



Réserve Naturelle
ETANG DE SAINT-PAUL

Mairie de Saint Paul
CS 51015
97 460 SAINT PAUL

Evaluation qualitative et quantitative du recrutement post-larvaire des espèces de poissons et de macrocrustacés diadromes sur l'Etang Saint Paul.

Rapport final



25/08/2016

Fiche signalétique

Rapport

Titre: Evaluation qualitative et quantitative du recrutement post-larvaire des espèces de poissons et de macrocrustacés diadromes sur l'Etang Saint Paul

Numéro et indice de version : A

Date d'envoi : 25/08/2016

Nombre de pages hors annexes : 44

Nombre d'annexes dans le texte : 1

Nombre d'annexes en volume séparé : 0

Client

Coordonnées complètes :

*Réserve Naturelle Etang de Saint Paul
Mairie de Saint Paul,
CS 51015, 97864 SAINT PAUL Cedex*

Nom et coordonnées des interlocuteurs :

- *Pascal HOARAU, Directeur, pascal.hoarau@mairie-saintpaul.fr*
- *Jaouen PAPILLON, Service Conservation et Biodiversité, jaouen.papillon@mairie-saintpaul.fr*

OCEA Consult'

Adresse : 236 B, chemin Concession, 97432 Ravine des cabris, Saint Pierre - La Réunion

Tél : 0262 32 23 72 / 0692 30 54 12

Courriel : contact@oceare

Site web : www.oceare

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

Interlocuteur commercial et responsable projet: Pierre VALADE

Traitement et analyse des données : Pierre HOARAU, Pierre VALADE, Audrey PHILIPPE

Participation aux inventaires de terrain :

- *Pierre HOARAU, Pierre VALADE, Audrey PHILIPPE (Directeurs de Pêche),*
- *Christine HOARAU, Alexandre LETURC, Clément HOARAU, Emilie COURTECUISSÉ, Ananda RAICHON*

VALEA Conseil

Adresse : 6 bis Rue des Mitres, 97 434 Saint Gilles - La Réunion

Tél : 0692 98 46 99

Courriel : pierre.bosc974@gmail.com

Nom de l'interlocuteur : Pierre BOSC

Mots clés : Etang de Saint Paul, poissons, crustacés, diadromes, recrutement post-larvaire, gestion embouchure.

Table des matières

1	Cadre de l'étude	4
2	Méthodologie et plan d'échantillonnage	5
2.1	Plan d'échantillonnage et planning	5
2.2	Topographie	8
2.3	Mesures physico-chimiques et hydrologiques	10
2.3.1	Localisation des stations de suivi	10
2.3.2	Indicateurs physicochimiques retenus	10
2.3.3	Stratégie d'échantillonnage	10
2.4	Inventaires piscicoles	10
3	Résultats	12
3.1	Topographie et hydraulité des canaux	12
3.1.1	Topographie générale des canaux	12
3.1.2	Profil en long des canaux Saint Charles et Chaussée Royale : description des sens d'écoulements	14
3.1.3	Capacité hydraulique du canal Saint Charles	17
3.2	Qualité Physico-chimie de l'eau	18
3.2.1	Résultats du suivi physicochimique au niveau de chacune des stations	18
3.2.2	Comparaison des données physicochimique enregistrées au niveau des stations situées sur le canal St Charles et sur le canal de la Chaussée Royale	26
3.2.3	Discussion générale sur la qualité de l'eau du canal St Charles et du canal de la Chaussée Royale	34
3.3	Faune piscicole et recrutement	36
3.3.1	Station 1	36
3.3.2	Station 2	37
3.3.3	Station 3	37
3.3.4	Station 4	38
3.3.5	Station 5	40
3.3.6	Synthèse du suivi du recrutement en post-larves et juvéniles de poissons et de crustacés	41
4	Synthèse et perspectives	42
	ANNEXES	46
	ANNEXE 1 Profils en travers levés sur le canal Saint Charles et le canal de la Chaussée Royale le 7 mars 2016	46

1 Cadre de l'étude

La Réserve Nationale Naturelle de l'Etang de Saint Paul (RNNESP) a été créée en 2008 pour assurer la protection et la restauration de cette zone humide remarquable de La Réunion. La réserve s'étend sur 447 ha dont 249 sont en protection forte. Ils recouvrent les enjeux les plus forts en terme de biodiversité (zone A). 198 ha sont situés en zone périphérique et nécessitent une protection moindre (zone B).

Les peuplements de poissons et de crustacés de l'étang de Saint Paul ont fait l'objet de trois campagnes de recensements ces dernières années (ARDA 1996 et 2006, OCEA 2012). Ces campagnes ont montré une richesse de peuplement forte à l'échelle de l'île, en particulier pour certaines populations inféodées aux zones calmes, à fond sablo-vaseux (habitats rares à l'échelle de l'île) et aux habitats de berges végétalisées.

Les espèces de poissons et de crustacés indigènes des cours d'eau de La Réunion sont caractérisées par un cycle de vie complexe partagé entre le milieu marin et les rivières. Ces espèces sont diadromes : amphidromes ou catadromes.

L'amphidromie est le mode de vie le plus répandu, il est observé pour l'ensemble des macro-crustacés, les gobiidés (cabots bouche-rondes, loche, cabot rayé), les éleotridés (cabots noirs), etc. Le cycle de vie de ces espèces débute en eau douce avec l'éclosion des larves. Celles-ci dévalent ensuite passivement jusqu'à l'océan. Après une vie larvaire marine pouvant durer plusieurs mois, les post-larves colonisent les rivières. Elles s'y développent jusqu'à leur maturité avant de se reproduire à leur tour. Le second type de diadromie est la catadromie, observée chez les kuhlidés (poissons plats) et les anguillidés (anguilles). Contrairement à l'amphidromie la reproduction a lieu en mer. Après une phase marine larvaire dispersive, les poissons catadromes colonisent les cours d'eau au stade de post-larves. Ils restent en eau douce jusqu'à atteindre leur maturité sexuelle et retournent ensuite se reproduire en mer. Le cortège piscicole peut être complété dans les zones d'embouchure et les étangs côtiers par des espèces marines qui pénètrent sporadiquement dans les eaux douces. Le lien entre les eaux douces et le milieu marin est essentiel pour la réalisation du cycle de vie complet de la faune piscicole diadrome.

Dans le cadre de cette étude le terme "recrutement" désigne l'arrivée d'individus (post-larves ou juvéniles) sur un site (station).

Dans un but d'améliorer la gestion de la circulation des espèces de poissons et de crustacés migrateurs entre l'étang et l'océan, deux voies potentielles de migration, préalablement identifiées, ont été étudiées dans le cadre ce suivi :

- l'embouchure de l'étang. Celui-ci n'est pas aménagé mais fait l'objet d'ouvertures régulières par les services communaux de Saint-Paul (régulation du niveau de l'étang pour la protection des personnes et des biens),
- le Canal Saint-Charles. Celui-ci, très aménagé, (passages busées, limité par mur) commence au niveau de l'étang à une cinquantaine de mètres en aval de la RN1, il longe ensuite la Chaussée Royale avant de traverser la ville entre la Rue Gobert et la Rue du Lycée et de se jeter dans la baie de Saint-Paul. A l'opposé de l'Etang le canal continu à longer la Chaussée Royale.

2 Méthodologie et plan d'échantillonnage

2.1 Plan d'échantillonnage et planning

Le plan d'échantillonnage se compose de cinq stations (Figure 6 page 7) :

- La station 1 se situe à l'embouchure du Canal Saint-Charles à une altitude de 0,5 m NGR. Elle est caractérisée par des écoulements peu diversifiés de type chenal lentique ou plat en fonction de la profondeur. Celle-ci est variable en fonction de l'ouverture du canal, de la hauteur du cordon et des apports d'eau de mer par la houle. Le substrat est majoritairement de type limon ou sable. Les berges sont peu végétalisées.



Figure 1 - Vue de l'aval vers l'amont de la station 1.

- La station 2 est localisée au niveau de l'intersection du canal avec la Chaussée Royale à une distance de 710 m de l'océan, 1200 m de l'étang et à une altitude de 0,5 m NGR. Cette station ne présente que des écoulements de type plat ou chenal lentique en fonction de la profondeur. Celle-ci, assez variable, semble être liée au niveau de l'étang. Le substrat vaseux est recouvert par un épais tapis de feuilles mortes. La végétation de berge est très développée et le cours d'eau est ombragé par une strate arborée occultant la quasi-totalité de la lumière directe. Sur cette station, un recouvrement parfois total de la surface en eau par des plantes flottantes a été observé.



Figure 2 - Vue de la station 2 du centre-ville vers l'étang de la station 2.

- Au niveau de la voie d'insertion de Savanna, la station 3 se situe à 1600 m de l'océan, 310 m de l'étang et à une altitude de 0,4 m NGR. La typologie des écoulements sur cette station est peu diversifiée avec uniquement la présence de plats et de chenaux lenticques. La profondeur semble influencée par le niveau de l'étang. Le substrat de granulométrie fine est essentiellement vaseux. La végétation de berge est hydrophile et assez développée. Contrairement à la station 2, aucune strate arborée ne borde le cours d'eau. Un recouvrement parfois total de la surface en eau par des plantes flottantes a été observé.



Figure 3 - Vue de l'étang vers le centre-ville de la station 3.

- La station 4 est localisée à l'extrémité Sud de la Chaussée Royale à l'opposé de l'étang, à 1750 m de l'océan et à une altitude de 1,3 m NGR. Des stations précédemment décrites la station 4 est celle qui présente les hauteurs d'eau les plus basses mais également les plus stables. Un seul type de faciès d'écoulement est représenté, le plat. Le substrat est essentiellement sableux, en recouvrement du fond de lit bétonné. Les berges sont constituées par des murs en moellons. Une végétation de pied de mur et flottante, plus ou moins envahissante, s'est cependant développée.



Figure 4 - Vue du centre-ville vers l'étang de la station 4.

- Située à l'embouche de l'Etang de Saint-Paul la station 5 a une altitude de 0,5 m. La profondeur sur celle-ci est très variable de quelques centimètres en berge à plus de 1,5 m. Lorsque que le cordon littoral est fermé aucun écoulement n'est observé. La granulométrie du substrat est très variable allant de zones à pierres/cailloux à des zones sableuses. Aucune végétation de berge n'est présente, des plantes flottantes ont été observées sous forme de petits amas dérivant au grès du vent et des ouvertures du cordon.



Figure 5 - Vue de l'amont vers l'aval de la station 5.

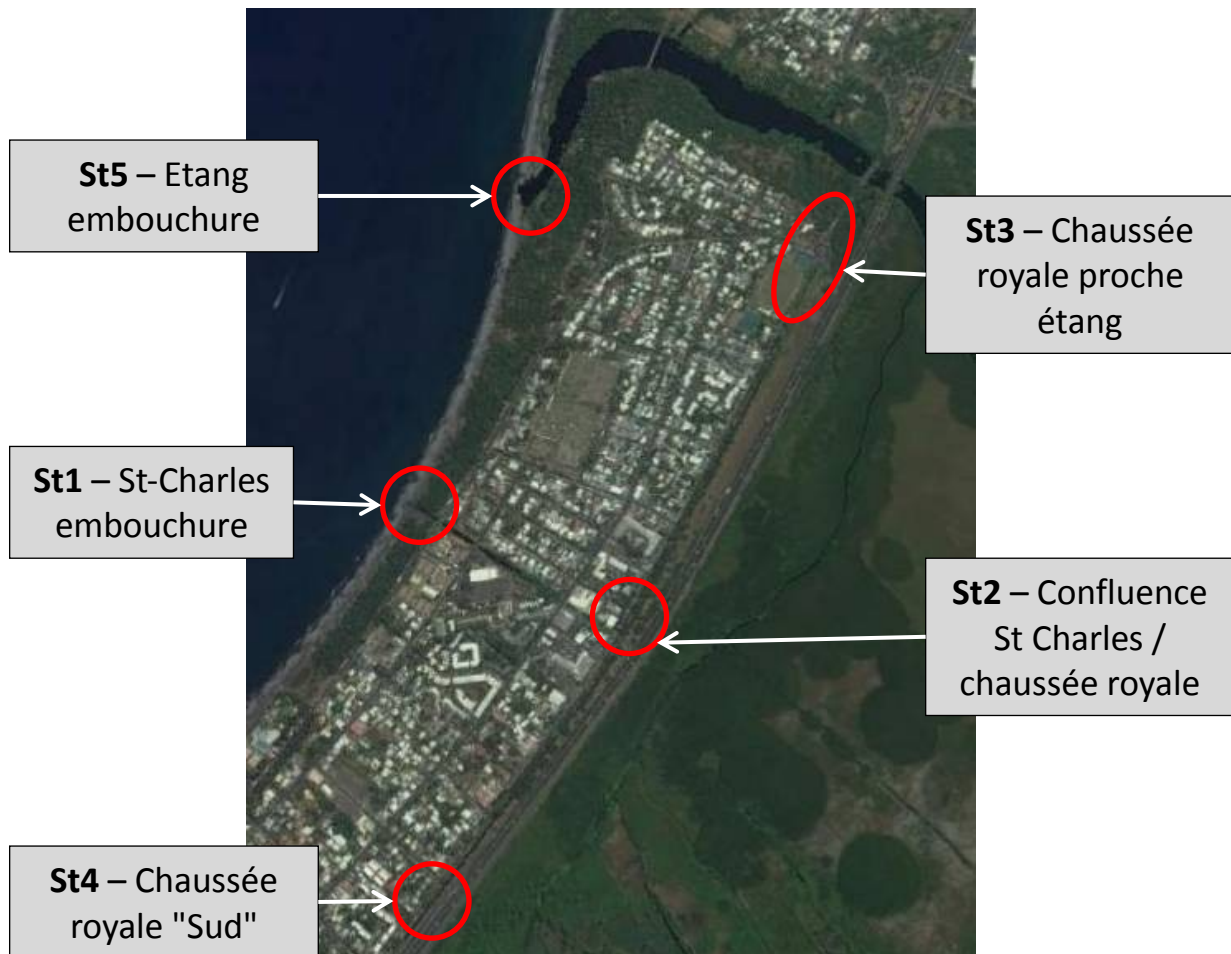


Figure 6 - Localisation des stations étudiées.

La mise en œuvre des inventaires par pêche électrique a été limitée par la conductivité parfois trop élevée (limite d'efficacité de l'appareil de pêche électrique), le développement de la végétation flottante ou encore la hauteur d'eau. Le tableau ci-dessous résume le planning d'échantillonnage réalisé :

Station	10/03/16	24/03/16	07/04/16	06/05/16	06/06/16	05/07/16
Phase lunaire	NL	PL	NL	NL	NL	NL
1 – St Charles embouchure	X	Cond	X	X	X	Cond
2 – Confluence	X	Cond	X	Veg	Haut	Cond
3 – Ch Roy proche étang	X	Cond	X	Veg	Haut	Cond
4 – Ch Roy "Sud"	n.p.	X	X	X	X	X
5 – Etang embouchure	X	Cond	X	X	X	X
Total inventaires	4	1	5	3	3	2

Tableau 1 - Plan effectif de la mise en œuvre des échantillonnages biologiques (NL : nouvelle lune, PL : Pleine lune, Cond : non réalisé pour cause de conductivité trop élevée, Haut : non réalisé cause hauteur d'eau trop importante, Veg : non réalisé cause recouvrement végétal, n.p. : non programmé).

2.2 Topographie

Les topographies du canal Saint Charles et du canal de la Chaussée Royale ont été décrites le 07 mars 2016. Pour cela, 23 transects ont été levés au GPS différentiel RTK sur réseau Iél@ sur l'ensemble du linéaire du canal Saint Charles et sur le canal de la chaussée Royale (Cf. figure ci-dessous).

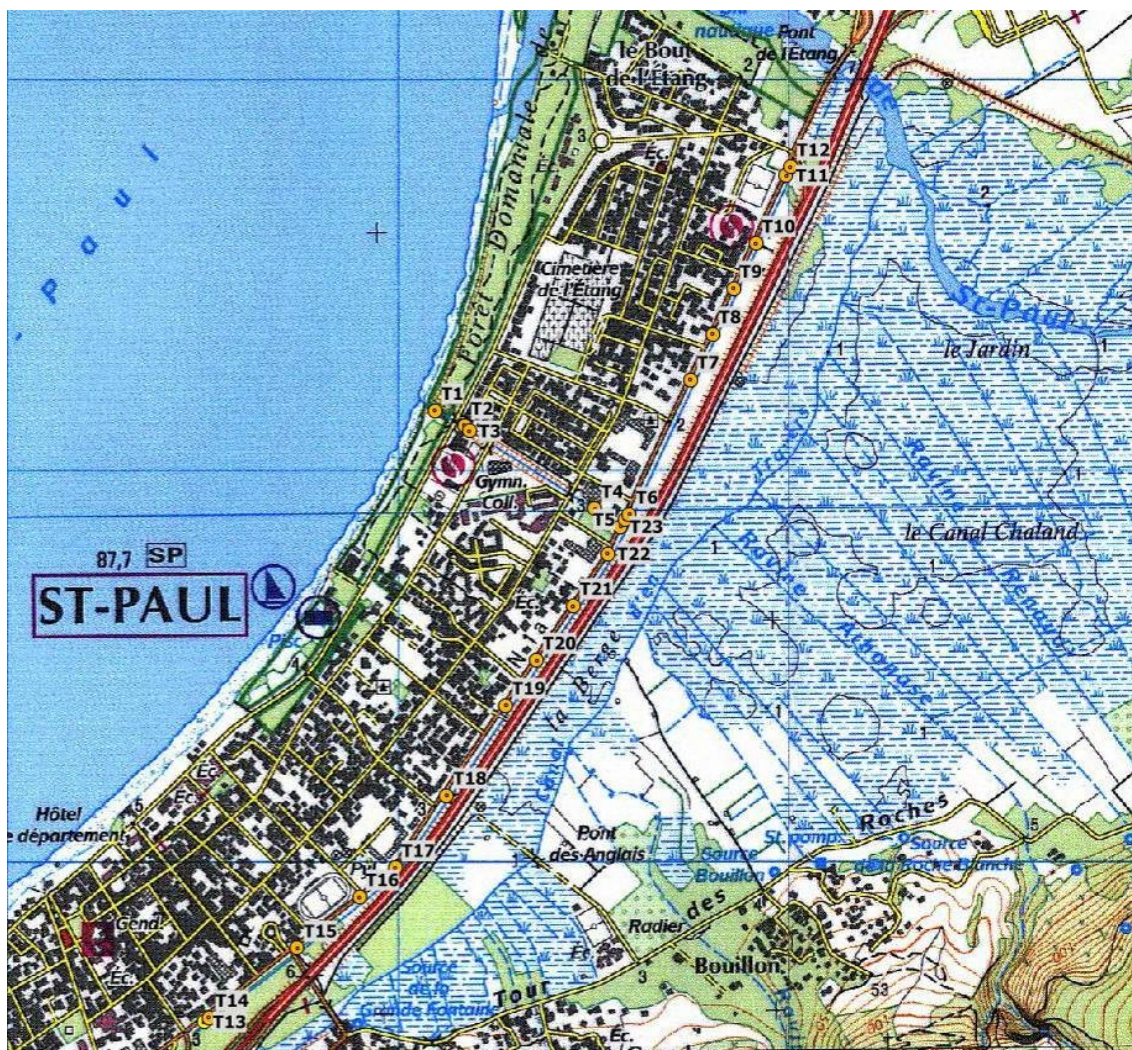


Figure 7 – Carte de localisation des transects de levés topographiques sur le canal Saint Charles et le canal de la chaussée Royale (fond de carte IGN 1/25 000)

Pour chaque transect, des points ont été levés (Cf. figure ci-après):

- sur la berge (partie hors d'eau),
- à la ligne d'eau,
- en pied de berge et sur la toute largeur du lit mouillé.

Le nombre de points levés a été variable, selon la complexité de la topographie. Sur certains transects, les levés réalisés sur le lit mouillé ont porté sur le fond (hauteur d'eau libre) et sur la hauteur de vase.



Figure 8 - Parcours du transect avec le module de réception du signal GPS

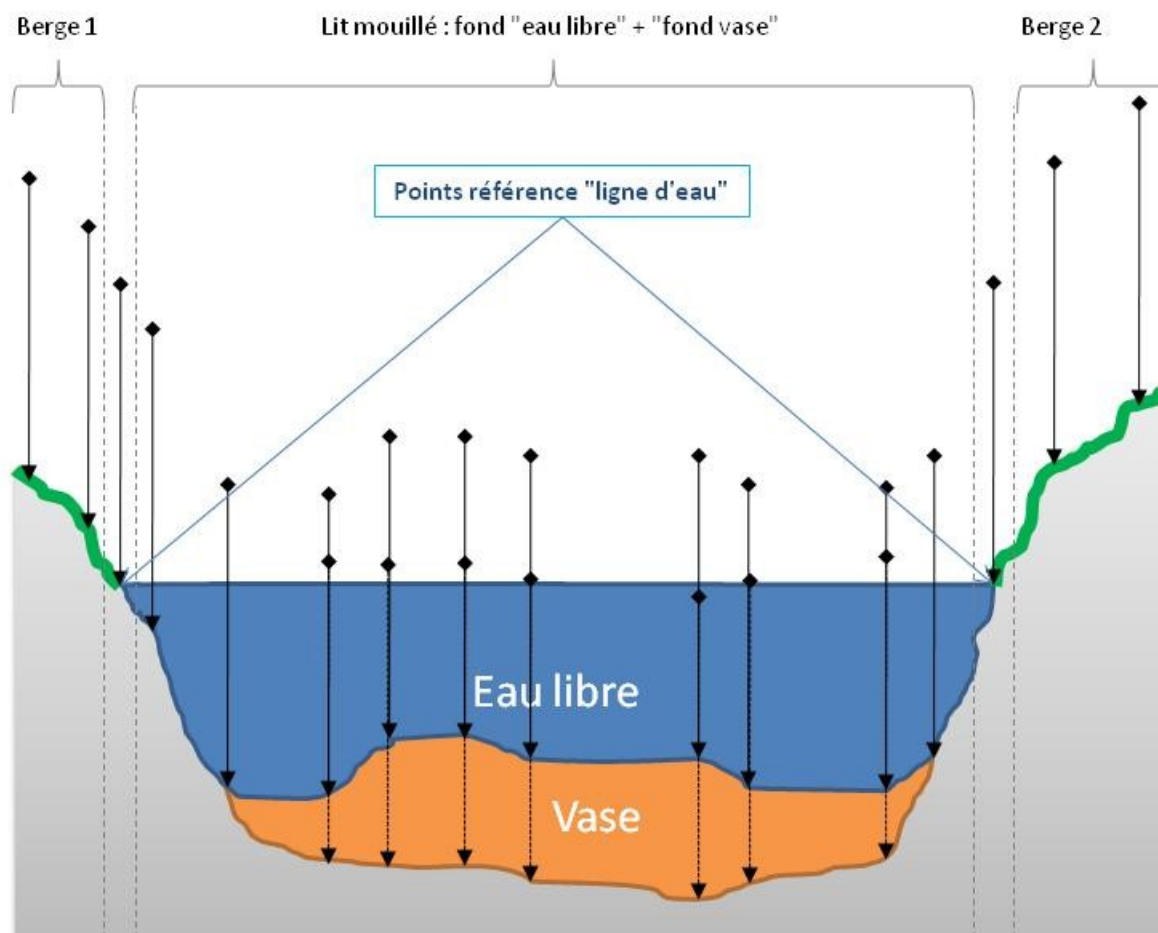


Figure 9 – Vue schématique de la distribution des points de levés sur un transect type : points de berge, points de référence de ligne d'eau, point de hauteur d'eau, et points de fond de vase (optionnels).

2.3 Mesures physico-chimiques et hydrologiques

2.3.1 Localisation des stations de suivi

Au vu des objectifs du suivi physicochimique, nous avons retenu les mêmes stations que celles faisant l'objet d'un suivi de l'ichtyofaune (cf. chapitre 2.1), soit 5 stations :

- Une station à l'embouchure du canal St Charles (station 1),
- Une station à l'embouchure de l'étang (station 5),
- Trois stations au sein du canal de la Chaussée Royale (station 2, station 3, station 4),

Nous avons dû effectuer quelques mesures ponctuelles sur des stations intermédiaires, notamment dans le cadre du suivi de la conductivité.

2.3.2 Indicateurs physicochimiques retenus

Nous avons choisi de suivre simultanément 5 paramètres physicochimiques :

- la température en degrés Celcius (°C),
- l'oxygène dissous en pourcentage local de saturation (%) et en concentration (mg/l)
- la conductivité spécifique à 25°C en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$),
- le potentiel Hydrogène (unité pH),
- le redox en millivolt (mV).

Ces paramètres ont été mesurés avec une sonde multi-paramètre (sonde de marque YSI, modèle PRO QUATRO PLUS).

Pour un suivi plus fin de la température de l'eau, nous avons également positionné 3 sondes enregistreuses de température durant toute la durée de l'étude sur les stations 1,2 et 3 (sonde de marque Tanytag).

2.3.3 Stratégie d'échantillonnage

Le protocole de suivi physicochimique a été calé en première approche sur le déroulé des pêches électriques, soit :

- Deux séries de mesures (température, conductivité spécifique, oxygène, pH, redox) sur les 5 stations le jour précédant chaque pêche électrique :
 - une série de mesures en début de matinée,
 - une série de mesures dans le courant de l'après-midi.
- Une série de mesures (température, conductivité spécifique, oxygène, pH, redox) le matin du jour de la pêche électrique sur chacune des 5 stations.

Ce suivi a été renforcé certains mois, notamment pour mieux appréhender l'influence de la gestion de l'ouverture de l'embouchure du canal St Charles sur la qualité de l'eau.

Le matin, les mesures ont été prises, dans la mesure du possible entre 06 h et 08 h (parfois un peu plus tard lors des jours de pêche). L'après-midi, les mesures ont été effectuées principalement entre 14 h et 16 h 30.

Selon la profondeur de la station le jour du suivi, les mesures de chaque paramètre physicochimique ont été prises :

- à minima, à 0,30 m de profondeur (dans le cas où la profondeur ne dépassait pas 0,50 m au moment de la mesure),
- au fond (entre 5 et 10 cm au-dessus du fond), si la profondeur de la station dépassait 0,50 m au moment de la mesure.

2.4 Inventaires piscicoles

La faune piscicole a été inventoriée par pêche électrique à pied grâce à un appareil portatif sur batteries Hans Grassl IG200-2 pour une équipe de 2 épuisetiers. L'échantillonnage a été mené par EPA (Evaluation Ponctuelle d'Abondance). Cette technique consiste à parcourir la station (d'aval vers l'amont) en « zig-zag » et d'échantillonner des placettes de 1 m² environ sur une durée de 30 s. Au total 327 EPAs ont été réalisées sur l'ensemble de l'étude (Tableau 2 page 11): 102 sur la station 1, 36 sur la station 2, 32 station 3, 79 sur la station 4 et 78 sur la station 5.

L'identification et la mesure des prises autre que les post-larves a été faite immédiatement après la pêche sous anesthésie (eugénol). Après un réveil dans un seau d'eau clair, les individus ont été relâchés dans une zone calme. Les post-larves ont été euthanasiées par baignade dans une solution d'eugénol de forte concentration avant conservation dans de l'alcool à 90° et identifiées en laboratoire.

Ces inventaires ont été autorisés au titre de l'arrêté n°16-005/DEAL/SEB/UPEMA du 23 février 2016.



Figure - Equipe de pêche à un porteur d'appareil et deux épuisetiers.

Date	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Total
10/03/2016	34	25	20		18	97
24/03/2016				19		19
07/04/2016	23	11	12	20	20	86
06/05/2016	20			16	10	46
06/06/2016	25			11	15	51
05/07/2016				13	15	28
Total	102	36	32	79	78	327

Tableau 2--Effort d'échantillonnage (EPA) réalisés par station et par date.

3 Résultats

3.1 Topographie et hydraulicité des canaux

3.1.1 Topographie générale des canaux

Les profils sont présentés en détails dans l'Annexe 1 du rapport.

Le Canal Saint Charles est marqué par une partie chenalisée de 3 m de large, dont les berges sont encore maçonnées sur la majeure partie du linéaire. Le fond de chenal est sablo-vaseux. Les berges sont en pente relativement douce au sein de la partie "endiguée", hormis à proximité de l'embouchure (pente à 45° entretenue dans le sable du cordon dunaire) et à proximité de la confluence avec la Chaussée Royale.

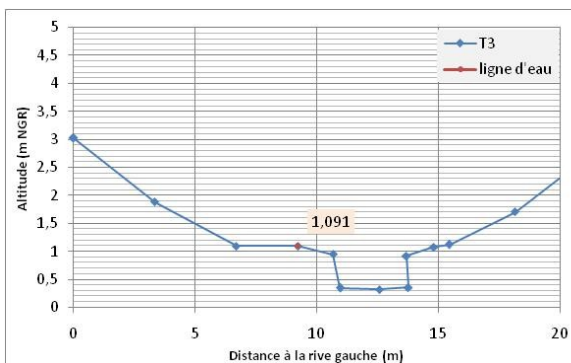


Figure 10 - Canal Saint Charles : profil et vue générale du transect T3

En amont de la confluence avec le canal Saint Charles, le canal de la Chaussée Royale est calibré : berges en maçonnerie et fond de lit bétonné. Le fond de lit varie entre 4,5 m et 5 m de large.

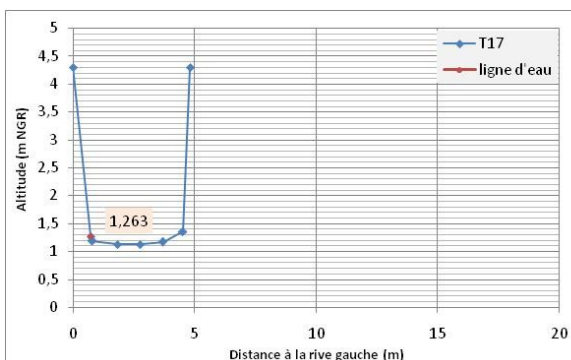


Figure 11 - Canal de la Chaussée Royale : profil et vue générale du transect T17

En aval de la confluence avec le canal Saint Charles, les berges du canal de la Chaussée Royale sont en terre ou ponctuellement maçonnées. On observe d'importants dépôts de vase et de dépôts organiques sur le fond du lit mouillé.

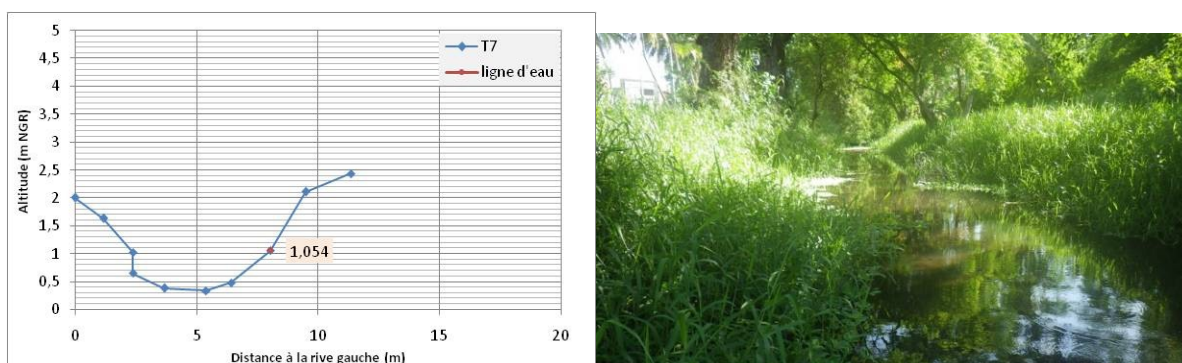


Figure 12 - Canal de la Chaussée Royale : profil et vue générale du transect T7

Sur ce secteur, un principal embâcle a été observé au niveau du T8, il s'agit d'un tronc d'arbre couché. Cet embâcle crée une rupture significative de la ligne d'eau dans le canal, en fonction de la cote du plan d'eau de l'étang (Cf. ci-après). Sur le linéaire de canal entre l'étang et le canal Saint Charles, plusieurs arbres menacent de tomber et pourraient multiplier ces cas d'embâcles.



Figure 13 - Canal de la chaussée Royale : Tronc d'arbre créant un embâcle au niveau du T8 (gauche) et végétation surplombante menaçant de tomber entre T8 e T9 (droite).

3.1.2 Profil en long des canaux Saint Charles et Chaussée Royale : description des sens d'écoulements

Les profils en long du fond de lit et de la ligne d'eau relevés sur le canal Saint Charles et le canal de la chaussée Royale sont figurés page suivante.

Lors du relevé, le 7 mars entre 7h et 12h, la cote d'eau de l'étang au pont de la Chaussée Royale était stabilisée à 0,91 m NGR. D'un autre côté, la cote de la crête du cordon au droit de l'embouchure du canal Saint Charles était à 1,16 m NGR. Enfin, un débit d'alimentation du Canal de la Chaussée Royale de 1 l/s a été mesuré en amont du canal à surface libre le 24/03/2016 (exploration partie souterraine du canal non effectuée).

Les relevés topographiques mettent en évidence que pour cette cote du plan d'eau et dans ces conditions hydrologiques :

- **les pentes observées sur le canal Saint Charles et la partie aval du canal de la Chaussée Royale sont très faibles et présentent des contre pentes ponctuelles,**
- les écoulements dans le canal Saint Charles étaient dirigés vers le canal de la Chaussée Royale (niveau d'eau dans le canal Saint Charles plus élevé que celui observé dans le canal de la Chaussée Royale à la confluence),
- les écoulements dans le canal de la Chaussée Royale étaient dirigés vers l'étang.
- l'embâcle observé au niveau du T8 maintient la ligne d'eau et retarde la vidange du canal de la Chaussée Royale (et du canal Saint Charles).



Figure 14 - Sens des écoulements observés et déduits de la topographie pour une cote du plan d'eau de l'étang à 0,91m NGR au pont de la Chaussée Royale et un cordon de l'embouchure du canal Saint Charles calé à 1,16mNGR (7mars 2016).

Lors de la colonisation des eaux douces, les espèces de poissons et de crustacés ont un comportement rhéotaxique¹ positif : ils se dirigent à contre courant, généralement en suivant les berges (zones d'abris hydrauliques et face aux prédateurs).

Ces conditions d'écoulement ne sont pas favorables à un recrutement des espèces de poissons et de crustacés depuis l'embouchure du canal Saint Charles vers l'étang.

¹ La **rhéotaxie** désigne une réponse motile et directionnelle d'un organisme envers un courant d'eau ou d'air. Elle est "positive" si le mouvement est contre-courant et "négative" si le mouvement suit le courant

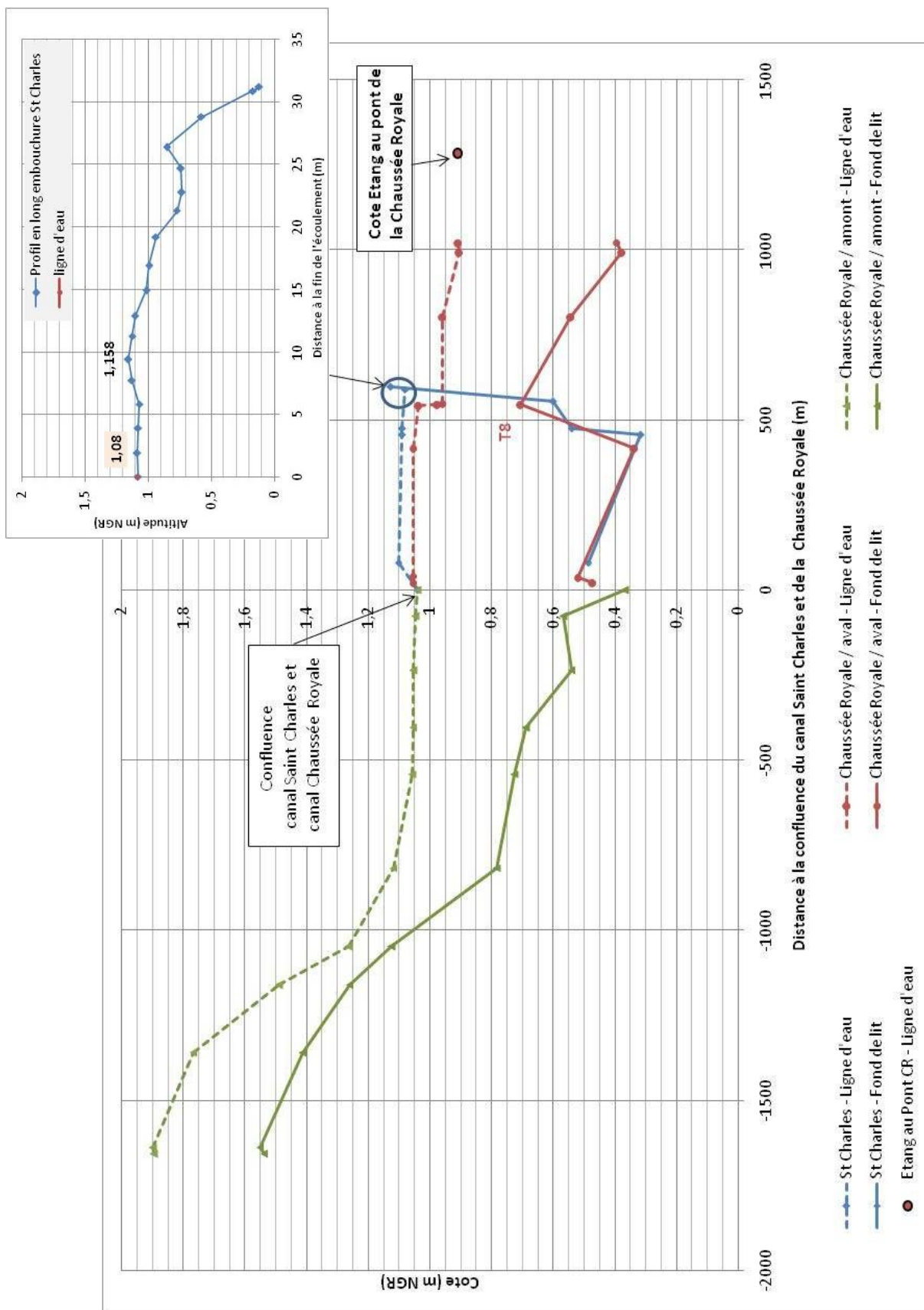


Figure 15 - Profil en long de la ligne d'eau et du fond sur le canal Saint Charles et le canal de la Chaussée Royale, relevés le 7 mars 2016

Ces éléments de topographie nous permettent de formuler **des hypothèses sur l'attrait de l'embouchure du Canal Saint Charles pour les post-larves de poissons** et de crustacés en fonction du niveau d'eau dans l'étang, dans les conditions actuelles (et sous condition d'un cordon fermé à l'embouchure de l'étang) :

- Il apparaît évident en premier lieu que l'entrée des post-larves dans le canal Saint Charles ne peut survenir que lorsque ce dernier est ouvert (voir nota ci-après sur les premiers éléments de diagnostic / consignes à valider in-situ sur la cote d'ouverture de l'embouchure du canal),
- Lorsque la **cote de l'étang** (au pont CR) est située **en dessous de 1 mNGR**, l'écoulement des canaux Saint Charles et Chaussée Royale sont dirigés vers l'étang (Cf. observations du 7/03/2016). A ces cotes, **l'attrait de l'embouchure du canal Saint Charles pour les post-larves de poissons et de crustacés est nul**,
- Lorsque la **cote de l'étang** est située **entre 1m NGR et 1,2 m NGR**, les écoulements sont très dépendants du calage du niveau d'ouverture du Canal Saint Charles. A ces cotes de l'étang, **l'attrait de l'embouchure du canal Saint Charles pour les espèces de poisson et de crustacés sera variable et fonction du niveau d'entretien des canaux. Il restera cependant limité compte tenu de la très faible pente observée sur le linéaire de ces canaux** (faible débit d'attrait),
- Lorsque la **cote de l'étang est supérieure à 1,2 m NGR**, les écoulements **peuvent alors être préférentiellement dirigés de l'étang vers l'embouchure du canal Saint Charles en maintenant l'embouchure du canal ouverte. Dans ces conditions, l'embouchure du canal peut avoir un attrait significatif pour les post-larves de poissons et de crustacés.**

En amont de l'embouchure, la colonisation de l'étang par les post-larves sera également fonction des conditions d'écoulement et de qualité d'eau entre les parties amont et aval du canal de la Chaussée Royale. Les conditions de qualité d'eau sont traitées dans le chapitre suivant.

D'un point de vue de l'hydraulicité, et **à la confluence entre le canal Saint Charles et le canal de la Chaussée Royale, les post-larves de poissons et de crustacés seront préférentiellement attirés:**

- **vers l'amont de la Chaussée Royale lorsque le niveau de l'étang est inférieur à 1,2 m NGR** : les poissons et les crustacés vont remonter le "courant" provenant de la partie haute de la Chaussée Royale,
- **à part variable entre les deux portions de canal lorsque le niveau de l'étang sera supérieur à 1,2 m NGR** : les poissons et les crustacés se dirigeront vers le courant principal si celui-ci est marqué ou à part équivalente entre les deux courants si ces derniers sont équivalents.

Ces premiers résultats montrent l'importance du calage des niveaux d'eau et de l'entretien des canaux en lien avec le fonctionnement écologique des canaux. Ces calages doivent être d'autant plus fin et rigoureux que la pente globale des canaux est quasi-nulle.

Nota : de façon à maintenir un écoulement au niveau de l'embouchure du canal Saint Charles, et compte tenu de la topographie relevée, le fond de cette ouverture doit être calé et maintenu entre 0,7 et 0,8 m NGR, de façon à assurer une différence de niveau entre l'étang et le canal Saint Charles d'une part, tout en maintenant un niveau d'eau suffisant dans le chenal. Ces éléments de calage devront être testés et validés sur site.

3.1.3 Capacité hydraulique du canal Saint Charles

Lors du suivi mené dans la présente étude, l'embouchure du canal Saint Charles n'a été observée ouverte (et stabilisée) que le 06 juin 2016 : un débit de 140,6 l/s a été mesuré à 9h.

Lors de cette mesure, la cote du plan d'eau au pont de la Chaussée Royale était stabilisée à 1,6 m NGR depuis plusieurs jours, et la cote à l'embouchure était comprise entre 1,1 à 1,15 m NGR (évaluation post-traitement à partir des relevés topographiques du 7/03/2016).



Figure 16 - Vue de la zone d'embouchure du canal Saint Charles le 6 juin 2016 au matin.

Ces mesures donnent une première évaluation de la capacité hydraulique de l'ensemble Canal Saint Charles / Chaussée Royale dans des conditions de forte dénivelée de cote d'eau entre l'étang et l'embouchure du canal Saint Charles : environ 150 l/s.

D'un autre côté, le débit de l'étang au pont RN est estimé de différentes sources et avec des incertitudes liées aux méthodes de mesures et modélisations entre 800 l/s et 1 300 l/s (ANTEA, 2001, données ORE 1995 à 1999).

Aussi, dans les conditions actuelles, la capacité hydraulique du canal Saint Charles est 5 à 9 fois plus faible que le débit de l'étang au pont de la RN1. Dans un contexte de gestion du niveau de l'étang, le canal Saint Charles ne peut intervenir qu'en complément d'une régulation pérenne de l'ouverture du cordon au niveau de l'embouchure de l'étang.

3.2 Qualité Physico-chimie de l'eau

3.2.1 Résultats du suivi physicochimique au niveau de chacune des stations

3.2.1.1 Résultats du suivi au niveau de la station 1

Nous avons choisi de présenter les résultats en distinguant les mesures effectuées le matin ou l'après-midi ainsi que celles prises en surface (0,30 m) ou au fond. (Tableau 3 à Tableau 6) afin d'observer les éventuelles différences liées notamment à l'activité phyto-planctonique durant la journée.

STATION 1 - Mesures prises le MATIN et en surface						
DATE	Température (°C)	Conduct.spécif. (micro.siemens/cm)	ix de saturation en oxygène (er	Oxygène (mg/l)	Redox (mv)	pH
07/03/2016	26,8	939	21	1,7	290	6,2
07/03/2016	26,9	1003	19	1,5	255	6,8
09/03/2016	26,3	677	17	1,4	171	7,3
10/03/2016	26,8	699	21	1,7	220	7,3
23/03/2016	25,3	1713	28	2,3	191	7,3
24/03/2016	28,8	49604	74	4,8	209	7,9
26/03/2016	24,8	3178	37	3,0	123	7,0
06/04/2016	27,4	42033	80	5,4	209	7,8
07/04/2016	24,8	1722	25	2,1	108	7,4
05/05/2016	24,5	1284	21	1,7	156	7,4
06/05/2016	24,8	791	19	1,5	163	7,4
05/06/2016	20,4	981	28	2,6	130	7,2
06/06/2016	20,4	1005	31	2,8	175	7,3
04/07/2016	21,7	20001	56	4,6	145	7,4
05/07/2016	21,4	50939	86	6,3	173	7,9
06/07/2016	22,1	49529	89	6,5	55	8,1
Moyenne	24,6	14131	41	3,1	173	7,4
<i>Ecart type</i>	<i>2,6</i>	<i>20822</i>	<i>27</i>	<i>1,8</i>	<i>57</i>	<i>0,4</i>
Minimum	20,4	677	17	1,4	55	6,2
Maximum	28,8	50939	89	6,5	290	8,1
Médiane	24,8	1499	28	2,4	172	7,4

Tableau 3 – Mesures physicochimiques prises le matin en surface à la station 1.

STATION 1 - Mesures prises le MATIN et au fond						
DATE	Température (°C)	Conduct.spécif. (micro.siemens/cm)	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)	Redox (mv)	pH
06/04/2016	27,6	45235	82	5,5	200	7,9
07/04/2016	29,1	30559	59	4,1	125	7,6
05/05/2016	26,1	4739	8	0,6	141	6,9
06/05/2016	25,5	1737	20	1,6	167	7,2
05/06/2016	20,4	981	28	2,5	129	7,1
06/06/2016	20,4	1013	30	2,7	169	7,1
04/07/2016	22,4	43558	60	4,4	134	7,7
05/07/2016	21,6	51609	87	6,3	168	8,1
06/07/2016	22,8	52354	91	6,4	58	8,2
Moyenne	24,0	25754	52	3,8	143	7,5
<i>Ecart type</i>	<i>3,2</i>	<i>23291</i>	<i>31</i>	<i>2,1</i>	<i>40</i>	<i>0,5</i>
Minimum	20,4	981	8	0,6	58	6,9
Maximum	29,1	52354	91	6,4	200	8,2
Médiane	22,8	30559	59	4,1	141	7,6

Tableau 4 - Mesures physicochimiques prises le matin au fond à la station 1.

STATION 1 - Mesures prises l'APRES MIDI et en surface						
DATE	Température (°C)	Conduct.spécif. (micro.siemens/cm)	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)	Redox (mv)	pH
09/03/2016	29,8	695	37	2,8	151	7,4
23/03/2016	29,9	52460	99	6,2	140	8,1
29/03/2016	25,7	1004	46	3,7	140	7,3
30/03/2016	26,9	1689	46	3,6	153	7,5
06/04/2016	30,6	9832	76	5,5	180	7,7
05/05/2016	27,0	1222	68	5,4	148	7,8
05/06/2016	21,3	981	35	3,1	141	7,5
01/07/2016	21,6	1256	45	4,0	178	7,5
04/07/2016	23,9	52855	97	6,7	147	8,0
05/07/2016	24,6	52708	98	6,7	97	8,0
06/07/2016	25,2	30215	87	6,4	102	8,0
Moyenne	26,0	18629	67	4,9	143	7,7
<i>Ecart type</i>	<i>3,2</i>	<i>23504</i>	<i>26</i>	<i>1,5</i>	<i>26</i>	<i>0,3</i>
Minimum	21,3	695	35	2,8	97	7,3
Maximum	30,6	52855	99	6,7	180	8,1
Médiane	25,7	1689	68	5,4	147	7,7

Tableau 5 - Mesures physicochimiques prises l'après-midi en surface à la station 1.

STATION 1 - Mesures prises l'APRES MIDI et au fond						
DATE	Température (°C)	Conduct.spécif. (micro.siemens/cm)	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)	Redox (mv)	pH
06/04/2016	29,6	41551	109	7,1	175	8,0
05/05/2016	26,2	1038	46	3,7	150	7,6
05/06/2016	21,3	982	34	3,1	135	7,3
01/07/2016	21,6	1253	44	3,9	166	7,3
04/07/2016	23,9	52851	96	6,7	142	8,1
05/07/2016	24,6	52712	97	6,7	93	8,1
06/07/2016	24,9	51381	110	7,6	107	8,1
Moyenne	24,6	28824	77	5,5	138	7,8
<i>Ecart type</i>	<i>2,8</i>	<i>26224</i>	<i>34</i>	<i>1,9</i>	<i>30</i>	<i>0,4</i>
Minimum	21,3	982	34	3,1	93	7,3
Maximum	29,6	52851	110	7,6	175	8,1
Médiane	24,6	41551	96	6,7	142	8,0

Tableau 6 - Mesures physicochimiques prises l'après-midi au fond à la station 1.

D'après les mesures effectuées sur une période d'environ 4 mois (Tableau 3 à Tableau 6), la station 1 est caractérisée par de **très fortes fluctuations des paramètres physicochimiques** de l'eau. On observe notamment au niveau de cette station d'importantes variations des valeurs de conductivité spécifique et des valeurs d'oxygène.

Ces fluctuations brutales (pouvant être enregistrées dans la même journée) sont principalement **liées aux intrusions d'eau de mer qui se produisent au niveau de l'embouchure du canal St Charles**. Ces intrusions d'eau de mer semblent en effet assez régulières à chaque épisode de houle (vraisemblablement plusieurs fois par mois). Elles se produisent principalement à marée haute lorsque l'embouchure a été récemment ouverte (intervention de la mairie) et que le cordon est juste en train de se reformer (les vagues pénètrent alors facilement dans l'embouchure du canal).

Ces entrées marines semblent influencer de façon très sensible la **qualité de l'eau** de cette station qui, globalement, peut être définie comme **très instable**. Outre la conductivité qui peut osciller entre l'eau douce et l'eau de mer en quelques minutes, on remarque que les valeurs d'oxygène sont aussi sous l'influence des intrusions salines. La concentration en oxygène a en effet tendance à augmenter à chaque remontée de la conductivité (l'eau de mer apporte de l'oxygène). On note que le taux d'oxygène se maintient par contre relativement bas en dehors des périodes d'intrusions marines.

Les valeurs relativement élevées de pH enregistrées à certaines dates (supérieures à 7,5) semblent également avoir un lien avec les entrées d'eau de mer (Tableau 3 à Tableau 6). Il est en effet beaucoup moins probable que ces valeurs s'expliquent par l'activité photosynthétique (eau peu chargée en phytoplancton).

L'enregistrement continu des températures au niveau de cette station (mesurées au fond) permet de conforter cette notion d'instabilité de certains paramètres de la qualité de l'eau (Figure 17). Sur cette figure, on observe de brusques variations des températures de l'eau provenant à la fois des ouvertures du canal St Charles (baisse brutale du niveau d'eau avec une répercussion directe sur la cinétique des températures) mais aussi des entrées régulières d'eau de mer.

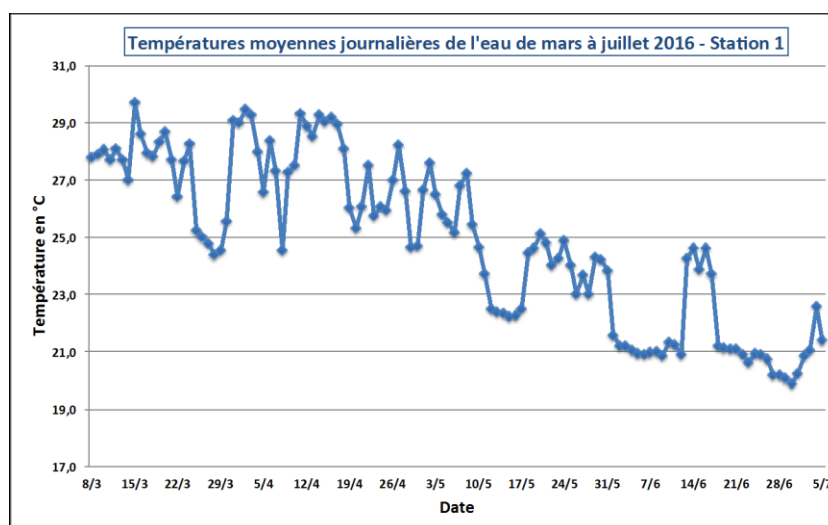


Figure 17 – Températures moyennes journalières relevées à la station 1 entre début mars et début juillet 2016

Globalement la qualité de l'eau de la station 1 est caractérisée par une nette instabilité, plus particulièrement marquée en ce qui concerne la conductivité, l'oxygène et la température. Seules les valeurs de redox sont restées relativement stables durant la période de suivi. Cette instabilité des principaux paramètres physicochimiques du milieu durant la journée n'est pas sans conséquence sur la vie aquatique alors que l'on sait que cette station d'embouchure est un lieu de transit pour les stades post-larvaires de poissons et de macro-crustacés indigènes qui cherchent à pénétrer dans l'étang après leur cycle larvaire en mer.

3.2.1.2 Résultats du suivi au niveau de la station 2

De la même façon que pour la station 1, on distinguera ci-après (Tableau 7 à Tableau 10) les valeurs prises le matin ou l'après-midi, ainsi que celles prises en surface ou au fond.

STATION 2 - Mesures prises le MATIN et en surface						
DATE	Température (°C)	Conduct.spécif. (micro.siemens/cm)	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)	Redox (mv)	pH
09/03/2016	25,4	465	12	1,0	31	7,3
10/03/2016	25,2	467	21	1,7	110	7,3
23/03/2016	25,3	1785	26	2,1	181	7,0
24/03/2016	26,7	4629	15	1,2	135	7,7
26/03/2016	24,2	3404	30	2,5	130	7,1
06/04/2016	25,1	551	14	1,2	-24	7,5
07/04/2016	24,9	1192	10	0,9	137	7,6
05/05/2016	24,5	588	12	1,0	135	7,4
06/05/2016	23,7	1435	10	0,8	78	7,2
05/06/2016	20,3	1003	19	1,7	155	7,2
06/06/2016	20,2	998	21	1,9	29	7,3
06/07/2016	20,8	12700	22	1,9	33	7,2
Moyenne	23,9	2435	18	1,5	94	7,3
<i>Ecart type</i>	<i>2,2</i>	<i>3476</i>	<i>6</i>	<i>0,5</i>	<i>63</i>	<i>0,2</i>
Minimum	20,2	465	10	0,8	-24	7,0
Maximum	26,7	12700	30	2,5	181	7,7
Médiane	24,7	1098	17	1,4	120	7,3

Tableau 7 - Mesures physicochimiques prises le matin en surface à la station 2.

STATION 2 - Mesures prises le MATIN et au fond						
DATE	Température (°C)	Conduct.spécif. (micro.siemens/cm)	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)	Redox (mv)	pH
24/03/2016	29,4	40673	2	0,1	-139	7,0
26/03/2016	24,2	3403	28	2,4	114	7,0
07/04/2016	24,9	1203	8	0,6	44	7,4
05/05/2016	23,7	1399	3	0,2	-34	7,1
06/05/2016	23,7	1459	7	0,6	-30	7,1
05/06/2016	20,3	1010	17	1,5	11	7,1
06/06/2016	20,2	1001	19	1,7	-21	7,2
04/07/2016	20,0	633	23	2,1	-20	7,8
05/07/2016	21,0	22555	13	1,1	-35	7,5
06/07/2016	23,0	33005	10	0,7	4	7,0
Moyenne	23,0	10634	13	1,1	-11	7,2
<i>Ecart type</i>	<i>2,9</i>	<i>15424</i>	<i>9</i>	<i>0,8</i>	<i>64</i>	<i>0,3</i>
Minimum	20,0	633	2	0,1	-139	7,0
Maximum	29,4	40673	28	2,4	114	7,8
Médiane	23,4	1429	11	0,9	-20	7,1

Tableau 8 - Mesures physicochimiques prises le matin au fond à la station 2.

STATION 2 - Mesures prises l'APRES MIDI et en surface						
DATE	Température (°C)	Conduct.spécif. (micro.siemens/cm)	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)	Redox (mv)	pH
09/03/2016	27,3	498	18	1,4	14	7,3
23/03/2016	27,9	5779	46	3,5	38	7,4
29/03/2016	24,1	2552	29	2,4	147	7,1
30/03/2016	25,6	5873	5	0,4	-56	7,1
06/04/2016	26,3	721	16	1,3	71	7,3
05/05/2016	24,2	1202	6	0,5	109	7,4
05/06/2016	20,8	1005	24	2,1	140	7,2
01/07/2016	20,5	1627	22	2,0	144	7,2
04/07/2016	22,1	18625	49	4,0	-1	7,8
05/07/2016	21,2	5284	28	2,5	50	6,9
06/07/2016	21,4	14157	16	1,3	-7	7,2
Moyenne	23,8	5211	23	1,9	59	7,3
<i>Ecart type</i>	<i>2,7</i>	<i>5973</i>	<i>14</i>	<i>1,1</i>	<i>69</i>	<i>0,2</i>
Minimum	20,5	498	5	0,4	-56	6,9
Maximum	27,9	18625	49	4,0	147	7,8
Médiane	24,1	2552	22	2,0	50	7,2

Tableau 9 - Mesures physicochimiques prises l'après-midi en surface à la station 2.

STATION 2 - Mesures prises l'APRES MIDI et au fond						
DATE	Température (°C)	Conduct.spécif. (micro.siemens/cm)	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)	Redox (mv)	pH
23/03/2016	30,3	39431	64	4,2	-5	7,4
29/03/2016	24,1	2567	28	2,3	-46	7,0
06/04/2016	26,2	734	12	1,0	17	7,2
05/05/2016	23,9	1460	2	0,2	-12	7,1
05/06/2016	20,8	1008	22	2,0	98	7,1
04/07/2016	22,7	30630	62	4,8	-27	7,6
05/07/2016	21,9	15563	17	1,5	-28	6,9
06/07/2016	22,6	28371	4	0,3	-27	7,0
Moyenne	24,1	14971	27	2,0	-4	7,2
<i>Ecart type</i>	<i>3,0</i>	<i>15845</i>	<i>24</i>	<i>1,7</i>	<i>45</i>	<i>0,2</i>
Minimum	20,8	734	2	0,2	-46	6,9
Maximum	30,3	39431	64	4,8	98	7,6
Médiane	23,3	9065	20	1,7	-19	7,1

Tableau 10 - Mesures physicochimiques prises l'après-midi au fond à la station 2.

La Figure 18 présente les températures moyennes journalières relevées au niveau de la station durant toute la période d'étude (mesures en continu). Comme pour les stations 1 et 3, on observe des variations relativement brutales des températures en lien vraisemblablement avec les ouvertures de l'embouchure de l'étang et du canal St Charles. Ces ouvertures du cordon entraînent en effet une baisse concomitante très rapide des niveaux du plan d'eau (le réchauffement de l'eau peut être important lorsque la profondeur est faible) et une modification du sens des écoulements d'eau (susceptible de provoquer des échanges entre des masses d'eau de températures différentes).

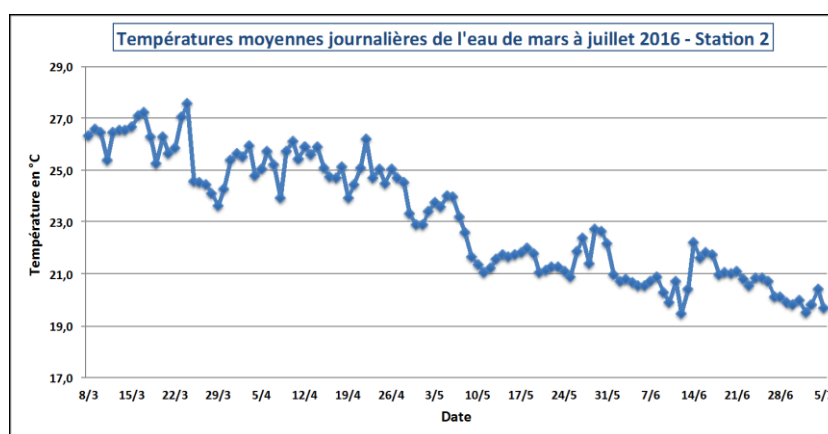


Figure 18 - Températures moyennes journalières relevées à la station 2 entre début mars et début juillet 2016.

Les résultats des mesures physicochimiques effectuées sur cette station révèlent une certaine instabilité des paramètres mais surtout une **mauvaise oxygénation de la colonne d'eau** durant la journée qui est en partie corroborée par les **mauvaises valeurs de redox**. Les valeurs de pH au cours de la journée sont relativement stables sur la période - proche de 7. On observe peu de variation du pH entre le matin et l'après-midi ce qui laisse présager une très faible activité phytoplanctonique au sein de la colonne d'eau (cette activité est vraisemblablement nulle vu l'importante couverture végétale à la surface – laitues et autres plantes aquatiques – l'eau reste d'ailleurs relativement claire).

La conductivité est ici aussi sujette à d'importantes fluctuations que l'on peut relier aux épisodes d'intrusions salines qui se propagent depuis la station 1 (cf. chapitre 3.2.1.1).

L'épaisse couche de sédiments vaseux qui recouvre le fond de cette station, le manque d'hydrodynamisme, semble ici contribuer largement à la dégradation de la qualité de l'eau. Ce sédiment, siège des principaux mécanismes de minéralisation de la matière organique, est très peu oxygéné et relargue d'ailleurs de l'hydrogène sulfureux (sédiments réduits) signe de la présence de bactéries sulfato-réductrices capables d'agir en conditions anaérobiques. En d'autre terme, **le fonctionnement global du milieu apparaît ici perturbé** (risque de crises dystrophiques durant la nuit). Les apports organiques provenant de la ripisylve (feuilles mortes, ...), des plantes aquatiques (débris végétaux...) et des différents rejets diffus peinent à être « digérés » par le milieu qui ne bénéficie pas des conditions favorisant une bonne capacité d'épuration (mauvaise circulation de l'eau, forte sédimentation, marnage important, intrusions salines, faible activité phytoplanctonique).

notamment lié au recouvrement de la surface par des laitues d'eau et autres plantes aquatiques, ombrage important....).

En résumé, on peut conclure que **les conditions du milieu au niveau de la station 2 sont peu favorables au maintien des espèces de poissons et de macro-crustacés indigènes** (qualité de l'eau très dégradée sur toute la colonne, sédiments de surface présentant des risques d'anoxie...) et que seules certaines espèces exotiques, réputées tolérantes, sont en mesure de s'adapter (tilapia, gourami, guppy, platy...), comme le démontre les résultats de pêche électrique.

3.2.1.3 Résultats du suivi au niveau de la station 3

De la même façon que pour les stations 1 et 2, on distinguera ci-après (Tableau 11 à Tableau 14) les valeurs prises le matin ou l'après-midi, ainsi que celles prises en surface ou au fond.

STATION 3 - Mesures prises le MATIN et en surface						
DATE	Température (°C)	Conduct.spécif. (micro.siem/cm)	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)	Redox (mv)	pH
09/03/2016	25,4	998	10	0,8	38	7,1
10/03/2016	26,0	1017	17	1,4	166	7,4
23/03/2016	24,9	1701	43	3,5	244	6,4
24/03/2016	26,2	1637	12	1,0	76	7,2
26/03/2016	23,9	3405	32	2,7	101	6,9
06/04/2016	24,9	1133	3	0,3	8	7,0
07/04/2016	23,5	1091	17	1,4	125	7,4
05/05/2016	23,0	1419	8	0,6	106	7,3
06/05/2016	23,2	1429	8	0,7	32	7,1
05/06/2016	20,1	1008	17	1,6	98	7,0
06/06/2016	20,0	954	21	1,9	107	7,2
05/07/2016	19,6	9101	6	0,5	8	7,4
06/07/2016	18,4	4488	11	1,0	-34	7,6
Moyenne	23,0	2260	16	1,3	83	7,1
<i>Ecart type</i>	<i>2,6</i>	<i>2313</i>	<i>11</i>	<i>0,9</i>	<i>74</i>	<i>0,3</i>
Minimum	18,4	954	3	0,3	-34	6,4
Maximum	26,2	9101	43	3,5	244	7,6
Médiane	23,5	1419	12	1,0	98	7,2

Tableau 11- Mesures physicochimiques prises le matin en surface à la station 3.

STATION 3 - Mesures prises le MATIN et au fond						
DATE	Température (°C)	Conduct.spécif. (micro.siem/cm)	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)	Redox (mv)	pH
24/03/2016	26,1	1741	7	0,6	20	7,0
26/03/2016	23,9	3422	30	2,5	91	6,9
06/04/2016	24,9	1137	3	0,2	-32	7,0
07/04/2016	23,1	1087	12	1,1	94	7,2
05/05/2016	23,0	1419	6	0,6	25	7,0
06/05/2016	23,1	1432	6	0,5	42	7,0
05/06/2016	20,1	1009	15	1,4	15	6,9
06/06/2016	20,0	955	19	1,8	91	7,0
04/07/2016	19,9	6305	5	0,5	12	7,0
05/07/2016	19,6	10404	4	0,3	-10	7,2
06/07/2016	20,5	17207	3	0,3	-89	7,0
Moyenne	22,2	4193	10	0,9	24	7,0
<i>Ecart type</i>	<i>2,3</i>	<i>5234</i>	<i>8</i>	<i>0,7</i>	<i>56</i>	<i>0,1</i>
Minimum	19,6	955	3	0,2	-89	6,9
Maximum	26,1	17207	30	2,5	94	7,2
Médiane	23,0	1432	6	0,6	20	7,0

Tableau 12- Mesures physicochimiques prises le matin au fond à la station 3.

STATION 3 - Mesures prises l'APRES MIDI et en surface						
DATE	Température (°C)	Conduct.spécif. (micro.siemens/cm)	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)	Redox (mv)	pH
09/03/2016	28,4	1044	19	1,5	81	7,3
23/03/2016	26,3	1722	31	2,5	158	7,1
29/03/2016	24,0	2598	16	1,3	21	6,9
30/03/2016	26,0	3893	18	1,5	-13	7,3
06/04/2016	25,5	1108	6	0,5	-5	7,2
05/05/2016	24,1	1426	14	1,2	55	7,0
05/06/2016	20,9	1001	24	2,1	146	7,2
01/07/2016	20,3	1757	7	0,7	131	7,2
05/07/2016	20,1	7044	7	0,7	-45	7,3
06/07/2016	19,6	2146	8	0,7	-30	7,7
Moyenne	23,5	2374	15	1,3	50	7,2
<i>Ecart type</i>	<i>3,1</i>	<i>1861</i>	<i>8</i>	<i>0,7</i>	<i>76</i>	<i>0,2</i>
Minimum	19,6	1001	6	0,5	-45	6,9
Maximum	28,4	7044	31	2,5	158	7,7
Médiane	24,1	1740	15	1,3	38	7,2

Tableau 13- Mesures physicochimiques prises l'après-midi en surface à la station 3.

STATION 3 - Mesures prises l'APRES MIDI et au fond						
DATE	Température (°C)	Conduct.spécif. (micro.siemens/cm)	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)	Redox (mv)	pH
23/03/2016	26,1	1723	25	2,0	76	7,0
06/04/2016	24,7	1091	4	0,4	-7	7,2
05/05/2016	23,3	1434	5	0,5	-17	6,9
05/06/2016	20,8	996	21	1,8	97	7,0
01/07/2016	20,2	1760	7	0,6	108	7,1
04/07/2016	20,6	6243	7	0,6	37	7,1
05/07/2016	20,1	12576	2	0,2	-46	7,0
06/07/2016	20,6	16855	2	0,2	-96	7,0
Moyenne	22,1	5335	9	0,8	19	7,0
<i>Ecart type</i>	<i>2,3</i>	<i>6139</i>	<i>9</i>	<i>0,7</i>	<i>73</i>	<i>0,1</i>
Minimum	20,1	996	2	0,2	-96	6,9
Maximum	26,1	16855	25	2,0	108	7,2
Médiane	20,7	1742	6	0,5	15	7,0

Tableau 14- Mesures physicochimiques prises l'après-midi au fond à la station 3.

La Figure 19 présente les températures moyennes journalières relevées au niveau de la station durant toute la période d'étude (mesures en continu). Comme pour les stations 1 et 2, on observe à plusieurs reprises de brusques variations de température en lien vraisemblablement avec les ouvertures de l'embouchure de l'étang et du canal St Charles.

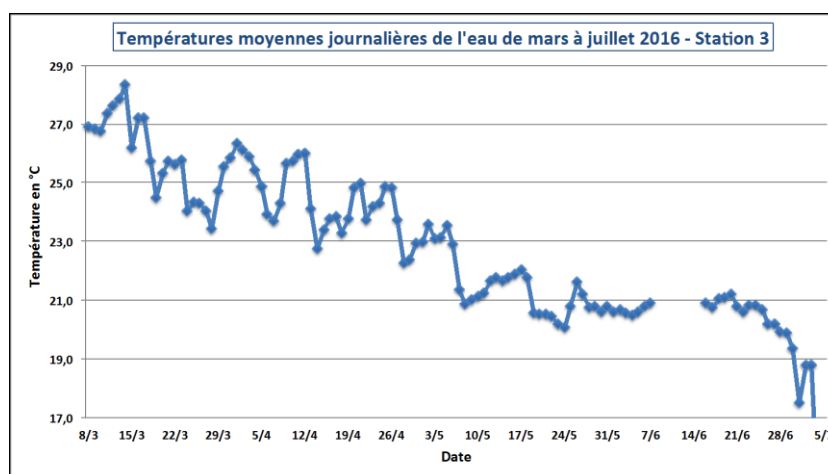


Figure 19- Températures moyennes journalières relevées à la station 3 entre début mars et début juillet 2016.

Cette station est surtout caractérisée par de **mauvaises valeurs d'oxygène** principalement au fond mais également au sein de toute la colonne d'eau. Les concentrations d'oxygène observées ici durant la journée sont **difficilement compatibles avec la vie aquatique**. En d'autres termes, peu d'espèces de poissons et de macro-crustacés sont capables de survivre à de telles conditions qui sont très proches, certains jours, de l'anoxie. Comme pour la station 2, le milieu est ici très perturbé. Les sédiments vaseux, riches en matière organique, recouvrant le fond sont très peu oxygénés (sédiments réduits relarguant de l'hydrogène sulfureux). Ceux-ci participent vraisemblablement à la dégradation

de la qualité de l'eau. La stabilité du pH autour de 7 atteste également de la faible activité photosynthétique (forte couverture végétale) et de l'influence du sédiment (pourrait contribuer à une légère acidification de la colonne d'eau).

A noter enfin les augmentations ponctuelles très significatives de la conductivité qui sont à relier avec les intrusions salines se produisant à l'embouchure du canal St Charles (station 1). Nous évoquerons à nouveau ce point dans la suite de ce rapport.

3.2.1.4 Résultats du suivi au niveau de la station 4

On rappelle que cette station est située approximativement au milieu du canal longeant la Chaussée Royale (portion canalisée). Elle est très peu profonde (entre 20 et 25 cm de fond) et le marnage est très limité. Le fond de cette portion du canal est bétonné et la pente est relativement accusée ce qui limite les processus de sédimentation.

Au vu de la très faible profondeur de la station, les mesures physicochimiques ont toutes été réalisées à 0,05 m du fond (lame d'eau très homogène).

STATION 4 - Mesures prises le MATIN et au fond						
DATE	Température (°C)	Conduct.spécif. (micro.siemens/cm)	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)	Redox	pH
09/03/2016	25,1	328	54	4	68	7,36
23/03/2016	23,8	356	48	4	193	7,41
24/03/2016	25,2	368	31	3	79	7,77
06/04/2016	24,3	356	40	3	182	7,44
07/04/2016	24,1	354	45	4	180	7,66
05/05/2016	23,6	286	39	3	117	7,4
06/05/2016	23,9	366	17	1	168	7,47
05/06/2016	21,6	328	41	4	154	7,41
06/06/2016	21,8	331	42	4	209	7,43
04/07/2016	20,5	328	42	4	98	7,76
05/07/2016	19,6	330	42	4	89	7,84
Moyenne	23,0	339	40	3,4	140	7,5
<i>Ecart type</i>	<i>1,9</i>	<i>24</i>	<i>10</i>	<i>1</i>	<i>51</i>	<i>0,2</i>
Minimum	19,6	286	17	1	68	7,4
Maximum	25,2	368	54	4	209	7,8
Médiane	23,8	331	42	3,7	154	7,4

Tableau 15- Mesures physicochimiques prises le matin au fond à la station 4.

STATION 4 - Mesures prises l'APRES MIDI et au fond						
DATE	Température (°C)	Conduct.spécif. (micro.siemens/cm)	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)	Redox	pH
09/03/2016	27,1	312	46	4	93	7,4
23/03/2016	26,4	365	21	2	93	7,36
30/03/2016	25,1	338	40	3	124	7,43
06/04/2016	25,3	335	40	3	153	7,57
05/05/2016	24,3	320	19	2	56	7,42
05/06/2016	22,8	328	39	3	166	7,44
01/07/2016	22	355	40	3	140	7,38
04/07/2016	21,4	351	41	4	109	8,02
05/07/2016	21,5	345	45	4	80	8,02
Moyenne	24,0	339	37	3,1	113	7,6
<i>Ecart type</i>	<i>2,1</i>	<i>17</i>	<i>10</i>	<i>1</i>	<i>36</i>	<i>0,3</i>
Minimum	21,4	312	19	2	56	7,4
Maximum	27,1	365	46	4	166	8,0
Médiane	24,3	338	40	3,4	109	7,4

Tableau 16- Mesures physicochimiques prises l'après-midi au fond à la station 4.

Globalement la qualité de l'eau de cette station est bien meilleure et surtout beaucoup plus stable que celles des trois stations précédentes. Les faibles valeurs de conductivité, très stables sur la période, attestent de l'influence prépondérante des arrivées d'eau douce issues de l'amont du canal (côté centre-ville). Les intrusions salines provenant de l'embouchure du canal St Charles ne sont ici pas ressenties (la différence d'altitude entre la station 1 et la station 3 explique cela).

Les taux moyens de saturation en oxygène observés la journée au cours de la période de suivi sont ici **proches de 40 %** (peu de variations), ce qui donne des concentrations en oxygène avoisinant les 3 mg/l. Ces taux varient relativement peu. Ces valeurs, mêmes si elles sont loin d'être excellentes, sont **compatibles avec la vie aquatique**.

3.2.1.5 Résultats du suivi au niveau de la station 5

On rappelle que cette station se situe à l'embouchure de l'étang. Les mesures des paramètres physicochimiques ont été uniquement effectuées en surface (à 0,30 m de profondeur) juste au droit du grau.

STATION 5 - Mesures prises le MATIN et en surface						
DATE	Température (°C)	Conduct.spécif. (micro.siemens/cm)	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)	Redox	pH
09/03/2016	22,7	1349	61	5,2	139	7,1
10/03/2016	23,0	1636	49	4,2	201	7,4
23/03/2016	26,6	2630	126	10,0	246	7,4
06/04/2016	24,1	1203	77	6,4	215	7,3
05/05/2016	24,1	2288	97	8,1	147	7,3
06/05/2016	24,8	3958	97	8,0	159	7,3
05/06/2016	21,8	1965	94	8,3	140	7,1
06/06/2016	23,1	2017	106	9,1	152	7,3
04/07/2016	19,9	1230	43	3,9	104	7,6
05/07/2016	19,6	1367	46	4,2	162	7,5
Moyenne	23,0	1964	80	6,7	166	7,3
<i>Ecart type</i>	<i>2,1</i>	<i>849</i>	<i>29</i>	<i>2,2</i>	<i>42</i>	<i>0,2</i>
Minimum	19,6	1203	43	3,9	104	7,1
Maximum	26,6	3958	126	10,0	246	7,6
Médiane	23,1	1801	86	7,2	156	7,3

Tableau 17- Mesures physicochimiques prises le matin en surface à la station 5.

STATION 5 - Mesures prises l'APRES MIDI et en surface						
DATE	Température (°C)	Conduct.spécif. (micro.siemens/cm)	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)	Redox	pH
09/03/2016	25,7	1719	54	4,4	136	7,3
23/03/2016	27,7	3144	112	8,7	170	7,3
30/03/2016	24,7	1502	29	2,4	176	7,3
06/04/2016	25,6	1374	91	7,4	188	7,4
07/04/2016	25,0	3045	110	9,0	197	7,3
05/05/2016	25,9	4583	147	11,8	141	8,0
05/06/2016	23,1	2932	131	11,1	161	7,3
04/07/2016	20,8	1857	38	3,4	118	7,6
Moyenne	24,8	2520	89	7,3	161	7,4
<i>Ecart type</i>	<i>2,1</i>	<i>1103</i>	<i>44</i>	<i>3,5</i>	<i>27</i>	<i>0,2</i>
Minimum	20,8	1374	29	2,4	118	7,3
Maximum	27,7	4583	147	11,8	197	8,0
Médiane	25,3	2395	100	8,0	165	7,3

Tableau 18- Mesures physicochimiques prises l'après-midi en surface à la station 5.

Globalement, la qualité de l'eau est ici meilleure, et plus stable, que celles observées au niveau des 4 stations précédentes. Les concentrations en oxygène enregistrées en surface ont été satisfaisantes dans l'ensemble, avec certains jours des sursaturations traduisant une forte activité phyto-planctonique (eau riche en phytoplancton).

3.2.2 Comparaison des données physicochimique enregistrées au niveau des stations situées sur le canal St Charles et sur le canal de la Chaussée Royale

3.2.2.1 Comparaison des résultats de températures relevées au niveau des stations 1,2 et 3

On rappelle qu'une sonde de température a été positionnée au niveau de chacune des stations 1, 2 et 3 afin d'enregistrer en continu les températures de l'eau (avec un pas de 20 minutes) sur toute la période de l'étude. La Figure 20 présente les résultats comparés des moyennes journalières observées sur ces 3 stations.

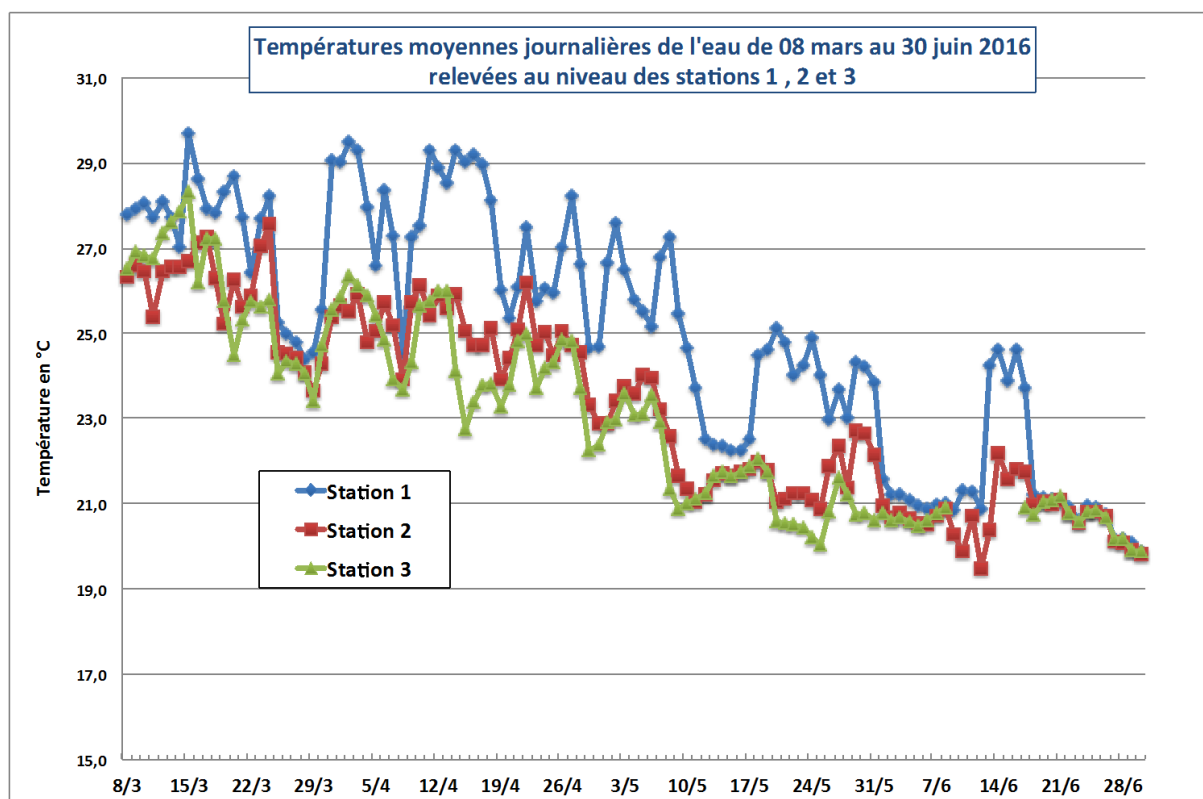


Figure 20– Comparaison des températures moyennes journalières relevées aux stations 1, 2 et 3 entre début mars et fin juin 2016.

On note d'importantes fluctuations de températures de l'eau au niveau des 3 stations, avec des valeurs plus élevées, et surtout des variations plus marquées, pour la station 1 située juste à l'embouchure du canal St Charles.

On rappelle que deux facteurs peuvent expliquer, en grande partie, les fortes fluctuations de température enregistrées :

- les **brusques variations de hauteurs d'eau** (marnage) liées aux ouvertures anthropiques des embouchures du canal St Charles et de l'étang (ces ouvertures du cordon peuvent intervenir plusieurs fois par mois avec des variations de niveau susceptibles d'atteindre 1 m) : ce marnage influence les températures de l'eau au niveau des 3 stations.
- Les **entrées d'eau de mer périodiques** qui modifient plus particulièrement les températures de l'eau de la station 1 (embouchure du canal St Charles). Ces intrusions d'eau de mer se produisent à la suite de presque toutes les ouvertures du cordon dunaire (impact des houles).

3.2.2.2 Comparaison des données de conductivité spécifique relevées au niveau des stations 1, 2, 3 et 4 – Analyse de l'influence des intrusions salines

3.2.2.2.1 Analyse comparée de la dispersion des valeurs de conductivité spécifique

La Figure 21 présente l'ensemble des valeurs de conductivité spécifique observées au niveau des stations 1, 2, 3 et 4 au cours de la période d'étude (début mars à début juillet).

On note que la « dispersion » des valeurs de conductivité est maximale à la station 1 située à l'embouchure du canal St Charles du fait des intrusions salines. La conductivité y évolue entre 500 (eau douce) à 55 000 micro-siemens/cm (eau de mer).

Ces écarts de conductivité diminuent progressivement au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'embouchure du canal (stations 2, 3 et 4). La conductivité à la station 2 reste toutefois très soumise à l'influence des entrées d'eau de mer (gros écarts de conductivité). La station 4, par contre, du fait de la topographie et du sens des écoulements qui en découle, n'est absolument pas touchée par les intrusions salines, la conductivité y demeure très stable (autour de 350 micro-siemens/cm sur l'ensemble de la période). Nous proposons de poursuivre l'analyse de ces données dans la suite du présent chapitre.

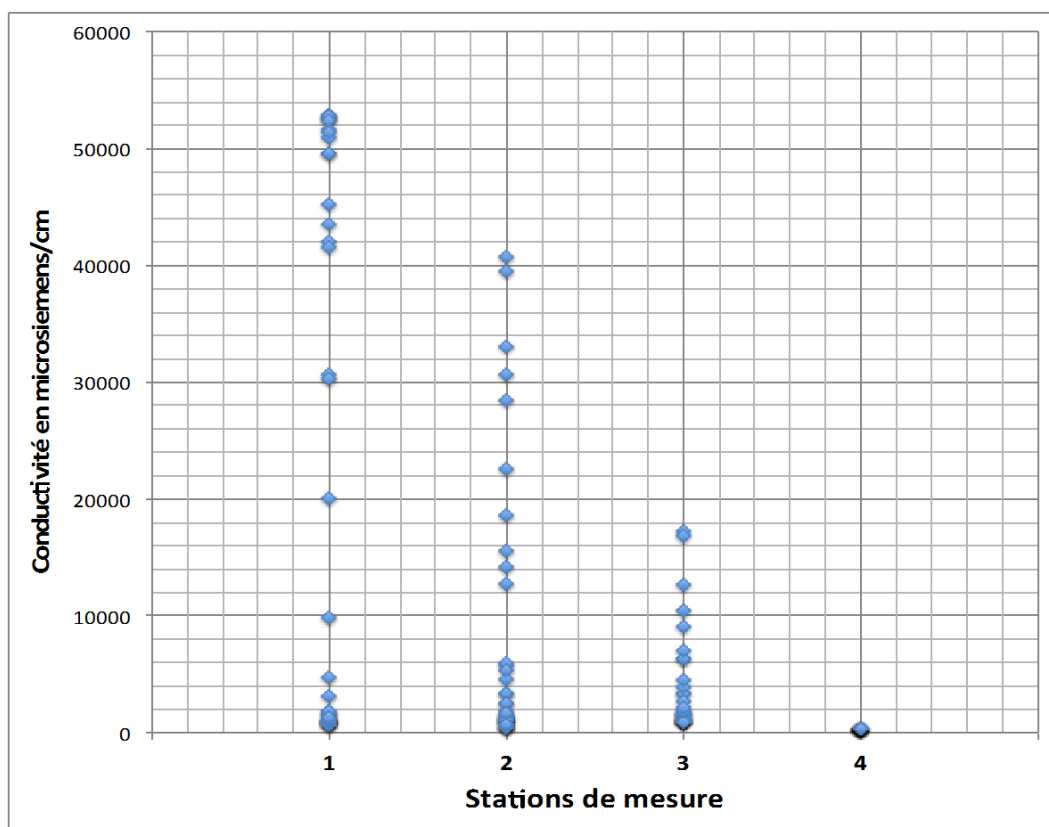


Figure 21 – Conductivités spécifiques relevées au niveau des stations 1, 2, 3 et 4 entre début mars et fin juin 2016.

3.2.2.2.2 Analyse de deux situations d'intrusions salines par l'embouchure du canal St c-Charles

Au cours de ce chapitre nous allons analyser les données de conductivité enregistrées au cours de deux épisodes d'intrusions d'eau de mer afin de mieux appréhender l'impact de ces entrées d'eau de mer sur la qualité de l'eau au sein du canal St Charles et au sein du canal de la Chaussée Royale.

3.2.2.2.1 Analyse des données de conductivité suite à l'intrusion saline du 23 mars 2016 intervenue en fin de matinée

Les Tableau 19 et Tableau 20 présentent les données de conductivité collectées au niveau de chacune des 4 stations entre le 23 et le 29 mars 2016. Le plan d'échantillonnage a été à cette occasion étendue à 2 stations complémentaires positionnées sur le canal St Charles (station CCR4 situé à mi-chemin entre la station 4 et la station 2 et la station CCR6 situé à mi-chemin entre la station 2 et la station 3).

Le 23 mars au matin, l'embouchure du canal St Charles était ouverte mais une houle l'a refermé en fin de matinée juste avant la deuxième série de mesures de la journée. Cette houle a engendré une entrée d'eau de mer dans l'embouchure du canal en début d'après-midi avec un effet immédiat sur la conductivité enregistrée le 23 mars après midi à la station 1 mais aussi aux stations 2, CCR 4 (au fond) et CCR6. Cette conductivité a été maintenue élevée jusqu'au 24 mars après midi, date à laquelle le canal St Charles a été de nouveau ouvert par la mairie comme le montre les Figure 22 et Figure 23.

Mesures de conductivité spécifique effectuées en surface							
DATE	Niveau de l'étang (m)	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	CCR 4	CCR 6
23 mars - Matin	1,5	1713	1785	1701	356		
23 mars - Après midi	1,52	52460	5779	1722	365	482	2567
24 mars - Matin	1,61	49604	4629	1637	368	475	2389
26 mars - Matin	1,62	3178	3404	3405		464	3296
29 mars - après midi	1,67	1004	2552	2598		498	2591

Tableau 19 – Mesures de conductivité spécifique prises en surface au niveau de 6 stations réparties sur le canal St Charles et sur le canal de la Chaussée Royale entre le 23 mars et le 29 mars 2016.

Mesures de conductivité spécifique effectuées au fond							
DATE	Niveau de l'étang (m)	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	CCR 4	CCR 6
23 mars - Matin	1,5	1713	1785	1701	356		
23 mars - Après midi	1,52	52460	39431	1723	365	20883	14656
24 mars - Matin	1,61	49604	40673	1741	368	12890	8978
26 mars - Matin	1,62	3178	3403	3422		478	3767
29 mars - après midi	1,67	1867	2567	2607		499	2612

Tableau 20 - Mesures de conductivité spécifique prises au fond au niveau de 6 stations réparties sur le canal St Charles et sur le canal de la Chaussée Royale entre le 23 mars et le 29 mars 2016.

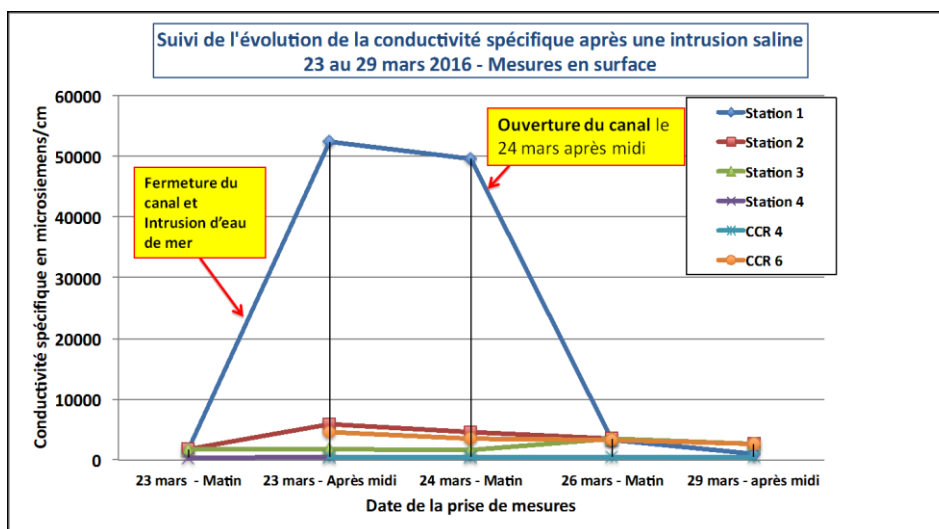


Figure 22– Suivi de l'évolution de la conductivité spécifique en surface au sein des canaux après une intrusion d'eau de mer à l'embouchure du canal St Charles survenue en mars 2016.

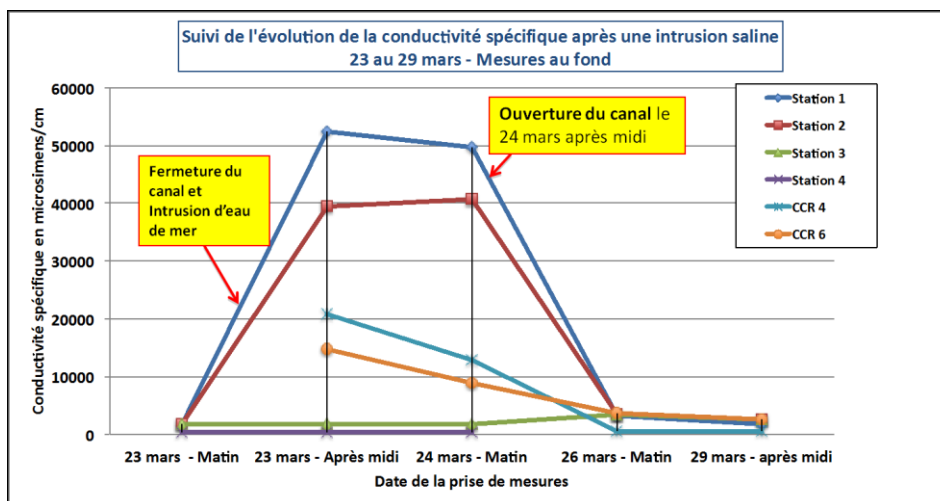


Figure 23 - Suivi de l'évolution de la conductivité spécifique au fond au sein des canaux après une intrusion d'eau de mer à l'embouchure du canal St Charles survenue en mars 2016.

3.2.2.2.2 Analyse des données de conductivité suite à l'intrusion saline intervenue entre le 03 et le 04 juillet 2016

Les Tableau 21 et Tableau 22 présentent les données de conductivité collectées entre le 01 et le 06 juillet 2016 au niveau de 6 stations réparties sur les deux canaux (dont les stations 1, 2, 3 et 4). Comme pour le cas précédent, le plan d'échantillonnage a été à cette occasion étendue à 2 stations complémentaires positionnées sur le canal St Charles (station CCR4 situé à mi-chemin entre la station 4 et la station 2 et la station CCR6 situé à mi-chemin entre la station 2 et la station 3).

Contrairement au cas précédent, l'embouchure du canal est restée fermée après l'entrée d'eau de mer intervenue entre le 03 et le 04 juillet au matin et cela sur plusieurs jours ce qui a permis aux sels de se diffuser jusqu'à la station 3 concourant à l'augmentation très significative de la conductivité. La station 4 n'a toutefois pas été touchée au cours de cet événement ce qui permet de déterminer approximativement la limite de progression des intrusions salines au sein du canal de la Chaussée Royale (Figure 24).

Mesures de conductivité spécifique effectuées en surface							
DATE	Niveau de l'étang (m)	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	CCR 4	CCR 6
1 er Juillet - Après midi	1,15	1256	1627	1757	355		
4 juillet - Matin	0,82	20001	633	6305	328		
4 juillet - Après midi	0,98	52855	18625	6243	351	394	
5 juillet - Matin	1,18	50939	22555	9101	330		
5 juillet - Après midi	1,26	52708	5284	7044	345	396	14157
6 juillet - Matin	1,36	49529	12700	4488	342	584	14611
6 juillet - Après midi	1,4	30215	14157	2146	348	389	18029

Tableau 21- Mesures de conductivité spécifique prises en surface au niveau de 6 stations réparties sur le canal St Charles et sur le canal de la Chaussée Royale entre le 01 et le 06 juillet 2016.

Mesures de conductivité spécifique effectuées au fond							
DATE	Niveau de l'étang (m)	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	CCR 4	CCR 6
1 er Juillet - Après midi	1,15	1253	1627	1760	355		
4 juillet - Matin	0,82	43558	633	6305	328		
4 juillet - Après midi	0,98	52851	30630	6243	351	394	
5 juillet - Matin	1,18	51609	22555	10404	330		
5 juillet - Après midi	1,26	52712	15563	12576	345	396	14157
6 juillet - Matin	1,36	52354	33005	17207	342	584	14611
6 juillet - Après midi	1,4	51381	28371	16855	348	389	18029

Tableau 22- Mesures de conductivité spécifique prises au fond au niveau de 6 stations réparties sur le canal St Charles et sur le canal de la Chaussée Royale entre le 01 et le 06 juillet 2016.

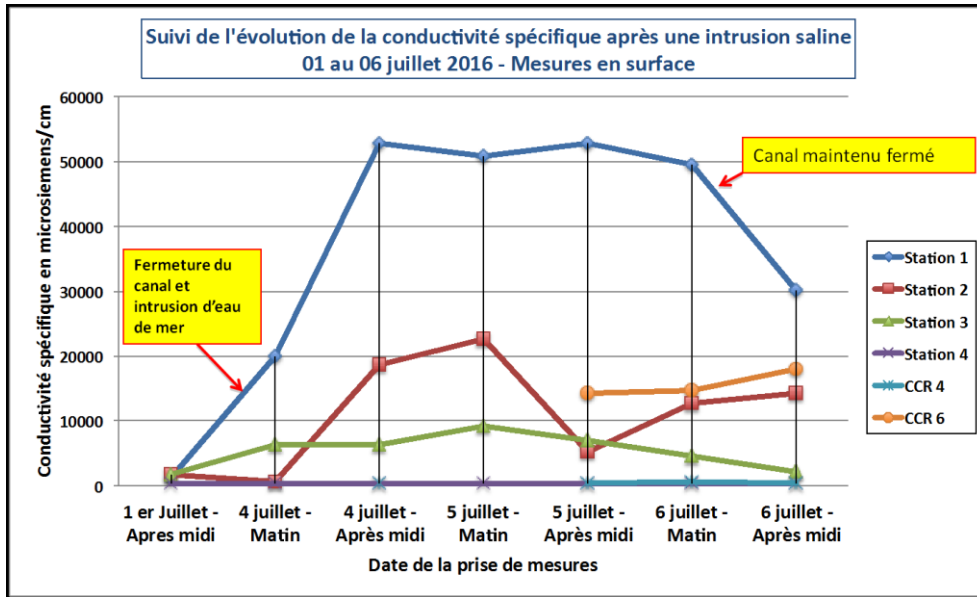


Figure 24- Suivi de l'évolution de la conductivité spécifique en surface au sein des canaux après une intrusion d'eau de mer à l'embouchure du canal St Charles survenue en juillet 2016.

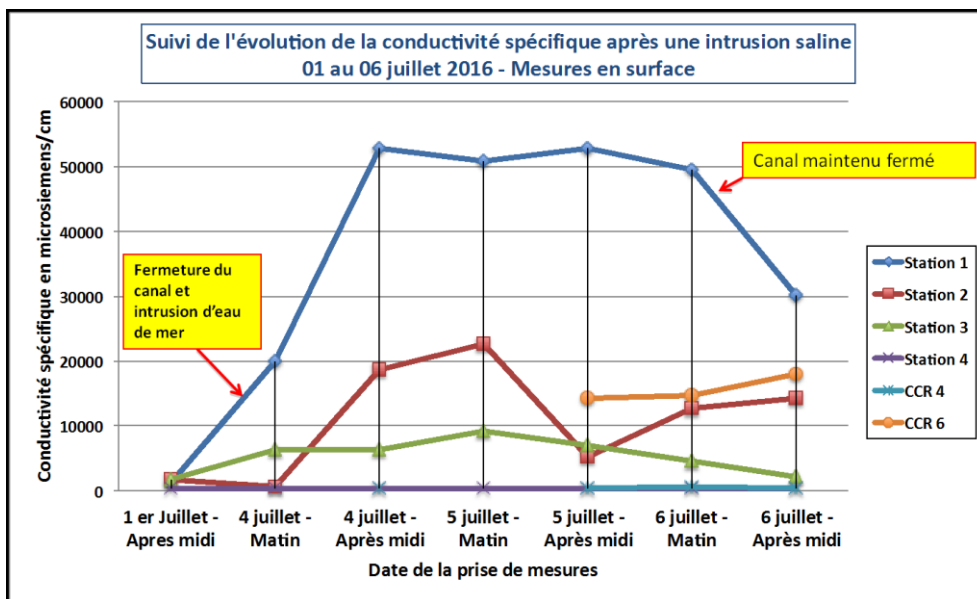
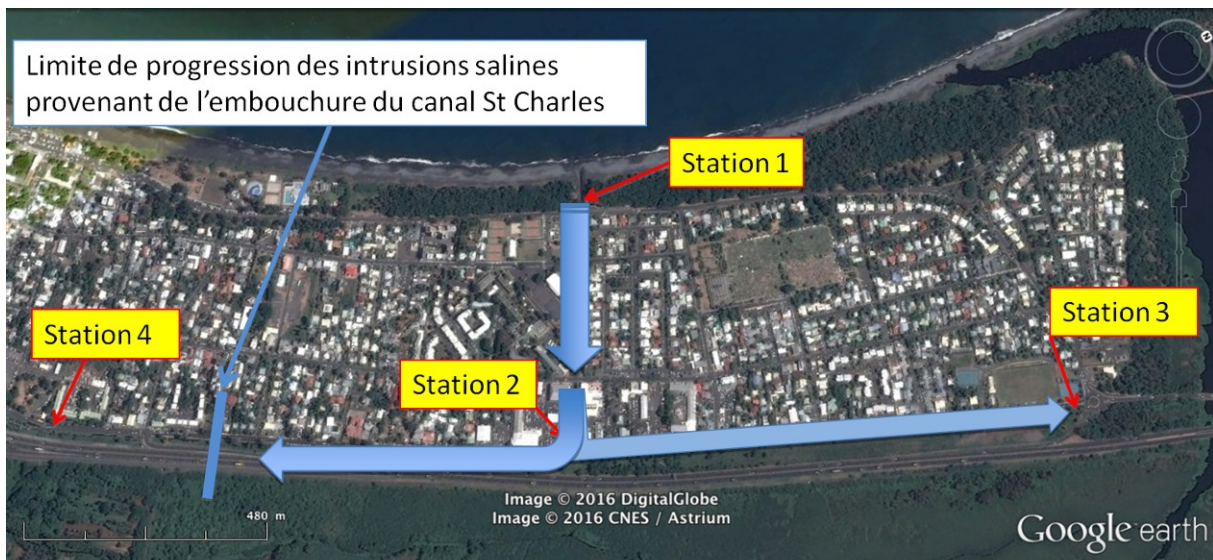


Figure 25 - Suivi de l'évolution de la conductivité spécifique au fond au sein des canaux après une intrusion d'eau de mer à l'embouchure du canal St Charles survenue en juillet 2016.



Zone de pénétration des intrusions salines provenant de l'embouchure du canal St Charles

Figure 26- Zones de progression des intrusions salines au sein du canal St Charles et au sein du canal de la Chaussée Royale.

La Figure 27 ci-dessous propose une zonation selon le degré d'impact des entrées d'eau de mer sur la conductivité de l'eau des deux canaux.








-  Zone soumise à de très fortes variations de conductivité (sous l'influence directe des intrusions salines liées à la houle).
-  Zone soumise à des variations sporadiques de conductivité (les variations de conductivité, liées aux intrusions salines, sont ici tempérées par l'influence des apports d'eaux douces provenant de l'étang à chaque remontée du plan d'eau...).
-  Zone où l'influence des intrusions salines est moins marquée à cause de la rupture de pente et des apports d'eau douce, à faible conductivité, provenant de la partie amont du canal de la chaussée Royale. La conductivité y demeure relativement stable et faible.
-  Zone à faible conductivité (très peu de variations), non soumise à l'influence des intrusions marines.
-  Sens des écoulements d'eau

Figure 27- Cartographie des zones du canal St Charles et du canal de la Chaussée Royale selon le degré d'impact des entrées d'eau de mer sur la conductivité de l'eau.

3.2.2.3 Comparaison des données de concentrations en oxygène relevées au niveau des stations 1, 2, 3 et 4 - Analyse de l'influence des intrusions salines

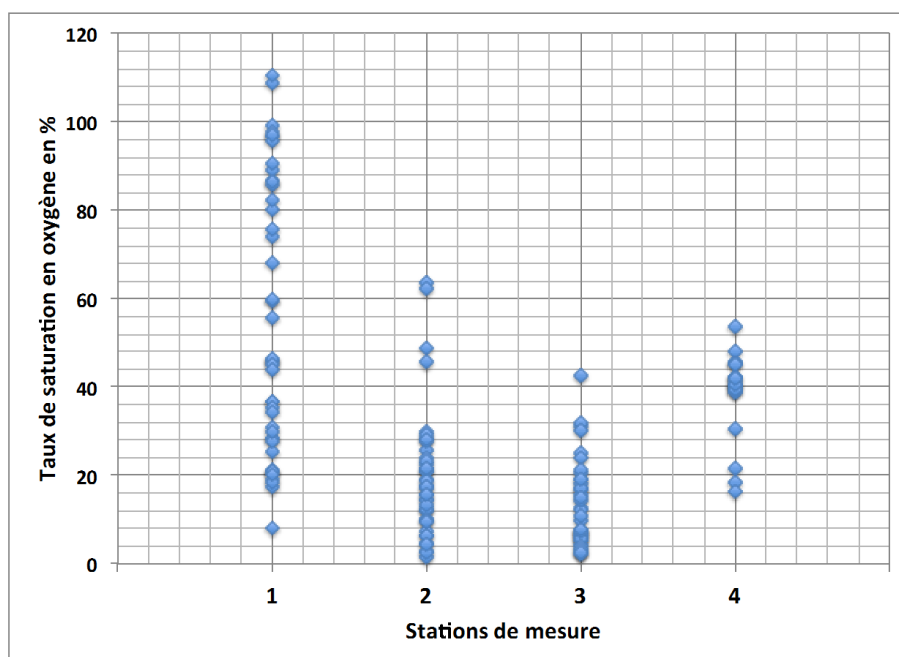


Figure 28 – Comparaison de l'ensemble des mesures de taux de saturation en oxygène effectuées au niveau des stations 1, 2, 3 et 4 entre le mois de mars et le mois de juillet 2016.

La Figure 28 permet de confirmer que la quasi-totalité des valeurs des taux de saturation en oxygène enregistrées au niveau des stations 2 et 3 sont comprises entre 0 et 30 % et cela quel que soit le moment de la journée (le matin ou l'après-midi, en surface ou au fond). On rappellera que ces valeurs sont anormalement basses (milieu dégradé) et peu compatibles avec la vie aquatique.

La Figure 28 permet également de mettre en évidence la forte dispersion des valeurs d'oxygène enregistrées sur la période au niveau de la station 1. Comme le montre la Figure 29, ces écarts importants sont principalement liés à l'influence des intrusions ponctuelles d'eau de mer qui occasionnent des brusques montées des valeurs d'oxygène (l'eau de mer est saturée en oxygène et donc concourt, à chaque intrusion, à augmenter, sur de courtes périodes, les concentrations observées à la station 1). A noter que l'on observe la même influence des entrées d'eau de mer sur les valeurs de pH à la station 1 (chaque entrée d'eau de mer provoque une montée simultanée du pH au sein de la station – le pH de l'eau de mer est proche de 8,2).

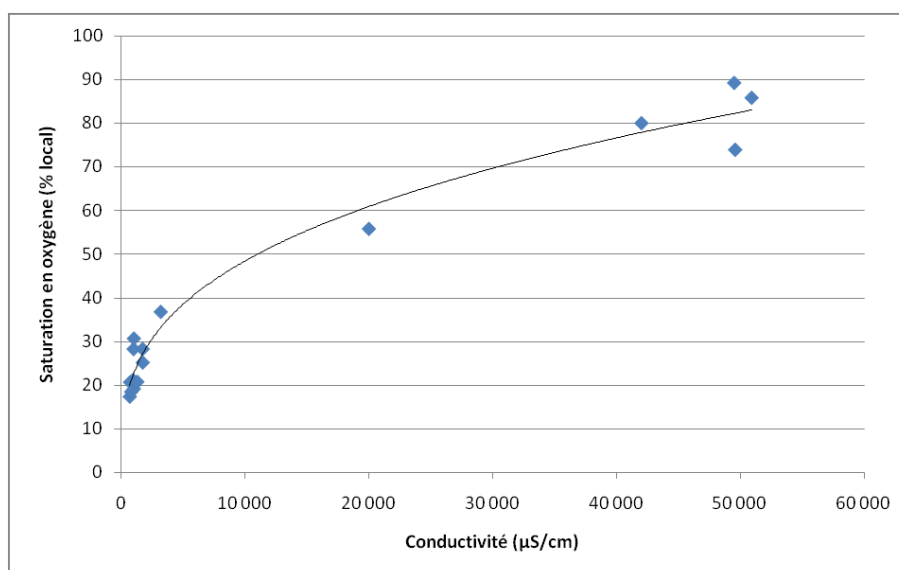


Figure 29 – Suivi comparé des mesures d'oxygène et des mesures de conductivité au niveau de la station 1.

Si l'on compare maintenant uniquement les moyennes et les médianes des mesures d'oxygène observées au fond et le matin (Tableau 23), celles-ci confirment bien les valeurs plus critiques des stations 2 et 3 comparativement aux stations 1 et 4. On rappelle toutefois que les relativement bonnes valeurs d'oxygène (moyenne et médiane) observées à la station 1 sont à considérer avec prudence car elles sont principalement dues à des entrées d'eau de mer sporadiques (Figure 29).

DATE	Comparaison des valeurs d'oxygène prises le MATIN et au fond							
	STATION 1		STATION 2		STATION 3		STATION 4	
	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)	Oxygène (en %)	Oxygène (mg/l)
Moyenne	52	3,8	13	1,1	10,1	0,9	40,1	3,4
<i>Ecart type</i>	31	2,1	9	0,8	8,5	0,7	9,7	0,8
Minimum	8	0,6	2	0,1	2,7	0,2	16,5	1,4
Maximum	91	6,4	28	2,4	30,1	2,5	53,6	4,4
Médiane	59	4,1	11	0,9	6,4	0,6	41,9	3,7

Tableau 23– Comparaison des valeurs d'oxygène moyennes et médianes des stations 1, 2, 3 et 4.

3.2.3 Discussion générale sur la qualité de l'eau du canal St Charles et du canal de la Chaussée Royale

Le canal St Charles et le canal de la Chaussée Royale bénéficient d'apports d'eau de 3 origines différentes (Figure 30) :

- Les apports d'eau douce (eau de faible conductivité) provenant de la partie amont du canal de la Chaussée Royale,
- Les apports d'eau douce (eau de conductivité faible à moyenne) provenant de l'étang après chaque ouverture du grau (lors de la remontée des eaux),
- Les entrées sporadiques d'eau de mer à partir de l'embouchure du canal St Charles lors des épisodes de houle.

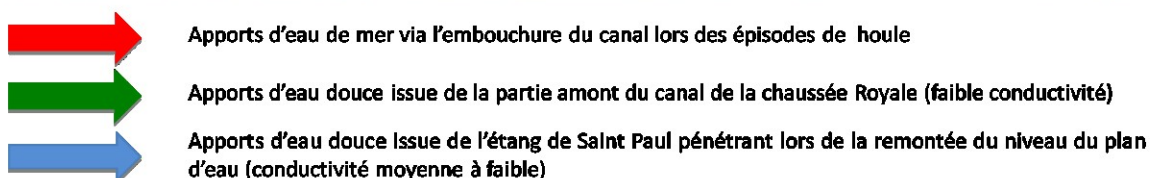


Figure 30 – Origine des flux d'eau alimentant le canal St Charles et le canal de la Chaussée Royale.

Malgré ces apports d'eau, et d'après les mesures physico-chimiques enregistrées dans le cadre de la présente étude, la qualité d'eau du canal St Charles et du canal de la Chaussée Royale, est globalement très médiocre sur une bonne partie de leur linéaire.

D'après nos observations, **la topographie et l'hydrodynamisme au sein de ces canaux sont très peu favorables au renouvellement rapide des masses d'eau**. La sédimentation au sein de ces deux canaux semble très active avec une accumulation importante de vase organique qui entraîne de grosses consommations d'oxygène (minéralisation). Cette forte sédimentation est par ailleurs accentuée par la présence de nombreux embâcles notamment au niveau du canal de la Chaussée Royale. Cette situation semble préjudiciable au maintien d'une bonne qualité d'eau compte tenu de l'importance des apports organiques (plantes aquatiques, débris végétaux provenant de la ripisylve, rejets organiques et/ou domestiques diffus, apports polluants provenant du lessivage des sols...).

Par ailleurs, d'après nos relevés physico-chimiques, **les entrées régulières d'eau de mer par l'embouchure du canal St Charles concourent à entretenir une très forte instabilité des principaux paramètres physicochimiques** (conductivité, température, oxygène, pH...). Cette instabilité des conditions du milieu, avec notamment des baisses drastiques des taux d'oxygène, peut être ressentie sur la totalité du canal St Charles et sur une bonne partie du canal de la Chaussée Royale. Ceci est peu propice à l'installation d'une faune aquatique indigène diversifiée et favorise plutôt la présence d'espèces exotiques tolérantes.

La Figure 31 ci-dessous localise les zones du canal St Charles et du canal de la Chaussée Royale où le milieu subit très régulièrement d'importantes fluctuations de la conductivité et des baisses sévères des teneurs en oxygène avec des possibles périodes d'anoxie durant la nuit (notamment en été lorsque les plantes aquatiques recouvrent la totalité de la surface de l'eau). On considère que ces zones ne présentent pas, pour le moment, les conditions nécessaires à l'installation et au maintien des populations de poissons et de macro-crustacés indigènes comme le démontrent les résultats des pêches électriques effectuées dans le cadre de la présente étude (cf. chapitre 3.3).



Zone du canal soumise à d'importantes fluctuations de la conductivité et à de faibles teneurs en oxygène au sein de la colonne d'eau, notamment à proximité du fond (les risques d'anoxie y sont importants la nuit). Conditions de milieu peu propices aux espèces aquatiques indigènes.

Figure 31 - Zonation des portions du canal Saint Charles et de la Chaussée Royale soumises à de fortes variations de conductivité.

3.3 Faune piscicole et recrutement

3.3.1 Station 1

Sur la station 1 (Tableau 24 page 36), la richesse globale en crustacés est relativement faible : 4 espèces. Une seule espèce a été capturée les 10/03 et 07/04 alors qu'aucune n'a été recensée le 06/05. Le 06/06 toutes les espèces présentes sur les stations ont été capturées et pour cette dernière date, le peuplement était composé uniquement de post-larves avec une abondance relative très forte, essentiellement portée par la chevrette *M. australe*.

La richesse globale en poissons est relativement moyenne pour une station du cours aval avec 8 espèces toutes indigènes. Du 10/03 au 06/05 la richesse est relativement faible avec 4 à 6 espèces. Le 06/06 toutes les espèces présentes sur les stations ont été capturées.

L'abondance totale en poissons est relativement stable du 10/03 au 07/04 avec 150,0 à 252,2 ind. / 100 EPAs avant d'augmenter fortement en juin avec 960,0 ind. / 100 EPAs. Alors que le pourcentage de post-larves et juvéniles est de moins de 2% le 10/03 et de l'ordre de 35% à pour les deux dates suivantes celui-ci passe à 95,8% le 06/06.

L'évolution des richesses et des abondances en crustacés et poissons sur la station s'explique par un événement de recrutement particulièrement efficace entre le 06/05 et le 06/06. L'absence de population de crustacés adultes sur la station pourrait être liée à une typologie des milieux défavorable présentant peu de caches (granulométrie fine, absence de végétation de berge).

Espèce	Stade	10/03	07/04	06/05	06/06
Macro-crustacés					
<i>Atyoida serrata</i>	Post-larve	-	-	-	32,0
<i>Varuna litterata</i>	Post-larve	2,9	-	-	4,0
	Sub-adulte /adulte	-	4,3	-	-
<i>Macrobrachium australe</i>	Post-larve	-	-	-	596,0
<i>Macrobrachium lar</i>	Post-larve	-	-	-	4,0
Richesse crustacés		1	1	0	4
Total densité crustacés		2,9	4,3	0,0	636,0
Total densité Post-larves et juvéniles		2,9	0,0	0,0	636,0
Poissons					
<i>Anguilla marmorata</i>	Post-larve	-	-	-	16,0
<i>Eleotris fusca</i>	Post-larve	-	-	-	112,0
	Juvenile	-	-	-	48,0
	Sub-adulte /adulte	14,7	8,7	-	-
<i>Eleotris mauritiana</i>	Post-larve	-	-	-	348,0
	Juvenile	-	-	-	24,0
	Sub-adulte /adulte	82,4	82,6	30,0	-
<i>Awaous commersoni</i>	Post-larve	-	13,0	5,0	180,0
	Juvenile	2,9	26,1	20,0	16,0
	Sub-adulte /adulte	-	21,7	25,0	12,0
<i>Cotylopus acutipinnis</i>	Post-larve	-	-	-	4,0
<i>Sicyopterus lagocephalus</i>	Post-larve	-	4,3	-	120,0
	Juvenile	-	-	10,0	8,0
	Sub-adulte /adulte	2,9	-	-	-
<i>Stenogobius polyzona</i>	Post-larve	-	34,8	5,0	44,0
	Juvenile	-	8,7	15,0	4,0
	Sub-adulte /adulte	55,9	52,2	40,0	24,0
<i>Kuhlia rupestris</i>	Sub-adulte /adulte	8,8	4,3	-	-
Richesse poissons		5	6	4	8
Total densité poissons		158,8	252,2	150,0	960,0
Total densité Post-larves et juvéniles		2,9	86,9	55,0	908,0

Tableau 24 - Liste faunistique et abondance (captures pour 100 EPAs) crustacés et poissons sur la station 1 au cours du suivi.

3.3.2 Station 2

Aucune espèce de crustacé n'a été capturée sur la station 2. La richesse globale en poissons indigènes est très faible, composée des deux espèces de cabots noirs *Eleotris fusca* et *Eleotris mauritiana*. Le cortège piscicole est complété par des espèces exotiques : le tilapia *Oreochromis sp.*, le managuense *Parachromis managuensis*, le gourami *Trichogaster trichopterus*, le guppy *Poecilia reticulata* et le platy *Xiphophorus maculatus*.

Les abondances en poissons indigènes sont faibles avec moins de 20 ind. / 100 EPAs. Aucun juvénile ou post-larve n'a été observé. Les cabots noirs capturés étaient de taille relativement importante (supérieure à 55 mm). Les espèces exotiques représentent 50,0% à 90,9% de l'abondance.

Sur la station 2, le peuplement piscicole indigène est très pauvre, dominé par des espèces exotiques. Aucun crustacé n'a été observé sur cette station. Cette absence est le résultat des effets cumulés de la mauvaise qualité physico-chimique de l'eau et de la prédation par des espèces exotiques de poissons voraces.

Espèce	Stade	10/03	07/04
<i>Eleotris fusca</i>	Sub-adulte /adulte	4,0	-
<i>Eleotris mauritiana</i>	Sub-adulte /adulte	4,0	18,2
<i>Oreochromis sp. (Exo)</i>	Sub-adulte /adulte	4,0	-
<i>Parachromis managuensis (Exo)</i>	Sub-adulte /adulte	8,0	-
<i>Trichogaster trichopterus (Exo)</i>	Sub-adulte /adulte	8,0	9,1
<i>Poecilia reticulata (Exo)</i>	Sub-adulte /adulte	28,0	9,1
<i>Xiphophorus maculatus (Exo)</i>	Sub-adulte /adulte	32,0	-
Richesse (Ind / Exo)		2 / 5	1 / 2
Total densité poissons		88,0	36,4
Total densité poissons indigènes		8,0	18,2

Tableau 25 - Liste faunistique et abondance (captures pour 100 EPAs) crustacés et poissons sur la station 2 au cours du suivi.

3.3.3 Station 3

Aucune espèce de crustacés n'a été capturée sur la station 3. La richesse globale en poissons indigènes est très faible, composée du cabot rayé *Stenogobius polyzona* et des cabots noirs *Eleotris fuca* et *Eleotris mauritiana*. Le cortège piscicole est complété par des espèces exotiques : le tilapia *Oreochromis sp.*, le gourami *Trichogaster trichopterus*, le guppy *Poecilia reticulata* et le platy *Xiphophorus maculatus*. Lors de l'inventaire du 07/04 aucune espèce indigène n'a été recensée.

L'abondance en espèces indigènes le 10/03 est relativement faible avec 35,5 ind. / 100 m². Pour cette date les espèces exotiques représentent 65,0% du peuplement. Aucune post-larve n'a été capturée et les individus de cabots étaient caractérisés par une taille relativement importante (plus de 70 mm).

A l'image des observations formulées sur station 2, le peuplement piscicole indigène de la station 3 est très pauvre, dominé par des espèces exotiques. Aucun crustacé n'a été observé sur cette station. Cette absence est le résultat des effets cumulés de la mauvaise qualité physico-chimique de l'eau et de la prédation par des espèces exotiques de poissons voraces.

Espèce	Stade	10/03	07/04
<i>Eleotris fusca</i>	Sub-adulte /adulte	5,0	-
<i>Eleotris mauritiana</i>	Sub-adulte /adulte	20,0	-
<i>Stenogobius polyzona</i>	Sub-adulte /adulte	10	-
<i>Oreochromis sp. (Exo)</i>	Sub-adulte /adulte	5,0	16,7
<i>Trichogaster trichopterus (Exo)</i>	Sub-adulte /adulte	5,0	-
<i>Poecilia reticulata (Exo)</i>	Sub-adulte /adulte	10,0	25,0
<i>Xiphophorus maculatus (Exo)</i>	Sub-adulte /adulte	45,0	-
Richesse (Ind / Exo)		3 / 4	0 / 2
Total densité poissons		100,0	41,7
Total densité poissons indigènes		35,0	0,0

Tableau 26 - Liste faunistique et abondance (captures pour 100 EPAs) crustacés et poissons sur la station 3 au cours du suivi.

3.3.4 Station 4

Sur la station 4 (Tableau 27 page 38), la richesse globale en crustacés est relativement faible avec 3 espèces. Lors des inventaires de mai et de juin, aucun crustacé n'a été capturé. Des post-larves ont été recensées uniquement le 07/03 et pour une seule espèce : la chevrette *Macrobrachium australe*.

L'abondance totale en crustacés est relativement faible à très faible. Les deux espèces les mieux représentées sont le crabe *V. litterata* (espèce plutôt résiliente présentant une forte population sur l'Etang de Saint Paul, RNNESP, données non publiées) et la chevrette *M. australe*.

La richesse du peuplement piscicole est moyenne avec 5 espèces indigènes. Celui-ci est complété par des espèces exotiques : le tilapia *Oreochromis sp.*, le managuense *Parachromis managuensis*, le guppy *Poecilia reticulata* et le platy *Xiphophorus maculatus*. La richesse en espèces indigènes est relativement stable.

L'abondance totale en poissons observé a augmenté entre le 24/03 et le 05/07 (237 à 569 ind. / 100 EPAs). Des juvéniles de poissons, essentiellement de loche *A. commersoni* ont été régulièrement observés (à l'exception du 07/04). Afin de mieux comprendre la dynamique de recrutement sur cette station, une analyse des classes de taille pour la loche des sables *Awaous commersoni* présente en abondance suffisante a été faite (page suivante).

Espèce	Stade	24/03	07/04	06/05	06/06	05/07
Macro-crustacés						
<i>Macrobrachium australe</i>	Post-larve	-	5,0	-	-	-
	Sub-adulte /adulte	5,3	15,0	-	-	7,7
<i>Macrobrachium lar</i>	Sub-adulte /adulte	-	5,0	-	-	-
<i>Varuna litterata</i>	Sub-adulte /adulte	-	20,0	-	-	7,7
Richesse crustacés		1	3	0	0	2
Total densité crustacés		5,3	45,0	0,0	0,0	15,4
Total densité Post-larves et juvéniles		0,0	5,0	0,0	0,0	0,0
Poissons						
<i>Eleotris fusca</i>	Sub-adulte /adulte	21,1	-	12,5	-	7,7
<i>Eleotris mauritiana</i>	Sub-adulte /adulte	31,6	40,0	75,0	18,2	46,2
<i>Eleotris sp.</i>	Sub-adulte /adulte	-	15,0	6,3	-	-
<i>Awaous commersoni</i>	Juvenile	10,5	31,5	31,3	-	7,7
	Sub-adulte /adulte	136,8	283,5	343,8	327,3	476,9
<i>Sicyopterus lagocephalus</i>	Juvenile	-	-	-	9,1	-
<i>Stenogobius polyzona</i>	Sub-adulte /adulte	10,5	10,0	18,8	9,1	30,8
<i>Oreochromis sp. (Exo)</i>	Sub-adulte /adulte	15,8	25,0	6,3	9,1	46,2
<i>Parachromis managuensis (Exo)</i>	Sub-adulte /adulte	5,3	-	-	-	-
<i>Poecilia reticulata (Exo)</i>	Sub-adulte /adulte	5,3	50,0	25,0	-	176,9
<i>Xiphophorus maculatus (Exo)</i>	Sub-adulte /adulte	-	10,0	-	-	-
Richesse (Ind / Exo)		5 / 3	4 / 3	5 / 2	4 / 1	4 / 2
Total densité poissons		236,8	465,0	518,8	372,7	792,3
Total densité poissons indigènes		210,5	380,0	487,5	363,6	569,2
Total densité Post-larves et juvéniles		10,5	31,5	31,3	9,1	7,7

Tableau 27 - Liste faunistique et abondance (captures pour 100 EPAs) crustacés et poissons sur la station 4 au cours du suivi.

La figure page suivante, montre que sur la station 4 l'amplitude de taille globale des loches des sables *A. commersoni* est relativement large avec des individus de 17 mm à 90 mm. La population est majoritairement composée d'individus de 31 à 50 mm (entre 61,6 à 82,1% selon la date). Les individus de plus de 50 mm représentent 3,5 à 15,0% du peuplement. Enfin, les individus de moins de 30 mm représentent au maximum 28,5% le 07/04. Des individus de moins de 20 mm, ont été observés uniquement le 07/04 et le 06/05.

Les observations effectuées sur la période concernant la présence de stades post-larves et/ou juvéniles de crustacés et de poissons indiquent que cette station est régulièrement colonisée par des espèces indigènes. Il a notamment pu être noté une colonisation par des juvéniles de loche des sables entre le 07/04 et le 06/05 (Figure 32).

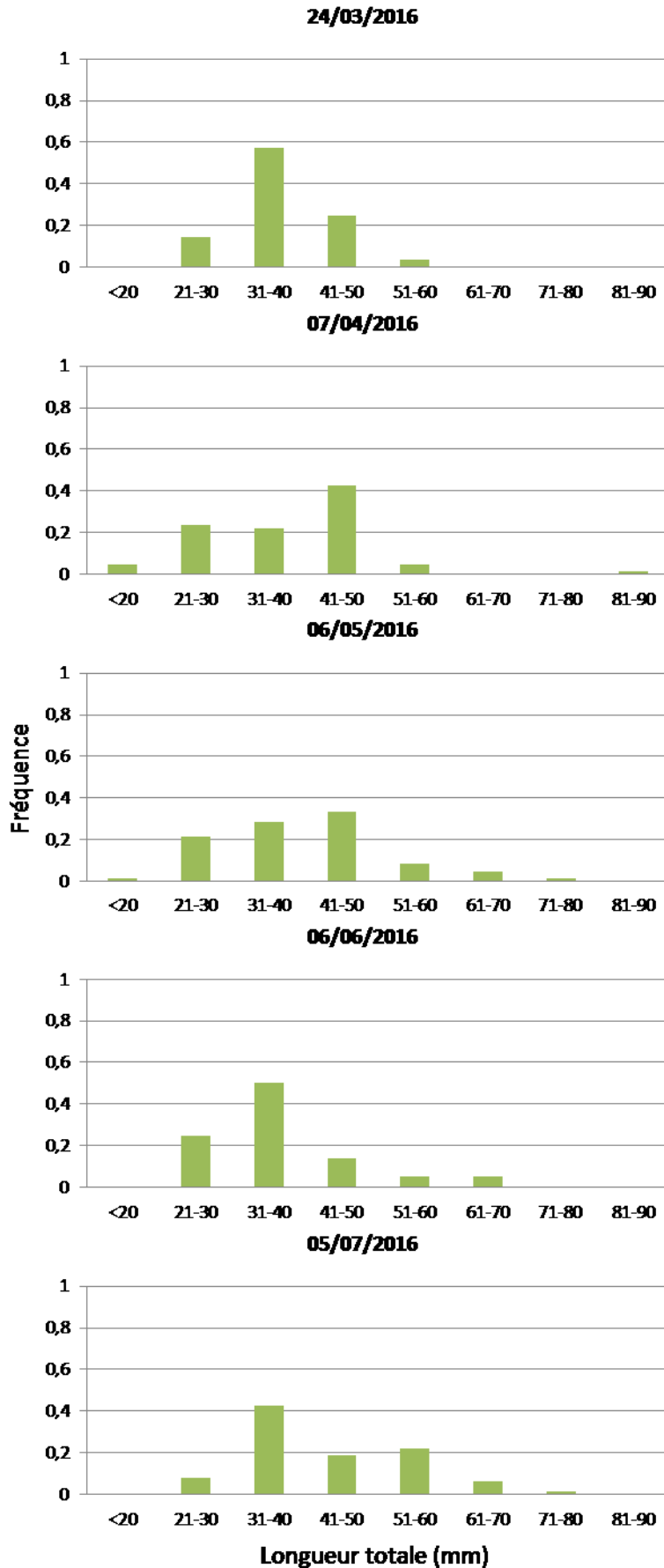


Figure 32 - Evolution de la distribution de taille de la loche des sables *Awaous commersoni* sur la station 4.

3.3.5 Station 5

Sur la station 5 (Tableau 28 page 40), la richesse globale en crustacés est très faible : 2 espèces. Les deux espèces ont été capturées à chaque inventaire à l'exception du 06/06 (une seule espèce). Le peuplement de crustacés dominé par la chevrette *Macrobrachium australe* à plus de 79,2%, et majoritairement à des stades post-larvaires, d'avril à juillet. L'abondance est variable, liée à l'efficacité du recrutement.

La richesse globale en poissons est relativement moyenne pour une station du cours aval avec 9 espèces toutes indigènes. A l'exception du 10/03 avec 6 espèces, la richesse par inventaire est de 5 espèces. Comme pour les crustacés, le peuplement de poissons est dominé par des jeunes stades (post-larves et juvéniles) à compter du mois d'avril (91,4 à 97,7% du peuplement en avril et en mai).

Espèce	Stade	10/03	07/04	06/05	06/06	05/07
Macro-crustacés						
<i>Varuna litterata</i>	Post-larve	-	15,0	-	-	-
	Sub-adulte /adulte	5,6	10,0	10,0	-	6,7
<i>Macrobrachium australe</i>	Post-larve	-	95,0	910,0	73,3	113,3
	Sub-adulte /adulte	5,6	-	-	-	-
Richesse crustacés		2	2	2	1	2
Total densité crustacés		11,1	120,0	920,0	73,3	120,0
Total densité Post-larves et juvéniles		0,0	110,0	910,0	73,3	113,3
Poissons						
<i>Anguilla marmorata</i>	Sub-adulte /adulte	5,6	-	-	-	-
<i>Eleotris fusca</i>	Post-larve	-	80,0	90,0	6,7	13,3
	Sub-adulte /adulte	5,6	5,0	-	-	-
<i>Eleotris mauritiana</i>	Post-larve	-	110,0	150,0	-	46,7
	Juvenile	-	-	180,0	-	-
	Sub-adulte /adulte	105,6	30,0	-	26,7	160,0
<i>Eleotris sp.</i>	Post-larve	-	5,0	-	-	6,7
<i>Awaous commersoni</i>	Post-larve	-	230,0	10,0	20,0	13,3
	Juvenile	-	-	-	6,7	-
	Sub-adulte /adulte	5,6	-	-	13,3	6,7
<i>Sicyopterus lagocephalus</i>	Post-larve	-	-	10,0	-	-
	Juvenile	-	-	-	6,7	-
	Sub-adulte /adulte	-	-	10,0	-	-
<i>Stenogobius polyzona</i>	Post-larve	-	-	-	6,7	-
	Sub-adulte /adulte	-	-	-	6,7	-
<i>Yirkala tenuis</i>	Sub-adulte /adulte	33,3	5,0	-	-	20,0
<i>Kuhlia rupestris</i>	Sub-adulte /adulte	5,6	-	-	-	-
Richesse poissons		6	5	5	5	5
Total densité poissons		155,6	465,0	450,0	93,3	266,7
Total densité Post-larves et juvéniles		0,0	425,0	440,0	46,8	80

Tableau 28- Liste faunistique et abondance (captures pour 100 EPAs) crustacés et poissons sur la station 5 au cours du suivi.

Le peuplement en crustacés et en poissons observé sur la station 5 est caractéristique d'une zone d'embouchure : les abondances sont très variables et dominées par des individus aux stades de post-larve ou juvéniles. Il s'agit là d'une zone de transit pour les espèces diadromes, seuls les cabots noirs *Eleotris sp.* présentent une population d'adultes installée sur l'embouchure.

3.3.6 Synthèse du suivi du recrutement en post-larves et juvéniles de poissons et de crustacés

A l'embouchure du Canal Saint-Charles (Station 1), deux épisodes de recrutement de post-larves de crustacés ont été observés : en mars (recrutement faible, mono spécifique) et en juin (recrutement élevé et diversifié). Sur le canal de la Chaussée Royale, des post-larves ont été capturées sur la station 4 (côté ville), en avril uniquement, alors qu'aucune n'a été capturée sur les stations 2 et 3 (côté étang). Au niveau de l'embouchure de l'étang (station 5), un recrutement a été observé d'avril à juillet avec un pic en mai 2016 (recrutement très élevé de *M. australe*).

Zone	Station	Mars 2016	Avril 2016	Mai 2016	Juin 2016	Juillet 2016
St Charles	1	PL	-	-	PL	NE
Chaussée Royale	2	-	-	NE	NE	NE
	3	-	-	NE	NE	NE
	4	-	PL	-	-	-
Etang	5	-	PL	PL	PL	PL

Tableau 29 - Synthèse du recrutement en post-larves ou en juvéniles de macro-crustacés sur les différentes stations de l'étude (PL : post-larve, J : juvénile, NE : non échantillonné "-" pas d'observation de post-larves ou de juvéniles, code couleur : recrutement faible, inférieur à 10 ind./100 EPA, recrutement moyen, recrutement élevé, plus de 100 ind./100 EPA).

Pour les poissons (Tableau 30), des juvéniles ou des post-larves ont été observés à chaque inventaire de mars à juin à l'embouchure du canal Saint Charles (station 1), même si pour le mois de mars, la présence de juvéniles seuls est le témoin d'une colonisation antérieure. Comme pour les macro-crustacés un très fort recrutement a été observé en juin. Sur le canal de la Chaussée Royale, la présence de juvéniles (*A. commersoni* ou *S. lagocephalus*) a été observée sur la station 4 de mars à juillet. En particulier, des individus d'*A. commersoni* de moins de 20 mm ont été observés en avril et mai. Aucun juvénile n'a en revanche été observé sur les stations 2 et 3 de la Chaussée Royale (côté étang). A l'embouchure de l'étang (station 5), un recrutement élevé puis moyen a été observé d'avril à juillet.

Zone	Station	Mars 2016	Avril 2016	Mai 2016	Juin 2016	Juillet 2016
St Charles	1	J	PL + J	PL + J	PL + J	NE
Chaussée Royale	2	-	-	NE	NE	NE
	3	-	-	NE	NE	NE
	4	J	J	J	J	J
Etang	5	-	PL + J	PL + J	PL + J	PL + J

Tableau 30 - Synthèse du recrutement en post-larves et en juvéniles de poissons sur les différentes stations de l'étude (PL : post-larve, J : juvénile, NE : non échantillonné "-" pas d'observation de post-larves ou de juvéniles, code couleur : recrutement faible, inférieur à 10 ind./100 EPA, recrutement moyen, recrutement élevé, plus de 100 ind./100 EPA).

En conclusion, il apparaît que :

- le **recrutement en post-larves de poissons et de crustacés est moins fréquent et moins abondant au niveau de l'embouchure du canal Saint Charles qu'au niveau de l'embouchure de l'étang**. En particulier, 2 à 3 épisodes de forts recrutements ont été observés au niveau de l'embouchure de l'étang selon les groupements, alors qu'un seul a été observé par groupe au niveau de l'embouchure du canal Saint Charles, en juin,
- le **recrutement observé au niveau du canal Saint Charles favorise l'installation de juvéniles et d'adultes d'espèces indigènes sur la partie amont du canal de la Chaussée Royale** (i.e. vers le centre-ville), mais **il n'a pas d'effet sur les populations indigènes sur la partie aval du canal de la chaussée Royale** (i.e. vers l'étang). Ce constat amène à douter de l'efficacité de l'ouverture du canal Saint Charles pour le recrutement de poissons et de crustacés dans l'étang de Saint Paul.

4 Synthèse et perspectives

Les différentes explorations et suivis menés dans le cadre de la présente étude (topographie, qualité physico-chimique de l'eau, inventaires de la faune dulçaquicole), ont permis de mieux appréhender le fonctionnement écologique du canal Saint Charles et du canal de la Chaussée Royale, au sein du complexe marais-étang de Saint Paul.

- **Topographie et écoulements dans les canaux**

Les canaux Saint Charles et de la Chaussée Royale ont une très faible pente, quasi-nulle entre l'embouchure du canal Saint Charles et l'étang au pont de la Chaussée Royale. Les écoulements sur cette portion de canaux sont donc liés aux cotes du plan d'eau de l'étang et du cordon dunaire à l'embouchure du canal Saint Charles. Plusieurs scénarios d'écoulements ont été décrits en fonction de ces cotes, permettant d'obtenir un premier diagnostic vis à vis de l'attractivité des canaux pour les post-larves et les juvéniles de poissons et de crustacés. **La cote de 1,2m NGR au niveau de l'étang apparaît comme une cote minimale pour induire un écoulement favorable au recrutement de poissons et de crustacés au niveau de l'étang, via l'embouchure du canal Saint Charles.** Ce niveau n'est pas une condition suffisante, l'attractivité hydraulique nécessite également une ouverture suffisante de l'embouchure du canal Saint Charles ainsi qu'un nettoyage et l'entretien du canal de la Chaussée Royale et du canal Saint Charles.

La capacité hydraulique du canal Saint Charles a été évaluée entre 5 et 9 fois plus faible que le débit de l'étang au pont de la RN1. Dans un contexte de gestion du niveau de l'étang, **le canal Saint Charles ne peut intervenir qu'en complément d'une régulation pérenne de l'ouverture du cordon de l'embouchure.**

- **Qualité physicochimique de l'eau dans les canaux**

Le canal St Charles et le canal de la Chaussée Royale sont alimentés par les eaux douces provenant de la partie amont du canal de la Chaussée Royale et de l'étang (depuis le pont de la Chaussée Royale), mais également par de l'eau de mer à partir de l'embouchure du canal St Charles lors des épisodes de houle.

Malgré ces apports d'eau, et d'après les mesures physico-chimiques enregistrées dans le cadre de la présente étude, la qualité d'eau du canal St Charles et du canal de la Chaussée Royale, est globalement très médiocre sur une bonne partie de leur linéaire : **la topographie et l'hydrodynamisme au sein de ces canaux sont très peu favorables au renouvellement rapide des masses d'eau.** La sédimentation, accentuée par la présence de nombreux embâcles au sein de ces deux canaux, est très active avec une **accumulation importante de vase organique qui entraîne de grosses consommations d'oxygène** (minéralisation).

Par ailleurs, **les entrées régulières d'eau de mer par l'embouchure du canal St Charles concourent à entretenir une très forte instabilité des principaux paramètres physicochimiques** (conductivité, température, oxygène, pH...). Cette instabilité, pouvant être ressentie sur la totalité du canal St Charles et sur une bonne partie du canal de la Chaussée Royale, est peu propice à l'installation d'une faune aquatique indigène diversifiée et favorise plutôt la présence d'espèces exotiques tolérantes.

- **Observations sur le recrutement en post-larves et juvéniles de poissons et de crustacés**

L'embouchure du canal Saint Charles peut être attractive pour les post-larves de poissons et de crustacés. Toutefois, cette attractivité est très variable, sous conditions d'une ouverture prolongée de l'embouchure. D'un autre côté, l'embouchure de l'étang présente une attractivité plus régulière sur la période de suivi, en lien avec les ouvertures plus régulières de l'embouchure, et un débit d'appel sans comparaison par rapport au débit du canal Saint Charles.



Figure 33 - Ecoulement au niveau de l'embouchure du Canal Saint-Charles (à gauche) et de l'embouchure de l'étang (à droite).

Ensuite, les post-larves et juvéniles qui pénètrent dans le canal Saint Charles ne trouvent pas de conditions de milieu (qualité physico-chimique de l'eau, conditions hydrauliques, ...) favorables pour s'installer, hormis, à la marge, sur la partie amont du canal de la Chaussée Royale. D'autre part, les mauvaises conditions physico-chimiques de l'eau ainsi que la présence de prédateurs (poissons exotiques) créent une « barrière » à la migration des espèces entre l'embouchure du canal Saint Charles et l'étang.

- **Conclusion synthétique**

Les suivis menés sur le canal Saint Charles et le canal de la Chaussée Royale de mars à juillet 2016 ont mis en évidence :

- que l'embouchure du canal Saint Charles peut être attractive pour les post-larves de poissons et de crustacés, sous conditions d'ouverture sur une longue période, mais que cette attractivité est moindre que celle de l'embouchure de l'étang,
- que la colonisation de l'étang par les post-larves de poissons et de crustacés qui entrent par l'embouchure du canal Saint Charles est fortement compromise par l'hydraulicité dans les canaux (Saint Charles et Chaussée Royale), la qualité physico-chimique de l'eau et de la présence de nombreux prédateurs (poissons exotiques).

Il apparaît alors que, dans les conditions actuelles d'entretien des canaux Saint Charles et Chaussée Royale, le maintien de l'ouverture de l'embouchure du canal Saint Charles n'est pas efficace pour ce qui concerne la colonisation de l'étang par les post-larves de poissons et de crustacés amphidromes.

- **Perspectives**

Nous savons que la gestion du lien hydraulique entre l'étang et l'océan détermine en grande partie la qualité et la diversité des peuplements de poissons et de crustacés indigènes du complexe marais-étang de Saint-Paul (espèces diadromes). La présente étude a montré que la gestion actuelle de l'embouchure du canal Saint Charles n'a qu'un impact très limité sur le recrutement en post-larves de poissons et de crustacés compte tenu notamment de la topographie et de l'hydraulicité des canaux.

Au vu de ces éléments, deux principales orientations de gestion peuvent être envisagées pour favoriser le recrutement en poissons et crustacés d'eau douce au niveau de l'étang :

- **Orientation 1 : Améliorer l'hydraulicité des canaux de la Chaussée Royale et Saint Charles**

Cette première possibilité nécessite la reprise du profil du canal de la chaussée Royale depuis l'étang jusqu'à la confluence avec le canal Saint Charles : curage des dépôts organiques, enlèvement des embâcles. Ce traitement du canal devra être repris régulièrement compte tenu de la faible pente de ces portions de canaux et de la sédimentation naturelle qui s'y déroule.

De plus, la création d'un courant suffisant pour attirer les post-larves de poissons et de juvéniles au niveau de l'embouchure puis de l'embouchure du canal vers l'étang nécessitent un maintien du niveau d'eau de l'étang au-dessus de la cote de 1,2 m NGR (à caler plus précisément après nettoyage des canaux).

Cette orientation pourrait bénéficier au recrutement des post-larves de l'océan vers l'étang, mais elle aura un impact nul sur le retour des larves ou des géniteurs de l'étang vers l'océan. Elle imposera par ailleurs, en parallèle, une gestion particulièrement fine du niveau de l'étang et cela tout au long de l'année.

- **Orientation 2 : Assurer une ouverture pérenne au niveau de l'embouchure de l'étang**

L'embouchure de l'étang assure aujourd'hui la quasi-totalité du recrutement en poissons et crustacés indigènes de l'étang. Cependant, les ouvertures anthropiques sont régulières : 15 ouvertures ont été observées au cours des 4 mois de l'étude entre mars et fin juin 2016.

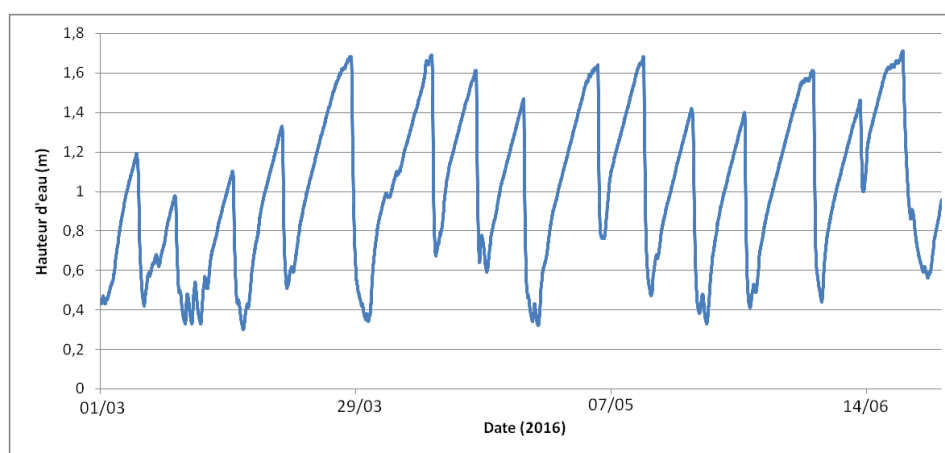


Figure 34 - Observations du niveau d'eau de l'étang de Saint Paul au niveau du pont de la Chaussée Royale entre le 1er mars et le 4 juillet 2016 (données Office de l'Eau Réunion).

Ces ouvertures du grau sont à l'origine de variations très importantes et très brutales du niveau du plan d'eau, mettant à sec, à chaque reprise, une partie des habitats de berges nécessaires à l'installation et au développement des jeunes recrues.

Ces ouvertures créent également de nombreuses mortalités directes d'individus piégés par la baisse subite du niveau d'eau. Ces ouvertures favorisent aussi des actions de braconnage (piège au filet de poissons à la faveur d'un diverticule d'eau) :



Figure 35 - Flaques "pièges" pour les post-larves et juvéniles lors de la baisse subite du niveau (gauche) et action de braconnage associée à l'ouverture du cordon (droite). OCEA - 06 mai 2016.

Ces ouvertures brutales et répétées du grau de l'étang de Saint Paul sont nuisibles à l'installation des espèces de poissons et de crustacés diadromes.

De façon très pragmatique, il apparaît utile de revoir, dans la mesure du possible, les modalités d'intervention concernant les ouvertures du cordon afin que celles-ci n'impactent plus la faune aquatique indigène.

Il conviendrait à ce niveau d'étudier la possibilité d'entretenir un chenal permanent au niveau du cordon (Cf. canal de pêche aux bichiques). Ce chenal serait dimensionné pour écouler le débit de l'étang (entre 800 l/s et 1,5 m³/s, soit une ouverture de 2 à 3 m de large répartie sur un ou plusieurs chenaux) à une cote significativement inférieure à la cote d'alerte fixée pour la protection des personnes et des biens (1,6 m NGR au pont de la Chaussée Royale). En première approche, la cote du plan d'eau pourrait être maintenue entre 1,3 et 1,5 m NGR (sous réserve de compatibilité avec les autres enjeux écologiques portés par la RNNESP).

Pour les espèces diadromes, une gestion plus douce et continue de l'ouverture du grau de l'étang permettrait d'une part de favoriser la montaison des post-larves et des juvéniles, mais également la dévalaison des larves et des géniteurs issus des eaux de l'étang. Une telle gestion favoriserait également le maintien de conditions de milieu nécessaires à l'installation et le développement des juvéniles de poissons et de crustacés au niveau des berges de la partie basse de l'étang.

ANNEXES

ANNEXE 1

Profils en travers levés sur le canal Saint Charles et le canal de la Chaussée Royale le 7 mars 2016

