

# État des connaissances sur le Crabe bleu, *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896). Focus sur la Méditerranée française et la Corse.



# État des connaissances sur le Crabe bleu, *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896). Focus sur la Méditerranée et la Corse.

- Mars 2022 -

## Rédaction du document

Dimitri Veyssiere (Alternant - OEC)

Marie Garrido (OEC)

Office de l'Environnement de la Corse

Observatoire régional des zones humides de Corse

14 avenue Jean Nicoli

20 250 Corte

[www.oec.corsica](http://www.oec.corsica)

[www.orzhc.oec.fr](http://www.orzhc.oec.fr)

## Relecture du document

Cécile Massé (UMS « Patrimoine Naturel » ; OFB, CNRS, MNHN)

Pierre Noël (UMS « Patrimoine Naturel » ; OFB, CNRS, MNHN)

Pascal Romans (Observatoire Océanologique de Banyuls, Sorbonne Université)

## Crédit photographique

©James St. John

## Ce document doit être cité sous la forme suivante :

Veyssiere D., Garrido M., Massé C., Noël P., Romans P., 2022. Etat des connaissances sur le Crabe bleu, *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896). Focus sur la Méditerranée et la Corse. Rapp. Office de l'Environnement de la Corse, 49 p.

# SOMMAIRE

I.	Introduction et contexte .....	1
II.	Description morphologique de <i>Callinectes sapidus</i> .....	3
III.	Cycle de développement du Crabe bleu américain .....	6
IV.	Importance des connaissances liées à la mue et la croissance de l'espèce.....	11
V.	Distribution géographique à l'échelle mondiale : zoom sur la Méditerranée .....	15
	V.1. <i>Callinectes sapidus</i> de son aire d'origine à son invasion.....	15
	V.2. Invasion de <i>Callinectes sapidus</i> en Europe et dans le bassin Méditerranéen .....	18
VI.	Descriptions de l'habitat du Crabe bleu et ses migrations.....	24
	VI.1. La diversité des habitats ciblés par <i>Callinectes sapidus</i> .....	24
	VI.2. Apport de la télémétrie acoustique pour améliorer les connaissances des stratégies comportementales du Crabe bleu en Méditerranée .....	27
VII.	Caractéristiques trophiques et pathologies.....	29
	VII.1. Espèces prédatées à différents stades.....	29
	VII.2. Espèces prédatrices du Crabe bleu .....	29
	VII.3. Pathologie (parasites, maladies) .....	30
VIII.	Valorisation du Crabe bleu américain.....	31
	VIII.1. Pêcheries et économie liée au Crabe bleu aux Etats-Unis.....	31
	VIII.2. Pêcheries et économie liée au Crabe bleu au sein du bassin Méditerranéen.....	32
	VIII.3. Est-il envisageable de transformer cette menace en ressource ? .....	33
IX.	Conclusion.....	36
X.	Bibliographie et webographie .....	37

## I. Introduction et contexte

Les **invasions biologiques**, aux côtés de la pollution, de la destruction des habitats, de la surexploitation, amplifiés par le changement climatique, sont des moteurs directs de changement et de perte de **biodiversité** (Coll *et al.*, 2010 ; Simberloff *et al.*, 2013 ; Katsanevakis *et al.*, 2014 ; Verma *et al.*, 2020). L'introduction d'espèces non indigènes (ENI) a des **impacts écologiques et économiques** dramatiques et profonds et est considérée comme une **menace majeure pour la conservation de la biodiversité** (Carlton, 1996 ; Bright, 1998 ; Occhipinti-Ambrogi, 2007 ; Diagne *et al.*, 2020 ; IPBES, 2020). Avec l'augmentation continue du nombre d'espèces, de spécimens et/ou d'individus transportés et la vitesse de ces transports (Zenetos *et al.*, 2010 ; Seebens *et al.*, 2017), la menace pour la biodiversité que représentent les ENI (*c'est-à-dire les populations introduites par l'homme et en expansion dans des régions en dehors de leurs aires de répartition passées ou actuelles*), est devenue particulièrement préoccupante. Ce phénomène est d'autant plus préoccupant qu'il est **irréversible à l'échelle humaine** et même géologique (Gravez *et al.*, 2005), tout particulièrement en milieu marin (Boudouresque, 2005).

La mer Méditerranée dans son ensemble, y compris les lagunes méditerranéennes, est l'une des régions du monde les plus gravement touchées par les invasions biologiques, avec pas moins de 986 espèces marines signalées comme ENI (Zenetos *et al.*, 2012). Ainsi, sur les 91 espèces exotiques de crustacés décapodes et stomatopodes, recensées en Méditerranée depuis 1870, 85 auraient une origine anthropique (6 espèces auraient migré) et 18 sont considérées comme envahissantes dont le Crabe bleu américain qui fait l'objet de ce rapport.

Le Crabe bleu américain, *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896), amèrement connu comme étant un grand destructeur, a déjà colonisé plusieurs lagunes méditerranéennes. Les côtes atlantiques américaines, du sud du Canada au nord de l'Argentine, représentent son aire géographique d'origine. *Callinectes sapidus* (étymologiquement « *Bon nageur savoureux* », de la traduction anglaise "*savory graceful swimmer*" ; Churchill, 1919) a une chair délicieuse et aurait été introduit dans l'est de l'Atlantique, dans le nord et l'est de la Méditerranée et au Japon, volontairement ou involontairement. Cette espèce invasive inquiète les ostréiculteurs, les pêcheurs en milieu lagunaire ainsi que les scientifiques. Il est considéré comme l'une des espèces les plus invasives de Méditerranée (Streftaris & Zenetos, 2006). En effet, ce crustacé prolifère à grande vitesse. Il possède les potentialités biologiques et physiologiques pour s'étendre sur tout le pourtour du bassin Méditerranéen. Grâce à une morphologie caractéristique, il peut parcourir jusqu'à 15 km en une seule journée. Ses pattes ambulatoires sont aplaties et la cinquième paire a ses derniers segments différenciés en palette natatoire pour la nage ou l'enfouissement. Il peut également sortir de l'eau et effectuer des déplacements sur plusieurs dizaines de mètres. *C. sapidus* est une espèce côtière assimilable à une espèce catadrome pouvant se rencontrer en eau douce (Churchill, 1919) et pouvant être

observée entre la surface et 35 m de profondeur. Il est omnivore, a une croissance rapide, supporte des écarts importants de température, salinité et teneur en oxygène.

Ce travail de recueil des connaissances, relatif à l'espèce *Callinectes sapidus*, nous a paru essentiel tout d'abord (i) afin de disposer d'un panorama synthétique et classé des travaux déjà réalisés sur l'espèce pour mieux **adapter les mesures de gestion** et (ii) évaluer les connaissances à l'échelle du bassin Méditerranéen. En effet, la Méditerranée possède un environnement très différent de l'aire d'origine du Crabe bleu et les données/études semblent lacunaires dans cette région.

Ce travail bibliographique a fait l'objet d'une analyse des publications majeures en rapport avec les thèmes arrêtés, et présentés ci-dessous, en lien avec nos besoins et s'est appuyé sur la fiche descriptive de l'espèce rédigée par Noël (2017) :

- description morphologique ;
- cycle de développement ;
- la mue et la croissance ;
- distribution géographique, zoom sur la Méditerranée ;
- lien entre ses habitats et ses migrations
- caractéristiques trophiques et pathologies ;
- pêche et économie.



Dans ce document, nous n'utiliserons que le terme « invasif » lorsque nous parlerons de *Callinectes sapidus*. En effet, une espèce envahissante peut être autochtone ou allochtone, tandis qu'une espèce invasive est uniquement allochtone. Le problème terminologique provient de la langue française. En anglais, les deux mots « envahissant » et « invasif » se traduisent tous les deux par « invasive ».

## II. Description morphologique de *Callinectes sapidus*

*Callinectes sapidus* est un crabe de la famille des Portunidae, sous-famille des Portuninae, qui renferme plusieurs genres, notamment un *Achelous* indigène. Il est commun sur le littoral atlantique des Etats-Unis (du Canada à l'Argentine), habituellement dans les eaux saumâtres et marines côtières, où il fait l'objet d'une pêche active et mariculture.

Il est **reconnaissable assez facilement** par sa **forme** et ses **couleurs vives** (Fig. 1A). Les variations biométriques observées chez le Crabe bleu peuvent être importantes et différent entre les individus mâles et femelles. Les dimensions maximales recensées sont pour la longueur de la carapace : 9 cm et pour sa largeur (mesurée d'une extrémité à l'autre des grandes épines latérales) : 23 cm (Holthuis, 1987 ; Squires, 1990 ; Tavares, 2003). Au niveau du poids, un individu de 17 cm de large peut peser 331 g et un de 20,5 cm de large peut peser 585 g (Zaitsev, 1978 in Noël, 2017).

Concernant sa coloration, les descriptions sont assez variées. La carapace peut avoir une palette de couleur allant du grisâtre, brunâtre au bleu-verdâtre, les épines sont plus ou moins rouges (Fig. 2). Les pinces sont bleues chez les mâles et plutôt rouges avec l'extrémité pourpre chez les femelles adultes. Cette couleur rouge a tendance à s'estomper après quelque temps chez certaines femelles et est ravivée après une nouvelle mue. Les pattes sont bleues et blanches avec les articulations orange (Churchill, 1919 ; Chace & Hobbs, 1969). Ventralement, le crabe est jaune pâle ou rosé. Il existe des variations de couleur en fonction du cycle de mue (Amos & Amos, 1985 ; Squires, 1990 ; Jensen, 1995 ; Galil *et al.*, 2002a ; Tavares, 2003 ; Williams, 2003).

Le genre *Portunus* est très proche morphologiquement de l'espèce *C. sapidus*. Certaines espèces (e.g. *Portunus pelagicus* ss, *Portunus segnis*) sont également considérées comme des espèces invasives à l'échelle de la Méditerranée. Un critère, permettant de discriminer ces espèces avec *C. sapidus*, autre que son écologie distincte, est la coloration de sa carapace (Fig. 1B). En effet, la carapace de *P. pelagicus* et *P. segnis* est rugueuse à granuleuse de couleur variable : verdâtre, marron clair ou foncé avec des motifs blancs. Les chélicépèdes sont de la même coloration que la carapace avec des reflets bleus à violacé.



Figure 1. A: *Callinectes sapidus*, femelle (© Children Museum of Indianapolis), B: *Portunus pelagicus* ss, mâle (© Wikimedia Commons).



Figure 2. Individu femelle de *Callinectes sapidus* en train de nager en milieu marin côtier (Plage de l'Arinella proche du grau de lagune de Biguglia en Haute-Corse ; © Laurent Tripault).

La forme de l'abdomen permet également de distinguer les mâles des femelles, de plus elle fournira des indications relatives à la maturité des femelles. L'abdomen des femelles est très large, triangulaire chez les immatures et plus arrondi et plus large chez les adultes, tandis que celui des mâles est beaucoup plus étroit et en forme de "T" (Fig. 3).



Figure 3. Schéma représentant les différentes formes de l'abdomen de *Callinectes sapidus* © William Summy, 2016.



Dans le cadre d'actions de veille, de surveillance, de détection précoce et de gestion des ENI et plus particulièrement du Crabe bleu, il paraît important de pouvoir disposer de clés d'identification précises. Ce travail a permis de cibler les principaux critères de reconnaissance de *Callinectes sapidus*.

### III. Cycle de développement du Crabe bleu américain



Le cycle de vie de *C. sapidus* est bien documenté et connu dans son aire d'origine. Est-ce que son cycle est différent dans le bassin Méditerranéen ? Quels sont les facteurs qui influenceraient les modifications observées ? Est-ce que la salinité joue un rôle important dans les migrations des individus entre les lagunes et la mer ?

Le développement et la reproduction du Crabe bleu sont bien documentés dans son aire d'origine et ont fait l'objet de diverses études expérimentales. La connaissance du **cycle de développement** (*i.e.* fécondité, saisonnalité de la reproduction, taille de la maturité sexuelle) est d'une **grande importance** dans les actions de **gestion** à mettre en place **visant la lutte** contre cette espèce (e.g. captures ciblées).

La **maturité sexuelle** du Crabe bleu arrive après de nombreuses mues post larvaires (entre 18 et 19 mues pour les mâles et 18 à 20 mues pour les femelles ; [Van Engel, 1958 in Millikin & Austin, 1984](#)). Elle est atteinte **un peu après un an de vie**. La durée nécessaire, pour atteindre cette maturité sexuelle, va varier en fonction de l'aire géographique, principalement la latitude ; en effet plus l'eau est chaude plus le développement de l'espèce est rapide ([Churchill, 1919 in Noël, 2017](#)). À titre d'exemple, elle est atteinte entre 10 et 12 mois pour les individus étudiés dans le golfe du Mexique et jusqu'à 20 mois pour les individus de la Baie de Chesapeake ; [Van Engel, 1958](#) ; [Lippson, 1973 in Millikin & Austin, 1984](#)). Concernant la population de la lagune de Canet (région Occitanie, France), la maturité sexuelle serait plus rapidement atteinte, entre 8 et 10 mois.

La **reproduction** du Crabe bleu est influencée par plusieurs facteurs comme notamment la salinité et la température des eaux fréquentées. Elle a lieu en **eau saumâtre**. Les mâles peuvent s'accoupler plusieurs fois dans l'année, contrairement aux femelles qui pondent uniquement après avoir effectué leur mue terminale (voir chapitre IV. Importance des connaissances liées à la mue et la croissance de l'espèce). Les femelles migrent en amont des estuaires/lagunes où sont situés les mâles ([Williams, 2003](#)). Le mâle transporte et semble protéger la femelle avant sa mue terminale (ce comportement est appelé « promenade pré-nuptiale ») afin de pouvoir s'accoupler et la féconder dès que celle-ci effectue la mue. En effet, la carapace de ces dernières étant encore molle, ceci permet la fécondation qui ne peut avoir lieu que durant cette période ([Churchill, 1919](#)). L'accouplement peut s'effectuer de jour comme de nuit et dure entre 5 et 12 heures ([Van Engel, 1958](#)). La ponte commence en mai avec un pic de ponte (100% des femelles péchées grainées) de juin à août ([Havens & Mcconaugha, 1990](#)). Cependant des femelles ovigères ont été observées tout au long de l'année au Brésil avec un pic entre les mois de décembre à mars (correspondant à la période estivale dans cette région du globe ; [Severino-](#)

Rodrigues *et al.*, 2012). En Méditerranée, des pontes ont été observées entre avril et septembre sur différentes lagunes méditerranéennes françaises : Canet, Leucate, La Palme, Palo et Biguglia. La femelle porte des œufs de couleur jaune/orangé au moment de la ponte, mais plus le temps d'incubation avance, plus ces derniers deviennent brun puis noir avant l'éclosion (Fig. 4). La durée d'incubation est d'environ 2 semaines à 26 °C (Noël, 2017).



Figure 4. Photos prises en laboratoire (Banyuls) d'une femelle grainée de *Carcinus aestuari* permettant d'observer le changement de couleur des œufs d'un crabe en cours d'incubation (© J. Lecomte, 1975).

Le nombre d'œufs par ponte est compris entre 700 000 et 2 100 000 selon la taille des femelles (Churchill, 1919 ; Graham & Beaven, 1942 ; Pyle & Cronin, 1950 ; Van Engel, 1958), en Méditerranée le nombre d'œufs semble être équivalent (Cilenti *et al.*, 2015).

En fin d'incubation, dans son aire d'origine, les femelles migrent vers la mer ouverte ou dans des eaux où la salinité est élevée afin que l'éclosion des œufs ait lieu et que les larves puissent réaliser leur cycle de développement au large des côtes (voir chapitre VI. Descriptions de l'habitat du Crabe bleu et ses migrations). Les œufs éclosent entre 14 et 17 jours après la ponte dans une eau à 26°C et entre 12 et 15 jours dans une eau à 29°C (Churchill, 1919) le tout à une salinité d'au moins 20 psu (Millikin & Austin, 1984). Le développement larvaire peut durer entre 1 et 2 mois selon la température de l'eau (Tab. I et II). Les larves zoé, mesurant en moyenne 1 mm de long, passeront par 7 à 8 stades avant de devenir des mégalopes (Tab. II). La taille de la mégalope est comprise entre 1 et 3 mm de long (Churchill, 1919 ; Costlow & Bookhout, 1959). Les larves zoé ont besoin de 31 jours à 49 jours pour compléter tous les stades zoé avant de devenir une mégalope (Tab. I, Fig. 5 ; Costlow & Bookhout, 1959). Le stade mégalope dure plusieurs jours (Fig. 5). Costlow & Bookhout (1959) ont prouvé, à travers une étude expérimentale, que le temps de la métamorphose du stade mégalope à un crabe juvénile était dépendant de la salinité à une température de 25°C (entre 6 et 9 jours pour une salinité variant entre 20.1 à 26.7 psu et entre 10 et 20 jours pour une salinité supérieure à 31.1 psu ; Tab. I).

Tableau I. Nombre de jours observés en laboratoire pour le développement des différents stades de développement (zoé, mégalope et premier stade crabe) de *C. sapidus* en fonction de la température et de la salinité (d'après Costlow & Bookhout, 1959).

Stade	Température (°C)	Salinité (psu)			
		20.1	26.7 (3 éch.)	31.1	32 (dilué à 28 psu à partir du 41 <sup>e</sup> jour)
Zoé	25	43	31-45	35-47	46
	30		35-49		
Mégalo	25	7	6-9	10-20	15
	30		7-9		
Crabe juvénile	25	50	37-53	45-57	61
	30		44-56		

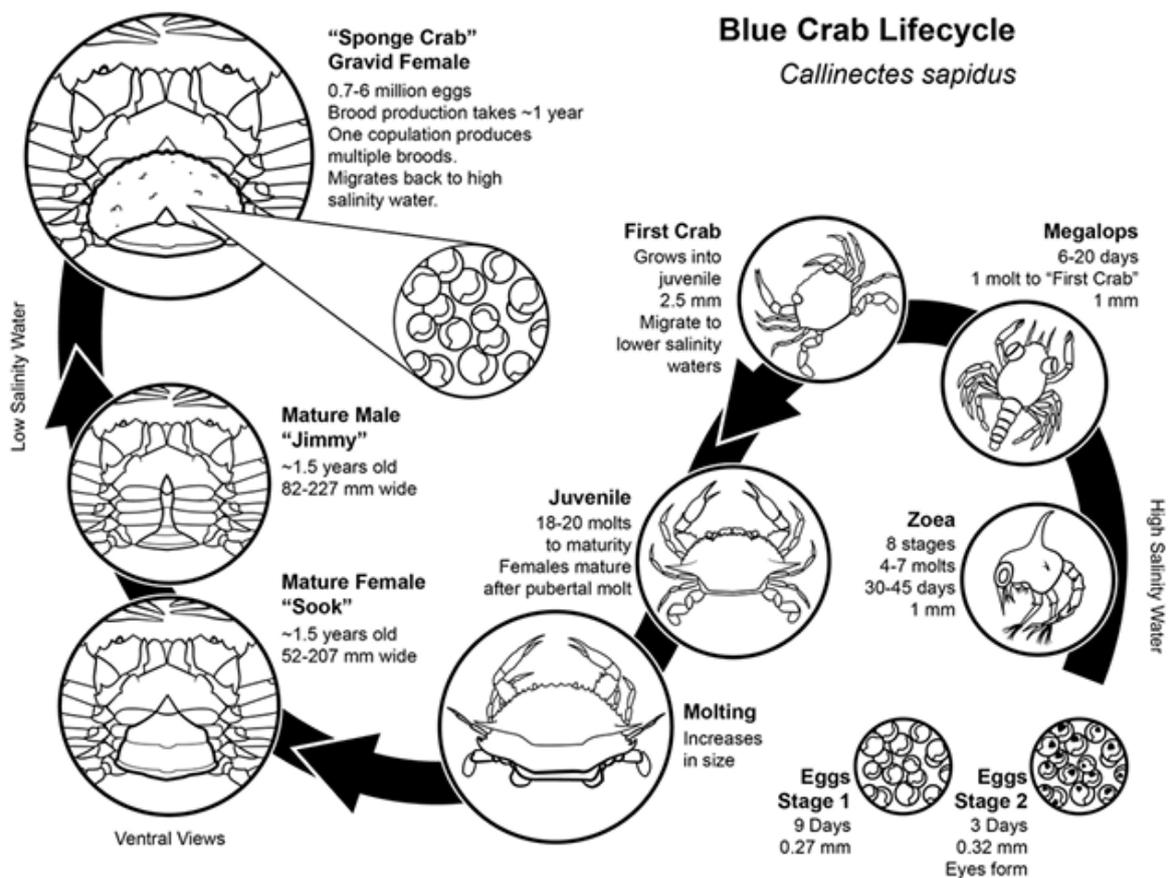
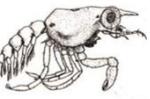


Figure 5. Schéma détaillé représentant le cycle de vie de *Callinectes sapidus* dans son aire d'origine (source internet : 9-bantry-seminar\_project-fair\_ppt-blue-crab). NB : en haut à gauche, il est indiqué qu'une copulation peut féconder plusieurs pontes. Ce comportement se produit aussi chez les araignées de mer qui ont aussi une mue terminale.

Tableau II. Nombre de jours observés en laboratoire entre chaque mue après éclosion des œufs concernant les larves de *Callinectes sapidus* à des températures et salinités variables (d'après [Costlow & Bookhout, 1959](#)).

Stade de développement	Température (°C)	Salinité (psu)		
		20.1	26.7 (3 échantillons)	31.1
 Zoé, Mue 1	25	6-13	A: 7-9 B: 6-12 C: 7-9	7-13
	30		5-11	
Zoé, Mue 2	25	12-16	A : 10-12 B: 10-20 C: 10-12	11-19
	30		11-16	
Zoé, Mue 3	25	17-27	A : 15 B: 17-26 C: 14-23	15-27
	30		14-18	
 Zoé, Mue 4	25	24-30	A : 19 B: 20-32 C: 18-26	20-29
Zoé, Mue 5	25	28-34	A: 22 B: 24-39 C: 22-33	24-39
Zoé, Mue 6	25	38	A: 27 B: 28-39 C: 26-38	29-43
 Zoé, Mue 7 (vers mégalope)	25	43	A: 31 B: 35-49 C: 32-45	35-47
Mue 8 (vers crabe juvénile)	25	50	A: 37 B: 50-55 C: 39-53	45-55

Afin d'aider à déterminer les différents stades larvaires chez *C. sapidus*, [Churchill \(1919\)](#) avait décrit précisément les traits caractéristiques de chaque stade.

« La zoé est de taille pratiquement microscopique, mesurant environ 1mm de longueur. Le corps est de forme quelque peu cylindrique, les yeux grands et bien visibles, les épines latérales courtes ; il y a une longue colonne vertébrale incurvée sur le dos ; les griffes manquent ; et l'abdomen est long et rond, se terminant par une sorte de queue fourchue. La zoé a un long bec pointu, deux paires d'antennes et quatre paires d'appendices en forme de pattes. Les vraies jambes ne sont pas encore apparues. La zoé nage vers l'arrière en secouant très rapidement l'abdomen contre le bas du corps [...].

Les mégalopes ressemblent à l'adulte, ayant un corps plutôt aplati et un abdomen plus court et plus large que celle de la larve zoé, les yeux, cependant, sont encore plus proéminents que chez l'adulte, et les deux pattes postérieures ne sont pas plates, mais arrondies, et chacune est munie d'une pointe. L'abdomen n'est pas recroquevillé contre le dessous du corps, comme c'est le cas chez l'adulte. La mégalope nage librement et peut également marcher sur le fond ». ([Churchill, 1919](#) ; Fig. 6)

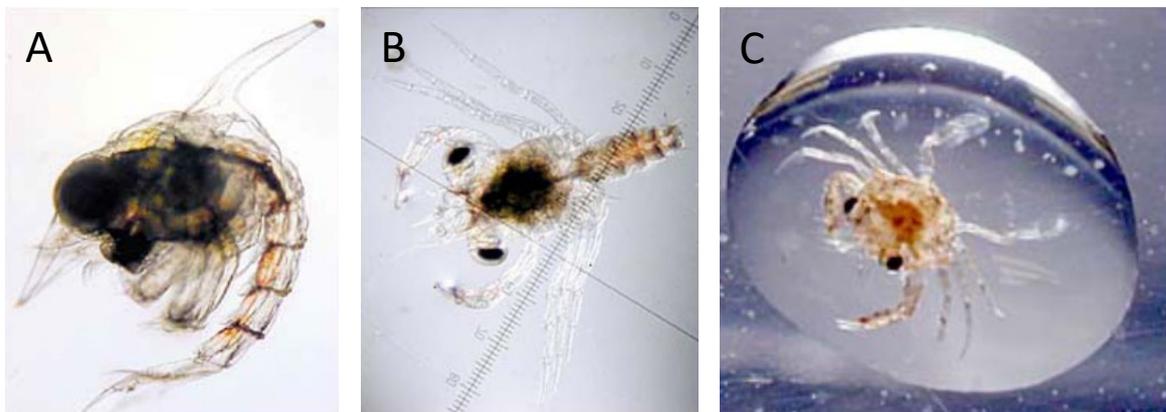


Figure 6. Photos illustrant différents stades de développement. A : première larve zoé, B : mégalope et C : premier stade crabe juvénile de *Callinectes sapidus* (© A. Young-Williams).

Il est très difficile, voire bien souvent impossible, d'identifier jusqu'à l'espèce les stades larvaires des crustacés, et donc de *C. sapidus*, sans passer par une mise en élevage des post-larves.

Une étude récente a caractérisé la phase larvaire des populations de *C. sapidus* aux îles Baléares en Espagne ([Png-Gonzalez et al., 2021](#)). [Costlow & Bookhout \(1959\)](#) reste l'étude de référence concernant le développement larvaire ; cependant ces travaux sont fondés sur des observations dans l'aire géographique d'origine de *C. sapidus*. Les études en cours, portées par l'Université de Corse, permettront d'apporter des éléments quant à la dispersion larvaire du Crabe bleu au sein du bassin NO Méditerranéen.

#### IV. Importance des connaissances liées à la mue et la croissance de l'espèce



Il y a eu par le passé une controverse quant à l'existence d'une mue terminale chez les crabes et chez *Callinectes sapidus* en particulier.

Existe-t-il une mue terminale chez le crabe bleu américain *Callinectes sapidus*? Sachant que la femelle ne peut être fécondée qu'après une mue, est ce qu'une deuxième mue chez les femelles fertiles impliquerait un autre accouplement ?

Tous les crustacés ont besoin de muer pour grandir ; les modalités varient selon les groupes. Ces mues successives avec croissance sont sous contrôle hormonal jusqu'à la mort de l'individu. La mue est sous contrôle de deux glandes endocrines. L'organe de mue ou organe Y produit une hormone stimulante (un ecdystéroïde) qui déclenche toute une série de transformations physiologiques qui conduisent à terme au rejet de l'ancienne cuticule ou "exuviation". L'organe Y a été découvert par [Gabe \(1953\)](#) et sa fonction a été mise en évidence quelques années plus tard par [Echalier \(1954 ; 1955\)](#) chez le crabe vert *Carcinus maenas*. Une autre hormone antagoniste régule la mue : il s'agit d'une neuro-hormone polypeptidique sécrétée par des cellules endocrines situées dans le pédoncule oculaire et plus précisément dans le complexe organe X - glande du sinus. C'est l'émission ou non de cette hormone inhibitrice de la mue qui contrôle l'organe Y.

Le Crabe bleu va muer de 18 fois (chez les femelles) à 20 fois (chez les mâles) avant d'être sexuellement mature tout au long de son stade crabe passant de juvénile (d'une taille de 2.5 mm) à adulte (15 à 20 cm ; [Costlow & Bookhout, 1959](#) ; [Havens & Mcconaugha, 1990](#)). Ce crabe a un développement rapide, les mâles semblent grandir plus rapidement que les femelles et les **fréquences des mues** sont grandement **impactées par la température de l'eau** ; une température plus élevée induirait une croissance plus rapide ([Churchill, 1919](#)). Inversement, les crabes arrêtent de muer en hiver, en raison de la température trop faible des eaux et attendent le début du printemps et le réchauffement des eaux pour reprendre les mues ([Van Engel, 1958](#)).

Chez les jeunes individus on peut observer des cas de régénération d'organes ou de membres endommagé ([Churchill, 1919](#)) lorsque la mue a eu lieu, la cuticule durcie généralement en 2 à 3 jours ([Churchill, 1919](#)). Lors de leur développement, les jeunes individus migrent en amont des estuaires et lagunes vers des eaux moins salées ([Van Engel, 1958](#) ; [Dudley & Judy, 1971](#)). Les mâles migrent généralement plus en amont que les femelles. En effet, ils affectionnent plus particulièrement les eaux moins salées ([Dudley & Judy, 1971](#)).

La mue de l'individu juvénile à adulte est généralement décrite comme la mue terminale d'une femelle. Cependant de manière exceptionnelle et sous certaines conditions, [Havens & Mcconougha \(1990\)](#) décrivent une mue supplémentaire chez la femelle fertile. Lors de cette mue « terminale » la femelle voit son abdomen passer d'une forme triangulaire à arrondie signe que celle-ci peut porter des œufs (Fig. 4 ; [Churchill, 1919](#)). C'est d'ailleurs la seule période de sa vie où elle peut s'accoupler sachant que son espérance de vie est comprise entre 2 et 4 ans. Le mâle, quant à lui, continue de muer tout au long de sa vie pouvant s'accoupler à de multiples reprises (Fig. 7). Il est important de préciser que le mâle, pour s'accoupler, doit avoir une carapace dure (donc hors période de mue) pour l'intromission de ses stylets copulateurs.

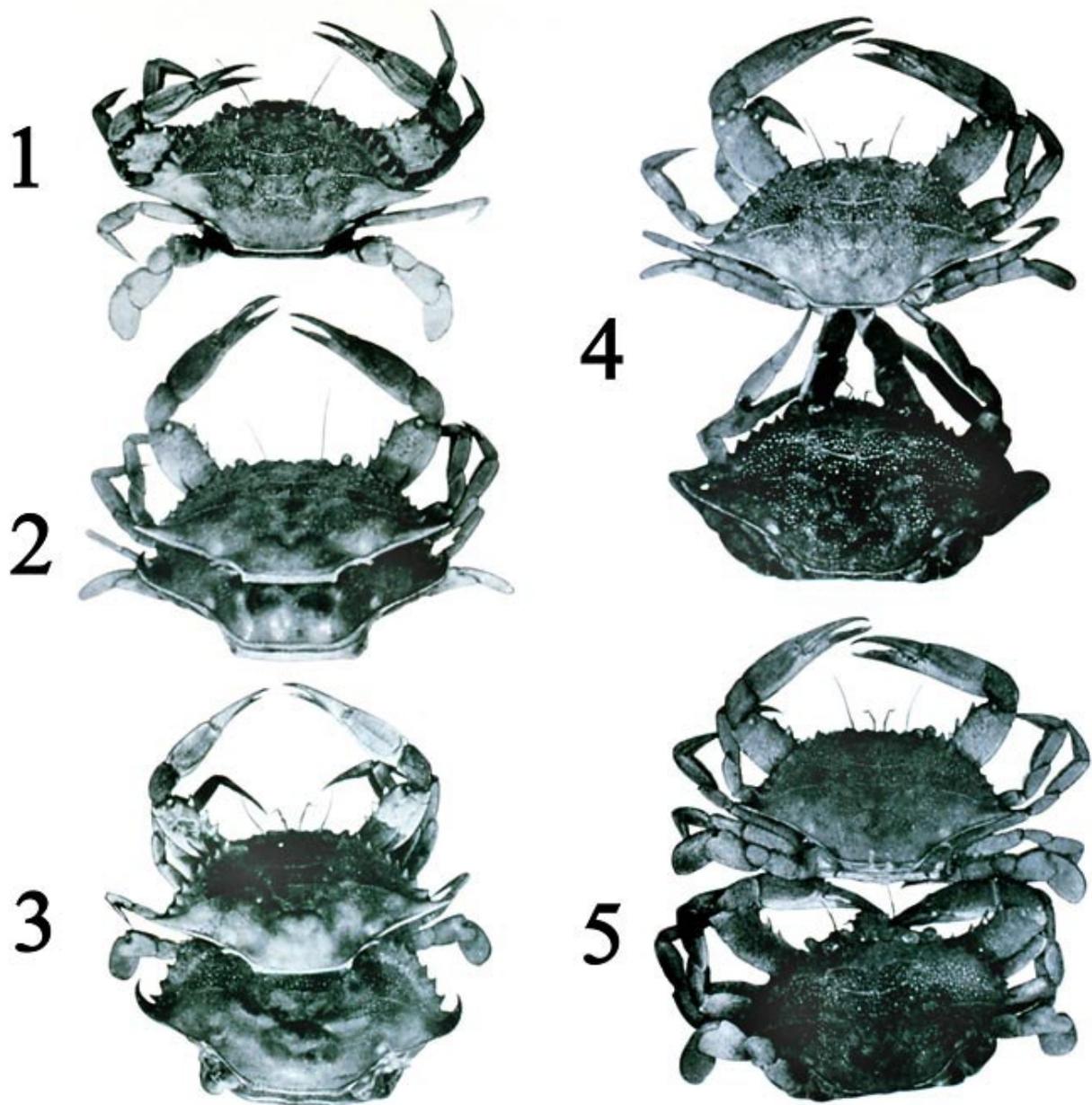


Figure 7. Différentes étapes de *Callinectes sapidus* effectuant une mue depuis un ancien exosquelette mature (© W.P. Hay)

Teissier (1935) a été le premier à signaler que certains crustacés comme l'araignée de mer du genre *Maja* ne mueaient pas toute leur vie et qu'ils avaient donc une **mue terminale**. D'ailleurs, chez *Acanthonyx*, une autre araignée de mer de petite taille, la glande de mue disparaîtrait après la mue terminale (Chaix *et al.*, 1976). La mue terminale chez les crustacés a été décrite chez diverses espèces par Carlisle (1957), en particulier chez les araignées de mer de la famille des Majidés (Conan & Noël 1994). La situation est plus complexe chez de nombreuses autres familles de crustacés et a fait l'objet de débats entre spécialistes (Chaix *et al.*, 1976 ; Somerton, 1981). Chez les espèces ayant habituellement une mue terminale l'existence d'une mue après la mue de puberté (théoriquement terminale) a pu être considérée comme une anomalie (Itô & Kobayashi, 1967); pour certains auteurs il s'agirait d'une preuve de l'absence de mue terminale (Hooper, 1986).

Chez les crabes, il existe deux principaux types physiologiques assez différents qui conduisent à une mue terminale et qu'il convient de bien distinguer :

- chez les araignées de mer (Majidés entre autres) la mue conduisant à la première reproduction (mue de puberté) est la dernière mue et constitue donc une mue terminale (Hartnoll 1965) ;

*« Maia squinado has been the subject of intensive biometrical study by Teissier (1934-55), who has shown that it never moults again after the moult of puberty. Sexual maturity is achieved at this moult; copulation takes place while the female is still soft after the moult and is not possible thereafter. No further growth takes place. The terminal anecdyasis, therefore, is the anecdyasis succeeding upon the attainment of sexual maturity. It follows that female Maia can only breed once. The earlier moults are separated by long intervals » (Carlisle, 1957).*

- chez les crabes dits « nageurs » (Carcinidés, Portunidés) la puberté intervient de façon précoce car on trouve des femelles ovigères de petite taille. Mâles et femelles continuent à grandir, donc à muer, jusqu'à une taille limite beaucoup plus grande qui est atteinte lors d'une mue qui serait terminale.

*« In the Plymouth population almost all Carcinus over 70 mm carapace breadth and all over 75 mm are in the terminal anecdyasis. The largest of the males are regularly 86 mm in carapace breadth, never in my experience exceeding this figure by even 1 mm. The females are smaller than the males. (...) The moult of puberty takes place in Carcinus at about 16mm carapace breadth (Cornubert, Demeusy & Veillet, 1952), and the animal undergoes about ten more moults before entering on the terminal anecdyasis » (Carlisle, 1957).*



Ce qu'il faut donc retenir de ces différents travaux et résultats, c'est que chez les araignées de mer comme chez les crabes nageurs la mue terminale est une mue de sénescence annonçant une mort proche après la reproduction.

Concernant le Crabe bleu américain, *Callinectes sapidus*, qui a été le plus étudié, la question n'est pas encore résolue. Des recherches diverses ont conduit leurs auteurs à des avis parfois divergents.

*« In the Chesapeake Bay, sexual maturity is reached after 18 to 20 postlarval molts, at the age of 1 to 1½ years. Males continue to molt and grow after they reach sexual maturity. It is generally accepted that females cease to molt and grow (terminal molt) when they mature and mate. However, new research suggests that mature females (sooks) will continue to molt given the right set of circumstances. Jeffery Shields of the Virginia Institute of Marine Science says that it was once believed that blue crabs experienced a terminal molt which was considered the second molt after puberty for males and the only molt after puberty for females. While this is generally the case, most portunid crabs do continue to molt.»*  
(<https://www.bluecrab.info/lifecycle.html>, © 2019 ZinskiNet, LLC. All rights reserved.)

Les mâles continueraient de muer après leur mue de puberté contrairement aux femelles qui généralement feraient une mue terminale. Dans certains cas particuliers, elles pourraient muer.

*« Data from the present study indicates that the y-organ remains functional in mature female blue crabs, *C. sapidus*. further supporting a diapause stage rather than terminal anecdysis. »* (Havens & Mcconougha, 1990)

## V. Distribution géographique à l'échelle mondiale : zoom sur la Méditerranée



Comprendre la provenance des populations présentes en Corse.

Observer la taille des populations dans différentes régions du bassin méditerranéen.

Est-ce que la situation est similaire en Corse et en Sardaigne ? Est-ce que l'origine des populations corses et sardes sont identiques ?

### V.1. *Callinectes sapidus* de son aire d'origine à son invasion

*Callinectes sapidus* est une espèce native des côtes atlantiques américaines tempérées et tropicales (Rathbun, 1930). Elle se rencontre de la Nouvelle-Ecosse (sud du Canada) où l'espèce ne se reproduirait pas (Mc Cullough *et al.*, 2005) au nord de l'Argentine, limite sud de distribution dans son aire d'origine (Williams, 1984). Ce crabe a été signalé dans différentes régions du globe (voir Noël, 2017 pour plus de détails). En consultant la base de données en ligne GBIF, il est possible de suivre l'évolution des recensements de l'espèce et de comparer la situation actuelle et celle de l'étude de Nehring (2011 ; Fig. 8).



Figure 8. Localisation des observations de *Callinectes sapidus* en 2011 (A) et 2022 (B ; © GBIF).

La compilation de l'ensemble des recensements de l'espèce est complexe et les bases de données sont bien souvent incomplètes (Mancinelli *et al.*, 2021). De nombreuses données sont encore non publiées. Mancinelli *et al.* (2021) ont réalisé ce travail de recensement à partir de données issues de la bibliographie. Cette carte est pour le moment la plus récente et la plus complète (Fig. 9). La carte sur le site INaturalist peut également être intéressante à consulter <https://www.inaturalist.org/taxa/49504-Callinectes-sapidus>, cependant elle ne semble pas être à jour.

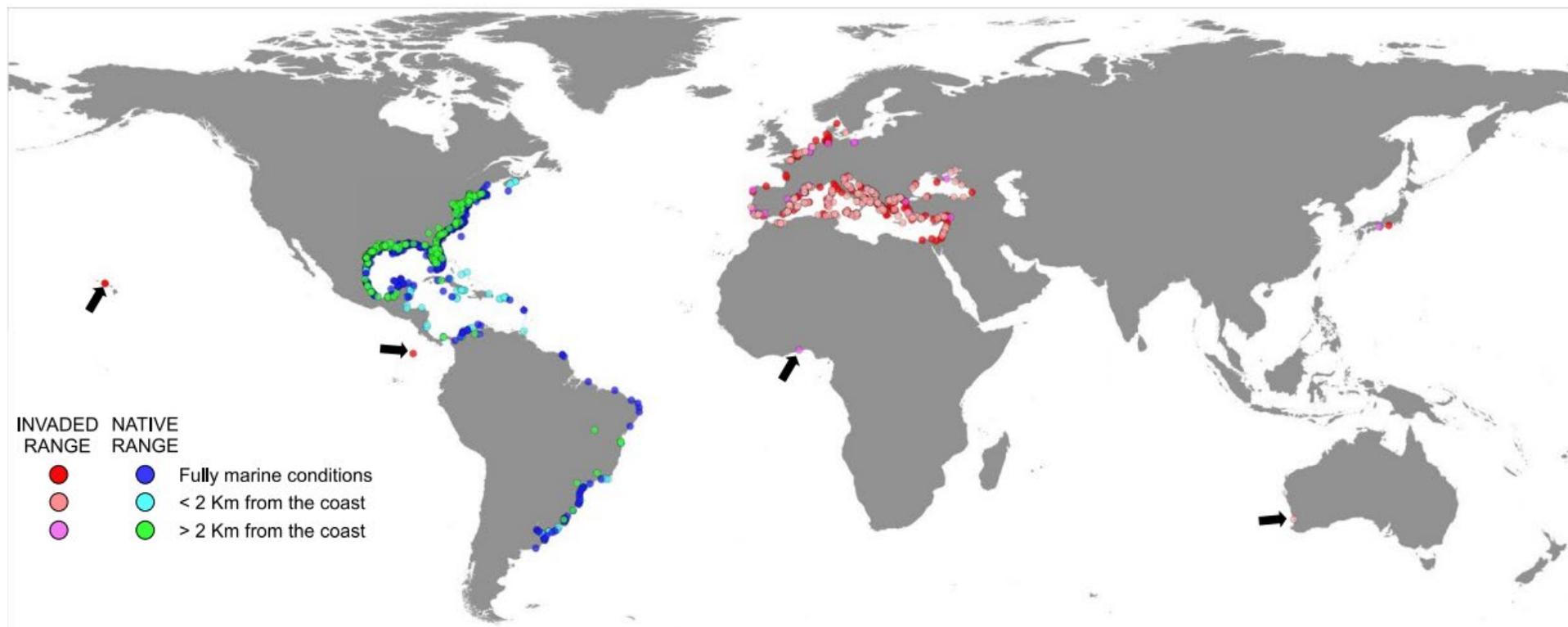


Figure 9. Répartition de *C. sapidus* en fonction de sa distance côtière de recensement, de l'aire géographique d'origine et de l'aire géographique d'introduction (Mancinelli *et al.*, 2021).

Depuis ces dernières années, l'espèce semble avoir une expansion de son aire de répartition vers le nord de l'hémisphère Nord (Johnson, 2015 ; Mancinelli *et al.*, 2021). *A contrario*, sur les côtes de l'Amérique latine, son aire de répartition resterait stable (Fig. 10 ; Mancinelli *et al.*, 2021).

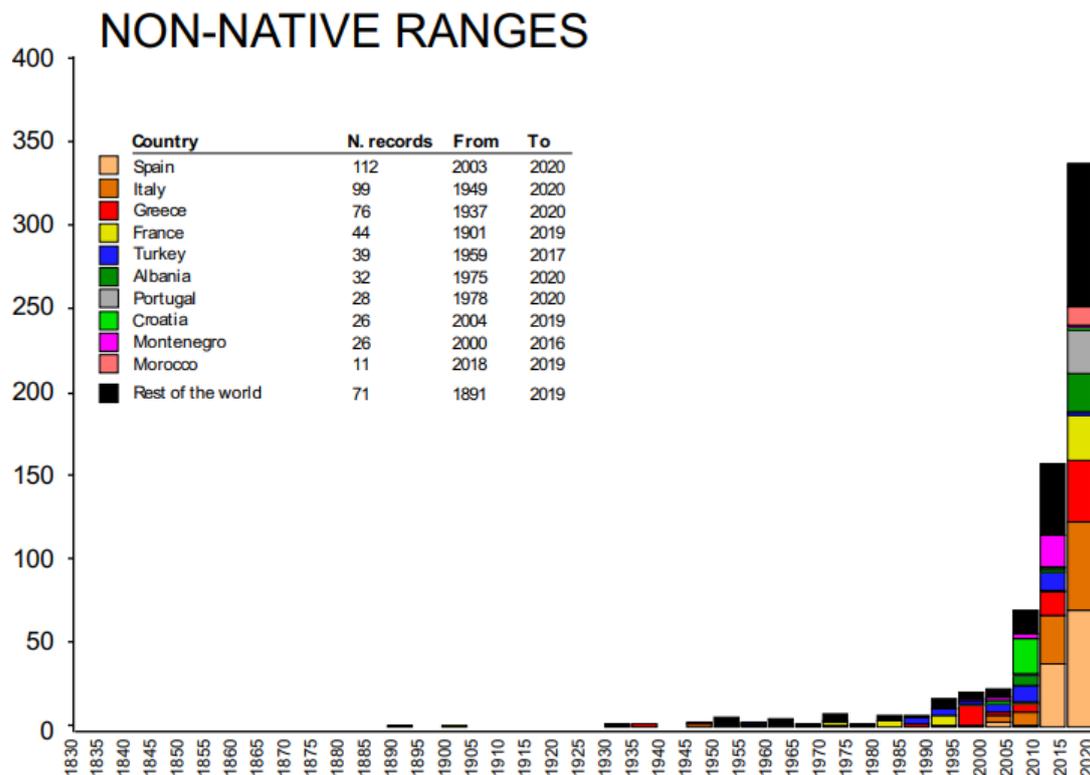


Figure 10. Nombre de recensement de *Callinectes sapidus* dans des zones où il est non-indigène (Mancinelli *et al.*, 2021).

Dans les régions où *C. sapidus* est invasif, Mancinelli *et al.* (2021) notent que l'explosion démographique date des années 2000/2004 (Fig. 10). Les auteurs tentent d'expliquer ce phénomène.

« Intriguingly, the pattern may be a result of both an effective increase in the number and spatial distribution of established populations in non-native areas, as well as an increase of the awareness of the species in the scientific and non-scientific community. To provide an ultimate explanation is beyond the scope of the present study; however, it is likely that the increase may actually reflect an expansion of the species, given the morphological characteristics of *C. sapidus* in terms of size and coloration and the relative ease with which it can be identified (but see the notes in the dataset for some counterexamples) » (Mancinelli *et al.*, 2021).

Cette explosion démographique peut être le résultat à la fois (i) d'une augmentation effective du nombre d'individus de *C. sapidus* en Méditerranée ainsi que la répartition spatiale des populations établies dans les zones non indigènes, et (ii) une augmentation de la sensibilisation/communication autour de cette espèce au sein des communautés scientifiques et non scientifiques.



Il est clair que la prise de conscience de la communauté scientifique n'est pas le seul facteur induisant cette augmentation exponentielle de recensement de *Callinectes sapidus*.

## V.2. Invasion de *Callinectes sapidus* en Europe et dans le bassin Méditerranéen

Le premier signalement du Crabe bleu américain, *Callinectes sapidus*, en Europe a été effectué en 1900 sur la côte atlantique française (Fig. 11). Par la suite, des individus ont été détectés en mer du Nord (1932), en mer Méditerranée (1949, probablement dès 1935), en mer Baltique (1951), en mer Noire (1967) et en mer d'Azov (1967). Il semblerait que plusieurs vecteurs d'introduction indépendants aient eu lieu comme les eaux de ballasts et l'introduction de l'espèce à des fins aquacoles qui restent le vecteur d'introduction le plus probable (Nehring, 2011).

Depuis 2011, l'espèce s'est grandement développée en **Europe** et plus particulièrement en **Méditerranée** (Mancinelli *et al.*, 2017a ; Labrune *et al.*, 2019 ; Mancinelli *et al.*, 2021). *C. sapidus* s'est étendu sur les côtes allemandes et danoises (Nehring & Van der Meer, 2010), zone la plus septentrionale où il a été recensé. Le Crabe bleu se situe donc dans des latitudes plus hautes que son aire de répartition due à des eaux plus chaudes liée au Gulf Stream (Mancinelli *et al.*, 2021). *C. sapidus* est signalé aujourd'hui dans l'ensemble du bassin méditerranéen, à l'exception de quelques régions comme la côte libyenne (Fig. 9 ; Mancinelli *et al.*, 2021). Depuis quelques années, cette espèce connaît une très forte expansion dans le bassin nord-ouest Méditerranéen, avec parfois des explosions de population en particulier dans certaines lagunes (e.g. Lagune de Canet en Occitanie ; invasion spectaculaire en 2021 ( $\pm$  10 tonnes), alors que seulement quelques individus avaient été observés en 2017).

« Three main issues are worth highlighting: i) an expansion of the species towards the western Mediterranean Sea and Portuguese Atlantic waters. Specifically, unpublished data on the occurrence of the species along the Spanish Valencian coast in 2014–2015, combined with the number of captured individuals, indicate that in this area the species is established and is currently expanding its range; ii) the widespread distribution of the blue crab in Greece and, in general, in the Ionian - Adriatic area. In the Aegean and Levantine basins the blue crab is to date almost ubiquitous, being recorded even in freshwaters (Lake Volvi : Kaporis *et al.*, 2014). The species has also become common in western Greece along the Ionian coasts (Fig. 1

; see also notes in Table A). Accordingly, records have increased considerably in the eastern Ionian (see insert in Fig. 1) and throughout the Adriatic Sea, with repeated observations in Italy, Croatia, Montenegro, and Albania; and iii) the species is also expanding in the Black Sea: in addition to a number of relatively old records from the northern area of the basin, there have been several recent observations along the south-eastern coasts ». (Mancinelli *et al.*, 2017a)

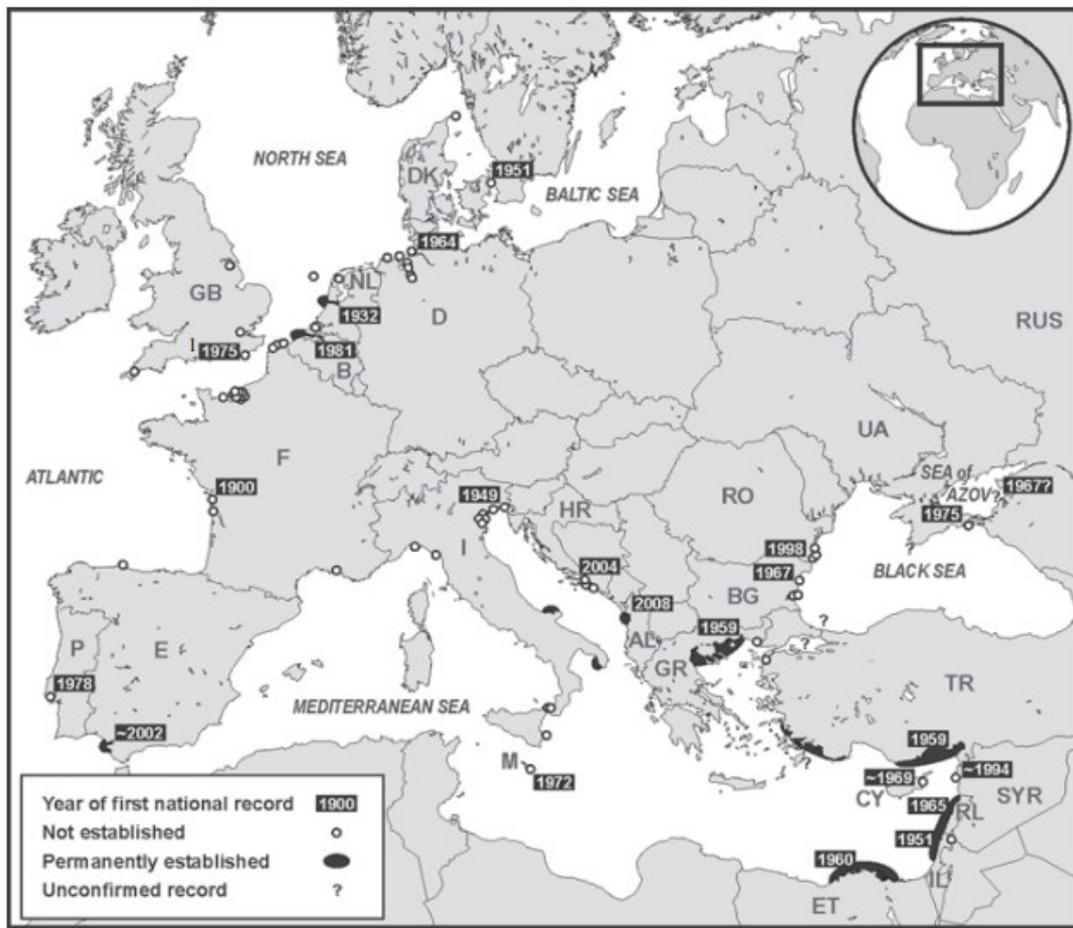


Figure 11. Recensement de *C. sapidus* dans les eaux européennes et adjacentes. Non établie : généralement une seule observation ; établie permanent : données supportant un établissement permanent ; observation non confirmée : observation sans vérification (Nehring, 2011).

Le Crabe bleu est également présent en Sardaigne et en Corse et fait désormais l'objet d'une attention toute particulière (infos à jour sur le site du [Pôle-relais lagunes méditerranéennes](#) et de [l'Observatoire Régional des Zones Humides de Corse](#)). Quelques études, en Méditerranée, se sont fondées sur les travaux de Nehring (2011) en y apportant des données supplémentaires et complétant ainsi les connaissances sur l'expansion de *C. sapidus* dans cette région (Fig. 12 ; Frogliia, 2017 ; Mancinelli, 2017 ; Garcia *et al.*, 2018 ; Benabdi *et al.*, 2019 ; Labrune *et al.*, 2019 ; Piras *et al.*, 2019 ; Mancinelli, 2021).

Ces dernières années, le Crabe bleu a étendu son aire de répartition sur les **côtes françaises** et plus particulièrement sur les côtes du golfe du lion (Fig. 12 ; [Labrune et al., 2019](#)). La présence du Crabe bleu avait été notée dans l'étang de Berre en 1962 ([Galil et al., 2002b](#)), cependant son expansion sur la côte française méditerranéenne n'a été confirmée qu'à partir de 2016 ([Labrune et al., 2019](#)). Depuis, il a été observé dans 15 lagunes en région Occitanie (Canet, Salses-Leucate, La palme, Ayrolle, Gruissan, Bages-Sigean, Vendres, Thau, Méjean, Vic, Arnel Or (ou étang de Maugio), Ponant, Médard et Murette), trois lagunes en région PACA (Delta de Camargue (Embouchure du Rhône et Vaccarès), Berre et étangs de Villepey) et 8 lagunes en région Corse (Biguglia, Diana, Urbinu, Palu, Arasu, Saint-Cyprien, Ventilegna et Pisciu-Cane ; [Labrune et al., 2019](#) ; Données non publiées). Des observations en mer et dans certaines embouchures ont également été faites : rivière de la Massane, en région Occitanie, embouchure de l'Aliso, plage de l'Arinella, embouchures du Golo, du Stabiacciu, de la Solenzara et au fond de la baie de Figari en région Corse (Données non publiées).



En **Corse**, le premier signalement avéré date de 2003. Entre 2014 et 2017, l'espèce s'est étendue le long du littoral est de la Corse et entre 2019 et 2021, le nombre d'individus a très fortement augmenté sur plusieurs sites (Données non publiées). En 2020, les pêcheurs ont signalé pour la première fois la présence de femelles grainées sur la lagune de Palu attestant ainsi sa reproduction en Corse. En 2021, des femelles grainées ont été observées et capturées le long du lido de la Marana (au sud de Bastia) et dans les lagunes de Biguglia et d'Urbinu (Fig. 13). Le Crabe bleu est également signalé dans l'extrême-sud en mer et en lagune au sein de la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio. Une première observation a été faite sur la côte ouest du Cap-Corse en 2021 (Fig. 13).

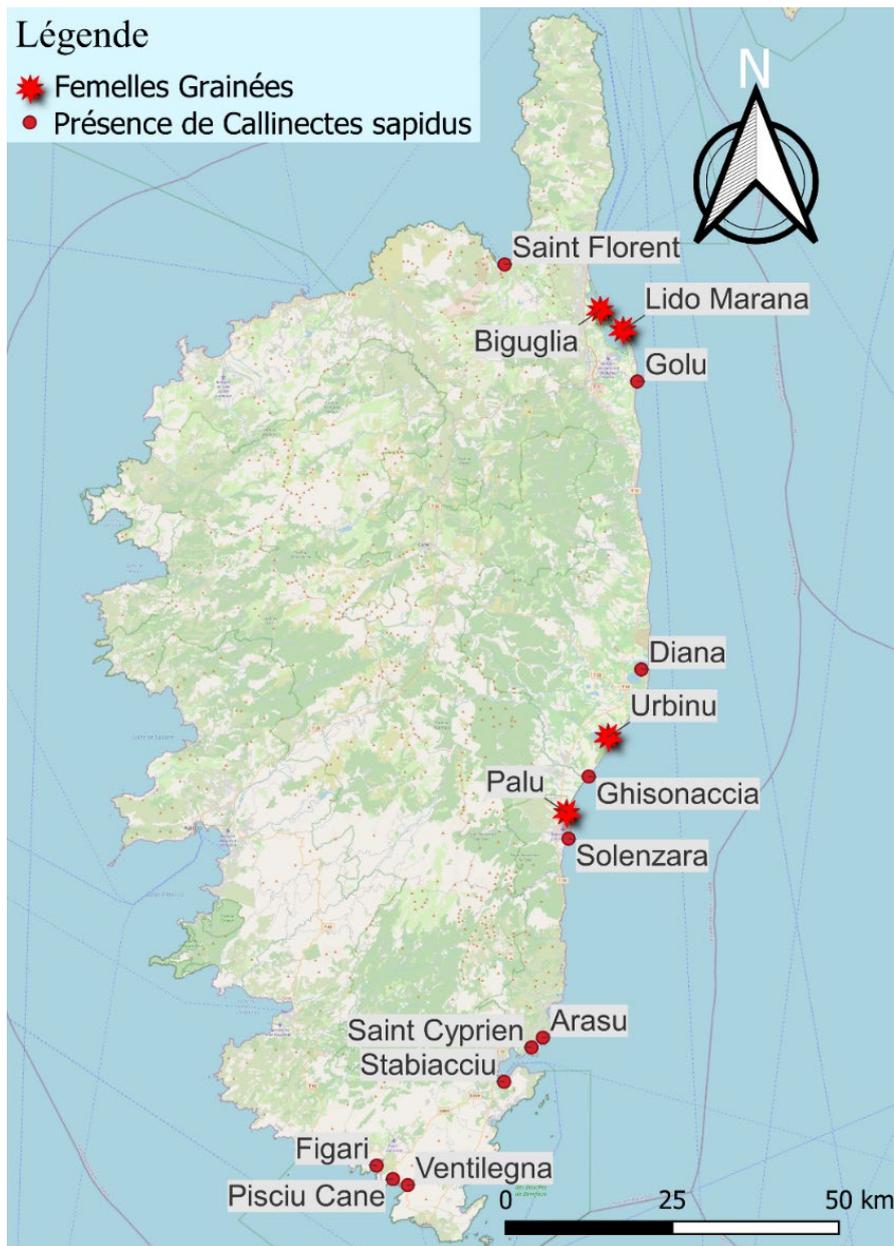
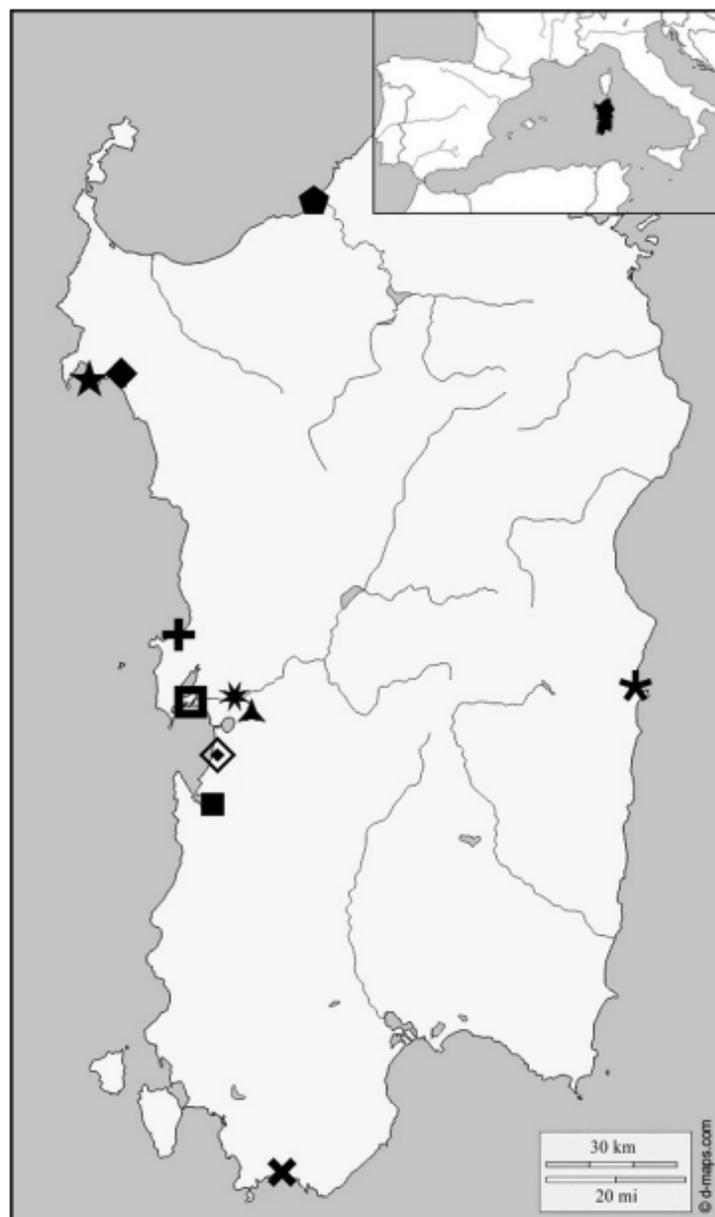


Figure 13. Carte de répartition de *Callinectes sapidus* en Corse (© OEC).

En **Sardaigne**, des spécimens ont été observés le long de la côte ouest de l'île (Piras *et al.*, 2019). Les premières observations de Crabe bleu ont été effectuées en avril 2017 dans la lagune de S'Ena Arrubia. Il semblerait que *C. sapidus* ait été introduit en Sardaigne soit lors de l'importation de semence de bivalves ou encore par les eaux de ballasts (Fig. 14). Des femelles grainées ont été également observées ce qui atteste sa reproduction (Culurgioni, 2020). Sur la côte italienne (Mer Tyrrhénienne), des observations ont été fait en 1965 et en 2005 proche de Livourne (Manfrin *et al.*, 2016), puis plus récemment dans la lagune de Fogliano (mai 2020) et dans la baie de Naples (août 2021 ; <https://www.inaturalist.org/taxa/49504-Callinectes-sapidus>).



**Figure 1.** Records of *Callinectes sapidus* in Sardinia. ● Coghinas estuary; ◆ Calich lagoon; ★ Lazzaretto beach; + Is Benas lagoon; □ Cabras lagoon; \* Tirso river; ▲ Fenosu ponds; ◇ S'Ena Arrubia lagoon; ■ Marceddi lagoon; ✕ Porto Budello; ★ Tortoli lagoon.

Figure 14. Localisation des recensements de *Callinectes sapidus* en Sardaigne (Culurgioni, 2020)

Bien qu'implanté en Méditerranée, l'espèce était, jusque-là, moins présente dans le sud-ouest et le sud-est du bassin. Cependant, une expansion sur les **côtes africaines** est notable depuis ces 2 dernières années avec des recensements au **Maroc**, en **Algérie** et en **Tunisie** (Benabdi *et al.*, 2019 ; Taybi *et al.*, 2020 ; Mancinelli *et al.*, 2021). L'espèce est donc présente au-moins dans 17 pays sur les 23 qui bordent la mer Méditerranée (Benabdi *et al.*, 2019). En mer Noire, les conditions physico-chimiques du bassin ont laissé croire que les conditions n'étaient pas assez favorables au développement du Crabe bleu, jusqu'en 2017, où il a pu être observé pour la première fois (Aydin, 2017 in Mancinelli *et al.*, 2021).



Le Crabe bleu ou étrille bleue, *Portunus segnis* (Forskål, 1775), fait partie de la famille des Portunidae qui est dominante dans les pêcheries commerciales de crabes dans le monde (Bdioui, 2016). Cette espèce, originaire de la région indo-pacifique est signalée en Méditerranée dès 1896 en Égypte puis successivement en Israël, au sud de la Turquie, au Liban, en Syrie, à Chypre et en Sicile. Depuis le début des années 2010, sa présence est signalée sur les côtes tunisiennes (2014 dans le golfe de Gabes, puis plus au nord dans le golfe d'Hammamet en 2016 ; Bdioui, 2016). Il est considéré comme le premier crustacé introduit en Méditerranée depuis la Mer rouge (Rabaoui *et al.*, 2015). Dans le golfe de Gabes, sur la vingtaine d'espèces des crustacés introduites les 2/3 l'ont été après les années 2000 (Ounifi-Ben Amor *et al.*, 2016). Depuis 2014, la population de *P. segnis* dans le golfe de Gabes connaît une croissance exponentielle. Il est qualifié de véritable « peste » au regard des dégâts causés sur les engins de pêche (filets et charfias).

## VI. Descriptions de l'habitat du Crabe bleu et ses migrations



Comprendre les migrations de *Callinectes sapidus* entre le milieu marin côtier et les lagunes/estuaires afin de pouvoir engager des actions de gestion ciblées contre la lutte de l'espèce invasive.

Améliorer les connaissances sur l'habitat préférentiel du Crabe bleu sur les côtes méditerranéennes françaises ainsi que la qualité de cet habitat.

La télémétrie acoustique est-elle un outil pertinent pour suivre l'espèce ?

### VI.1. La diversité des habitats ciblés par *Callinectes sapidus*

Les **habitats** sont des **éléments spatio-temporels primordiaux** dans la vie des organismes vivants. Ils correspondent aux caractéristiques biologiques et physico-chimiques d'un secteur constituant l'environnement journalier d'un organisme aquatique (Milner *et al.*, 1985). Les habitats permettent la réalisation des fonctions vitales des individus telles que, la **nutrition**, le **repos** ou encore la **reproduction** et assurent aussi le rôle de **refuges** et/ou d'abris lors des variations rapides des conditions physiques de l'hydrosystème (Magoulick & Kobza, 2003).

Le cycle de vie de *Callinectes sapidus* se déroule au sein de différents types d'habitats : baies, lagunes et estuaires. Il comprend (i) la stratification de la population, (ii) les activités migratoires principalement liées aux genres, à l'ontogénèse, à la reproduction et (iii) les aspects trophiques (Mc Clintock *et al.* 1993, Ramach *et al.* 2009). Malgré sa préférence pour les eaux à salinité moyenne, le Crabe bleu est décrit également dans des eaux très peu salées voire douces (Churchill, 1919). Au sein des milieux lagunaires, des estuaires et des régions de faible salinité, une prédominance de juvéniles appartenant aux deux sexes est à noter. Tandis que les mâles adultes restent dans l'estuaire ou la lagune, les femelles adultes et ovigères migrent vers des eaux plus salées (Fig. 15 ; Archambault *et al.*, 1990 ; Aguilar *et al.*, 2005 ; Ortiz-Léon *et al.*, 2007 ; Ramach *et al.*, 2009). En été, les crabes bleus se retrouvent dans des eaux de faible profondeur et en hiver ceux-ci migrent vers des eaux plus profondes (Churchill, 1919).

Cheng *et al.* (2022) ont démontré que la végétation côtière et la bathymétrie sont les principales caractéristiques qui influencent l'abondance relative et la distribution de *C. sapidus* adulte sur des échelles spatiales larges (quelques mètres à plusieurs kilomètres). En effet, les crabes adultes semblent se retrouver dans des eaux plus profondes par rapport aux jeunes individus ou juvéniles ; les juvéniles peuvent être trouvés dans quelques centimètres d'eau. En général, plus les observations sont faites au bord, plus les individus sont de petite taille (Churchill, 1919). Les différents **facteurs** pouvant **influencer la répartition** du Crabe bleu dans son aire géographique d'origine ont été étudiés/observés et ont permis de mettre en évidence les préférences de répartition locale à travers : la **présence d'herbiers clairsemés**, la **profondeur**, la **salinité** et la **température** (Fig. 15 ; Churchill, 1919 ; Cheng *et al.*, 2022). À titre

d'exemple, sur les côtes de la Virginie, le maximum d'individus observés mâles et femelles (grainées et non grainées confondus) a été trouvé dans des herbiers clairsemés, correspondant à une densité de 200 à 300 faisceaux au m<sup>2</sup> (Tab. III ; [Cheng et al., 2022](#)).

« We examined how local-scale to landscape-scale habitat characteristics and bathymetric features (channels and oceanic inlets) affect the relative abundance (catch per unit effort, CPUE) of adult blue crabs across a > 33 km<sup>2</sup> seagrass landscape in coastal Virginia, USA. We found that crab CPUE was 1.7 × higher in sparse (versus dense) seagrass, 2.4 × higher at sites farther from (versus nearer to) salt marshes, and unaffected by proximity to oyster reefs. The probability that a trapped crab was female was 5.1 × higher in sparse seagrass and 8 × higher near deep channels. The probability of a female crab being gravid was 2.8 × higher near seagrass meadow edges and 3.3 × higher near deep channels. Moreover, the likelihood of a gravid female having mature eggs was 16 × greater in sparse seagrass and 32 × greater near oceanic inlets » ([Cheng et al., 2022](#))



Ci-dessous, à titre d'élément de comparaison, Giraud (1977) décrit 5 types d'herbiers à *Posidonia oceanica* en fonction de la densité des faisceaux au m<sup>2</sup>. Le tableau III recense ces différents types. Cette classification ne tient pas compte de la bathymétrie (impact moindre dans les lagunes sédimentaires). Il apparaît donc important de disposer d'une cartographie de la surface des herbiers au sein de nos lagunes afin de pouvoir appréhender les relations espèces-habitat.

Tableau III. Classement des herbiers à *Posidonia oceanica* en fonction de la densité des faisceaux foliaires (d'après [Giraud, 1977](#)). Au-dessous de 50 faisceaux par m<sup>2</sup>, on ne parle plus d'herbier.

Densité par m <sup>2</sup>	Type d'herbier	
Plus de 700 faisceaux / m <sup>2</sup>	Herbier très dense	Type I
de 400 à 700 faisceaux / m <sup>2</sup>	Herbier dense	Type II
de 300 à 400 faisceaux / m <sup>2</sup>	Herbier clairsemé	Type III
de 150 à 300 faisceaux / m <sup>2</sup>	Herbier très clairsemé	Type IV
de 50 à 150 faisceaux / m <sup>2</sup>	Semi herbier	Type V
< ) 50 faisceaux / m <sup>2</sup>	Faisceaux isolés	

Une étude, menée durant la période estivale en Croatie, a mis en évidence une concentration des femelles principalement dans les eaux à salinité élevée (supérieure à 30 psu), alors que les mâles semblaient préférer les eaux saumâtres entre 20 et 25 psu ([Dulčić et al., 2011](#)). De plus, la plus forte abondance de *C. sapidus* a été observée dans la lagune et non dans l'estuaire. Dans les lagunes méditerranéennes françaises, quelques critères semblent favoriser le développement de *C. sapidus* : l'état écologique dégradé du milieu, la faible profondeur, les variations importantes de salinité de ces lagunes sédimentaires, l'absence de prédateurs au stade larvaire (dorades, bars) ou adulte (poulpe).

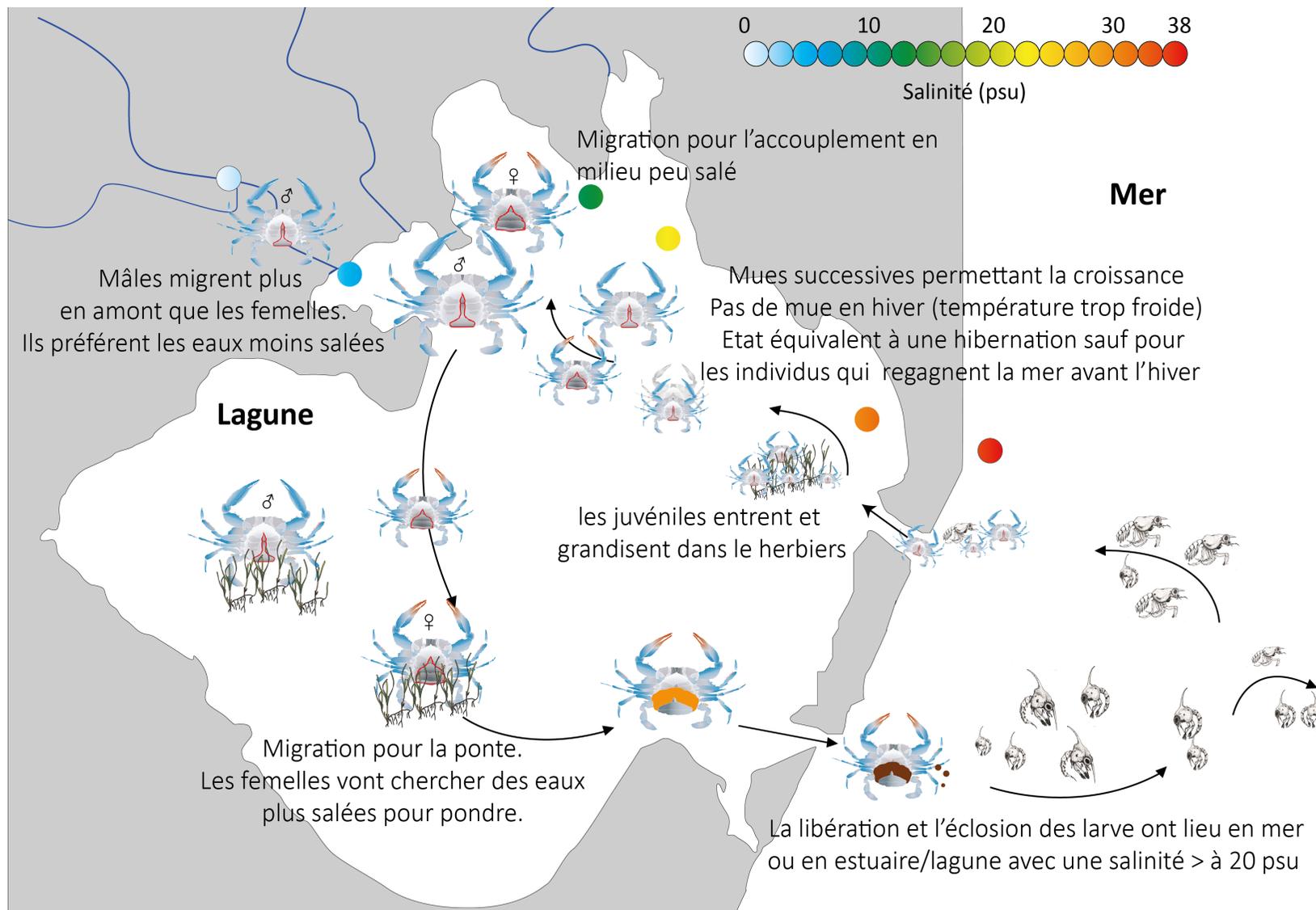


Figure 15. Lien entre les migrations de *Callinectes sapidus* et les différentes phases de son cycle de développement. Synthèse des différentes études portant sur ces thématiques et observations en Méditerranée (© M. Garrido)

## *VI.2. Apport de la télémétrie acoustique pour améliorer les connaissances des stratégies comportementales du Crabe bleu en Méditerranée*

Le milieu aquatique présente des caractéristiques qui rendent la surveillance et/ou l'observation de la faune plus difficile qu'en milieu terrestre (e.g. difficulté d'accès, opacité de l'eau aux ondes électromagnétiques). L'emploi de méthodes telles que, le pistage radio, GPS ou encore balises Argos, se limite souvent au suivi des animaux vivant en surface. Néanmoins, l'eau est propice à la propagation d'ondes sonores sur de longues distances. La **télémétrie acoustique** tire partie de cette propriété en assurant la communication entre un animal, équipé d'un émetteur, et un hydrophone, via un signal sonore de fréquence spécifique. Depuis les années 1950, elle est d'ailleurs appliquée à l'observation de la faune aquatique (Wolcott & Hines., 1990 ; Baras *et al.*, 1991).

Quelques études, employant cette technologie, ont déjà été menées sur des crustacés (Ayres-Peres *et al.*, 2011) et plus particulièrement sur *Callinectes sapidus* (Wolcott & Hines., 1990 ; Hines *et al.*, 1995 ; Clark *et al.*, 1999). Les trois études ont été réalisées durant la période estivale (de juin à août). En effet, cette période correspond au pic d'activité de l'espèce ainsi que la période de ponte des femelles.

Afin de suivre les migrations et mouvements de *C. sapidus*, le système de télémétrie à ultrasons semble être la méthode la plus adaptée (Wolcott & Hines., 1990 ; Hines *et al.*, 1995 ; Clark *et al.*, 1999). Le système ultrasons peut utiliser un signal monocanal ou multicanal (Clark *et al.*, 1999). Le signal monocanal induira une seule donnée, permettant la localisation du spécimen, alors qu'un signal multicanal permettra d'obtenir des données complémentaires en fonction du type d'équipement. Clark *et al.* (1999) ont mesuré par exemple le temps de nutrition du Crabe bleu par des électrodes placées sur ses mandibules, ou encore Wolcott & Hines (1990) ont établi le moment précis de la mue à partir d'un système d'aimants.

Les **émetteurs** utilisés pèsent environ 5 g. une fois immergés (soit 15 g. émergés) ; ce qui correspondait à 5% du poids d'un crabe (Hines *et al.*, 1995). Les tests en laboratoire ont permis de noter aucune différence de comportement notable entre des crabes équipés d'émetteurs et ceux dépourvus d'émetteurs (Hines *et al.*, 1995). Le temps de suivi pour ce genre d'équipement allait de 17 jours (Wolcott & Hines, 1990) jusqu'à un maximum de 21 jours (épuisement des batteries ; Hines *et al.*, 1995 ; Clark *et al.*, 1999). Concernant, les **récepteurs**, des hydrophones directionnels sur un navire ont été utilisés (Hines *et al.*, 1995) relié par ordinateur. À noter que depuis les années 1995 d'énormes avancées ont été faites dans ce secteur. En effet, il n'est plus nécessaire d'avoir un navire pour suivre en temps réel les spécimens étudiés et le système a été automatisé (Fig. 16 ; Li *et al.*, 2021).

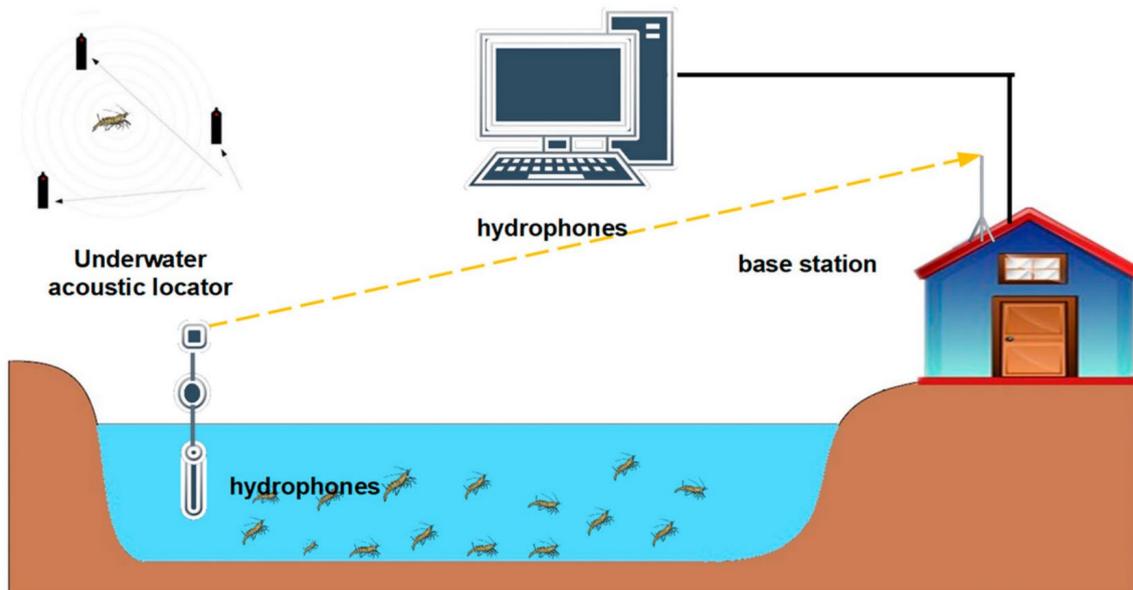


Figure 16. Schéma de télémétrie acoustique automatique (Li *et al.*, 2021).

Ce système a quelques inconvénients. La télémétrie acoustique peut être sujet à diverses interférences par divers sons ou autres signaux (Wolcott & Hines, 1990 ; Li *et al.*, 2021). Sur des organismes effectuant une mue (ce qui est le cas du Crabe bleu), il est nécessaire d'identifier les individus qui ne sont pas sur le point de muer afin d'obtenir la période de suivi la plus longue possible (Wolcott & Hines, 1990). De plus, c'est un système coûteux du fait que les émetteurs sont à usage unique (Li *et al.*, 2021). Malgré ces inconvénients la télémétrie à ultrasons permet d'obtenir des données précises et à haute résolution non affectées par la turbidité (Li *et al.*, 2021).

La télémétrie permettra donc, si cette méthode est déployée pour *Callinectes sapidus* en Méditerranée, de suivre les migrations de l'espèce, d'analyser les comportements naturels et de comprendre les relations entre l'habitat et le crustacé.

## VII. Caractéristiques trophiques et pathologies



Amélioration des connaissances sur les espèces chassées et consommées par le Crabe bleu en Méditerranée et plus particulièrement dans les lagunes.

Est-ce que des impacts pourront être observés au sein des communautés indigènes (e.g. sur l'*Aphanius fasciatus*, espèce protégée et endémique de Corse) ?

Quels sont les prédateurs du Crabe bleu en Méditerranée et plus particulièrement dans nos lagunes ?

### VII.1. Espèces prédatées à différents stades

En laboratoire, les larves zoé et les mégalopes semblent se nourrir d'œufs d'oursins, de larves d'oursins et de larves d'artémie de moins de 12h (*in situ*, ces larves sont planctonophages et il semble difficile de préciser leurs proies ; Costlow & Bookhout, 1959). Le Crabe bleu adulte est un carnassier omnivore (Marchessaux *et al.*, soumis) : anguilles, poissons, moules, huîtres. Des observations de prédation sur des canetons ont été également observées. Des analyses complémentaires sur le contenu stomacal permettront d'affiner ces recherches.

Son régime alimentaire peut être complété par des algues appartenant aux genres *Ulva sp* et des poacées du genre *Spartina sp* (Gennaio *et al.* 2006 ; Marchessaux *et al.*, soumis). Son comportement nécrophage et cannibale a également été décrit (Peery, 1989 ; Ryer *et al.*, 1997). Il semble être en compétition avec d'autres crabes : *Callinectes similis*, *C. ornatus*, *Panopeus herbstii*, *Menippe mercenaria* et *Carcinus maenas* (Gennaio *et al.*, 2006). Très peu d'informations sont disponibles sur les caractéristiques trophiques du crabe en Méditerranée (Mancinelli *et al.*, 2017a). Cependant, il semblerait que le Crabe bleu puisse entrer en compétition avec des espèces de crabes et de poissons indigènes pouvant induire un impact écologique important (Nehring, 2011 ; Labrune *et al.*, 2019).

### VII.2. Espèces prédatrices du Crabe bleu

Les prédateurs du Crabe bleu ont été bien documentés et sont nombreux.

« Citons les étoiles de mer comme l'astérie *Asterias forbesi* (Desor, 1848) (Auster & Degoursey, 1994), certaines tortues marines comme la tortue olivâtre *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829) (Wildermann & Barrios-Garrido, 2012), des poissons comme le poisson tambour rouge *Sciaenops ocellatus* (Linnaeus, 1766), le poisson tambour brésilien *Micropogonias undulatus* (Linnaeus, 1766) (Overstreet & Heard 1978), le poisson tambour noir *Pogonias cromis* (Linnaeus, 1766), l'anguille d'Amérique *Anguilla rostrata* (Lesueur, 1817) (Jaworski, 1972 ; Millikin & Williams, 1984), des élasmobranches comme le requin gris *Carcharhinus plumbeus* (Nardo, 1827) (Medved & Marshall, 1981) ou le requin marteau tiburo *Sphyrna tiburo* (Linnaeus, 1758) (Cortes *et al.*, 1996), les oiseaux marins comme le goéland argenté *Larus argentatus* Pontoppidan, 1763 (Kent, 1981), le cormoran à aigrettes *Phalacrocorax auritus* (Lesson,

1831) (Grubel & Waldman, 2009), ou diverses espèces de hérons (Kent, 1986). D'autres crabes sont également des prédateurs : à taille égale, le crabe vert *Carcinus maenas* (Linnaeus, 1758) domine *C. sapidus* (MacDonald et al., 2007). Les céphalopodes sont également des prédateurs potentiels. Signalons aussi qu'il existe des cas de cannibalisme, en particulier sur les stades jeunes (Millikin & Williams, 1984 ; Ogburn et al., 2009, 2011). » (Noël, 2017)

Le Crabe bleu est aussi connu pour son comportement cannibale. En effet, le cannibalisme peut représenter jusqu'à 13% du régime alimentaire de l'espèce ([bluecrab.info](http://bluecrab.info); Peery, 1989 ; Ryer et al., 1997). Les individus les plus susceptibles d'être consommés par ses pairs sont les individus : (i) en mauvaise santé, (ii) manquant d'appendices importants, (iii) effectuant une mue ou immédiatement après celle-ci et (iv) les individus fortement encrassés par d'autres organismes (<https://www.bluecrab.info/>). Le fouling est souvent la conséquence de l'arrêt des mues lié à un parasite interne (e.g. sacculine, entoniscien ou maladie). Les 4 catégories susnommées sont de fait très liées les unes aux autres.

En Méditerranée, des tests en laboratoire ont été effectués sur le Crabe bleu et ses possibles prédateurs. Les dorades et les bars, s'intéresseraient à *C. sapidus* durant ses stades juvéniles, et les poulpes au stade adulte ([Romans, 2021](#)).

### ***VII.3. Pathologie (parasites, maladies)***

Le Crabe bleu, comme beaucoup d'autres espèces, est sensible à certains parasites. À l'issue de recherches bibliographiques, un certain nombre de parasites, ayant des effets divers sur *C. sapidus*, ont été recensés ci-dessous :

- *Trichodina* sp., parasite *C. sapidus* au niveau des articulations des téguments ([Czerniejewski et al., 2019](#)) ;
- *Myzbdella lugubris* (sangsue) peut entraîner la mort du crabe lorsque celle-ci se trouve en grand nombre sur un individu (jusqu'à 4 à 10 individus par crabe ; [Hutton & Sogandares-Bernal, 1959](#)) ou bien servir d'hôte intermédiaire à l'helminthe (métacercaire enkysté) *Microphallus basodactylophallus* ([Overstreet, 1983](#)) ;
- parmi les némerthes, *Carcinomertes carcinophila* infeste les Portunidés et notamment *Callinectes sapidus* ([Overstreet, 1983](#)) chez qui il parasite les œufs et les branchies ([Noël, 2017](#)). Les parasites comme la sacculine sont également présents en Méditerranée ([Noël 2017](#)). Ils induisent une dégénérescence de la glande de mue pouvant affecter la croissance et la reproduction des crabes, comme pour le crabe vert ([Chassard-Bouchaud & Hubert, 1976](#)). En effet, la sacculine diminue la croissance de son hôte et le stérilise. Sur les côtes américaines, *Callinectes sapidus* est parfois parasité par la sacculine *Loxothylacus texanus*. Il est parasité par une sacculine en Grèce, mais son identification générique ou spécifique n'a pas été faite ([Boschma, 1972](#)) ;
- le champignon des *Callinectes*, *Lagenidium callinectes*, hyperparasite impacte les larves du crabe ([Brock & Bullis, 2001](#)).

## VIII. Valorisation du Crabe bleu américain



Quelles sont les valorisations possibles ?

Qu'en est-il de cette valorisation pour la France ?

Quels sont les risques et les enjeux face à une valorisation commerciale de l'espèce ?

### VIII.1. Pêcheries et économie liée au Crabe bleu aux Etats-Unis

Le Crabe bleu est d'un intérêt majeur pour la pêche (Holthuis, 1987 ; Tavares, 2003). Il est consommé en grande quantité, principalement aux Etats-Unis et au Mexique (Bouvier, 1909 ; Churchill, 1919 ; Van Engel, 1958 ; Holthuis, 1987 ; Tavares, 2003). Aux Etats-Unis, le Crabe bleu représente une ressource de pêche très importante. D'après la NOAA en 2020 c'est près de 53 304 tonnes de crabes qui ont été débarquées pour une valeur totale de 194 696 951 de \$ US (Ces chiffres sont au débarquement des navires de pêche, le prix peut varier à la revente). Il est à noter que la moyenne des prises depuis 2000 est de 73 564 tonnes pour un total moyen de 176 599 688 \$ US. À la revente, les crabes sont généralement commercialisés vivants à la douzaine, à un prix compris entre 25 et 85 \$ US. En moyenne, un crabe pèse 150 g Cependant ce poids est largement variable en fonction du sexe et de la taille du crabe (cf. chapitre II ; Zaitsev, 1978 in Noël, 2017), ce qui a pour conséquence directe le prix de ce dernier (© Howmuchisit). Au kilo, le crabe se retrouve actuellement sur les étalages entre 11 et 19 \$. Les femelles sont généralement de 30 à 50 % moins chères dû à leur taille plus petite (© ThePricer).

Les techniques de pêche sont diverses. Ils peuvent être pêchés à l'aide de casiers spécifiques (Fig. 17 ; ©Walton Outdoor) et sont appâtés par du poisson ou du poulet, aliments qu'ils semblent particulièrement affectionner. *C. sapidus* est également pêché en mer au filet, au chalut, à la drague, au trémail, à la nasse et à la ligne avec un simple appât par les pêcheurs récréatifs (Noël, 2017).

En Méditerranée, et plus particulièrement en France, afin de limiter l'expansion du Crabe bleu, des engins de pêche spécifiques ont été développés par différents acteurs. Les premiers tests, en bassin, se sont portés sur différents types de casiers appâtés déjà utilisés aux Etats-Unis, en Espagne et en Tunisie. Ces tests se sont révélés concluants dans certains cas en bassin, mais ont été inefficaces en milieu naturel. L'hypothèse principale, relative à l'inefficacité de ces engins, est qu'il y aurait suffisamment de ressources alimentaires disponibles dans le milieu naturel. Concernant les tests à l'aide de filets, ce sont des filets de type capechades à mailles renforcées qui sont les plus efficaces (Croizer, 2021). Les prochaines études sur la lagune de Canet (Région Occitanie) se feront à partir de cette technique.

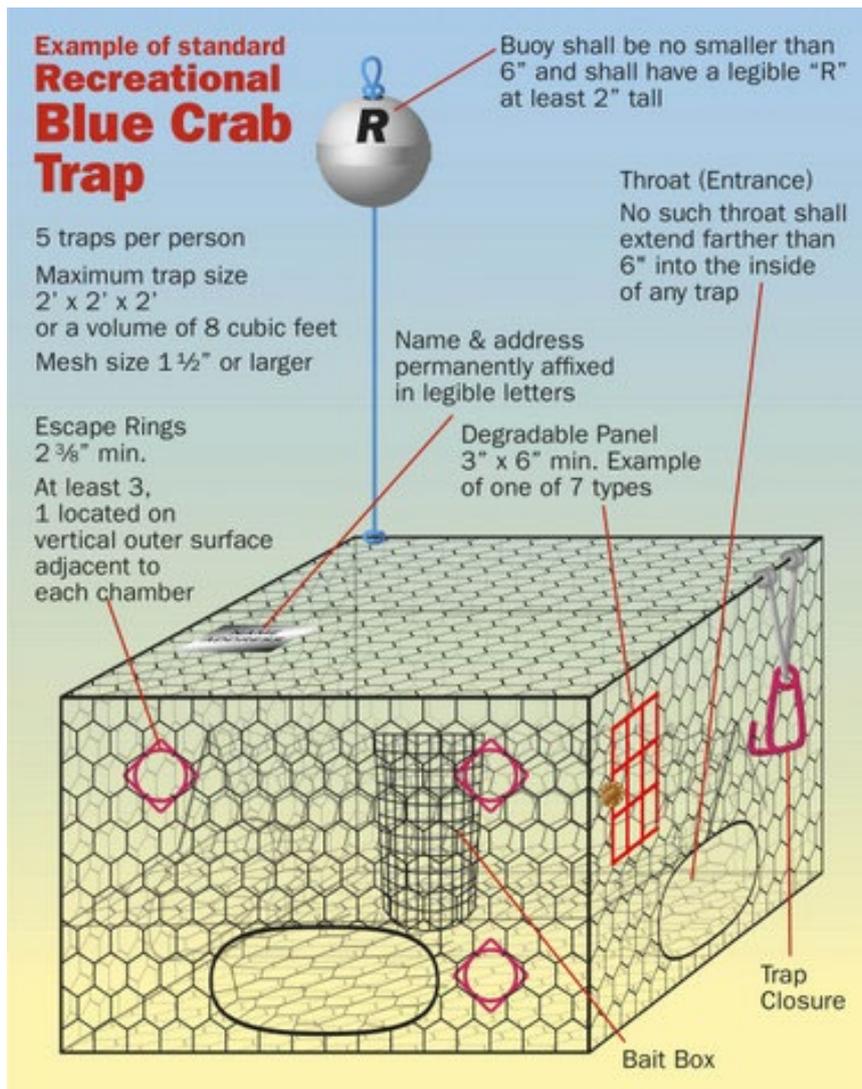


Figure 17. Schéma d'un casier à Crabe utilisé pour la pêche de *Callinectes sapidus* (©Walton Outdoor)

### VIII.2. Pêcheries et économie liée au Crabe bleu au sein du bassin Méditerranéen

L'arrivée récente du Crabe bleu sur les côtes françaises méditerranéennes et son expansion inquiètent les pêcheurs professionnels et les conchyliculteurs. En effet, *Callinectes sapidus* a un impact direct, de par sa présence en grand nombre, sur l'activité de pêche, en endommageant les filets avec ses pinces ou encore en endommageant les poissons pêchés, mais aussi en entrant en compétition avec d'autres espèces locales. Ces dégâts induisent des coûts supplémentaires et une baisse du chiffre d'affaires pour les pêcheurs professionnels (Nehring, 2011 ; Perdikaris *et al.*, 2016 ; Mancinelli *et al.*, 2017a ; Marchessaux *et al.*, soumis).

« En Europe et dans l'est de la Méditerranée, *C. sapidus* est assez abondant pour que l'on puisse en pratiquer la pêche intensive pour être vendu sur les marchés ou encore être exporté. Une commercialisation du Crabe bleu a été recensée en Grèce, Turquie, Israël et Egypte où il est commercialisé frais (Bauchau, 1966 ; Gorgy, 1966 ; Kinzelbach, 1965 ; Holthuis, 1987 ; Carver *et al.*, 2005). » (Noël, 2017)

Dans certaines régions de la Méditerranée, *Callinectes sapidus* est devenu une ressource halieutique précieuse (e.g. Mer Adriatique ; Egypte ; Turquie). En Turquie, le Crabe bleu est vendu par une petite partie des pêcheurs locaux et des filières se sont développées. Sachant que la commercialisation la plus importante concerne *Portunus segnis* (4 000 tonnes/an). *C. sapidus* peut se retrouver sur les étals et être vendu entre 0.5 et 3.36 €/kg, mais également dans certains restaurants locaux où son prix varie entre 0.34 et 2.24€ /kg (Öndes & Gökçe, 2021). Certains spécimens sont revendus à l'export en Chine ou encore aux Pays-Bas entre 7 et 9€/kg. Plus de 200 tonnes sont pêchées chaque année (Gouilletquer, 2016). En Espagne, le Crabe bleu se retrouve également sur les étals et fait l'objet d'une exportation vers la Chine et la Corée du Sud, cependant son prix a chuté de 12 € à 0.70 €/kg en quelques années. En Grèce, l'espèce a tendance à se raréfier à cause de la surpêche (Boschma, 1972) et a par conséquent une faible valeur commerciale (Mancinelli et al., 2017b)

### VIII.3. Est-il envisageable de transformer cette menace en ressource ?

La commercialisation du Crabe bleu dans les zones où il a été introduit est à l'origine de différents débats. En effet, celle-ci peut apporter des avantages comme des inconvénients. Sa commercialisation a déjà commencé à susciter de l'intérêt. Des études se sont même penchées sur la bioaccumulation de polluants organiques persistants (POP) dans certains tissus du crabe en vue de sa consommation (Tekin & Pazi, 2016). Jabeen et al. (2021) ont étudié la possibilité de valoriser la carapace du Crabe bleu pour en extraire de la chitine à des fins industrielles.

*« Chitin and its derived products have immense economic value due to their vital role in various biological activities as well as biomedical and industrial application. Insects, microorganism and crustaceans are the main supply of chitin but the crustaceans shell like shrimp, krill, lobsters and crabs are the main commercial sources. » (Jabeen et al., 2021)*



D'autres usages sont envisageables et à étudier pour limiter l'expansion du Crabe bleu en France. Il a été évoqué ci-dessus la possibilité de valoriser la carapace de *C. sapidus* pour en extraire de la chitine à des fins industrielles. Il y aurait également la production de farines de crustacés pouvant être incorporées dans les aliments pour le bétail, la volaille ou encore la pisciculture. L'extraction de caroténoïdes pour les industries agroalimentaires pour leurs propriétés colorantes ou encore cosmétiques et pharmaceutiques pour leurs propriétés antioxydantes et leur capacité de photoprotection.

Des espèces invasives, autres que le Crabe bleu, sont déjà exploitées dans différents secteurs économiques. Généralement, ces exploitations sont pratiquées afin de compenser ou réduire les pertes de revenus induites par l'espèce invasive.

*« À l'origine des projets d'exploitation commerciale, il existe souvent une volonté de compenser des pertes de revenus survenues dans différents secteurs économiques. Ces pertes sont le plus souvent liées à une combinaison de facteurs économiques et environnementaux défavorables. Parmi les facteurs environnementaux, l'introduction d'une EEE est régulièrement citée. Par exemple, le Crabe chinois (Eriocheir sinensis), importé d'Asie par les eaux de ballast des navires, consomme les œufs d'espèces de poissons à forte valeur commerciale en Allemagne, impactant 60 pêcheurs professionnels sur l'Elbe et la Havel et représentant une perte estimée à 8,4 millions d'euros sur la période 1994-2004 (soit 14 000 euros par pêcheur et par an). En parallèle, il existe une forte demande de consommation humaine de Crabe chinois émanant de la communauté chinoise, l'exportation de Taïwan et de Chine n'étant plus possible (individus contaminés par diverses pollutions et surcoût). Le produit de la vente des crabes à destination des marchés asiatiques dans cette même période a été estimé entre 3 et 4,5 millions d'euros, permettant ainsi de compenser une importante partie de la perte de revenus (Gollasch & Nehring, 2006). » (UICN France, 2018)*

Il est alors facile de réaliser un parallèle entre le Crabe chinois et le Crabe bleu américain. Effectivement, tous deux ont été introduits accidentellement par les eaux de ballasts et ont des répercussions négatives sur l'activité de pêche et les pêcheurs (Concernant *Callinectes sapidus* voir [Marchessaux et al., soumis](#)). Cependant, tous deux font l'objet d'une très forte consommation et donc demande dans leur pays d'origine respectif. D'après la NOAA, le Crabe bleu américain est surexploité aux Etats-Unis et les prises de pêches ont diminué au cours de ces dernières années. La possibilité d'une exploitation du Crabe bleu et de son export pourrait être envisager. Néanmoins, le Crabe bleu est une espèce invasive en Méditerranée qui a été proposée pour être inscrite dans la liste des EEE de niveau 1 (à l'échelle nationale). Si le classement de *Callinectes sapidus* est effectif, son exploitation commerciale serait encore possible. Seul l'inscription en niveau 2 rendrait toute exploitation commerciale impossible sauf après demande d'autorisation ministérielle. Il est à noter que la commercialisation d'une espèce invasive peut aussi entraîner des inconvénients et certaines répercussions impactantes ([UICN France, 2018](#)).

*« Lorsqu'une EEE se transforme en une ressource économique, il devient complexe de conserver des objectifs de réduction des effectifs et qui plus est, d'éradication (Nuñez et al., 2012). La dépendance économique pouvant résulter de la valorisation*

*d'une EEE va encourager le maintien de l'espèce dans les milieux, voire sa culture ou son élevage. On parle ainsi d'effets pervers. Les mesures d'incitation au prélèvement offrant des primes à la capture doivent nécessairement être encadrées par la réglementation pour éviter de développer un caractère d'aubaine (dispersion des espèces et renforcement des populations). » (UICN France, 2018)*

De nombreux « effets pervers » ont pu être constatés, comme (i) l'introduction sauvage dans des secteurs où l'espèce n'était pas présente, (ii) la mise en œuvre de techniques de pêche peu sélectives qui entraînent des captures accessoires importantes ainsi que des cas où paradoxalement l'exploitation sélective des plus gros individus a favorisé la dynamique de l'espèce en diminuant la compétition intra spécifique (Pasko & Goldberg, 2014). Nous pouvons également citer le cas de l'écrevisse du Pacifique en Suède, qui après sa commercialisation au vu de son nombre d'introduction illégale augmentée afin de permettre à d'autres pêcheurs d'exploiter cette ressource (Edsman, 2015 in UICN France, 2018).



L'impact du Crabe bleu sur les écosystèmes lagunaires n'est pour l'instant pas évalué. L'objectif en première intention ne doit pas viser à une gestion durable de la ressource. En effet, sur *Portunus segnis* en Tunisie et *Callinectes sapidus* en Espagne, nous pouvons constater que la mise en place de stratégies visant à rendre la pêche durable (e.g. relâcher des femelles grainées) ne semble pas être une bonne alternative. Toutefois avant d'envisager *C. sapidus* comme une ressource, des protocoles de suivis devront être mis en place notamment afin d'évaluer l'impact de *C. sapidus* sur les écosystèmes et les évolutions liées à sa pêche.

## IX. Conclusion

Les introductions d'espèces constituent l'un des problèmes écologiques majeurs de notre siècle. En effet, en l'état actuel des connaissances et des techniques, ce phénomène est d'autant plus préoccupant qu'il est presque toujours irréversible (Gravez *et al.*, 2005 ; Boudouresque, 2005). Ce phénomène en expansion est d'autant plus préoccupant qu'il risque de s'aggraver encore dans le futur avec l'accélération du tourisme et du commerce international qui sont les deux principaux vecteurs des espèces non indigènes.

À travers la réalisation de ce travail, de nouveaux éléments/arguments viendront nourrir les réflexions en cours notamment sur les études à mener en priorité ainsi que la possible valorisation du Crabe bleu américain afin de lutter contre cette espèce. Ces travaux permettront également d'améliorer les connaissances sur son cycle biologique, ses zones de concentration, sa saisonnalité, etc. Ces études sont essentielles pour fixer des priorités, s'engager dans une stratégie et *in fine* déployer des actions de gestion cohérentes.

Dans le cadre du scénario d'une poursuite de l'expansion et de l'explosion des populations de *C. sapidus* le long de notre littoral et au sein des lagunes méditerranéennes et sachant qu'il est reconnu comme l'une des 100 « pires espèces exotiques envahissantes en Méditerranée » (Streftaris & Zenetos 2006), il est crucial de continuer à étudier son impact sur la biodiversité, le fonctionnement des écosystèmes lagunaires, ainsi que sur la pêche locale ou plus largement sur les pertes économiques (dont les dépenses monétaires associées à la gestion). De plus, dans un contexte de changement global, quelles seront les conséquences de l'augmentation des températures ou encore des événements climatiques extrêmes sur le développement du Crabe bleu ? Il apparaît important/urgent de faire prendre conscience du problème au grand public et aux décideurs. Le cadre réglementaire et sa mise en œuvre restent souvent trop limités pour ralentir efficacement le flux des introductions des ENI.

## X. Bibliographie et webographie

- Abele L.G., Kim W., 1989. The decapod crustaceans of the Panama Canal. *Smithsonian Contributions to Zoology*, Washington, 482, 1-50.
- Aguilar R.T., Hines H.A., Wolcott T.G., Wolcott D.L., Kramer M.A., Lipcius R.N., 2005. The timing and route of movement and migration of post-copulatory female blue crabs, *Callinectes sapidus* Rathbun, from the upper Chesapeake Bay. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 319, 117-128.
- Amos W.H., Amos S.H., 1985. Atlantic and Gulf Coasts. The Audubson Society Nature Guides. Chanticleer Press, Inc., New York, 1-670.
- Archambault J.A., Wenner E.L., Whitaker J.D., 1990. Life history and abundance of blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, in Charleston Harbor, South Carolina. *Bulletin of Marine Science*, 46, 145-158.
- Auster P.J., Degoursey R.E., 1994. Winter predation on blue crabs, *Callinectes sapidus*, by starfish *Asterias forbesi*. *Journal of Shellfish Research*, 13 (2), 361-366.
- Aydin M., 2017. First record of Blue Crab *Callinectes sapidus* (Rathbun 1896) from the Middle Black Sea Coast. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*, 3, 121-124.
- Ayres-Peres L., Coutinho C., Baumart J. S., Gonçalves A. S., Araujo P. B., Santos S., 2011. Radio-telemetry techniques in the study of displacement of freshwater anomurans. *Nauplius*, 19(1), 41-54. <https://doi.org/10.1590/S0104-64972011000100005>
- Baras E., 1991. A bibliography on underwater telemetry. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1819, 55 p.
- Bdioui M., 2016. Premier signalement du crabe bleu *Portunus segnis* (Forskal,1775) dans le golfe d'Hammamet (centre est de la Tunisie). *Bulletin de l'institut national des sciences et technologies de la Mer de Salammbô*, 43, 183.
- Benabdi M., Belmahi E.A, Grimes S., 2019. First record of the Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda: Brachyura: Portunidae) in Algerian coastal waters (southwestern Mediterranean). *BioInvasions Records*, 8 (1), 119-122. <https://doi.org/10.3391/bir.2019.8.1.13>
- Boschma H., 1972. On the occurrence of *Carcinus maenas* (Linnaeus) and its parasite *Sacculina carcini* Thompson in Burma, with notes on the transport of crabs to new localities. *Zoologische Mededelingen*, Leiden, 47, 145-155.
- Boudouresque C.F., 2005. Les espèces introduites et invasives en milieu marin. Deuxième édition. *GIS Posidonie publ.*, Marseille, 152 p.
- Bouvier E.L., 1909. Les crustacés marins comestibles. *Revue générale des Sciences*, 20, 803-808.
- Bright C., 1998. Life out of bounds. Bioinvasion in a borderless world. Norton W.W. and Company publ., New-York, London, 288 p.

- Brock J.A., Bullis R., 2001. Disease prevention and control for gametes and embryos of fish and marine shrimp. *Aquaculture*, Vol.197, Issues 1–4, 137-159 [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00585-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00585-3)
- Carlisle D.B., 1957. On the hormonal inhibition of moulting in Decapod Crustacea II. The terminal anecdysis in crabs. *Journal of the marine biological Association of the United Kingdom*, 36, 291-307.
- Carlton J.T., 1996. Pattern, process, and prediction in marine invasion ecology. *Biology Conservation*, 78, 97-106.
- Chace F.A.J., Hobbs H.H.J., 1969. The freshwater and terrestrial decapod crustaceans of the West Indies with special reference to Dominica. *United States National Museum Bulletin*, 292, 1-258.
- Chaix J.C., Trilles J.P., Vernet G., 1976. Dégénérescence de l'organe Y chez les mâles d'*Acanthonyx lunulatus* (Risso) (Crustacea Decapoda Oxyrhyncha). *Comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des Sciences de Paris*, 283, 253-255.
- Chassard-Bouchaud C., Hubert M., 1976. On the fine structure of the regressing ecdysial glands of *Carcinus maenas* L. (Crustacea Decapoda) parasitized by *Sacculina carcini* Thompson. *Cell and tissue research*, 167 (3), 351-361.
- Cheng S.L., Tedford K.N., Smith R.S., Hardison S., Cornish, M.R., Castorani M.C.N., 2022. Coastal Vegetation and Bathymetry Influence Blue Crab Abundance Across Spatial Scales. *Estuaries and Coasts*. <https://doi.org/10.1007/s12237-021-01039-5>
- Churchill E. P., 1919. Life history of the blue crab. Bulletin of the United States Bureau of Fisheries, Washington, 36: 95- 128.
- Cilenti L., Paziienza G., Scirocco T., Fabbrocini A., D'Adamo R., 2015. First record of ovigerous *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) in the Gargano Lagoons (south-west Adriatic Sea). *BioInvasions Records*, Vol. 4, Issue 4, 281–287.
- Clark M. E., Wolcott T. G., Wolcott D. L., Hines A. H., 1999. Foraging and agonistic activity co-occur in free-ranging blue crabs (*Callinectes sapidus*) : Observation of animals by ultrasonic telemetry. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 233 (1), 143-160. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(98\)00129-4](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(98)00129-4)
- Coll M, Piroddi C, Steenbeek J., et al., 2010. The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats. *PLoS one*, 5 (8), 11842.
- Conan G.Y., Noël P.Y., 1994. Report on the first meeting of the International Working Group on Majiid Crab Biology (November 10-12 1993, Paris, France). *International Council for the Exploration of the sea*, CM, 1994/K, 19, 1-15.
- Cortes E., Manire C. A., Hueter R. E., 1996. Diet, feeding habits, and diel feeding chronology of the bonnethead shark, *Sphyrna tiburo*, in southwest Florida. *Bulletin of Marine Science, University of Miami*, 58 (2), 353-367.

- Costlow J.D.J., Bookhout C.G., 1959. The larval development of *Callinectes sapidus* Rathbun reared in the laboratory. *Biological Bulletin marine biological Laboratory*, Woods Hole, USA, 116 (3), 373-396
- Croizer L., 2021. Test d'engins de pêche sur l'espèce invasive de crabe bleu, *Callinectes sapidus*, dans trois lagunes d'Occitanie. Rapp. Stage Master 2 GILVAH / CRPMEM Occitanie, 41 p.
- Culurgioni J., 2020. Distribution of the alien species *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) in Sardinian waters (western Mediterranean). *BioInvasions Records*, 9(1), 65-73. <https://doi.org/10.3391/bir.2020.9.1.09>.
- Czerniejewski P., Misiura N., Linowska A., Rybczyk A., 2019. A new record of the invasive blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896) and his parasite from the Baltic basin. *Oceanologia*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2019.06.004>
- Diagne C., Catford J.A., Essl F., Nuñez M.A., Courchamp F., 2020. What are the economic costs of biological invasions? A complex topic requiring international and interdisciplinary expertise. *NeoBiota*, 63, 25–37.
- Dudley D.L., Judy M.H., 1971. Occurrence of Larval, Juvenile, and Mature Crabs in the Vicinity of Beaufort Inlet, North Carolina. NOAA Technical Report NMFS SSRF-637. 1-20.
- Dulčić J., Tutman P., Matić-Skoko S., Glamuzina B., 2011. Six years from first record to population establishment : The case of the Blue Crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Brachyura, Portunidae) in the Neretva river delta (South-Eastern Adriatic Sea, Croatia). *Crustaceana*, 84 (10), 1211-1220.
- Échalier G., 1954. Recherches expérimentales sur le rôle de l'organe Y dans la mue de *Carcinus moenas* (L.), Crustacé décapode. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 238, 523-525.
- Échalier G., 1955. Rôle de l'organe Y dans le déterminisme de la mue de Carcinides (*Carcinus moenas* L. (Crustacé Décapode). *Expériences d'implantation. Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 240, 1581-1583.
- Edsman L., 2015. Advice on commercial fishery of Signal crayfish in Scotland for the Scottish parliament. Uppsala, Sweeden Swedish University of Agricultural Sciences Faculty of Forestry Dept. of Wildlife, Fish, and Environmental Studies, 7 p.
- Frogliola C., 2017. Cambiamenti recenti nella comunità dei crostacei decapodi dell' Adriatico. Atti del convegno Il Mare Adriatico e le sue risorse. Carlo Daladino Editore, 268 p.
- Gabe M., 1953. Sur l'existence chez quelques Crustacés Malacostracés, d'un organe comparable à la glande de mue des insectes. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 237, 1111-1113.
- Galil B.S., Frogliola C., Noël P., 2002a. Crustaceans : decapods and stomatopods. CIESM atlas of exotic species in the Mediterranean. CIESM publishers (Commission Internationale pour l'exploration Scientifique de la Mer Méditerranée), [F. Briand, Ed.], vol. 2, 1-192.

- Galil B.S., Ruiz G., Briand F., 2002b. Executive summary. in Alien marine organisms introduced by ships in the Mediterranean and Black seas. CIESM Workshop Monographs, Monaco, n 20, 5-17.
- Garcia L., Pinya S., Colomar V., París T., Puig M., Rebassa M., Mayol J., 2018. The first recorded occurrences of the invasive crab *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Crustacea, Decapoda, Portunidae) in coastal lagoons of the Balearic Islands (Spain). *BioInvasions Records*, 7, 191–196, <https://doi.org/10.3391/bir.2018.7.2.12>
- Gennaio R., Scordella G., Pastore M., 2006. Occurrence of blue crab *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896, Crustacea, Brachyura), in the Ugento ponds area (Lecce, Italy). *Thalassia Salentina*, 29, 29-39.
- Giraud G., 1977. Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile. *Botanica Marina*, 20, 487-491
- Gollasch S., Nehring S., 2006. National checklist for aquatic alien species in Germany. *Aquatic invasions*, 1 (4), 245-269.
- Graham J.G., Beaven G.F., 1942. Experimental sponge crab plantings and crab larvae distribution in the region of Crisfield, Md. Chesapeake Biological Laboratory Contributions, 52, 1-18.
- Gravez V., Bernard G., Boudouresque C.F., Meinesz A., Cottalorda J.M., Vaugelas J., 2000. *Caulerpa taxifolia* : éléments de synthèse. Programme Life DGXI (Communauté européenne), DIREN PACA (Ministère de l'Environnement), GIS Posidonie publ. (ISBN 2-905540-25-7), 1-32.
- Grubel C., Waldman J. R., 2009. Feeding habits and the effects of prey morphology on pellet production in double-crested cormorants, *Phalacrocorax auritus*. in S. H. Fernald, D. Yozzo and H. Andreyko (eds.), Final Reports of the Tibor T. Polgar Fellowship Program, 2008. Hudson River Foundation, Section VIII, 1-28.
- Hartnoll R.G., 1965. The biology of spider crabs: a comparison of British and Jamaican species. *Crustaceana*, Leiden, 9 (1), 1-16.
- Havens K.J., McConaughy J.R., 1990. Molting in the mature female blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. *Bulletin of Marine Science*, University of Miami, 46 (1), 37-47.
- Hines, A. M., Wolcott, T. G., Gonzalez-Gurriaran, E., Gonzalez-Escalante, J. L., Freire, J. (s. d.). 1995. Movement patterns and migrations in crabs: telemetry of juvenile and adult behavior in *Callinectes Sapidus* and *Maja Squinado*. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 75 (01), 27-42
- Holthuis L.B., 1987. Décapodes et Stomatopodes. in W. Fischer, M. Schneider & M.-L. Bauchot, Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et Mer Noire, ed. 2, Végétaux et invertébrés, éditions F.A.O., Rome, vol. 1, 179-307.
- Hooper R.G., 1986. A spring breeding migration of the snow crab, *Chionoecetes opilio* (O. Fabr.), into shallow water in Newfoundland. *Crustaceana*, Leiden, 50, 257–264.

- Hutton R.F., Sogandares-Bernal F., 1959. Notes on the distribution of the leech, *Myzobdella lugubris* Leidy, and its association with mortality of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. *The Journal of Parasitology*, Lawrence, 45 (4), 384-430.
- IPBES, 2020. Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Daszak, P., das Neves, C., Amuasi, J., Hayman, D., Kuiken, T., Roche, B., Zambrana-Torrel, C., Buss, P., Dunderova, H., Feferholtz, Y., Foldvari, G., Igbino, E., Junglen, S., Liu, Q., Suzan, G., Uhart, M., Wannous, C., Woolaston, K., Mosig Reidl, P., O'Brien, K., Pascual, U., Stoett, P., Li, H., Ngo, H. T., IPBES secretariat, Bonn, Germany, 108 p. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4147317>
- Itô K., Kobayashi T., 1967. A female specimen of edible crab, *Chionoecetes opilio* O. Fabricius, with the unusual symptom of additional ecdysis. *Bulletin of the Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory*, 18, 127-128.
- Jabeen F., Younis T., Sidra S., Muneer B., Nasreen Z., Saleh F., Mumtaz S., Saeed R.F., Abbas A.S., 2021. Extraction of chitin from edible crab shells of *Callinectes sapidus* and comparison with market purchased chitin. *Brazilian Journal of Biology*, 83. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.246520>
- Jaworski E., 1972. The blue crab fishery, Barataria estuary, Louisiana. Louisiana State University, Sea Grant Publications, LSU-SG-72-01: 1-112.
- Jensen G.C., 1995. Pacific coast Crabs and Shrimps. Sea Challengers, Monterey, California, 1-87.
- Johnson D., 2015. The savory swimmer swims north: a northern range extension of the blue crab *Callinectes sapidus*? *Journal of Crustacean Biology*, 35, 105-100.
- Kapiris K., Apostolidis C., Baldaconi R., Baştusta N., Bilecenoglu M., Bitar G., Bobori D.C., Boyaci Y. Ö., Dimitriadis C., Djurović M., Dulčić J., Durucan F., Gerovasileiou V., Gökoğlu M., Koutsoubas D., Lefkaditou E., Lipej L., Marković O., Mavrič B., Tiralongo F., 2014. New Mediterranean Biodiversity Records (April, 2014). *Mediterranean Marine Science*, 15(1), 198. <https://doi.org/10.12681/mms.737>
- Katsanevakis S., Wallentinus I., Zenetos A., Leppäkoski E., Çinar M.E., Oztürk B., Grabowski M., Golani D., Cardoso A.C., 2014. Impacts of invasive alien marine species on ecosystem services and biodiversity: a pan-European review. *Aquatic Invasions*, 9, 391-423, <https://doi.org/10.3391/ai.2014.9.4.01>
- Kent B. W., 1981. Prey dropped by herring gulls (*Larus argentatus*) on soft sediments. *The Auk*, 350-354.
- Kent D. M., 1986. Behavior, habitat use, and food of three egrets in a marine habitat. *Colonial Waterbirds*, 25-30.
- Labrune, C., Amilhat E., Amouroux J.M., Jabouin C., Gigou A., Noël P., 2019. The arrival of the American blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda: Brachyura: Portunidae), in the Gulf of Lions (Mediterranean Sea). *BioInvasions Records*, 8(4), 876-881. <https://doi.org/10.3391/bir.2019.8.4.16>

- Li D., Liu C., Song, Z., Wang G., 2021. Automatic Monitoring of Relevant Behaviors for Crustacean Production in Aquaculture: A Review. *Animals*, 11(9), 2709.
- Lippson A.J., 1973. Chesapeake Biological Laboratory., The Chesapeake Bay in Maryland: an atlas of natural resources. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- MacDonald J.A., Roudez R., Glover T., Weis J.S., 2007. The invasive green crab and Japanese shore crab: behavioral interactions with a native crab species, the blue crab. *Biological Invasions*, 9, 837-848.
- Magoulick D.D., Kobza R.M., 2003. The role of refugia for fishes during drought: A review and synthesis. *Freshwater Biology*, 48, 1186-1198.
- Mancinelli G., Bardelli R., Zenetos A., 2021. A global occurrence database of the Atlantic blue crab *Callinectes sapidus*. *Scientific Data*, 8(1), 111. <https://doi.org/10.1038/s41597-021-00888-w>
- Mancinelli G., Chainho P., Cilenti L., Falco S., Kapiris K., Katselis G., Ribeiro F., 2017a. The Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* in southern European coastal waters: Distribution, impact and prospective invasion management strategies. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 5-11. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.02.050>
- Mancinelli G., Chainho P., Cilenti L., Falco S., Kapiris K., Katselis G., Ribeiro F., 2017b On the Atlantic blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun 1896) in southern European coastal waters: time to turn a threat into a resource? *Fisheries Research*, 194, 1–8.
- Marchessaux G., Mangano M.C., Bizzari S., M'Rabet C., Principato E., Lago N., Veysiere D., Garrido M., Scyphers S.B., Sarà G., *soumis*. Stakeholders' perceptions of the impacts of the invasive blue crab species in the Mediterranean region.
- Mc Clintock J.B., Marion K.R., Dindo J., Hsueh P.W., Angus R.A., 1993. Population studies of the Blue Crab in soft bottom, unvegetated habitats of a subestuary in the Northern Gulf of Mexico. *Journal of Crustacean Biology*, 13, 551-563.
- Mc Cullough D.M., Doherty P.A., Schaefer H.L., Deacoff C., Johnston S.K., Duggan D.R., Petrie B.D., Soukhovtsev V.V., 2005. Significant Habitats: Atlantic Coast Initiative (SHACI). Halifax Regional Municipality - Units 4-6. *Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2724, 1-501.
- Milner N.J., Hemsworth R.J., Jones B.E., 1985. Habitat evaluation as a fisheries management tool. *Journal of Fish Biology*, 27, 85-108.
- Nehring S., 2011. Invasion history and success of the American blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun in European coastal waters. in "In the wrong place: alien marine crustaceans - distribution, biology and impacts". B. Galil and P. Clark ed., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, series in Invasion Ecology. *Invading Nature*, 6, 607-624.
- Nehring S., Van der Meer U., 2010. First record of a fertilized female blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Crustacea: Decapoda: Brachyura), from the German Wadden Sea and subsequent secondary prevention measures. *Aquatic Invasions*, 5(2), 215-218. <https://doi.org/10.3391/ai.2010.5.2.15>

- Noël P., 2017. Le Crabe bleu américain *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896). in Muséum national d'Histoire naturelle [Ed.]. Inventaire national du Patrimoine naturel, 30 p.
- Nuñez, M. A., Kuebbing, S., Dimarco, R. D., Simberloff, D., 2012. Invasive Species: to eat or not to eat, that is the question. *Conservation Letters*, 5(5), 334–341. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2012.00250.x>
- Occhipinti-Ambrogi A, 2007, Global change and marine communities: Alien species and climate change. *Marine Pollution Bulletin*, 55, 342-352.
- Ogburn M. B., Diaz H., Forward R. B., 2009. Mechanisms regulating estuarine ingress of blue crab *Callinectes sapidus* megalopae. *Marine Ecology Progress series*, 389, 181-192.
- Ogburn M.B., Stuck K.C., Heard R.W., Wang S.Y., Forward Jr.R.B., 2011. Seasonal variability in morphology of blue crab, *Callinectes sapidus*, megalopae and early juvenile stage crabs, and distinguishing characteristics among cooccurring Portunidae. *Journal of Crustacean Biology*, 31 (1), 106-113.
- Öndes F., Gökçe G., 2021. Distribution and Fishery of the Invasive Blue Crab (*Callinectes sapidus*) in Turkey Based on Local Ecological Knowledge of Fishers. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*. <https://doi.org/10.35229/jaes.891379>
- Ortiz-Leon H.J., Jesus-Navarrete A., Cordero E.S., 2007. Distribución espacial y temporal del cangrejo *Callinectes sapidus* (Decapoda: Portunidae) en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical*, 55, 235-245.
- Ounifi-Ben Amor K., Rifi M., Ghanem R., Draeif I., Zaouali J., Ben Souissi J., 2016. Update of alien fauna and new records from Tunisian marine waters. *Mediterranean Marine Science*, 17(1), 124-143.
- Overstreet R.B., 1983. Metazoan symbionts of Crustaceans. in *The biology of Crustacea*, D. E. Bliss ed., vol. 6: Pathobiology, Provenzano, A. J. Jr.eds., Academic Press New-York, 6 (4): 156-250.
- Overstreet, R.M., Heard W.J., 1978, Food of the Red Drum, *Sciaenops ocellata*, from Mississippi Sound. *Gulf Research Reports* 6(2), 131–135.
- Pasko S., Goldberg J., 2014. Review of harvest incentives to control invasive species. *Management of Biological Invasions*, 5(3), 263-277.
- Peery C., 1989. Cannibalism experiments with The Blue Crab (*Callinectes Sapidus*, Rathbun): Potential effects of size and abundance. <https://doi.org/10.25773/V5-ETBG-BX65>.
- Perdikaris C., Konstantinidis E., Gouva E., Ergolavou A., Klaoudatos D., Nathanailides C., Paschos I., 2016. Occurrence of the Invasive Crab Species *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, in NW Greece. 9.
- Perez-Gelabert D.E., 2008. Arthropods of Hispaniola (Dominican Republic and Haiti): a checklist and bibliography. *Zootaxa*, 1831, 1-530.
- Piras P., 2019. On the occurrence of the blue crab *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) in Sardinian coastal habitats (Italy): A present threat or a future resource for the regional

- fishery sector? (Frivaldszky, 1838) in Dominican Republic. *BioInvasions Records*, 8(1), 134-141. <https://doi.org/10.3391/bir.2019.8.1.15>
- Png-Gonzalez L., Papiol V., Balbín R., Cartes J.E., Carbonell A., 2021. Larvae of the blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda: Brachyura: Portunidae) in the Balearic Archipelago (NW Mediterranean Sea). *Marine Biodiversity Records*, 14(1), 1-5.
- Pyle R., Cronin E., 1950. The general anatomy of the blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun. *State of Maryland Board of Natural Resources Department of Research and Education*, 87, 1-40.
- Questel K., Le Quellec F., 2012. La faune terrestre et aquatique de Saint-Barthélemy (Antilles françaises). Synthèse bibliographique et quelques données inédites. Version 1.2. La Réserve Naturelle de Saint-Barthélemy, Alsophis et Université des Antilles et de la Guyane, 65 p.
- Rabaoui L., Arculeo M., Mansour L., Tlig-Zouari S., 2015. Occurrence of the lessepsian species *Portunus segnis* (Crustacea: Decapoda) in the Gulf of Gabes (Tunisia): first record and new information on its biology and ecology. *Cahiers de Biologie Marine*, 56, 169-175.
- Ramach S., Darnell M.Z., Avissar N., Rittschof D., 2009. Habitat use and population dynamics of blue crabs, *Callinectes sapidus*, in a high-salinity embayment. *Journal of Shellfish Research*, 28, 635-640.
- Rathbun M. J., 1896. The genus *Callinectes*. *Proceedings of the United States National Museum*, Smithsonian Institution, 18 (1070), 349-375.
- Rathbun M. J., 1930. The Cancroid crabs of America of the Families Euryalidae, Portunidae, Atelecyclidae, Cancridae and Xanthidae. Smithsonian Institution, United States National Museum (U.S. Nat. Mus. Bull.), 152: i-xvi + 1-609.
- Ryer, C., van Montfrans, J., & Moody, K., 1997. Cannibalism, refugia and the molting blue crab. *Marine Ecology Progress Series*, 147, 77-85. <https://doi.org/10.3354/meps147077>
- Seebens H, Blackburn T, Dyer E, Genovesi P, Hulme P, Jeschke JM, Pagad S, Pyšek P, Winter M, Arianoutsou M, Bacher S, Blasius B, Brundu G, Capinha C, Celesti-Grappo L, Dawson W, Dullinger S, Fuentes N, Jäger H, Kartesz J, Kenis M, Kreft H, Kühn I, Lenzner B, Liebhold A, Moser D, Nishino M, Pearman D, Pergl J, Rabitsch W, Rojas-Sandoval J, Roques A, Rorke S, Rossinelli S, Roy HE, Scalera R, Schindler S, Stajero K, Tokarska-Guzik B, van Kleunen M, Walker K, Weigelt P, Yamanaka T, Essl F., 2017. No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature Communications*, 8, e14435.
- Severino-Rodrigues E., Musiello-Fernandes J., Moura A. A. S., Branco G. M. P., Caneo V. O. C., 2013. Fecundity, reproductive seasonality and maturation size of *Callinectes sapidus* females (Decapoda: Portunidae) in the Southeast coast of Brazil. *Revista de Biologia Tropical*, 61 (2), 595-602
- Simberloff D., Martin J., Genovesi P., Maris V., Wardle D.A., Aronson J., Courchamp F., Galil B., García-Berthou E., Pascal M., Pyšek P., Sousa R., Tabacchi E., Vilà M., 2013. Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(1), 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.07.013>

- Somerton D.A., 1981. Regional variation in the size of maturity of two species of Tanner Crab (*Chionoecetes bairdi* and *C. opilio*) in the eastern Behring Sea, and its use in defining management sub areas. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38, 163-174.
- Squires H. J., 1990. Decapod Crustacea of the Atlantic Coast of Canada. *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences*, 221, 1-532.
- Streftaris N., Zenetos A., 2006. Alien Marine Species in the Mediterranean – the 100 ‘Worst Invasives’ and their Impact. *Mediterranean Marine Science*, 7, 87–118.
- Tavares M., 2003. True crabs. FAO species identification sheets for fishery purposes: Western Central Atlantic (Fishing Area 31). FAO, Rome, 327-352.
- Teissier G., 1935. Croissance des variants sexuels chez *Maia squinado* L. *Travaux de la Station biologique de Roscoff*, 13, 93-130.
- Tekin S., Pazi I., 2017. POP levels in blue crab (*Callinectes sapidus*) and edible fish from the eastern Mediterranean coast. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(1), 509-518. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7661-6>
- UICN France, 2018. La valorisation socio-économique des espèces exotiques envahissantes établies en milieux naturels : un moyen de régulation adapté ? Première analyse et identification de points de vigilance. France. 84 p.
- Van Engel W.A., 1958. The blue crab and its fishery in the Chesapeake Bay. Part 1. Reproduction, early development, growth, and migration. United States Fish Wildlife Service, Commercial Fish. Rev., 20, 6-17.
- Verma A.K., Rout P.R., Lee E., Bhunia P., Bae J., Surampalli R.Y., Zhang T.C., Tyagi R.D., Lin P., Chen Y., 2020. Biodiversity and Sustainability. In: Surampalli R, Zhang T, Goyal MK, Brar S, Tyagi R (Eds) Sustainability: Fundamentals and Applications, 255–275. <https://doi.org/10.1002/9781119434016.ch12>
- Wildermann N.E., Barrios-Garrido H., 2012. First report of *Callinectes sapidus* (Decapoda: Portunidae) in the diet of *Lepidochelys olivacea*. *Chelonian Conservation and Biology*, 11 (2): 265-268.
- Williams A.B., 1984. Shrimps, lobsters and crabs of the Atlantic coast of the Eastern United States, Maine to Florida. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., USA : i-xviii + 1-550.
- Williams K.L., 2003. The relationship between cheliped color and body size in female *Callinectes sapidus* and its role in reproductive behavior. Thèse, Texas A & M University, 67p.
- Wolcott T.G., Hines A.H., 1990. Ultrasonic telemetry of small-scale movements and microhabitat selection by molting blue crabs (*Callinectes sapidus*). *Bulletin of Marine Science*, 46, 12.
- Zenetos A., Gofas S., Morri C. *et al.*, 2012. Alien species in the Mediterranean Sea by 2012. A contribution to the application of European Union’s Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part 2. Introduction trends and pathways. *Mediterranean Marine Science*, 13/2, 328-352.

Zenetos A., Gofas S., Verlaque M. *et al.*, 2010. Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial distribution. *Mediterranean Marine Science*, 11 (2), 318-493.

### Webographie

BlueCrab.Info, 2022. The Blue Crab Archives. <https://www.bluecrab.info/lifecycle.html>. Consulté le 24 Janvier 2022.

[http://plymsea.ac.uk/id/eprint/1839/1/On the hormonal inhibition of moulting in decapod crustacean. II. The terminal anecdysis in crabs.pdf](http://plymsea.ac.uk/id/eprint/1839/1/On_the_hormonal_inhibition_of_moulting_in_decapod_crustacean.ii.The_terminal_anecdysis_in_crabs.pdf)

GBIF, 2022. *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896. The Global Biodiversity Information Facility: GBIF. <http://www.gbif.org/species/2225646> Consulté le 12 janvier 2022.

HowMuchIsIt.org, 2022. Food Costs. How Much Does Blue Crab Cost? <https://www.howmuchisit.org/how-much-does-blue-crab-cost/>. Consulté le 27 Janvier 2022.

NOAA, 2022. National Oceanic and Atmospheric Administration. NOAA FISHERIES. <https://www.fisheries.noaa.gov/foss/f?p=215:200:18808559112050> Consulté le 28 janvier 2022.

SaltyScales, 2022. How to Catch Blue Crabs | Best Techniques - Salty Scales. <https://saltyscales.com/blogs/articles/how-to-catch-blue-crabs>. Consulté le 27 Janvier 2022.

ThePricer.org, 2022. The Cost of Blue Crabs - in 2022 - The Pricer. How much does blue crab cost? <https://www.thepricer.org/the-cost-of-blue-crabs/>. Consulté le 27 Janvier 2022.

Walton Outdoor, 2019, Recreational blue crab trap registration required starting Jan.. <https://waltonoutdoors.com/recreational-blue-crab-trap-registration-required-starting-jan-1-2020/>. Consulté le 10 Novembre 2021