 : Bassin du Néblon.

Le Néblon s'écoule en direction du Nord-Est sur les formations calcaires et schisteuses de l'Hastarien. Sur la rive droite du ruisseau, le réseau hydrographique est bien développé, en liaison avec un substratum schisto-gréseux peu perméables et des pentes importantes. De nombreuses sources émergent au niveau des formations du Famennien et alimentent les affluents du Néblon. Sur la rive gauche du ruisseau, l'aquifère calcaire est

drainé de manière diffuse. La partie occidentale de cette masse calcaire est drainée par le ruisseau d'Ocquier, seul ruisseau permanent du bassin s'écoulant sur substrat calcaire. Le ruisseau d'Ouffet est situé dans la partie orientale de la masse calcaire. Son vallon, orienté Nord-Sud, est totalement sec en période d'étiage. Les sources de Néblon-le Moulin constituent le principal exutoire de la nappe calcaire et sont captées par la CILE au moyen de galeries drainantes. Après avoir franchi le seuil hydrogéologique de Néblon-le-Moulin, le Néblon rejoint le centre de l'anticlinal grés-schisteux du Dévonien supérieur et s'écoule en direction de l'Ourthe.

Les nombreux phénomènes de connexion des eaux de surface avec les eaux souterraines ainsi que la présence de captages récoltant de grands volumes d'eau font du Néblon une zone extrêmement intéressante où toute donnée hydrogéologique est d'une importance première.

### 3. Données antérieures au traçage

#### 3.1 Campagnes de terrain

Les campagnes de terrain réalisés dans le cadre des projets Vulnérabilité et Synclin'Eau ont visé plusieurs objectifs, principalement obtenir une meilleure compréhension hydrogéologique et hydrogéochimique du bassin, des interactions entre les eaux des différents aquifères et entre les eaux souterraines et les eaux de surface, mais aussi évaluer l'impact possible de zones sujettes à des pollutions anthropiques et contribuer à la validation de l'évaluation de la vulnérabilité de l'aquifère.

Des réseaux de suivi quantitatif et qualitatif ont été définis dans le bassin du Néblon. Les points sélectionnés concernent tant des eaux de surface (rivière du Néblon, affluents, pertes) que des eaux souterraines (sources, résurgences, puits et galeries de la CILE).

Diverses mesures ont été réalisées sur le terrain :

- des mesures quantitatives nécessaires pour évaluer le bilan en eau du bassin : débit et niveau du ruisseau d'Ocquier, du ruisseau d'Ouffet et du Néblon à l'exutoire du bassin d'alimentation des galeries, estimation des débits soutirés aux galeries, ...;
- des mesures piézométriques régulières;
- des mesures in situ de différents paramètres physico-chimiques (température, conductivité électrique et pH) réalisées ponctuellement ou suivies par des sondes multi-paramètres fixes ;
- des prélèvements d'échantillons d'eau souterraine et d'eau de surface pour analyse des éléments majeurs en laboratoire ;
- des observations géologiques, hydrogéologiques et hydrologiques pour affiner les cartes existantes.

#### 3.2 Essais de traçage réalisés précédemment dans le bassin du Néblon

En 1986, Claudio Di Clemente et Serge Laurent réalisèrent deux traçages avec de la fluorescéine (analyse par charbon actif) à partir du chantoir Bois-de-Marsée et du ruisseau d'Oneu (dans le petit synclinal calcaire au Sud-Est du bassin). Des résultats du premier traçage, ils ont déduit l'existence d'un axe de drainage entre la perte du Bois-de-Marsée et le Néblon. Les résultats du traçage à partir de la perte d'Oneu leur ont permis de conclure que :

- la résurgence de cette perte est située au niveau du ruisseau de Séverin ;
- l'écoulement souterrain est dirigé vers le NE-SO, suivant l'envoyage du synclinal et se poursuit probablement vers l'Ouest, jusqu'au ruisseau de Borlon et au ruisseau des Guevelettes ;

- les eaux du Néblon sont court-circuitées en direction de la galerie de Tinkou, cette hypothèse étant renforcée par les résultats des analyses chimiques et par l'observation, en période de crue, de particules argileuses dans les eaux de la galerie. Toutefois, lors des campagnes 2002-2003, aucune corrélation n'a pu être établie entre les eaux du Néblon et les eaux de la galerie de Tinkou et il n'a pas été observé de particules argileuses.

Plusieurs essais ont été réalisés par Philippe Meus en 1993. Un traçage à partir du Bois de Marsée en période de crue hivernale a confirmé l'existence d'au moins un axe de circulation karstique au travers du synclinal calcaire. Le transfert des traceurs entre la perte et les galeries (notamment la galerie Communale) est relativement rapide, soit 73 m/h pour le lithium et plus encore pour la fluorescéine.

Des injections dans des ouvrages souterrains n'ont pas donné les résultats attendus, à cause de la forte hétérogénéité du milieu calcaire. Les traceurs injectés dans le P<sub>0</sub> et le P<sub>2</sub> (Figure 1) n'ont donné aucun résultat, ni du côté du Néblon ni du côté du synclinal d'Anthisnes (Meus, 1993). Pourtant, la présence d'un axe de circulation préférentiel à proximité du P<sub>2</sub> était supposée suite à une campagne de prospection géophysique et des essais de pompage réalisés après le forage qui ont donné des valeurs de transmissivité de  $10^{-5}$ - $10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s. Un pompage réalisé dans ce piézomètre trois mois après l'injection a permis la récupération de 3% de la masse injectée.

Le piézomètre P<sub>16</sub>, situé entre la perte du Bois de Marsée et les galeries de la CILE, semblait intéressant pour la réalisation d'un traçage, en vue d'obtenir plus de précision quant au positionnement du conduit karstique éventuel. Après avoir interprété les essais de pompage dans ce puits, David Gaule (1998) a renoncé à l'utiliser, car les valeurs de transmissivité étaient trop faibles ( $10^{-8}$ - $10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s). Il a par contre réalisé un traçage à partir du lit du Néblon, un peu en amont du méandre qu'il décrit avant d'arriver au droit des galeries de la CILE, mais il n'a pas pu tirer de conclusions judicieuses, les résultats étant susceptibles d'être faussés par une contamination des échantillons. Il émet quelques hypothèses qui devraient être confirmées, notamment qu'il n'y a pas de communication bien développée entre les eaux des galeries en rive droite et en rive gauche.



## 4. Injection

Le bassin du Néblon en amont des captages de Moulin présente de nombreuses possibilités d'injections. Selon leur situation, leur interaction avec les eaux souterraines, les points suivants sont les plus intéressants :

- les pertes ou les zones d'infiltration diffuse qui se trouvent dans le bassin (Bois-de-Marsée, Ombre, Oneu, Ocquier, Ouffet, Bende, Champ Mahay, Renale) ;
- les vallées sèches qui indiqueraient la présence d'un axe d'écoulement souterrain préférentiel ;
- les eaux de surface (plus exposées à des pollutions), afin de vérifier s'il y a une connexion avec les eaux souterraines.

Parmi ces points, une sélection a été faite, tenant compte de leur intérêt vis-à-vis des galeries de la CILE et des facilités expérimentales disponibles pour réaliser les essais :

- la vallée du ruisseau d'Ouffet en aval de la STEP,
- la zone d'infiltration diffuse de Bende,
- le méandre du Néblon au niveau de l'étang de la Notre Dame.

Une description de ces points d'injection est fournie par la suite avec, à chaque fois, un résumé du contexte hydrogéologique, l'occupation du sol et quelques mesures et analyses physico-chimiques.

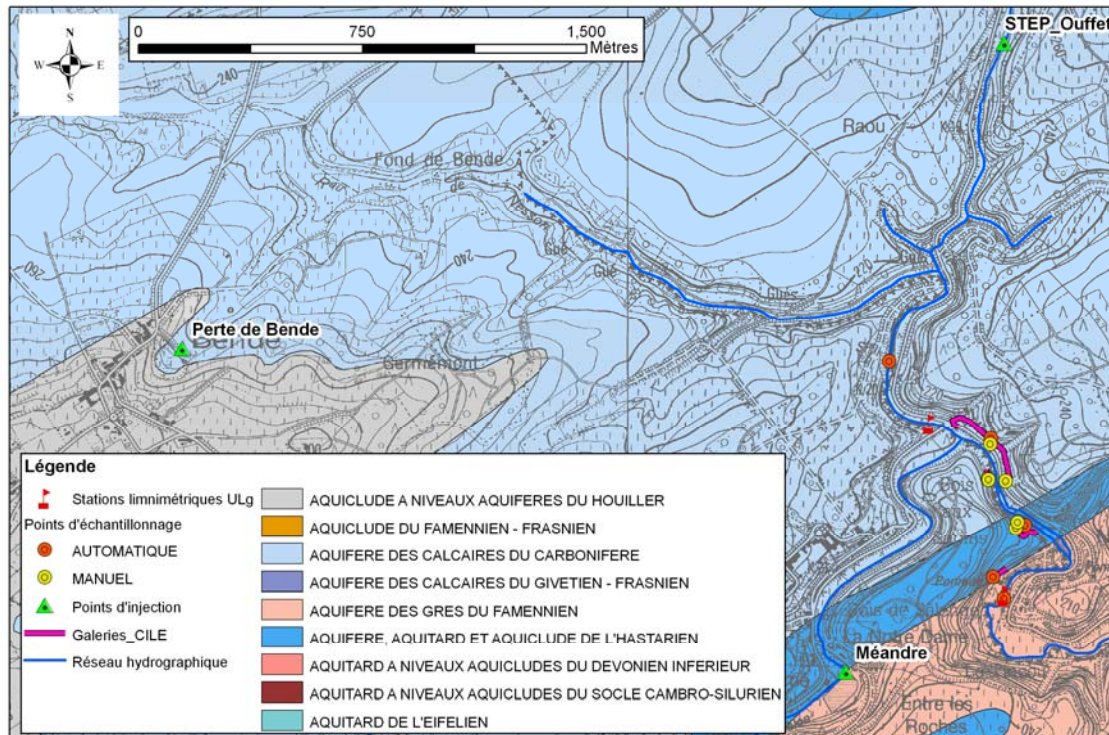


Figure 2 : Localisation des essais de traçage.

#### 4.1 Rejet de la station d'épuration d'Ouffet

La station d'épuration est implantée dans le vallon du ruisseau d'Ouffet, à la sortie du village. Les eaux provenant du lagunage de la station sont rejetées dans le ruisseau d'Ouffet. Grâce au traitement tertiaire, elles sont relativement pauvres en nitrates (médiane de 19,8 mg/l). Cependant, elles sont caractérisées par une conductivité électrique importante (médiane de 1025  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 25°C), signe d'une grande quantité d'ions en solution. Bien que répondant aux normes en vigueur, les eaux sortant de la station d'épuration contiennent encore de fortes concentrations en potassium, chlorures, sulfates et phosphates, indicateurs d'une influence anthropique. Ces ions sont présents en concentrations largement supérieures aux médianes caractérisant les eaux de l'aquifère calcaire de la région.

Le ruisseau d'Ouffet est le dernier affluent du Néblon avant le site des captages à Néblon-le-Moulin. Le cours d'eau débute sur une tige gréseuse du Famennien au Sud Ouest d'Ouffet. Son vallon, orienté Nord-Sud se prolonge dans les calcaires de l'Hastarien et enfin dans les calcaires du Carbonifère. La station d'épuration se situe peu après que le ruisseau commence à couler sur les calcaires carbonifères. En amont de la station, le sol est occupé par des pâturages alors qu'en aval, la forêt recouvre la quasi-totalité des flancs du vallon.



Photo 1 : Rejet de la station d'épuration d'Ouffet

En période sèche, malgré les rejets de la station d'épuration, le ruisseau d'Ouffet présente un tronçon sec sur quelques centaines de mètres à l'aval de la STEP. Les eaux sortant de la STEP s'infiltrèrent donc dans le sous-sol. Plus à l'aval, non loin de la vallée sèche

du Nesson, une zone de sources, dite « zone des sources du Nesson », alimente le ruisseau d'Ouffet. Celui-ci retrouve suite à cet apport un caractère permanent.

La figure 3 représente l'évolution de la conductivité et de la température le long du ruisseau d'Ouffet, depuis la sortie de la station d'épuration d'Ouffet jusqu'à la confluence avec le Néblon à Jenneret. Les figures 4 et 5 illustrent respectivement l'évolution des anions et des cations d'amont en aval. De ces graphiques, il ressort clairement que l'apport de la source a un effet de dilution non négligeable sur les eaux du ruisseau. On observe nettement une chute de la conductivité ainsi que des teneurs en sulfates, chlorures, ammonium, potassium, sodium et phosphates. Par contre, les teneurs en calcium, magnésium, bicarbonates et nitrates augmentent.

Sur base des résultats des analyses chimiques, on peut avancer l'hypothèse que l'eau de cette source provient vraisemblablement des roches calcaires. En effet, la conductivité et les teneurs en éléments majeurs de cette eau sont semblables aux valeurs mesurées généralement dans les eaux issues des aquifères calcaires de la région. Par contre, l'eau de la source présente des teneurs plus élevées en nitrates, supérieures à 32 mg/l. On peut donc en déduire que les sources du Nesson ne sont pas alimentées par les eaux du tronçon supérieur du ruisseau d'Ouffet qui s'infiltrent dans le sous-sol car la station d'épuration d'Ouffet est équipée d'un système de traitement tertiaire réduisant la concentration en nitrate de l'eau.

Le but de l'essai de traçage réalisé à partir du tronçon amont du ruisseau d'Ouffet est de mettre en évidence le chemin emprunté par les eaux qui s'infiltrent dans cette zone. Il est possible que ce secteur du bassin alimente la galerie Principale. Dans le cadre du projet Synclin'Eau, le traçage a été réalisé en période de récession, quand toute l'eau libérée par la STEP alimente le calcaire et que le ruisseau est sec sur une partie de son cours. Il pourrait s'avérer intéressant de répéter ce traçage en période de réalimentation des nappes, quand le cours du ruisseau d'Ouffet est entièrement actif.

Ruisseau d'Ouffet : évolution amont-aval de T et K25 (juin 2003)

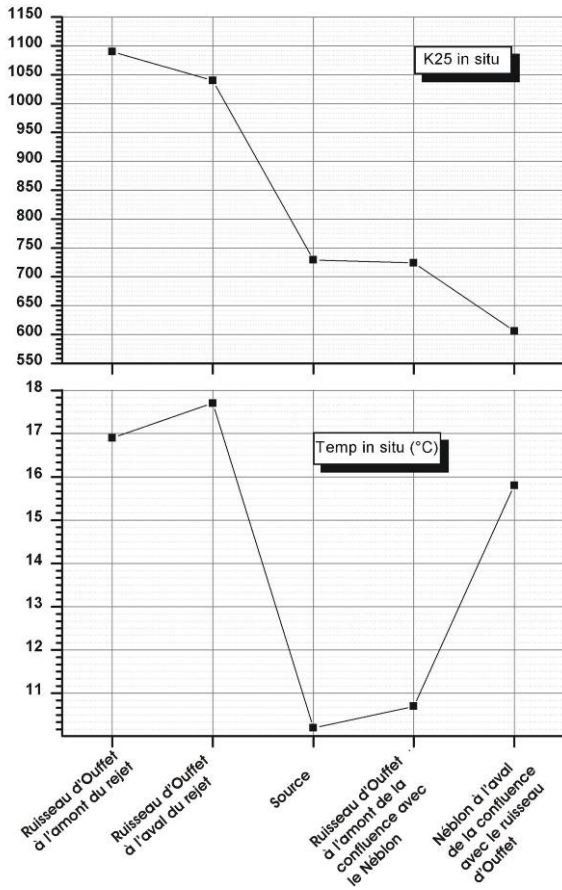


Figure 3 : Evolution amont-aval des T et K25 dans le ruisseau d'Ouffet (juin 2003).

Ruisseau d'Ouffet : évolution amont-aval des anions (juin 2003)

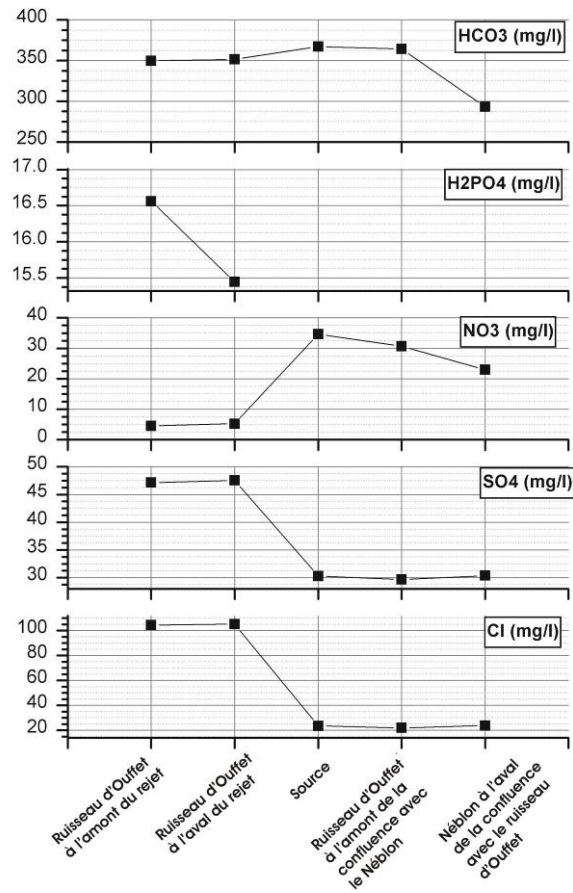


Figure 4 : Evolution amont-aval des anions dans le ruisseau d'Ouffet (juin 2003).

Ruisseau d'Ouffet : évolution amont-aval des cations (juin 2003)

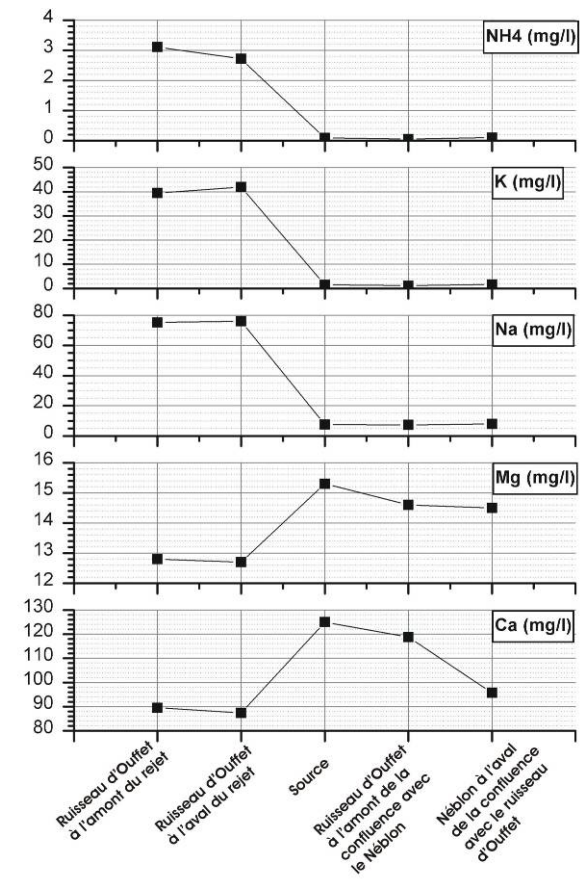


Figure 5 : Evolution amont-aval des cations dans le ruisseau d'Ouffet (juin 2003).

## 4.2 Rejet de Bende

Ce rejet se trouve à la sortie du village de Bende, le long de la route Bende-Warzée (Figure 2). Le substratum est constitué de roches du Houiller inférieur. A l'aval du rejet, s'étend une zone d'infiltration diffuse dans les calcaires du Viséen, en pente douce vers le ruisseau du Nesson. Elle est recouverte en surface d'une large zone de pâturages. Le ruisseau du Nesson doit plutôt être considéré comme une vallée sèche, à tout le moins comme un ruisseau à écoulement temporaire, actif seulement en périodes de fortes pluies. Le ruisseau du Nesson est un affluent du ruisseau d'Ouffet. La confluence se trouve au droit du tronçon du ruisseau d'Ouffet qui est sec en période de basses eaux.



**Photo 2 : Zone d'infiltration diffuse de Bende**

Les résultats des analyses chimiques des eaux prélevées au rejet de Bende montrent des teneurs très élevées en éléments indicateurs d'une influence anthropique : sodium, potassium, chlorures, sulfates, phosphates et composés azotés. L'hypothèse d'une contamination sévère de l'aquifère calcaire au départ du rejet de Bende doit être considérée. Dans ce cas, la connaissance des interactions de la zone d'infiltration avec la nappe jusqu'à son exutoire constitué par les galeries de captage est primordiale. En outre, comme mentionné précédemment, l'eau émergant de la zone des sources du Nesson présente des concentrations élevées en nitrates. Ceci pourrait indiquer l'existence d'une connexion entre la zone d'infiltration diffuse de Bende et la zone des sources du Nesson. L'injection réalisée à ce point devrait permettre de préciser ces hypothèses.

### 4.3 Méandre du Néblon

Directement à l'aval de l'étang de la Notre Dame, le Néblon présente un méandre à angle droit. Suite à ce changement d'orientation, le ruisseau recoupe transversalement les formations géologiques de l'Hastarien.



Photo 3 : Méandre du lieu dit « La Notre Dame »

Des jaugeages successifs ont permis de mettre en évidence un tronçon particulièrement perdant du ruisseau au droit des calcaires d'Hastière (Figure 6). En effet, le débit diminue de plus de 50 l/s en une centaine de mètres. Un flux d'eau non négligeable quitte donc le Néblon en direction de la nappe calcaire. Or, cette nappe est exploitée 600 mètres à l'aval par la galerie Tinkou. Dès lors, il s'avère primordial de caractériser les écoulements souterrains en liaison avec les eaux du Néblon.

Afin de prouver la connexion supposée entre le ruisseau et la galerie, un essai de traçage a été réalisé dans la berge du Néblon. David Gaulle (1998) avait déjà tenté de mettre en évidence ce lien probable en injectant le traceur directement dans le lit du ruisseau mais cet essai n'avait pu être correctement interprété.

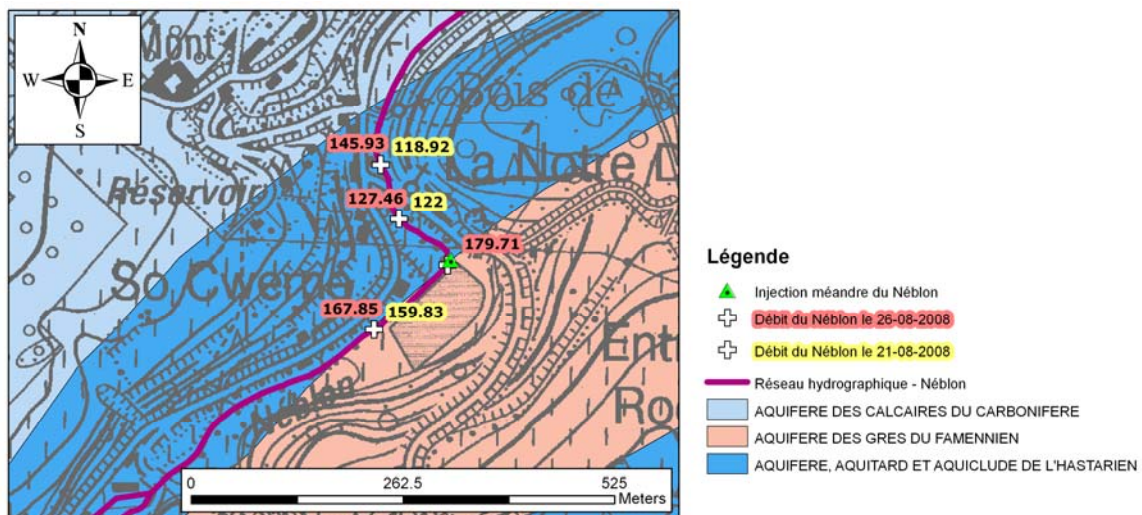


Figure 6 : Débit du Néblon autour du méandre du lieu dit « La Notre Dame » [l/s].

## 5. Échantillonnage

Les points d'échantillonnage ont été choisis en fonction des directions d'écoulement des eaux souterraines et placés aux exutoires supposés des aquifères calcaires.

Cinq échantillonneurs automatiques, d'une capacité de 24 bouteilles, ont été installés aux endroits les plus intégrateurs de la zone. Le pas de temps de prélèvement varie au cours du suivi, soit 1 heure les 4 premiers jours, 2 heures les 4 jours suivants, 4 heures les 7 suivants, puis 6 heures et enfin 14 heures jusqu'à la fin de la campagne d'échantillonnage.

Des échantillonnages manuels ont été réalisés en quatre endroits durant toute la campagne afin de contrôler l'arrivée de traceurs à des exutoires secondaires de la nappe où la mise en place d'un échantillonneur était impossible. De plus, un échantillonnage manuel a été réalisé dans le ruisseau du Néblon et dans le ruisseau d'Ouffet les jours où ont eu lieu les injections.



**Photo 4 : Échantillonnage automatique et manuel**

L'emplacement de chaque point d'échantillonnage est justifié ci-dessous de l'amont à l'aval. La localisation de chacun de ces points est reprise ci-dessous (Figure 7).

### 5.1 Construction en Briques

Un échantillonneur automatique est installé au niveau d'une ancienne construction en briques. Il prélève l'eau provenant de la principale source alimentant le ruisseau d'Ouffet. Cette source a un débit faible, toutefois, à l'aval de celle-ci le ruisseau est pérenne. La source de la Construction en Brique draine la nappe des calcaires carbonifères présente à l'Est. Une liaison entre cette source et la perte de Bende est probable.

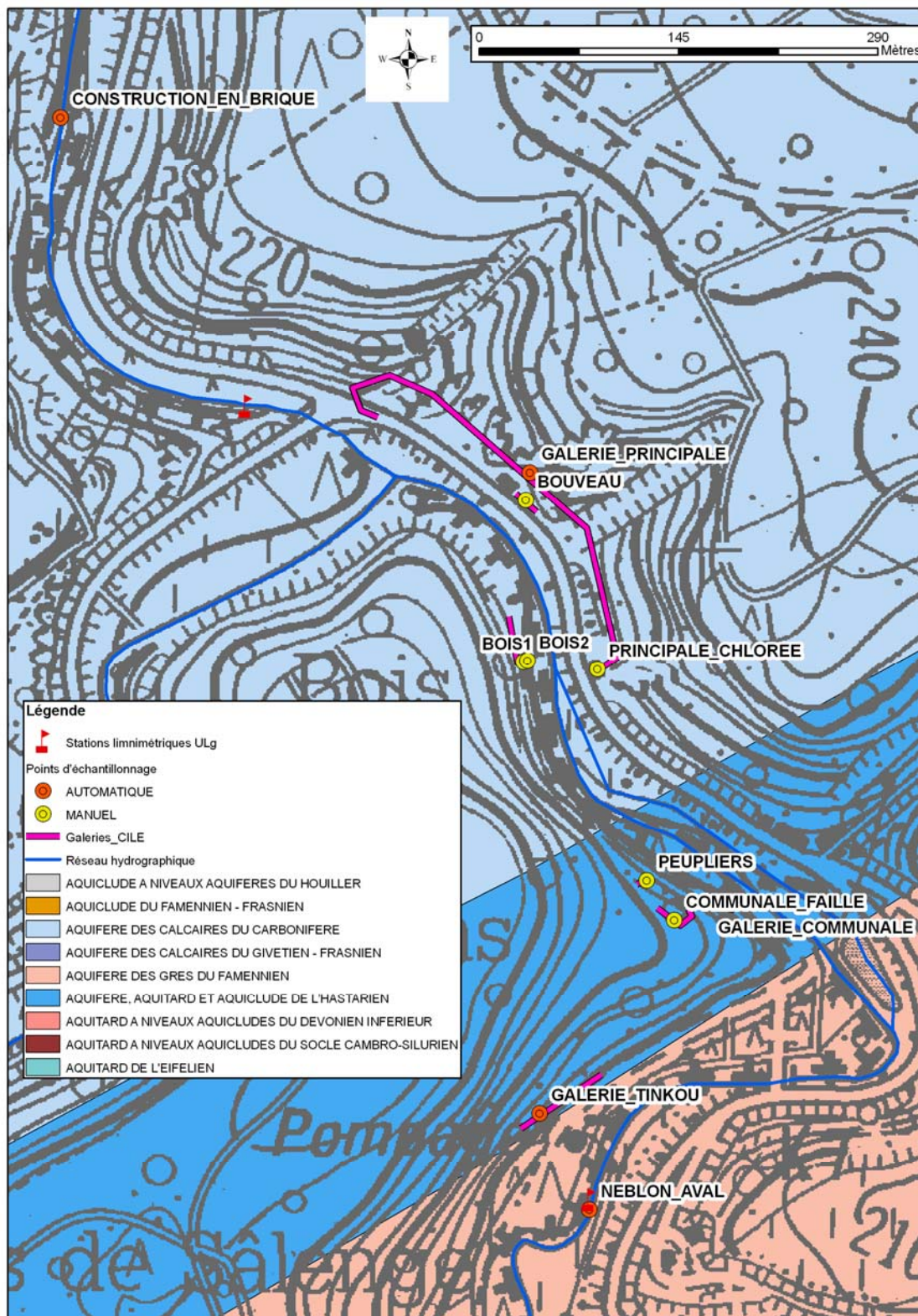


Figure 7 : Localisation des points d'échantillonnage

## 5.2 Galerie Principale

La Galerie Principale est la galerie la plus importante du site de captage de Néblon-le-Moulin. Elle est située en rive gauche du Néblon et en aval de la confluence avec le ruisseau d'Ouffet. L'échantillonneur automatique placé dans la galerie se situe au niveau de l'entrée



« Bouveau », approximativement à mi-parcours de la galerie. La chloration de l'eau de cette galerie a lieu environ 1 mètre à l'aval du point d'échantillonnage.

### **5.3 Bouveau**

La source du Bouveau a un débit d'environ 1000 m<sup>3</sup> par jour. L'origine de l'eau alimentant la source n'est pas clairement définie. Elle a fait l'objet d'un échantillonnage manuel car la mise en place d'un échantillonneur automatique n'était techniquement pas possible à cet endroit.

### **5.4 Bois 1**

La source du Bois 1 se situe dans en rive droite du Néblon. Elle draine la colline du Bois aux Sapins délimitée par le méandre du Néblon. Cette source a fait l'objet d'un échantillonnage manuel.

### **5.5 Pavillon de jauge et Bois 2**

Un échantillon manuel a été prélevé dans le pavillon de jauge lors de chaque tournée d'échantillonnage. Il s'agit d'un bassin récoltant les eaux de la galerie principale et de la source du Bois 2. L'eau provenant de la galerie principale a déjà subi une chloration. Ce point de prélèvement a été choisi afin de collecter non seulement les eaux de la source du Bois 2 mais aussi les venues d'eau de la galerie Principale situées en aval de l'échantillonneur automatique.

### **5.6 Peupliers**

La source des Peupliers est une petite source exploitée en rive droite du Néblon. Elle a été échantillonnée manuellement durant l'essai de traçage. Toutefois, son accès malaisé n'a pas permis la collecte d'un échantillon à chaque tournée d'échantillonnage.

### **5.7 Galerie Communale**

La galerie communale est le deuxième captage le plus important en terme de débit à Néblon-le-Moulin. Elle draine les eaux provenant de la nappe des calcaires de l'Hastarien. L'échantillonneur automatique est installé au niveau de l'accès à la galerie. La galerie est notamment recoupée par une faille agissant comme drain de la nappe à cet endroit. Cette faille est clairement visible dans la galerie et a fait l'objet de quelques prises manuelles d'échantillons.

### **5.8 Galerie de Tinkou**

La galerie de Tinkou est le captage situé le plus en aval par rapport au Néblon. Cette galerie rectiligne draine les calcaires d'Hastièrre du flanc Sud-Est de la colline du Bois aux

Sapins. Un échantillonneur automatique prélève les eaux à la sortie de la galerie. Une connexion est probable avec le tronçon perdant du Néblon à hauteur de La Notre Dame.

### **5.9 Néblon Aval**

Un dernier point d'échantillonnage a été choisi à l'aval du système hydrogéologique de Néblon-le-Moulin. Il se situe 300 mètres après que le Néblon soit passé sur les grès du Famennien. Le choix de cette station a été posé pour permettre l'échantillonnage des nombreuses sources et zones d'alimentation diffuse présentes dans le lit du Néblon.

## 6. Réalisation de l'essai de traçage

Les injections ont été réalisées les 28 et 29 août 2008. L'utilisation de traceurs fluorescents a été privilégiée vu leur limite de détection relativement basse.

### 6.1 Injection au rejet de la station d'épuration d'Ouffet

L'injection au niveau du rejet de la station d'épuration d'Ouffet a eu lieu le 28 août 2008. La Sulforhodamine B (1 Kg) a été diluée dans une cuve de 225 litres d'eau. L'injection a été réalisée à l'aide d'une pompe à un débit moyen de 36 l/h. L'injection a débuté à 11h15 et s'est terminée à 17h30. Le mélange est injecté directement dans l'eau de surface juste en aval du rejet de la station d'épuration.



Photo 5 : Injection au rejet de la STEP d'Ouffet

### 6.2 Injection à la perte de Bende

L'injection au niveau de la perte de Bende a également eu lieu le 28 août 2008. Deux cuves de 200 litres ont reçu chacune 5 kg de Naphtionate. Après mélange, les cuves sont vidées l'une après l'autre. La première est injectée de 15h55 à 16h25 et la deuxième de 16h15 à 16h35.



**Photo 6 : Injection à la perte de Bende**

### **6.3 Injection dans méandre du Néblon**

L'injection dans le méandre du Néblon a eu lieu le 29 août 2008. Elle commence par le creusement à la tarière dans la berge en rive droite de 6 trous d'environ 5 cm de diamètre et d'une profondeur d'un mètre. Dans chaque trou est placé un tuyau. Le traceur est injecté dans les six trous en même temps. Au total, 1 Kg de Fluorescéine diluée à 80 litres d'eau a été injectée entre 11h40 et 12h40. L'injection s'est faite par à coups, les trous se remplissant relativement vite. Une chasse a suivi cette injection de 13h40 à 14h35.



**Photo 7 : Injection dans le méandre du Néblon**

## 7. Résultats

Les analyses des fluorescents ont été réalisées par European Water Tracing Services sprl à l'aide d'un spectromètre à fluorescence.

Les résultats de l'analyse des échantillons prélevés sont présentés aux annexes 1 à 10. Comme aucune restitution particulière de traceur n'a pu être observée, ces résultats sont donnés en intensité de fluorescence. La conversion en une concentration de traceur n'a pas été effectuée.

### 7.1 Restitution à la galerie de Tinkou

A la galerie de Tinkou, une arrivée de Fluorescéine était attendue afin de vérifier l'hypothèse d'une connexion hydraulique avec la portion perdante du Néblon au niveau de l'étang de la Notre Dame. Aucune restitution en Fluorescéine n'a été observée soit parce qu'une telle connexion hydraulique est inexistante, soit en raison d'une quantité trop faible de traceur injectée. Cette dernière explication semble d'avantage plausible d'autant qu'une grande quantité de traceur a quitté la berge dans laquelle il a été injecté pour rejoindre directement le ruisseau (Photo 8). De plus, le traceur ayant été injecté dans la zone non saturée, le temps de parcours jusqu'au point de restitution est fortement allongé, ce qui favorise la dispersion et laisse d'avantage de temps à la dégradation. Une quantité notable de Fluorescéine a été repérée dans le Néblon, à l'échantillonneur placé à l'aval des galeries environ 5 heures après l'injection dans la berge du méandre. Des relargage de traceur dans la rivière et depuis la berge ont également été observés lors de périodes de crues dans le Néblon.



**Photo 8 : Largage de traceur depuis la zone d'injection dans le Néblon**

## 7.2 Restitution à la galerie Communale

Seuls quelques pics apparaissent pour le couple de longueurs d'ondes 320/415 nm, correspondant au Naphtionate, environ 69 jours après l'injection. Ces pics ne peuvent pas être interprétés comme une arrivée de traceur pour deux raisons. La première est que la zone d'infiltration diffuse de Bende où a été réalisée l'injection de Naphtionate est séparée de la galerie Communale par le Néblon, sensé drainer la nappe et constituer une barrière hydrogéologique. Il est donc peu probable que le traceur ait franchi cette limite. La seconde raison découle de l'examen des mesures de fluorescence des couples de longueurs d'ondes 275/370, 295/390 et 400/495 nm correspondant à la signature de la matière organique en suspension dans l'eau. Ces couples de longueurs d'ondes présentent des pics synchrones avec ceux du couple du Naphtionate. Les pics observés pour le couple 320/415 nm sont donc dus à la présence de matière organique en suspension dans l'eau. Cela est vraisemblable car l'eau de galerie Communale montre une augmentation de turbidité lors d'événements pluvieux importants (Popescu *et al.*, 2003).

Un pic est observé pour le couple de longueur d'onde 491/511 nm, correspondant à la Fluorescéine, 16 jours après l'injection. Toutefois, la valeur au pic est à peine supérieure au double de la valeur observée pour l'échantillon blanc prélevé avant injection.

Aucune arrivée de traceur ne peut être confirmée à la galerie Communale.

## 7.3 Restitution à la galerie Principale

Seuls quelques pics apparaissent pour le couple de longueurs d'ondes 320/415 nm, correspondant au Naphtionate, environ 69 jours après l'injection. Ces pics ne peuvent pas être interprétés comme une arrivée de traceur pour deux raisons. La première est que la zone d'infiltration diffuse de Bende où a été réalisée l'injection de Naphtionate est séparée de la galerie Communale par le Néblon et par le ruisseau d'Ouffet, sensés drainer la nappe et constituer une barrière hydrogéologique. Il est donc peu probable que le traceur ait franchi cette limite. La seconde raison découle de l'examen des mesures de fluorescence des couples de longueurs d'ondes 275/370, 295/390 et 400/495 nm correspondant à la signature de la matière organique en suspension dans l'eau. Ces couples de longueur d'onde présentent des pics synchrones avec ceux du couple du Naphtionate. Les pics observés pour le couple 320/415 nm sont donc dus à la présence de matière organique.

Aucune arrivée de traceur ne peut être affirmée à la galerie Principale.

#### 7.4 **Restitution à la construction en briques**

Seuls quelques pics isolés apparaissent pour le couple de longueurs d'ondes 320/415 nm, correspondant au Naphtionate. Ces pics ne sont pas marqueurs d'une arrivée de traceur car les couples de longueurs d'ondes 275/370, 295/390 et 400/495 nm correspondant à la signature de la matière organique en suspension dans l'eau présentent des pics synchrones avec ceux du couple du Naphtionate. Les pics observés pour le couple 320/215 nm ne sont donc pas dus à une arrivée de traceur mais à une plus grande quantité de matière organique dans l'échantillon analysé.

Aucune arrivée de Suflorhodamine B n'est détectée et les seuls pics observés pour le couple 491/511 nm ne peuvent pas être attribué à la Fluorescéine car cette dernière a été injectée en aval hydrologique de la construction en briques.

#### 7.5 **Néblon en aval des galeries**

Seuls quelques pics apparaissent pour le couple de longueurs d'ondes 320/415 nm, correspondant au Naphtionate. Ces pics ne sont pas marqueurs d'une arrivée de traceur car les couples de longueurs d'ondes 275/370, 295/390 et 400/495 nm correspondant à la signature de la matière organique en suspension dans l'eau présentent des pics synchrones avec ceux du couple du Naphtionate. Les pics observés pour le couple 320/215 nm ne sont donc pas dus à une arrivée de traceur mais à une plus grande quantité de matière organique dans l'échantillon analysé. De plus l'allure de ses pics évoque la forme des hydrogrammes de crues, période pendant laquelle la charge des cours d'eau en matière organique augmente significativement. Ces pics sont d'ailleurs synchrones avec les crues observées dans le Néblon.

Aucune arrivée de Suflorhodamine B n'est détectée.

Un pic est observés pour le couple 491/511 nm correspondant à la Fluorescéine environ 5 heures après l'injection dans le méandre. Il correspond à la quantité de traceur qui a quitté la berge pour rejoindre directement le ruisseau (Photo 8).

#### 7.6 **Echantillons manuels**

Aucune arrivée de traceur ne peut être établie sur base des résultats obtenus aux différents points d'échantillonnage manuel.

Les pics observés pour le couples 320/415 nm correspondent à une plus grande quantité de matière organique dans l'eau et non à l'arrivée de Naphtionate puisqu'ils sont synchrones avec les pics des couples de longueurs d'ondes 275/370, 295/390 et 400/495 nm.

Aucun pic significatif n'est observé ni pour l'Uranine ni pour la Sulforhodamine B. Le seul pic significatif observé pour la Fluorescéine au captage du Bouveau 8 heures après

l'injection est dû à une contamination de l'échantillon par le préleveur qui fut en contact avec le traceur lors de l'injection.



## 8. Conclusions

Un essai de traçage a été réalisé les 28 et 29 août 2008 aux alentours des galeries de captage du Néblon. Trois injections de traceurs, Fluorescéine, Naphtionate et Suflorhodamine ont été réalisées respectivement dans le méandre du Néblon au niveau des étangs de la Notre Dame, dans la zone d'infiltration diffuse de Bende et à l'aval de la station d'épuration d'Ouffet. Elles avaient comme objectifs de vérifier la connexion hydrogéologique entre ces zones d'infiltration d'eau de surface et les sources localisées en aval en ce comprises les galeries de captage.

Aucune restitution de traceur n'a pu être détectée. Ni aux cinq points d'échantillonnage équipés d'échantillonneurs automatiques, ni aux cinq points de prélèvement manuel d'échantillons.

Deux hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ce résultat. La première, peu vraisemblable est que les points qui ont servi à l'injection ne sont pas hydrogéologiquement connectés aux points d'échantillonnage. La deuxième, d'avantage plausible, est que la quantité de traceur injectée ait été insuffisante au vu des débits importants mis en jeu dans le contexte hydrogéologique des galeries de captage du Néblon.

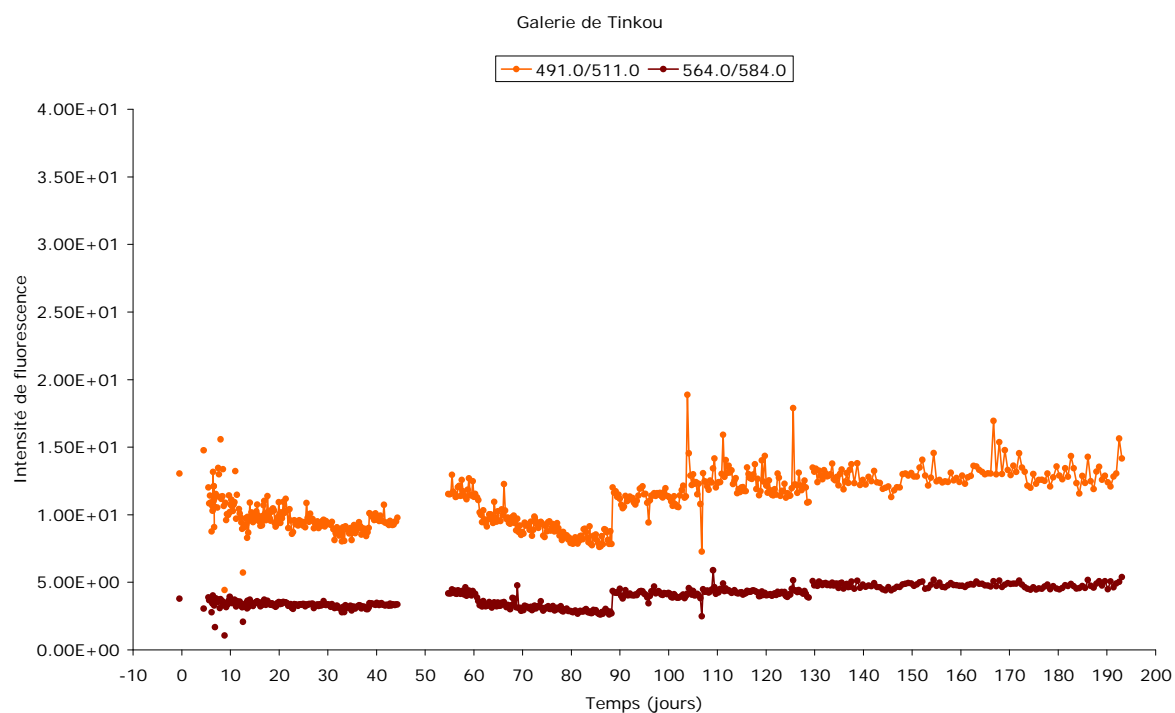
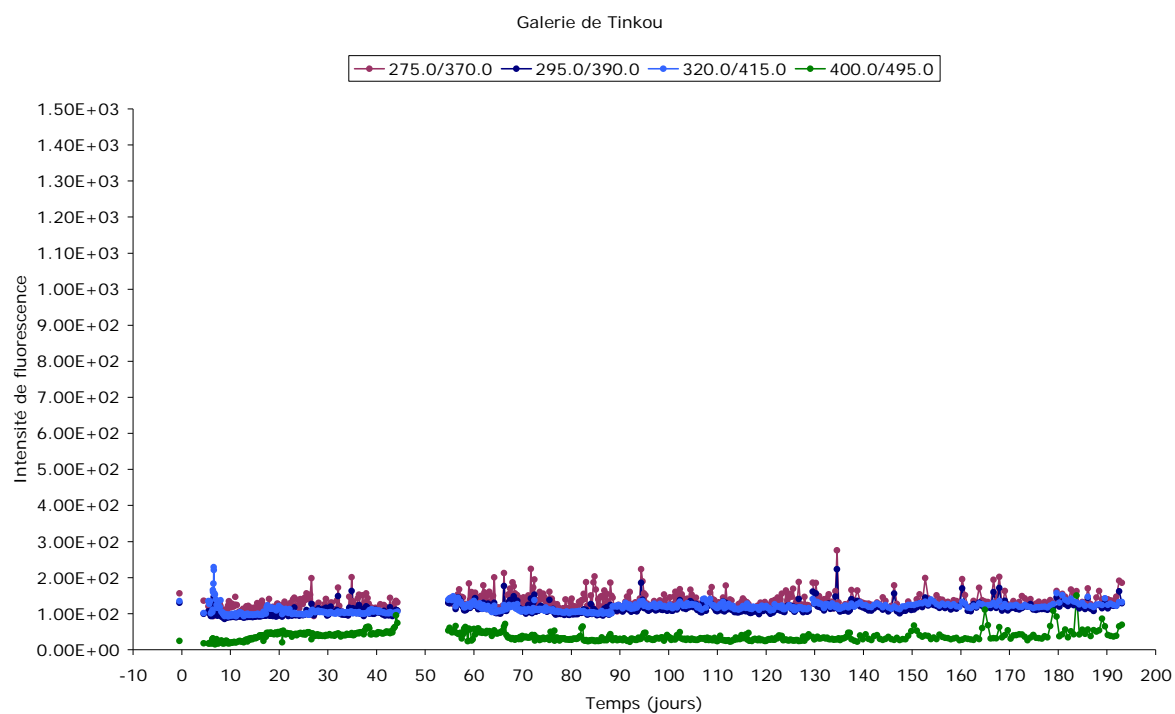
## 9. Bibliographie

- Di Clemente, C., Laurent, S., (1986) Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin du Néblon, Travail de fin d'études, LGIH-Université de Liège, Belgique
- Dreze, M., (1997) Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin versant du Néblon, Travail de fin d'études, LGIH-Université de Liège, Belgique
- Meus, Ph., (1993) Hydrogéologie d'un aquifère karstique du calcaire carbonifère en Belgique (Néblon - Anthisnes). Apport des traçages à la connaissance des milieux fissurés et karstifiés. Thèse de doctorat, LGIH-Université de Liège, Belgique
- Dassargues, A., Meus, Ph., Biver, P., Loy, W., (1995) National report of Belgium, COST65 Hydrogeological aspects of groundwater protection in karstic areas, [en anglais], European Commission, Report EUR 16547 EN, 37-63
- Hallet, V., Peters, V., Rothy, I., Gogu, R.C., (2000) Carte hydrogéologique de Modave – Clavier (prototype), scale 1: 25,000, LGIH-Université de Liège, Belgique
- Hodiaumont, A., Cantillana, R., Compère, J.M., (1999) Les eaux souterraines de la CILE. Contexte, captage et qualité, Tribune de l'eau N<sup>os</sup> 600-601/4-5 Juillet/Août & Sept./Oct.1999
- Monjoie, A., (1984) Les réserves aquifères dans les régions karstiques – Le karst Belge, Karstphänomene in Nordrhein – Westfalen, Kölner geographische arbeiten, Heft 45, Geographisches Institut der Universität zu Köln imSelbstverlag, Germany, 143-149
- Popescu, I.C., Dachy, M., Brouyère, S., Dassargues, A., (2003) Tests d'une méthode de cartographie de la vulnérabilité intrinsèque applicable aux nappes aquifères de la Région Wallonne. Application à l'aquifère calcaire du Néblon, Rapport d'activité n°4
- Rapport CILE - LGIH - INIEX, (1986) Etude hydrogéologique du bassin versant du Néblon. LGIH-Université de Liège, Belgique
- Rapport LGIH - RW 892 (1989) Aquifère gréseux. Zone prototype. Rapport final. Monjoie, A., Di Clemente, C., Laurent, S., Zeimet, M., Cajot, O., LGIH-Université de Liège, Belgique
- Rapport LGIH - CILE 952 (1995 a) Etude des zones de protection des captages de la CILE, Phase 1, Galeries captantes de Néblon, Derouane, J., Dassargues, A., Monjoie, A., LGIH-Université de Liège, Belgique
- Rapport LGIH - CILE 953 (1995 b) Captage de Néblon II à Ama – Ocquier, Etude géophysique et hydrogéologique, Cajot, O., Monjoie, A., LGIH-Université de Liège, Belgique
- Rapport LGIH - AIEC 971 (1997 b) Intercommunale des Eaux du Condroz, Site de Havelange, Forages des puits et pompages d'essai, Monjoie, A., LGIH-Université de Liège, Belgique.

## Annexe 1 : Restitution à la galerie de Tinkou

Intensité de fluorescence pour les couples de longueurs d'ondes.

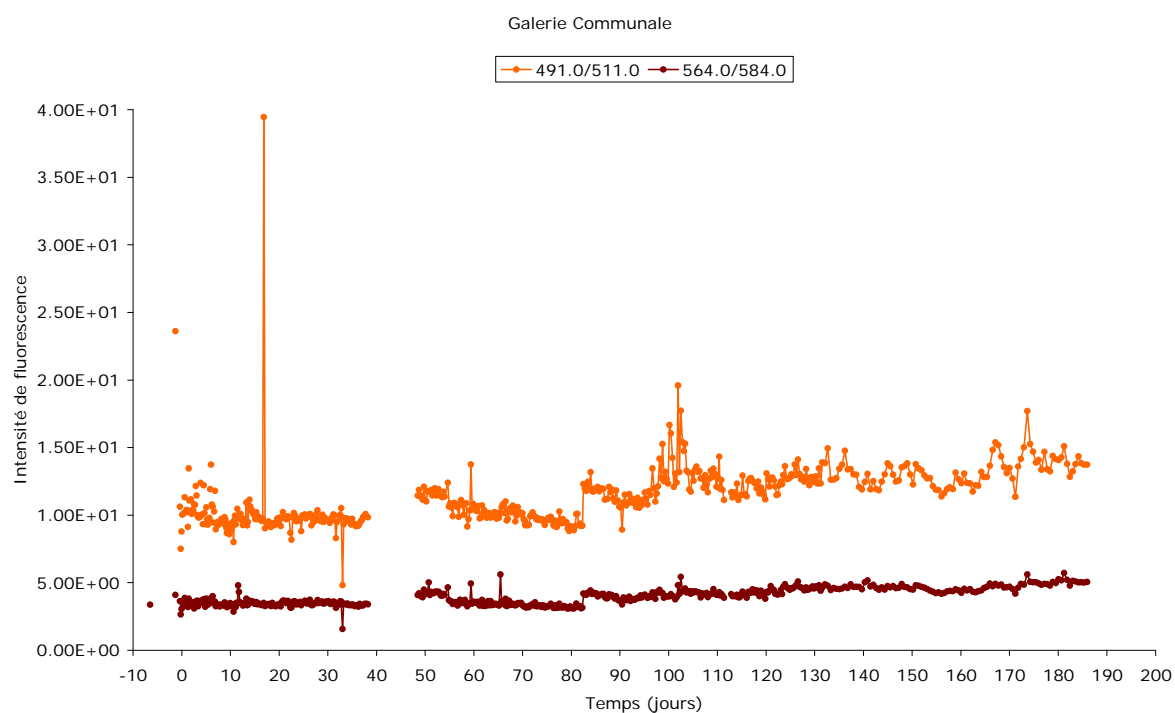
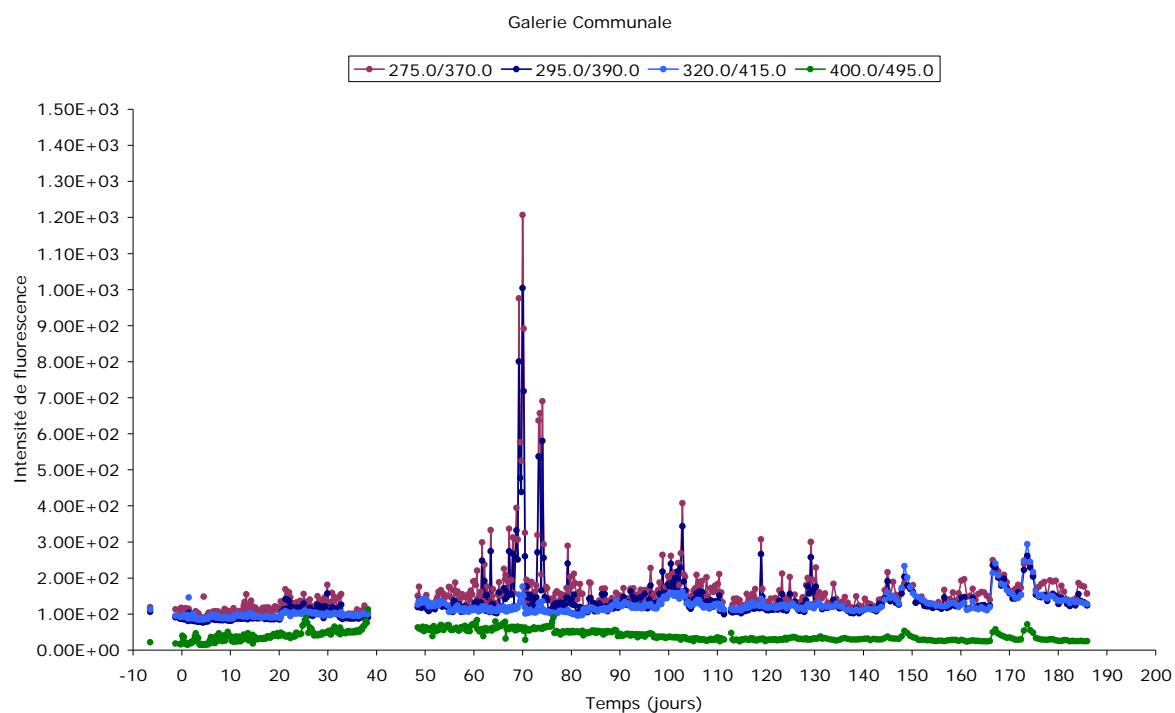
320/415 nm (Naphtionate), 275/370, 295/390 et 400/495 nm (indicateur de matière organique),  
491/511 nm (Fluorescéine) et 564/584 (Suflo rhodamine B).



## Annexe 2 : Restitution à la galerie Communale

Intensité de fluorescence pour les couples de longueurs d'ondes.

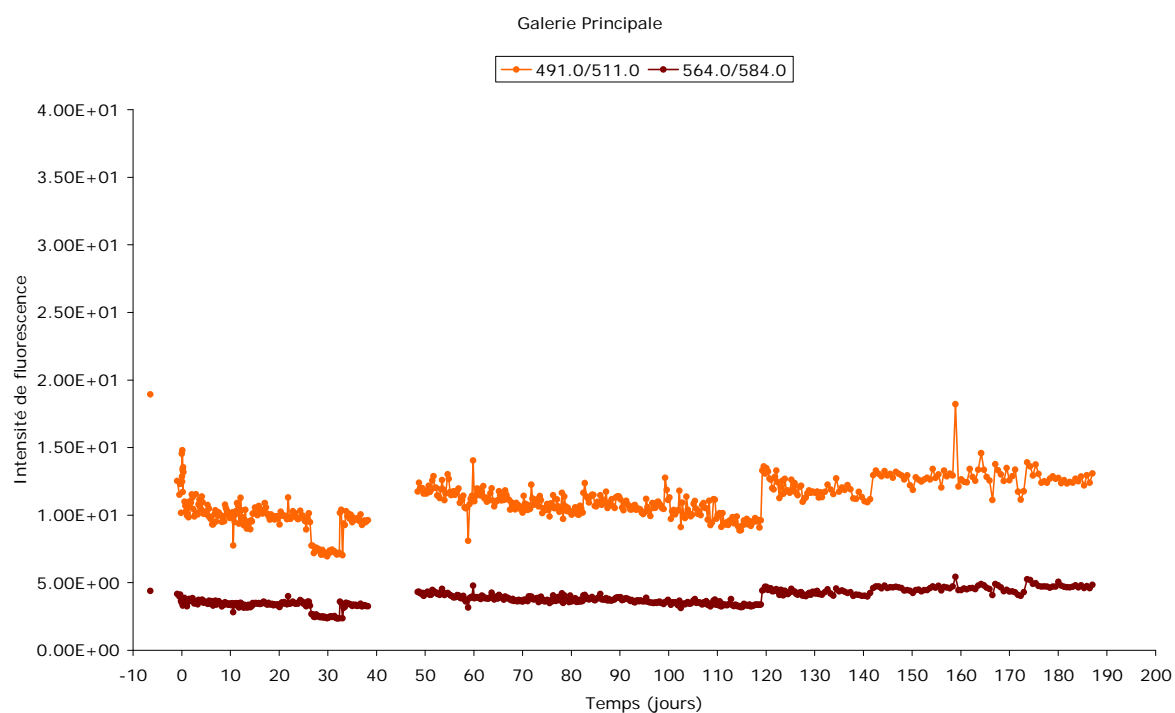
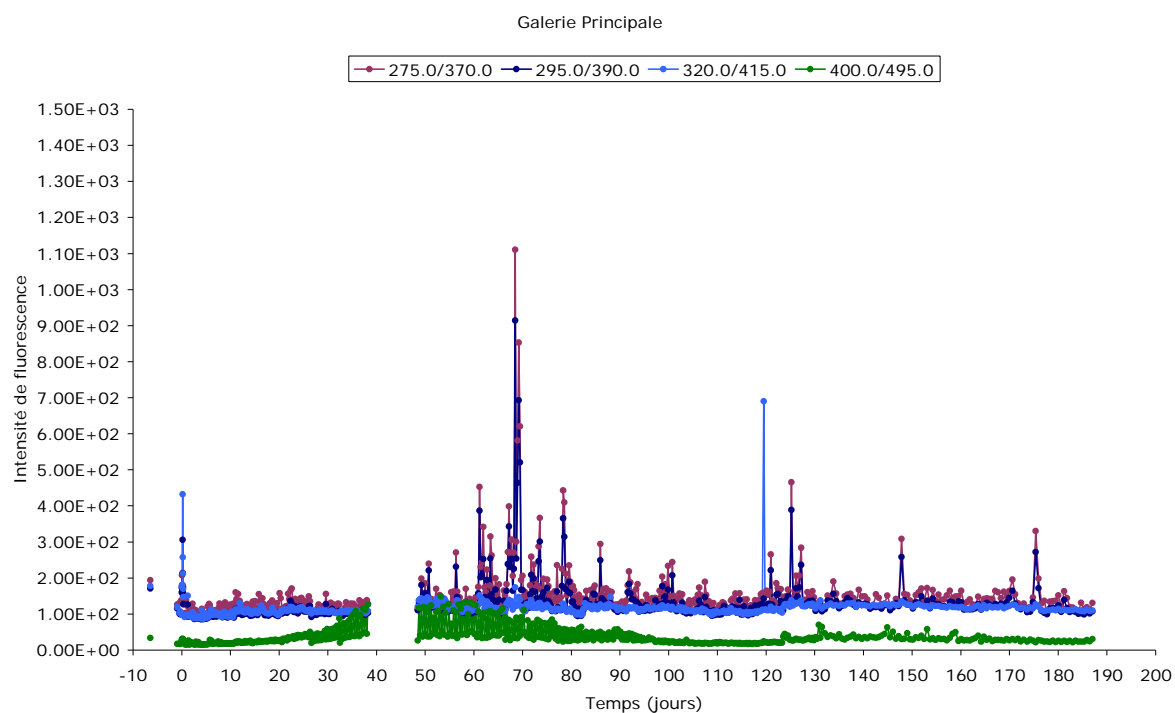
320/415 nm (Naphtionate), 275/370, 295/390 et 400/495 nm (indicateur de matière organique),  
491/511 nm (Fluorescéine) et 564/584 (Suflorhodamine B).



## Annexe 3 : Restitution à la galerie Principale

Intensité de fluorescence pour les couples de longueurs d'ondes.

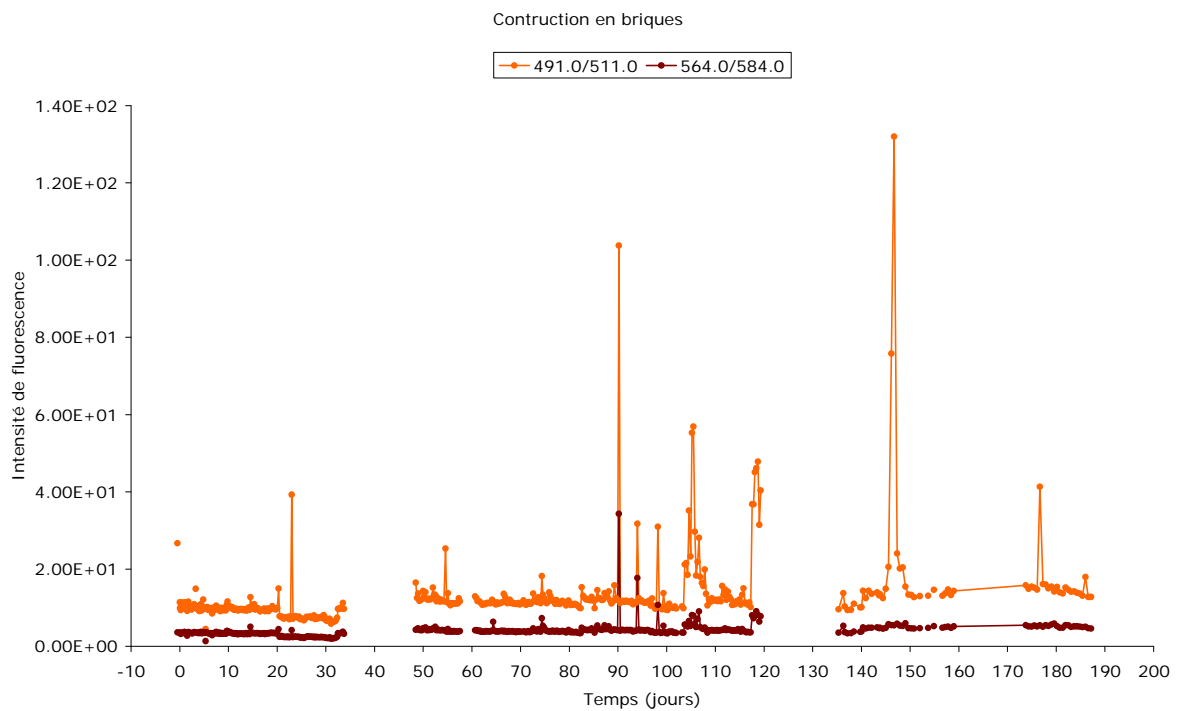
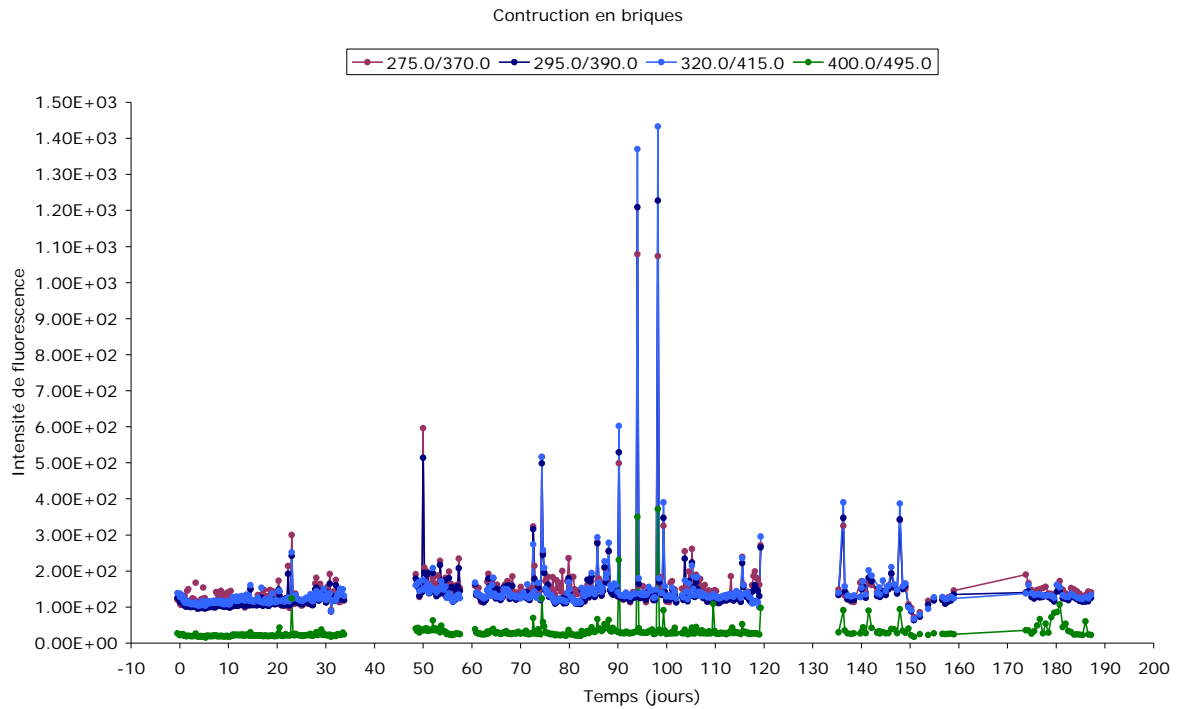
320/415 nm (Naphtionate), 275/370, 295/390 et 400/495 nm (indicateur de matière organique),  
491/511 nm (Fluorescéine) et 564/584 (Suflorhodamine B).



## Annexe 4 : Restitution à la construction en briques

Intensité de fluorescence pour les couples de longueurs d'ondes.

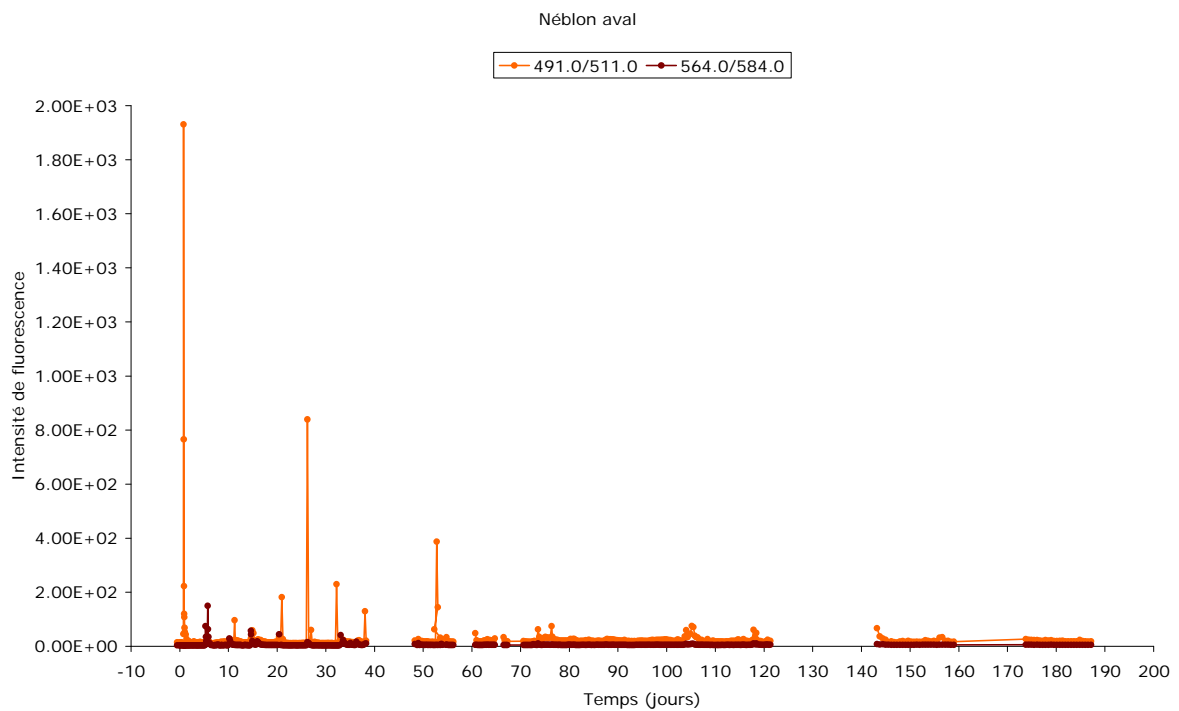
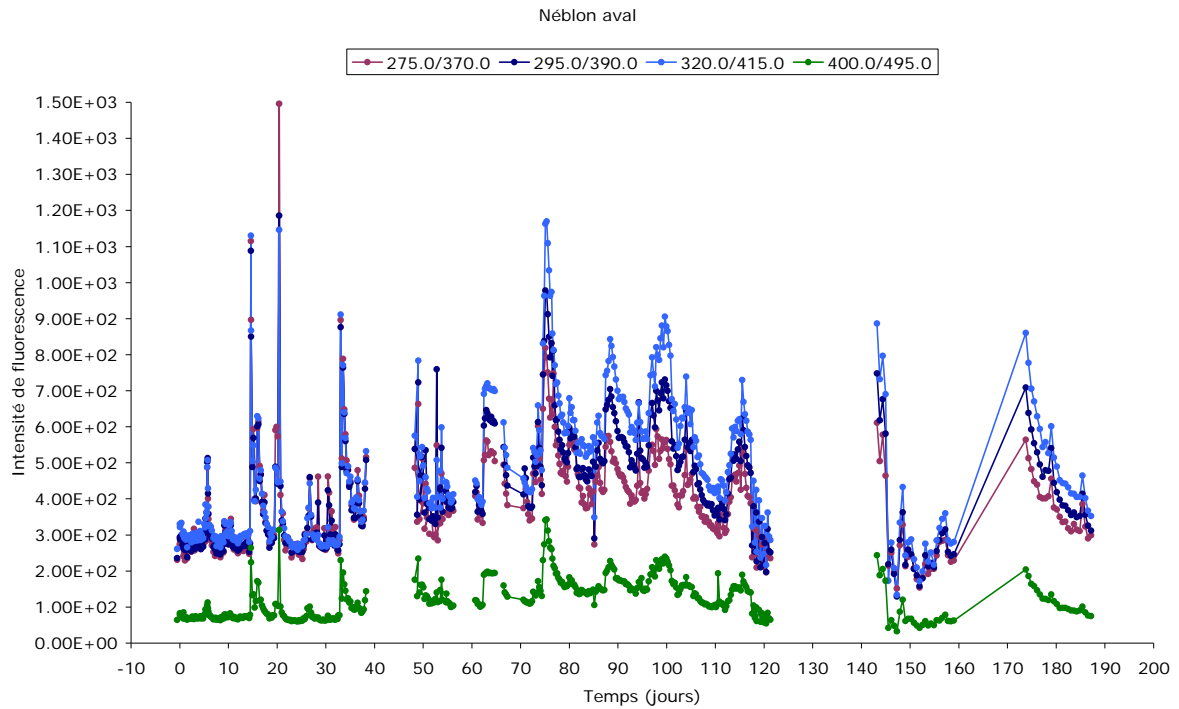
320/415 nm (Naphtionate), 275/370, 295/390 et 400/495 nm (indicateur de matière organique),  
491/511 nm (Fluorescéine) et 564/584 (Suflorhodamine B).



## Annexe 5 : Restitution dans le Néblon en aval des galeries

Intensité de fluorescence pour les couples de longueurs d'ondes.

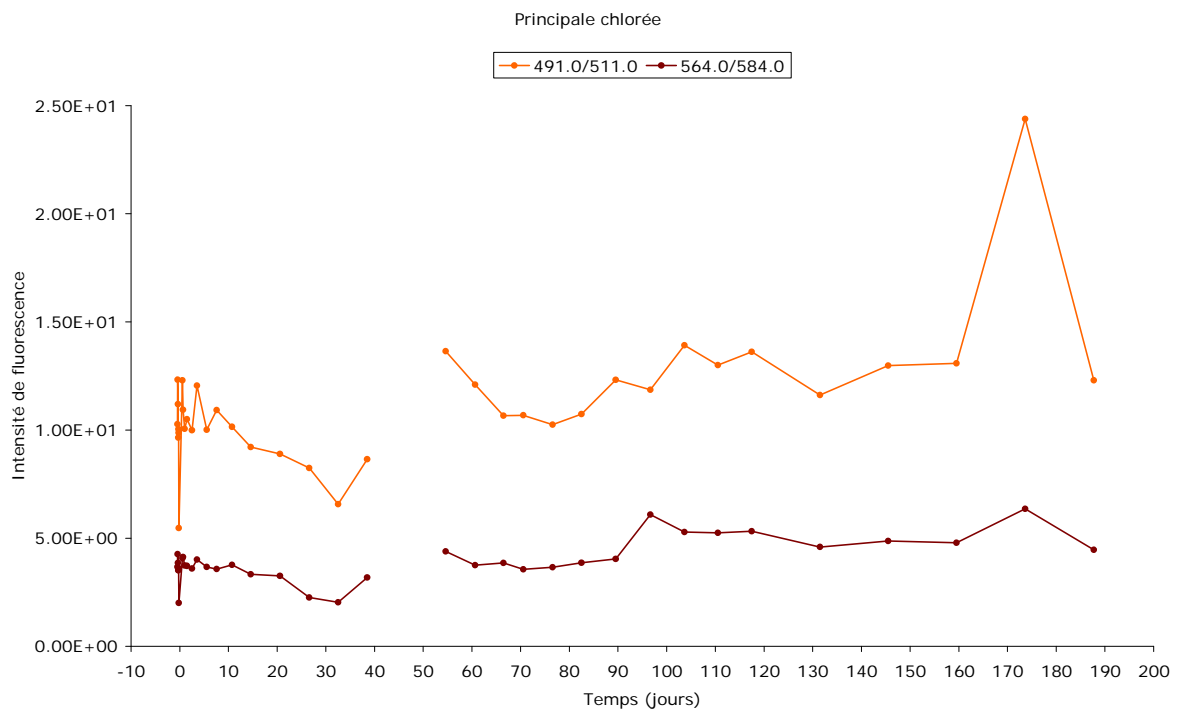
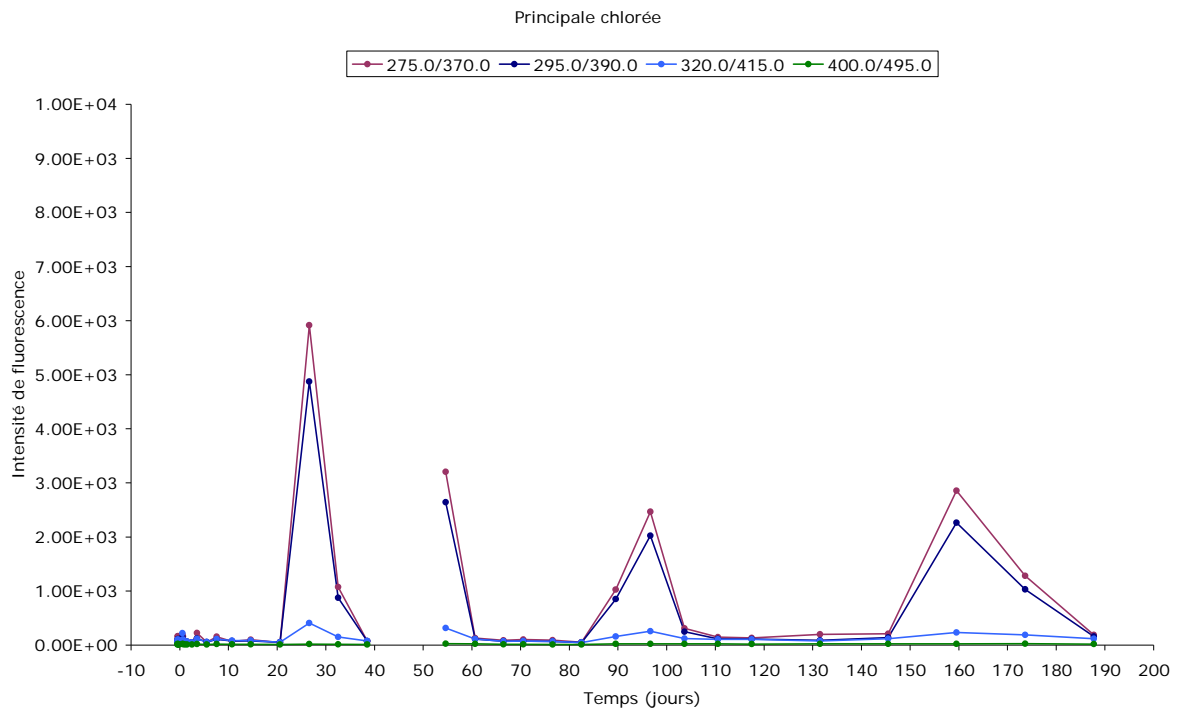
320/415 nm (Naphtionate), 275/370, 295/390 et 400/495 nm (indicateur de matière organique),  
491/511 nm (Fluorescéine) et 564/584 (Suflorhodamine B).



## Annexe 6 : Restitution au pavillon de jauge

Intensité de fluorescence pour les couples de longueurs d'ondes.

320/415 nm (Naphtionate), 275/370, 295/390 et 400/495 nm (indicateur de matière organique),  
491/511 nm (Fluorescéine) et 564/584 (Suflorhodamine B).

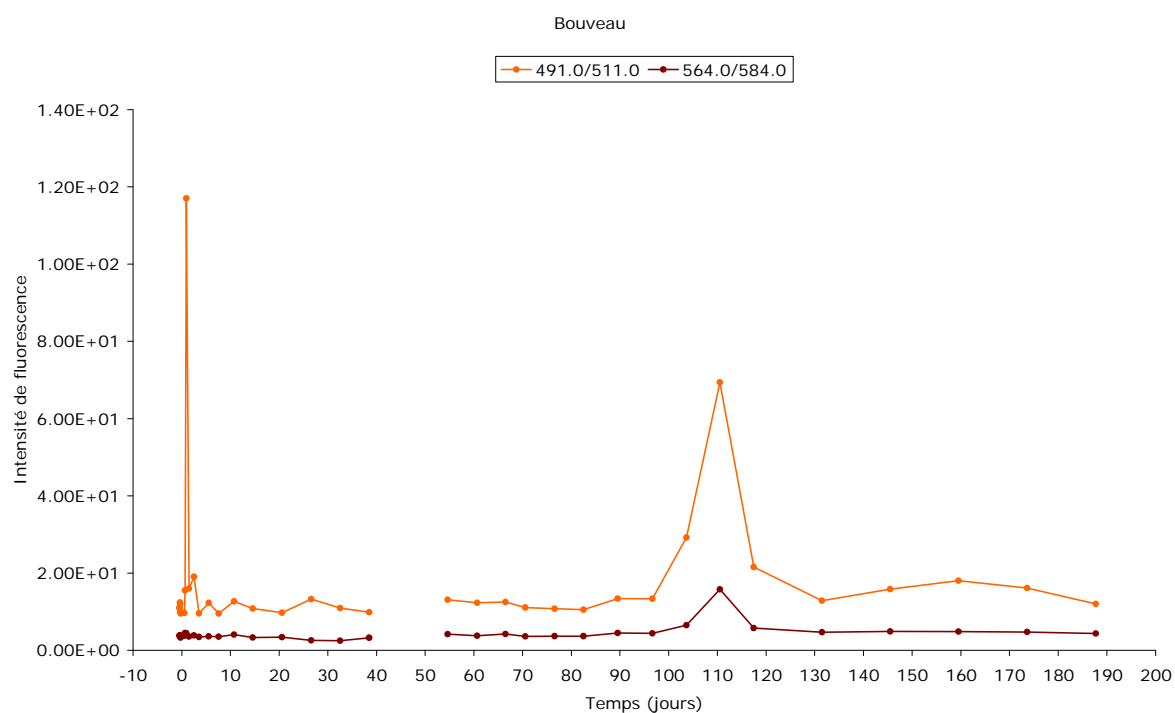
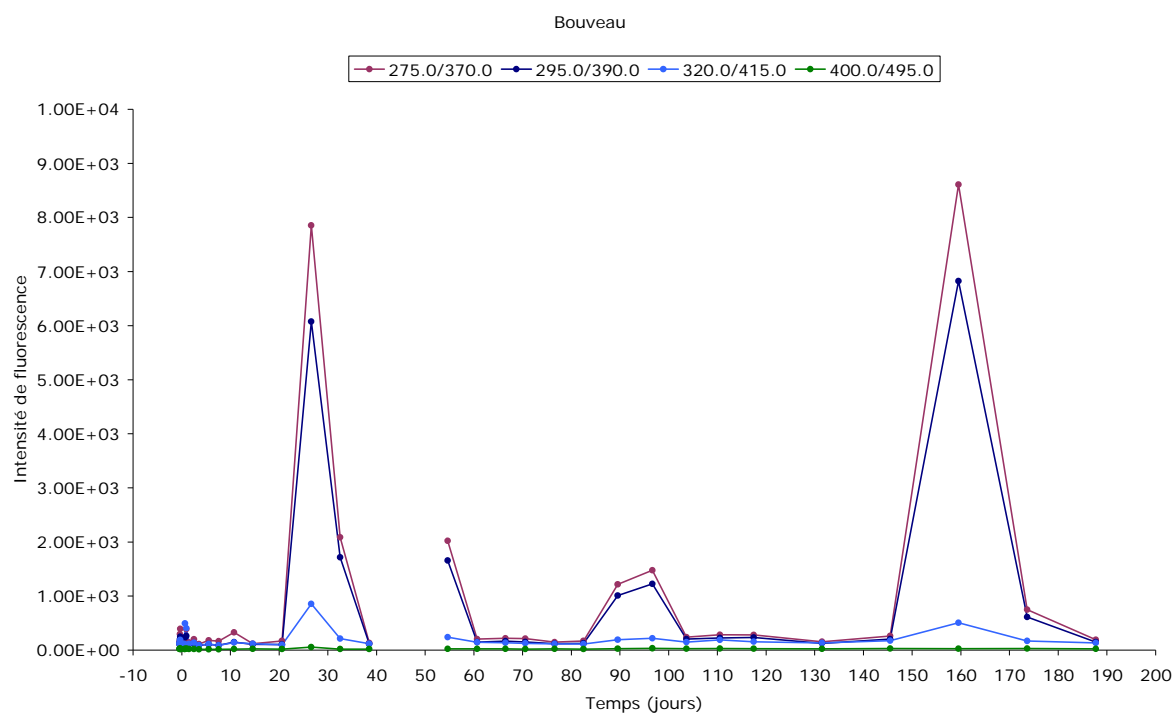




## Annexe 7 : Restitution au captage du Bouveau

Intensité de fluorescence pour les couples de longueurs d'ondes.

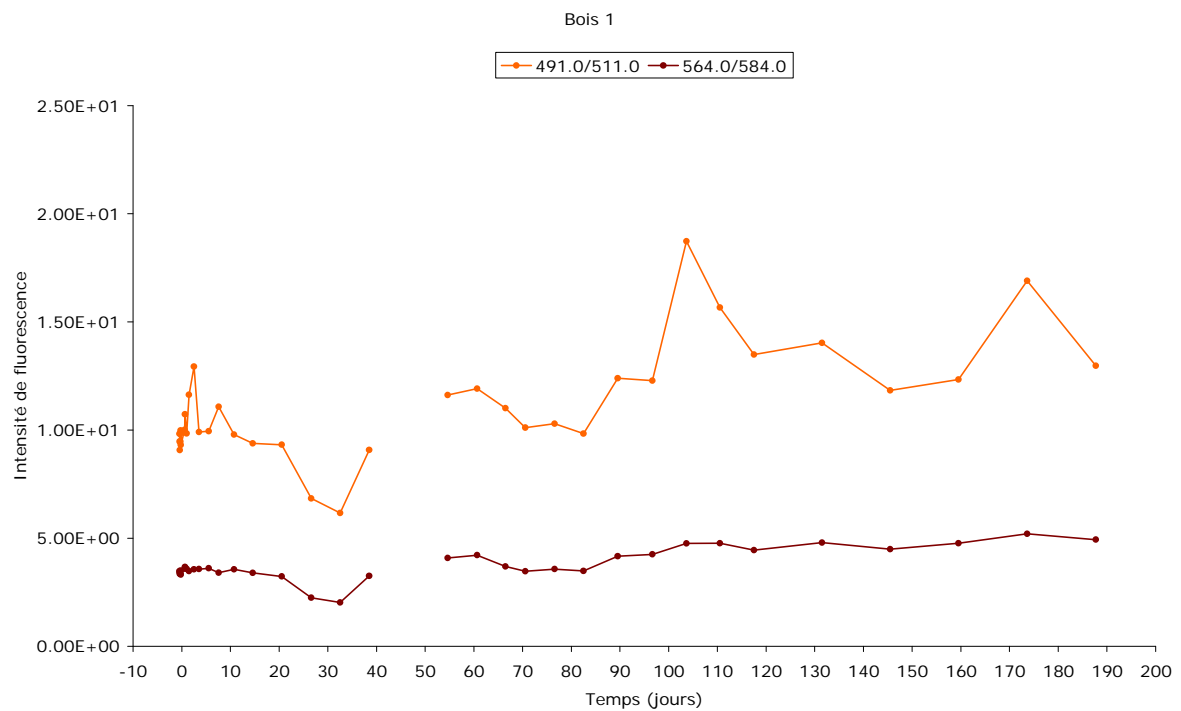
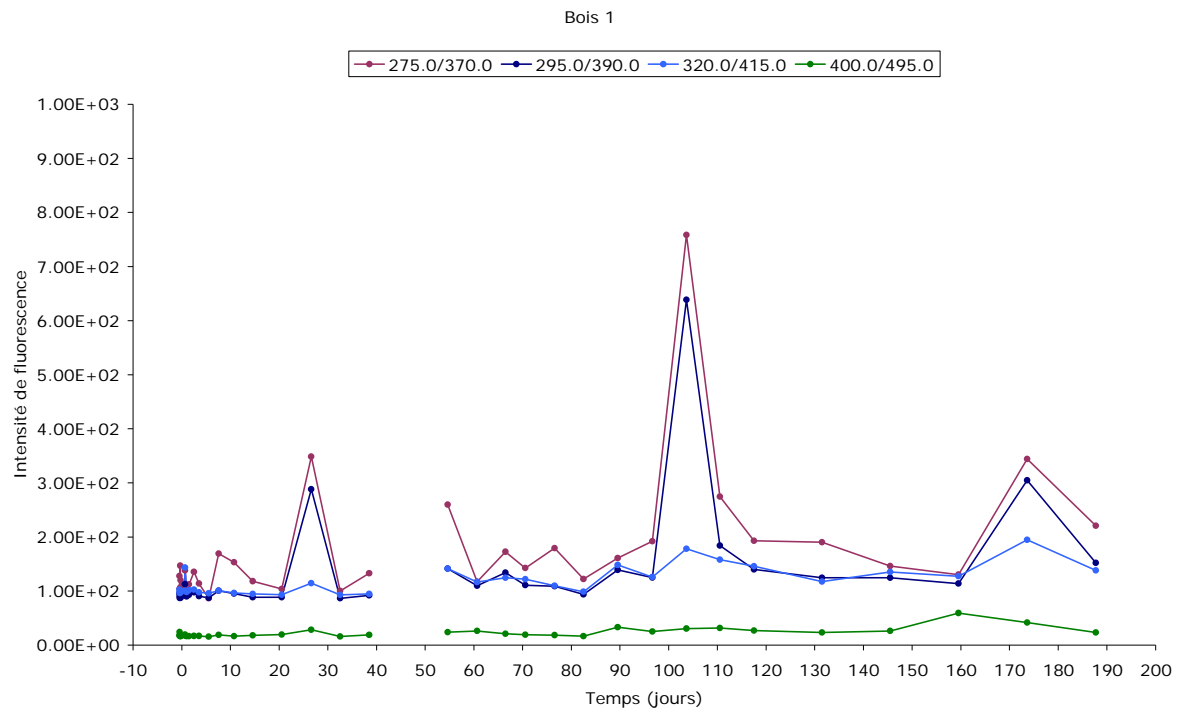
320/415 nm (Naphtionate), 275/370, 295/390 et 400/495 nm (indicateur de matière organique),  
491/511 nm (Fluorescéine) et 564/584 (Suflo rhodamine B).



## Annexe 8 : Restitution au captage de Bois 1

Intensité de fluorescence pour les couples de longueurs d'ondes.

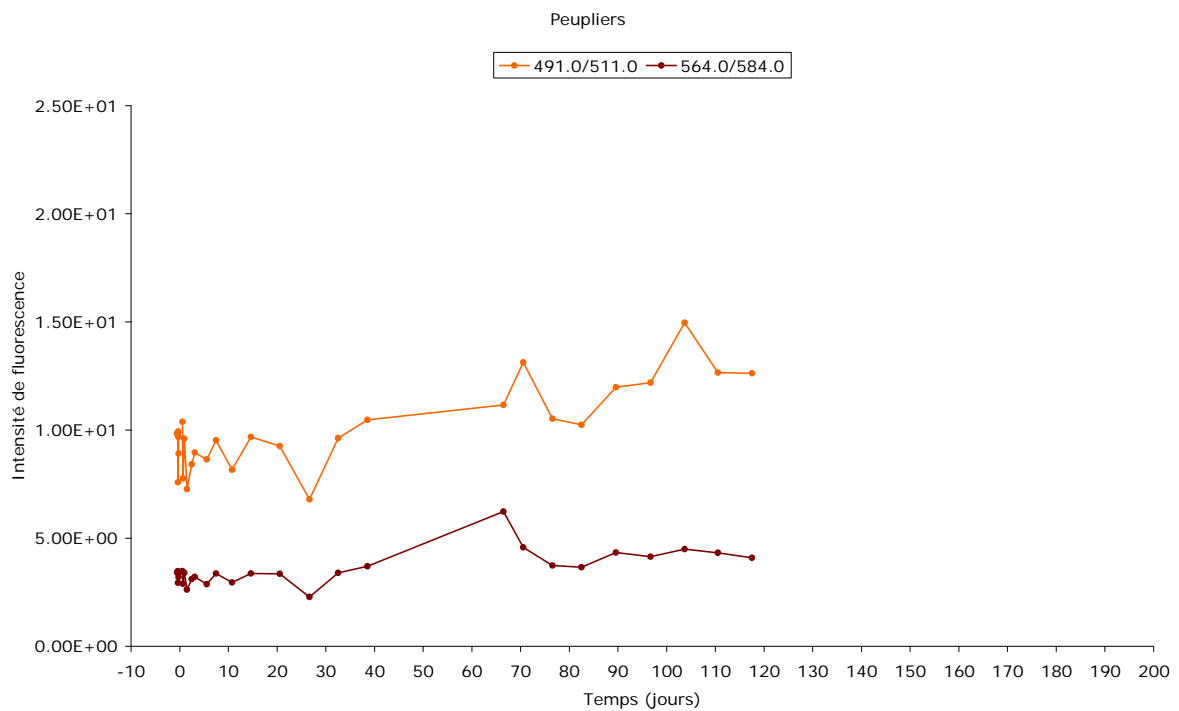
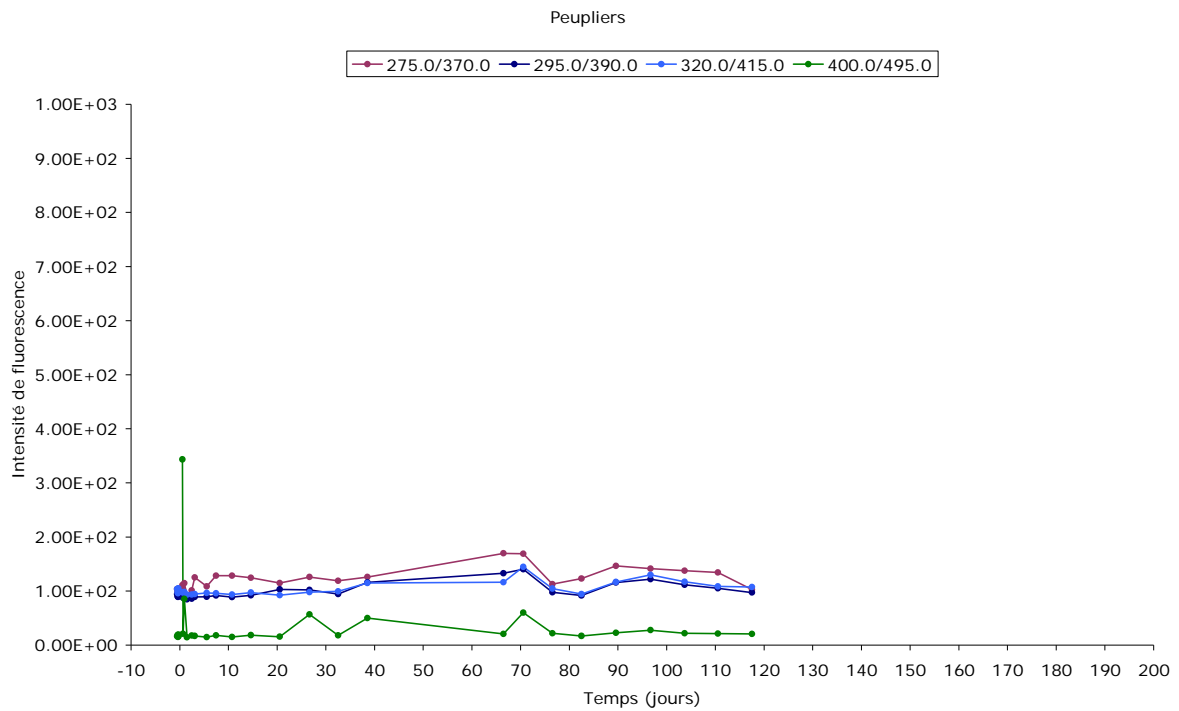
320/415 nm (Naphtionate), 275/370, 295/390 et 400/495 nm (indicateur de matière organique),  
491/511 nm (Fluorescéine) et 564/584 (Suflorhodamine B).



## Annexe 9 : Restitution au captage des Peupliers

Intensité de fluorescence pour les couples de longueurs d'ondes.

320/415 nm (Naphtionate), 275/370, 295/390 et 400/495 nm (indicateur de matière organique),  
491/511 nm (Fluorescéine) et 564/584 (Suflorhodamine B).



## Annexe 10 : Restitution à la faille de la galerie Communale

Intensité de fluorescence pour les couples de longueurs d'ondes.

320/415 nm (Naphtionate), 275/370, 295/390 et 400/495 nm (indicateur de matière organique),  
491/511 nm (Fluorescéine) et 564/584 (Suflorhodamine B).

