



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 seconde année Février 2009

S. FAYOLLE
E. FRANQUET

Avec la participation de
V. CARTIER
P. CLENCHARD
D. DIOMANDE
R. GARNIER
C. LAMAURIE
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

1. Introduction.....	3
2. Matériel et méthodes	5
2.1. Sites d'études et Matériel et méthodes	5
2.2. Contexte climatique et plan d'échantillonnage	5
2.2.1. Contexte climatique	5
2.2.2. Plan d'échantillonnage.....	5
Etat « zéro ».....	5
Suivi après démoustication.....	6
3. Résultats.....	7
3.1. Description physico-chimique des sites et des points de prélèvements.....	7
3.2. Algues	9
3.2.1. POINT 0 : MON CANARD, ROUSTY, FANGOUSE.....	9
3.2.2. SUIVI DEMOUSTICATION (juillet 2008) : LA BELUGUE	13
3.2.3. SUIVI DEMOUSTICATION (mai-juin et Août 2008) : Le Clos d'ARMAND	15
3.3. Chironomidés	20
3.3.1. Etude des stations de référence : Point « zéro ».....	20
3.3.2. Suivis après démoustication	28
.....	28
Conclusions	41
REFERENCES CITEES	44

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 principaux objectifs :

i) dresser un état « zéro » pré-opérationnel des populations animales et végétales aquatiques 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 1 et 2 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. 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 de leurs populations pourraient entraîner un déséquilibre au sein du peuplement algal. Ce déséquilibre pourrait se manifester par des

proliférations d'algues ou de Cyanobactéries « moins consommables » par les invertébrés et éventuellement par les poissons planctonophages au détriment d'algues comestibles. Ce processus pourrait prétendre à un dysfonctionnement du système et à l'apparition de « blooms algaux » nocifs à l'ensemble du milieu.

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

- de continuer l'acquisition de données sur des stations non démoustiquées (connaissances des stations de référence)
- de répliquer les campagnes de comparaison « avant-après traitement »

Il avait donc été proposé de réaliser deux suivis post-démoustication à la Palissade et à la Belugue, l'un en automne et l'autre au printemps, évidemment, dans la mesure où des traitements auraient été effectués. De plus, l'étude de l'état initial (point zéro) devait être complétée ; les prélèvements réalisés en fin d'automne et en hiver ne semblent pas suffisants :

- pour intégrer l'hétérogénéité temporelle de tels milieux temporaires et
- pour étudier le peuplement algal qui prend toute son ampleur au printemps, et ce quelle que soit la station témoin considérée.

2. Matériels et méthodes

2.1. Sites d'études et Matériels 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

2.2.1. Contexte climatique

Par rapport à l'année précédente, les mises en eau automnales ont été plus tardives. Le cumul des précipitations enregistrées à la tour du Valat (données P. Chauvelon), du 1^{er} septembre au 30 novembre est de seulement 125 mm en 2007 contre 233 mm en 2006. De plus, la figure 1 montre très nettement un décalage d'au moins 1 mois dans les apports en eau en Camargue pour l'automne 2007.

Cette mise en eau tardive explique pourquoi aucun suivi de démoustication n'a été réalisé à l'automne 2007 (Figure 1).

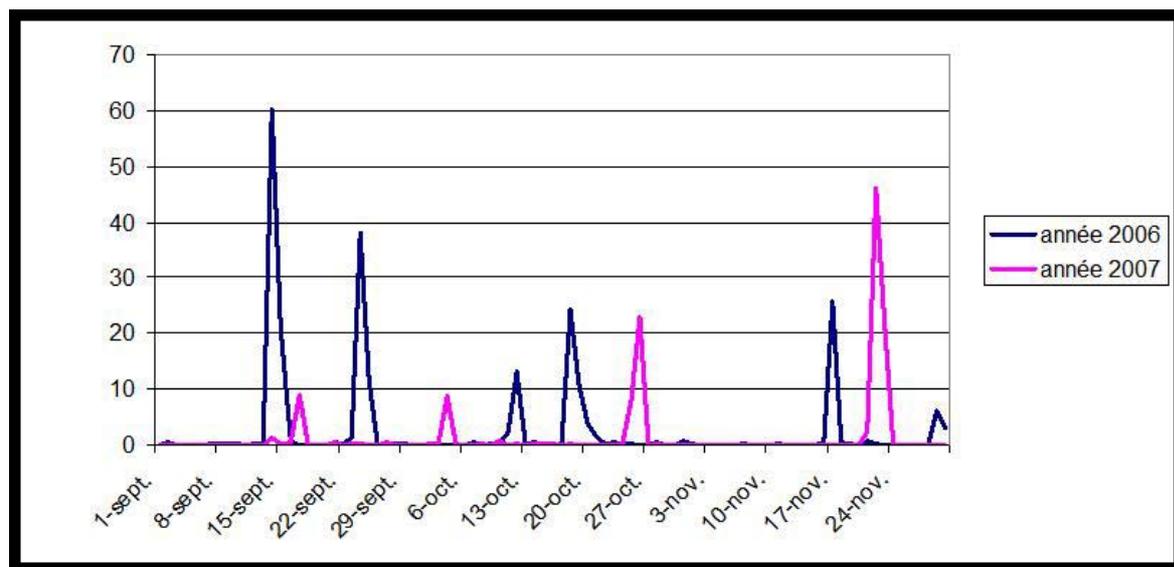


Figure 1 : Précipitations en mm à la tour du Valat (données P. Chauvelon)

2.2.2. Plan d'échantillonnage

Etat « zéro »

Ces prélèvements ont pour objectif de mieux connaître les peuplements d'algues et de Diptères chironomidés des marais temporaires des zones non démoustiquées. Suite aux résultats de la première année, montrant l'importance de considérer l'ensemble du cycle saisonnier, les prélèvements ont été réalisés, en hiver (campagne du 12/12/2007), au printemps (campagne du 12/6/2008) (Tableau 1).

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

	Dates de prélèvement (campagne)	Habitats prospectés*	Nombre de prélèvements
Rousty	12/12/2007 12/6/2008	Scirpaie Pleine eau	Chironomes : 15 Algues (densité) : 6
Fangouse	12/12/2007 12/6/2008	Pleine eau/ characées	Chironomes : 20 Algues (densité) : 6
Moncanard	12/12/2007 12/6/2008	Paspalum	Chironomes : 18 Algues (densité) : 6

Suivi après démoustication.

Ce suivi a pour objectif de prendre en compte les effets directs 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. 3 campagnes de démoustication ont été suivies, deux au clos d'Armand, en été, et 1 à la Belugue au printemps. La dernière campagne de suivi à la Belugue n'a pas pu être réalisée pour des problèmes d'accès au site (Tableau 2).

Tableau 2 : description du plan d'échantillonnage pour chacune des trois campagnes de suivi de démoustication. * pour la campagne d'août au Clos d'Armand, seuls 7 prélèvements ont été effectués par manque d'eau, le 29 août la station du Clos d'Armand étant partiellement asséchée seuls 3 prélèvements ont été effectués.

	Campagne 1 : Clos d'Armand	Campagne 2 : Belugue	Campagne 3 : Clos d'Armand
Date de mise en eau	17 Mai 2008	Entre le 3 et le 7 juillet 2008	Intermittent entre le 18 Août 2008 et le 24 Août 2008
Origine de la mise en eau	précipitations	Irrigation par pompage	Irrigation par drainage Puis intrusions marines
Dates des prélèvements effectués	T0 (22 mai) T0+4 (26 mai) T0+10 (2 juin) T0+20 (12 juin)	T0 (4 juillet) T0+3 (7 juillet) T0+6 (10 juillet)	T0 (22 Août) T0+3 (25 Août) T0+7 (29 Août) T0+10 (1 Septembre) T0+29 (23 Septembre)
Date de traitement	T0 (22 mai)	T0 (4 juillet) T'0 (7 juillet)	T0 (22 Août) T'0 (29 Août, main) T''0
Dates d'assèchement	Assèchement observé en juillet 2008	Assèchement Observé le 15 juillet 2008	Assèchement partiel constaté le 3 Octobre 2008
Nombre de prélèvements	Chironomes : 40 Algues (densité) : 12	Chironomes : 30 Algues (densité) : 9	Chironomes : 31* Algues (densité) : 15

La figure 2 (ci-après) replace les différentes campagnes d'échantillonnage effectuées sur le diagramme des précipitations.

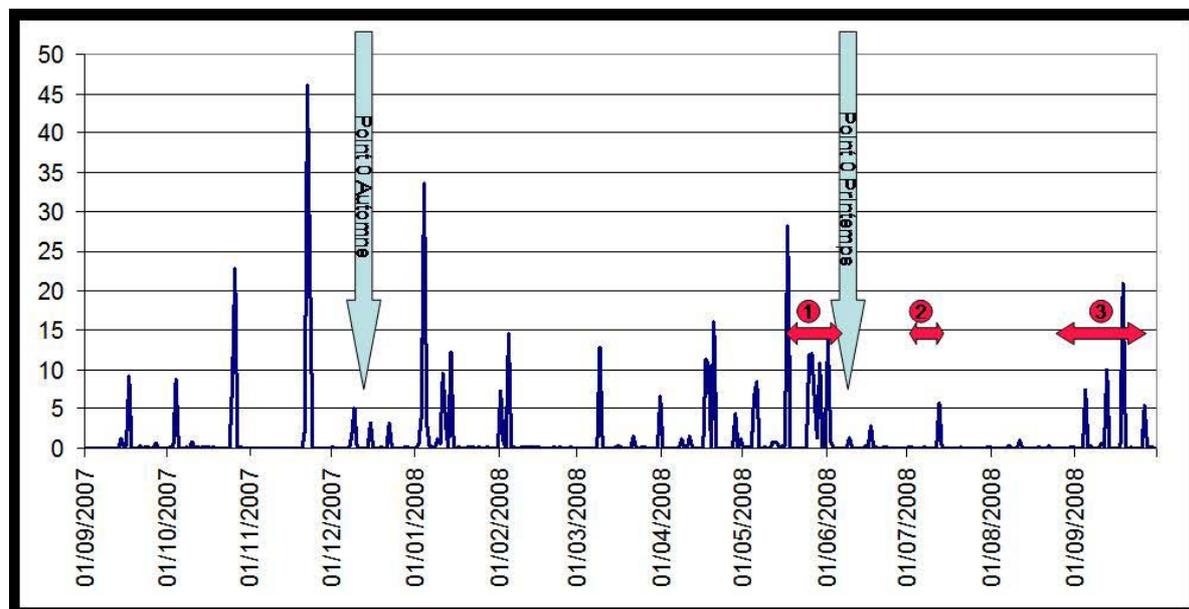


Figure 2 : Précipitations en mm à la tour du Valat (données P. Chauvelon), entre le 1^{er} septembre 2007 et le 30 septembre 2008. Les flèches bleues représentent les dates d'échantillonnage pour l'état 0 (Fangouse, Moncanard et Rousty). Les flèches rouges correspondent aux suivis post-démoustication (1 : Clos d'Armand, 2 Belugue, 3 Clos d'Armand)

3. Résultats

3.1. Description physico-chimique des sites et des points de prélèvements

Globalement, le tableau 3 montre l'absence de nitrates dans l'eau des marais. Pour les phosphates la situation est plus variable, des processus sédimentaires de relargage pourraient avoir lieu. La salinité montre en revanche une hétérogénéité plus marquée. Les relevés de cette seconde année confirment nos observations de l'année 1 ; les stations choisies au clos d'Armand, puis à la Fangouse sont les moins salées, à l'opposé on trouve les stations de Rousty et de Mon Canard.

Tableau 3 : Descriptif physico-chimique des stations étudiées en 2008.

station	date	date de mise en eau	origine de la MEE	date de traitement	Salinité	Cond	Température	PO43-	NO2-	No3-
Clos d'Armand	22/05/2008	18/05/2008	précipitation	22/05/2008	0,6	1,55	17,5			
Clos d'Armand	26/05/2008	18/05/2008	précipitation	22/05/2008	0,5	1,4	19			
Clos d'Armand	02/06/2008	18/05/2008	précipitation	22/05/2008	0,4	1,3	23,1	<0,01	<0,01	<0,1
Clos d'Armand	12/06/2008	18/05/2008	précipitation	22/05/2008	0,7	1,8	20,5	0,01	<0,01	<0,1
Clos d'Armand	22/08/2008	18/08/2008	Irrigation	22/08/2008	1,6	3,3	19,3			
Clos d'Armand	25/08/2008	18/08/2008	Irrigation	22/08/2008	1,6	3,3	19,3			
Clos d'Armand	29/08/2008	18/08/2008	Irrigation	22/08/2008	2,3	4,5	21,7			
Clos d'Armand	01/09/2008	18/08/2008	Irrigation	22/08/2008	3,1	5,7	21,7			
Clos d'Armand	23/09/2008	08/09/2008	inondation	11/09/2008	1,4	2,9	16,3			
Fangouse	12/12/2007			néant	4,7	8,7	5,6			
Fangouse	12/06/2008	12/06/2008	précipitation		5	8,95	22,5	0,01	<0,010	<0,10
La belugue	04/07/2008	01/07/2008	Irrigation	04/07/2008						
La belugue	07/07/2008	01/07/2008	Irrigation	07/07/2008						
La belugue	10/07/2008	01/07/2008	Irrigation	07/07/2008						
Moncanard	12/12/2007			néant	2,3	4,53	3,5			
Moncanard	12/06/2008	12/06/2008	précipitation		6	12	29,1	0,028	<0,010	<0,10
Rousty	12/12/2007			néant	6,2	11,34	8,8			
Rousty	12/06/2008	12/06/2008	précipitation		4,3	7,5	31,8	0,048	<0,010	<0,10

3.2. Algues

3.2.1. POINT 0 : MON CANARD, ROUSTY, FANGOUSE

1) Inventaire et dénombrement des algues

L'inventaire (**Tableau 3**) comprend les espèces recensées aux dates du 12/12/07 (automne 2007) et du 12/06/08 (printemps 2008).

D'un point de vue qualitatif, les espèces recensées lors des 2 périodes dans chaque marais sont sensiblement les mêmes.

Les différentes espèces présentes restent caractéristiques de celles trouvées dans le phytoplancton des marais avec une représentation importante de la division des Euglenophyta, (Goldsborough, 2001). Parmi ces Euglénophytes, les genres *Euglena*, *Phacus* et *Trachelomonas* sont présents au moins à une saison dans les trois marais prospectés.

Tableau 3: Inventaire des espèces algales échantillonnées à Moncanard (MC), Rousty et Fangouse) le 12/12 2007 (A07) et le 12/6/2008 (P07).

Marais/date	MC (A07)	MC (P08)	Rousty (A07)	Rousty (P08)	Fangouse (A07)	Fangouse (P08)
Division Bacillariophyta (DIATOMEES)						
<i>Achnanthes minutissima</i>		+	+	+	+	+
<i>Achnanthes lanceolata</i>			+	+	+	+
<i>Amphora pediculus</i>		+				
<i>Cocconeis placentula</i>				+		
<i>Cymbella affinis</i>				+		+
<i>Cymbella cuspidata</i>				+		
<i>Cymbella minuta</i>		+	+			
<i>Fragilaria capucina</i>	+		+	+	+	
<i>Gomphonema parvulum</i>				+		
<i>Gyrosigma attenuatum</i>		+				+
<i>Navicula cryptocephala</i>		+		+		
<i>Navicula menisculus</i>			+	+		+
<i>Navicula spp.</i>		+		+		+
<i>Navicula rhyncocephala</i>		+				
<i>Navicula pupula</i>						+
<i>Pinnularia viridis</i>					+	+
<i>Pleurosigma sp.</i>		+				
<i>Stauroneis sp.</i>		+				
<i>Surirella constricta</i>				+		

Marais/date	MC (A07)	MC (P08)	Rousty (A07)	Rousty (P08)	Fangouse (A07)	Fangouse (P08)
Division CYANOPROCARYOTA (CYANOBACTERIES)						
<i>Oscillatoria limosa</i>	+					
<i>Oscillatoria</i> spp.		+				
Division EUGLENOPHYTA (EUGLENE)						
<i>Euglena caudata</i>	+	+	+		+	+
<i>Euglena</i> spp		+	+	+	+	
<i>Phacus</i> sp.		+	+	+	+	
<i>Trachelomonas</i> spp	+	+	+	+	+	+
Division DINOPHYTA						
KYSTES						+

On constate une nette diminution du nombre d'espèce entre les deux années d'étude (automne 2006 et automne 2007) qui peut s'expliquer par une température plus froide lors de la campagne de prélèvement d'automne 2007 (**Tableau 4**).

Les valeurs densitaires algales sont très faibles dans les trois marais en automne 2007. A Rousty les valeurs atteignent 894 cellules/L en automne 2007 contre 5680 cell/L en automne 06. La Fangouse accuse la plus forte diminution densitaire (967 cell/L, en automne 2007). Ces valeurs augmentent légèrement au printemps 2008 dans les trois marais. Néanmoins, ces valeurs correspondent à la dynamique saisonnière algale caractéristique de l'ensemble des hydrosystèmes qui se traduit par une diminution en fin d'automne et pendant la période hivernale des densités algales et une augmentation printanière.

Tableau 4: Nombre total d'espèces inventoriées, densités cellulaires et groupe algal dominant dans les 3 échantillons prélevés en automne 2006, automne 2007, et printemps 2008

LIEU	DATE	Nombre total d'espèces	Densité cellulaire moyenne (cell/L)	Groupe algal dominant
ROUSTY	Automne 2006	16	5680	Diatomées
	Automne 2007	9	894	Euglénophytes
	Printemps 2008	14	1550	Diatomées
FANGOUSE	Automne 2006	14	97810	Algues vertes
	Automne 2007	5	967	Euglénophytes
	Printemps 2008	10	2580	Euglénophytes
MON CANARD	Automne 2006	6	4090	Diatomées
	Automne 2007	4	1400	Cyanobactéries
	Printemps 2008	14	6600	Euglénophytes

Le groupe algal dominant est celui des Euglénophytes dans les marais du Rousty et de la Fangouse en automne 2007 tandis que ce sont les Cyanobactéries pour Mon Canard.

On observe un changement dans le groupe algal dominant au printemps 2008 dans les marais de Rousty et de Mon Canard car ce sont respectivement les Diatomées et les Euglénophytes qui dominent.

2) Dynamique temporelle des densités phytoplanctoniques (par groupe d'algue)

La répartition des différents groupes d'algues est présentée sur la figure 4, quatre divisions d'algues ont été répertoriées (Dinophytes, Euglénophytes, Cyanobactéries et Diatomées).

Pour la campagne de prélèvements effectués en automne 2007, les valeurs densitaires algales sont comparables, d'une station à l'autre. On retrouve le même profil spécifique avec les Euglénophytes (Genres *Euglena*, *Phacus* et *Trachelomonas*) qui dominent à la Fangouse et Rousty. Le cortège algal de Moncanard se distingue par la présence et la forte densité de la Cyanobactérie (*Oscillatoria limosa*) en plus des Euglénophytes. Les Diatomées sont faiblement représentées dans les trois marais à cette période. Aucune Chlorophyte (algue verte) n'a été répertoriée durant l'automne 2007. Leur absence peut-être imputable à une diminution thermique.

Dans les trois marais, la saison printanière se caractérise par une augmentation des densités cellulaires, mais dans l'ensemble ces valeurs restent faibles pour cette période puisqu'elles ne dépassent pas les 7000 cell/L à mon Canard.

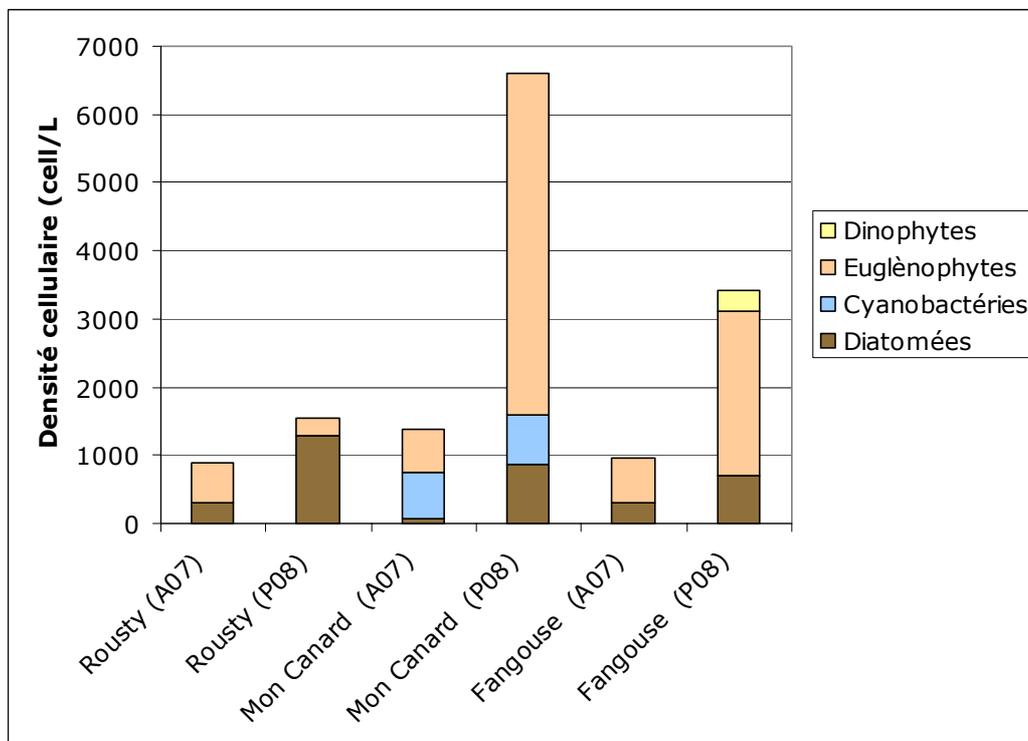


Figure 4: Densités cellulaires moyennes (calculées sur les 3 échantillons correspondant aux 3 habitats) des différentes espèces algales (exprimées en cell/L) pour chaque marais (en marron : Diatomées, en bleu : Cyanobactéries, en orange: Euglénophytes et en jaune / Dinophytes)

Conclusion:

Au cours de cette année d'étude, les trois marais étudiés ont présenté un cortège algal peu diversifié. Ils ont montré une succession saisonnière peu marquée, ce qui est particulièrement vrai pour le marais de Rousty.

Ces deux campagnes de prélèvement se caractérisent par de très faibles valeurs densitaires cellulaires algales dans l'ensemble des marais et une dominance des Euglénophytes. Ce profil densitaire coïncide à la fois avec les températures froides mesurées sur le terrain (4°C) et les conditions climatiques qui règnent en cette période de début d'hiver et avec la forte pluviométrie enregistrée au cours du mois de mai 2008. Cette dilution a inhibé le développement algal et a engendré l'absence des algues vertes répertoriées les années précédentes.

Le cycle du développement algal se calque sur le cycle hydrologique des marais et cette année s'est distinguée par des conditions plutôt limitantes (mise en eau automnale tardive et froide, suivi d'un printemps très pluvieux).

3.2.2. SUIVI DEMOUSTICATION (juillet 2008) : LA BELUGUE

1) Inventaire des algues

Tableau 5: Richesse spécifique totale des trois habitats échantillonnés à la Belugue à T0 , T0+3 et T0+6.

	T0 4/7/08	T0+3 7/7/08	T0+6 10/07/08
<i>Division Bacillariophyta (DIATOMEES)</i>			
<i>Achnanthes minutissima</i>		+	+
<i>Achnanthes lanceolata</i>		+	+
<i>Cymbella minuta</i>			+
<i>Fragilaria capucina</i>			+
<i>Navicula radiosa</i>			+
<i>Navicula rhyncocephala</i>		+	+
<i>Nitzschia dissipata</i>			+
Division CHLOROPHYTA			
<i>Chlamydomonas sp.</i>		+	+
<i>Eudorina sp.</i>		+	+
<i>Gonium sp.</i>		+	+
<i>Monoraphidium sp.</i>		+	+
<i>Oocystis sp.</i>		+	+
<i>Pandorina morum</i>		+	+
<i>Scenedesmus acuminatus</i>		+	+
<i>Scenedesmus ecornis</i>		+	+
<i>Spirogyra sp.</i>			+
Division CYANOPROCARYOTA			
<i>Anabaena sp.</i>			+
<i>Lyngbya sp.</i>		+	+
<i>Phormidium sp.</i>			+
<i>Oscillatoria spp.</i>	+	+	+
Division EUGLENOPHYTA			
<i>Euglèna sp.</i>	+	+	+
<i>Phacus sp.</i>	+	+	+
<i>Trachelomonas bacillifera</i>	+	+	+
TOTAL ESPECES	4	16	23

Le tableau 5 montre une augmentation de la richesse spécifique algale au cours du temps. A la mise en eau, seulement 4 espèces sont recensées, représentées par des 3 Euglénophytes et une Cyanobactérie. Ces quatre espèces sont omniprésentes. Puis le nombre d'espèces croît de façon importante ce qui correspond à une colonisation progressive par les Chlorophycées et diatomées (Bacillariophyta).

2- Densités phytoplanctoniques

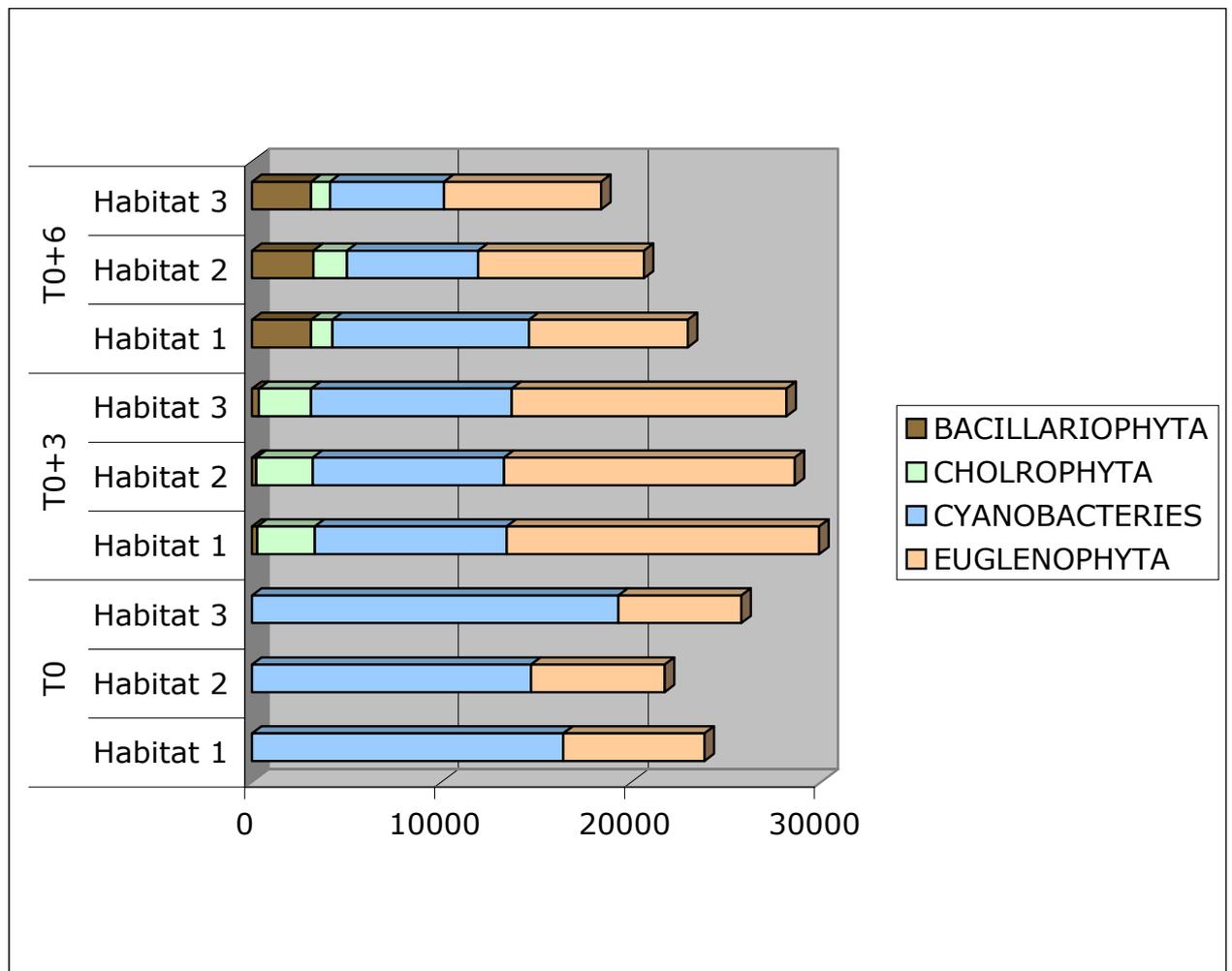


Figure 5: Densités cellulaires phytoplanctoniques à la Belugue dans les trois habitats échantillonnés

Les densités cellulaires (Figure 5) sont importantes à T0 dès à la mise en eau puisqu'elles atteignent 25 000 cell.L⁻¹ avec une nette dominance des Cyanobactéries (algues bleues) dans le peuplement phytoplanctonique. Les Euglénophytes sont fortement représentées. Ces 2 divisions constituent l'ensemble des algues planctoniques. Une forte augmentation des densités est observée à T0+3 dans l'ensemble des trois habitats échantillonnés, elle se matérialise par une multiplication des d'Euglénophytes, par l'apparition des Chlorophyta (Algues vertes) en forte densité et par un nombre plus réduit de diatomées. Cette augmentation cellulaire tend à régresser à T0+6. Elle se traduit par une multiplication des petites diatomées et une diminution des autres divisions.

Les densités restent néanmoins conséquentes puisqu'elles sont toujours supérieures à 15000 cell/L.

Cette régression de la densité algale est liée à l'assèchement progressif de certains secteurs du marais.

D'un point de vue qualitatif, ce sont les mêmes espèces qui dominent chez les Euglenophyta et les Cyanobactéries. Le détail des différentes valeurs de densités cellulaires pour chaque espèce qui colonise le milieu est donné en Annexe.

Conclusion :

Ce suivi de l'impact d'un traitement Bti à la Belugue ne montre pas d'effet négatif particulier sur la croissance algale.

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.

3.2.3. SUIVI DEMOUSTICATION (mai-juin et Août 2008) : Le Clos d'ARMAND

L'inventaire algal de ces deux campagnes réalisées en 2008 est similaire à celui de l'année précédente ; les mêmes espèces ont été recensées et sont caractéristiques de celles trouvées dans le phytoplancton des marais américains (Goldsborough, 2001). Cinq divisions algales sont représentées : Les Chrysophyta avec comme groupe dominant les Diatomées, les Chlorophyta (algues vertes), les Cyanobactéries, les Euglenophyta et les Dinophyta.

Le Clos D'Armand possède une richesse spécifique s'élevant 48 espèces réparties en 34 diatomées, 5 Chlorophycées, 4 Cyanobactéries 4 Euglénophytes et 1 Dinophyte. Il faut préciser que le Clos D'Armand a été étudié en période estivale, la plus propice au développement algal.

- Premier suivi démoustication (mai-juin 2008)

1) Richesse spécifique, Densité cellulaire et Groupe algal dominant

Ce premier suivi permet de mettre en évidence une augmentation de la richesse spécifique et des densités cellulaires après T0 (tableau 6). Les densités cellulaires sont comparables à celles observées à la Belugue au mois de juillet. Les Cyanobactéries dominent dans le peuplement phytoplanctonique. Dans la plupart des hydrosystèmes méditerranéens, la saison estivale se caractérise par un développement de Cyanobactéries.

On peut remarquer qu'après 20 jours de mise en eau, la densité cellulaire algale a décuplée ce qui met en exergue une bonne dynamique du développement algal.

Tableau 6: Nombre total d'espèces inventoriées, densités cellulaires et groupe algal dominant dans les 3 échantillons prélevés

CLOS D'ARMAND		Nombre total d'espèces	Densité cellulaire totale (cell/L)	Groupe algal dominant
T0 (22/05/08)	Habitat 1	14	2500	Cyanobactéries
	Habitat 2	15	1860	Cyanobactéries
	Habitat 3	14	1240	Diatomées
T0+4 (26/05/08)	Habitat 1	23	15160	Cyanobactéries
	Habitat 2	22	7800	Cyanobactéries
	Habitat 3	23	10120	Cyanobactéries
T0+10 (2/06/08)	Habitat 1	19	16400	Cyanobactéries
	Habitat 2	19	23440	Cyanobactéries
	Habitat 3	19	14440	Cyanobactéries
T0+20 (12/06/08)	Habitat 1	24	30640	Cyanobactéries
	Habitat 2	24	24960	Cyanobactéries
	Habitat 3	24	21920	Cyanobactéries

2- Suivi temporel des densités phytoplanctoniques (par groupe d'algue)

Les densités cellulaires (Figure 6) sont faibles à la mise en eau puisqu'elles atteignent 2500 cell.L-1 avec une nette dominance des Cyanobactéries (algues bleues) dans le peuplement phytoplanctonique. Les Diatomées sont fortement représentées. Ces 2 groupes constituent l'ensemble des algues planctoniques. Une forte augmentation des densités s'observe à T0+4 dans l'ensemble des trois habitats échantillonnés qui se matérialise par une multiplication des Cyanobactéries et l'apparition des Euglénophytes en forte densité et d'un nombre quasi-identique de diatomées. Cette augmentation cellulaire se poursuit à T0+10 et pour atteindre son maximum à T0+20. Elle se traduit par une prolifération des cyanobactéries (Genre *Lyngbya* et *Oscillatoria*) et une sous-représentation des autres groupes. Les densités restent néanmoins conséquentes puisqu'elles atteignent près de 30 000 cell/L.

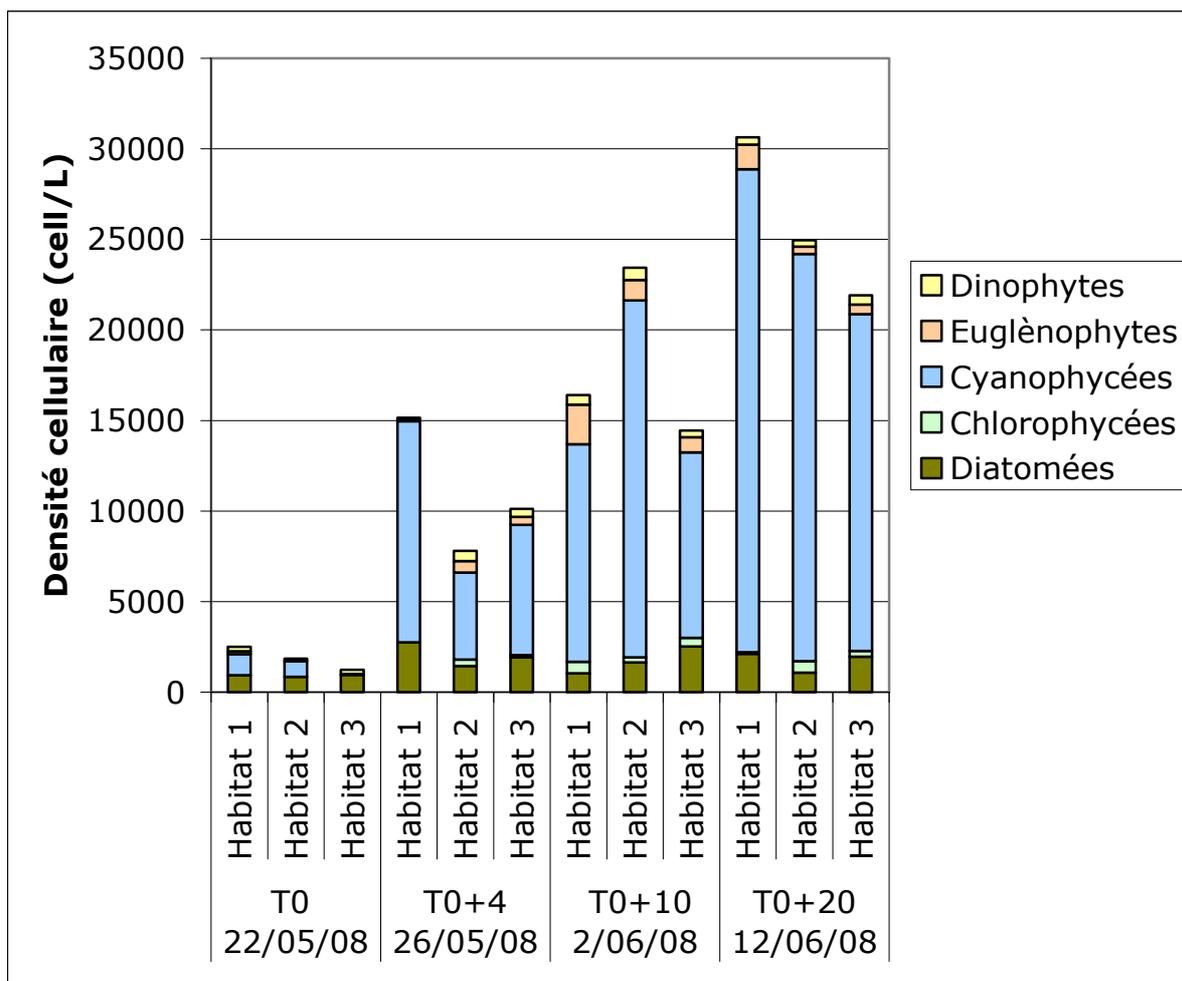


Figure 6: Densités cellulaires totales des groupes d'algues (exprimées en cell/L) sur les 3 habitats échantillonnés pour le marais du Clos d'Armand en mai-juin 2008.

- Deuxième suivi démoustication (août-septembre 2008)

Pour ce deuxième suivi, la richesse spécifique est sensiblement la même que celle inventoriée (tableau 7) au premier suivi avec des espèces qui sont apparues au détriment d'autres. On peut mettre ses résultats en parallèle avec ceux observés dans le premier suivi (augmentation de la densité cellulaire)

On peut remarquer qu'après 29 jours de mise en eau, la densité cellulaire algale continue à augmenter ce qui traduit une bonne dynamique du développement algal.

Tableau 7: Nombre total d'espèces inventoriées, densités cellulaires et groupe algal dominant dans les 3 échantillons prélevés

CLOS D'ARMAND		Nombre total d'espèces	Densité cellulaire totale (cell/L)	Groupe algal dominant
T0 (22/08/08)	Habitat 1	19	9480	Cyanobactéries
	Habitat 2	19	13540	Cyanobactéries
	Habitat 3	19	11980	Cyanobactéries
T0+3 (25/08/08)	Habitat 1	19	33880	Diatomées
	Habitat 2	19	21200	Diatomées
	Habitat 3	19	15400	Diatomées
T0+7 (29/08/08)	Habitat 1	19	17140	Cyanobactéries
	Habitat 2	19	17200	Cyanobactéries
	Habitat 3	19	17940	Cyanobactéries
T0+10 (1/09/08)	Habitat 1	22	28200	Dinophytes
	Habitat 2	22	28740	Dinophytes
	Habitat 3	22	30400	Chlorophycées
T0+29 (23/09/08)	Habitat 1	24	35640	Cyanobactéries
	Habitat 2	24	41400	Cyanobactéries
	Habitat 3	24	31820	Cyanobactéries

2- Suivi temporel des densités phytoplanctoniques (par groupe d'algue)

Comme pour le premier suivi, les densités cellulaires (Figure 7) sont faibles à la mise en eau puisqu'elles atteignent $15\ 000\ \text{cell.L}^{-1}$ avec une nette dominance des Cyanobactéries (algues bleues) dans le peuplement phytoplanctonique. Les Diatomées sont fortement représentées. Ces 2 groupes constituent l'ensemble des algues planctoniques. Une légère augmentation des densités s'observe à T0+3 dans l'ensemble des trois habitats échantillonnés qui se matérialise par une multiplication des diatomées et des Euglénophytes en forte densité. A T0+7, les densités cellulaires sont légèrement plus faibles mais le peuplement tend à s'équilibrer avec une équirépartition des groupes d'algues. La dynamique de croissance des densités des algues reprend à T0+10 pour atteindre son maximum à T0+29 et se traduit par une prolifération des cyanobactéries (Genre *Lyngbya* et *Oscillatoria*) et une diminution des autres groupes.

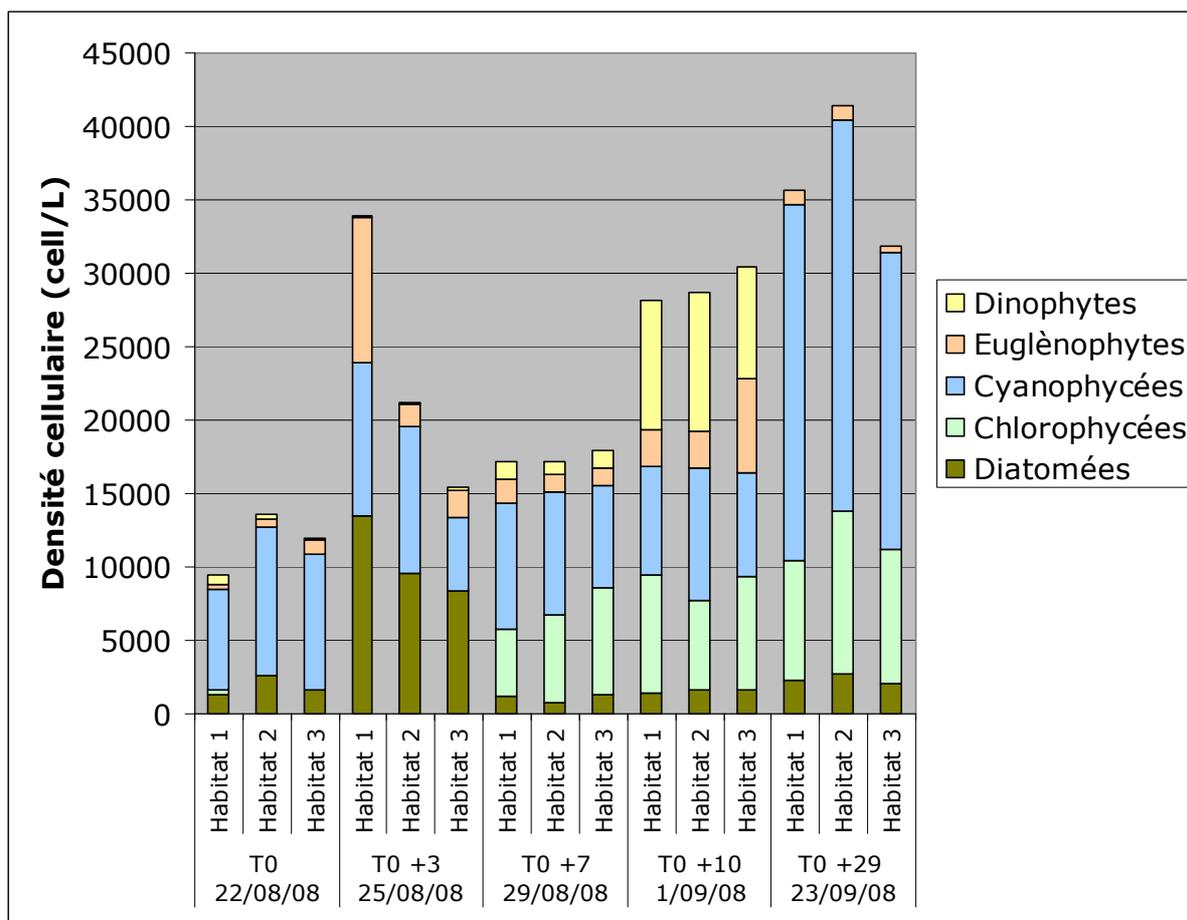


Figure 7: Densités cellulaires totales des groupes d'algues (exprimées en cell/L) sur les 3 habitats échantillonnés pour le marais du Clos d'Armand

Conclusion :

Ces deux suivis estivaux ayant pour objectif de détecter un l'impact éventuel d'un traitement au Bti sur le compartiment algal au Clos d'Armand n'ont pas montré une inhibition du développement phytoplanctonique. La dynamique d'installation et du développement algal est très similaire pour les deux suivis. Les Cyanobactéries s'installent et prolifèrent dans le marais ; il faut préciser que ces algues sont en général peu consommées par les consommateurs primaires. Il est difficile de réguler leur abondance dans un milieu aquatique quand elles y sont installées.

Les fortes densités cellulaires algales dans l'ensemble des habitats reflètent à la fois la période estivale et la temporarité de la mise en eau.

L'utilisation du Bti n'a pas d'effet direct sur les algues et n'impacte pas le développement algal. En revanche, ces résultats confirme qu'une potentielle diminution des consommateurs primaires dans le milieu pourrait 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).

3.3. Chironomidés

3.3.1. Etude des stations de référence : Point « zéro »

3.3.1.1. Résultats bruts par point.

Les résultats obtenus cette année montrent une très forte hétérogénéité temporelle (opposition Hiver-Printemps). La campagne d'hiver 2007 montre des densités larvaires de Diptères Chironomidés très faibles, et ce quelles que soient les stations. Ces densités vont de 0 larves/m² à Rousty (Tableau 8) jusqu'à seulement une centaine à Mon Canard (Tableaux 9 et 10). **Ces valeurs sont environ 100 fois inférieures à celles qui avaient été enregistrées l'année précédente. Cela peut s'expliquer par un prélèvement plus tardif (décembre au lieu de novembre) et à des mises en eau, elles mêmes, plus tardives et plus faibles. Le peuplement ne semble donc pas avoir pu s'installer correctement car la mise en eau s'est faite en même temps qu'une baisse des températures, limitant ainsi la colonisation (température à la date de prélèvement de 5 °C).**

A l'opposé, la campagne du printemps 2008, montre des effectifs variant de 60 larves/échantillon à plus de 700 larves/échantillon, ce qui correspond respectivement ponctuellement à 1428 larves/m² et 16 666 larves/m² (Tableau 11, 12 et 13).

Tableau 8 : descriptif pour Rousty, le 12 décembre 2007

	Description de l'habitat				Chironomidés
	Hauteur D'eau (cm)	Couleur sédiments	% recouvrement	végétation	Effectifs /échantillon
1	2.5	gris	5	scirpe	0
2	2	gris clair	0	-	0
3	10	gris clair	0	-	0
4	8	gris clair	0	-	0
5	5	gris clair	5	-	0

Tableau 9 : descriptif pour Fangouse le 12 décembre 2007

	Description de l'habitat				Chironomidés
	Hauteur D'eau (cm)	Couleur sédiments	% recouvrement	végétation	Effectifs /échantillon
1	3	gris clair	20	scirpe	0
2	4.5	gris clair	30	scirpe	0
3	10	gris clair	30	scirpe	0
4	20	gris clair	30	scirpe	0
5	30	gris clair	10	scirpe	2
6	18	gris clair	10	scirpe	1
7	18	gris clair	20	scirpe	1
8	15	gris foncé	10	scirpe	0
9	25	gris foncé	0	-	0
10	10	gris clair	10	scirpe	0

Tableau 10 : descriptif pour Mon Canard le 12 décembre 2007

	Description de l'habitat				Chironomidés
	Hauteur D'eau (cm)	Couleur sédiments	% recouvrement	végétation	Effectifs /échantillon
1	5	gris clair	0	jonc	0
2	10	gris foncé	10	-	6
3	10	gris clair	0	-	2
4	6	gris foncé	0	-	1
5	10	gris foncé	0	-	1
6	4	noir	30	scirpes sénéscents	2
7	3	gris clair	10	scirpaie	7
8	15	gris foncé	0	-	0

Tableau 11 : descriptif pour Rousty, le 12 juin 2008

	Description de l'habitat				Chironomidés
	Hauteur D'eau (cm)	Couleur sédiments	% recouvrement	végétation	Effectifs /échantillon
1	5	gris clair	40	Scirpe	500
2	5	gris clair	50	Scirpe	376
3	10	gris clair	0		169
4	15	gris clair	5	Scirpe	198
5	20	gris clair	10	Scirpe	390
6	15	gris clair	5	Scirpe	720
7	30	gris clair	0	-	352
8	30	gris clair	0	-	407
9	7	gris foncé	0	-	459
10	35	gris clair	0	-	280

Tableau 12: descriptif pour Fangouse le 12 juin 2008

	Description de l'habitat				Chironomidés
	Hauteur D'eau (cm)	Couleur sédiments	% recouvrement	végétation	Effectifs /échantillon
1	15	gris clair	25	AF	124
2	12	gris clair	30	Scirpe	204
3	8	gris clair	25	Scirpe	340
4	8	gris clair	20	Scirpe	196
5	8	gris clair	20	Scirpe	234
6	6	gris clair	20	Scirpe	296
7	15	gris clair	5	Scirpe	212
8	15	gris clair	10	Scirpe	297
9	10	gris clair	20	Scirpe	316
10	15	Gris foncé	0	AF	236

Tableau 13 : descriptif pour Mon Canard le 12 juin 2008

	Description de l'habitat				Chironomidés
	Hauteur D'eau (cm)	Couleur sédiments	% recouvrement	végétation	Effectifs /échantillon
1	10	marron gris	5	Scirpe	60
2	15	gris clair	50	renoncules	78
3	15	marron gris	50	Scirpe	300
4	12	marron gris	0	-	288
5	6	marron gris	0	-	232
6	20	Gris foncé	20	renoncules	312
7	15	gris noir	20	renoncules	83
8	7	gris clair	0	-	128
9	7	gris clair	0	-	288
10	6	gris clair	0	-	144

3.3.1.2. Distribution spatiale et marge de variabilité liée à l'échantillonnage

Le tableau 14 ci-dessous, montre que la marge d'erreur est comprise entre 9% et 55% de la moyenne. Une nette dichotomie apparaît, les fortes marges d'erreur étant liées aux très faibles densités de l'hiver 2007. Au contraire, les valeurs de densités printanières sont remarquablement homogènes puisque inférieures aux 20% attendus.

Tableau 14 : calcul de la marge d'erreur pour chacune des 6 séries de prélèvement réalisées dans les stations de références (Pont 0). La distribution spatiale est agrégative si $I(n-1) > \text{Chi}^2$ théorique.

	RO 12 déc 2007	RO 12 Juin 2008	MC 12 déc 2007	MC 12 juin 2008	FA 12 déc 2007	FA 12 Juin 2008
n	5	10	8	10	10	10
Nbre d'ind moyen par échantillon	0	385	1	191	0.40	247
Variance estimée	-	25028	2.78	10532	0.48	4375
Coeff. de variation	-	64.9	2.22	55.0	1.22	17.7
$I(n-1) =$ $\text{Chi}^2_{\text{obs}}$	-	584.9	15.6	495.5	11	159.7
Chi^2_{th}	11.14	19.02	16.01	19.02	19.02	19.02
Distribution	-	agrégative	aléatoire	agrégative	aléatoire	agrégative
<i>erreur standard</i>	-	<i>0.13</i>	<i>0.47</i>	<i>0.17</i>	<i>0.55</i>	<i>0.09</i>

Pour les échantillons de printemps, la figure 8 montre que la valeur densitaire supérieure à Rousty est principalement due à un échantillon atteignant 720 larves / 0.042m² (outliers).

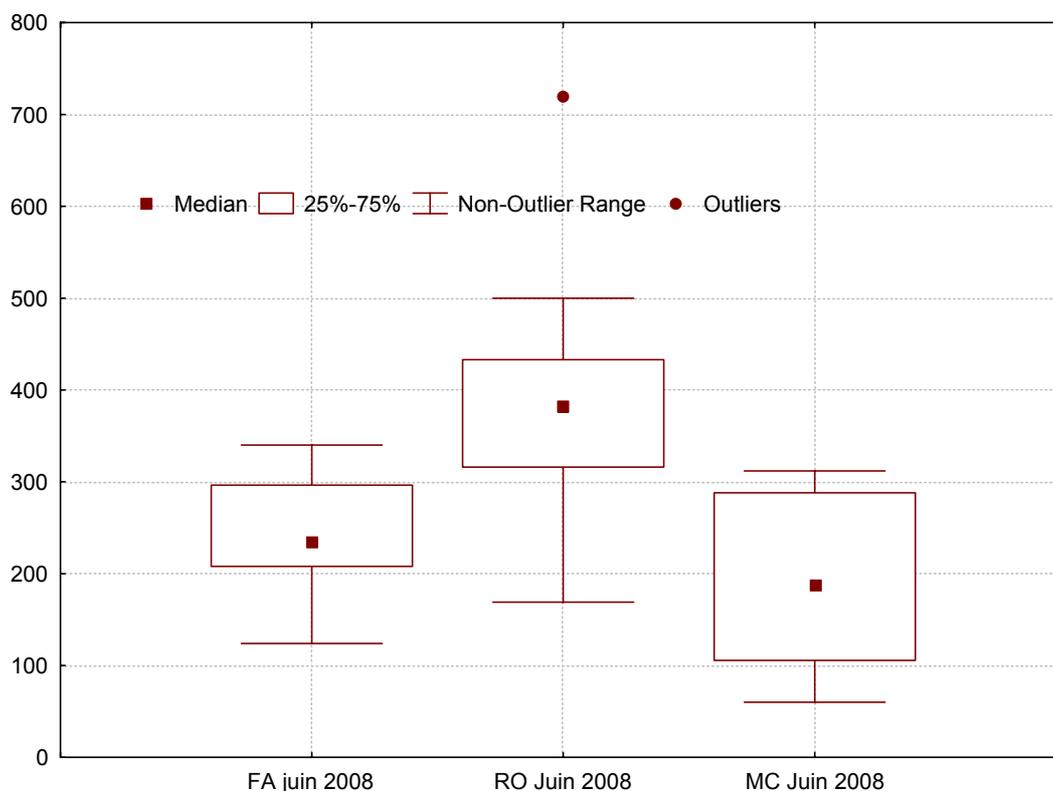


Figure 8 : Distribution des effectifs de larves de Diptères chironomidés (nombre d'individus par échantillon) pour chaque station (Rousty, monCanard, Fangouse) en Juin 2008. Les carrés marrons représente la médiane obtenue pour 10 échantillons.

3.3.1.3. Densité par station de référence

Les densités calculées en extrapolant les valeurs de médiane obtenues pour 0,042m² varient de 0 larve de Chironomes/m², à Rousty, en décembre 2007 à 9119 larves/m² à Rousty, en juin 2008 (Tableau 15). Au printemps, la station de Rousty supporte les densités les plus fortes, suivent ensuite, celles de la Fangouse et enfin celles de Mon canard.

Globalement, en Juin 2008 on retrouve des densités semblables à celles qui avaient été obtenues l'année précédente ; le site de la Fangouse se démarque, cependant, avec une multiplication par 5 de la densité en Diptères chironomidés.

Tableau 15: 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
7571 Larves/m ²	3571 Larves/m ²	0 Larves/m ²	9119 Larves/m ²
MC Nov 2006	MC Janv 2007	MC Déc 2007	MC Juin 2008
4142 Larves/m ²	916 Larves/m ²	36 Larves/m ²	4476 Larves/m ²
FA Nov 2006	FA Janv 2007	FA Déc 2007	FA Juin 2008
583 Larves/m ²	1059 Larves/m ²	12 Larves/m ²	5595 Larves/m ²

Ces valeurs sont dans les bornes fixées par Tourenq (1975), avec des densités moyennes de Diptères chironomidés (tout groupe confondu) printanières et estivales (avril mai juin) comprises entre 4000 et 9000 larves/m².

3.3.1.4. Structure du Peuplement

La structure du peuplement de Diptères chironomidés puis de macroinvertébrés, pris dans leur ensemble, n'a été étudiée que pour le printemps, les effectifs étant beaucoup trop faibles en décembre 2007.

La figure 9 montre très distinctement deux patrons de distribution des 4 grands types de Chironomidés. Le peuplement à la Fangouse apparaît plus diversifié et mieux structuré avec une représentation équilibrée des 4 sous-familles ou tribus. La tribu des Chironomini représentée majoritairement par *Polypedilum nubifer* (ex *pharao*) et *Chironomus* spp., atteint 36%, juste devant les Tanytarsini (32%). Vient, ensuite, la sous-famille des Orthocladiinae

(18%), avec entre autres les *Cricotopus*, puis celle des Tanypodinae représentée par *Procladius choreus* (12%).

Au contraire les peuplements de Rousty et de Mon Canard sont fortement dominés par la tribu des Chironomini, atteignant respectivement 88 et 87%.

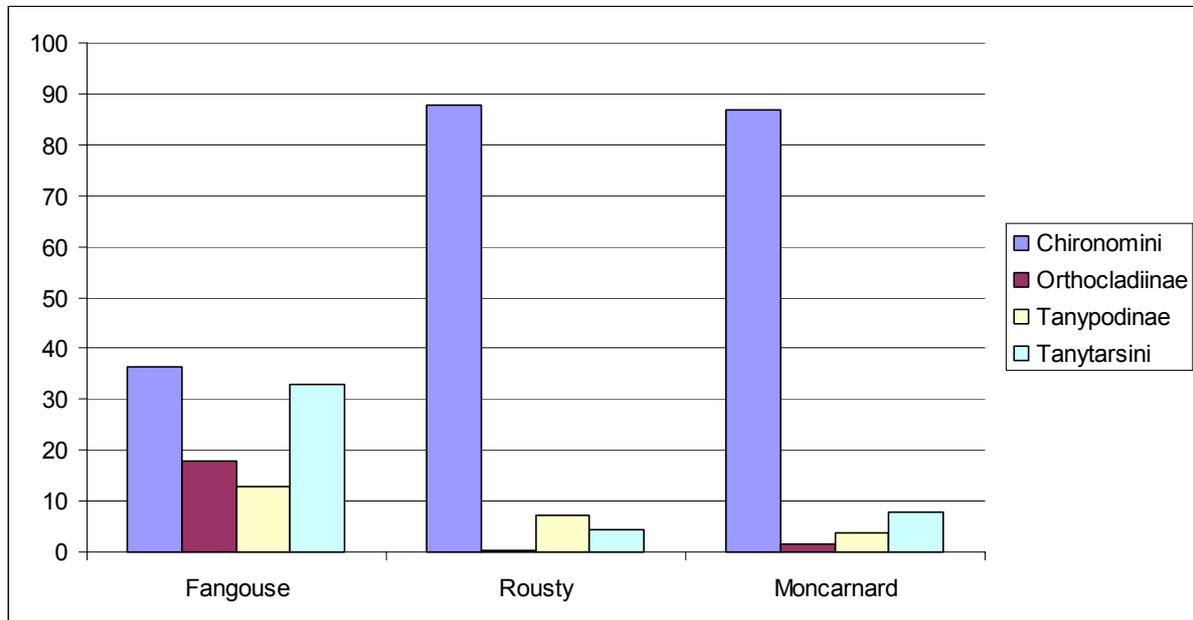


Figure 8 : part relative (%) de chironomini (*Polypedilum nubifer* + *Chironomus* spp + autres), d'Orthoclaadiinae (*Cricotopus* spp. + autres), de Tanypodinae (*Procladius choreus*), et de Tanytarsini (*Tanytarsus* spp. + autres), à la Fangouse, Rousty et Moncanard en Juin 2008.

Pour Rousty et Moncanard, ces résultats confirment les observations de l'automne 2006 et de l'hiver 2007. Au contraire, pour la Fangouse, cet équilibre est plus proche de ce qui était décrit par Tourenq (1975). Dans le cas de St Seren et des Relongues, Tourenq mettait en évidence une dominance beaucoup plus restreinte des Chironomini (% compris entre 48 et 32%) au profit des Tanypodinae et Orthoclaadiinae. Dans le cas des Relongues, les chironomini ne sont d'ailleurs pas majoritaires et sont dépassés par les Orthoclaadiinae (Figure 9).

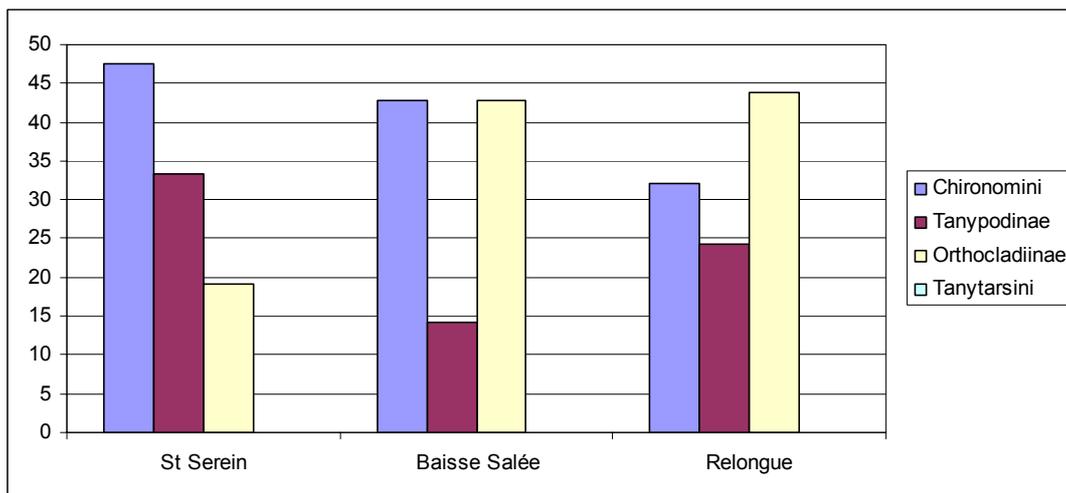


Figure 9 : part relative (%) de chironomini , de Tanypodinae, d'Orthoclaadiinae et de Tanytarsini à St Serein, Baisse Salée et Relongues d'après Tourenq (1975).

La prise en compte de l'ensemble du peuplement de macroinvertébrés (Tableau 16) confirme les résultats obtenus à partir des chironomidés : Le peuplement de la Fangouse est plus riche et plus diversifié, vient ensuite le peuplement de Moncanard et celui de Rousty, avec respectivement des richesses taxonomiques de 21, 15 et 10 et des Indices de shannon de 2.7, 1.8 et 1.1. Ces résultats peuvent s'expliquer par la durée de mise en eau, la salinité et la diversité des habitats.

Les milieux les plus temporairement mis en eau et les plus salés étant les plus stressant, sont caractérisés par des peuplements adaptés à ce stress, capable de trouver un compromis adaptatif entre le coût de l'osmorégulation (rallongeant le temps de développement) d'une part et la nécessité des calquer le cycle de développement sur la période de mise en eau (Hebst et al. 2001). L'une des espèces emblématique de ce type de milieu est le chironome *Polypedilum nubifer* (ex pharao).

En conclusion, les peuplements de Diptères chironomidés des stations de référence (point 0), ont montré une dynamique temporelle marquée, passant de densités larvaires de fin d'automne 2007 très faibles (moins de 100 larves/m²) à des densités printanières élevées (Plus de 4000 larves/m²).

Les trois stations montrent cependant des différences assez nettes ; la station de la Fangouse présente des peuplements chironomidien et de macroinvertébrés plus riches et plus diversifiés. Elle s'oppose en cela au marais de Moncanard et de Rousty.

Tableau 16 : Part en % des différents taxons présents dans le peuplement de macroinvertébrés des stations de la Fangouse, Rousty et de Moncanard en juin 2008. Les % ont été obtenus à partir des moyennes calculées sur 10 échantillons (voir plan d'échantillonnage).

				Fangouse	Rousty	Moncanard
Insectes	Diptères	Chironomidés	Chironomini	32.02	81.68	70.34
Insectes	Diptères	Chironomidés	<i>Nymphe Polypedilum nubifer</i>	0	0.36	0.57
Insectes	Diptères	Chironomidés	<i>Nymphe chironomus</i>	0	0	1.37
Insectes	Diptères	Chironomidés	<i>Nymphe Cryptochironomus</i>	0	0.12	0
Insectes	Diptères	Chironomidés	Orthoclaadiinae	13.39	0.36	1.15
Insectes	Diptères	Chironomidés	Corynoneura	2.32	0	0
Insectes	Diptères	Chironomidés	<i>Nymphe Cricotopus</i>	0.29	0	0.28
Insectes	Diptères	Chironomidés	<i>Nymphe Nanocladius</i>	0.29	0	0
Insectes	Diptères	Chironomidés	Tanytarsini	28.82	4.21	6.42
Insectes	Diptères	Chironomidés	<i>Nymphe de tanytarsus</i>	0.58	0	0.28
Insectes	Diptères	Chironomidés	<i>Nymphe Virgatanytarsus</i>	0.29	0	0
Insectes	Diptères	Chironomidés	Tanypodinae	11.35	6.74	3.17
Insectes	Diptères	Chironomidés	<i>Nymphe de Procladius</i>	0.29	0	0
Insectes	Diptères	Ceratopogonidae	Ceratopogonidae	0.87	0	0.57
Insectes	Diptères	Culicidae	Culicidae	0.29	0	0
Insectes	Diptères	Tabanidae	Tabanidae	0.29	0	0
Insectes	Ephéméroptères	Baetidae	Cloeon	2.91	0	0
Insectes	Coléoptères	Dytiscidae	L hydroporinae	0.29	0	0
Insectes	Coléoptères	Hydrophilidae	L. Hydrophilidae	0	0.24	0.28
Insectes	Coléoptères	Hydrophilidae	Berosus L	0	3.85	2.45
Insectes	Hétéroptères	Corixidae	Corise A	0.87	0.24	0
Insectes	Hétéroptères	Corixidae	Corise L	1.74	0.96	0.57
Insectes	Odonates	Zygoptères	Zygoptères	0.36	0	0
Crustacés	Décapodes	Décapodes	Décapodes	0.07	0	0
Crustacés	Amphopodes	Gammaridés	Gammaridae	0	1.2	8.15
Mollusque	Gasteropodes	Physidae	Physidae	1.16	0	0.28
Oligochètes	Oligochètes	Oligochètes	Oligochètes	1.45	0	4.04
			Richesse	21	10	15
			Diversité (ind de Shannon W.)	2.69	1.12	1.76

3.3.2. Suivis après démoustication

3.3.2.1. Campagne au Clos d'Armand (Palissade), mai-juin 2007

Données brutes par point de prélèvement

Les résultats bruts par points sont présentés dans le tableau 17 ci-dessous.

Tableau 17: description de chaque point échantillonné et nombre de larves de Diptères chironomidés par échantillon de 0,042 m².

date	code point	profondeur	Couleur du séd	Couv vég	Vég Type	Effectif/ 0,042m ²
22/05/2008	1	25	gris foncé	50	Renoncule+chara	122
22/05/2008	2	40	gris foncé	10	Jonc	168
22/05/2008	3	20	gris foncé	10	scirpes	76
22/05/2008	4	40	gris foncé	10	Tamaris+algue fil	204
22/05/2008	5	40	gris clair	40	AF	60
22/05/2008	6	40	gris clair	30	AF	80
22/05/2008	7	30	gris clair	30	AF	28
22/05/2008	8	30	gris clair	20	AF+chara	50
22/05/2008	9	35	gris clair	20	AF	107
22/05/2008	10	35	gris clair	20	AF	150
26/05/2008	1	60	gris foncé	40	Renoncule	90
26/05/2008	2	60	gris foncé	0	Jonc épineux	120
26/05/2008	3	10	gris clair	0	Salicorne+Jonc	52
26/05/2008	4	50	gris foncé	10	Tamaris+AF	68
26/05/2008	5	70	gris foncé	50	Jonc	108
26/05/2008	6	50	gris foncé	30	Jonc	232
26/05/2008	7	30	gris foncé	30	Tamaris+AF	130
26/05/2008	8	30	gris foncé	10	Jonc	128
26/05/2008	9	35	gris foncé	31	jonc	104
26/05/2008	10	40	gris foncé	28	Jonc	48
02/06/2008	1	30	gris foncé	20	Renoncule+chara	122
02/06/2008	2	40	gris foncé	70	Renoncule+chara	534
02/06/2008	3	10	gris foncé	5	Salicorne+Jonc	120
02/06/2008	4	40	gris foncé	20	Renoncule+chara	210
02/06/2008	5	30	gris foncé	60	Renoncule+chara	32
02/06/2008	6	10	gris foncé	0		246
02/06/2008	7	30	gris foncé	20	AF	236
02/06/2008	8	20	gris foncé	20	AF	212
02/06/2008	9	15	gris foncé	0		120
02/06/2008	10	15	gris foncé	0		90
12/06/2008	1	20	gris foncé	40	Renoncule+chara	21
12/06/2008	2	20	gris foncé	50	Renoncule+chara	16
12/06/2008	4	15	gris clair	40	Renoncule+chara	54
12/06/2008	4	15	gris foncé	20	Renoncule+chara	12
12/06/2008	5	15	gris foncé	40	AF	2
12/06/2008	6	10	gris foncé	50	AF	12
12/06/2008	7	10	gris foncé			4
12/06/2008	8	25	gris foncé	10	AF	0
12/06/2008	9	20	gris clair	20	AF	0
12/06/2008	10	20	gris clair	0		19

En terme de « présence-absence » (Tableau 18), ces résultats montrent que le traitement au B.t.i. a eu lieu en présence de **larves** de Diptères chironomidés, immédiatement après la mise en eau, et ceci quel que soit le point échantillonné. Ces résultats confirment cet état de fait déjà constaté à la Belugue, en mars-avril 2007.

Tableau 18 : Nombre d'occurrence nulle de Diptères chironomidés en mai-juin 2008 au clos d'Armand (Palissade).

	T0 (22 mai)	T0+4 (26 mai)	T0+10 (2 juin)	T0+20 (12 juin)
CA	0/10	0/10	0/10	2/10

Distribution spatiale et marge de variabilité liée à l'échantillonnage

Le tableau 19 montre que pour T0 (22 mai), T0+4 (26 mai) et T0+10 (2 juin), la variabilité est proche des 20% attendus. Comme précédemment, c'est lorsque que les densités diminuent, et que des points sans chironome existent (T0+20) que la marge d'erreur en pourcentage de la moyenne augmente.

Tableau 19 marge d'erreur pour les échantillons prélevés au Clos d'Armand entre le 27 septembre 2006 (T0-1) et le 9 octobre 2006 (T0+11).

	22/05/2008	26/06/2008	02/06/2008	12/06/2008
n	10	10	10	10
moyenne	105	108	192	14
varestimée	3170.0556	2786.6667	19312.4	258
Coeff de var	30.33546	25.802469	100.48075	18.428571
I (n-1) = Chi 2 obs	273.01914	232.22222	904.32674	165.85714
Chi2 th	19.022778	19.022778	19.022778	19.022778
Distribution	agregative	agregative	agregative	agregative
erreur standart	0.1703794	0.1545677	0.2286466	0.3628121

Dynamique temporelle des densités (avant -après traitement)

La figure 9 montre un effet date significatif (test de Friedman, $p < 0,002$), avec une croissance des densités à T0+10 (principalement due à un point très densément peuplé (outliers), et ensuite une chute drastique à T0+20 s'expliquant très certainement par une émergence des larves.

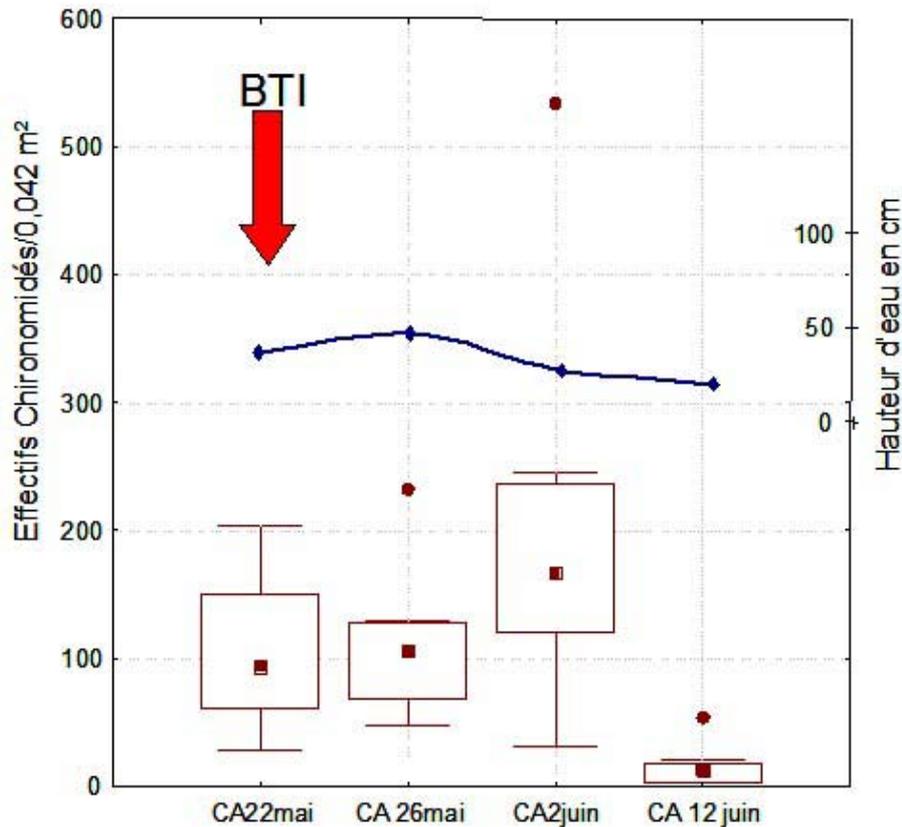


Figure 9: Dynamique temporelle des densités de Diptères chironomidés échantillonnés au clos d'Armand (CA) en mai-Juin 2008 (box plot) et variation du niveau d'eau (en bleu).

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 19) sont d'ailleurs relativement élevées, et dans la gamme donnée par Tourenq (1975).

Tableau 19: 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.

CA 22/05/2008	CA 26/05/2008	CA 2/06/2008	CA 12/06/2008
2226	2523	3952	285

En ce qui concerne la structure du peuplement de Diptères chironomidés (Figure 10), 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 (Figure 10). 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 la constatation précédemment évoquée que les Orthocladiinae typiquement printaniers arrivent avec les eaux du Rhône.

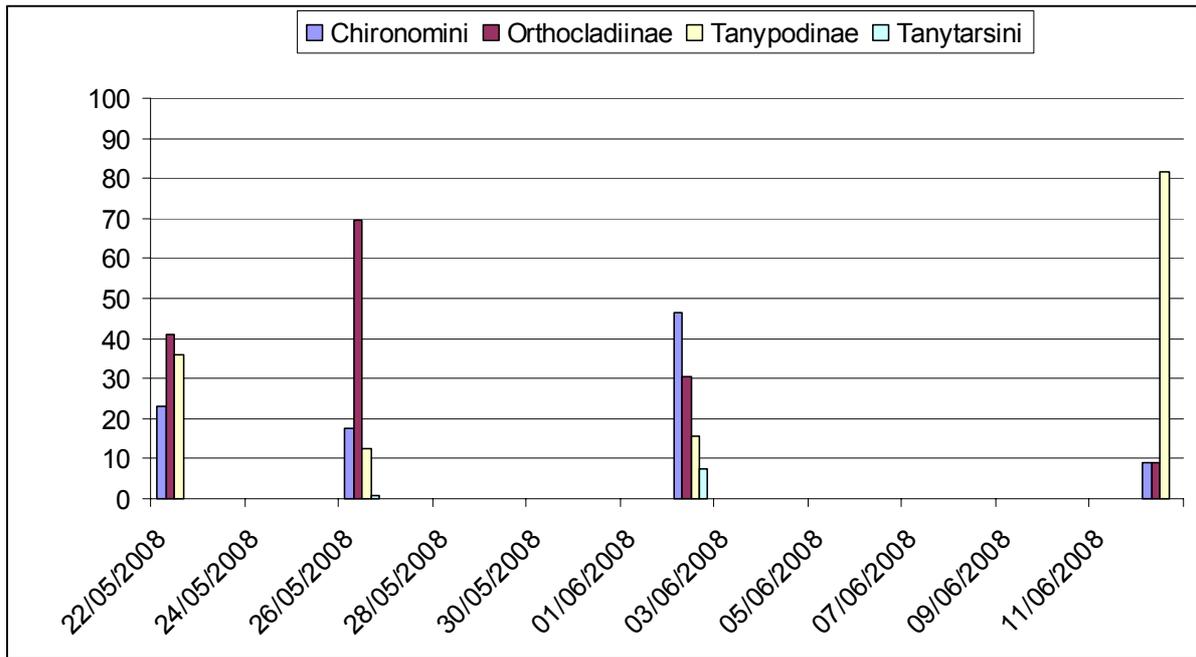


Figure 10 : dynamique des **pourcentages** de chacune des sous-familles et tribus de Diptères chironomidés échantillonnées en mai-juin 2008, au Clos d'Armand (Domaine de la Palissade), T0 : 22/05, T0+4 : 26/05, T0+10 : 2/06 et T0+20 12/06.

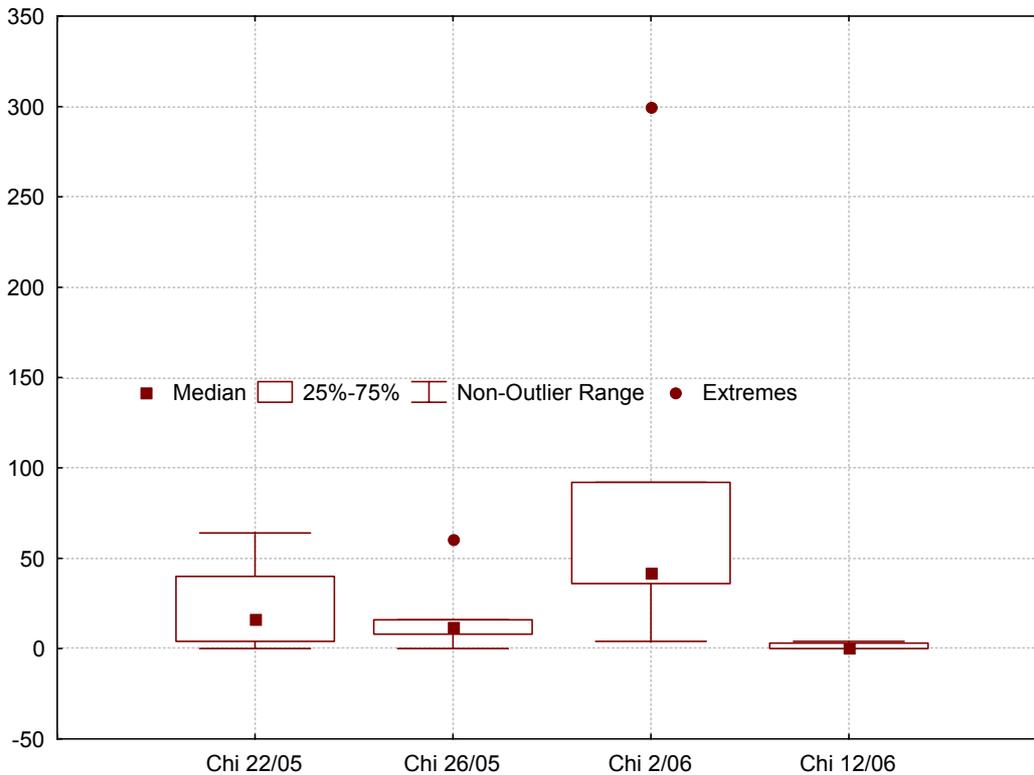


Figure 11: Dynamique temporelle des densités de Chironomini échantillonnés au clos d'Armand en mai-Juin 2008, T0 : 22/05, T0+4 : 26/05, T0+10 : 2/06 et T0+20 12/06.



Figure 12: Dynamique temporelle des densités de Orthoclaadiinae échantillonnés au clos d'Armand en mai-Juin 2008, T0 : 22/05, T0+4 : 26/05, T0+10 : 2/06 et T0+20 12/06.

Au cours de cette campagne de suivi post démoustication du mois de mai, le peuplement de Diptères chironomidés du Clos d'Armand (domaine de la Palissade) montre des densités larvaires stables et de bon niveau (jusqu'à T0+10), bien qu'un peu plus faibles que celles des stations de références. 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 Orthoclaadiinae ou celle des Chironomini. La chute des densités à T0+20 correspond très certainement à une émergence des adultes.

3.3.2.2. Campagne de la Beluque, Juillet 2008

Les résultats bruts par points sont présentés dans le tableau 12 ci-dessous.

Tableau 20 : description de chaque point échantillonné et nombre de larves de Diptères chironomidés par échantillon de 0,042 m² à la Beluque en juillet 2008.

date	code point	profondeur	Couleur du séd	Couv vég	Vég Type	Effectif Chironomidés/ 0,042m ²
04/07/2008	1	10	gris clair	5	AF+paspalum	0
04/07/2008	2	5	gris clair	5	AF+paspalum	0
04/07/2008	3	7	gris clair	5	AF+paspalum	0
04/07/2008	4	7	gris clair	10	AF+paspalum	0
04/07/2008	5	10	gris clair	5	AF+paspalum	0
04/07/2008	6	12	gris clair	10	AF+paspalum	0
04/07/2008	7	7	gris clair	10	AF+paspalum	0
04/07/2008	8	10	gris clair	5	AF+paspalum	0
07/07/2008	1	8	gris clair	0	AF+paspalum	0
07/07/2008	2	5	gris clair	5	AF+paspalum	0
07/07/2008	3	5	gris clair	5	AF+paspalum	0
07/07/2008	4	10	gris clair	10	AF+paspalum	0
07/07/2008	5	7	gris clair	10	AF+paspalum	0
07/07/2008	6	10	gris clair	10	AF+paspalum	0
07/07/2008	7	7	gris clair	10	AF+paspalum	0
07/07/2008	8	5	gris clair	10	AF+paspalum	0
10/07/2008	1	5	gris clair	10	AF+paspalum	92
10/07/2008	2	4	gris clair	15	AF+paspalum	158
10/07/2008	3	2	gris clair	10	AF+paspalum	41
10/07/2008	4	5	gris clair	10	AF+paspalum	70
10/07/2008	5	3	gris clair	5	AF+paspalum	132
10/07/2008	6	8	gris clair	10	AF+paspalum	30
10/07/2008	7	5	gris clair	10	AF+paspalum	176
10/07/2008	8	2	gris clair	10	AF+paspalum	179
10/07/2008	9	3	gris clair	5	AF+paspalum	212
10/07/2008	10	8	gris clair	10	AF+paspalum	56

3 jours après la mise en eau (T0), on observe une absence de Diptères chironomidés dans tous les points de prélèvement (Tableau 21). Les Diptères chironomidés n'apparaissent, dans les échantillons qu'à partir de T0+6, et ce, en tout point échantillonné. On ne retrouve donc pas la disparition des Chironomidés de la sous-famille des Orthoclaadiinae qui soulevait question à la Belugue au printemps 2007¹. Une colonisation semble donc s'être mise en place, cependant l'assec qui a été constaté au 15 Juillet n'a certainement pas permis une totale émergence des larves.

Tableau 21 : Nombre d'occurrence nulle de Diptères chironomidés en juillet 2008 à la Belugue.

	T0 (4 juillet)	T0+3 (7 juillet)	T0+6 (10 juillet)
Belugue (Juillet 2008)	10/10	10/10	0/10

Distribution spatiale et marge de variabilité liée à l'échantillonnage

Le tableau 22 montre que, pour la date avec chironomidés, l'erreur standard est proche de celle attendue, avec une erreur de 18%.

Tableau 22 : marge d'erreur pour les échantillons prélevés à la Belugue entre le 4 juillet (T0) et le 10 juillet 2007 (T0+10).

	BE 4/7/2008	BE 7/7/2008	BE 10/07/2008
n	10	10	10
moyenne	0	0	114,6
varestimée	-	-	4233.2
Coeff de var	-	-	36.9
$I(n-1) = Chi$ 2 obs	-	-	332.4
Chi2 th	19,0	19,0	19,0
Distribution	-	-	agrégative
<i>erreur standard</i>	-	-	0,179

¹ Au printemps 2007, la dynamique des Chironomidés Orthoclaadiinae, à la Belugue posait question. Une partie des larves colonisant le site avec la mise en eau, ne subsistaient plus ensuite (dynamique des effectifs oscillante), voir rapport de première année.

Dynamique temporelle des densités (avant -après traitement)

En terme de densité, les prélèvements montrent une progression de la médiane (Figure 13) qui passe de 0 chironomidés par échantillon à T_0 (4 juillet) à 102 chironomidés à T_{0+5} (25 Août).

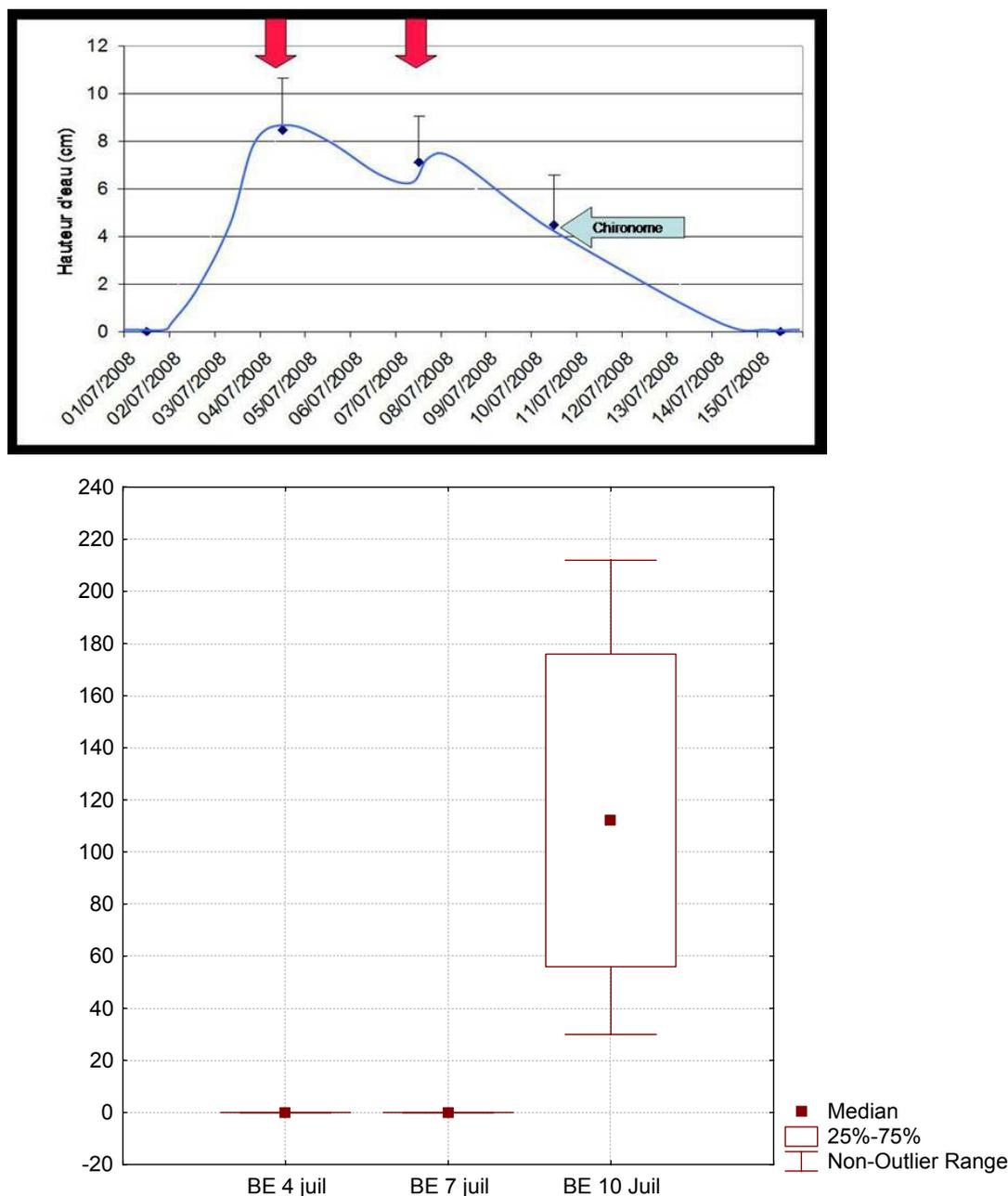


Figure 13: Dynamique des effectifs de chironomidés par échantillon (0,042 m²), à la Belugue, en Juillet 2008. Les carrés reliés sont les médianes pour chaque date, les rectangles correspondent aux valeurs comprises entre 25% et 75% de la médiane.

Les densité calculées en extrapolant les valeurs de médiane obtenue pour 0,042m² varient de 0 larve de Chironome/m², à 3452 ind/m² (Tableau 23). Cette valeur de densité est très proche des valeurs déjà obtenues dans les suivis de l'année dernière (2400 ind/m² au Clos d'Armand (T0+5), 2600 et 2100 à la Belugue, respectivement à T0+2 et T0+10).

Tableau 23: densité de larves de chironomes (Nombre d'individus/m²) pour chacune des 3 dates de prélèvement. Le calcul est réalisé à partir des médianes précédemment obtenues.

BE 4/7/2008	BE 7/7/2008	BE 10/07/2008
0	0	2666

En ce qui concerne la structure du peuplement, seule la date T0+10 peut être prise en compte. Il apparaît, figure 14, que le peuplement est très largement dominé par les Diptères chironomidés de la tribu des chironomini (*Polypedilum nubifer*, en majorité). A 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 la mise en eau.

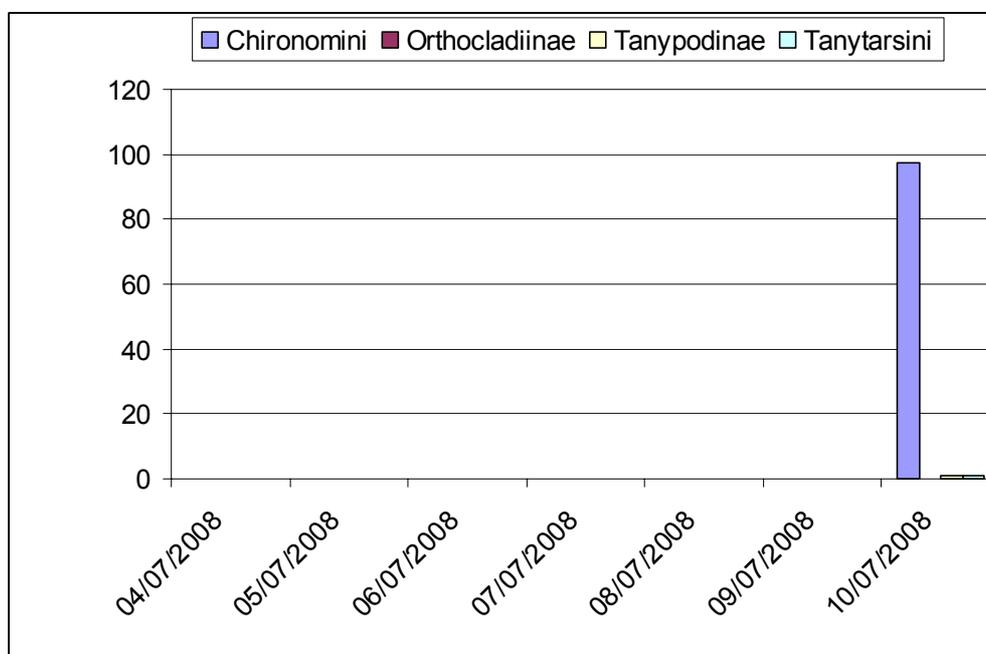


Figure 14: part relative (%) de chironomini (*Polypedilum nubifer* + *Chironomus* spp+autres), de Tanypodinae (*Procladius choreus*+autres), d'Orthocladiinae (*Cricotopus* spp. + autres) et de Tanytarsini (*Tanytarsus* spp. + autres), à la Belugue, au 10 juillet 2008 (T0+6).

En conclusion, pour la campagne de Juillet 2008, à la Belugue, les diptères chironomidés ne sont représentés, que par les chironomini. Ces chironomini ont visiblement éclos dans la dépression étudiée, aucun apport du Rhône ne semble être constaté dans ce cas. Les deux traitements successifs, ne semblent donc pas avoir impacté la colonisation et le développement des chironomidés.

3.3.2.2. Campagne du Clos d'Armand, août 2008

Les résultats bruts par point sont présentés dans le tableau 24 ci-dessous.

Tableau 24 : description de chaque point échantillonné et nombre de larves de Diptères chironomidés par échantillon de 0,042 m².

dates	point	profondeur	substrat	couverture vég	type de vég	Effectif Chiro/0,042m2
22/08/2008	1	15	gris clair	0		0
22/08/2008	2	10	gris clair	0		0
22/08/2008	3	20	gris clair	0		0
22/08/2008	4	8	gris clair	0		0
22/08/2008	5	9	gris clair	0		0
22/08/2008	6	10	gris clair	0		0
22/08/2008	7	10	gris clair	0		0
25/08/2008	1	10	gris clair	0		0
25/08/2008	2	5	gris clair	0		0
25/08/2008	3	15	gris clair	0		0
25/08/2008	4	5	gris clair	0		0
25/08/2008	5	4	gris clair	0		0
25/08/2008	6	6	gris clair	0		0
25/08/2008	7	4	gris clair	0		0
29/08/2008	1	2	gris clair	10	paspalum	96
29/08/2008	2	10	gris clair	0	-	104
29/08/2008	3	10	gris clair	0	-	40
01/09/2008	1	12	gris clair	0		22
01/09/2008	2	8	gris clair	0		56
01/09/2008	3	20	gris clair	0		36
01/09/2008	4	6	gris clair	0		72
01/09/2008	5	8	gris clair	0		68
01/09/2008	6	8	gris clair	0		28
01/09/2008	7	10	gris clair	0		22

3 jours après la mise en eau (T0+3), on observe une absence de Diptères chironomidés dans tous les points de prélèvement (Tableau 25). Les Diptères chironomidés n'apparaissent, dans les échantillons qu'à partir de T0+7, et ce, en tout point échantillonné. A noter qu'à T0+7, la faune était uniquement concentrée dans une flaque résiduelle (d'environ 20 m2), seul 3 prélèvements y ont été réalisés.

Tableau 25 : Nombre d'occurrence nulle de Diptères chironomidés en août 2008 au Clos d'Armand (Palissade).

	T0 (22 Août)	T0+3 (25 Août)	T0+7 (29 Août)	T0+10 (1 Septembre)
Belugue (Juillet 2008)	7/7	7/7	0/3	0/7

Distribution spatiale et marge de variabilité liée à l'échantillonnage

Le tableau 26 montre que, pour les dates avec chironomidés, l'erreur standard est proche de celle attendue, avec une erreur de 25% le 29/08 (faune concentrée) et de 19% le 1 septembre.

Tableau 26 : marge d'erreur pour les échantillons prélevés à la Belugue entre le 22 août (T0) et le 1^{er} septembre 2008 (T0+10).

	CA 22/08/2008	CA 25/8/2008	CA 29/8/2008	CA 1/9/2008
n	7	7	3	7
moyenne	0	0	80	43
varestimée	-	-	1216	464.95
Coeff de var	-	-	15.2	10.70
l (n-1) = Chi 2 obs	-	-	30.4	64.2
Chi2 th	14,4	14,4	7.37	14,4
Distribution	-	-	agrégative	agrégative
<i>erreur standard</i>	-	-	<i>0.25</i>	<i>0.19</i>

Dynamique temporelle des densités (avant -après traitement)

En terme de densité, les prélèvements montrent une progression de la médiane (Figure 15) qui passe de 0 chironomidae par échantillon à T₀ (22 août) à 36 larves/0.042s à T₀₊₁₀ (1^{er} septembre). A noter un effet de concentration de faune pour le 29 août (pic à 96 larves/0.042 m²).

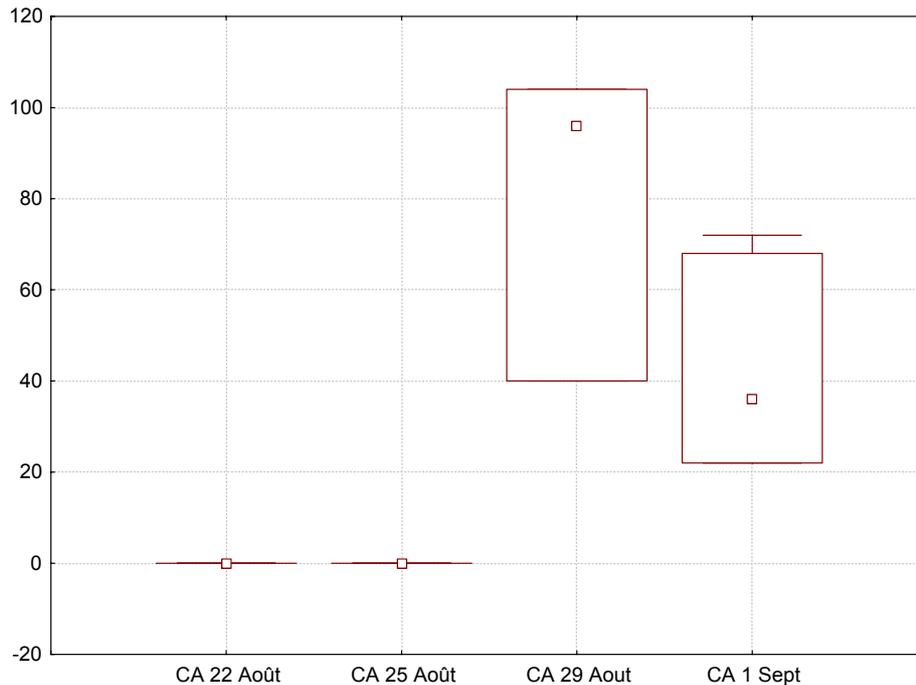


Figure 15: Dynamique des effectifs de chironomidés par échantillon (0,042 m²), à la Belugue, en août 2008. Les carrés reliés sont les médianes pour chaque date, les rectangles correspondent aux valeurs comprises entre 25% et 75% de la médiane.

Les densités calculées en extrapolant les valeurs de médiane obtenues pour 0,042m² varient de 0 larve de Chironomes/m² à 857 ind/m² (Tableau 27). Ces valeurs de densités paraissent faibles. Cependant, peu de valeurs de densités existe dans la bibliographie ; classiquement les milieux temporaires ne sont pas en eau en août.

Tableau 27: densités de larves de chironomes pour chacune des 3 dates de prélèvement. Le calcul est réalisé à partir des médianes précédemment obtenues. * Le 29 /08 les prélèvements ont été faits dans une flaque résiduelle de 20 m2 environ.

CA 22/08/2008	CA 25/8/2008	CA 29/8/2008	CA 1/9/2008
0	0	1785*	857

En ce qui concerne la structure du peuplement, il apparaît (Figure 16) que le peuplement est très largement dominé par les Diptères chironomidés de la tribu des chironomini (*Polypedilum nubifer*, en majorité). 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 la mise en eau.

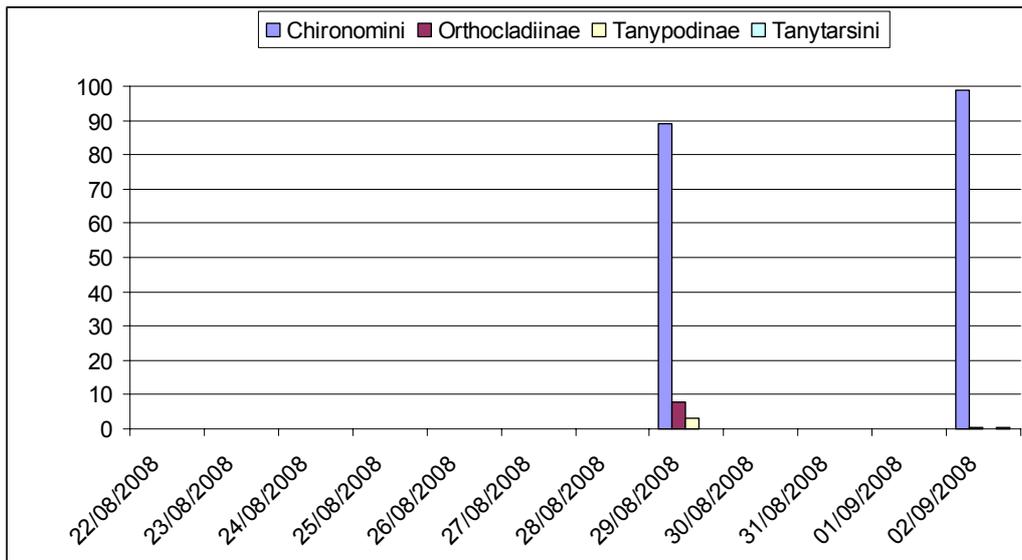


Figure 14: part relative (%) de chironomini (*Polypedilum nubifer* + *Chironomus spp*+autres), de Tanypodinae (*Procladius choreus*+autres), d'Orthoclaadiinae (*Cricotopus spp.* + autres) et de Tanytarsini (*Tanytarsus spp.* + autres), au Clos d'Armand le 1^{er} septembre 2008 (T0+10).

En conclusion, il apparaît de faibles densités de chironomini à T0+10, de 2 à 3 fois plus faibles que celles qui pourraient être attendues (par comparaison au 2000+/- 400 larves/m² de l'année précédente), mais cependant comparables aux valeurs obtenues en septembre 2006. Les densités larvaires sont tout de mêmes croissantes, il n'apparaît donc pas d'impact des traitements, même si la complexité de cette mise en eau et la répétition des traitements (Figure 16, ci-dessous) induisent une certaine difficulté d'interprétation. Il est en effet toujours possible de suspecter que des apports d'eau véhiculant des larves pourraient venir compenser des mortalités, alors non visibles.

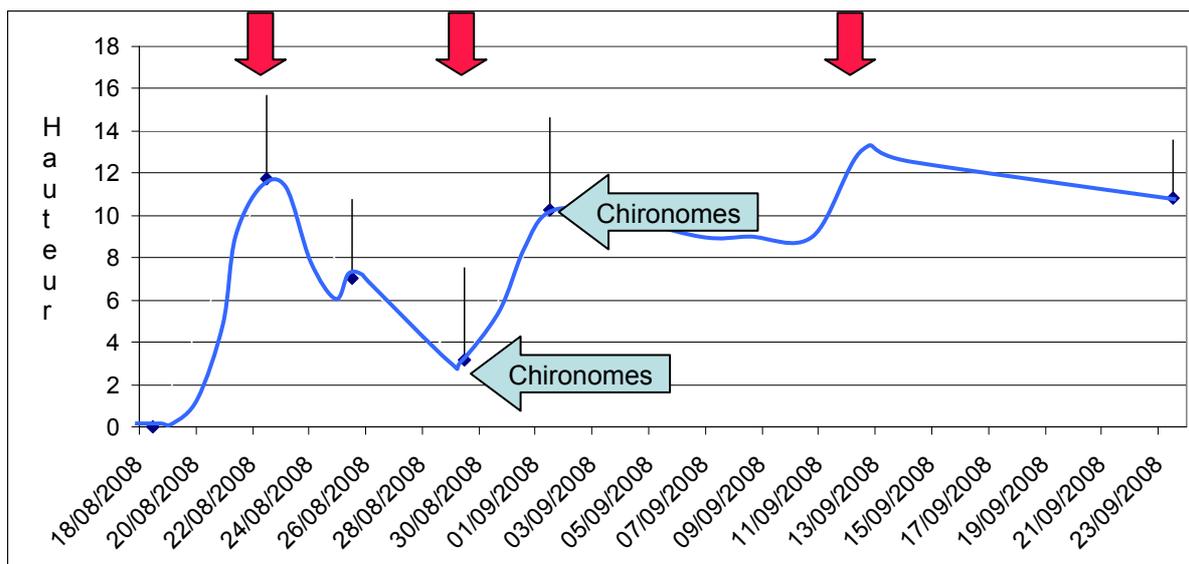


Figure 15 : Synthèse des niveaux d'eau, dates de traitement (flèche rouge) et dates de présence des Diptères chironomidés. La première et la dernière flèche rouges correspondent à des traitements aériens, alors que la seconde correspond à un traitement à la main, dans une flaque résiduelle. Les flèches bleues correspondent aux échantillons avec larves de Diptères chironomidés.

Conclusions

Point « zéro »

Pour les stations de Rousty, Mon canard et la Belugue, les prélèvements, réalisés en automne, sont caractérisés par des densités faibles, aussi bien en ce qui concerne les algues que les Diptères chironomidés. Ceci semble pouvoir s'expliquer par le contexte climatique (mise en eau tardive et en période froide). A l'opposé, les peuplements de printemps (juin 2008) montrent des densités de chironomes élevées, alors que celle des algues restent limitées certainement par des précipitations importantes au mois de mai.

Les trois stations de référence choisies montrent de nettes différences en terme de macroinvertébrés, la Fangouse paraît plus diversifiée. Ceci peut s'expliquer par les durées de mise en eau (Rousty étant la station qui semble la plus temporaire), le type d'habitat (en particulier Moncanard semble avoir des sédiments plus riches en matières organiques, ce marais semble plus eutrophe, ce qui se confirme par la présence non négligeable de Cyanobactéries).

Ces résultats confirment l'importance de considérer l'ensemble du cycle de mise en eau. Les suivis de ces mises en eau devront être renforcés (des relevés de hauteurs

d'eau devraient être envisagés à Rousty et à Moncanard, afin d'avoir des données comparables à celles de la Fangouse (données Tour du Valat).

Suivi « post démoustication »

Les trois situations étudiées correspondent à trois cas différents (en terme de densité, de mise en eau, et de traitement), mais aucun n'a permis de mettre en évidence un quelconque effet direct du Bti sur les peuplements de chironomidés ou d'algues.

A noter que les deux campagnes estivales ont été marquées par des traitements répétés et des mises en eau « complexes », il n'y a donc pas de T0 unique, d'où une certaine difficulté d'interprétation, en particulier dans le cas des plus faibles densités au clos d'Armand en Août. En conséquence, il paraît important de décrire précisément le fonctionnement hydraulique du Clos d'Armand, et ce tout au long du cycle hydrologique.

Le bilan des deux premières années (Tableau 28) tend à montrer l'absence d'effet du B.t.i. sur les peuplements des marais temporaires. Cependant la diversité des situations, fait que seule une répétition dans le temps, pourra permettre de proposer des conclusions statistiquement valables, et pouvant se détacher des variations inter annuelles climatiques (variations des précipitations assez marquée entre 2007 et 2008) et populationnelles (dynamique intrinsèque des populations).

Tableau 28 : 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 (1000-60000 cell/l)	Croissante (0-2400 Larves/m2)	Dynamique de colonisation normale
CA Sept 2006	Irrigation + pluie	colonisation en cours	Croissante (30000-80000 cell/l)	Croissante (0-500 Larves/m2)	Dynamique de colonisation normale
BEL Mars 2007	Irrigation	peuplement en place? Ou dérivant?	Croissante (2000-20000 cell/l)	Croissante (100-2600 Larves/m2)	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 (9000-40000 cell/l)	Croissante (0-3000 Larves/m2)	Dynamique de colonisation normale
CA Aout 2008	Irrigation + mer	colonisation en cours	stable (20000-30000 cell/L)	Croissante (0-800 Larves/m2)	Dynamique de colonisation normale

REFERENCES CITEES

- 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 Claves-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
- Rathbun, S. L. and J. Gerritsen (2001). Statistical issues for Sampling wetlands. Bioassessment and management of north american freshwater wetlands. R. B. Rader, D. P. Batzer and S. A. Wissinger. New York, Wiley ans Sons.

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

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