

Comparaison des pratiques d'entretien des surfaces urbaines entre le bassin versant du Pin Sec (Nantes) et un écoquartier adjacent

Cas des pesticides et des métaux

■ M. DELAMAIN^{1,2}, V. RUBAN^{1,2}, F. RODRIGUEZ^{1,2}

Mots-clés : eaux de ruissellement, écoquartier, gestion alternative, métaux, noue, pesticides, pratiques d'entretien, surfaces imperméables, toit végétalisé

Keywords: runoff water, ecodistrict, best management practices, metals, swale, pesticides, impervious surfaces, vegetated roof

Introduction

L'artificialisation des terres provoquée par une urbanisation croissante est à l'origine d'une profonde transformation des paysages se traduisant par une imperméabilisation des surfaces qui s'accroît depuis 20 ans : une progression de 40 % a été constatée en France [HAUTBOIS *et al.*, 2011].

Ce phénomène, qui est au cœur des préoccupations actuelles, affecte les écosystèmes ainsi que la biodiversité. L'imperméabilisation favorise le ruissellement des eaux de pluie au sein des villes, pouvant accroître les risques d'inondation et modifier le régime hydrique naturel (augmentation des volumes d'eau et des débits de pointe) [BARBOSA *et al.*, 2012]. De plus, les eaux de ruissellement lessivent les surfaces urbaines et facilitent également le transfert de nombreux polluants (organiques et inorganiques) issus de l'activité anthropique vers les milieux récepteurs [ZGHEIB *et al.*, 2012]. Ce problème est d'autant plus important que ces eaux pluviales ne sont généralement pas traitées.

De nombreux décideurs acteurs de la ville prennent conscience de ces problèmes. Ainsi, depuis 2012,

la Commission européenne souhaite une gestion des terres plus efficace et responsable en encourageant l'utilisation de matériaux perméables et en favorisant la récupération des eaux de pluie. De la même manière, la maîtrise des eaux pluviales (eaux de ruissellement) est devenue un enjeu important pour les villes, renforcée par la directive cadre sur l'eau [2000] qui impose d'atteindre « un bon état écologique des milieux aquatiques » d'ici 2015 en limitant les rejets de micropolluants dans l'environnement.

Cette présente étude, qui s'inscrit dans l'opération de recherche « Gérer durablement les eaux pluviales en zones urbaines » (GDEP), et en liaison avec le projet ANR INOGEV, vise à identifier les sources de pollution des eaux pluviales en s'intéressant aux pratiques d'entretien des surfaces (espaces verts, habitats, voiries) et à étudier l'impact de la gestion alternative (noues, toitures végétalisées, bassin de rétention) sur la qualité des eaux de ruissellement. Elle fait suite à un premier travail réalisé en 2011-2012 concernant les pratiques d'entretien des surfaces sur le bassin versant du Pin Sec à Nantes [LE BARBU, 2012].

L'intérêt de ces travaux réside dans l'étude d'un quartier « durable » où la gestion des ressources, des espaces et la mixité sociale sont les maîtres mots. Les projets d'aménagement d'écoquartiers sont de plus en plus répandus en France, notamment à la suite du Grenelle de l'environnement de 2007. Il s'agit ici de

¹ Lunam Université, Ifsttar, GERS, EE, 44340 Bouguenais.
Courriels : melissa.delamain@ifsttar.fr, veronique.ruban@ifsttar.fr,
fabrice.rodriguez@ifsttar.fr

² Institut de recherche en sciences et techniques de la ville – FR CNRS 2488 –
44321 Nantes cedex 3.

comparer les pratiques d'entretien des surfaces sur deux sites adjacents : le bassin versant du Pin Sec et l'écoquartier Bottière Chénaie (Nantes). Pour ce faire, une enquête mettant l'accent sur les pesticides a été réalisée sur les deux sites et des campagnes de prélèvements d'eau pluviale par temps de pluie ont été effectuées sur l'écoquartier afin d'évaluer l'influence d'ouvrages alternatifs sur la qualité (pesticides et métaux).

1. Matériel et méthodes

1.1. Présentation des sites d'étude

L'étude s'intéresse à deux sites adjacents situés dans la partie nord-est de Nantes, entre l'Erdre et la Loire.

1.1.1. Bassin versant du Pin Sec

Le bassin versant du Pin Sec d'une superficie de 31 ha est limité à l'est par une ligne de tramway (figure 1). Il est dominé par un climat de type océanique avec des pluies de faible intensité mais relativement fréquentes (800 mm par an). Le quartier du Pin Sec est drainé par un réseau d'assainissement séparatif avec un réseau pour les eaux usées d'une longueur de 7,3 km et un réseau pour les eaux pluviales d'une longueur de 4 km se jetant dans le ruisseau des Gohards.

Le site, qui est imperméabilisé à 49 %, est caractérisé principalement par des maisons individuelles au nord et des logements collectifs au sud. Les surfaces imperméables sont donc caractérisées par les chaussées (23 % de la surface du bassin), les toitures (18 % de la surface du bassin) et les parkings.

1.1.2. Écoquartier Bottière Chénaie

Depuis une petite dizaine d'années, l'Europe voit émerger de nombreux projets urbains qui reposent sur un aménagement durable. En France, le ministère de l'Écologie a encouragé la démarche ÉcoQuartier (engagée en 2008) à travers la mise en place d'appels à projets en 2009 et 2011. Le lancement du label national ÉcoQuartier en 2012 a également permis de valoriser ce type de programme.

Cette démarche ÉcoQuartier est régie par les principes du développement durable :

- promouvoir une gestion responsable des ressources ;
- s'intégrer dans la ville existante et le territoire qui l'entoure ;

- proposer des logements pour tous et de tous types participant à la mixité sociale.

• Présentation générale

L'écoquartier Bottière Chénaie, qui est une zone d'aménagement concertée (ZAC), s'inscrit dans une démarche environnementale de qualité reposant sur quatre grands axes : 1°) gestion de l'espace ; 2°) gestion des eaux pluviales ; 3°) préservation de la nature en ville ; 4°) déplacements doux. De même, une attention particulière est portée au choix des matériaux de construction, au confort acoustique et à la consommation énergétique. Par la mise en place de ce projet, la ville de Nantes avait pour objectif de répondre à une forte demande de logements et de désenclaver les quartiers environnants.

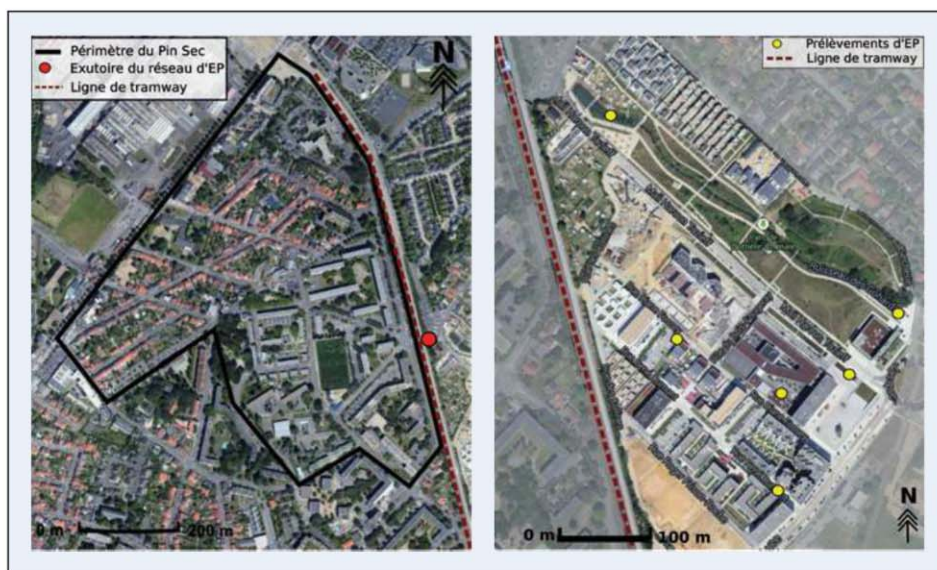
La construction de l'écoquartier Bottière Chénaie a débuté en 2005 (figure 1) sur un terrain abandonné de 35 ha, autrefois friche maraîchère. Aujourd'hui, il est toujours en cours de construction. Toutefois, la partie nord-ouest est quasiment terminée contrairement à la partie sud-est.

L'un des changements majeurs de la partie nord-ouest vient de la renaturation du ruisseau des Gohards afin d'améliorer la qualité des eaux. Ce ruisseau est l'exutoire des réseaux d'eaux pluviales du bassin versant du Pin Sec et du quartier Jules Vernes. Ces eaux arrivent d'abord dans un bassin de décantation, situé en amont de la partie ouverte du ruisseau, avant de s'intégrer à l'écoulement du cours d'eau. Des seuils segmentant le ruisseau ont été mis en place afin de réduire le débit de pointe à l'aval du ruisseau [RODRIGUEZ *et al.*, 2012]. Cet aménagement permet de réduire les volumes ruisselés, en tout cas pour les petits événements pluvieux [JANKOWFSKY, 2012].

La ZAC Bottière Chénaie est caractérisée principalement par des logements en accession à la propriété et sociaux collectifs. La présence d'un parc (5 ha) bordant le ruisseau des Gohards et de jardins collectifs est également à noter.

• Gestion alternative des eaux pluviales

Pour répondre à la démarche de qualité environnementale et à un objectif « zéro tuyau », des techniques dites « alternatives » ont été mises en place sur la ZAC Bottière Chénaie. Ces techniques permettent



EP : eaux pluviales.

Figure 1. Vues aériennes du bassin versant du Pin Sec (à gauche) et de la partie nord-ouest de l'écoquartier Bottière Chénaie (à droite)

de compenser les effets de l'imperméabilisation. Elles visent à réguler et à limiter les écoulements d'eaux pluviales en se basant sur trois principes : le stockage, l'infiltration et la réduction des surfaces imperméables. Sur la partie nord-ouest du quartier, trois types de techniques sont mis en œuvre (figure 1).

Le site est constitué de nombreuses noues paysagères. Il s'agit simplement de fossés peu profonds végétalisés, placés le long des chaussées et de bâtiments. L'eau y arrive aussi bien par l'intermédiaire de canalisations (récupération des eaux de toitures) que par le ruissellement sur les surfaces adjacentes. L'eau est évacuée vers un exutoire ou par infiltration dans le sol. L'infiltration continue des eaux pluviales dans ce type d'ouvrage permet d'en réduire le volume. La noue faisant l'objet de l'étude reçoit les effluents d'une surface imperméabilisée à 75 % [JANKOWFSKY, 2012].

L'écoquartier dispose également de toitures végétalisées pour temporiser les écoulements d'eaux pluviales et réduire l'inertie thermique en été et en hiver. Il s'agit de toits extensifs composés de plantes grasses de type sedum reposant sur un substrat de matière organique et de pouzzolane.

Enfin, un bassin de rétention se présentant sous la forme d'un canal (environ 200 mètres) permet de recueillir les eaux pluviales. Ce canal est alimenté par l'eau de la nappe à l'aide d'une éolienne lors des périodes d'étiage ; il est constitué à l'aval d'un bassin pédiluve.

1.2. Campagnes de prélèvements

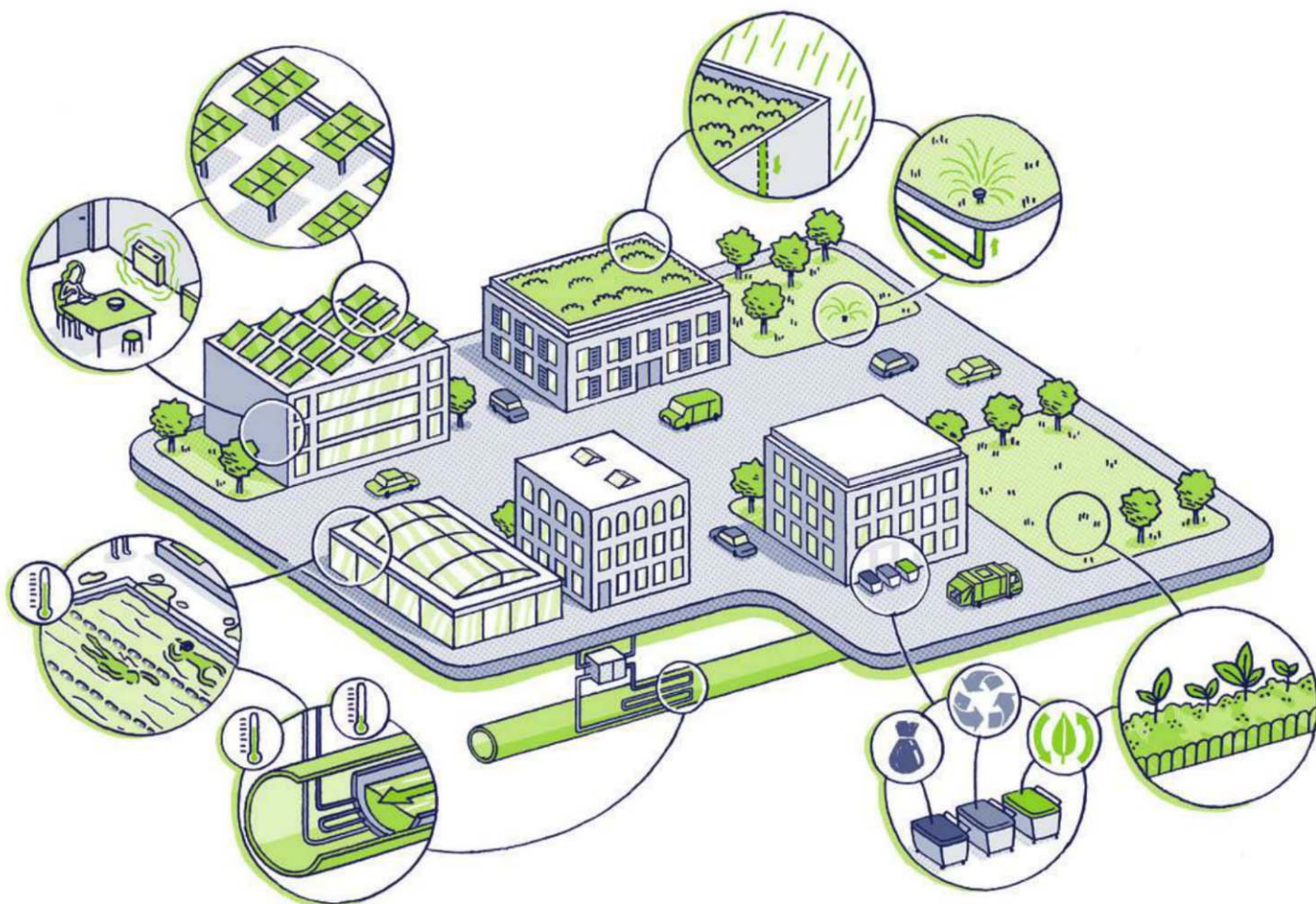
Des campagnes d'échantillonnage ont été menées sur l'écoquartier (juillet 2013-octobre 2013) afin d'étudier l'impact des techniques alternatives sur la qualité des eaux pluviales. Il s'agit de s'intéresser aux pesticides – herbicide : acide aminométhyl-phosphonique (AMPA), glufosinate, glyphosate, 2,4 MCPA, isoproturon et mécoprop ; fongicide : carbendazime –, aux métaux et métalloïdes (arsenic). Les techniques d'analyses sont répertoriées dans le tableau I.

Métaux	Méthodes d'analyse	Pesticides	Méthodes d'analyse
Arsenic	ICP – MS	AMPA	LC/fluor
Cadmium	ICP – MS	Glufosinate	LC/fluor
Chrome	ICP – MS	Glyphosate	LC/fluor
Cobalt	ICP – OES	2,4 MCPA	LC/MS/MS
Cuivre	ICP – MS	Carbendazime	LC/MS/MS
Nickel	ICP – MS	Isoproturon	LC/MS/MS
Plomb	ICP – MS	Mécoprop	LC/MS/MS
Strontium	ICP – OES		
Titane	ICP – OES		
Vanadium	ICP – MS		
Zinc	ICP – OES		

LC/fluor : chromatographie en phase liquide couplée avec un détecteur à fluorescence ; LC/MS/MS : chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem.

Tableau I. Méthodes d'analyses chimiques utilisées pour le dosage des micro-polluants

aujourd'hui, nous savons modéliser les scénarios les plus pertinents pour une gestion locale et circulaire de vos ressources



URBADVANCED l'outil d'aide à la décision qui permet aux acteurs de la ville et du territoire d'identifier et d'évaluer de nouvelles synergies entre les flux eau/énergie/déchets.

Leader reconnu et engagé de l'économie circulaire, SUEZ a développé URBADVANCED, une solution qui permet aux collectivités, aménageurs et promoteurs immobiliers de répondre aux besoins concrets et locaux de leurs territoires : récupérer la chaleur des eaux usées d'un quartier pour chauffer une piscine adjacente, installer des toitures végétalisées pour optimiser la gestion des eaux de pluie, installer des panneaux solaires pour alimenter en eau chaude une habitation, valoriser les biodéchets...

Grâce à la modélisation de scénarios techniques alternatifs, URBADVANCED vous permet ainsi de concevoir, avec les acteurs de votre territoire, un plan d'actions à coûts maîtrisés et engager la transition environnementale.

Plus d'information sur [suez.com](https://www.suez.com)

prêts pour la révolution de la ressource



BioZinalium®

www.pamline.fr

LE REVÊTEMENT SÛR, POUR DURER

Protection **Aquacoat®**
Acrylique

Alliage **ZnAl (Cu)**
enrichi en Cuivre

Fonte ductile



Solutions complètes de canalisations

PAM
SAINT-GOBAIN

Des prélèvements d'eau ponctuels et par temps de pluie ont été réalisés en différents points sur l'écoquartier Bottière Chénaie (figure 1) : en amont et en aval du ruisseau des Gohards ouvert, en aval du canal, en aval de la noue et en sortie de la toiture végétalisée (216 m²) du groupe scolaire Julien Gracq et de l'une des toitures de Nantes Habitat (NH) (85 m²). Les prélèvements ont été effectués manuellement sauf au niveau des toitures végétalisées où les sorties ont été instrumentées à l'aide de flacons échantillonneurs. Dans certains cas, faute d'avoir un événement pluvieux important, le prélèvement n'était pas possible (exemple : noue, toit végétalisé de Nantes Habitat). De ce fait, le nombre de prélèvements est différent d'un site à l'autre (tableau II).

2. Les pratiques d'entretien des surfaces

Une enquête a été menée sur le bassin versant du Pin Sec [LE BARBU, 2012] et sur l'écoquartier Bottière Chénaie afin de réaliser un bilan sur les pratiques d'entretien des surfaces et l'utilisation de produits phytosanitaires. Pour ce faire, les sites ont été découpés en plusieurs zones selon les gestionnaires : espaces verts – service des espaces verts et de l'environnement (SEVE) –, voiries (Nantes Métropole), ligne de tramway (Semitan), habitats et leurs espaces verts (bailleurs sociaux, entreprises et particuliers). De cette manière, trois formulaires d'enquête ont pu être réalisés suivant la zone concernée. Les renseignements ont été récoltés par mails, téléphone ou sur place auprès des professionnels et par porte-à-porte auprès des particuliers.

2.1. Bassin versant du Pin Sec

L'étude a été réalisée en 2011-2012 par LE BARBU [2012]. Les résultats mettent en avant un changement de pratiques aussi bien chez les professionnels que chez les particuliers, se traduisant par une faible

utilisation des pesticides au profit de moyens plus naturels. Ces pratiques semblent en cohérence avec une pollution des eaux pluviales moins importante mesurée à l'exutoire du bassin versant entre 2006 et 2012. Les concentrations en glyphosate ont nettement diminué, par exemple.

2.1.1. Les professionnels

Le SEVE qui gère l'entretien des espaces verts (jardins, parcs et chemins communaux) n'utilise plus de pesticides depuis 2009 sur ce site. De la même manière, le service nettoyage de Nantes Métropole n'utilise plus aucun pesticide sur ces voiries depuis 3 - 4 ans. Les interventions mécaniques sont maintenant privilégiées (paroir, binette). Pour l'entretien des espaces autour des immeubles, Nantes Habitat n'utilise plus non plus de produits phytosanitaires. Seule une entreprise privée utilise des herbicides (contenant : glyphosate, diflufenican, pendiméthaline et oxyfluorène) pour l'entretien d'une résidence sur le site. Elle est désherbée au printemps et à l'automne à l'aide de 2 litres de produit par an.

2.1.2. Les particuliers

L'enquête menée auprès des particuliers (maisons individuelles) révèle qu'ils se sentent plus concernés par les pratiques écologiques et ce, quel que soit l'âge. Ce ressenti apparaît dans les résultats (figure 2).

Cette étude s'est basée sur les données de 54 parcelles sur les 256 prises en compte ce qui représente un taux de réponse des particuliers de 21 % au questionnaire. 98 % des parcelles sont constituées d'un jardin ornemental et 50 % possèdent un potager. Les potagers et les jardins ornementaux sont traités majoritairement à l'aide de produits naturels : 55 % des potagers et 42 % des jardins. Pour les potagers et des jardins, les produits chimiques (glyphosate, fipronil, métal-déhyde) sont utilisés à moins de 11 %. Les surfaces

	Temps de pluie					
	Ruisseau amont	Ruisseau aval	Canal	Toit végétalisé école	Toit végétalisé Nantes Habitat	Noue
Métaux	8	8	8	12	8	7
Pesticides	7	7	7	11	7	5

Tableau II. Nombre de prélèvements destinés à l'analyse des métaux et des pesticides sur chacun des sites de la ZAC Bottière Chénaie

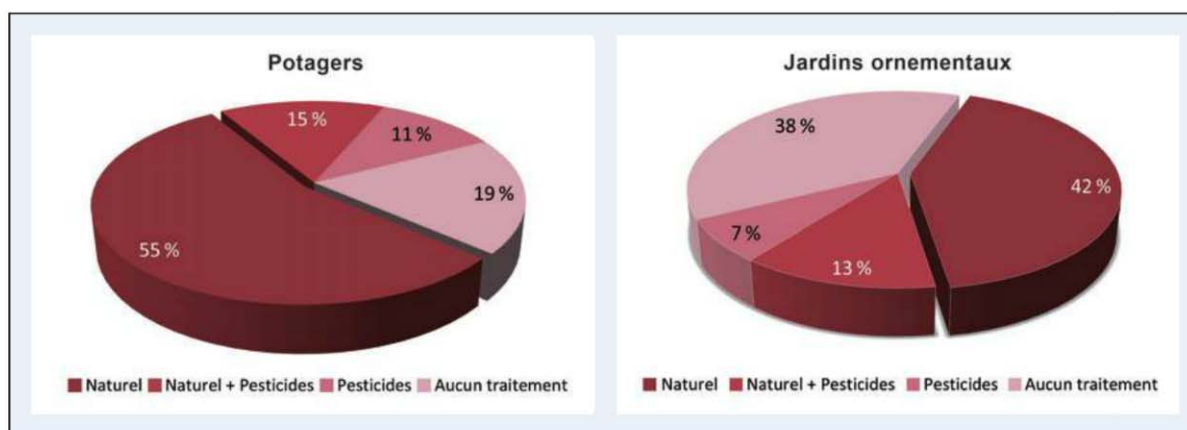


Figure 2. Méthodes de traitement des potagers (à gauche) et des jardins ornementaux (à droite) sur le bassin versant du Pin Sec [Le Barbu, 2012]

imperméables comme les toits, les terrasses et les façades sont quant à elles peu traitées. Toutefois, lorsqu'elles le sont, des produits chimiques (anti-mousse) sont automatiquement utilisés.

2.2. Écoquartier Bottière Chénaie

La même enquête a été menée sur la ZAC Bottière Chénaie en 2013.

Afin de participer à la diminution des pesticides, le SEVE a mis en place une gestion plus rustique et différenciée sur les 6 ha d'espaces verts de l'écoquartier. De cette manière, aucun engrais n'est utilisé. Le SEVE semble appliquer cette gestion à l'ensemble de la ville de Nantes. Pour l'entretien du parc linéaire le long du ruisseau des Gohards, le désherbage manuel ou mécanique est employé pour les massifs. Le désherbage des chemins sablés se fait naturellement par le piétinement des passants. Les bordures des allées sont tondues pour marquer une présence des services. Pour le reste du parc, les fauches sont espacées. Quant aux zones préservées, elles ne demandent pratiquement aucune intervention. Par cette démarche, le SEVE souhaite que la population accepte la présence plus systématique de l'herbe en ville.

Comme LE BARBU [2012] avait pu le constater, le service de nettoyage de Nantes Métropole n'utilise pas de produits chimiques pour l'entretien des voiries. Encore une fois, le désherbage se fait manuellement et mécaniquement (paroir, rotofil).

En ce qui concerne les dix îlots de l'écoquartier (en y intégrant l'école et la médiathèque), plus de 50 % d'entre eux sont entretenus sans pesticides (figure 3).

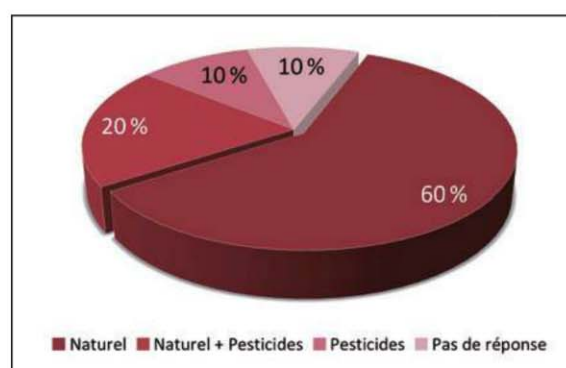


Figure 3. Méthodes de traitement des bâtiments et de leurs espaces verts sur l'écoquartier Bottière Chénaie

Deux entreprises privées interviennent au printemps et en automne en utilisant des herbicides (glyphosate : 360 g/L) à raison de 10 à 30 litres par an pour l'ensemble des habitats dont ils s'occupent. Un gestionnaire emploie des pesticides seulement pour le nettoyage des façades.

Finalement, les pratiques d'entretien sur l'écoquartier sont globalement identiques à celles du Pin Sec et montrent une tendance qui s'oriente vers des pratiques naturelles.

3. Impact des techniques alternatives sur la qualité des eaux pluviales de l'écoquartier

3.1. Métaux

Tous les éléments métalliques étudiés présentent des concentrations supérieures aux limites de quantification (LQ) excepté Co et Mo (< 50 %). Quant au Cd, il est quantifié dans les eaux du ruisseau et du toit de Nantes Habitat (> 75 %), mais les concentrations

m2ocity

1^{er} opérateur multi-technologies dédié à l'Internet des Objets

1,8M d'objets connectés, 2000 villes couvertes



**COMPTEURS
COMMUNICANTS**



**GESTIONNAIRES DE
RÉSEAUX DE DISTRIBUTION**



**BÂTIMENTS
CONNECTÉS**

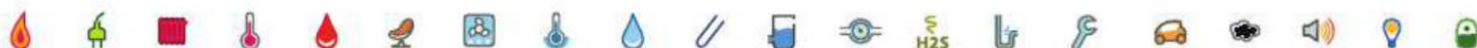


**VILLES
INTELLIGENTES**

SOLUTIONS M2OCITY

Leader français de l'**Internet des Objets** au service des **Villes Durables** et des **Bâtiments Connectés**, m2ocity propose des solutions adaptées à vos besoins et apporte une réponse clé en main à vos problématiques opérationnelles : **capteurs**, **connectivité**, interface d'**analyse des données**, chaque métier dispose d'une application ergonomique lui permettant d'améliorer sa **réactivité** et la **prise de décision** à chaque instant.

Qualité de vie, efficacité des **services publics**, gestion de **patri-moine**, **maintenance**, **sobriété énergétique**, détection des dysfonctionnements : retrouvez toutes nos solutions sur www.m2ocity.com



SYSTÈME D'ASSAINISSEMENT EN PP

Complet et performant



Pour
vos réseaux :
profitez du
système PP
complet
REHAU

Avec la gamme complète de systèmes d'assainissement composée de tubes, raccords et regards, bénéficiez d'une garantie décennale ainsi que de 100 ans de durée de vie certifiés. L'étanchéité du système REHAU est garantie jusqu'à 2,5 bars en pression, -0,8 bars en dépression et 11 mCE.

Pour plus d'informations, rendez-vous sur notre site www.rehau.fr

restent très proches de la LQ (0,1 µg/L). De plus, il est peu voire non quantifié dans les eaux du canal, de la noue et du toit de l'école (tableau III).

Globalement, au niveau de chaque ouvrage alternatif, des teneurs élevées en Zn, Sr et Cu sont constatées (figure 4). En sortie des toits végétalisés, cette contamination serait issue des matériaux de construction. Le Zn provient de la gouttière galvanisée du toit de Nantes Habitat et des structures et regards galvanisés sur le toit de l'école. Des analyses (au fluorimètre de

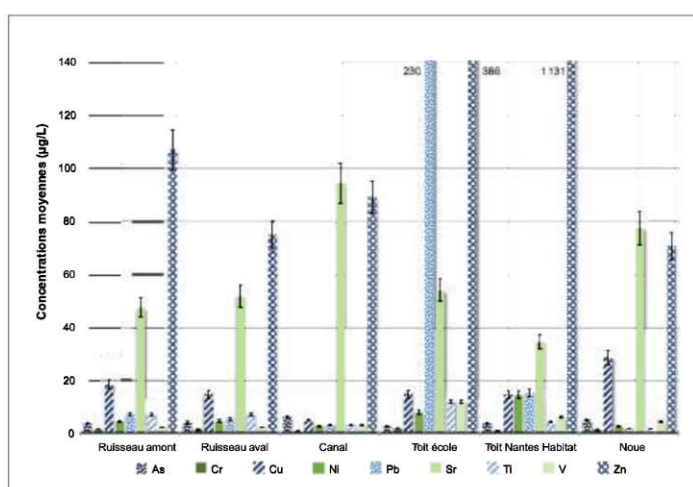


Figure 4. Concentrations moyennes en métaux traces dans les eaux des ouvrages alternatifs de l'écoquartier Bottière Chénaie

terrain) de la couche bitumineuse du toit de l'école ont révélé des teneurs importantes en Sr (574 mg/kg) expliquant ainsi les résultats trouvés dans les eaux. Pour ce qui est du ruisseau, du canal et de la noue, ces éléments pourraient provenir du ruissellement des eaux sur les toits et sur les chaussées où les dépôts en Zn, Sr et Cu occasionnés par le trafic automobile sont importants (combustion du carburant, usure des plaquettes de frein et des pneus...).

Pour ce qui concerne les eaux du ruisseau des Gohards, les concentrations en amont et en aval sont identiques pour As, Cr, Ni, Pb, Ti et V et légèrement plus faibles en aval pour Cu et Zn (Cu amont : 18 µg/L, Cu aval : 15 µg/L et Zn amont : 107 µg/L, Zn aval : 75 µg/L en moyenne) (figure 5). L'aménagement du ruisseau semble atténuer très légèrement la pollution. Toutefois, il convient de rester prudent sur cette hypothèse.

Les eaux de la noue sont marquées par une concentration moyenne plus élevée en Cu (28 µg/L) qui pourrait s'expliquer par les rejets des pompes à vide s'évacuant par les canalisations. Les informations sur ces pompes n'ont pas été communiquées, il est donc difficile de savoir s'ils affectent un parking ou bien des caves. Des analyses du sol (au fluorimètre

	Ruisseau amont	Ruisseau aval	Canal	Toit école	Toit Nantes Habitat	Noue
Prélèvements étudiés	8	8	8	12	8	7
As, Cu, Ni, Sr, V, Zn	100 %					
Cd	88 %	75 %	0 %	8 %	88 %	0 %
Co	< 50 %					
Cr	> 75 %					
Mo	< 25 %					
Ti	> 50 %					
Prélèvements étudiés	3	3	3	7	3	1
AMPA	86 %	100 %	0 %	18 %	14 %	100 %
Carbendazime	86 %	86 %	43 %	0 %	0 %	100 %
Glufosinate	< 50 %					
Glyphosate	100 %	86 %	0 %	18 %	0 %	100 %
Isoproturon	14 %	14 %	29 %	0 %	0 %	100 %
2,4 MCPA	< 50 %					
Mécoprop	> 50 %					

Tableau III. Quantification (%) des métaux et des pesticides dans les eaux des ouvrages de la ZAC Bottière Chénaie

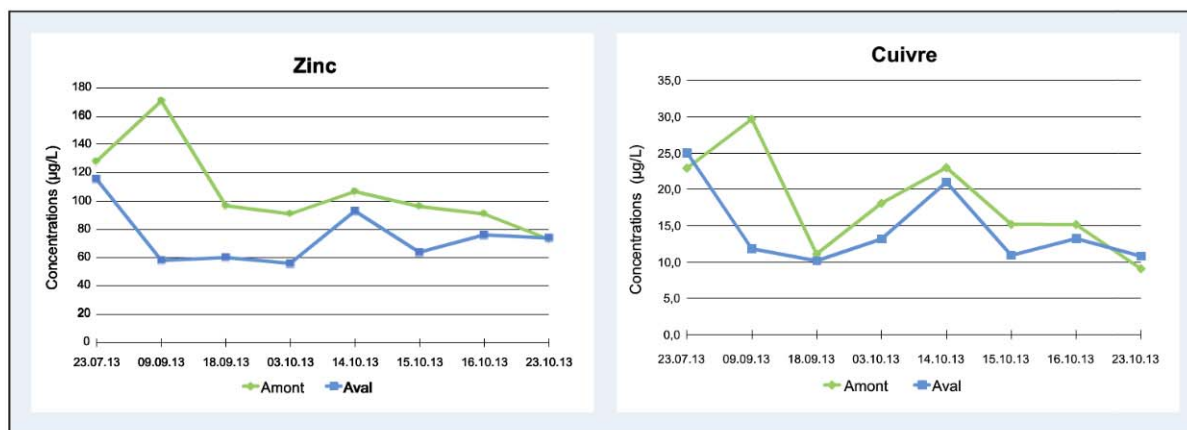


Figure 5. Concentrations en zinc et en cuivre à l'amont et à l'aval du ruisseau des Gohards localisé sur l'écoquartier et exutoire du bassin versant du Pin Sec

de terrain) à différents endroits de la noue (amont, aval, sortie de canalisation) ont montré des teneurs importantes en cuivre (73 mg/kg) aux abords de l'une des sorties de canalisation. Ces analyses de sol ont également révélé des quantités de Zn (1 120 mg/kg), Pb (99 mg/kg) et Ti (1 755 mg/kg) très élevées en sortie de canalisation. L'infiltration et la décantation des eaux dans la noue permettent un prétraitement des eaux pluviales, se traduisant toutefois par un stockage des éléments dans le sol.

Les eaux issues des toits végétalisés sont chargées en Pb, en particulier celles du toit de l'école (230 µg/L). Ces charges importantes s'expliqueraient par la présence de matériaux en acier galvanisé sur les deux toits ainsi que par la présence d'une descente en PVC pour le toit de l'école ; le plomb est en effet utilisé comme adjuvant dans le PVC.

Par rapport aux normes de qualité environnementale, les concentrations en Ni et Cr ne dépassent pas les seuils requis, contrairement à celles du Cu, V et Zn. En ce qui concerne les autres éléments, les résultats sont plus mitigés : Pb sur les toits, As sur la noue et le canal et Ti sur les toits et le canal ne respectent pas les valeurs limites. Quant au Sr, il est difficile de le situer puisqu'il n'existe pas de valeur limite. Toutefois, il est inférieur aux teneurs observées dans la nappe (136-152 µg/L) impactées par le fond géochimique.

3.2. Pesticides

Il convient de préciser que le transfert de pesticides dépend du type de surface, des doses utilisées et de leurs propriétés [BLANCHOU *et al.*, 2004].

Sur les toitures végétalisées, seul le mécoprop est systématiquement détecté. La toiture végétalisée de l'école présente une concentration moyenne en mécoprop élevée de 8 µg/L (figure 6). Ce résultat pourrait s'expliquer par la couche bitumineuse d'étanchéité du toit ; en effet, le mécoprop est une matière active utilisée comme agent antiracine qui pourrait être incorporé dans cette couche afin d'empêcher la pénétration des racines. Des études ont montré que cet herbicide, issu de l'hydrolyse du préventol B2 intégré aux membranes, pouvait être lessivé par les eaux de ruissellement des toits leur conférant des concentrations très importantes [BUCHELI *et al.*, 1998 ; PILLONEL *et al.*, 2009 ; VIALLE *et al.*, 2013 ; WITTMER et BURKHARDT, 2009]. Cet élément est également rencontré dans les eaux des autres sites avec des concentrations bien inférieures (0,04-0,86 µg/L). Il est difficile de faire la part entre une source liée à une éventuelle application de cet herbicide sur le site ou à une perte constante en provenance des nombreuses toitures végétalisées du site [WITTMER et BURKHARDT, 2009].

La présence du glyphosate et de l'AMPA (produit de dégradation du glyphosate) dans les eaux de la noue et du ruisseau (0,22-0,56 µg/L) est cohérente avec une utilisation de glyphosate pour l'entretien de certains bâtiments à proximité de ces deux lieux (cf. § 2. Les pratiques d'entretien exercées des surfaces). De la carbendazime a été quantifiée en très faible quantité dans la noue et le ruisseau (0,04-0,06 µg/L) ; pourtant, son utilisation comme produit

DESINFECTION EN EAUX USÉES

TrojanUVSonus est idéal pour le traitement des eaux usées nécessitant une désinfection UV. La Technologie TrojanUV SOLO lamp fournit à la fois un système à haute énergie et à haut rendement électrique, tout en diminuant significativement le nombre de lampes. La disposition originale des lampes inclinées, porte au maximum les performances de désinfection et réduit au minimum les pertes de charge. Faites votre choix parmi des fonctionnalités standard et des options adaptées à votre budget et à votre projet.

Plus d'informations sur trojanuv.com/fr/trojanuvsonus

TROJANUV



AQUASYS
Hydrotechnologie

Assistance à la conception, fourniture et pose d'équipements pour l'assainissement



Clapets de chasse



Augets basculants



Régulateurs de débits



Décanteurs lamellaires



Protection de déversoirs d'orage

AQUASYS Hydrotechnologie 15 Rue du joli point de vue 93250 VILLEMOMBLE - FRANCE
Tél : 01.48.54.09.05 / E-mail : saquasys@aol.com / Site : www.aquasys-hydrotechnologie.fr

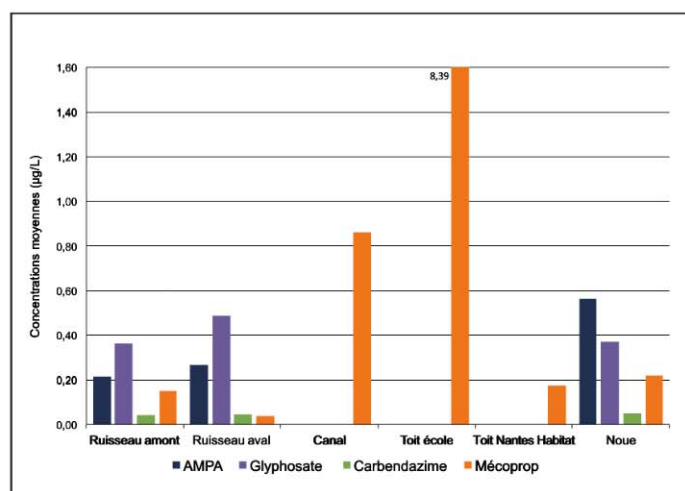


Figure 6. Concentrations en pesticides dans les eaux des ouvrages alternatifs de l'écoquartier Bottière Chénaie

phytopharmaceutique est interdite en France depuis 2008. Il pourrait provenir de peintures extérieures pouvant comporter des fongicides [BURKHARDT *et al.*, 2007].

Enfin, il est constaté qu'un plus grand nombre d'éléments est décelé dans les eaux du ruisseau. Le cours d'eau draine une surface importante et est l'exutoire des eaux pluviales du Pin Sec, de Jules Vernes et du canal, ce qui pourrait expliquer ce constat.

La réglementation européenne pour les eaux destinées à la consommation humaine prévoit une limite de qualité de 0,1 µg/L pour chaque pesticide et de 0,5 µg/L pour la concentration totale en pesticides [DIRECTIVE n° 98/83/CE]. Seules les eaux issues de

la toiture végétalisée de Nantes Habitat ne dépassent pas ce seuil de 0,5 µg/L. Parmi les pesticides étudiés, seul l'isoproturon possède une norme de qualité environnementale (0,3 µg/L) qu'il ne dépasse d'ailleurs pas.

3.3. Comparaison de la qualité des eaux pluviales de l'écoquartier avec celles du Pin Sec

En comparant ces premiers résultats avec les concentrations en métaux obtenues lors de précédentes études (tableau IV) [LAMPREA, 2009 ; GASPERI *et al.*, 2014] à l'exutoire du réseau d'eaux pluviales du bassin versant du Pin Sec, il apparaît que les teneurs mesurées sur l'écoquartier dans le ruisseau, le canal et la noue sont globalement semblables (As, Cr, Cu et Ni), voire plus faibles pour certains éléments (Pb, Ti et Zn) par rapport au Pin Sec. Cependant, des concentrations plus élevées en Sr sont constatées sur l'écoquartier (47-94 µg/L) (Test Kruskal Wallis : = 0,05) ; il semblerait donc que l'apport en Sr soit localisé. Les embruns marins, la centrale thermique à charbon à l'ouest de la ville de Nantes (Cordemais) et le trafic automobile ne peuvent expliquer à eux seuls ces teneurs [CAPO *et al.*, 1998 ; ATSDR, 2004 ; APEAGYEI *et al.*, 2011]. Elles pourraient être engendrées également par les matériaux de l'écoquartier ; en effet, le chromate de strontium peut être utilisé comme pigment résistant à la corrosion dans les peintures et pour le revêtement des métaux [CSST, 1995 ; CNAMTS, 2010 ; CMR, 2013]. Enfin, les eaux issues

	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Sr	Ti	V	Zn
Ruisseau, canal, noue (cette étude) Écoquartier	3,4-6,0	0,6-1,4	4,6-28,4	2,5-4,5	1,4-7,0	51,4-94,4	1,6-6,9	1,9-4,2	70,3-106,8
Exutoire réseau EP ¹ Pin Sec	4,0	1,5	14,8	3,1	16,2	29,0	26,4	4,1	126,3
Exutoire réseau EP ² Pin Sec	–	7,5	31,0	5,0	21,0	–	–	–	146,0
Toit école, toit Nantes Habitat (cette étude) Écoquartier	2,3-3,4	0,8-1,6	14,2-14,6	7,6-14,3	14,8-229,9	34,0-53,6	4,0-11,6	5,8-11,6	385,7-130,5
Toit ardoise ³ Pin Sec	0,9	1,0	4,3	2,8	4,1	2,8	1,1	0,4	1 224,2
Toit en tôle de zinc ³ Pin Sec	0,2	4,5	4,2	2,5	9,2	5,6	2,2	0,5	4 239,1

Cette étude : concentrations moyennes min.-max. ; ¹Gasperi *et al.*, 2014 ; Delamain, 2013 : concentrations moyennes ; ²Lamprea, 2009 : concentrations médianes ; ³Delamain, 2013 : concentrations moyennes. EP : eaux pluviales.

Tableau IV. Concentrations métalliques (µg/L) obtenues sur le bassin versant du Pin Sec et l'écoquartier

	AMPA	Glyphosate	2,4 MCPA	Carbendazime	Mécoprop
Ruisseau, canal, noue (cette étude) Écoquartier	0,2-0,6	0,4	< LQ	0,04-0,05	0,04-0,9
Exutoire réseau EP¹ Pin Sec	0,3 (<LQ-1,5)	0,4 (0,1-1,6)	< LQ	0,2 (<LQ-0,5)	< LQ
Toit école, toit Nantes Habitat (cette étude) Écoquartier	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,2-8,4
Toit bitume² Pin Sec	< LQ	< LQ-0,2	–	–	0,06-1,0
Toit en tuile² Pin Sec	< LQ	< LQ-0,2	–	–	< LQ-0,05

Cette étude : concentrations moyennes min.-max. ; ¹Gasperi et al., 2014 : concentrations moyennes et concentrations min et max. ; ²Lamprea, 2009 : concentrations min et max. LQ : limite de quantification ; EP : eaux pluviales.

Tableau V. Concentrations en pesticides (µg/L) obtenues sur le bassin versant du Pin Sec et l'écoquartier

des toits végétalisés de l'écoquartier sont plus chargées en métaux que celles issues de toits en ardoise ou en tôle de zinc sur le bassin versant du Pin Sec [DELAMAIN, 2013]. Seules les concentrations en Zn sont bien moins importantes (386-1 131 µg/L). Ces résultats sont particulièrement dépendants des caractéristiques des toitures notamment des matériaux : structures galvanisées, couche bitumineuse. En ce qui concerne les pesticides, les concentrations obtenues dans les eaux de la noue, du canal et du ruisseau des Gohards sont globalement identiques à celles observées à l'exutoire du réseau d'eaux pluviales du bassin versant du Pin Sec (tableau V). Cependant, il convient de rester prudent ; les résultats sont extrêmement variables d'une campagne à l'autre puisqu'ils sont plutôt dépendants d'une pollution ponctuelle (utilisation de pesticides). Ainsi, des éléments peuvent être détectés lors de certaines campagnes et ne pas l'être les campagnes suivantes. Les eaux issues des toitures végétalisées de l'écoquartier se démarquent par des concentrations plus élevées en mécoprop. LAMPREA [2009] avait déjà remarqué des teneurs plus importantes sur un toit en bitume au regard des autres types de toits du bassin versant du Pin Sec.

Conclusion et perspectives

Cette étude était l'occasion d'observer l'influence des pratiques d'entretien des surfaces de l'écoquartier Bottière Chénaie et d'un bassin versant adjacent

(Pin Sec) sur la qualité des eaux pluviales. Dans un contexte de développement durable, ces pratiques semblent avoir changé au profit de méthodes alternatives naturelles aussi bien sur l'écoquartier que sur le bassin versant du Pin Sec. Ce changement vient en premier lieu des structures publiques (Nantes Métropole, ville de Nantes, Nantes Habitat) qui mettent en avant la culture de l'herbe en ville. Même si certaines structures utilisent encore aujourd'hui des produits phytosanitaires, elles commencent à s'orienter vers l'utilisation de moyens plus naturels.

Globalement, les résultats obtenus au cours de ce suivi de polluants ne révèlent pas une différence significative de la qualité des eaux pluviales entre le bassin versant du Pin Sec et l'écoquartier. Toutefois, les effluents éventuellement pollués du bassin versant du Pin Sec se déversent directement dans le milieu naturel aquatique (ruisseau des Gohards), alors que ce n'est pas le cas sur l'écoquartier. En ce sens, la gestion « zéro tuyau » propre à l'écoquartier s'avère être plus durable que celle d'un séparatif avec un rejet dans le milieu naturel aquatique.

L'emploi d'herbicide par certains organismes est à l'origine de la détection du glyphosate et de l'AMPA (produit de dégradation du glyphosate) aussi bien sur l'écoquartier que sur le bassin versant du Pin Sec. Quant au mécoprop, il apparaît en quantité dans les eaux issues du ruissellement sur les toitures végétalisées de la ZAC Bottière Chénaie. Il proviendrait de

la couche bitumineuse d'étanchéité de ces dernières. Ces toitures végétalisées ont également révélé des concentrations métalliques plus élevées (sauf en zinc) que celles mesurées dans les eaux de ruissellement des toits en ardoise et en tôle de zinc du bassin versant du Pin Sec. L'utilisation de toitures végétalisées pour la dépollution des eaux pluviales soulève donc de nombreux questionnements. Pour parvenir à cet objectif, il est nécessaire de dimensionner ces structures en choisissant des matériaux relarguant peu de polluants. Pour ce faire, il convient d'améliorer les connaissances sur ces matériaux ainsi que sur les mécanismes en œuvre pour permettre une sélection appropriée des couches de substrat et de drainage [SCHWAGER *et al.*, 2013]. Enfin, l'écoquartier dont la plupart des concentrations en métaux sont proches de celles du bassin versant du Pin Sec s'est pourtant démarqué par des concentrations en Sr plus importantes (47-94 µg/L). Elles pourraient être engendrées par des matériaux contenant du chromate de strontium. Cette hypothèse reste cependant à vérifier.

Lors de futurs travaux, il serait intéressant de s'attacher aux retombées atmosphériques. De cette manière, il serait possible de réaliser un bilan sur le rôle réel des toitures végétalisées sur la qualité des eaux pluviales. La mise en place d'une instrumentation

mesurant le débit en sortie des toitures et sur le canal permettrait d'évaluer les flux de polluants en jeu sur l'ensemble du site ; en effet, des débitmètres sont déjà en place à l'aval du ruisseau ouvert des Gohards et de la noue. Par ailleurs, deux études ont mis en avant une relation entre relargage du mécoprop par les couches bitumineuses et accroissement de la température [BUCHELI *et al.*, 1998 ; VIALLE *et al.*, 2013] ; il serait donc intéressant de s'attacher à ce paramètre en considérant une étude d'un an. Enfin, les ouvrages alternatifs étudiés sont relativement récents ; leur comportement est donc différent de celui qu'ils auront dans 20 ans, par exemple. Un suivi à long terme permettrait de voir l'évolution des concentrations et le rôle éventuel du relargage de polluants par les matériaux au cours du temps.

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre de l'opération de recherche « Gérer durablement les eaux pluviales en zones urbaines » (GDEP). Il a été financé par l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema). Nous remercions l'équipe du Laboratoire Eau et Environnement de l'Ifsttar (Nantes), l'IDAC Laboratoire d'analyses, la ville de Nantes, Nantes Métropole et Nantes Habitat qui nous ont permis de réaliser cette étude.

Bibliographie

APEAGYEI E., BANK M.S., SPENGLER J.D. (2011) : « Distribution of heavy metals in road dust along an urban-rural gradient in Massachusetts ». *Atmospheric Environment* ; 45 : 2310-23.

ATSDR (2004) : *Toxicological profile for strontium*. Agency for Toxic Substances and Disease registry, US Department for Health and Human Services, Atlanta (États-Unis), 387 p.

BARBOSA A.E., FERNANDES J.N., DAVID L.M. (2012) : « Key issues for sustainable urban stormwater management ». *Water Research* ; 46 : 6747-98.

BLANCHOU H., FARRUGIA F., MOUCHEL J.M. (2004) : « Pesticide uses and transfers in urbanized catchments ». *Chemosphere* ; 55 : 905-13.

BUCHELI T.D., MÜLLER S.R., VOEGELIN A., SCHWARZENBACH R.P. (1998) : « Bituminous roof sealing membranes as major sources of the herbicide (R,S)-mecoprop in roof-runoff waters: potential contamination of groundwater and surface waters ». *Environmental Science & Technology* ; 32 : 3465-71.

BURKHARDT M., KUPPER T., HEAN S., HAAG R., SCHMID P., KOHLER M., BOLLER M. (2007) : « Biocides used in building materials and their leaching behavior to sewer systems ». *Water Science and Technology* ; 56 : 63-7.

CAPO R.C., STEWART B.W., CHADWICK O.A. (1998) : « Strontium isotopes as tracers of ecosystem processes: theory and methods ». *Geoderma* ; 82, 197-225.

CMR (2013) : Dichromate de Strontium. Consultable sur : [http://www.substitution-cmr.fr/index.php?id=112&tx_kleecmr_pi3\[uid\]=75&tx_kleecmr_pi3\[onglet\]=4&cHash=76cca88775](http://www.substitution-cmr.fr/index.php?id=112&tx_kleecmr_pi3[uid]=75&tx_kleecmr_pi3[onglet]=4&cHash=76cca88775)

CNAMTS (2010) : *Fiche d'aide à la substitution : Produit à substituer, Chromate de Strontium*. FAS 27.

CSST – Service du répertoire toxicologique (1995). *Chromate de strontium*. En ligne : http://www.reptox.csst.qc.ca/Produit.asp?no_produit=89987

DELAMAIN M. (2013) : *Étude comparative des polluants métalliques issus de trois bassins versants urbains* :



Syndicat Intercommunal d'Eau et d'Assainissement de Mayotte

NOS MISSIONS :

Eau potable : produire et distribuer une eau potable de bonne qualité à l'ensemble de la population.

Assainissement : collecter et traiter les eaux usées domestiques et industrielles via les stations d'épuration.

BP 289 – ZI Kawéni
97600 MAMOUZOU
Tél : 02 69 62 11 11 - Fax : 02 69 61 55 00
e-mail : sieam@sieam.fr
site Internet : www.sieam.fr



*L'eau est précieuse,
préservons-la...*



9 C O N F É R E N C E

l'eau dans la ville

Le rendez-vous des acteurs de la ville et de l'eau

UNE OPPORTUNITÉ UNIQUE EN FRANCE POUR n 1, 2 ou 3
pratiques dans des villes du monde entier, des dernières
innovations techniques.

210

communications

30

pays représentés

41

retours d'expériences

résultats de recherche

DES FORMATS D'ÉCHANGES DIVERSIFIÉS POUR croiser les approches et faire dialoguer tous
les acteurs : conférences, ateliers interactifs, séances postérieures et vidéos.

**Aménagement urbain
et planification**



**Ouvrages de gestion
des eaux pluviales**



**Polluants
pluviaux**



**Système d'assainissement
et bassin versant**



EcoCampus LyonTec
La Doua, Villeurbanne
Contact : Sarah Scarr
novatech@grai.org
T +33 (0)4 72 43 70 00

www.novatech.grai.org

**NOVA
TECH**
Lyon 2016

grai INSA

Chassieu (Lyon), Pin Sec (Nantes) et Sucy-en-Brie (Paris). Ifsttar, rapport projet INOGEV, 1-120.

DIRECTIVE n° 2000/60/CE du 23 octobre 2000 : établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.

DIRECTIVE n° 98/83/CE du 3 novembre 1998 : relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

GASPERI J., SEBASTIAN C., RUBAN V., DELAMAIN M., PERCOT S., WIEST L., et al. (2014) : « Micropollutants in urban stormwater: occurrence, concentrations and atmospheric contributions for a wide range of contaminants on three French catchments ». *Environmental Science and Pollution Research* ; 21(8) : 5267-81.

HAUTBOIS O., MENETRIEUX C., DEMIAUTTE J.P., TRINCAT A.M. (2011) : *Étude sur la gestion de l'eau dans les projets présentés à l'appel à projets ÉcoQuartiers 2009*. Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, Rapport, 5 – 178.

JANKOWFSKY S. (2012) : *Urban water balance and impact of water sensitive urban design on the catchment water balance*. IFSTTAR, Rapport projet ANR Vegdud, 35.

LAMPREA D.K. (2009) : *Caractérisation et origine des métaux traces, hydrocarbures aromatiques polycycliques et pesticides transportés par les retombées atmosphériques et les eaux de ruissellement dans les bassins versants séparatifs péri-urbains* [thèse]. Laboratoire central des Ponts et Chaussées (LCPC), Nantes.

LE BARBU M. (2012) : *Connaissance des pratiques d'entretien des surfaces sur un petit bassin versant urbain*. Onema, Rapport.

PILLONEL C., HITZFELD B., BURKHARDT M. (2009). *Informations concernant le mécoprop contenu dans les couches bitumineuses des toitures végétalisées*. Office fédéral de l'environnement (Ofev) et Eawag Aquatic Research, réf. 131-0459. En ligne : http://www.vbhs.ch/uploads/media/Information_Mecoprop_contenu_dans_les_toits_vegetalises_fr.pdf

RODRIGUEZ F., BICZYSKO A., FLAHAUT B., JANKOWFSKY S., MOSINI M.L., ROUAUD J.M. (2012) : *Modélisation et mesure du fonctionnement hydrologique d'un quartier aménagé avec des techniques alternatives, l'exemple de l'écoquartier Bottière Chénaie*. Atelier ÉcoQuartiers en Lorraine.

SCHWAGER J., RUBAN V., MOREL J.L., CLAVERIE R., IRLES A., THIRIAT J. (2013) : « Identification des phénomènes prépondérants de transferts des métaux entre eaux de pluie et toitures végétalisées ». *Proceedings International Conference Novatech*.

VIALLE C., SABLAYROLLES C., SILVESTRE J., MONIER L., JACOB S., HUAU M.-C. (2013) : « Pesticides in roof runoff: study of a rural site and a suburban site ». *Journal of Environmental Management* ; 120 : 48-54.

WITTMER I., BURKHARDT M. (2009) : « Dynamique des rejets de biocides et de pesticides ». *Eawag News* ; 671 : 8-11.

ZGHEIB S., MOILLERON R., CHEBBO G. (2012) : « Priority pollutants in urban stormwater. Part 1 – Case of separate storm sewers ». *Water research* ; 46 : 6683-692.

Résumé

M. DELAMAIN, V. RUBAN, F. RODRIGUEZ

Comparaison des pratiques d'entretien des surfaces urbaines entre le bassin versant du Pin Sec (Nantes) et un écoquartier adjacent. Cas des pesticides et des métaux

L'imperméabilisation, engendrée par l'expansion urbaine, accroît le ruissellement des eaux de pluie dans les villes. Ce phénomène affecte les écosystèmes en facilitant le transfert de polluants. La gestion des eaux de ruissellement dans les zones urbaines est donc un véritable enjeu. Cette étude a pour objectif l'identification des sources de polluants en s'intéressant aux pratiques d'entretien des surfaces de deux sites nantais (bassin versant du Pin Sec et écoquartier Bottière Chénaie). Elle vise également à évaluer l'impact de la gestion alternative sur la qualité des eaux de ruissellement en se focalisant sur les métaux et les pesticides. Les résultats mettent en avant un changement de pratiques aussi bien chez les professionnels que chez les particuliers se traduisant par une faible utilisation des produits phytosanitaires au profit de

moyens naturels. Malgré la présence d'ouvrages alternatifs (noue, toitures végétalisées, bassins de rétention) sur l'écoquartier, la qualité des eaux de ruissellement est plutôt identique à celle du bassin versant du Pin Sec. Les mêmes éléments sont présents majoritairement sur les deux sites : zinc, strontium et cuivre. Cependant, les eaux de l'écoquartier sont plus chargées en strontium (47 à 94 µg/L) par rapport au Pin Sec (34 µg/L). L'utilisation de pesticides par certains acteurs est à l'origine de la quantification du glyphosate et de son produit de dégradation (AMPA) sur les deux sites. Des teneurs anormales en mécoprop (13 µg/L) apparaissent dans les eaux issues des toitures végétalisées de l'écoquartier Bottière Chénaie. Elles proviendraient d'un agent antiracine présent dans la couche bitumineuse d'étanchéité des toits.

Abstract

M. DELAMAIN, V. RUBAN, F. RODRIGUEZ

Comparison of the practices of maintenance of urban surfaces between the Pin Sec catchment (Nantes) and a neighboring ecodistrict. Case of the pesticides and metals

The waterproofing due to the urban expansion increases runoff in cities. This phenomenon affects the ecosystems by facilitating the transfer of pollutants. The management of runoff water in urban areas is thus a real stake. The objective of this study is the identification of the sources of pollutants by being interested in the practices of maintenance of the surfaces of two sites of Nantes (the Pin Sec catchment and the ecodistrict Bottière Chénaie). It also aims at estimating the impact of the best management practices on the quality of runoff water by focusing on metals and pesticides. The results show a change of practices both by professionals and individuals resulting in a reduction of the use of pesticides for the benefit of natural gardening. In spite of the presence of best management

practices (swales, vegetated roofs, retention ponds) on the ecodistrict, the quality of runoff water is rather identical to that of the Pin Sec catchment. The same elements are present mainly on both sites : zinc, Strontium and Copper. However, Strontium concentrations in runoff waters of the ecodistrict (47 - 94 µg/L) are higher than those of the Pin Sec catchment (34 µg/L). The use of pesticides by certain actors is at the origin of the quantification of the glyphosate and its product of degradation (AMPA) on both sites. Abnormal contents in Mecoprop (13 µg/L) appear in waters stemming from vegetated roofs of the ecodistrict Bottière Chénaie. They would come from an agent anti-root present in the bitumen roof coating.





**Une solution facile de télégestion ?
Pensez Flexy !**

**eWON Flexy routeur :
Télérelève et télégestion
de sites distants**

Télésurveillance :

- Notification d'alarmes
- Visualisation web
- Tableau de bord à distance

Historisation des données :

- Envoi sur serveur FTP distant
- Format CSV/TXT ou Base de données MySQL



www.ewon.fr

Groupe 2AR

04 77 92 03 56