

# Un système sécurisé de traitement thermique des eaux usées dans des locaux confinés d'élevage d'insectes règlementés

Gaëtan Clabots<sup>1</sup>

**Résumé.** L'Unité mixte de recherche DGIMI (Diversité, Génomes et Interactions Micro-organismes – Insectes) de l'INRA (Institut national de la recherche agronomique) utilise, pour ses travaux de recherche, des insectes ravageurs de cultures règlementés, produits dans un insectarium. L'élevage de ces insectes répond à des règles strictes de confinement et requiert le traitement des eaux usées afin d'éviter tout échappement d'insecte vers l'environnement. Jusqu'en 2012, les eaux usées étaient traitées par adjonction d'eau de Javel. Ce système présentait deux inconvénients majeurs : l'utilisation d'eau de Javel à forte concentration, ainsi qu'un mécanisme d'évacuation mal adapté. Dans cet article je présente la nouvelle solution de traitement des eaux usées que j'ai mise en place. Ce nouveau système met en œuvre un traitement thermique de l'eau au sein d'une cuve automatisée. Après avoir réalisé des tests préalables afin de vérifier l'hypothèse que l'eau à haute température tue les insectes, j'ai déterminé la consigne à appliquer afin de tuer tous les insectes règlementés quel que soit leur stade biologique. J'ai recherché une entreprise à laquelle j'ai transmis le dossier technique pour la conception de cette machine « sur-mesure ». J'ai abouti à un projet qui s'est concrétisé en début d'année 2012.

**Mots clés :** confinement, élevage, insectarium, insectes ravageurs, traitement des eaux usées

## Introduction


L'insectarium de l'UMR DGIMI (Diversité, Génomes et Interactions Micro-organismes – Insectes) de l'INRA (Institut national de la recherche agronomique) se situe sur le site de l'université de Montpellier (site du Triolet). Ce bâtiment indépendant d'une surface de 80 m<sup>2</sup>, héberge des insectes règlementés ravageurs de culture (*Spodoptera frugiperda* et *Spodoptera littoralis*), soumis à des règles de confinement imposées et vérifiées par le SRAL (Service régional de l'alimentation, du ministère de l'Agriculture). L'objectif du confinement est qu'aucun insecte ne puisse sortir vivant du bâtiment en dehors de notre contrôle pour ne pas risquer de créer des dommages dans l'environnement. Parmi les mesures de confinement, il y a celle du traitement des eaux usées.

Jusqu'en début d'année 2012, pour traiter les eaux usées nous utilisions de l'eau de Javel à forte concentration. Cette méthode présentait trois problèmes importants :

- ✓ elle représentait une source potentielle de pollution pour l'environnement à cause des rejets de chlore dans le réseau public ;
- ✓ l'exposition continue des opérateurs au produit lors de la manipulation pouvait à terme conduire à des problèmes de santé ;
- ✓ il y avait un risque de traitement partiel des eaux usées. En effet, toutes les eaux usées convergeaient vers une cuve de rétention en point bas du réseau d'eau. Une fois un volume de 130 L atteint, une pompe de relevage située au fond de la cuve évacuait l'eau dans le réseau public. L'eau de Javel était rajoutée manuellement dans la cuve de rétention en fin de journée. En fonction de la consommation en eau, et donc de la fréquence des relevages, nous avions le double risque que la dose correcte d'eau de Javel ne soit pas systématiquement appliquée ou qu'un relevage se fasse avant l'ajout quotidien de Javel.

Face à ces trois inconvénients majeurs, j'ai recherché une solution plus efficace, plus écologique et présentant moins de risques pour la santé et je me suis interrogé sur les différents modes de traitements possibles.

<sup>1</sup> Diversité, Génomes et Interactions Micro-organismes – Insectes, INRA, 34095 Montpellier, France  
gaetan.clabots@univ-montp2.fr



Le traitement thermique m'a semblé être la solution la plus efficace pour tuer les insectes. En effet, je n'imaginai pas un insecte capable de survivre à un passage dans de l'eau à haute température. De plus, ce mode de traitement n'emploie pas de produit chimique polluant et dangereux pour la santé. J'ai alors conduit un essai pour vérifier mon hypothèse.

Mes tests ayant été positifs, j'ai ensuite réfléchi à la mise en application. Une cuve chauffante automatisée avec des solutions de traçabilité et de sécurité m'a paru être le bon concept. Pour la conception sur mesure de ce prototype, j'ai approché une entreprise spécialisée qui s'est dite prête à réaliser la machine selon nos conditions. J'ai alors rédigé un dossier technique (« cahier des charges ») présentant notre site de production ainsi que toutes les règles à prendre en compte pour la conception de la cuve. Les règles à suivre étaient d'ordre réglementaire pour le confinement, mais aussi technique pour pouvoir incorporer physiquement l'engin dans notre bâtiment et pouvoir le raccorder sans problème aux réseaux d'eau et d'électricité existants.

Pour présenter ce nouveau système, je vais commencer par décrire le test préalable de validation, puis la démarche que j'ai suivie depuis le cahier des charges jusqu'à la livraison et l'installation, en détaillant le fonctionnement et le coût.

## Principe du nouveau traitement

Le principe du nouveau traitement est que « **l'eau à haute température tue les insectes** ». Lorsque j'ai réfléchi à une nouvelle solution pour traiter nos eaux usées, je me suis dit que l'eau à haute température serait *a priori* une solution. Pour vérifier mon hypothèse, j'ai réalisé un test qui, par ailleurs, m'a permis de déterminer la consigne à appliquer (la consigne correspond à la température et la durée du traitement).

### Test préalable de mortalité des insectes

N'ayant aucune référence expérimentale pour effectuer ce test, j'ai choisi intuitivement de tester l'effet de l'eau à 65 °C sur les insectes pendant une période de 10 min. Pour cela, j'ai mis en contact tous les stades de développement des espèces *Spodoptera frugiperda* (*Sf*) et *Spodoptera littoralis* (*Sl*) avec de l'eau à 65 °C pendant une période de 10 min.

#### Matériel

- ✓ Une plaque chauffante
- ✓ Une casserole
- ✓ Un thermomètre
- ✓ Un chronomètre
- ✓ 10 individus par stade pour tous les stades de développement des espèces *S. f* et *S. l*. (j'ai préparé chaque lot dans une boîte de Petri)

#### Test

Dans une casserole, j'ai fait chauffer l'eau jusqu'à 65 °C, en vérifiant la température grâce à un thermomètre. J'ai ensuite rempli la demi boîte de Petri contenant les 10 individus du stade à tester avec l'eau de la casserole de façon à ce que les insectes soient en contact avec l'eau et que la boîte flotte (**Figure 1**) et j'ai lancé le chronomètre.



**Figure 1.** Mise en contact des insectes *Spodoptera frugiperda* avec de l'eau à 65 °C pendant 10 min.  
En partant du haut et dans le sens des aiguilles d'une montre : stades larvaires L6, L4 et chrysalides (photo : G. Clabots).

Après 10 min, j'ai sorti le lot d'insectes. Pour vérifier si les insectes traités étaient vivants ou pas, je les ai conservés pendant 24 h à 24 °C (température d'élevage) et j'ai noté le résultat. Pour les œufs, j'ai attendu le 7<sup>e</sup> jour post ponte pour vérifier qu'ils n'éclosent pas. Pour les chrysalides, j'ai attendu 20 jours post métamorphose pour vérifier qu'elles n'émergent pas.

### Résultats obtenus

Les différents stades de développement qui ont été testés pour chaque espèce *S. frugiperda* et *S. littoralis* (n = 10 pour chaque stade) sont :

- ✓ ooplaque (œufs) de 1 jour,
- ✓ ooplaque (œufs) de 2 jours,
- ✓ ooplaque (œufs) de 3 jours,
- ✓ ooplaque (œufs) de 4 jours (sauf pour *S. frugiperda* pour lequel les 1<sup>res</sup> éclosions ont eu lieu à J+4)
- ✓ stades larvaires L1, L2, L3, L4, L5, L6 ;
- ✓ chrysalides,
- ✓ papillons (10♀, 10♂).

Pour chacun des stades des deux espèces le taux de mortalité 24 h après traitement est de 100 %.

Tous les insectes, quel que soit leur stade, semblent mourir presque instantanément lorsqu'ils sont mis en contact avec l'eau à 65 °C.

### Consigne à appliquer pour le système de traitement des eaux usées

Suite à nos résultats la consigne à appliquer pour tuer tout insecte réglementé contenu dans les eaux usées de l'insectarium, quel que soit son stade biologique, est de monter la température de l'eau à 70 °C et de maintenir cette température pendant 10 min.



## Le nouveau système de traitement des eaux usées

### Cahier des charges et fabrication

Après avoir validé le principe qu'un traitement thermique peut être utilisé pour le traitement des eaux usées de la zone confinée et imaginé le concept, j'ai cherché une entreprise capable de fabriquer ce type de matériel. Une fois cette entreprise trouvée, j'ai rédigé un dossier technique faisant office de cahier des charges dans lequel j'ai décrit nos installations et mentionné les consignes à respecter. En effet, l'installation devait être pensée au mieux pour pouvoir s'intégrer dans nos locaux sans problème technique et en répondant aux obligations réglementaires. Après étude, le gérant de l'entreprise m'a envoyé une proposition que j'ai acceptée. La fabrication de la cuve a duré 1 mois et demi environ.

### Caractéristiques principales de la cuve de traitement

- ✓ Volume utile : 500 L
- ✓ Volume total : 540 L
- ✓ Dimensions : hauteur 2038 mm X largeur 706 mm X profondeur 1061 mm
- ✓ Poids : environ 350 kg
- ✓ Construction en tôle inox 304 d'épaisseur 3 mm
- ✓ Puissance électrique 9 KW (25 Ampères et 380 Volts en triphasés)
- ✓ Positionnement à la fin du circuit d'eau, juste avant le réseau public

### Livraison et installation du matériel sur place

#### *Livraison*

La livraison a été un passage délicat à cause du poids et des dimensions du système. La machine a d'abord été transportée de son lieu de fabrication jusqu'à l'université, devant l'insectarium en camion par un transporteur privé. Ensuite, pour amener la cuve jusqu'à son emplacement final dans notre laverie, j'ai dû faire appel à deux manutentionnaires, et au service DPI (Direction du patrimoine immobilier) de l'université, un chariot élévateur a été nécessaire pour franchir la marche d'entrée de l'insectarium.

#### *Installation*

J'ai organisé le chantier avec la chargée d'opération de la DPI, qui a apporté son expertise technique pour la réalisation des travaux. J'ai transmis aux entreprises les indications techniques et réglementaires à prendre en compte dans les travaux d'aménagement ; j'ai eu besoin d'une entreprise de maçonnerie, qui a réalisé une tranchée pour atteindre les canalisations d'eau souterraines et des carottages dans le mur pour passer les canalisations, d'une entreprise d'électricité et d'une entreprise de plomberie.

### Fonctionnement de la cuve de traitement et équipements

Le réseau d'eau de l'insectarium avant et après l'installation de la cuve de traitement est représenté **Figure 2**.

### Schémas simplifiés du réseau d'eaux usées à l'insectarium

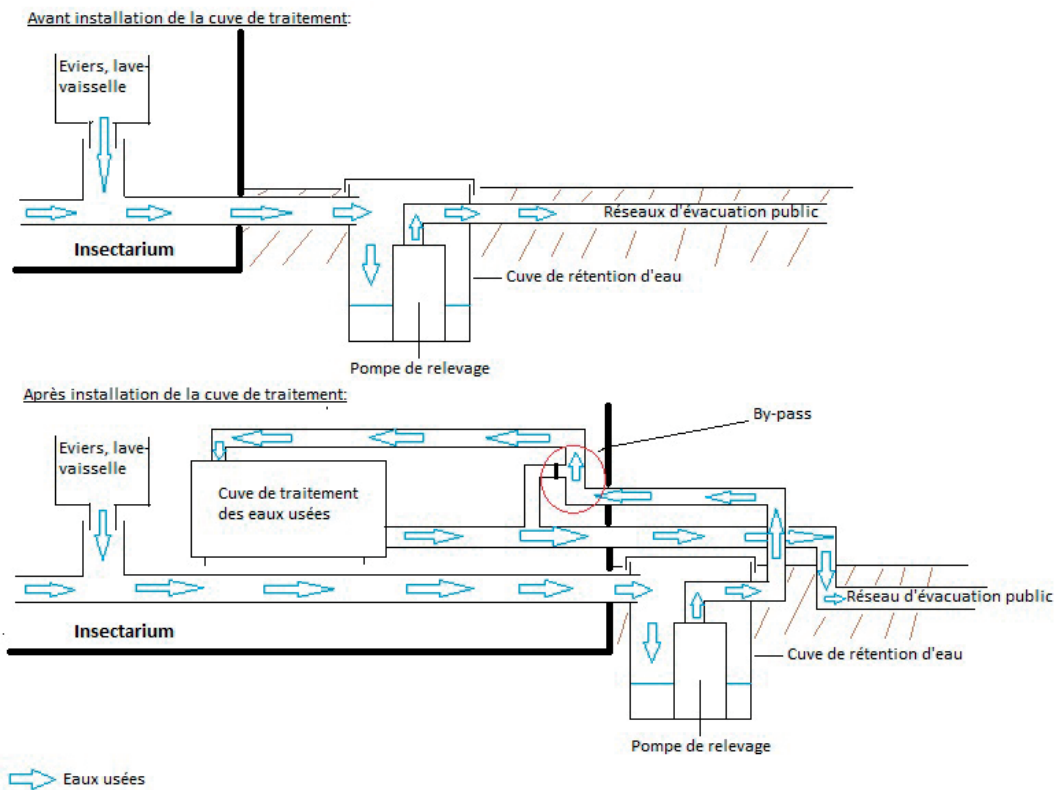


Figure 2. Schéma simplifié du circuit des eaux usées de l'insectarium.

### Fonctionnement

Toutes les eaux usées de l'insectarium convergent vers une cuve de rétention (**Figure 3**) située à l'extérieur en point bas du réseau d'eau. Une fois pleine, cette cuve extérieure renvoie automatiquement, grâce à une pompe de relevage, l'eau qu'elle contient vers la cuve de traitement (**Figure 4**) située à l'intérieur de l'insectarium, dans notre laverie. Plusieurs relevages ont lieu durant une journée de travail. La cuve de traitement est programmée pour effectuer son cycle durant la nuit (hors période d'activité) de la façon suivante : à partir de 21 h, l'eau monte en température jusqu'à atteindre 70,1 °C, c'est le point de consigne (précision du thermostat 0,1 °C, donc 70,1 °C pour obtenir 70 °C minimum), pendant 10 min. Une fois les 10 min à 70 °C terminées, la programmation commande alors la vidange via une vanne électrique (**Figure 5**) située en fond de cuve et l'eau est rejetée dans le réseau public. La vanne se referme au bout de 15 min et le traitement est terminé. Le traitement dure environ 3 h, en fonction de la quantité et de la température de l'eau à traiter.

Le système propose trois modes : le mode « manuel », le mode « timer » et le mode « horloge ». En fonctionnement normal, la cuve est en mode « horloge » (fonctionnement décrit ci-dessus). Les modes « timer » et « manuel » sont utilisés lorsqu'exceptionnellement il est nécessaire de réaliser un traitement autre que celui prévu chaque nuit en mode horloge. Le mode « timer » consiste en un cycle de traitement identique au mode « horloge », la seule différence est que je le déclenche quand je le souhaite. J'utilise rarement ce mode, par exemple dans le cas rare d'une coupure de courant durant la nuit ayant interrompu le cycle et mis la machine en défaut. Le mode « manuel » est un mode dans lequel je commande une action seulement au système (exemple : je demande la chauffe de l'eau, ou une vidange, etc.). Jamais encore utilisé, ce mode pourrait être utile dans le cas où un cycle en mode « timer » se serait interrompu juste avant la vidange de l'eau par exemple.





Figure 3. Cuve extérieure de rétention d'eau (photos : G. Clabots).



Figure 4. Cuve de traitement des eaux usées (vues de gauche, de face et de droite) (photos : G. Clabots).

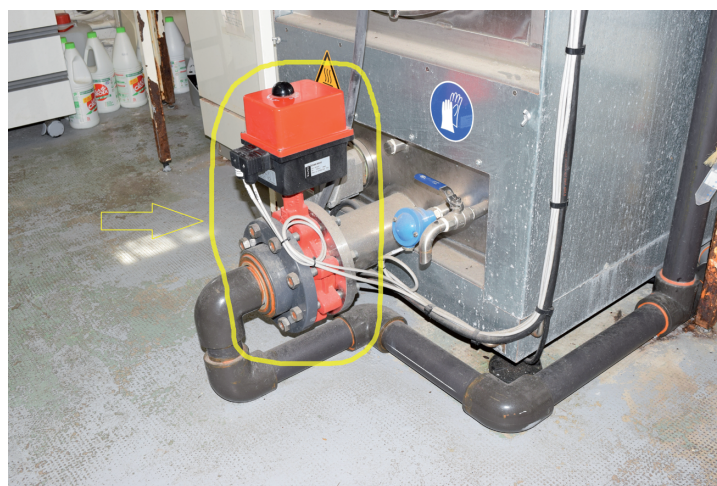


Figure 5. Vanne de vidange électrique (photo : G. Clabots).

### Equipements annexes

Pour la sécurité du confinement

Un automate connecté à la cuve est programmé pour interdire la vidange si la consigne (10 min à température  $\geq 70$  °C) n'est pas validée. Si un problème technique survient au cours d'un cycle de traitement, la cuve se met en « défaut » et le système se bloque jusqu'à ce que j'intervienne.

Un programmeur empêche la pompe de relevage de fonctionner de 20 h à 7 h, soit pendant la période de traitement (qui commence à 21 h et dure environ 3 h). Cela évite qu'un relevage n'ait lieu au moment de la vidange et que de l'eau non traitée soit directement versée dans le réseau public.

Pour éviter ce phénomène dans le cas d'un cycle en mode « timer » au cours d'une journée de travail, je stoppe les consommations d'eau et débranche manuellement la pompe de relevage en « baissant » le disjoncteur sur le tableau électrique.

Pour la traçabilité (confinement)

Un enregistreur (**Figure 6**) enregistre la température de l'eau dans la cuve toutes les minutes, en continu. Ce dispositif permet d'avoir une traçabilité sur les traitements effectués.

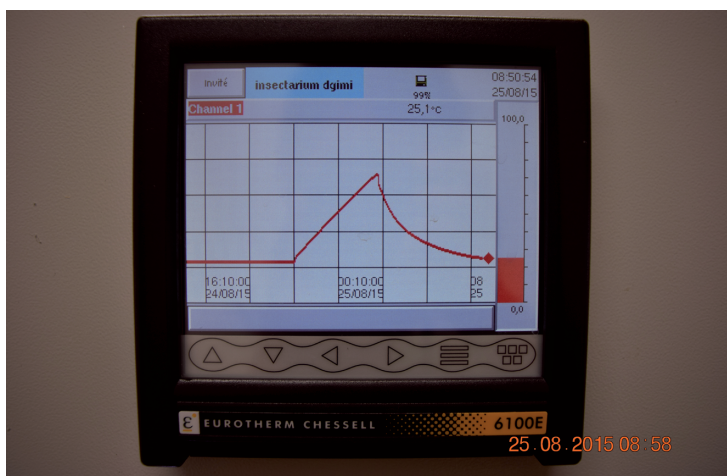


Figure 6. Enregistreur de température de la cuve de traitement (photo : G. Clabots).

Pour la protection des équipements

Une sonde de protection des équipements (**Figure 7**) détectant la présence de l'eau est positionnée à mi-hauteur de la cuve. Cette sonde interdit tout cycle de traitement tant qu'elle ne détecte pas l'eau. Cette fonction permet d'éviter le lancement d'un cycle de traitement avec peu ou pas d'eau, ce qui permet de protéger la résistance chauffante et l'agitateur, tous deux positionnés en fond de cuve et nécessitant d'être immergés au cours d'un cycle.

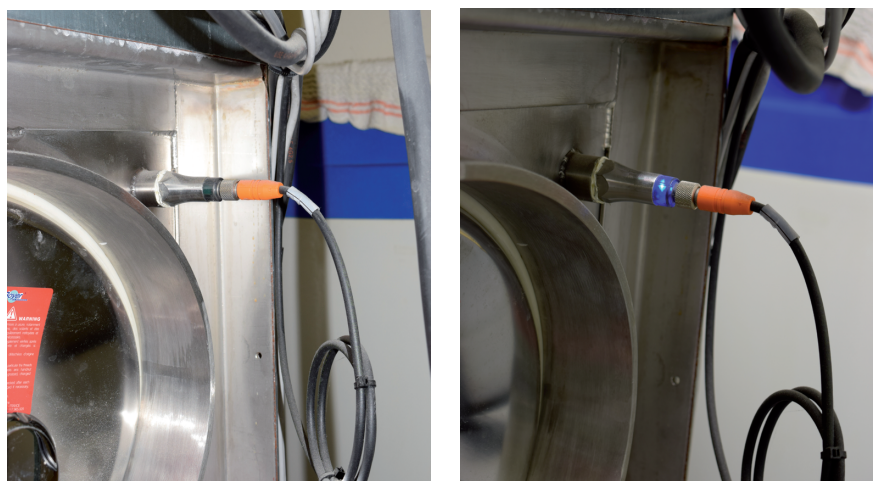
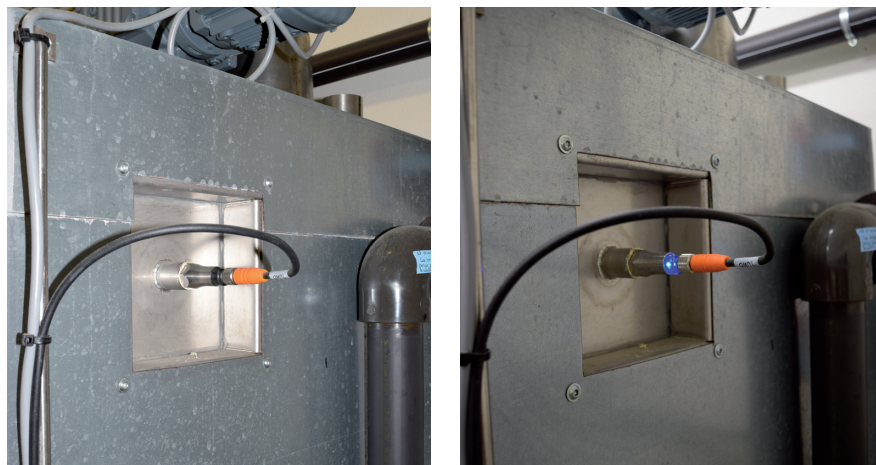


Figure 7. Sonde de protection des équipements positionnée à mi-hauteur de la cuve de traitement (éteinte=niveau non atteint/allumée=niveau atteint) (photos : G. Clabots).



Pour éviter les débordements

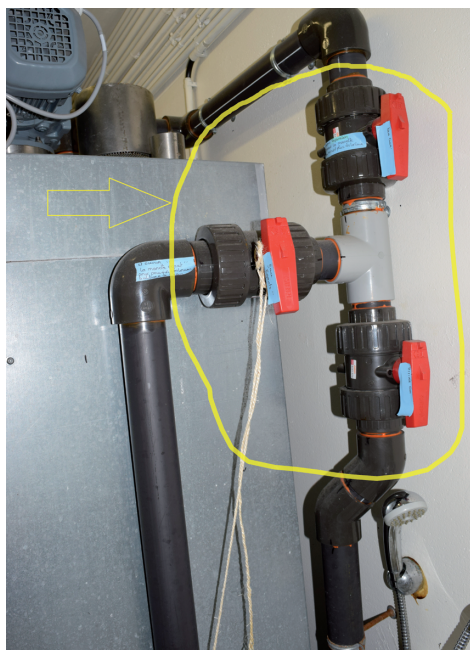
Une sonde « anti-débordement » (**Figure 8**) détectant la présence de l'eau est positionnée en haut de la cuve. Cette sonde désactive la pompe de relevage en amont lorsqu'elle détecte l'eau à son niveau. Cette fonction évite le débordement par l'évent situé au sommet de la cuve en cas de dépassement du volume maximal (500 L). Lorsque cette sonde s'allume, cela signifie que la capacité maximale est atteinte et j'interromps alors les consommations d'eau.



*Figure 8. Sonde « anti-débordement » (éteinte=niveau non-atteint/allumée=niveau atteint) (photos : G. Clabots).*

Pour isoler la cuve, en cas de mise hors service prolongée

Un « bypass<sup>2</sup> » (**Figure 9**) est installé juste avant l'entrée dans la cuve de traitement. Cela permet de ne pas être bloqué en cas de mise hors service prolongée de la cuve, pour une réparation par exemple.



*Figure 9. Bypass situé en amont de la cuve de traitement (photo : G. Clabots).*

2 Un bypass est un circuit d'évitement contournant un appareil, une installation, un dispositif.



Pour l'entretien et l'accès à l'intérieur

Une porte d'accès ovale verrouillable et étanche a été positionnée sur la face avant de la cuve (**Figure 10**).



*Figure 10. Porte d'accès à l'intérieur de la cuve (fermée/ouverte) (photos : G. Clabots).*

## Coût

La cuve de traitement seule a coûté 16 500 euros HT. En plus, nous avons payé les frais de déchargement, de mise en service et d'installation, pour un coût total du projet de 25 006,43 euros HT.

Les prix indiqués pour cette opération étaient valables en 2011. A ce jour, il n'est pas garanti qu'ils soient toujours les mêmes ; ainsi, pour une application similaire à la nôtre, dans des conditions réglementaires imposant un contrôle strict des rejets d'eaux usées, le prix sera difficilement réductible chaque composant ayant son importance pour garantir le bon déroulement des traitements et la traçabilité. Cependant, si ce système était utilisé pour des applications différentes, moins strictes, un abaissement du coût serait envisageable par la suppression de composants tels que ceux assurant la traçabilité par exemple. Dans tous les cas, il est important de bien définir préalablement les besoins et les objectifs à atteindre avec ce type de matériel pour éviter des dépenses inutiles.

## Conclusion

L'élevage d'insectes réglementés, que nous maintenons pour permettre les travaux de recherche du laboratoire, nous impose des règles de confinement, contrôlées par le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. Parmi ces règles, il y a celle du traitement des eaux usées. L'aménagement d'un bâtiment d'élevage en fonction des normes de confinements est très spécifique et nécessite une bonne réflexion afin d'adapter des solutions judicieuses et efficaces. Le remplacement de notre système initial de traitement des eaux usées nous permet aujourd'hui, en plus d'être plus écologique et moins dangereux pour notre santé, d'assurer une meilleure maîtrise du traitement de nos déchets liquides. Et malgré son coût important, de plus de 15 000 euros, cette installation répond parfaitement à nos exigences.

## Remerciements

Je tiens à remercier M. Correc Y., Directeur du service DPI de l'université de Montpellier, pour avoir donné son accord pour notre projet de travaux ; M<sup>me</sup> Guerrero M., Chargée d'opération à la DPI, pour son efficacité dans l'accompagnement et l'expertise qu'elle a apportés pour les travaux réalisés ; l'entreprise Viguiet et ses ouvriers pour les travaux de plomberie réalisés ; l'entreprise MC Construction et ses ouvriers pour les travaux qu'ils ont effectués (tranchée, carottage dans le mur) ; l'entreprise Gayraud Electricité et ses ouvriers ; les deux manutentionnaires de l'entreprise Martin et fils pour leur aide au déchargement de la cuve ; pour l'entreprise Thitec : M. Thibert P., le gérant, pour la prise en charge de notre projet, de sa conception à sa réalisation ; M. Thibert M., commercial, pour toute la communication nécessaire tout au long de l'opération ; la CNUE (Commission nationale des unités expérimentales) pour sa participation au financement de ce projet ; le comité de suivi insectarium du laboratoire pour son soutien dans l'initiation de ce projet ; M<sup>me</sup> Braham H., formatrice de « Sciences Impact », pour son aide à la rédaction de cet article.

