



Les moustiques dans les ouvrages de gestion alternative des eaux pluviales en ville ?

| Retour sur l'Étude exploratoire OTHU 2016 |

Exemple des bassins d'infiltration et rétention de la Métropole de Lyon

Résumé

Les techniques de gestion alternative des eaux pluviales en zone urbaine sont parfois suspectées de contribuer au développement de moustiques qui constituent une véritable gêne voire des risques potentiels pour les riverains. Une étude exploratoire initiée en 2016 par la Métropole de Lyon, le GRAIE, l'OTHU et l'Université de Lyon a donc été menée. Des échantillons de larves de moustiques ont été prélevés dans les zones restées en eau sur différents ouvrages (bassins de retenue, d'infiltration, toitures végétalisées et noues) ; zones dans lesquelles les moustiques peuvent se développer. Un protocole précis a été mis en place comprenant : (1) la capture des larves dans l'eau à l'aide d'un filet dans les bassins ou à l'aide d'une pipette sur les toitures végétalisées, (2) la description précise des caractéristiques des ouvrages, des berges et du fond et (3) des mesures ponctuelles (température, conductivité électrique, oxygène dissous) à chaque campagne de prélèvement.

L'étude a permis d'échantillonner quatre espèces autochtones uniquement dans les bassins. Les espèces capturées sont non vectrices d'agents pathogènes (aucun moustique "tigre"). Les premiers gîtes colonisés sont les parties d'ouvrages les plus artificielles (principalement à fond et berges bétonnés). Une conclusion importante de cette étude est que les noues et toitures végétalisées, si elles sont bien entretenues, ne sont pas des gîtes favorables à ces organismes et que les eaux résiduelles présentes dans les bassins ne permettent pas le développement d'espèces vectrices d'agents pathogènes.

Cadre général et contexte

Dans un contexte de mondialisation des échanges commerciaux, l'installation d'espèces dans de nouvelles aires géographiques, notamment sur le territoire européen, est fréquente et fait craindre l'importation de maladies, éventuellement graves (paludisme, fièvre jaune, dengue, fièvre du Nil occidental, les virus Chikungunya ou Zika), associées à ces nouveaux vecteurs.

Les ouvrages alternatifs de gestion des eaux pluviales introduisent de la biodiversité à l'intérieur de la ville et sont parfois suspectés de constituer des gîtes pour ces nouveaux vecteurs, tels que les moustiques. Ces craintes et ces interrogations du public doivent être écoutées. En effet, les bassins de rétention et d'infiltration d'eau de pluie, voire les noues ou les toitures végétalisées retiennent de l'eau de pluie, constituant de petites surfaces d'eau stagnante sur des durées plus ou moins grandes qui peuvent être favorables au cycle de développement des moustiques (Figure 2a).

Peu d'études scientifiques de terrain, sur plusieurs sites et à plusieurs dates n'existaient pour vérifier ou réfuter ces craintes. C'est pourquoi l'OTHU (Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine), la Direction de l'eau de Métropole de Lyon et le GRAIE (Groupe de Recherche Rhône Alpes sur les Infrastructures et l'Eau) ont lancé une étude exploratoire. Elle a été menée au cours de l'année 2016 par le laboratoire LEHNA de l'Université de Lyon pour confronter ces hypothèses à des données de terrains et formaliser des préconisations simples de conception et de gestion des ouvrages.

Objectifs de ce document

- (1) Rappeler quelques éléments de contexte sur les moustiques et les eaux pluviales en zones urbaines
- (2) Décrire les méthodologies à mettre en œuvre pour estimer la composition et la densité des communautés de moustiques dans les ouvrages de gestion alternative des eaux pluviales
- (3) Prendre connaissance des résultats de l'étude Métropole de Lyon / OTHU et ainsi mieux connaître les communautés de Culicidés (moustiques), leur développement dans les bassins de rétention et/ou d'infiltration et les toitures végétalisées, et de proposer aux collectivités quelques premières dispositions constructives d'ouvrages à respecter pour éviter leur développement.

1 Pourquoi rechercher des moustiques dans les techniques alternatives de gestion des eaux pluviales ?

1. Des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales (TA) existent :

- Elles suivent deux principes majeurs : la rétention et l'infiltration dans les sols si possible "à la source" au plus proche du lieu où la pluie tombe (dans les fossés, les noues, les tranchées et bassins d'infiltration).

2. Ces techniques présentent divers avantages :

- Elles sont souvent basées sur l'utilisation d'ouvrages végétalisés. Au-delà de jouer un rôle primordial dans le cycle de l'eau et le climat en milieu urbain, elles contribuent à la construction d'un nouveau patrimoine paysager, culturel, social et naturel. Elles hébergent en effet une biodiversité riche et encore mal connue.

3. Les moustiques peuvent-ils se développer dans ces ouvrages ?

- Les noues et les toitures végétalisées ne devraient pas conserver d'eau et le dimensionnement des ouvrages de rétention et d'infiltration est tel que le temps de vidange est limité à 24 - 48 heures. Ces techniques ne devraient pas être, *a priori*, des gîtes favorables au développement des moustiques, le développement se faisant *a minima* en 5 jours. Seuls des défauts d'entretien, de conception, de réalisation pourraient permettre une rétention plus longue de l'eau et le développement larvaire de moustiques.



2 Les moustiques en zones urbaines

• La diversité des moustiques - généralités

Les moustiques sont des insectes Diptères de la famille des "Culicidés" représentés par plus de 3500 espèces dans le monde. Les moustiques se développent en deux phases : une phase larvaire strictement aquatique thermo-dépendante et une phase adulte aérienne.

Le développement larvaire peut durer entre 5 jours et 3 mois selon la température de l'eau (thermo-dépendance) et la disponibilité des ressources alimentaires (ils consomment de petits organismes planctoniques). Suite à leur émergence hors de l'eau, des femelles adultes recherchent les protéines nécessaires à la maturation de leurs œufs grâce à deux repas de sang sur différents hôtes (mammifères, oiseaux, reptiles...). Parmi les 37 espèces recensées en Rhône-Alpes, seulement une dizaine d'espèces piquent l'Homme.

En France, on rencontre des larves de moustiques dans la quasi-totalité des pièces d'eau stagnante. Les gîtes larvaires sont variés, qu'ils soient en surface ou dans des abris souterrains, en eau permanente ou temporaire, au faciès naturel ou artificiel, avec des eaux oligotrophes ou eutrophes (eaux particulièrement pauvres ou riches en éléments nutritifs). Les moustiques utilisent une large gamme d'habitats tant que ceux-ci conservent de l'eau stagnante à *minima* 5 jours (pour de nombreuses espèces).

Si l'on prend comme exemple les zones urbanisées de la Métropole du Lyon, en 2016, quatre espèces ont été fréquemment rencontrées dans les techniques alternatives de gestion des eaux pluviales (Figure 1) :

- *Culex pipiens* (« le moustique urbain ») : espèce autochtone et fréquemment rencontrée en Rhône-Alpes généralement de mai à octobre. Il possède un développement larvaire de 7 et 8 jours dans une eau à 30°C. Il est ubiquiste, anthropophile et ornithophile.
- *Culex hortensis* : espèce autochtone en Rhône-Alpes, larves présentes du mi-printemps jusqu'à l'automne. Ses habitats sont divers, généralement artificiels comme des cuves en pierre servant d'abreuvoirs, ou plus naturels comme le bord de mares. Ses cibles sont les reptiles et les amphibiens.



- *Anopheles maculipennis sensu lato* : espèce autochtone fréquemment rencontrée en Rhône-Alpes, présente généralement dans les cours d'eau relativement propres comportant des zones stagnantes permanentes et fraîches. Son développement larvaire est relativement lent, 19 jours dans une eau à 23°C. Il est anthropophile.
- *Culiseta longiareolata* : espèce autochtone de la région Rhône-Alpes, présente dans une grande diversité de gîtes généralement riches en matière organique. Il est ornithophile.



Culex pipiens © wikipedia



Culex hortensis ©

Eugène Vandebeulque — Licence CC BY NC



Anopheles maculipennis ©

<http://www.dezino.pl/>



Culiseta longiareolata © Pierre Gros 2011

Figure 1 : Différentes espèces de moustiques rencontrées en Rhône Alpes

- Zoom sur le moustique tigre (*Aedes albopictus*)

Le moustique tigre (*Aedes albopictus*, Figure 2b) est rencontré en France pour la première fois en 1999 et s'installe à partir de 2004 sur le littoral méditerranéen, il remonte progressivement sur le territoire. Il est considéré aujourd'hui comme implanté dans le Rhône.

Ce moustique originaire d'Asie du Sud-Est est anthropophile et actif de jour comme de nuit. C'est un moustique de petite taille (plus petit qu'une pièce d'un centime d'euro) ne dépassant pas 1 cm d'envergure. Les larves (Figure 2c) et adultes sont retrouvés d'avril à novembre avec un pic d'abondance en août et septembre.

La distance de vol des adultes est limitée, généralement de 200 mètres en zone dégagée autour du site de naissance. Leurs gîtes larvaires naturels sont des bambous, des creux d'arbres ou de rochers. La ponte a lieu au-dessus de la surface de l'eau dans des gîtes de petites surfaces (inférieures à 10 m²), sombres, rugueux présentant des parois verticales.

En zone urbaine, ces gîtes larvaires peuvent être des bouches d'égout, des bidons de récupération d'eau pluviale, des vases, des gouttières, des pneus et divers récipients de petite taille.

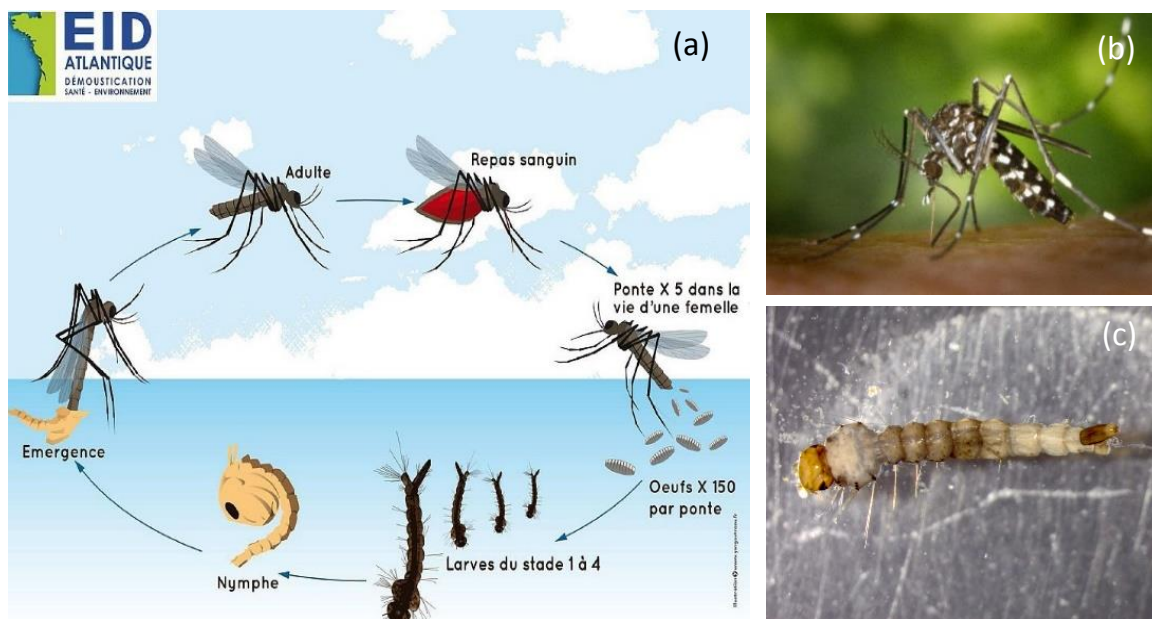


Figure 2 : (a) Cycle de vie des moustiques tigres, (b), moustique tigre adulte
 CDC / James Gathany ©) larves de moustique tigre (c)

3 Comment connaître et échantillonner les moustiques au sein de techniques alternatives en zone urbaine ?

La méthode la plus simple pour identifier les moustiques rencontrés en zone urbaine est une identification larvaire.

- Dans les bassins de rétention et d'infiltration : on prélève les larves avec un filet (Figure 3) sur les berges et au centre de l'habitat en eau et sur une distance donnée (et notée) dans différentes directions. On vide ensuite le contenu du filet dans une bassine blanche pour prélever à la pipette les larves et nymphes pour les transférer dans un pilulier rempli d'eau du site. Les zones parcourues par le filet contribuent à l'évaluation distances parcourues par le filet et la surface de celui-ci permettent d'évaluer la densité de larves et nymphes au mètre carré.
- Sur les toitures végétalisées : On effectue un contrôle visuel en surface pour identifier les zones de persistance d'eau, on examine les équipements associés (regards d'eau pluviale et bacs de rétention). En cas de présence d'eau, toute l'eau est prélevée avec une pipette et transférée dans un pilulier.
- Dans les noues, tranchées, jardins de pluie : ces structures n'ont pu être échantillonnées car lorsqu'elles sont conçues dans les règles de l'art et bien entretenues, elles ne présentent pas d'eau accessible ou d'ouvrages annexes où l'eau puisse stagner sur une faible hauteur, ce qui a été le cas des dispositifs présélectionnés.

Les larves sont ensuite, ramenées au laboratoire en prenant garde à ne pas secouer le pilulier (risque de noyade) puis mises en élevage pour identification au sein d'émergeoires (Schaffner *et al.* 2001, EIRAD 2016 ; Figure 4). L'identification se fait ensuite avec une loupe binoculaire, le logiciel d'identification, par exemple « Les moustiques d'Europe » (Schaffer *et al.*, 2001), ou des clés d'identification des mâles, des femelles et des larves (Becker *et al.*, (2010) ou encore les documents édités par l'EID Rhône-Alpes (2016).

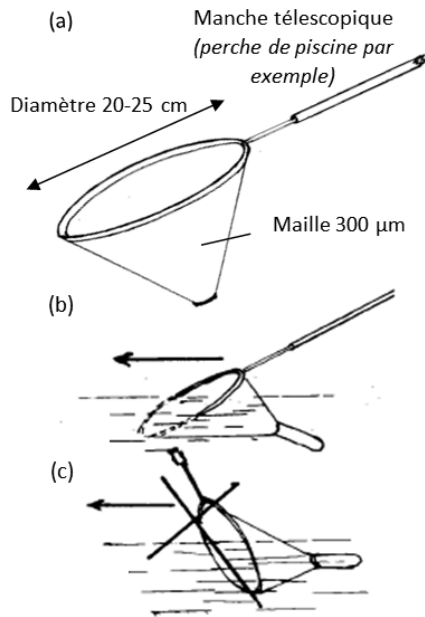


Figure 3: (a) Filet utilisé pour les prélèvements dans les bassins, (b) bonne méthode de prélèvement, (c) mauvaise méthode (© WHO, 1975)

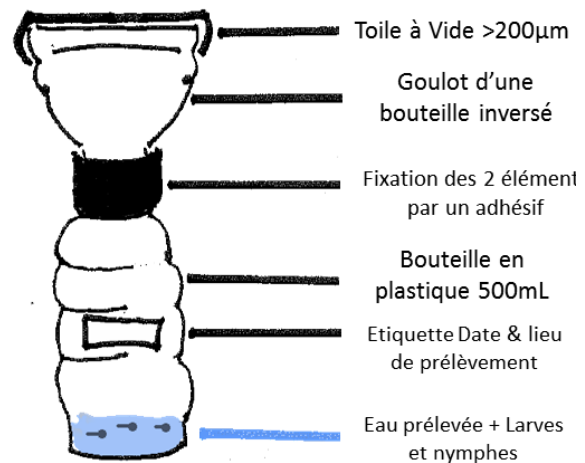


Figure 4 : Émergeoire pour les larves de moustiques « Home made »

Description du site d'échantillonnage

Simultanément aux prélèvements larvaires, une description du bassin versant est conseillée (source Corine Land Cover 2012, ArcGIS), ainsi qu'une description des matériaux constituant le fond et les berges des habitats échantillonnés (béton, géomembrane, végétation, graviers...) avec leur surface de recouvrement.

La hauteur d'eau (m), la conductivité électrique de l'eau ($\mu\text{S}/\text{cm}$), la température ($^{\circ}\text{C}$), la concentration en oxygène dissous en surface et au fond (mg/L et % du taux de saturation) ont été mesurées *in situ* grâce à une sonde mobile multi paramètres.

4 Résultats de l'étude

L'étude exploratoire lancée en 2016 par la Métropole de Lyon et l'OTHU, a permis d'échantillonner de nombreux sites potentiels de reproduction des moustiques en zone urbaine :

- 2 systèmes de rétention **enterrés**
- 13 bassins de rétention et/ou infiltration **à ciel ouvert**
- soit un total, de **26 habitats en eau** au sein des bassins (zones humides, décanteurs/déshuileurs, rigoles d'alimentation, flaques d'eau, mares, patches de végétation en eau)
- **2 toitures végétalisées** (prospectées en juin, septembre, octobre et novembre)

Aucune **noue** ou **tranchée** d'infiltration n'ont pu être échantillonnées du fait de l'absence d'eau stagnante en quantité et durée suffisante.

Les 26 habitats ont été échantillonnés une fois par mois, de mai à novembre 2016 (août exclu). Deux toitures végétalisées ont été prospectées en juin et septembre.

Quatre conclusions principales émergent de cette étude : (1) aucun moustique n'a été observé sur les toitures végétalisées, dans les noues ou les tranchées, (2) quatre espèces de moustiques fréquents en Rhône-Alpes et non porteurs de pathogènes ont été collectés dans les bassins de rétention et/ou infiltration, (3) le moustique tigre (*Aedes albopictus*) ne colonise pas ce type de bassins, (4) les habitats les plus artificialisés, au fond et aux bords bétonnés ou imperméabilisés (géomembrane), sont les plus rapidement colonisés en début de saison (Figure 5), mais au cours de l'été tous les habitats d'eau stagnante peu profonds sont occupés (voir le mois de juillet sur la Figure 5).

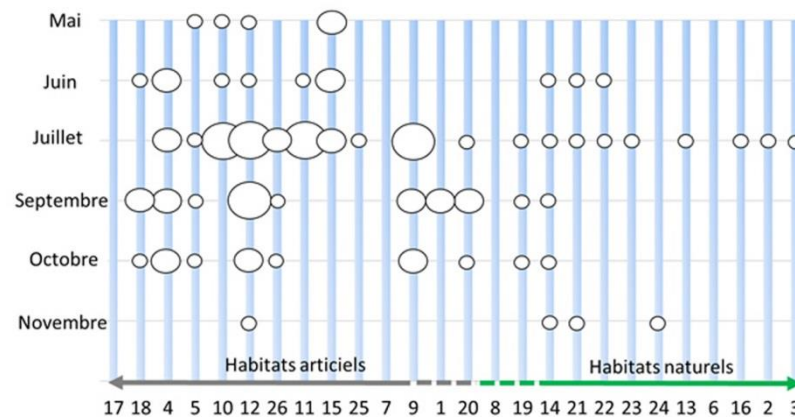


Figure 5 : répartition des moustiques (toutes espèces confondues) au sein de ces 26 habitats classés selon leur coordonnées sur l'axe C1 (taille des cercles = abondances faible [0:20] ; moyenne [20:100] ; élevée >100 individus)

5 Quelques conseils pratiques à retenir suite à cette étude exploratoire – en termes de dispositions constructives des TA – pour éviter le développement de moustiques

Cette étude permet ainsi de proposer quelques premières recommandations pouvant être menées à trois niveaux pour éviter le développement de moustiques (moustique tigre ou autres) : (1) la conception des ouvrages de rétention et d'infiltration, (2) la construction de ces ouvrages et (3) leur entretien.

Conception des techniques alternatives : La présence de bacs de décantation en radier de bassin par exemple, induit une rétention d'eau de plusieurs centimètres pendant de longues périodes. De même, les déshuileurs (avec cloison siphonée) peuvent aussi permettre le développement larvaire de ces espèces. Il conviendrait de retirer ces ouvrages annexes des bassins et de ne pas en implanter de nouveaux.

Construction des ouvrages : Des erreurs peuvent conduire à la constitution de zones d'eau stagnante, que ce soit à cause d'une pose défectueuse de géomembrane tapissant le fond des bassins de retenue formant de nombreuses flaques ou à cause de la pente trop faible de certaines dalles d'alimentation pouvant provoquer la stagnation de l'eau. Il faut aussi insister sur la nécessité de maintenir une zone insaturée suffisante sous le fond du bassin d'infiltration de manière à supprimer toute formation de flaques d'eau alimentées sur de longues durées par la nappe. On estime généralement qu'une hauteur de zone non saturée permanente supérieure à 1 mètre est à imposer lors de la conception. Une meilleure communication entre les acteurs de la gestion des eaux pluviales (constructeurs, gestionnaires de l'environnement) devrait permettre de limiter ces erreurs de construction.



Gestion des ouvrages : Les dépôts de sédiments fins ou la formation de biofilms peuvent conduire au colmatage du fond et induire la formation de gîtes à moustiques. De même pour l'accumulation de macro-déchets faisant obstacle à l'écoulement. Une surveillance régulière et simple de ces ouvrages en période estivale est donc nécessaire pour déclencher des opérations de maintenance. Ceci est d'autant vrai que le colmatage est aussi un facteur de défaillance hydraulique.

PERSPECTIVES :

Deux principales perspectives s'ouvrent à la suite de ces premières études exploratoires :

Tout d'abord, il convient de poursuivre ces observations afin de constituer une base de données sur le moyen et long terme de la présence de moustiques dans les techniques alternatives de gestion des eaux de pluie en ville. Ces données pourraient confirmer nos premiers résultats et nous renseigner sur les tendances à long terme de la dynamique de la biodiversité des *Culicidae* dans la région lyonnaise. En effet, cette région est située sur des axes d'échanges commerciaux favorables aux apports d'espèces exotiques et en bordure de la zone méditerranéenne très sensible aux changements climatiques. Ces suivis à long terme pourraient se dérouler dans le cadre de l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine (OTHU) ou de la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR).

Deuxièmement, il convient de développer une réelle politique de conseils de gestion et de préconisations constructives pour limiter le développement des moustiques dans les techniques alternatives de gestion des eaux pluviales urbaines. L'élaboration de ces conseils, qu'ils se présentent sous forme de fiches techniques ou de stages de formation destinés aux professionnels pourrait être développée au sein du groupe de travail pluvial du GRAIE.

Pour aller plus loin - Références

EIRAD : Entente Interdépartementale Rhône-Alpes pour la Démoustication (2016) 'Clé des larves de moustiques de la Région Rhône-Alpes'

Chappier M.-A., Foussadier R. (2013) 'Réintroduire l'eau dans la ville, mais pas les moustiques ! Risques identifiés et solutions' *TSM – Techniques Sciences Méthodes*, 12, 55-62. <https://doi.org/10.1051/tsm/201312055>

Schaffner, E., Angel, G., Geoffroy, B., Hervy, J.-P., Rhaïem, A., Brunhes, J. (2001) 'Logiciel d'identification et d'enseignement - Les moustiques d'Europe', IRD Éditions [CD-ROM]

World Health Organization (1975) Manual on practical entomology in malaria. Part II. Methods and techniques, Methods and techniques.

CNEV, Guide des bonnes pratiques dans la lutte antivectorielle contre les moustiques à l'attention des collectivités. http://www.cnev.fr/images/pdf/notes_et_avis/gbp%20version%20longue%20a4%20.pdf

→ **A venir en 2017 : Articles scientifiques OTHU détaillés soumis à TSM et Urban Water incluant une revue des études à l'international**

Rédacteurs : M. VALDELFENER^{1, 2}, L. BACOT³, S. BARRAUD⁴, P. MARMONIER¹

1 - Université de Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, UMR-CNRS 5023 Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés, 43 Boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex, France.

2 - Métropole de Lyon, Délégation Développement Urbain et Cadre de Vie, Direction de l'eau, 20 Rue du Lac, CS33596, 69505 LYON Cedex 03, France.

3 - GRAIE, Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures de l'Eau - Secrétariat général de l'OTHU, Campus LyonTech la Doua, 66 Boulevard Niels Bohr, CS 52132, 69603 Villeurbanne Cedex, France.

4 - Université de Lyon, INSA de Lyon, Laboratoire DEEP Déchets Eaux Environnement Pollutions, 34 Avenue des Arts, Bâtiment J-C.-A, Coulomb, 69621 Villeurbanne Cedex, France.

A retenir :

Parmi les 37 espèces de moustiques présentes en Rhône-Alpes, seulement 4 espèces « communes » ont été trouvées dans les bassins : le moustique commun (*Culex pipiens*), *Anopheles maculipennis s.l.* et deux espèces qui ne piquent pas les mammifères (*Culex hortensis hortensis* et *Culiseta longiareolata*).

Le moustique tigre (*Aedes albopictus*) n'a pas été retrouvé sur ces ouvrages alternatifs qui ne sont pas favorables au développement de cette espèce en raison de leur conception basée sur une rétention temporaire de l'eau.

La présence de moustiques est due essentiellement à une mauvaise conception, une réalisation défectueuse ou un entretien absent. Ainsi deux grands types de recommandations peuvent être formulés :

- 1- EN PREVENTIF : Eviter de concentrer les eaux pluviales (concentration des flux d'eau et de pollution) et privilégier l'infiltration *in situ*
- 2- EN CURATIF : Eviter les risques de stagnation dans les structures : obstacles à l'écoulement, dépressions, ouvrages annexes, défauts d'entretien et curage



| Les partenaires du projet |

Métropole de Lyon – Direction de l'eau, GRAIE, OTHU, UCBL LEHNA E3S,
INSA Lyon DEEP, ARS Auvergne Rhône-Alpes, EID Rhône-Alpes, CNEV- IRD Montpellier

| Contact pour plus d'information sur l'étude |

Laëtitia BACOT – GRAIE - Secrétaire générale OTHU - laetitia.bacot@graie.org – www.othu.org
Campus LyonTech La Doua - 66 bd Niels Bohr - CS 52132 - 69603 Villeurbanne Cedex