

**Rapport de Stage de master 1<sup>ère</sup> année  
Année 2019-2020  
Master Sciences de la Mer**

**Etat de la colonisation des Décapodes invasifs du genre  
*Hemigrapsus* sur le littoral des Hauts-de-France en 2020**

Sara TERRIN



Réalisé sous la responsabilité de Céline ROLET  
**GEMEL – Groupe d'Etude des Milieux Estuariens et Littoraux**

Sous la supervision académique de Damien CARDINAL



## INTRODUCTION

*Hemigrapsus sanguineus* (De Haan, 1835) et *H. takanoi* (Asakura and Watanabe, 2005) sont deux espèces invasives de crabes (Crustacés Décapodes) d'origine asiatique, probablement introduites en France sous forme larvaire par les eaux de ballast (Breton *et al.*, 2002). L'aire de distribution naturelle d'*H. sanguineus* s'étend du sud-est de la Chine à la Russie, celle de *H. takanoi* s'étendant le long des côtes rocheuses du Japon et de la Chine. Présentes dans des habitats très hétérogènes, ces espèces sont adaptées à un large éventail de conditions abiotiques. *H. takanoi* et *H. sanguineus* sont des organismes eurythermes, euryhalins, et tolérants aux larges variations des conditions physico-chimiques expérimentées en zone intertidale (Hudson *et al.*, 2018).

Le premier signalement de *H. takanoi* en France date de 1994 (La Rochelle ; Noël *et al.*, 1997), l'espèce étant observée 5 ans plus tard dans le port du Havre, où *H. sanguineus* est signalé pour la première fois cette même année (Breton *et al.*, 2002). Actuellement, *H. sanguineus* s'étend sur près de 1000 km (Dauvin et Dufossé, 2011), et sa capacité de dispersion est très probablement la résultante d'un cycle de développement adaptatif et d'une stratégie de reproduction efficace : la femelle peut produire 50 000 œufs lorsqu'elle est sexuellement mature (*i.e.* taille > 15 mm ; Epifanio, 2013). Les larves tolèrent elles aussi d'importants gradients thermique et halin, rendant les premiers stades de développement peu sensibles aux variations abiotiques. Désormais observées depuis la côte ouest du Cotentin jusqu'aux côtes belges, néerlandaises et allemandes, ces deux espèces de Décapodes semblent parfaitement s'adapter à leur nouvel environnement (Dauvin, 2009a, b ; Dauvin *et al.*, 2009 ; Dauvin et Dufossé, 2011 ; Gothland *et al.*, 2013). Bons prédateurs, les *Hemigrapsus* ont contribué aux fortes diminutions des populations autochtones de *Carcinus maenas* (Linnaeus, 1758) par effet de compétition directe pour les ressources et l'espace. Enfin, ces deux espèces invasives représentent un véritable problème pour certaines ressources marines exploitées, en prédatant notamment les bivalves *Mytilus edulis* et *Crassostrea gigas* (Dauvin *et al.*, 2009).

Depuis 2013, un suivi des populations d'*Hemigrapsus* - mené du Tréport à Dunkerque - a été initié par le GEMEL et différents partenaires afin de collecter des informations sur un large panel de sites aux conditions écologiques contrastées et de caractériser la dynamique spatio-temporelle de colonisation du littoral par ces deux espèces de Crustacés invasifs (Dauvin *et al.*, 2013 ; Ruellet *et al.*, 2015 ; Rocroy, 2016 ; Ruellet *et al.*, 2018 ; Rolet *et al.*, 2019). En s'appuyant sur près d'une décennie d'observations, nos objectifs sont de : (i) déterminer une typologie spatiale de répartition de ces espèces le long du littoral des Hauts-de-France en 2020, (ii) mettre en évidence les variations spatio-temporelles régionales des populations d'*Hemigrapsus* et de caractériser son succès d'invasion, et (iii) d'étudier l'impact de l'invasion biologique sur les exploitations mytilicoles.

Tableau I. Sites de prélèvements, types d'habitats, coordonnées (Lambert 93) et dates de prélèvements

Sites	Types	X (L93)	Y (L93)	Dates
Dunkerque	Port	655556	7106240	22/05/2020
Oye-Plage	Bouchots	632285	7101493	06/06/2020
Gris Nez	Bouchots	601050	7087185	08/05/2020
Boulogne-sur-Mer	Port	598489	7070727	26/05/2020
Berck-sur-Mer	Bouchots	597478	7038119	11/05/2020
Quend-Plage	Bouchots	595078	7021708	11/05/2020
Ault	Platier	588493	7001507	25/05/2020



Fig. 1. Stratégie d'échantillonnage à Ault (Platier) et Quend-Plage (Bouchots)

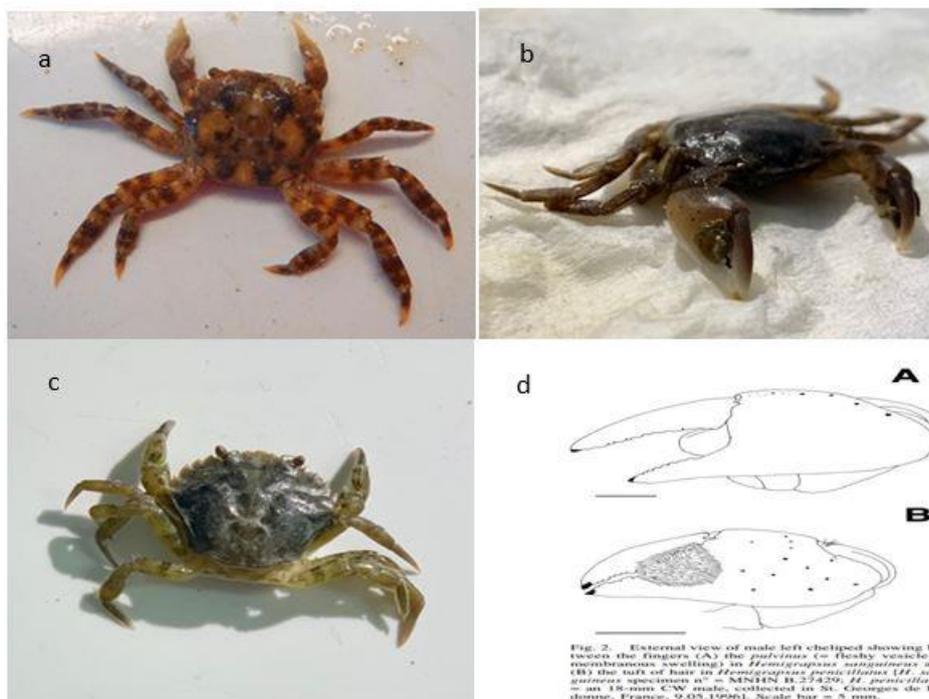


Fig. 2. External view of male left cheliped showing between the fingers (A) the *pubescens* (= fleshy setae) or membranous swelling in *Hemigrapsus sanguineus* and (B) the comb of setae in *Hemigrapsus takanoi* (H. *sanguineus* specimen n° = MNHN 81.25429; H. *takanoi* = an 18-mm C/W male, collected in St. Georges de Etchouze, France, 9.05.1996). Scale bar = 2 mm.

Fig. 2. a) *Hemigrapsus sanguineus*, b) *Hemigrapsus takanoi*, c) *Carcinus maenas* et d) Détails de la vésicule membraneuse chez *H. sanguineus* et du pinceau de soies chez *H. takanoi*

## MATERIEL ET METHODES

1- Zone d'étude et stratégie d'échantillonnage. De Dunkerque (Nord) à Ault (Somme), sept sites ont été prospectés en 2020 (Tableau I). Les ports de Dunkerque et Boulogne-sur-Mer sont des lieux à fort potentiel d'introduction et de dispersion. Oye-Plage, Gris Nez, Berck-sur-Mer et Quend-Plage sont quatre concessions mytilicoles, lieux d'impacts économique et écologique, tout comme le site d'Ault, une moulière naturelle. Les échantillonnages ont été réalisés dans le médiolittoral pour les platiers rocheux. Sur chaque site, deux stratégies ont été mises en œuvre (Fig. 1) : (i) estimation de la densité par m<sup>2</sup> par utilisation de trois quadrats de 1 m<sup>2</sup> et (ii) estimation des abondances par trois répliques de 30 pierres soulevées aléatoirement. Pour les bouchots, trois répliques de 6 L de moules permettent d'estimer les abondances (Fig. 1). De retour au laboratoire, les crabes sont congelés pour faciliter leur manipulation, puis identifiés à l'espèce, mesurés dans leur largeur à l'aide d'un pied à coulisse ( $\pm 1$  mm), et sexés d'après leur morphologie externe.

2- Caractères morphologiques et d'identification. Le genre *Hemigrapsus* (Fig. 2a-b) se différencie de *C. maenas* (Fig. 2c) par la forme de sa carapace et sa coloration : la carapace de *H. sanguineus* est carrée, présente trois dents latérales sur le céphalothorax, et une coloration variable du verdâtre au marron/noir. Des motifs rouges/oranges sont présents sur la partie dorsale des chélicèdes. Caractéristique de l'espèce, une vésicule - présente uniquement chez le mâle - est visible à la base des dactyles des chélicèdes (Fig. 2d). Autres attributs de dimorphisme sexuel, les chélicèdes sont plus petits chez les femelles qui possèdent un abdomen large et arrondi ; celui du mâle est plus fin. *H. takanoi* est proche morphologiquement d'*H. sanguineus* et se différencie par sa couleur qui tend vers le marron. Il a une taille plus petite (25 mm en moyenne), il est plus long que large et les mâles possèdent un pinceau de soies à la place de la vésicule (Fig. 2d).

3.1- Distribution spatiale des 3 espèces de crabes, à l'échelle régionale en 2020 (Analyse 1). Les données d'abondance ont tout d'abord été transformées par application de la fonction  $2\sqrt{\phantom{x}}$  afin de modérer l'influence des espèces dominantes (Legendre et Legendre, 2012). L'indice de similarité de Bray-Curtis a été calculé sur les données transformées, la matrice résultante étant ensuite soumise à une analyse de groupement à lien moyen (Clarke et Warwick, 2001). En révélant les similarités entre sites échantillonnés, le dendrogramme permet de définir une typologie spatiale d'occupation.

3.2- Structure de la population en 2020 (Analyse 2). Pour chaque site, le sex-ratio (nombre de mâles/nombre de femelles) a été calculé. Pour *C. maenas* et *H. sanguineus*, des classes de taille (1 mm) ont été déterminées et les effectifs représentés par des histogrammes. Un effet (i) des sites sur la structure des tailles de crabes à l'échelle des Hauts-de-France et (ii) du type d'habitat (concessions mytilicoles et platiers rocheux) sur la structure des tailles de crabes *H. sanguineus* a

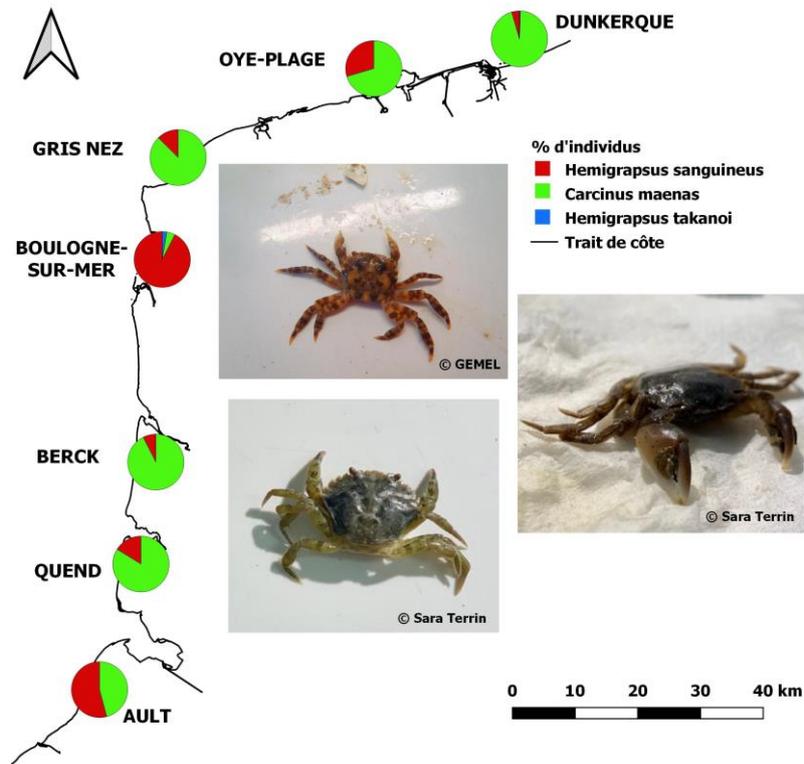


Fig. 3. Distribution spatiale des 3 espèces de crabes échantillonnées pour les 7 sites suivis, de Ault à Dunkerque. Les graphiques en secteurs représentent le pourcentage d'individus de chaque espèce par site.

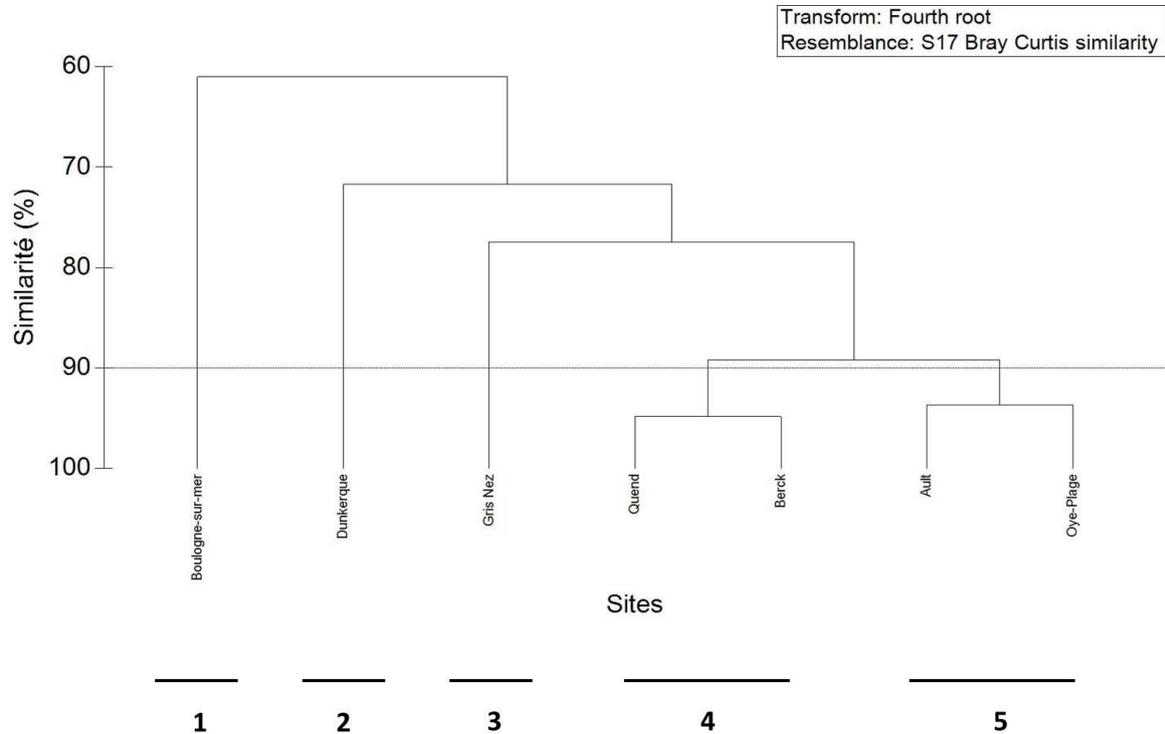


Fig. 4. Dendrogramme du groupement à lien moyen des sites échantillonnés en 2020. Cinq groupes sont identifiés sur la base d'un seuil de coupure à 90 % de similarité.

été quantifié par ANOVA après vérification des conditions d'application (indépendance des échantillons, normalité et homoscedasticité). En cas de différences significatives entre les moyennes (5% ; Scherrer, 2007), un test post-hoc (HSD de Tukey) a été réalisé.

3.3- Caractérisation des variations spatio-temporelles (Analyse 3). Le taux de colonisation (en %) d'un site par les 2 crabes invasifs (*H. spp*), au détriment de *C. maenas*, a été calculé :

$$\text{Taux} = \frac{\text{Nb } H.spp}{\text{Nb } H.spp + \text{Nb } C.maenas} \times 100$$

Avec Nb les abondances échantillonnées (cf. « 1- Zone d'étude et stratégie d'échantillonnage »). Dans le cas où nous disposons de 7 années consécutives de suivis (2013-2020) et pour des sites aux conditions écologiques contrastées (moulière naturelle à Ault et bouchots à Quend-Plage), l'évolution spatio-temporelle de l'invasion par *H. sanguineus* a été caractérisée. Un test de Wilcoxon-Mann-Whitney a été appliqué (2 échantillons indépendants,  $n < 14$  ; Scherrer, 2007). Les analyses de données et la cartographie ont été réalisées sur R, Primer V6 et QGIS.

## RESULTATS

1- Distribution régionale des 3 espèces en 2020. Lors de la campagne de 2020, *C. maenas* et *H. sanguineus* ont été capturés sur tous les sites, *H. takanoi* n'étant présente que dans les ports de Boulogne-sur-Mer et Dunkerque (Tableau II). Les sites les plus colonisés par *H. sanguineus* sont Boulogne-sur-Mer - au nord de la côte d'Opale - et Ault (au sud), avec des densités respectives de  $54 \text{ ind m}^{-2}$  et  $3 \text{ ind m}^{-2}$ . L'espèce autochtone *C. maenas* est dominante dans le port de Dunkerque et les quatre concessions mytilicoles : Quend-Plage, Berck, le cap Gris-Nez et Oye-Plage (Fig. 3). L'analyse de similarité (seuil de coupure à 90 %) identifie cinq assemblages (Fig. 4) : (1) le site portuaire de Boulogne-sur-Mer, dominé par *H. sanguineus* ; (2) le site portuaire de Dunkerque, dominé par *C. maenas*, (3) un groupe formé par les bouchots du Cap Gris-Nez expliqué par des effectifs moindres pour les 2 espèces, (4) un regroupement formé par les concessions mytilicoles de Quend-Plage et Berck, géographiquement proches et dominées par *C. maenas* et (5) les sites de Ault et Oye-Plage pour lesquels les proportions entre les deux espèces sont similaires. Les regroupements semblent ainsi être fonction des conditions écologiques : les sites portuaires (*i.e.* Boulogne-sur-Mer et Dunkerque) s'isolent des concessions mytilicoles (*i.e.* Oye-Plage, Berck et Quend-Plage, notamment) et de la moulière naturelle (Ault).

2- Structure de la population en 2020. Sur les 732 crabes collectés lors de notre échantillonnage, 321 *C. maenas*, 392 *H. sanguineus* et 10 *H. takanoi* ont été recensés. La taille des individus - estimée depuis la largeur de la carapace (Fig. 5) - varie entre 1,19 et 68,94 mm pour l'espèce autochtone et entre 2,51 et 30,52 mm pour *H. sanguineus*. La classe de taille la plus fréquente est de

Tableau II. Abondance moyenne par unité d'effort d'échantillonnage (30 pierres ou 6 L de moules) et densité de crabes ( $\text{ind m}^{-2}$ ), sex-ratio (M/F), % de femelles ovigères pour les 3 espèces de crabes.

Site	Unité	<i>C. maenas</i>			<i>H. sanguineus</i>			<i>H. takanoi</i>		
		Moyenne $\pm$ écart-type	Sex-ratio (M:F)	% femelles ovigères	Moyenne $\pm$ écart-type	Sex-ratio (M:F)	% femelles ovigères	Moyenne $\pm$ écart-type	Sex-ratio (M:F)	% femelles ovigères
Ault	Abondance (ind/30 p)	3 $\pm$ 3	3	0	8 $\pm$ 7	0,94	5,88	-	-	-
	Densité (ind.m <sup>2</sup> )	6 $\pm$ 5	-	-	3 $\pm$ 1	-	0	-	-	-
Quend-Plage	Abondance (ind/6L)	9 $\pm$ 7	12	0	2 $\pm$ 1	-	0	-	-	-
Berck-sur-Mer	Abondance (ind/6L)	12 $\pm$ 4	6,4	0	1 $\pm$ 1	-	0	-	-	-
Boulogne-sur-Mer	Abondance (ind/30 p)	2 $\pm$ 3	4,6	0	54 $\pm$ 15	1,29	5,79	2 $\pm$ 3	-	0
	Densité (ind.m <sup>2</sup> )	4 $\pm$ 1	-	-	54 $\pm$ 15	-	0	1 $\pm$ 1	-	0
Gris Nez	Abondance (ind/6L)	2 $\pm$ 1	1,33	0	0 $\pm$ 1	-	0	-	-	-
Oye-Plage	Abondance (ind/6L)	13 $\pm$ 2	1,84	0	5 $\pm$ 2	15	0	-	-	-
Dunkerque	Densité (ind.m <sup>2</sup> )	56 $\pm$ 30	4,12	0	3 $\pm$ 3	1	0	0 $\pm$ 1	-	0

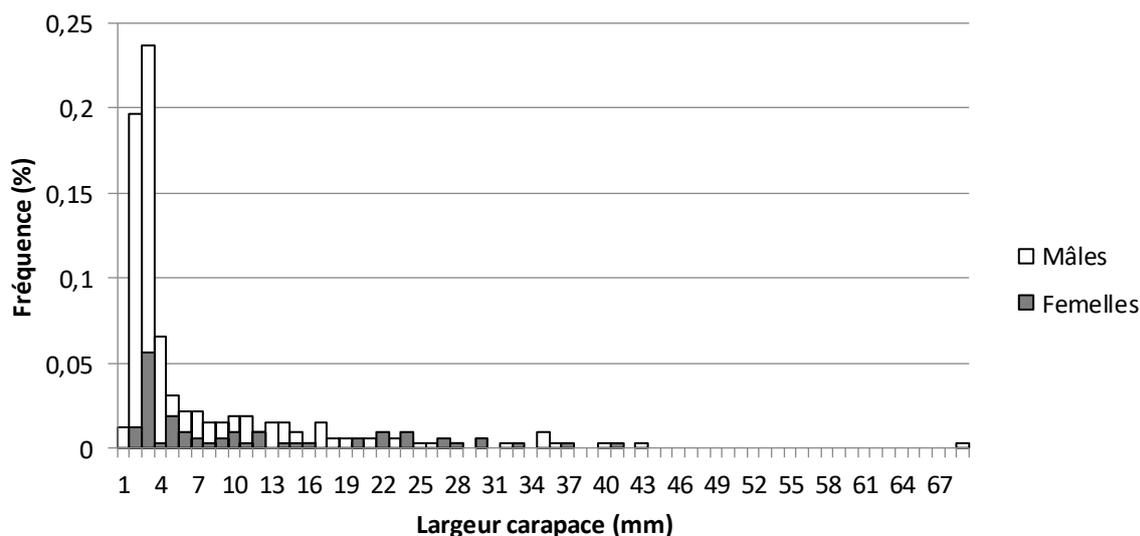
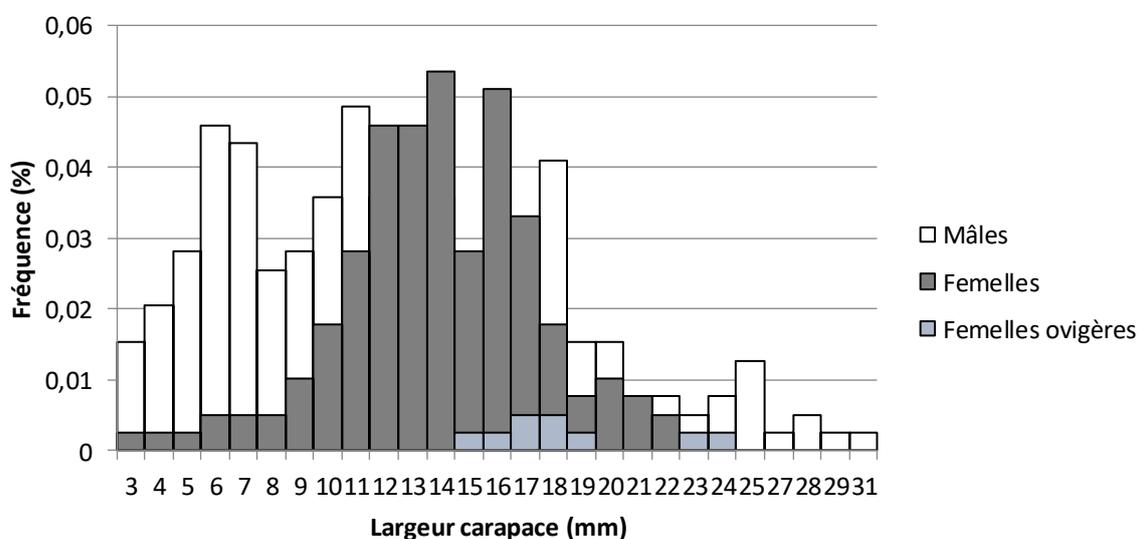


Fig.

5. Histogrammes de fréquences (en %) de taille pour *H. sanguineus* (panel du haut) et *C. maenas* (panel du bas). La taille est la largeur de la carapace en mm.

2-3 mm pour *C. maenas* et de 13-14 mm pour *H. sanguineus* (Fig. 5). Toutes espèces confondues, les tailles moyennes des individus sont significativement différentes en fonction des sites d'échantillonnage (ANOVA, p-value < 0,05), les tailles moyennes des crabes étant supérieures sur les sites de Ault et Boulogne-sur Mer (Fig. 6). Une différence significative de taille des crabes *H. sanguineus* échantillonnés dans les bouchots et ceux échantillonnés sous les pierres (ANOVA, p-value < 0,05) est également mise en évidence : les individus dans les bouchots sont plus petits (< 6 mm) que ceux rencontrés sur les platiers rocheux (mode = 13 mm). Le sex-ratio calculé pour *C. maenas* et *H. sanguineus* montre une dominance des mâles sur tous les sites, à l'exception de Ault et Dunkerque où ce ratio est inférieur et égal à 1 (Tableau. II). Des femelles ovigères *H. sanguineus* ont été retrouvées sur les sites de Ault (n=1) et Boulogne-sur-Mer (n=8), représentant 5,88 % et 5,79 % du nombre total des femelles, respectivement.

3- Variations spatio-temporelles à l'échelle des Hauts-de-France. Depuis 2013, les populations de *H. sanguineus* se maintiennent sur tous les sites échantillonnés. Le ratio *Hemigrapsus/Carcinus* augmente constamment dans le port de Boulogne-sur-Mer et les sites mytilicoles de Quend et Oye-Plage. A Ault, moulière naturelle où le pourcentage d'*Hemigrapsus sanguineus* a atteint 100 % en 2018, une forte diminution (~ 65 %) a été observé en 2019. Cette année, une ré-augmentation est détectée (Tableau III). Dans les bouchots de Berck et le port de Dunkerque, les effectifs d'*H. sanguineus* continuent de diminuer, avec un ratio inférieur à 10 %. La comparaison temporelle (2013-2020) des abondances d'*H. sanguineus* et de *C. maenas* montre des tendances similaires (test de Wilcoxon Mann-Whitney, p-value > 0,05) pour les sites de Ault et Quend-Plage, attestant d'abondances semblables, malgré des conditions écologiques contrastées. Nos résultats n'ont pas mis en évidence de tendance temporelle de l'invasion au cours de la période 2013-2020.

## DISCUSSION

Lors des suivis réalisés au printemps 2020 sur le littoral des Hauts-de-France, *Hemigrapsus sanguineus* a principalement été recensé au niveau des platiers rocheux (Dauvin 2009a, b ; Dauvin *et al.*, 2009 ; Dauvin et Dufossé 2011 ; Gothland *et al.*, 2013) et dans des proportions moindres dans les concessions mytilicoles. Si l'espèce invasive est particulièrement abondante dans le port de Boulogne-sur -Mer et à Ault, *Carcinus maenas* reste le plus abondant dans les autres sites. La présence de quelques *Hemigrapsus takanoi* dans les deux zones portuaires, est à noter et corrobore les observations de Dauvin *et al.* (2009) qui ont montré que les populations d'*H. takanoi* étaient plus abondantes dans des zones boueuses à faible énergie, conditions écologiques caractéristiques des ports. Les effectifs sont néanmoins plus faibles que pour *H. sanguineus*. Notre échantillonnage couvre tout le spectre de taille, depuis les juvéniles jusqu'aux adultes. Conformément à l'étude de Pezy et Dauvin (2015), la majorité des individus échantillonnés dans les bouchots en 2020 sont des

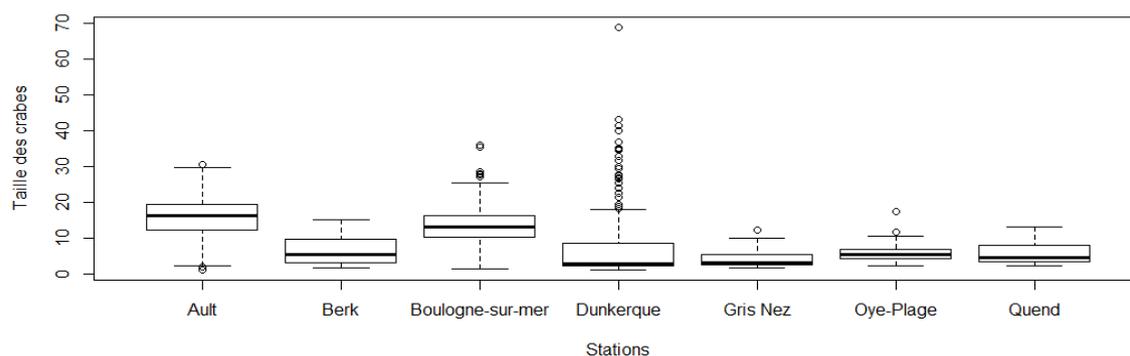


Fig. 6 Boxplot des tailles des crabes (en mm) pour les 7 sites suivis en 2020

Tableau III. Evolution du taux d'infestation par les *Hemigrapsus* de 2013 à 2020 pour les 6 principaux sites suivis sur le littoral des Hauts-de-France

Site	Année	<i>C. maenas</i> Effectif	<i>H. sanguineus</i> Effectif	<i>H. takanoi</i> Effectif	<i>Hemigrapsus/</i> <i>(Hemigrapsus +</i> <i>Carcinus)</i>
Ault	2013	98	3	0	2,97%
Ault	2014	81	1	0	1,22%
Ault	2015	16	10	0	38,46%
Ault	2016	70	196	0	73,68%
Ault	2017	37	141	0	79,21%
Ault	2018	0	386	0	100,00%
Ault	2019	71	38	0	34,86%
Ault	2020	28	33	0	<b>54,10%</b>
Berck-sur-Mer	2008	220	1	0	0,45%
Berck-sur-Mer	2013	62	7	0	10,14%
Berck-sur-Mer	2017	506	4	0	0,78%
Berck-sur-Mer	2018	10	5	0	33,33%
Berck-sur-Mer	2019	78	16	0	17,02%
Berck-sur-Mer	2020	37	3	0	<b>7,50%</b>
Boulogne-sur-Mer	2008	45	3	120	73,21%
Boulogne-sur-Mer	2018	20	116	18	87,01%
Boulogne-sur-Mer	2019	45	344	0	88,43%
Boulogne-sur-Mer	2020	17	326	9	<b>95,17%</b>
Dunkerque	2008	51	7	239	82,83%
Dunkerque	2017	26	0	0	0,00%
Dunkerque	2018	11	73	12	88,54%
Dunkerque	2019	123	5	9	10,22%
Dunkerque	2020	169	8	1	<b>5,06%</b>
Quend-Plage-les-Pins	2013	116	1	0	0,85%
Quend-Plage-les-Pins	2014	203	4	0	1,93%
Quend-Plage-les-Pins	2015	369	12	0	3,15%
Quend-Plage-les-Pins	2016	179	8	0	4,28%
Quend-Plage-les-Pins	2017	58	42	0	42,00%
Quend-Plage-les-Pins	2018	5	3	0	37,50%
Quend-Plage-les-Pins	2019	35	4	0	10,26%
Quend-Plage-les-Pins	2020	26	5	0	<b>16,13%</b>
Oye-Plage	2017	30	2	0	6,25%
Oye-Plage	2018	-	-	-	-
Oye-Plage	2019	28	3	0	9,68%
Oye-Plage	2020	38	16	0	<b>29,63%</b>

mâles juvéniles, les adultes étant plus abondants sur les platiers rocheux : les moulières sont ainsi des zones de nurserie et protègent les juvéniles de la prédation (Naylor, 1962).

En 2020, le sex-ratio (1,4 en moyenne pour *H. sanguineus* ; 3,8 pour *C. maenas*) est similaire à celui rapporté par d'autres études (1,31 en 2008, Dauvin *et al.*, 2009 ; 1,74 en 2010, Dauvin et Dufossé, 2011) et montre une nette dominance des mâles. Alors que certaines études ont montré qu'un sex-ratio en faveur des mâles pouvait s'expliquer par de la densité-dépendance (une forte densité des populations étant liée à un ratio M:F > 1 ; Costa *et al.*, 2008 pour *Anguilla anguilla*), nous n'observons pas cette typologie. Alors qu'aucune femelle ovigère n'avait été signalée au printemps 2008 le long de la Côte d'Opale (Dauvin *et al.*, 2009), 433 femelles ovigères ont été observées durant l'été 2012 par Gothland *et al.* (2013). Dans notre étude, nous n'observons que très peu de femelles ovigères en mai 2020, suggérant que la période de ponte démarre plus tard, en été.

L'extension de la distribution spatiale des crabes invasifs du genre *Hemigrapsus* le long du littoral des Hauts-de-France ne suit pas un patron général de réponse. Le succès d'invasion présente des variations interannuelles marquées et ne semble pas être un processus homogène. Alors qu'une diminution drastique des effectifs est observée à Dunkerque depuis 2018, les effectifs ne cessent d'augmenter à Boulogne-sur-Mer. Sur les sites mytilicoles, une chute des effectifs de *H. sanguineus* est observée à Berck en 2020 alors qu'une augmentation est identifiée à Quend-Plage et Oye-Plage. La dynamique temporelle d'invasion par *Hemigrapsus spp.* varie selon les concessions mytilicoles et fluctue en fonction des pratiques culturelles. Des études menées depuis 2008 indiquent que *H. sanguineus* est 'naturalisé' sur les côtes françaises (Dauvin et Dufossé, 2011), suggérant que l'espèce avait atteint sa 'phase d'expansion' entre 2008-2010. Ainsi, pendant la 'phase de persistance' du processus d'invasion, des fluctuations naturelles et marquées peuvent se produire (Parker *et al.*, 1999), les ressources devenant limitantes et la compétition avec l'espèce autochtone s'intensifiant. L'invasion de *H. sanguineus* sur les côtes européennes est relativement récente et sa démographie pendant la 'phase de persistance' reste inconnue.

A moyen terme, des études complémentaires devront être envisagées pour évaluer l'influence de la période d'échantillonnage sur le suivi à long-terme. Même si la gestion des espèces marines exotiques envahissantes est une tâche complexe, la mise en œuvre de la science participative pourrait permettre des suivis plus complets, aussi bien spatialement que temporellement et apporterait des éléments de réponse pour une meilleure connaissance de l'écologie des espèces. Informer continuellement les mytiliculteurs est essentiel pour contenir la déprédation des moules *Mytilus edulis*. Par exemple, il s'agirait de nettoyer les bas de pieux de bouchots où se concentrent ces crabes. En s'appuyant sur les mytiliculteurs et les pêcheurs à pied, le suivi des populations de crabes pourrait être plus systématique et permettrait d'améliorer l'échantillonnage, en focalisant les prélèvements sur les périodes où la présence des crabes sur les bouchots est la plus forte.

## BIBLIOGRAPHIE

- Breton, G., Faasse, M., Noël, P., Vincent, T., 2002. A new alien crab in Europe : *Hemigrapsus sanguineus* (Decapoda : Brachyura : Grapsidae). J. Crustacean Biol 22: 184–189.
- Clarke K.R., Warwick R.M., 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2<sup>nd</sup> édition. PRIMER-E, Plymouth.
- Costa, J.L., Domingos, I., Assis, C.A., Almeida, P.R., Moreira, F., Feunteun, E., Costa, M.J., 2008. Comparative ecology of the European eel, *Anguilla anguilla* (L., 1758), in a large Iberian river. Environ. Biol. Fish 81, 421–434. <https://doi.org/10.1007/s10641-007-9229-2>
- Dauvin, J.-C., 2009a. Asian Shore Crabs *Hemigrapsus spp.* (Crustacea: Brachyura: Grapsoidea) continue their invasion around the Cotentin Peninsula, Normandy, France: Status of the *Hemigrapsus* population in 2009. Aquat. Invasions 4, 605–611. <https://doi.org/10.3391/ai.2009.4.4.6>
- Dauvin, J.-C., 2009b. Establishment of the invasive Asian shore crab *Hemigrapsus sanguineus* (De Haan, 1835) (Crustacea: Brachyura: Grapsoidea) from the Cotentin Peninsular, Normandy, France. Aquat. Invasions 4, 467–472. <https://doi.org/10.3391/ai.2009.4.3.4>
- Dauvin, J.-C., Tous Rius, A., Ruellet, T., 2009. Recent expansion of two invasive crabs species *Hemigrapsus sanguineus* (de Haan, 1835) and *H. takanoi* Asakura and Watanabe 2005 along the Opal Coast, France. Aquat. Invasions 4, 451–465. <https://doi.org/10.3391/ai.2009.4.3.3>
- Dauvin, J.-C., Dufossé, F., 2011. *Hemigrapsus sanguineus* (De Haan, 1835) (Crustacea: Brachyura: Grapsoidea) a new invasive species in European waters: the case of the French English Channel coast (2008-2010). Aquat. Invasions 6, 329–338. <https://doi.org/10.3391/ai.2011.6.3.09>
- Dauvin J.-C., Dancie C., Jego Y., Lecornu B., Rocroy M., Ruellet T., 2013. Etat de la colonisation des décapodes invasifs du genre *Hemigrapsus* sur le littoral normand-picard (COHENUPI). Rapport pour le ROLNP. Université de Caen Basse-Normandie, CSLN, GEMEL : 17 p. + annexes.
- Gothland, M., Dauvin, J.-C., Denis, L., Jobert, S., Ovaert, J., Pezy, J.-P., Spilmont, N., 2013. Additional records and distribution (2011-2012) of *Hemigrapsus sanguineus* (De Haan, 1835) along the French coast of the English Channel. Manag. Biol. Invasion 4, 305–315. <https://doi.org/10.3391/mbi.2013.4.4.05>
- Epifanio CE, Dittel AI, Park S, Schwalm SM, Fouts A 1998. Early life history of *Hemigrapsus sanguineus*, a nonindigenous crab in the Middle Atlantic Bight (USA). Mar. Ecol. Prog. Ser.170: 231–238, <http://dx.doi.org/10.3354/meps170231>
- Epifanio, C.E., 2013. Invasion biology of the Asian shore crab *Hemigrapsus sanguineus*: A review. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 441, 33-49.

- Hudson, D.M., Sexton, D.J., Wint, D., Capizzano, C., Crivello, J.F., 2018. Physiological and behavioral response of the Asian shore crab, *Hemigrapsus sanguineus*, to salinity: implications for estuarine distribution and invasion 20. *PeerJ* 6 : e5446. <https://doi.org/10.7717/peerj.5446>
- Legendre P., Legendre L., 2012. Numerical Ecology, Third English Edition, Amsterdam, 990 p.
- Naylor, E., 1962. Seasonal changes in a population of *Carcinus maenas* (L.) in the Littoral Zone. *J. Anim. Ecol.* 31 (3), 601–609.
- Noël, P. Y., Tardy, E., d’Udekem d’Acoz, C., 1997. Will the crab *Hemigrapsus penicillatus* invade the coasts of Europe ? *C. R. Acad. Sci. Série 3, Sciences de la Vie* 320 : 741-745
- Parker IM, Simberloff D, Lonsdale WM, Goodell K, Wonham M, Kareiva PM, Williamson MH, Von Holle B, Moyle PB, Byers JE, Goldwasser L (1999) Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. *Biol. Invasions* 1: 3–19, <http://dx.doi.org/10.1023/A:1010034312781>
- Pezy, J.-P., Dauvin, J.-C., 2015. Are mussel beds a favourable habitat for settlement of *Hemigrapsus sanguineus* (De Haan, 1835)? *Aquat. Invasions* 10, 51–56. <https://doi.org/10.3391/ai.2015.10.1.05>
- Ruellet T., Baillet K., Delabye M., Glodt C., Rocroy M., 2015. Contribution à l’état de la colonisation des décapodes invasifs du genre *Hemigrapsus*. Rapport du GEMEL 15-010 : 33 p.
- Rocroy M., 2016. Contribution à l’état de la colonisation des décapodes invasifs du genre *Hemigrapsus*. Rapport du GEMEL n°16-011 : 17 p.
- Rolet C., Becuwe E., Talleux J-D., Dorthé S., Ruellet T., Talleux M., 2019. Etat de de la colonisation des décapodes invasifs du genre *Hemigrapsus* sur le littoral des Hauts-de France en 2019. Rapport du GEMEL n°19-014 : 12 p.
- Scherrer B., 2007. Biostatistiques Volumes 1 & 2, 2<sup>nd</sup> édition. Montréal, 816 p et 576 p.
- Williamson MH (1996) Biological Invasions. Chapman & Hall, London, 244 pp

## **Annexe COVID 19**

J'ai commencé mon stage en distanciel pour la période allant du 4 mai jusqu'à 15 mai, ensuite je me suis rendue à Saint-Valery sur Somme pour commencer le stage en présentiel qui a duré jusqu'au 26 juin.

Pendant la période de télétravail, j'ai fait de la bibliographie de façon à bien comprendre la problématique de mon sujet de stage et aussi regarder les études faites précédemment. Une fois sur place, j'ai pu participer à trois sorties sur le terrain pour le prélèvement des crabes à Ault et à Boulogne-sur-Mer et à un échantillonnage du benthos à Gravelines. Les autres prélèvements des crabes ont été fait par les membres du GEMEL pendant le confinement avant mon arrivée à Saint-Valery. Grâce à cette expérience, j'ai pu apprendre les techniques d'échantillonnage mises en pratique sur le terrain. Ensuite, j'ai réalisé toutes les mesures biométriques des crabes en laboratoire, les analyses de données et la rédaction du rapport et du poster, avec l'aide de mon encadrante Céline et de toute l'équipe du GEMEL.

Malgré les restrictions dues au Covid-19, je suis très satisfaite de la réussite de mon stage et je profite de l'occasion pour remercier toute la belle équipe du GEMEL et les professeurs qui me l'ont permis.