



Conservatoire du Littoral



Mise en place d'un suivi écologique en parallèle à des opérations de démoustication au Bti sur le périmètre du Parc Naturel Régional de Camargue.

Diptères chironomidés et algues

**Rapport final de troisième
année
Février 2010**

**S. FAYOLLE
E. FRANQUET**

**Avec la participation de
V. CARTIER
D. DIOMANDE
R. GARNIER
A. MAASRI**

**Université Paul Cézanne,
Institut Méditerranéen d'Ecologie et Paléoécologie
UMR CNRS 6116-équipe Ecologie des eaux continentales
Faculté des sciences St Jérôme, Case C31,
Avenue Escadrille Normandie-Niemen, 13 397 Marseille Cedex 20, France.**

Table des matières

En résumé.....	3
1. Introduction.....	6
2. Matériel et méthodes.....	8
2.1. Sites d'étude et matériel et méthodes.....	8
2.2. Contexte climatique et plan d'échantillonnage pour 2009.....	8
2.2.1. Contexte climatique.....	8
2.2.2. Plan d'échantillonnage.....	8
2.2.2.1. Etat « zéro ».....	8
2.2.2.2. Suivi après démoustication.....	9
3. Résultats	10
3.1. Algues.....	10
3.1.1. Etat « zéro ».....	10
3.1.1.1. Année 2009.....	10
3.1.1.2. Bilan 2006-2009.....	10
3.1.2. Suivi après démoustication	12
3.1.2.1 Résultats Année 2009.....	12
.....	14
3.1.2.2. Comparaison Années 2006-2009.....	14
3.1.3. Conclusions.....	16
3.2. Chironomidés.....	17
3.2.1. Etat « zéro ».....	17
3.2.1.1. Année 2009.....	17
Figure 10: Répartition des différentes sous-familles et tribus de Diptères chironomidés dans chacune des stations de référence.....	18
3.2.1.2. Bilan des 3 années.....	21
3.2.2. Suivis après démoustication.....	23
.....	23
3.3.2.1. Résultats 2009.....	23
3.3.2.2. Bilan sur 3 années 2007-2008-2009.....	33
3.3.2. Conclusions	34
.....	36
Conclusions générales.....	37
REFERENCES CITEES.....	38

En résumé

Pour cette troisième année d'étude, les objectifs étaient i) de continuer à étudier les structure temporelle et spatiale des peuplements algaux et de macroinvertébrés des marais temporaires non démoustiqués (état « zéro ») et ii) d'augmenter le nombre d'observations « avant - après démoustication » afin de détecter un éventuel impact des traitements anti - culiciens.

Les matériels et méthodes ont été les mêmes que ceux mis en place lors des deux premières années. Les peuplements de 3 stations ont été suivis dans le cadre de l'état « zéro » (Rousty, La Fangouse et Moncanard) et 2 stations sont considérées pour les suivis de démoustication (La Belugue et le Clos d'Armand, sur le domaine de la palissade). 3 campagnes de démoustication ont été étudiées, deux au clos d'Armand, début juillet et septembre, et une en mai-juin, à la Belugue (avec deux traitements successifs pour la même mise en eau). Les prélèvements d'eau, destinés aux études qualitatives (détermination des différents taxons) et quantitatives (comptages) des peuplements algaux et cyanobactériens, ont été effectués, sur 3 points d'échantillonnage (habitat) répartis dans chacun des marais, à l'aide d'une bouteille stérile en plastique opaque, d'une capacité de 1 litre. Pour les peuplements de Diptères chironomidés 10 carottes de sédiment ont été prélevées par campagne d'échantillonnage. Ces carottes sont réparties dans les différents habitats en eau. Au cours de cette troisième année, 78 prélèvements d'eau (analyse des peuplements phytoplanctoniques) et 230 carottes de sédiment (prélèvements de benthos, dont les larves de Diptères chironomidés) ont été réalisés

Cette année se caractérise par des précipitations importantes avec des cumuls d'octobre 2008 à octobre 2009 correspondant à près de deux fois ceux obtenus pour les deux années précédentes. Ces conditions pluviométriques ont donc vraisemblablement entraîné des mises en eau plus longues et plus étendues.

En ce qui concerne le point « zéro », on note des densités algales et chironomidiennes plutôt élevées. En comparaison avec les 2 années précédentes, il apparaît des densités algales, en moyenne, 3 fois plus fortes (par rapport au dernier maximum enregistré) et des densités de chironomes records (près de 30 000 larves/m²) à la

Fangouse, en juin). Ces résultats confirment la forte variabilité temporelle qui caractérise les peuplements de ces marais temporaires, en terme densitaire au moins, car les taxons présents sont par contre relativement stables.

En ce qui concerne les suivis de démoustication, l'année 2009 s'est caractérisée par une forte augmentation des valeurs densitaires algales avec un développement des cyanobactéries (au clos d'Armand comme à la Belugue).

Plusieurs hypothèses peuvent être avancées :

(1) Une eutrophisation importante du milieu en 2009 liée à un enrichissement en éléments nutritifs. Dans nos quelques relevés chimiques, il n'apparaît pas d'augmentation des nitrates et phosphates. Ces mesures ne sont que ponctuelles et peuvent dissimuler des apports conséquents ou un relargage par le sédiment.

(2) Des modes d'irrigations et des précipitations plus importantes qui auraient pu induire un développement algal inhabituel et exacerbé par une durée de mise en eau plus longue.

(3) Un effet indirect à long terme du Bti par une diminution des consommateurs primaires qui se nourrissent préférentiellement d'algues et pas de cyanobactéries.

En ce qui concerne le suivi post-démoustication des macroinvertébrés, et Diptères chironomidés, en particulier, les résultats obtenus montre une certaine variabilité. Dans deux cas sur trois les densités de Diptères chironomidés sont en augmentation après traitement, y compris dans le cas où il y a eu un traitement en présence de larves. Dans le dernier cas, on observe une chute des densités entre T0 et T0+6, avec une division par deux des effectifs larvaires et surtout avec un changement abrupte des taxons dominants. Ces résultats laissent penser qu'un effet du B.t.i. n'est pas à écarter. Les Tanytarsini de petite taille, pourraient être plus sensibles que les diptères chironomini, d'autant plus qu'une partie d'entre eux sont filtreurs et donc plus exposés aux particules en suspension dans l'eau et donc au B.t.i. ce dernier cas est donc nettement suspect, d'autant que les effectifs concernés sont élevés. Ce cas rejoint, un cas déjà repéré comme atypique (en mars 2007 à la Belugue, voir tableau), mais alors qu'un doute existait en 2007 sur une dérive potentielle, cette année les densités de Tanytarsini enregistrées ne peuvent pas être dues à la seule dérive.

Deux hypothèses ne peuvent pour le moment être départagées

- i) émergence des taxons en place lors des traitements*
- ii) impact négatif du B.t.i. sur ces taxons.*

Cet impact négatif pourrait d'ailleurs être renforcé par la présence d'algues en quantités élevées qui pourraient piéger les particules de B.t.i. et donc prolonger l'action toxique du larvicide, d'autant que ces tapis algaux sont des habitats privilégiés pour les Diptères chironomidés.

En perspectives pour l'année prochaine, il paraît donc important de continuer à réaliser des suivis post démoustication afin d'augmenter encore le nombre d'observations dans le but de mettre en évidence des effets sur les Diptères chironomidés qui restent subtiles à déterminer.

Il s'agira de se focaliser, sur les cas où la mise en eau est ancienne et donc pour lesquelles les traitements au B.t.i. sont réalisés en présence de peuplements algaux et chironomidiens matures. Par ailleurs un suivi des stades larvaires sera réalisé, afin de pouvoir expliquer des remplacements abrupts de taxons dominants.

De même, la tendance à l'augmentation des densités cellulaires algales est à surveiller, et va dans le sens d'un maintien des suivis post démoustication.

1. Introduction

Parallèlement aux opérations de démoustication expérimentale au B.t.i., réalisées sur le territoire du Parc Naturel Régional de Camargue, un suivi scientifique est mis en place. Ce suivi a pour objectifs :

i) dresser un état « zéro » pré-opérationnel des populations animales et végétales pouvant être impactées par les opérations de démoustication,

ii) réaliser un suivi régulier de ces populations afin d'avoir une vision précise des éventuels effets néfastes de la démoustication sur l'équilibre et le fonctionnement des écosystèmes

iii) mesurer les effets liés aux dérangements occasionnés par l'intervention des agents chargés de la démoustication dans le fonctionnement des espaces naturels, notamment ceux qui bénéficient de statuts de protection.

Ce rapport concerne les points i) et ii) du cahier des charges, à savoir le suivi des peuplements de chironomes, d'une part, et le suivi des peuplements algaux et cyanobactériens, d'autre part.

Le « modèle chironomes » a été choisi car ce sont des Diptères dont la biologie est très proche de celle des moustiques. Ils sont susceptibles d'être impactés par des traitements au B.t.i. et même si, lors de l'étude menée sur le territoire du PNRC de 2000 à 2003, la dose préconisée de 3l de B.t.i./ha n'a pas montré d'effets indésirables sur ces populations, à court terme, il est important de réaliser un suivi de ce compartiment biotique à **plus long terme et dans un contexte de traitement à grande échelle**. De plus, ces Diptères sont une composante importante du régime alimentaire d'autres invertébrés, de poissons mais aussi de l'avifaune. Pour toutes ces raisons, le « modèle chironomes » semble s'imposer dans le cadre d'un suivi d'un traitement anti-culicidés.

Le suivi des algues et des cyanobactéries est réalisé dans l'hypothèse d'un effet indirect du B.t.i ; en effet, les producteurs primaires sont une composante principale du régime alimentaire de nombreux invertébrés, dont les diptères culicidés (moustiques). Les modifications qualitatives et quantitatives des populations de macroinvertébrés pourraient entraîner un déséquilibre au sein du peuplement algal. Ce processus pourrait induire un

dysfonctionnement du système et l'apparition de « blooms algaux » nocifs à l'ensemble du milieu.

Au cours de cette troisième année d'étude, il s'agissait :

- de continuer l'acquisition de données sur des stations non démontées (connaissances des stations de référence) : « état zéro »

- de répliquer les campagnes de comparaison « avant-après traitement »

Ce rapport présentera aussi une analyse synthétique des résultats acquis au cours des trois années (cf rapports finaux 1 et 2).

2. Matériel et méthodes

2.1. Sites d'étude et matériel et méthodes

Les sites étudiés ainsi que les matériels et méthodes sont les mêmes que lors de la première année. Ils ne seront donc pas détaillés dans ce présent rapport.

2.2. Contexte climatique et plan d'échantillonnage pour 2009

2.2.1. Contexte climatique

Cette année (d'octobre 2008 à octobre 2009) a été particulièrement humide avec un cumul des précipitations enregistrées à la tour du Valat (données P. Chauvelon) de 788 mm contre 357 mm en 2006-2007 et 454 en 2007-2008 . L'automne et l'hiver ont été particulièrement arrosés (Figure 1).

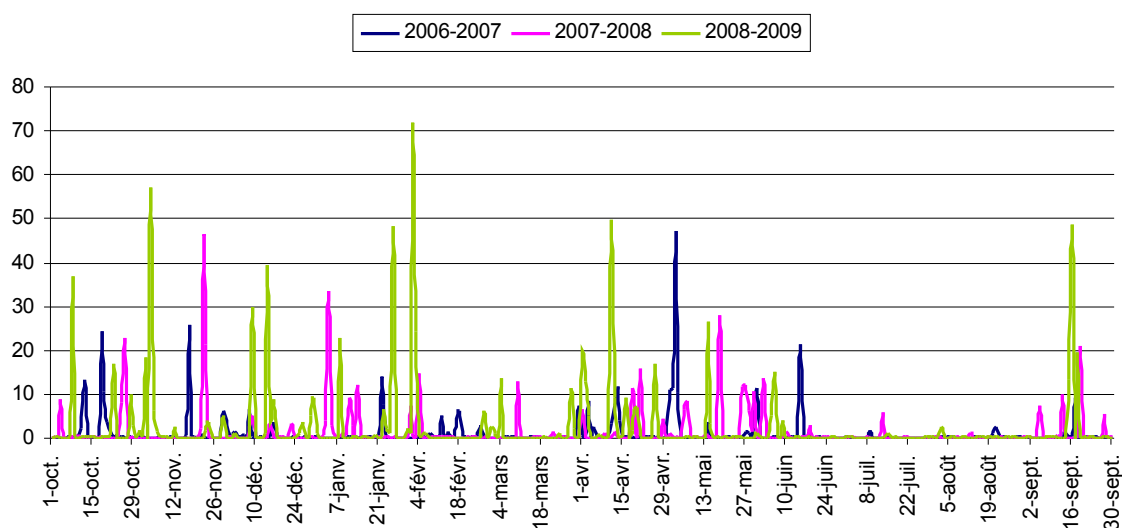


Figure 1 : Précipitations (en mm) enregistrées à la tour du Valat (données P. Chauvelon) du 1^{er} octobre au 30 septembre.

2.2.2. Plan d'échantillonnage

2.2.2.1. Etat « zéro »

Ces prélèvements ont pour objectif de mieux connaître les peuplements d'algues et de Diptères chironomidés des marais temporaires des zones non démontiquées. Suite aux résultats des deux premières années montrant l'importance de considérer l'ensemble du cycle saisonnier, les prélèvements ont été réalisés, en hiver (campagne de Déc 2009), et au printemps (campagne du 26 mai et 4 juin 2009) (Tableau 1).

Tableau 1 : Description du plan d'échantillonnage pour l'état zéro

	Dates de prélèvement (campagne)	Habitats prospectés	Nombre de prélèvements
Rousty	4/6/2009 16/12/2009	Scirpaie Pleine eau	Chironomes : 20 Algues (densité) : 6
Fangouse	26/5/2009 16/12/2009	Pleine eau/ characées	Chironomes : 20 Algues (densité) : 6
Moncanard	26/5/2009 16/12/2009	Paspalum	Chironomes : 20 Algues (densité) : 6

2.2.2.2. Suivi après démoustication.

Ce suivi a pour objectif de prendre en compte les effets de la démoustication sur les peuplements d'algues et de diptères chironomidés. Des prélèvements sont effectués entre T0-2 et T0 (en fonction de la rapidité de l'alerte en provenance de l'EID), puis, dans la mesure du possible, à T0+2, T0+5 et T0+11, T0 étant la date du traitement au B.t.i. Cette année, 3 campagnes de démoustication ont été suivies (Tableau 2), deux au clos d'Armand, en été, et 1 à la Belugue au printemps (correspondant à deux traitements successifs).

Tableau 2 : description du plan d'échantillonnage pour chacune des quatre campagnes de suivi de démoustication.

	Campagne 1 : Belugue	Campagne 2 : Belugue	Campagne 3 : Clos d'Armand	Campagne 4 : Clos d'Armand
Date de mise en eau	Ancienne (partiellement)	6 juin	Ancienne (partiellement)	15 Sept
Origine de la mise en eau	Précipitations & irrigation	Irrigation	Irrigation	Précipitations
Dates des prélèvements effectués	T0-3 (19 mai) T0+4 (26 mai) T0+7 (29 mai) T0+13 (4 juin)	T0-4 (4 juin) T0+1 (9 juin)	T0 -2 (26 juin) T0+2 (30 juin) T0+5 (2 juillet) T0+9 (6 juillet)	T0-1 (16 sept) T0+1 (18 Septt) T0+6 (23 sept) T0+11 (28 Sept)
Date de traitement	T0 (22 mai)	T0 (8 juin)	T0 (28 juin)	T0 (17 Sept)
Dates d'assèchement	Assèchement observé 10 juin 2009	Assèchement observé 10 juin 2009	Mi juillet	Assèchement partiel constaté le 30 sept
Nombre de prélèvements	Chironomes : 40 Algues (densité) : 12	Chironomes : 20 Algues (densité) : 6	Chironomes : 40 Algues (densité) : 12	Chironomes : 40 Algues (densité) : 12

3. Résultats

3.1. Algues

3.1.1. Etat « zéro »

3.1.1.1. Année 2009

Les densités cellulaires (Figure 2) les plus fortes sont observées à Mon Canard, au printemps et les plus faibles à Rousty, en hiver. Les valeurs ne dépassent pas 45000 cell/L. Les Euglénophytes sont les mieux représentés dans l'ensemble des 3 marais échantillonnés. Les valeurs sont un peu plus faibles en hiver par rapport à celles du printemps. Cette dynamique saisonnière est classique pour les communautés algales.



Figure 2: Densités cellulaires moyennes des différentes espèces algales sur les trois marais de référence (en cell/L)

3.1.1.2. Bilan 2006-2009

Dans les trois marais, les densités cellulaires se sont avérées légèrement plus conséquentes en 2009 et particulièrement au printemps (facteur de multiplication x3 par rapport aux

autres années) (Figure 3). Ceci pourrait être consécutif à des précipitations plus importantes, induisant des mises en eau plus longues et donc favorables au développement algal.

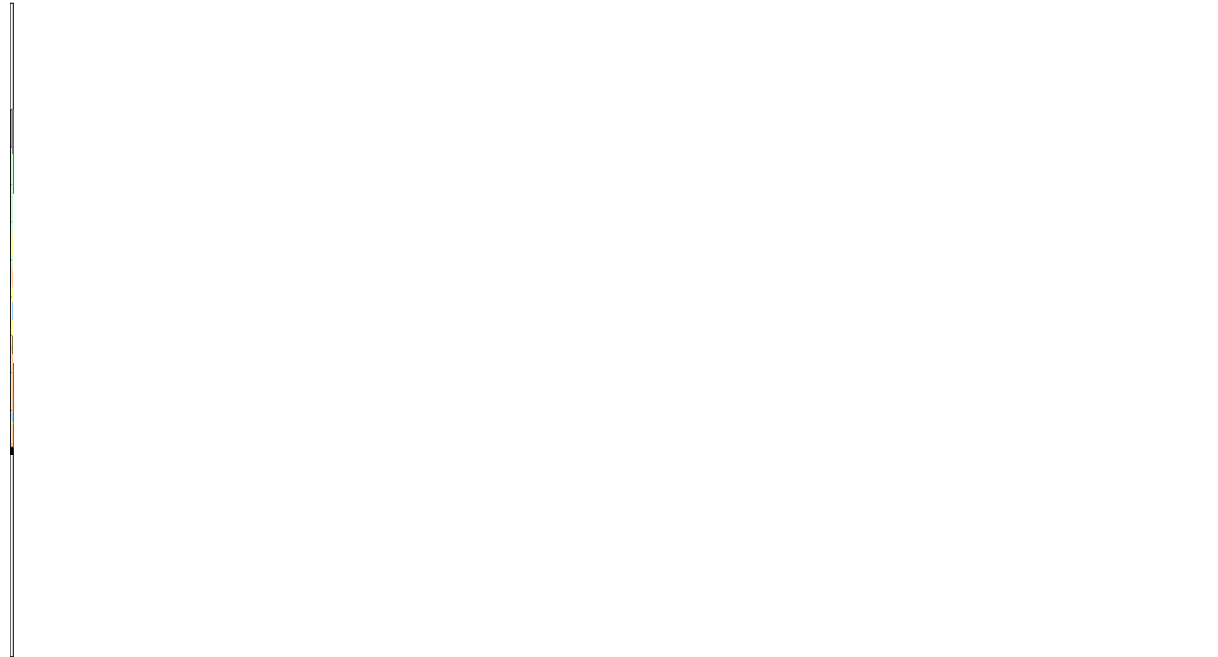


Figure 3: Densités cellulaires (cell/L) entre 2006 et 2009 aux trois stations non démontées

Conclusion:

Sur ces stations non démontées, il apparaît

- une relative homogénéité spatiale, avec dominance des Euglénophytes, Dinophytes et Chlorophytes (sauf en Hiver 2007).
- une forte variabilité temporelle des densités cellulaires totales, avec des valeurs en augmentation pour 2009, qui ont été multipliées par trois, en moyenne, par rapport aux valeurs maximales enregistrées en automne 2006.

3.1.2. Suivi après déoustication

3.1.2.1 Résultats Année 2009

- 1^{er} Suivi déoustication au Clos d'Armand

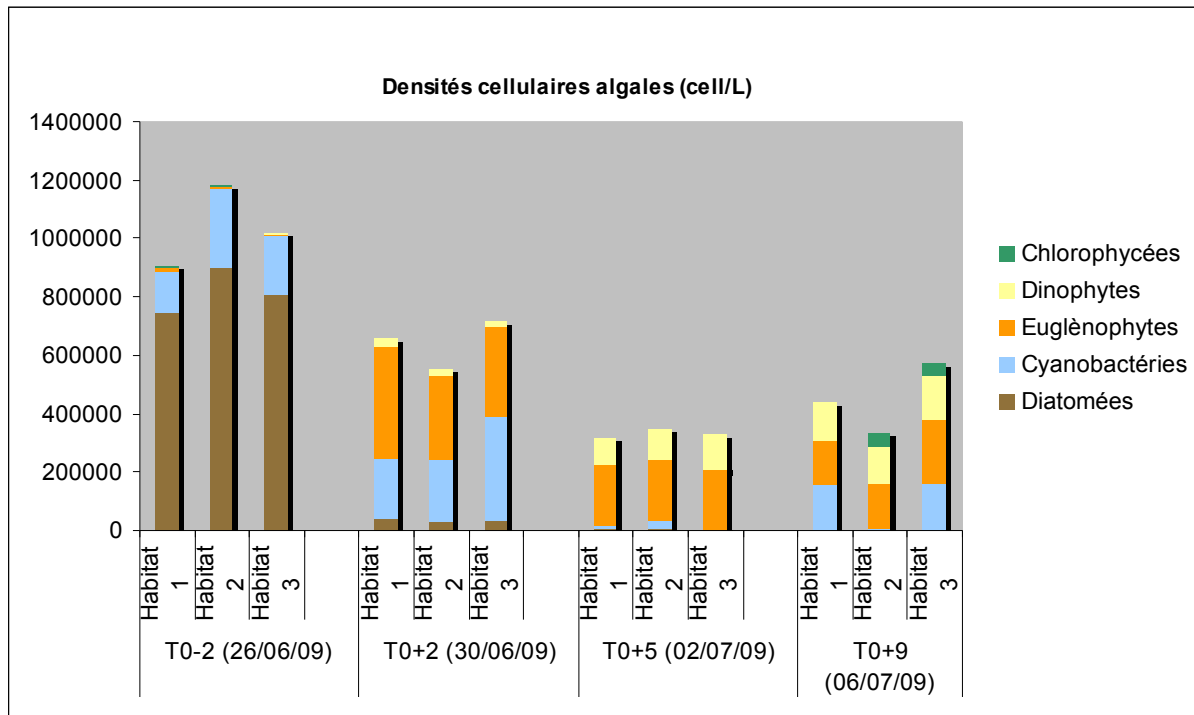


Figure 4: Densités cellulaires des différentes espèces algales (en cell/L) pour chaque habitat. T0 = date du traitement au b.t.i.

Cette campagne de début d'été 2009 (Figure 4) se caractérise par de fortes valeurs densitaires du cortège algal dans l'ensemble des habitats dès T0-2. On a observé un bloom à Diatomées dès la mise en eau (densité cellulaire supérieure à 80000 cell/L) puis un changement qualitatif s'est opéré au sein du peuplement avec apparition d'espèces typiques des marais temporaires (Euglénophytes, Dinophytes). Une légère régression densitaire s'observe, elle coïncide avec la mise en place de ce nouveau peuplement et est liée à l'assèchement progressif de certains secteurs du marais.

- 2^{ème} Suivi déoustication au Clos d'Armand

Cette campagne de fin d'été 2009 (Figure 5) est marquée par des valeurs densitaires légèrement plus faibles. On observe les mêmes successions algales que celles décrites pour le premier suivi déoustication.

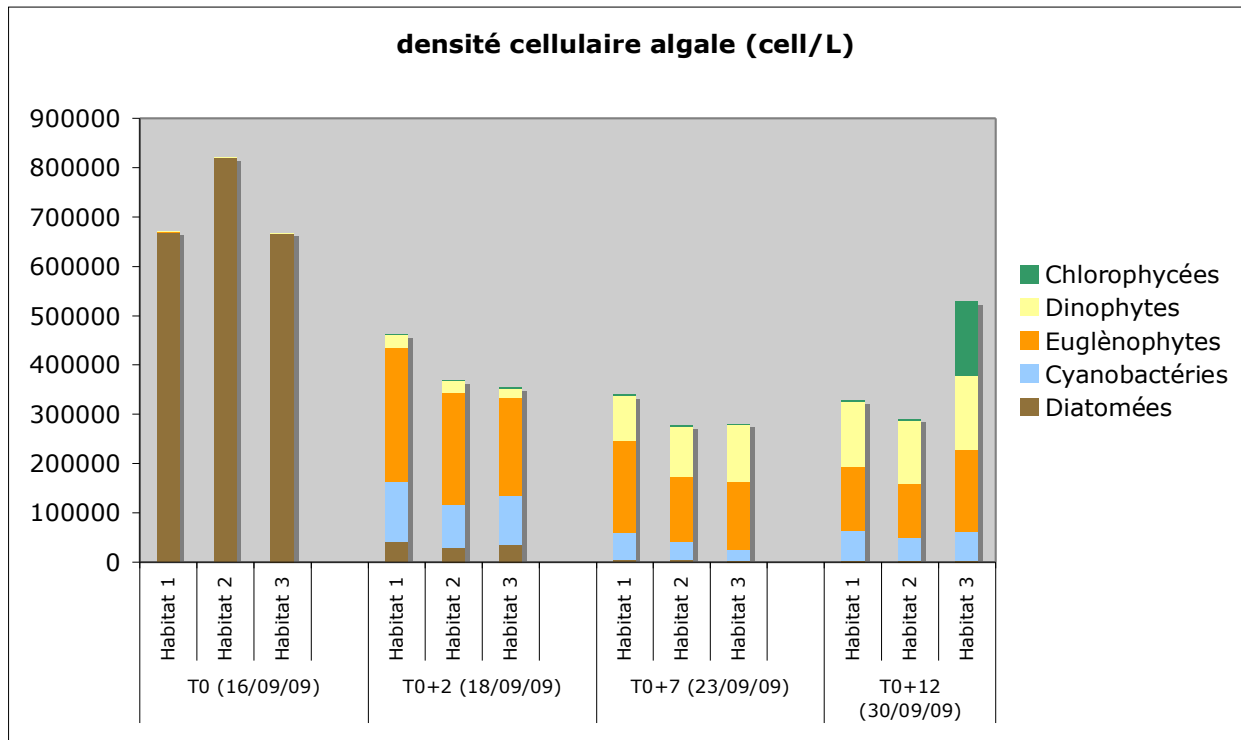


Figure 5 : Densités cellulaires des différentes espèces algales (en cell/L) pour chaque habitat

- Suivi démoustication à la Belugue



Figure 6 : Densités cellulaires des différentes espèces algales (en cell/L) pour chaque habitat. T0 = date de traitement au B.t.i.

Les densités cellulaires sont faibles au moment de la mise en eau puis elles sont multipliées par 3, quatre jours après. Les valeurs atteintes sont moyennement élevées en comparaison au Clos d'Armand. Les Cyanobactéries et les Euglénophytes sont prépondérants dans le peuplement algal (Figure 6).

Conclusion:

Les fortes densités cellulaires algales, dans l'ensemble des habitats, reflètent à la fois la période estivale, avec une dominance des Cyanobactéries, et le milieu temporaire avec l'abondance des Euglénophytes.

L'utilisation du Bti ne semble pas avoir d'effet direct sur les algues et n'impacte pas non plus la dynamique du développement algal. Le passage d'un peuplement dominé par les diatomées à un peuplement à dominante cyanobactérienne s'explique par le remplacement d'un peuplement allochtone (eau d'irrigation) par le peuplement autochtone. L'innocuité de l'épandage du Bti pour le traitement de la démoustication sur le compartiment algal semble se confirmer depuis les différentes études réalisées précédemment.

En revanche, la diminution des consommateurs primaires dans le milieu risque d'induire de fortes proliférations de Cyanobactéries surtout en période estivale et conduire à un écosystème aquatique couvert d'un « tapis » de Cyanobactéries. Ces fleurs d'eau à cyanobactéries aboutissent à une utilisation très restrictive de l'eau et devient impropre à la consommation par les mammifères. Afin de montrer un éventuel effet indirect, il nous a paru important de comparer les densités algales obtenues entre 2007 et 2009 (voir partie suivante).

3.1.2.2. Comparaison Années 2006-2009

Au Clos d'Armand

La figure synthétise les résultats des valeurs densitaires algales obtenus entre 2006 et 2009. Ces résultats montrent une augmentation considérable des densités pour l'année 2009. Les valeurs ont été multipliées par 9 sur l'ensemble du marais étudié avec une nette progression des Cyanobactéries. On peut assimiler ce phénomène à un bloom phytoplanctonique pour l'année 2009 (Figure 7).



Figure 7: Moyenne des densités cellulaires des différentes espèces algales (en cell/L) pour chaque suivi démoustication

A la Belugue

Le bilan pluriannuel des valeurs densitaires algales montre une augmentation progressive depuis 2007 avec un maximum atteint au cours du suivi 2009. Les Cyanobactéries et les Euglénophytes sont les plus représentés mais en quantités nettement inférieures à celles observées au Clos d'Armand (Figure 8).



Figure 8: Moyenne des densités cellulaires des différentes espèces algales (en cell/L) pour chaque suivi démoustication

Conclusion du bilan 2006-2009:

Ce bilan se caractérise par une nette augmentation des densités cellulaires phytoplanctoniques. Il est difficile d'imputer directement cette prolifération à la présence de Bti dans le milieu.

Cependant, on pourrait émettre l'hypothèse d'un effet indirect par une diminution de la consommation des producteurs primaires et une « impasse trophique » sur les cyanobactéries par les insectes phytophages.

Il est nécessaire de conforter cette hypothèse par une prolongation du suivi de démoustication. Il s'avère essentiel pour l'écosystème que ces proliférations ne conduisent pas à des blooms de cyanobactéries nocifs pour l'ensemble des espèces animales qui s'alimentent et vivent à proximité de ses marais.

3.1.3. Conclusions

Le bilan de ces trois années d'étude est marqué par des valeurs densitaires du peuplement algal très variable d'une année à l'autre.

Plus particulièrement, dans les marais traités, l'année 2009 s'est caractérisée par une forte augmentation des valeurs densitaires algales. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées :

- 1) Une eutrophisation importante du milieu en 2009 liée à un enrichissement en éléments nutritifs. Dans nos quelques relevés chimiques, il n'apparaît pas d'augmentation des nitrates et phosphates. Ces mesures ne sont que ponctuelles et peuvent dissimuler des apports conséquents ou un relargage par le sédiment.*
- 2) Des modes d'irrigations et des précipitations plus importantes qui auraient pu induire un développement algal inhabituel et exacerbé par une durée de mise en eau plus longue.*
- 3) Un effet indirect à long terme du Bti par une diminution des consommateurs primaires qui se nourrissent préférentiellement d'algues et pas de cyanobactéries.*

Cette variabilité inter annuelle confirme la nécessité de poursuivre cette étude sur le long terme, outre l'aspect financier, le principal problème associé à des études à long

terme, i.e. des études nécessitant des observations fréquentes réparties sur plusieurs années - est de pouvoir différencier entre les impacts potentiels d'un traitement répété et les variations naturelles des populations et des communautés observées.

3.2. Chironomidés

3.2.1. Etat « zéro »

3.2.1.1. Année 2009

Les résultats obtenus cette année montrent une très forte hétérogénéité spatiale et confirme l'idée qu'il est difficile de comparer les densités de Diptères chironomidés d'une station à l'autre. La campagne de juin 2009 montre des densités larvaires extrêmement élevées, en particulier à la Fangouse. Ces densités vont de 180 larves pour 0,042 m² à Rousty jusqu'à près de 1000 à la Fangouse (Figure 9). Cette dernière Valeur correspond à une densité de près de 24 000 larves / m² si on se base sur la médiane et 28 000 larves/m² si on utilise la somme des 10 échantillons (tableau 3).

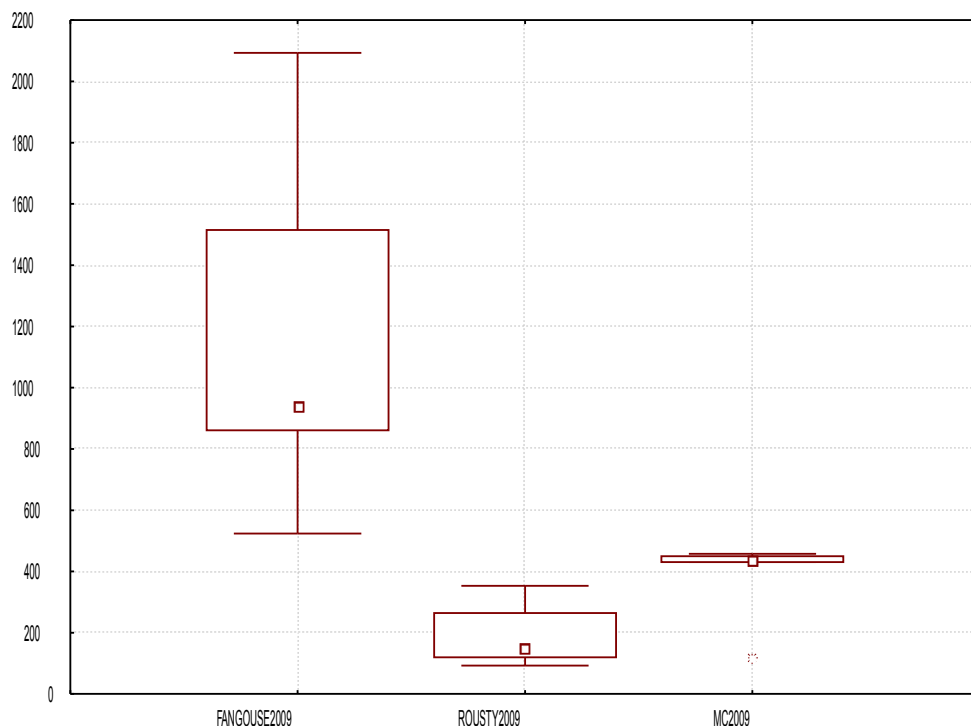


Figure 9: Effectifs de chironomidés par échantillon (0,042 m²), à la Fangouse, Rousty et Moncanard. Les carrés reliés sont les médianes, les rectangles correspondent aux valeurs comprises entre 25% et 75% de la médiane.

La figure 10 montre que cette valeur de densité est principalement due à un très fort développement des Orthocladiinae, inféodés aux herbiers de Characées fortement développé au mois de juin 2009.

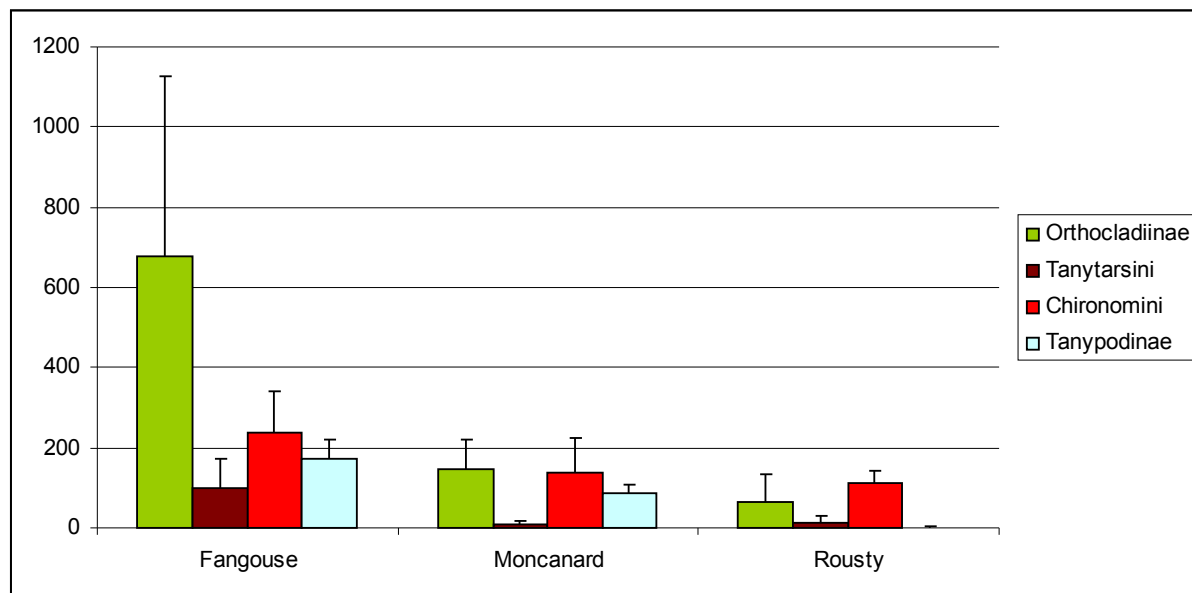


Figure 10: Répartition des différentes sous-familles et tribus de Diptères chironomidés dans chacune des stations de référence.

Tableau 3: densité de larves de chironomes (Nombre d'individus/m²). Le calcul est réalisé en sommant l'ensemble des données obtenues sur 10 échantillons.

	Fangouse	Moncanard	Rousty
Densité (L/m ²)	28257,1429	9023,81	4661,9

Si on considère l'ensemble du peuplement de macroinvertébrés, le tableau 4 montre que les valeurs de richesse taxonomique sont un peu plus fortes à moncanard, puis à la Fangouse et enfin Rousty. A noter que ceci n'est pas très significatif puisque, les libellules, par exemple, sont déterminées uniquement à l'ordre (Cf rapport C. Jakob), et surtout parce que la méthode d'échantillonnage se focalise principalement sur les Diptères Chironomidés. A noter que dans chacune des trois stations, ces derniers sont largement dominants avec respectivement, toutes sous-familles et tribus confondues, près de 90 % à la Fangouse, 80% à Moncanard et 50% à Rousty.

Tableau 4 : Part en % des différents taxons présents dans le peuplement de macroinvertébrés des stations de la Fangouse, Rousty et de Moncanard en juin 2009. Les pourcentages ont été obtenus à partir des moyennes calculées sur 10 échantillons (voir plan d'échantillonnage). N = Nymphe.

			station	Fangouse	Moncanard	Rousty
Insectes	Diptères	Chironomidés	Chironomini	17,81	27,76	30,54
Insectes	Diptères	Chironomidés	Tanypodinae	12,91	16,33	0,54
Insectes	Diptères	Chironomidés	Orthoclaadiinae+Corynoneura	50,90	29,59	17,70
Insectes	Diptères	Chironomidés	Tanytarsini	7,58	1,79	4,05
Insectes	Diptères	Chironomidés	N Polypedilum nubifer+Chironomus	0,00	0,80	1,19
Insectes	Diptères	Chironomidés	N de Tanytarsus+ Paratanytarsus+ Virgatanytarsus	0,60	2,39	0,00
Insectes	Diptères	Chironomidés	N Cricotopus+ Nanocladius	1,20	2,19	0,00
Insectes	Diptères	Chironomidés	N. Psychodidae	0,00	2,39	0,00
Insectes	Diptères	Psychodidae	Sirphydae	0,00	0,20	0,00
Insectes	Diptères	Rhagionidae	Rhagionidae	0,08	0,00	0,00
Insectes	Diptères	Tabanidae	Tabanidae	0,00	0,20	0,00
Insectes	Diptères	Dolichopodidae	Dolichopodidae	0,00	0,00	0,16
Insectes	Coléoptères	Hydrophilidae	Berosus L	0,11	1,79	0,11
Insectes	Coléoptères	Hydrophilidae	Berosus A	0,68	0,20	0,00
Insectes	Coléoptères	Hydrophilidae	L. Hydrophilidae	0,23	0,40	0,00
Insectes	Coléoptères	Dytiscidae	Dytiscidae A	0,00	0,80	0,00
Insectes	Coléoptères	Dytiscidae	Dytiscidae L	0,00	1,29	0,00
Insectes	Coléoptères	Dytiscidae	L Hydroporinae	0,00	2,12	0,00
Insectes	Hétéroptères	Corixidae	Corise A	0,00	0,80	0,27
Insectes	Hétéroptères	Corixidae	Corise L	0,08	0,00	0,00
Insectes	Hétéroptères	Notonectidae	Notonectes A	0,00	0,20	0,27
Insectes	Hétéroptères	Notonectidae	Notonectes L	0,00	0,00	0,05
Insectes	Ephéméroptères	Baetidae	Baetidae	0,64	2,12	0,49
Insectes	Ephéméroptères	Caenidae	Caenis	1,50	0,20	0,00
Insectes	Odonates	Zygotères	Zygotères	0,60	0,20	1,35
Insectes	Odonates	Anisoptères	Anisoptères	0,15	0,20	0,05
Oligochètes	Oligochètes	Oligochètes	Oligochètes	3,19	0,00	4,32
Mollusque	Gasteropodes	Physidae	Physa	0,94	5,85	8,70
Crustacés	Amphopodes	Gammaridés	Gammaridae	0,80	0,00	30,22
Crustacés	Amphopodes	Asellidae	Asellidae	0,00	0,20	0,00
			Richesse	18	24	16

3.2.1.2. Bilan des 3 années

Le tableau 5, ci-dessous, montre que les densités de Diptères chironomidés sont très variables d'une date à l'autre et ce, pour toutes les stations étudiées. Cela confirme l'importance de travailler à une échelle temporelle fine (avant après démonticage, tel que ce qui est réalisé dans cette étude).

A noter que dans deux stations sur 3, l'année 2009 se caractérise par des densités très fortes, voir extrêmes à la Fangouse. Ceci peut s'expliquer par une année assez humide et un fort développement des herbiers, ce qui augmente la surface de colonisation pour les Orthocladiinae en particulier. Pour la station de Rousty, les densités restent dans la moyenne, cela peut s'expliquer par le fait que le niveau d'eau était déjà très bas, lors de l'échantillonnage et des émergences avaient eu lieu.

Tableau 5: densités de larves de chironomes pour chacune des 3 stations de référence (Point 0). Les valeurs en rouge sont les valeurs acquises cette année.

RO Oct 2006	RO Fév 2007	RO Déc 2007	RO Juin 2008	RO Mai-Juin 2009
7571 Larves/m ²	3571 Larves/m ²	0 Larves/m ²	9119 Larves/m ²	4662 Larves/m ²
MC Nov 2006	MC Janv 2007	MC Déc 2007	MC Juin 2008	MC Juin 2009
4142 Larves/m ²	916 Larves/m ²	36 Larves/m ²	4476 Larves/m ²	9024 Larves/m ²
FA Nov 2006	FA Janv 2007	FA Déc 2007	FA Juin 2008	FA Juin 2009
583 Larves/m ²	1059 Larves/m ²	12 Larves/m ²	5595 Larves/m ²	28257 Larves/m ²

La structure du peuplement de Diptère Chironomidés est elle aussi très variable et dépend de la phénologie des espèces (Tableau 6).

Tableau 6: Effectifs des grands groupes de macroinvertébrés en Juin 2008 et 2009 pour les trois stations de référence.

code point	Chirono midés	Coléopt ères	Hétérop tères	autres diptères	Oligoc hètes	Mollusqu es	Ephemero ptères	Odonates	Crustacés
FA juin 08	246	0	4	2	4	2	4	1	0
FA juin 09	1187	1	0	0	42	5	15	9	6
MC juin 08	193	3	1	1	9	0	0	0	11
MC juin 09	379	16	3	3	0	29	7	1	0
RO juin 08	385	6	2	0	0	0	0	0	2
RO juin 09	196	0	2	1	16	26	2	5	112

A l'échelle du peuplement global, là aussi la variabilité temporelle est forte, entre 2008 et 2009, on constate une présence plus importante des prédateurs, Coléoptères (Hydrophilidae et Dytiscidae) et Odonates, à la Fangouse et Moncanard, ce qui s'explique encore une fois par des mises en eau plus longues dues à des précipitations plus importantes. Par contre à Rousty, on constate un développement plus important des Gammaridés.

Conclusion :

Ce suivi des stations de référence permet d'avoir une indication qualitative des taxons présents. Par contre la phénologie des espèces ainsi que les variations interannuelles de mise en eau, entraînent des variations de densités assez élevées. Ceci confirme l'importance de réaliser des prélèvements à une échelle temporelle fine afin de percevoir des effets de la démoustication (voir partie suivante : suivi avant -après démoustication).

3.2.2. Suivis après démoustication

3.3.2.1. Résultats 2009

Campagne à La Belugue mai-juin 2009

Données brutes par point de prélèvement

Les résultats bruts par points sont présentés dans le tableau 7 ci-dessous.

Tableau 7: description de chaque point échantillonné et nombre de larves de Diptères chironomidés par échantillon de 0,042 m².

station	date	code point	habitat	profondeur	Couleur du séd	Couv vég	Vég Type	Effectif Chiro/0,042m2
la Belugue	19/05/2009	1	Sansouire	7	gris clair	0	-	30
la Belugue	19/05/2009	2	Sansouire	8	gris clair	0	chara+AF	0
la Belugue	19/05/2009	3	Sansouire	6	gris clair	0	chara+AF	40
la Belugue	19/05/2009	4	pleine eau	20	gris foncé	100	chara+AF	45
la Belugue	19/05/2009	5	pleine eau	25	gris foncé	100	chara+AF	90
la Belugue	19/05/2009	6	pleine eau	20	gris foncé	100	chara+AF	0
la Belugue	19/05/2009	7	pleine eau	30	gris foncé	60	renoncule	44
la Belugue	19/05/2009	8	pleine eau	35	gris foncé	60	renoncule	456
la Belugue	19/05/2009	9	pleine eau	30	gris foncé	60	renoncule	400
la Belugue	19/05/2009	10	sansouire	6	gris clair	0	-	0
la Belugue	26/05/2009	1	Sansouire	6	gris clair	0	-	92
la Belugue	26/05/2009	2	Sansouire	6	gris clair	0	chara+AF	120
la Belugue	26/05/2009	3	Sansouire	15	gris clair	0	chara+AF	46
la Belugue	26/05/2009	4	pleine eau	30	gris foncé	100	chara+AF	36
la Belugue	26/05/2009	5	pleine eau	30	gris foncé	100	chara+AF	224
la Belugue	26/05/2009	6	pleine eau	30	gris foncé	100	chara+AF	172
la Belugue	26/05/2009	7	pleine eau	25	gris foncé	60	renoncule	198
la Belugue	26/05/2009	8	pleine eau	10	gris foncé	60	renoncule	220
la Belugue	26/05/2009	9	pleine eau	35	gris foncé	60	renoncule	138
la Belugue	26/05/2009	10	sansouire	10	gris clair	0	-	188
la Belugue	29/05/2009	1	Sansouire	7	gris clair	0	-	104
la Belugue	29/05/2009	2	Sansouire	8	gris clair	0	chara+AF	68
la Belugue	29/05/2009	3	Sansouire	6	gris clair	0	chara+AF	324
la Belugue	29/05/2009	4	pleine eau	20	gris foncé	100	chara+AF	344
la Belugue	29/05/2009	5	pleine eau	25	gris foncé	100	chara+AF	488
la Belugue	29/05/2009	6	pleine eau	20	gris foncé	100	chara+AF	450
la Belugue	29/05/2009	7	pleine eau	30	gris foncé	60	renoncule	154
la Belugue	29/05/2009	8	pleine eau	35	gris foncé	60	renoncule	78
la Belugue	29/05/2009	9	pleine eau	30	gris foncé	60	renoncule	316
la Belugue	29/05/2009	10	sansouire	6	gris clair	0	-	296
la Belugue	04/06/2009	1	Sansouire	7	gris clair	0	-	204
la Belugue	04/06/2009	2	Sansouire	8	gris clair	0	chara+AF	252
la Belugue	04/06/2009	3	Sansouire	10	gris clair	0	chara+AF	160
la Belugue	04/06/2009	4	pleine eau	5	gris foncé	100	chara+AF	476
la Belugue	04/06/2009	5	pleine eau	4	gris foncé	100	chara+AF	444
la Belugue	04/06/2009	6	pleine eau	5	gris foncé	100	chara+AF	178
la Belugue	04/06/2009	7	pleine eau	10	gris foncé	80	renoncule	160
la Belugue	04/06/2009	8	pleine eau	8	gris foncé	80	renoncule	324
la Belugue	04/06/2009	9	pleine eau	5	gris foncé	80	renoncule	387
la Belugue	04/06/2009	10	sansouire	8	gris clair	0	-	467
la Belugue	09-juin-09	1	Sansouire	5	gris clair	0	-	556
la Belugue	09-juin-09	2	Sansouire	4	gris clair	0	chara+AF	272
la Belugue	09-juin-09	3	Sansouire	7	gris clair	0	chara+AF	284
la Belugue	09-juin-09	4	pleine eau	5	gris foncé	100	chara+AF	308
la Belugue	09-juin-09	5	pleine eau	4	gris foncé	100	chara+AF	524
la Belugue	09-juin-09	6	pleine eau	7	gris foncé	100	chara+AF	512
la Belugue	09-juin-09	7	pleine eau	8	gris foncé	80	renoncule	534
la Belugue	09-juin-09	8	pleine eau	5	gris foncé	80	renoncule	296
la Belugue	09-juin-09	9	pleine eau	5	gris foncé	80	renoncule	256
la Belugue	09-juin-09	10	sansouire	5	gris clair	0	-	376

En terme de « présence-absence » (Tableau 8), ces résultats montrent que le traitement au B.t.i. a eu lieu en présence de larve de Diptères chironomidés, immédiatement après la mise en eau, et ceci en 7 points échantillonnés sur 10.

Tableau 8 : Nombre d'occurrences nulles de Diptères chironomidés en mai-juin 2009 à la Belugue.

	T0-3 (19 mai)	T0+4 (26 mai)	T0+7 (29 mai)	T0+13 T'0-4 (4 juin)	T0+18 T'0+1 (9 juin)
BELUGUE	3/10	0/10	0/10	0/10	0/10

Distribution spatiale et marge de variabilité liée à l'échantillonnage

Le tableau 9 montre que pour T0 (22 mai), T0+4 (26 mai) et T0+10 (2 juin), la variabilité est proche des 20% attendue. Comme précédemment, c'est lorsque que les densités diminuent, et que des points sans chironomes existent (T0+20) que la marge d'erreur en pourcentage de la moyenne augmente.

Tableau 9 : marge d'erreur (erreur standard) pour les échantillons prélevés à la Belugue entre le 19 mai 2009 (T0-3) et le 9 juin 2009 (T0+18). A noter que T0+13 = T'0-4. Avec $l = \text{Varest}/\text{moyenne}$.

	T0-3 (19 mai)	T0+4 (26 mai)	T0+7 (29 mai)	T0+13 T'0-4 (4 juin)	T0+18 T'0+1 (9 juin)
n	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
moyenne	110,5	143,4	262,2	305,2	305,2
varestimée	28932,7	4710,3	23242,2	17008,8	17008,8
Coeff de var	261,8	32,8	88,6	55,7	55,7
$l (n-1) = \text{Chi}^2$ obs	2356,5	295,6	797,8	501,6	501,6
Chi2 th	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0
Distribution	agrégative	agrégative	agrégative	agrégative	agrégative
<i>erreur standard</i>	<i>0,49</i>	<i>0,15</i>	<i>0,18</i>	<i>0,14</i>	<i>0,14</i>

Dynamique temporelle des densités (avant -après traitement)

La figure 11 montre une croissance continue des densités larvaire sur toute la période de suivi.

Sur cette campagne, il n'apparaît donc pas d'effet négatif du Bti sur les densités de chironomidés, toutes sous-famille et tribus confondues. Les valeurs de densité (Tableau 10)

sont d'ailleurs assez élevées. Ceci s'explique, en partie, par la présence de Characées et d'algues filamenteuses, ce qui augmente la surface réelle colonisable par les Diptères Chironomidés.

Tableau 10: densité de larves de chironomes (Nombre d'individus/m²) pour chacune des 4 dates de prélèvement. Le calcul est réalisé à partir des médianes précédemment obtenues.

T0-3 (19 mai)	T0+4 (26 mai)	T0+7 (29 mai)	T0+13 T0'+4 (4 juin)	T0+18 T0'+1 (9 juin)
2631	3414	6243	7267	9329

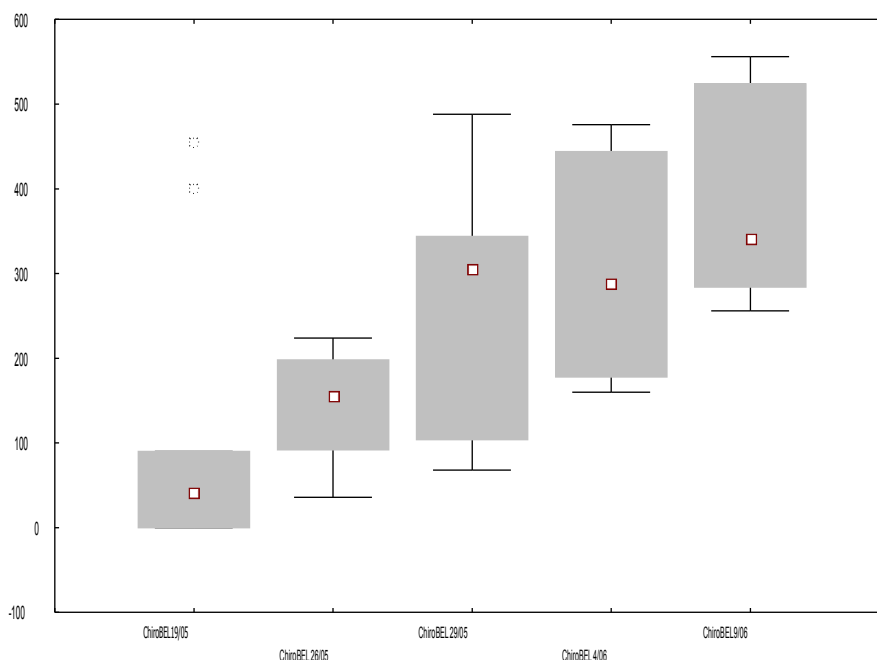


Figure 11: Dynamique temporelle des densités de Diptères chironomidés échantillonnées au clos d'Armand (CA) en mai-Juin 2008 (Les carrés sont les médianes pour chaque date, les rectangles correspondent aux valeurs comprises entre 25% et 75% de la médiane).

En ce qui concerne la structure du peuplement de Diptère chironomidés (Figure 12), on constate une nette évolution temporelle entre T0 et T0+20 avec tout d'abord un peuplement dominé par les Orthocladiinae (T0 et T0+4) puis cette sous-famille voit sa part régresser au profit de la tribu des Chironomini. Si on considère les valeurs médianes (figures 11 et 12), il apparaît une croissance des densités d'Orthocladiinae et de Chironomini. Il n'y a donc pas d'effet du traitement au Bti perceptible sur cette faune. A noter que cette campagne de prélèvement confirme l'idée précédemment émise que les Orthocladiinae typiquement printaniers arrivent avec les eaux du Rhône.

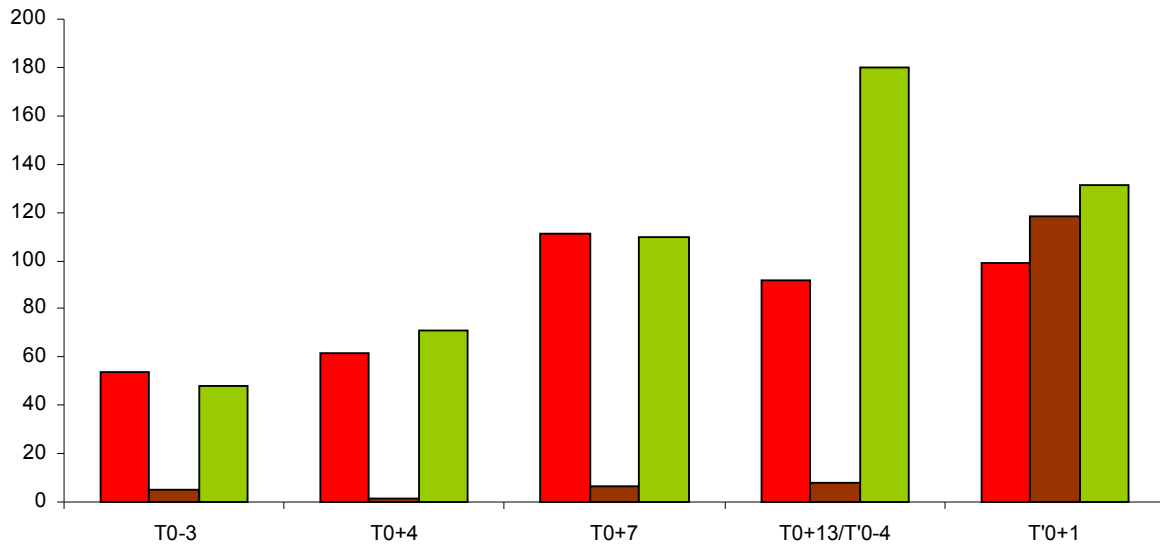


Figure 12 : dynamique de chacune des sous-famille et tribu de Diptères chironomidés échantillonnées en mai-juin 2009, à la Belugue. T0-3 : 19/05, T0+4 : 26/05, T0+7 : 29/05, T0+13 : 4/06 et T0+18 : 9/06. Un second traitement a eu lieu à T0+17. En rouge : tribu des Chironomini, en Marron : tribu des Tanytarsini et en vert : tribu des Orthoclaadiinae.

Au cours de cette campagne de suivi post démoustication du mois de mai, le peuplement de Diptères chironomidés de la Belugue montre des densités larvaires croissantes et de haut niveau. Aucun effet direct du B.t.i sur les densités larvaires de chironomidés (tous groupes confondus) n'a pu être mis en évidence. Il en est de même si on étudie la dynamique des sous-familles et tribus.

Campagne du Clos d'Armand (La Palissade), Juillet 2009

Les résultats bruts par points sont présentés dans le tableau 11 ci-dessous.

Tableau 11 : description de chaque point échantillonné et nombre de larves de Diptères chironomidés par échantillon de 0,042 m² au Clos d'Armand en juillet 2009.

station	date	code point	habitat	profondeur	Couleur du séd	Couv vég	Vég Type	Effectif Chiro/0,042m ²
Clos d'Armand	26-juin-09	1	pleine eau	30	Noir	0%	-	352
Clos d'Armand	26-juin-09	2	pleine eau	25	Gris foncé	0%	-	344
Clos d'Armand	26-juin-09	3	pleine eau	15	Gris	0%	-	360
Clos d'Armand	26-juin-09	4	pleine eau	30	Gris	0%	-	76
Clos d'Armand	26-juin-09	5	pleine eau	22	Gris clair	0%	-	176
Clos d'Armand	26-juin-09	6	pleine eau	20	Gris foncé	0%	-	136
Clos d'Armand	26-juin-09	7	pleine eau	27	Gris clair	0%	-	348
Clos d'Armand	26-juin-09	8	pleine eau	18	Gris foncé	0%	-	357
Clos d'Armand	26-juin-09	9	pleine eau	25	Gris foncé	0%	-	124
Clos d'Armand	26-juin-09	10	pleine eau	25	Gris foncé	0%	-	152
Clos d'Armand	30-juin-09	1	pleine eau	30	Noir	0%	-	240
Clos d'Armand	30-juin-09	2	pleine eau	27	Gris foncé	0%	-	48
Clos d'Armand	30-juin-09	3	pleine eau	25	Gris	0%	-	256
Clos d'Armand	30-juin-09	4	pleine eau	15	Gris	0%	-	160
Clos d'Armand	30-juin-09	5	pleine eau	12	Gris clair	0%	-	56
Clos d'Armand	30-juin-09	6	pleine eau	18	Gris foncé	0%	-	248
Clos d'Armand	30-juin-09	7	pleine eau	30	Gris clair	0%	-	136
Clos d'Armand	30-juin-09	8	pleine eau	25	Gris foncé	0%	-	264
Clos d'Armand	30-juin-09	9	pleine eau	23	Gris foncé	0%	-	154
Clos d'Armand	30-juin-09	10	pleine eau	20	Gris foncé	0%	-	142
Clos d'Armand	02-juil-09	1	pleine eau	18	Noir	2%	Chara	104
Clos d'Armand	02-juil-09	2	pleine eau	15	Gris foncé	0%	-	144
Clos d'Armand	02-juil-09	3	pleine eau	10	Gris	0%	Renoncles	144
Clos d'Armand	02-juil-09	4	pleine eau	15	Gris	0%	-	248
Clos d'Armand	02-juil-09	5	pleine eau	15	Gris clair	0%	-	160
Clos d'Armand	02-juil-09	6	pleine eau	10	Gris foncé	0%	-	152
Clos d'Armand	02-juil-09	7	pleine eau	12	Gris clair	0%	-	126
Clos d'Armand	02-juil-09	8	pleine eau	10	Gris foncé	0%	-	142
Clos d'Armand	02-juil-09	9	pleine eau	14	Gris foncé	0%	-	200
Clos d'Armand	02-juil-09	10	pleine eau	10	Gris foncé	0%	-	166
Clos d'Armand	06-juil-09	1	pleine eau	8	Noir	50%	chara	176
Clos d'Armand	06-juil-09	2	pleine eau	8	Gris foncé	0%	-	982
Clos d'Armand	06-juil-09	3	pleine eau	5	Gris	10%	renoncule	1104
Clos d'Armand	06-juil-09	4	pleine eau	6	Gris	0%	-	504
Clos d'Armand	06-juil-09	5	pleine eau	10	Gris clair	0%	-	1208
Clos d'Armand	06-juil-09	6	pleine eau	8	Gris foncé	0%	-	2440
Clos d'Armand	06-juil-09	7	pleine eau	5	Gris clair	0%	-	624
Clos d'Armand	06-juil-09	8	pleine eau	8	Gris foncé	0%	-	1028
Clos d'Armand	06-juil-09	9	pleine eau	8	Gris foncé	0%	-	946
Clos d'Armand	06-juil-09	10	pleine eau	10	Gris foncé	0%	-	1354

Pour cette campagne, la mise en eau est partiellement ancienne on observe la présence de Diptères chironomidés dans tous les points de prélèvement (Tableau 12).

Tableau 12 : Nombre d'occurrence nulle de Diptères chironomidés en juillet 2009 au Clos d'Armand.

	T0-2 (26 juin)	T0+2 (30 juin)	T0+5 (2 juil)	T0+9 (10 juillet)
Clos d'Armand	0/10	0/10	0/10	0/10

Distribution spatiale et marge de variabilité liée à l'échantillonnage

Le tableau 13 montre, que pour cette campagne, les marges d'erreurs restent toujours dans la gamme attendue, voir même un peu plus faible puisque comprise entre 8% et 18%.

Tableau 13 : marge d'erreur (erreur standard) pour les échantillons prélevés au Clos d'Armand (Palissade) entre le 26 Juin (T0-2) et le 10 juillet 2009 (T0+9). Avec $I = \text{Varest}/\text{moyenne}$.

	T0-2 (26 juin)	T0+2 (30 juin)	T0+5 (2 juil)	T0+9 (10 juillet)
N	10	10	10	10
Moyenne	242,5	170,4	158,6	1036,6
Varestimée	14006	6376	1616	367776,
I :Coeff de var	57,7	37,4	10,1	354,7
$I (n-1) = \text{Chi} 2 \text{ obs}$	519,8	336,7	91,7	3193,1
Chi2 th	19,0	19,0	19,0	19,0
Distribution	agrégative	agrégative	agrégative	agrégative
<i>erreur standard</i>	<i>0,15</i>	<i>0,14</i>	<i>0,08</i>	<i>0,18</i>

Dynamique temporelle des densités (avant -après traitement)

En terme de densité, la figure 13 montre une régression des densités de Diptères chironomidés, puisque entre T0-2 et T0+5, la moyenne passe de 242,5 à 158,6. Cependant cette réduction n'est pas statistiquement significative, seul la croissance entre T0+5 et T0+9 l'est (test non paramétrique de Kruskal-Wallis, $p=0,011$, 3 degrés de liberté).

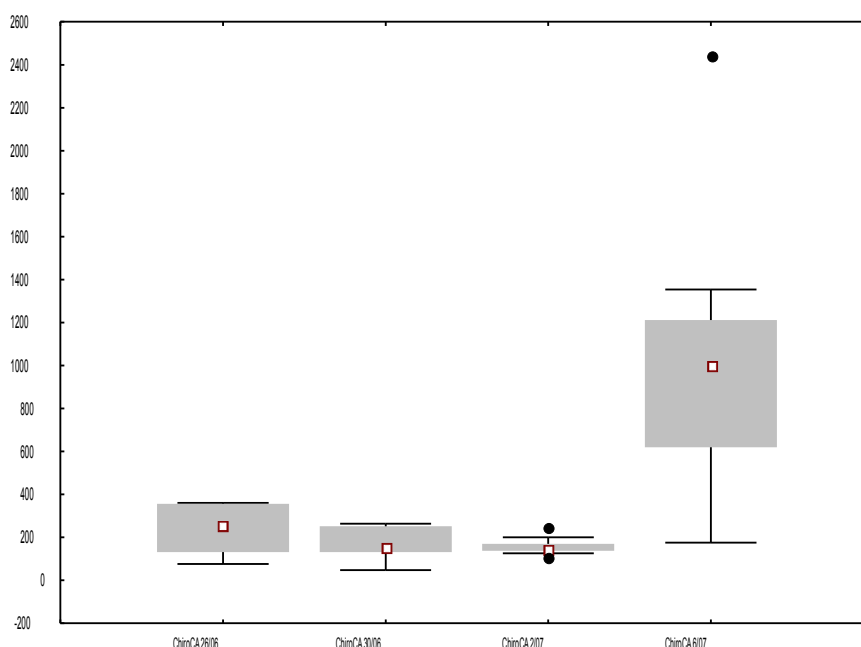


Figure 13 : Dynamique des effectifs de chironomidés par échantillon ($0,042 \text{ m}^2$), au Clos d'Armand (la Palissade) entre le 26 juin (T0-2) et le 10 Juillet (T0+9). Les carrés reliés sont les médianes pour chaque date, les rectangles correspondent aux valeurs comprises entre 25% et 75% de la médiane.

Les densité calculées (Tableau 14) mettent en évidence des valeurs élevées voir très élevées (près de 25 000 larves par m2).

Tableau 14: densité de larves de chironomes (Nombre d'individus/m2) pour chacune des 4 dates de prélèvement au Clos d'Armand (La Palissade).

T0-2 (26 juin)	T0+2 (30 juin)	T0+5 (2 juil)	T0+9 (10 juillet)
5773	4057	3776	24680

En ce qui concerne la structure du peuplement, la figure 14 montre que la réduction des densités entre T0-2 et T0+5 est due à une réduction des effectifs de la tribu des Tanytarsini (en marron) alors que la croissance qui suit est induite par le remplacement « explosif » de cette tribu par une autre, celle des Chironomini (en rouge).

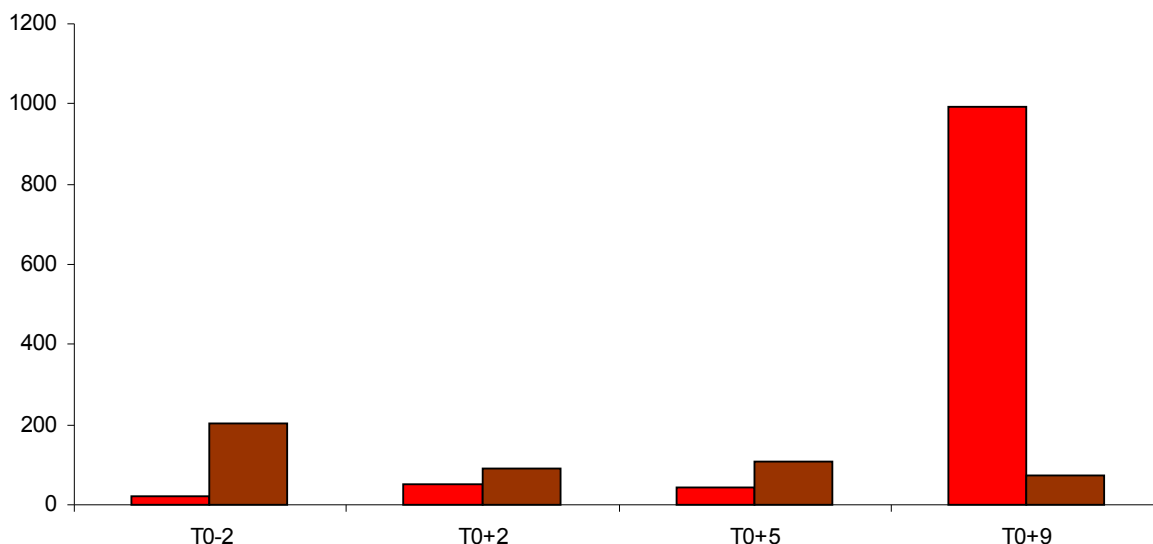


Figure 14: densité (nombre de larves pour 0,042 m2) de chironomini (*Polypedilum nubifer* + *Chironomus* spp+autres en rouge) et de Tanytarsini (*Tanytarsus* spp. + autres, en marron), au Clos d'Armand (la Palissade) entre le 26 juin (T0-2) et le 10 Juillet (T0+9).

En conclusion, pour la campagne de juin-Juillet 2009, au Clos d'Armand, on observe un traitement en présence de Chironomidés et une chute des densités larvaires. Cette régression des effectifs reste néanmoins faible mais peut être mise en relation avec le traitement. En terme de structure des peuplements, on constate une dynamique temporelle marquée par des changements relativement abrupts de taxons dominants, et ce pour des pas de temps relativement courts ; la tribu des Tanytarsini dominante lors de la mise en eau est remplacée par la tribu des Chironomini. Ces résultats laissent penser qu'un effet du B.t.i. n'est pas à écarter. En effet, les Tanytarsini de petite taille, pourraient être plus sensibles que les

diptères chironomini, d'autant plus que certain d'entre eux sont filtreurs et donc plus exposés aux particules en suspension dans l'eau et donc au B.t.i.

Campagne du Clos d'Armand, Septembre 2009

Les résultats bruts par point sont présentés dans le tableau 15 ci-dessous.

Tableau 15 : description de chaque point échantillonné et nombre de larves de Diptères chironomidés par échantillon de 0,042 m².

station	date	code point	profondeur	habitat	Couleur du séd	Couv vég	Vég Type	Effectif Chiro/0,042m2
Clos d'Armand	16-sept-09	1	32	pleine eau	Gris foncé	-	-	0
Clos d'Armand	16-sept-09	2	25	pleine eau	Gris foncé	-	-	0
Clos d'Armand	16-sept-09	3	30	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	16-sept-09	4	25	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	16-sept-09	5	24	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	16-sept-09	6	22	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	16-sept-09	7	25	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	16-sept-09	8	25	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	16-sept-09	9	23	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	16-sept-09	10	23	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	18-sept-09	1	32	pleine eau	Gris foncé	-	-	0
Clos d'Armand	18-sept-09	2	25	pleine eau	Gris foncé	-	-	0
Clos d'Armand	18-sept-09	3	30	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	18-sept-09	4	25	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	18-sept-09	5	24	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	18-sept-09	6	22	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	18-sept-09	7	25	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	18-sept-09	8	25	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	18-sept-09	9	23	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	18-sept-09	10	23	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	23-sept-09	1	28	pleine eau	Gris foncé	-	-	1
Clos d'Armand	23-sept-09	2	20	pleine eau	Gris foncé	-	-	1
Clos d'Armand	23-sept-09	3	30	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	23-sept-09	4	22	pleine eau	gris clair	-	-	12
Clos d'Armand	23-sept-09	5	24	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	23-sept-09	6	18	pleine eau	gris clair	-	-	2
Clos d'Armand	23-sept-09	7	25	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	23-sept-09	8	25	pleine eau	gris clair	-	-	8
Clos d'Armand	23-sept-09	9	23	pleine eau	gris clair	-	-	0
Clos d'Armand	23-sept-09	10	20	pleine eau	gris clair	-	-	14
Clos d'Armand	28-sept-09	1	28	pleine eau	Gris foncé	20%	algues	496
Clos d'Armand	28-sept-09	2	20	pleine eau	Gris foncé	10%	algues	56
Clos d'Armand	28-sept-09	3	30	pleine eau	gris clair	10%	algues	328
Clos d'Armand	28-sept-09	4	22	pleine eau	gris clair	30%	algues	140
Clos d'Armand	28-sept-09	5	24	pleine eau	gris clair	10%	algues	512
Clos d'Armand	28-sept-09	6	18	pleine eau	gris clair	10%	algues	100
Clos d'Armand	28-sept-09	7	25	pleine eau	gris clair	30%	algues	48
Clos d'Armand	28-sept-09	8	25	pleine eau	gris clair	10%	algues	112
Clos d'Armand	28-sept-09	9	23	pleine eau	gris clair	10%	algues	350
Clos d'Armand	28-sept-09	10	20	pleine eau	gris clair	10%	algues	112

Le Tableau 16 montre que cette campagne de traitement a été réalisée en absence de Diptères chironomidés. Ceux-ci n'apparaissent dans les échantillons qu'à partir de T0+6, et en tous points échantillonnés à T0+11. Le traitement au B.t.i. ne semble donc pas limiter la colonisation post mise en eau par les larves.

Tableau 16 : Nombre d'occurrence nulle de Diptères chironomidés en septembre 2009 au Clos d'Armand (Palissade).

	T0-1 (16 sept)	T0+1 (18 Sept)	T0+6 (23 sept)	T0+11 (28 Sept)
Clos d'armand (Septembre 2009)	10/10	10/10	4/10	0/10

Distribution spatiale et marge de variabilité liée à l'échantillonnage

Le tableau 17 montre que, lorsque le nombre de point d'échantillonnage avec Diptères chironomidés est plus faible, la marge d'erreur augmente, et peut atteindre près de 50% par exemple à T0+6.

Tableau 17 : marge d'erreur (erreur standard) pour les échantillons prélevés au Clos d'Armand (La Palissade) entre le 16 septembre (T0-1) et le 28 septembre 2009 (T0+11).

	T0-1 (16 sept)	T0+1 (18 Sept)	T0+6 (23 sept)	T0+11 (28 Sept)
n	10	10	10	10
moyenne	0	0	3,8	225,4
varestimée	0	0	29,5	32257,8
Coeff de var	-	-	7,7	143,1
$I (n-1) = \text{Chi} 2 \text{ obs}$	-	-	69,8	1288,0
Chi2 th	-	-	19,0	19,0
Distribution	-	-	agrégative	agrégative
erreur standard	-	-	0,45	0,25

Dynamique temporelle des densités (avant -après traitement)

En terme de densité, les prélèvements montrent une progression de la médiane (Figure 14) qui passe de 0 chironomidae par échantillon à T₀₋₁ (16 septembre) à plus de 100 larves/0.042s à T₀₊₁₁ (28 septembre).

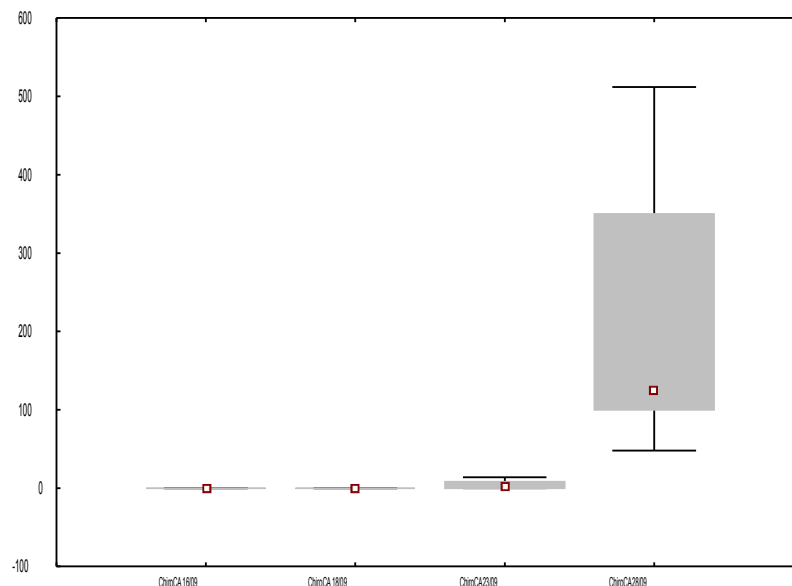


Figure 15: Dynamique des effectifs de chironomidés par échantillon (0,042 m²), au Clos d'Armand, en septembre 2009. Les carrés sont les médianes pour chaque date, les rectangles correspondent aux valeurs comprises entre 25% et 75% de la médiane.

Les densité calculées en extrapolant les valeurs de médiane obtenues pour 0,042m² varient de 0 larves de Chironomes/m² à 5366 ind/m² (Tableau 18).

Tableau 18: densité de larves de chironomes pour chacune des 4 dates de prélèvement au Clos d'Armand en Septembre 2009.

	T0-1 (16 sept)	T0+1 (18 Sept)	T0+6 (23 sept)	T0+11 (28 Sept)
Clos d'armand (Septembre 2009)	0	0	90	5366

En ce qui concerne la structure du peuplement, il apparaît (Figure 17) que le peuplement est très largement dominé par les Diptères chironomidés de la tribu des chironomini. Il faut noter que ces larves sont toutes au même stade, le deuxième, ce qui correspond donc bien à la cohorte qui s'est développée quelques jours après le traitement.

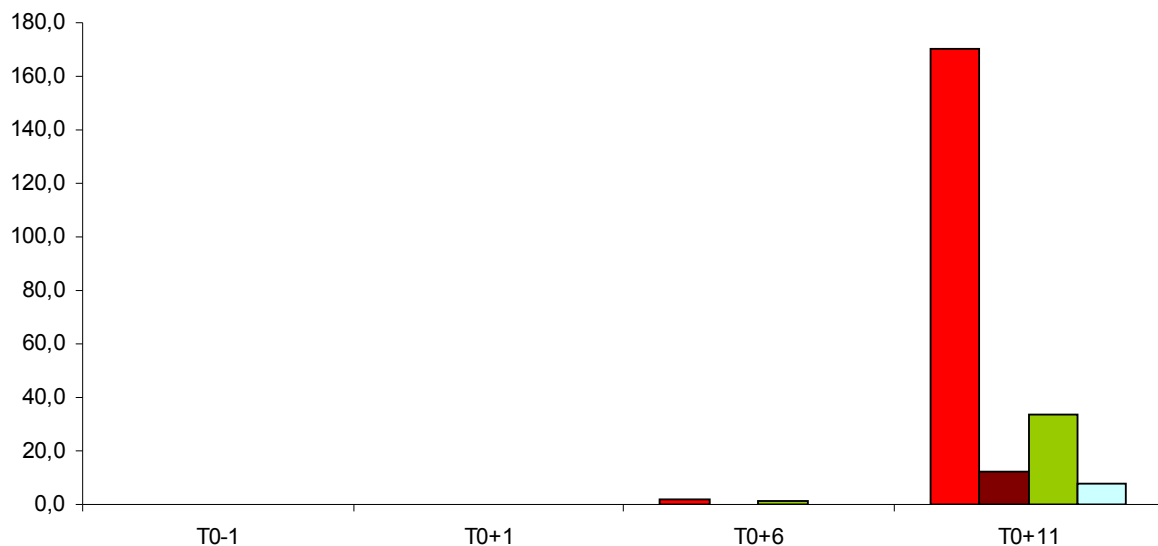


Figure 17: effectif (pour 0,042 m²) de chironomini (*Polypedilum nubifer* + *Chironomus* spp.+autres, en rouge), de Tanypodinae (*Procladius choreus*+autres, en bleu), d'Orthoclaadiinae (*Cricotopus* spp. + autres, en vert) et de Tanytarsini (*Tanytarsus* spp. + autres en marron), au Clos d'Armand les 23 (T0+6) et 28 septembre 2009 (T0+11).

En conclusion, pour la campagne Septembre 2009, au Clos d'Armand, on observe un traitement en absence de Chironomidés et une colonisation normale du marais qui commence à T0+6 et se confirme à T0+11. Aucun effet du B.t.i. n'est donc perceptible lors de cette dernière campagne.

3.3.2.2. Bilan sur 3 années 2007-2008-2009

Au total 9 campagnes et 11 traitements ont été suivis (Figures 18 et 19 et tableau 19).

- 5 traitements ont été réalisés en absence de Diptères chironomidés, suivant les recommandations faites suite à l'étude expérimentale 2001-2003. Ces traitements n'ont donc aucun impact sur les populations de Chironomidés et celles-ci se développent par la suite.
- 6 traitements ont été réalisés en présence de Chironomidés, dans ce cas, on observe des dynamiques plus variables, avec 4 cas sans incidence perceptibles et 2 cas avec une dynamique atypique, dont le dernier en 2009 (voir partie précédente) est plus nettement suspect.

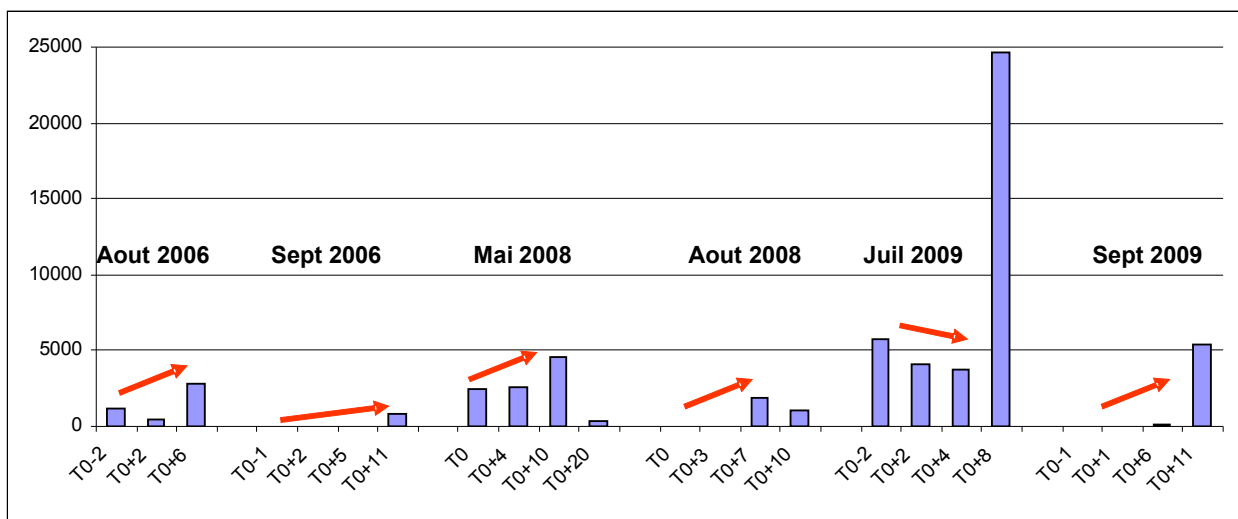


Figure 18: synthèse des suivi de démoustication au Clos d'Armand entre 2006 et 2009

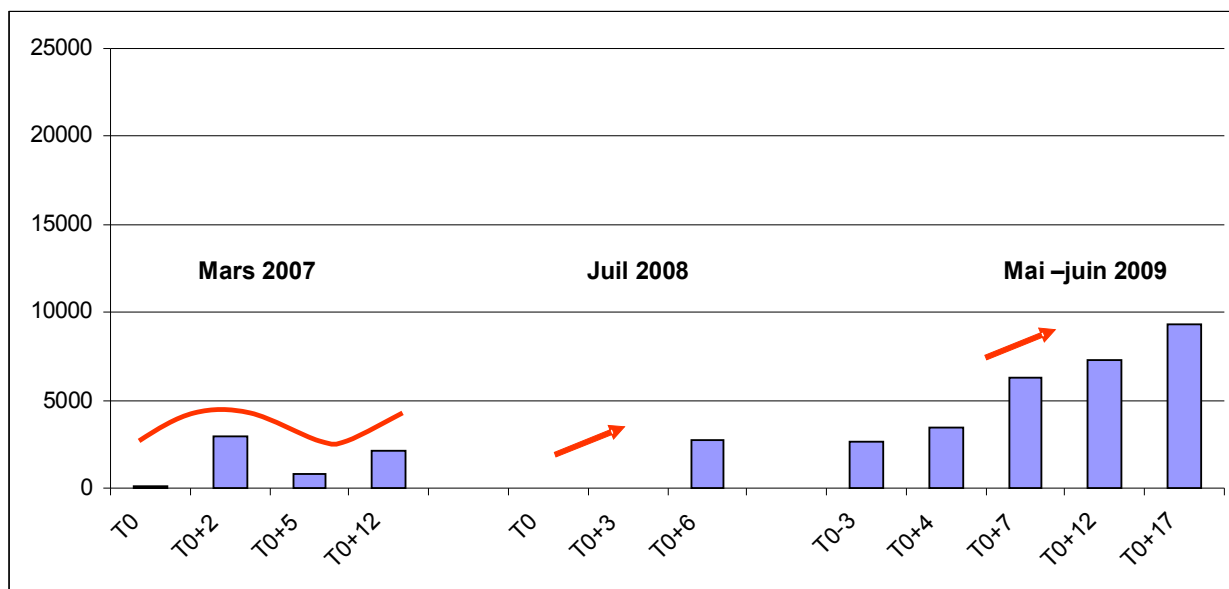


Figure 19 : synthèse des suivis de demoustication a la Belugue entre 2006 et 2009

3.3.2. Conclusions

Au cours de cette troisième année il est apparu que :

Le suivi des stations de référence (état « zéro ») permet d'avoir une indication qualitative des taxons présents. Par contre la phénologie des espèces ainsi que les variations interannuelles de mise en eau, entraîne des variations de densités assez élevées. Ceci confirme l'importance de réaliser des prélèvements à une échelle temporelle fine afin de percevoir des effets de la demoustication.

En ce qui concerne le suivi post demoustication, les résultats obtenus montrent une certaine variabilité ; dans deux cas sur trois les densités de Diptères chironomidés sont en augmentation après traitement, y compris dans le cas où il y a eu un traitement en présence de larves. Dans le dernier cas, on observe une chute des densités entre T0 et T0+6, avec une division par deux des effectifs larvaires et surtout avec un changement abrupte des taxons dominants. Ces résultats laissent penser qu'un effet du B.t.i. n'est pas à écarter. Les Tanytarsini de petite taille, pourraient être plus sensibles que les diptères chironomini, d'autant plus qu'une partie d'entre eux sont filtreurs et donc plus exposés aux particules en suspension dans l'eau et donc au B.t.i. ce dernier cas est donc nettement suspect, d'autant que les effectifs concernés sont élevés. Ce cas rejoint, un cas déjà repéré comme atypique (en mars 2007 à la Belugue, voir tableau), mais, alors qu'un doute existait en 2007 sur une dérive potentielle, cette année les densités de Tanytarsini enregistrées ne peuvent pas être dues à la seule dérive.

Deux hypothèses ne peuvent pour le moment être départagées

- iii) émergence des taxons en place lors des traitements
- iv) impact négatif du B.t.i. sur ces taxons.

Cet impact négatif pourrait d'ailleurs être renforcé par la présence d'algues en quantités élevées qui pourrait piéger les particules de B.t.i. et donc prolonger l'action toxique du larvicide (Boisvert 2004), d'autant que ces tapis algaux sont des habitats privilégiés pour les Diptères chironomidés.

En perspectives pour l'année prochaine, il paraît donc important de se focaliser, sur les cas où la mise en eau est ancienne et donc pour lesquelles les traitements au B.t.i. sont réalisés en présence d'un peuplement mature. Par ailleurs un suivi des stades larvaires sera réalisé, afin de pouvoir expliquer des remplacements abrupts de taxons dominants

Tableau 19 : bilan des principaux résultats acquis sur les deux premières années d'étude.

Campagne	Type de mise en eau	Type de peuplement	dynamique Algue	Dynamique Chiro	Conclusions
CA Aout 2006	Irrigation + mer	colonisation en cours	Croissante (1000-60 000 cell/l)	Croissante (0-2400 Larves/m ²)	Dynamique de colonisation normale
CA Sept 2006	Irrigation + pluie	colonisation en cours	Croissante (30 000-80 000 cell/l)	Croissante (0-500 Larves/m ²)	Dynamique de colonisation normale
BEL Mars 2007	Irrigation	peuplement en place? Ou dérivant?	Croissante (2000-20 000 cell/l)	Croissante (100-2600 Larves/m ²)	Pas de dynamique nette-Oscillations
CA Mai 2008	Pluie	peuplement en place	Croissante (2000-30000 cell/l)	stable (2000-4000 ind)	Dynamique normale
BEL Juil 2008	Irrigation	colonisation en cours	Croissante (9000-40 000 cell/l)	Croissante (0-3000 Larves/m ²)	Dynamique de colonisation normale
CA Aout 2008	Irrigation + mer	colonisation en cours	Stable (20 000-30 000 cell/L)	Croissante (0-800 Larves/m ²)	Dynamique de colonisation normale
BEL Mai-juin 2009	Précipitations+ irrigation	Peuplement en place	Croissante puis stable (40 000 – 140 000 cell/L)	Croissante (2600-9300 Larves/m ²)	Dynamique normale
CA juin-juil 2009	Irrigation	Peuplement en place	Décroissante (1 000 000 à 700 000 cell/L)	Décroissante (5700 à 3700) puis Croissante (3700 à 24 700 Larves/m ²)	Dynamique suspecte
CA sept 2009	Pluie	Colonisation en cours	Décroissante (700 000 à 400 000 cell/L)	Croissante (0-5400 Larves/m ²)	Dynamique de colonisation normale

Conclusions générales

Le contexte climatique de l'année 2009 est là encore original par rapport aux deux années précédentes, avec cette fois des précipitations automnale et hivernale élevées.

L'état « zéro » confirme la forte variabilité temporelle de ces marais temporaires, au moins en terme de densité (nombre de cellules d'algues /L ou de nombre de larve /m²), les taxons présents étant quant à eux relativement stable d'une année sur l'autre.

Les suivis « post démoustication » de cette année 2009 mettent en évidence un cas suspect sur les densités et la structure du peuplement de Diptères chironomidés (au Clos d'Armand en juin-Juillet, traitement sur peuplement partiellement en place), montrant l'importance d'augmenter encore le nombre d'observations afin de mettre en évidence des effets sur les Diptères chironomidés qui restent subtiles à déterminer.

Les densités cellulaires algales, quant à elles, ont atteint des valeurs très élevées et inhabituelles, marquées par le développement de cyanobactéries. Cette tendance à l'augmentation est à surveiller, et va dans le sens d'un maintien des suivis post démoustication.

REFERENCES CITEES

- Boisvert, Jacques, Lacoursière, Jean O., 2004, *Le Bacillus thuringiensis israelensis et le contrôle des insectes piqueurs au Québec*, Québec, ministère de l'Environnement, Envirodoq no ENV/2004/0278, 101 p., document préparé par l'Université du Québec à Trois-Rivières pour le ministère de l'Environnement du Québec.
- Bourrelly P., 1981. *Les algues d'eau douces. Initiation à la systématique. Tome 2 : les algues jaunes et brunes. Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées* Boubée publ., Paris. 517 p.
- Bourrelly P., 1985. *Les algues d'eau douces. Initiation à la systématique. Tome 3 : les algues bleues et rouges, les Eugléniens, Péridiniens et Cryptomonadines.* Boubée publ., Paris. 606 p.
- Bourrelly P., 1990. *Les algues d'eau douces. Initiation à la systématique. Tome 1 : les algues vertes.* Boubée publ., Paris. 572 p.
- Franquet E. Cazaubon A. Fayolle S. Hudin, S Clayes-Mekdade C. Morales A. & Picon, B. 2003. Etude d'impact d'un éventuel traitement au Bti sur le territoire du Parc Naturel Régional de Camargue. - Rapport scientifique - 203 p.
- Herbst D.B. 2001. Gradients of salinity stress, environmental stability and water chemistry as a template for defining habitat types and physiological strategies in inland salt waters. *Hydrobiologia* 466: 209-219.
- Komàrek J. & Anagnostidis K, 1999. *Süsswasserflora von Mitteleuropa*. Band 19/1, Cyanoprokaryota 1. Teil: *Chroococcales*, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 548 p.
- Komàrek J. & Anagnostidis K, 2005. *Süsswasserflora von Mitteleuropa*. Band 19/2, Cyanoprokaryota 1. Teil: *Oscillatoriales*, Elsevier- Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Munich, 759 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1986. *Süsswasserflora von Mitteleuropa*. 1 : *Bacillariophyceae : Naviculaceae*. Band 2/1 (H.ETTL, J.GERLOFF, H.HEYNIG & D.MOLLENAUSER, eds) Gustav Fisher Verlag publ., Stuttgart. 876 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1988. *Süsswasserflora von Mitteleuropa*. T2 : *Bacillariophyceae : Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. Band 2/2 (H.ETTL, J.GERLOFF, H.HEYNIG & D.MOLLENAUSER, eds) Gustav Fisher Verlag publ., Stuttgart. 596 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1991a. *Süsswasserflora von Mitteleuropa*. T3 : *Bacillariophyceae : Centrales, Fragilariaceae, Eunotiacea*. Band 2/3 (H.ETTL, J.GERLOFF, H.HEYNIG & D.MOLLENAUSER, eds) Gustav Fisher Verlag publ., Stuttgart. 576 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1991b. *Süsswasserflora von Mitteleuropa*. T4 : *Bacillariophyceae : Achnantaceae*. Band 2/4 (H.ETTL, J.GERLOFF, H.HEYNIG & D.MOLLENAUSER, eds) Gustav Fisher Verlag publ., Stuttgart. 437 p.x

Tourenq, J. N. 1975. Recherches écologiques sur les Chironomides (Diptera) de Camargue., Univ. Toulouse: 424p.

Wotowski K. & Hindák F. 2005. Atlas of Euglènohytes. Publishing House of the Slovak Academy of Sciences. 136 p.