Hippo-BASSIN



OPBM / « 20 000 yeux sous l'Atlantique »

Hippo-BASSIN: Bilan et rapport scientifique 2013

Christophe Heurtaux, Patrick Louisy & Sylvie Huet

Ce document est émis dans le cadre de la convention particulière de partenariat n° AAMP/13/045 du 24/09/2013, pour la pérennisation, le renforcement et la structuration de réseaux d'observateurs aux échelles locale, régionale et nationale relativement aux Syngnathidés.

Décembre 2014













SOMMAIRE

L'essentiel	
I – Principe et organisation I.a – Réseau et organisation I.b – Océan'Obs et l'OPBM I.c – Le principe du programme Hippo-BASSIN	4 5
II – Bilan de participation 2013	9 9 11
III – Résultats scientifiques 2013	18
IV – Approche statistique CiSStats (2012-2013) IV .a – Le principe de la modélisation IV .b – Approche de l'abondance des espèces d'hippocampes IV .c – Approche de l'abondance par habitats IV .d – Conclusions et perspectives	
Références	25
Annexe 1	26

Comment citer ce document:

Heurtaux C., Louisy P. & Huet S., 2014. Hippo-BASSIN : bilan et rapport scientifique 2013. Association Peau-Bleue - Océan'Obs / OPBM, 37 p.



L'essentiel

Le programme de science participative Hippo-BASSIN a pour objet de recenser et étudier les hippocampes et poissons-aiguilles du bassin d'Arcachon.

Il a été lancé en 2012 à l'initiative de la Mission de préfiguration pour le Parc Naturel Marin (PNM) du Bassin d'Arcachon et de son ouvert, avec la participation des structures de plongée locales, dont le comité départemental 33 (CODEP 33) de la Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marin (FFESSM), et avec l'appui scientifique et méthodologique de l'association Peau-Bleue.

En 2013, du fait du retard pris dans la création du PNM, les acteurs d'Hippo-BASSIN ont perdu leur interlocuteur institutionnel local (mission de préfiguration). Ils ont cependant décidé de poursuivre le projet afin de maintenir la dynamique participative engagée. C'est dans ce contexte qu'a été créée l'association Ocean'Obs, dont l'un des objectifs était de reprendre en charge la coordination et l'animation du projet Hippo-BASSIN. Il est bon de signaler que les actions dont il est rendu compte ici ont été engagées alors qu'aucun financement n'était acquis, les acteurs et partenaires ayant décidé de s'investir en tout état de cause pour ne pas laisser retomber la dynamique participative prometteuse qui s'était mise en place en 2012.

Dans ce contexte difficile, et malgré un redémarrage tardif de l'animation réseau en fin de printemps, il a été possible de collecter 43 fiches d'observation des Syngnathidés en 2013. Et surtout, la dynamique a été relancée, les relais réactivés, jetant les bases d'une remobilisation importante pour 2014.

L'exploration des plongeurs s'est orientée principalement vers la partie Ouest du bassin, où se trouve la majorité des 10 sites étudiés. Les quatre sites les plus fréquentés sont Hortense, le Port de la Vigne, St Yves et Grand Piquey.

Les observations collectées en 2013 n'ont pas modifié la perception des peuplements de Syngnathidés obtenue en 2012; elles ont cependant confirmé et renforcé certaines conclusions sur l'abondance, la répartition et les préférences d'habitat des Syngnathidés, en particulier des deux espèces d'hippocampes.

Par ailleurs, un travail de réflexion statistique poussée a pu être réalisé sur les données conjointes de 2012 et 2013 dans le cadre d'un groupe de travail du réseau CiSStats. La modélisation statistique réalisée permet une approche plus puissante et plus fine des données d'abondance, et de tous les facteurs jouant sur les observations. Cette approche méthodologique devra être validée sur les données 2014, qui s'annoncent nombreuses.



Hippo-BASSIN: synthèse scientifique 2013

I – Principe et organisation

La démarche d'étude des Syngnathidés du bassin d'Arcachon a été initiée par la Mission de préfiguration pour le Parc Naturel Marin du Bassin d'Arcachon et de son ouvert, afin de rassembler des informations sur les hippocampes du Bassin, espèces patrimoniales concernées par diverses conventions internationales. En 2011, la Directrice de la Mission Anne Littaye a chargé Damien Grima de réaliser, avec le soutien de Peau-Bleue, une première enquête sur les connaissances et sources d'information sur les hippocampes du Bassin (Grima, 2011).

En 2012 la mission du PNM a suscité le lancement du programme scientifique participatif Hippo-BASSIN, s'appuyant sur la motivation et l'implication des plongeurs locaux (CODEP 33 FFESSM et sa commission Environnement et Biologie). Ce projet a été coordonné par Damien Grima, avec le concours scientifique de l'association Peau-Bleue et de son responsable scientifique Patrick Louisy.

En 2013, du fait du retard pris dans la création du PNM, les acteurs d'Hippo-BASSIN ont perdu leur interlocuteur institutionnel local (mission de préfiguration). Ils ont cependant décidé de poursuivre le projet afin de maintenir la dynamique participative engagée. C'est dans ce contexte qu'a été créée l'association Ocean'Obs, à l'intiative de Christophe Heurtaux, Damien Grima et Clément Lelabousse. L'un des objectifs de la nouvelle association était de reprendre en charge la coordination et l'animation du projet Hippo-BASSIN.

I.a - Réseau et organisation

Le réseau d'observateurs Hippo-BASSIN entre dans le cadre plus large de l'Observatoire Participatif de la Biodiversité Marine (OPBM) mis en place par Océan'Obs (voir § I.b).

Ce réseau OPBM est organisé en différents niveaux : observateurs et animateurs relais, appelés les « sentinelles de la mer », le la coordination étant assurée par Océan'Obs.

- Les observateurs assurent les observations sous-marines, et remplissent une fiche de signalisation après leur plongée,
- Les animateurs relais assurent le même travail d'observation sur le terrain, mais aussi une mission de sensibilisation, d'information, de formation et d'encadrement de terrain,
- Les coordinateurs du réseau (principalement Christophe Heurtaux en 2013) communique sur le projet et forme les plongeurs à la collecte d'observations d'intérêt scientifique. Il centralise et récolte les fiches d'observation et se charge de la saisie informatique (base de donnée). En l'absence d'interlocuteur au niveau du PNM, il rend compte à la personne chargée du Réseau d'Observateurs en Plongée à l'Agence des aires marines protégées (Olivier Musard pour



2013, puis Benjamin Guichard) et à Peau-Bleue (Patrick Louisy) de l'implication des observateurs et des données récoltées.

L'association Peau-Bleue vient en appui scientifique de la démarche. Elle est principalement intervenue lors de la phase de lancement du programme en 2012, et continue à s'assurer de la bancarisation des données, et de la finalisation de l'analyse et de la synthèse des résultats (rapports).

<u>I.b – Océan'Obs et l'OPBM</u>

La pérennisation du programme Hippo-BASSIN est l'une des préoccupations ayant présidé à la création de l'association Océan'Obs.. Elle s'inscrit cependant dans un projet plus large d'Observatoire Participatif de la Biodiversité Marine à l'échelle du bassin d'Arcachon (OPBM), qui vise à rassembler des informations sur les hippocampes, les herbiers de zostères et les récif de moules communes du Bassin. Ces espèces sont considérées comme patrimoniales ou comme habitat d'intérêt communautaire et concernées par la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) ou diverses conventions internationales, dont la convention OSPAR pour l'Atlantique Nord-Est.

Le processus de création d'Océan'Obs a été enclenché début 2013, ce qui n'a permis de relancer effectivement le projet Hippo-Bassin qu'à partir de juin 2013. Les principales étapes du lancement de l'OPBM et de la réactivation du programme Hippo-BASSIN sont résumés ci-après.

Création de la structure associative Océan'Obs : février-mai 2013

- Le projet de sciences participatives Hippo-BASSIN était en veille depuis fin 2012, suite à la clôture de la mission de préfiguration du Parc marin du bassin d'Arcachon et de son ouvert. Damien Grima (DG) et Christophe Heurtaux (CH) décident d'un commun accord de poursuivre et d'étendre ce projet participatif en le faisant porter par la structure associative que CH souhaite créer;
- Réunion d'un collectif de scientifiques pour la création d'Océan'Obs offrant une structure adaptée pour relancer Hippo-BASSIN au sein d'un projet étendu aux espèces marines locales et leurs habitats, nommé Observatoire Participatif de la Biodiversité Marine d'Arcachon (OPBMA);
- Travail préliminaire de création de l'association et réflexion collective sur le projet associatif qui sera porté par la structure ;
- Mars-avril 2013 Assemblée constitutive pour la création d'Océan'Obs Observer, Comprendre, Préserver.
- Rédaction collective du document de présentation des objectifs et moyens de l'OPBM pour les partenaires scientifiques, financiers et techniques du projet ;
- Création de supports de communication d'Océan'Obs et de l'OPBM (visuel A5, affiche de communication pour les clubs, tutoriel pour les fiches d'observations (hippo et zostères), mise en ligne d'un site internet provisoire, etc.
- Recherches et demandes de soutien financier qui s'échelonneront jusqu'en novembre 2013.



Présentation du projet et remobilisation des partenaires : avril-juin 2013

- 27/04 Restitution des résultats Hippo-BASSIN par DG, auprès des plongeurs mobilisés en 2012. L'association Océan'Obs est présentée aux personnes présentes, appartenant au réseau d'observateurs. Les membres fondateurs d'Océan'Obs dévoilent le nouveau fonctionnement et les objectifs à court et moyens termes de cette nouvelle organisation du projet;
- Réunions d'ajustement avec le CoDep 33, sa commission Bio et le CIALP (Comité Interrégional Aquitaine Limousin Poitou);
- Décision de mise en place d'une convention de partenariat afin d'ancrer le projet OPBM durablement sur le territoire.
- Lancement officiel fin juin, de la collecte des fiches « Hippocampe » et « Zostère » pour l'OPBM. Les premières fiches sont dès lors remplies par les observateurs. En 6 mois seulement, l'OPBM remobilisera une partie des structures, des plongeurs ainsi que de nouveaux participants, sans toutefois atteindre les chiffres de 2012 (voir bilan de participation, § II).

Coordination - animation du projet d'OPBM : juin-novembre 2013

- Amélioration de l'interface provisoire de communication sur Internet, mise en ligne et diffusion d'un kit d'observation OBPM *via* la liste de diffusion et au sein de certains clubs accessibles à Océan'Obs.
- Communication régulière auprès du réseau (*via* la liste de diffusion) : encourager à la collecte de fiches, diffuser l'information en lien avec l'environnement marin local, informer de la parution d'articles de presse en lien avec le projet (20minutes, la dépêche du bassin), pour informer de l'avancement du projet de parc marin ;
- Mobilisation des animateurs du réseau par le biais de contacts étroits (rencontres, contacts téléphoniques, etc.) pour la collecte des fiches, les retours d'expériences (fiche zostère), mobilisation de nouveaux plongeurs via les formations de la commission bio et la planification à plus long termes de l'OPBM;
- Rédaction et signature des conventions avec l'association Peau Bleue (partenaire scientifique) et le CoDep 33 (partenaire technique) ;
- Communication au sein de certains clubs ou structures accessibles aux membres d'Océan'Obs, afin de présenter l'OPBM, ses objectifs, et de former les personnes aux outils d'observations (ceci n'a pu être développé à grande échelle, faute de moyens financiers, cependant cela représente un levier très efficace pour la mobilisation d'observateurs);
- Développement des partenariats scientifiques et techniques : Prises de contacts et rencontres entreprises auprès de l'IRSTEA, LABEX Cote, IFREMER Arcachon, IMA Bayonne, Conseil Général de la Gironde, Laboratoire de Biologie Marine d'Arcachon, SIBA, CBNSA, SEPANSO, GRAMASA, GIP Littoral, Conseil Régional d'Aquitaine, etc.;
- Participation au forum des acteurs du LABEX (Témoignage l'OPBM : programme de sciences participatives, un levier pour l'amélioration des connaissances scientifiques et la sensibilisation à l'environnement) ;
- Adhésion au réseau local d'acteurs en environnement : Maison de la Nature et de l'Environnement de Bordeaux (MNE) ;



Peau-Bleue et

• Grâce à l'obtention de financements en 2013, lancement de la conception d'un site professionnel de promotion de l'OBPM doté de multiples outils visant à faciliter le travail de collecte des fiches, de mobilisation des observateurs, de visualisation et communication des résultats auprès du grand public. Réalisation grâce soutien de la fondation Nature & Découvertes.

I.c – Le principe du programme Hippo-BASSIN

Dans le cadre de l'OPBM, Les objectifs du programme d'étude participative des Syngnathidés sont de mieux appréhender la répartition, les populations et les préférences écologiques des espèces d'hippocampes et syngnathes du Bassin d'Arcachon, et de transmettre à terme ces informations à l'équipe du PNM dès sa création.

Ce programme repose essentiellement sur les contributions des plongeurs amateurs, grâce à une fiche d'information à remplir après chaque plongée réalisée dans le Bassin d'Arcachon (cf. encadré page suivante).

Phase 1 Phase 2 Phase 3 saisie / envoi validation scientifique restitution - bancarisation Retours et restitution **Exploitation** scientifique Données Collecte Modification Saisie Rapports périodiques partenaires d'observation transmission ou mise à jour informatique Rapports éventuelle Rapport public annuel internes et des données partenaires Communication médias Rapports Océan'Obs, Peau-Bleue et FFESSM publics de plongée Assurée Rapports experts Assurée par Syngnathidés **FFESSM** Assurée par gestion protection Océan'Obs **Bancarisation** et Océan'Obs Océan'Obs scientifiques Intégration dans la base de données Hippo-BASSIN

Hippo-BASSIN : chaîne de saisie / validation / bancarisation / restitution des données

Figure 1: chaîne de saisie/validation/bancarisation/restitution des données.

En 2013, l'association Océan'Obs a pris en charge la coordination réseau de cette étude: c'est elle qui dynamise le réseau, forme les plongeurs, collecte les fiches d'observation, s'assure de la qualité des observations transmises, saisit les données et les intègre dans labase de données. L'association Peau-Bleue finalise, en coopération avec Océan'Obs, l'analyse et le rapportage scientifique (cf. figure 1).



La fiche d'observation Hippo-BASSIN

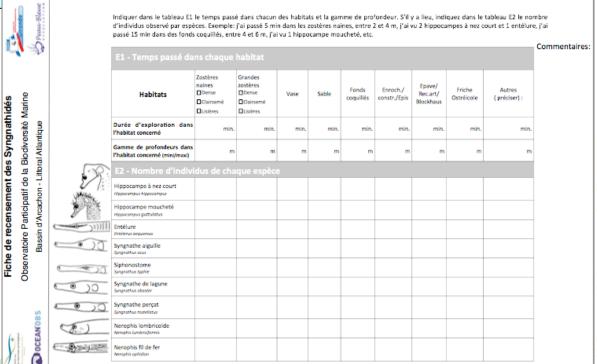
La « fiche de recensement des Syngnathidae » a été développée pour offrir une approche quantitative des hippocampes et syngnathes du bassin d'Arcachon (programme Hippo-BASSIN). Prenant la forme d'une fiche papier recto-verso (mais il en existe une version informatique), elle est remplie par les plongeurs à l'issue de leur plongée.

<u>Au recto</u>, elle comprend les rubriques suivantes :

- Identification de l'observateur rapporteur.
- Vision ou non-vision de Syngnathidae (= prise en compte des absences comme des présences).
- Conditions de la plongée (incluant le nombre de plongeurs concernés, le temps de plongée et une éventuelle estimation de la distance parcourue, facteurs nécessaires à l'estimation de l'effort d'observation).
- Un tableau récapitulant le nombre d'individus observés pour chacune des espèces de Syngnathidae connues du Bassin (2 hippocampes et 7 syngnathes).

<u>Au verso</u>, elle comporte un tableau plus détaillé (observation « expert »), qui répertorie le nombre d'individus de chaque espèce observés dans chaque type d'habitat (ainsi que le temps passé, et la gamme des profondeurs parcourues dans chacun de ces habitats).

OCEAN OBS		servato		ipat	tif de la l	Biod	divers	nathidés sité Marine que Peau-Bleue
Identification de	l'observateur i	apporteu	ır				1 f	iche par palanquée (ou par observateur si
Nom :		Club :					voi	us avez observé seul)
Prénom :		Tél:						J'ai vu des hippocampes ou syngnathes
Niveau bio :		Mail :					┨⊓	→ remplir A B et C (si possible E) Je n'ai pas vu d'hippocampes ou syngnathe:
Nom des particip	ants:						╗	remplir A et B (et si possible E1)
A - Conditions d	le plongée							
Lieux de plongée	e (coordonnées GPS si	possible):	Date :					Heure de début :
Durée de la plon	ngée (minutes) :		Profond	eur r	nax. de la	plor	ngée	Courant :
			(mètres)					□Faible □Moyen □ Fort
Coefficient de m	narán i		Etat du c	ial				Etat de la mer (vagues) :
Marée :	laree :				claircies			Calme Faibles Movennes
☐Etale BM	☐Etale HM				Orageux		Nuit	□ Fortes
☐M. Montante	☐M. Descenda	inte				_		
Température (°C □<6 □6-8 □8 □14-16 □16-18 □22-24 □>24	8-10 🗆 10-12 [Visibilité (mètres) : 0,5			4 □]5	Estimation de la distance parcourue (mètres) :
B - Effort d'obse	ervation							
Cette fiche récap			::		Type de		-	ploration □Bio □Apnée □Photo
Avez vous spécific ☐ Oui → rempli						au Ci	1 ci des	Avez vous pris des photos ?
	C - Tableau d	'observat	tions	No	mbres	D	- Con	nmentaires libres
133	Hippocampe à r		urt	П		e	x: Type	d'habitat où ont été observés les hippocampes et
1800	Hippocompus hippocom Hippocompe à r		ne	-			yngnati	
	Mppocampus guttulatu			$oxed{}$				
(2)))[]]	Entélure Encélerus dequoreus							
	Syngnathe aigui	ille						
· - 20	Siphonostome Syngrathus typhic typhi	è						
()O	Syngnathe de la Syngnathus abaster							
= 00	Syngnathe perç	at						
(F. (*)	Nerophis lombr	icoïde						



assa.ocoanobs@gmail.com Pakiner.syrgnatres. Damien Grima, 06 62 16 31 78 // Rétérent Zestères Christopte Haurlaux: 06 81 73 08 36



II – Bilan de participation 2013

Ce premier chapitre reprend les conclusions du bilan réseau transmis par Océan'Obs, coordinateur de l'Observatoire Participatif de la Biodiversité Marine (OPBM) en charge du suivi des syngnathidés du bassin d'Arcachon.

En 2013, le réseau Hippo-BASSIN a fusionné avec l'Observatoire Participatif de la Biodiversité Marine (OPBM) mis en place par Ocean'Obs et ses partenaires. Les plongeurs qui contribuent à l'OPBM constituent un Réseau d'Observateurs en Plongée (ROP) appelé « Sentinelles de la mer ».

Les parties prenantes du projet ont validé en juin 2013 la nouvelle structuration de l'organisation du réseau suite à l'arrivée d'Ocean'Obs en tant que coordinateur. Cet accord a été formalisé par la signature de conventions entre Ocean'Obs, Peau-Bleue et le CoDep33 de la FFESSM.

Le ROP « Sentinelles de la mer » de l'OPBM a été officiellement lancé en juin 2013. Quelques observateurs ayant participé au réseau « Hippo-BASSIN » 2012 ont commencé à utiliser les fiches de signalisation avant cette date.

II.a - Nombre de contributeurs

Durant l'année 2013, Le programme a totalisé 43 fiches de recensement des Syngnathidés (et 22 fiches test de suivi des herbiers de zostère marine, soit un total de 75 fiches pour l'OPBM). 19 personnes ont rempli des fiches de recensement, pour des plongées réalisées du 23 mars au 22 décembre.

En réalité, chaque fiche correspondant à une palanquée (plusieurs plongeurs), on peut estimer que 30 à 50 plongeurs au moins ont participé au programme de l'OPBM en 2013. Ces plongeurs ont totalisé 96 immersions (nombre de personnes par palanquée x nombre de fiches) pour près de 66 heures de plongée (nombre de personnes par palanquée [= par fiche] x durée de la plongée).

Tab. A: Bilan de participation 2013

Nombre d'immersions	96
Nombre d'heures d'immersion	66
Nombre de sites explorés	10
Nombre de fiches	43
Nombre de structures participantes	11
Nombre total de plongeurs ayant rempli des fiches	19
Nombre moyen de plongeurs par palanquée	2,2
Nombre d'animateurs relais ayant rempli des fiches	9
Proportion des fiches remplies par des animateurs relais	72%



Le réseau a mobilisé 11 structures (clubs, centres de plongées, associations) en 2013, contre 17 en 2012. Parmi celles-ci, certaines ont contribué d'avantage que les autres.

Tab B: Fiches d'observation reçues des différentes structures de plongée en 2013

Club / structure	Nombre de fiches
CAM	9
Club subaquatique d'Eysines	3
AB2C	1
Dive33	4
CESMA	4
Pagure	17
Loubine club Andernos	2
GRAMASA	1
Manta plongée	1
OCEANA	1
TOTAL	43

Le programme de recensement des syngnathidés est basé sur une participation libre de chaque plongeur. Comme en 2012, aucune directive sur les lieux de plongées n'a été donnée, pour ne pas imposer de contraintes et évaluer l'implication des plongeurs.

11 sites ont été explorés au cours de l'année 2013. Le bassin n'a pas été totalement exploré, notamment sur sa façade Est, ce qui justifiera à terme la mise en place d'incitations et un accompagnement par Ocean'Obs, des plongeurs les plus impliqués, pour combler ces manques. En effet, l'Est du bassin n'est habituellement pas privilégiée des plongeurs, les conditions de plongées n'étant pas idéales (profondeur, visibilité, vase). En revanche, la façade Ouest a été bien explorée, comme en 2012, avec un effort régulier sur les sites « classiques » de la presqu'île du Cap-Ferret et d'Arcachon.

Tab. C: Répartition des fiches reçues en 2013 entre les différents sites de plongée

site	Nombre d'heures de plongées cumulées	Nombre de fiches	Nombre d'immersions
Galouneys	6,4	5	9
Grand Banc	1,8	1	3
Grand Piquey	14,9	11	24
Hortense	13,8	10	22
Le Chariot	1,3	1	2
L'Herbe	2	1	2
Plage des Américains	3,2	2	4
Port de La Vigne	13,3	5	16
Saint Yves	8,7	6	13
Village du Canon	0,4	1	1
Total	65,8	43	96



II.b - Nombre et répartition des observations

Fin 2013, le programme a permis de collecter **43 fiches** de recensement des Syngnathidés (contre 178 en 2012). L'évolution des contributions (nombre de fiches reçues et nombre de personnes ayant envoyé des fiches) est indiquée dans le graphique ci-dessous.

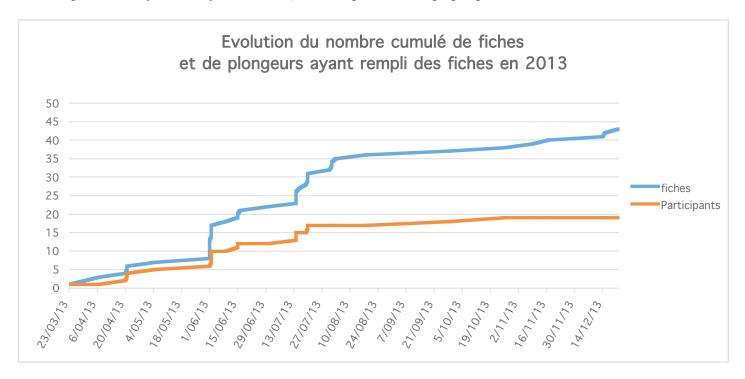


Figure 2 : Nombres cumulés de fiches et de plongeurs (participants) ayant rempli des fiches en 2013

On peut constater que le nombre de participants a évolué par étapes en fonction de l'animation. Avant le mois juin, correspondant à l'arrivée d'Ocean'Obs à la coordination du ROP, le nombre de participants avoisine 5 personnes (reliquat des participants au réseau Hippo-BASSIN 2012). Le nombre de participants est doublé dès la relance du ROP annoncé conjointement par Ocean'Obs et le CoDep33. Dès lors, l'animation du réseau permettra en 2 mois de tripler le nombre des participants.

Si l'on observe le nombre de fiches remplies tout au long de l'année, on constate que les mois juin et juillet concentrent le plus de fiches, avec une diminution par la suite (cf. figure 5). Cette évolution est comparable à 2012, amputée des mois d'avril et mai pourtant très importants en termes de mobilisation et de participation.

Parallèlement, une plaquette de présentation du ROP, d'Ocean'Obs, ainsi qu'une présentation détaillée de l'OPBM, une affiche de communication pour les clubs, des tutoriels pour les fiches d'observations (syngnathidae / zostères), ont été regroupés dans un kit nommé « kit d'observation » et distribués à tous les participants ainsi qu'aux responsables du CoDep 33. Un site Internet simple a été créé par les membres d'Océan'Obs pour y mettre à disposition toutes les informations et proposer le téléchargement du « kit ». En plus de cela les clubs participants ont ensuite engagé des actions de communication en leur sein : échanges et discussions spontanées avec les membres de leur club, briefing avant les plongées...



En 2013, des plongées ont été réalisées sur 10 sites différents du Bassin d'Arcachon. Elles ont totalisé 66 heures d'immersion, avec cependant des disparités d'effort d'observation selon les sites (carte ci-dessous). Les 43 fiches reçues ont permis de répertorier un total de 167 Syngnathidés (hippocampes principalement).

BASSIN D'ARCACHON 2013 - Effort d'observation et nombres d'individus observés

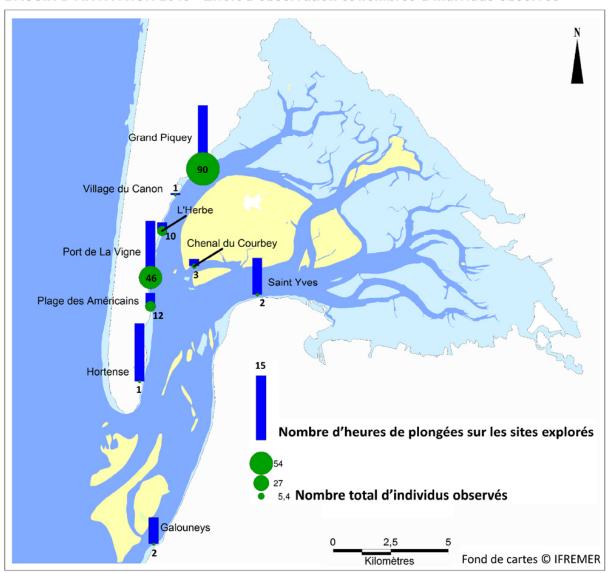


Figure 3 : Temps d'immersion et nombre total d'individus observés dans les différents sites explorés. *NB : Le site du Chariot n'apparaît pas dans le cadre de la carte.*

Quatre sites (Hortense, La Vigne, Grand Piquey et Saint Yves) sont très fréquentés, cumulant 50,7 heures d'immersion (77%). Les autres sites (Grand Banc, Galouneys, le Chariot, l'Herbe et la plage des Américains) sont moins explorés avec une moyenne de 2,94 heures d'immersion par site. Le village du Canon (zone peu attractive où l'herbier de zostère marine est très dégradé) comptabilise 0,4 heures d'immersion sur l'année 2013.



II.c – Nature des observations collectées

La fiche de recensement des Syngnathidés a été conçue pour reporter les observations d'hippocampes et syngnathes mais aussi l'absence d'observation. Par ailleurs, les plongeurs peuvent remplir un tableau d'observation simplifié (nombre d'individus observés par espèce), ou bien un tableau «expert» (détail des données dans les différents habitats parcourus).

• Prise en compte des absences d'observations

La non-observation d'une espèce est une donnée tout aussi importante que sa présence si l'on veut appréhender au mieux sa répartition ou son écologie.

Comme en 2012, nous pouvions craindre que les plongeurs ne remplissent une fiche que s'ils observaient des Syngnathidés. En fait, il semble qu'ils aient largement intégré l'importance de rendre compte des absences. En effet, les fiches sans observation de Syngnathidae représentent la moitié des fiches reçues : 21 fiches sans observation contre 22 avec observations.

Mois **Total** Avec observation Sans observation % avec obs % sans obs 2 2 0% 0 100% mars 4 4 0 100% 0% avril 1 1 0 mai 100% 0% 15 4 11 27% 73% juin iuillet 10 7 3 70% 30% 4 0 4 août 0% 100% 1 1 0 septembre 100% 0% 1 1 0 100% 0% octobre 1 1 novembre 50% 50% décembre 3 1 2 33% 67%

Tab. D: Evolution du nombre de fiches avec et sans observations en 2013

De plus, on constate une augmentation flagrante des fiches sans observations dès l'arrivée d'Ocean'Obs (à partir de juin), l'importance de reporter l'absence d'observation ayant été rappelée lors des diverses interventions. Ceci démontre l'intérêt d'un coordinateur pour ce type de projet, adaptant en temps réel l'animation et la communication auprès du ROP en fonction des besoins et évolutions constatées.

• Prise en compte détaillée des habitats

Le tableau «expert» rempli, apporte de précieux renseignements sur les habitats, mais demande un investissement plus important aux plongeurs. Sur les 22 fiches comportant des observations de Syngnathidés, 8 seulement ont fait l'objet de précisions sur l'habitat dans le tableau «expert», soit environ 1/3 des observations.



Ce résultat en retrait par rapport à 2012, s'explique par le manque de formation du ROP en 2013. Le démarrage tardif de l'animation du ROP n'a pas en effet permis de mettre en place le lancement du réseau en mars et la formation associée, comme cela avait été fait en 2012.. Ce manque prouve la nécessité pour le coordinateur du ROP, de rappels réguliers et de formations récurrentes pour maintenir le niveau et la motivation des observateurs en plongée.

Tab. E: Bilan des observations reportées selon les sites de plongée en 2013

Site	Nombre d'heures de plongées cumulées	Nombre de fiches	Nombre d'immersions	Nbre de fiches sans observation	Nbre de fiches avec observations	Nbre de fiches avec habitat	Nbre de fiches avec observations sans précision d'habitat
Galouneys	6,4	5	9	4	1	0	1
Grand banc	1,8	1	3	0	1	0	1
Grand Piquey	14,9	11	24	3	8	4	4
Hortense	13,8	10	22	9	1	0	1
le chariot	1,3	1	2	1	0	0	0
L'Herbe	2	1	2	0	1	1	0
Plage des américains	3,2	2	4	0	2	0	2
Port de La Vigne	13,3	5	16	0	5	3	2
Saint yves	8,7	6	13	4	2	0	2
Village du Canon	0,4	1	1	0	1	0	1
Total	65,8	43	96	21	22	8	14

II.d – Synthèse et conclusion du bilan de participation 2013

Pour sa seconde année, le programme participatif Hippo-BASSIN a fusionné avec l'Observatoire Participatif de la Biodiversité Marine (OPBM).

L'OPBM a ainsi permis de récolter 43 fiches de recensement des Syngnathidés et étendu l'observation participative aux herbiers de zostères, soit un total de 75 fiches (dont 22 fiches test du protocole herbiers).

L'année 2013, a été marquée par la restructuration de l'organisation du ROP comme exposés plus haut. La forte motivation des observateurs du ROP 2013 a permis, malgré les difficultés spécifiques de cette année, d'acter la poursuite du ROP tel qu'il avait été imaginé à son lancement. Ocean'Obs a pu tisser les liens de confiance nécessaires avec tous les partenaires, pour ancrer durablement ce projet sur le territoire aquitain. Des conventions de partenariats ont été signées avec les partenaires techniques et scientifiques. De plus les compétences internes d'Ocean'Obs ont permis la levée de fonds (même modeste) auprès de la Fondation Nature et Découvertes, qui permettront un peu plus encore de consolider le projet. La



nécessité de renforcer l'animation du ROP pourrait à terme justifier l'emploi d'un salarié au sein de la structure animatrice.

Désormais, le temps de la restructuration est terminé (les partenariats en place et les premiers moyens mis en œuvre). Ce bilan permettra en 2014 d'asseoir solidement le projet sur le territoire du bassin d'Arcachon. L'arrivée en 2014, d'une interface de saisie en ligne ainsi que d'autres outils de dynamisation du ROP mis à disposition des plongeurs par Ocean'Obs, va dans ce sens.

• Participation au réseau

Avec 75 fiches de recensement collectées au total, dont 43 Syngnathidae et 22 zostères, la participation des plongeurs au ROP a été satisfaisantesi l'on considère les particularités de l'année 2013. La participation a significativement augmenté dès l'implication effective d'Océan'Obs, grâce à la remobilisation du réseau 2012 et la mobilisation de quelques nouveaux contributeurs.

Nous n'avons pas pu bénéficier de la meilleure saison (le printemps) pour la participation des plongeurs. Toutefois, nous constatons durant l'été, une bonne participation en comparaison de l'année 2012, malgré le fait que les clubs sont pour la plupart inactifs pendant cette période. L'animation du ROP par Ocean'Obs et la communication associée peut sans doute expliquer cette progression pour la période considérée.

Le nombre de structures participantes s'élève à 11. Certaines structures sont nouvelles dans le ROP, d'autres confirment leur implication et leur grande motivation. Nous constatons une démobilisation de certains clubs pourtant très investis en 2012. Un effort tout particulier sera fait pour permettre de réintégrer ces structures en 2014. Ceci laisse donc une marge de progression importante. De plus, il existe environ 60 clubs en Gironde, adhérents au Codep33 pouvant potentiellement rejoindre le ROP.

Enfin, il est a noter comme en 2012, que la transmission des informations à destination des clubs est parfois aléatoire et représente un frein très important. En effet, certains clubs n'ont pas de listing des mails de leurs membres et la plupart des informations sont transmises oralement.

En 2013, le Codep33 s'est efforcé de relayer systématiquement l'information de l'OPBM auprès des présidents de club. Malgré cela, l'information n'a pas toujours été relayée par les représentants de structure auprès de leurs membres. Un effort d'explication et de présentation de l'OPBM doit être fait en amont pour améliorer la transmission des informations. En 2014, une présentation préalable en début de saison, sera faite auprès des présidents de club lors de l'Assemblé Générale du Codep33.

Il convient aussi de faire un effort (et mettre en œuvre les moyens) pour intervenir dans chaque club individuellement afin de présenter le programme au plus grand nombre de plongeurs et identifier des animateurs relais (levier efficace pour la participation au ROP). Cette démarche peut prendre beaucoup de temps et nécessite les moyens adaptés. De plus, communiquer simplement sur l'existence du réseau n'est pas suffisant. Il est nécessaire de prendre le temps d'expliquer son fonctionnement, la fiche, le traitement des résultats, l'identification des espèces et la finalité du projet. Enfin, certains clubs peuvent nécessiter, au moins au début, un investissement plus important en termes de relances et d'animation réseau. Ocean'Obs a donc mis en place au cours de l'année 2013, divers outils permettant d'effectuer



ce travail auprès de tous. Il lui reste à trouver les moyens financiers pour démarcher chacun des clubs et maintenir le lien tout au long de l'année, par exemple, en proposant des plongées d'accompagnement des nouveaux clubs et des nouveaux observateurs, en plus des formations de début de saison et en club. Ceci permettrait d'améliorer considérablement la mobilisation et la qualité des informations scientifiques collectées qui en découleront.

• Répartition et fréquentation des sites

L'exploration des plongeurs s'est orientée principalement vers la partie Ouest du bassin, où se trouve la majorité des 10 sites étudiés. La façade Est du bassin n'a pas été explorée, de même que certains secteurs de la partie Sud, alors que la présence de Syngnathidés y avait été confirmée auparavant (Grima, 2011). Le programme étant basé sur le libre arbitre des plongeurs, la répartition des sites reflète pour l'essentiel les critères de choix des plongeurs amateurs ou des clubs, et il n'est pas étonnant que la répartition des sites de plongée (tout comme leur fréquentation) ne soit pas homogène.

Les quatre sites les plus fréquentés par les plongeurs de l'OPBM sont Hortense, le Port de la Vigne, St Yves et Grand Piquey. Ils présentent chacun un ou plusieurs intérêts pour les plongeurs (accès, profondeur, type d'environnement, présence d'hippocampes), ce qui explique leur fréquentation importante.

La répartition des plongées OPBM en 2013 n'offre donc pas une bonne représentativité de l'ensemble du bassin. Certains sites concentrent un grand nombre de plongées alors qu'on n'y observe que fort peu de Syngnathidae. A l'inverse, certains sites où les hippocampes se concentrent n'ont pas été ou peu explorés.

En 2014, l'équipe de plongeurs d'Ocean'Obs amorcera la mise en place de directives et accompagnera des palanquées afin d'élargir la palette des sites explorés. L'existence d'une telle équipe scientifique de plongeurs (CAH 1 et 2B) pourraient à plus long termes permettre d'envisager la mise en place d'un programme complémentaire au ROP (participatif ou non) afin de combler les manques ou compenser les biais induits par les préférences des plongeursobservateurs.

Dans la plupart des fiches reçues en 2012 et 2013, seul le nom du site était indiqué pour permettre la localisation des lieux de plongées. C'est pour cette raison qu'Ocean'Obs proposera en 2014 la possibilité d'entrée les coordonnées GPS sur son interface de saisie Internet, mais aussi pour les possesseurs de smartphones, la possibilité d'utiliser la fonction GPS du téléphone et indiquer sa position lorsque la fiche sera remplie depuis le site de plongée. En effet, le site oceanobs.fr sera accessible depuis les « téléphones intelligents » et les tablettes connectées en plus des ordinateurs classiques.

• Pertinence de la fiche de recensement

La fiche de recensement Syngnathidés, validée par les plongeurs en 2012, a été confirmée en 2013. Les retours sont positifs et son organisation générale est bonne. Les contributeurs semblent remplir correctement tous les champs sans difficulté.

Les plongeurs participants semblent avoir intégré l'importance de remplir des fiches même en l'absence d'observation.

Le tableau « expert », a été rempli correctement par les observateurs confirmés (animateurs en particuliers), mais les observateurs nouveaux ou ponctuels n'ont pas tous eu ce réflexe.

Hύρρο-BASSIN - Synthèse « Hippo-Bassin » 2013



Lorsqu'il l'on fait, il est souvent nécessaire d'y apporter des précisions ou corriger certaines incohérences, par le biais d'échanges supplémentaires (mail ou téléphone). Ici l'existence d'un animateur réseau filtrant et validant les observations garantit la qualité des informations scientifiques recueillies.

Le tableau « Expert » nécessite véritablement d'anticiper la prise de note sous l'eau des informations nécessaires. Les niveaux de connaissances et de plongées sont hétérogènes parmi les plongeurs du ROP. Cette constatation justifie l'option de 2 niveaux de saisie qui a été prise depuis les débuts. Néanmoins, il importe de faire en sorte que le plus grand nombre possible de contributeurs remplissent le tableau « expert » apportant des informations complémentaires, très importantes pour mieux appréhender la répartition et l'écologie des Syngnathidés.

Enfin, il est serait utile en 2014 de communiquer afin de récolter des données d'efforts d'observations par habitats en l'absence d'observation. Jusqu'à présent, cela n'a pas été le cas.



III – Résultats scientifiques 2013

III.a – Répartition des observations

Les 167 Syngnathidés observés lors de cette année se répartissent en quatre espèces :

- 152 Hippocampus guttulatus,
- 11 Hippocampus hippocampus,
- 3 Entelerus aequoreus, 1 Syngnathus acus.

L'abondance relative des diverses espèces dans les différents sites est indiquée sur la carte cidessous, et dans le tableau page suivante.

BASSIN D'ARCACHON 2013 - Nombre moyen d'individus observés par heure de plongée

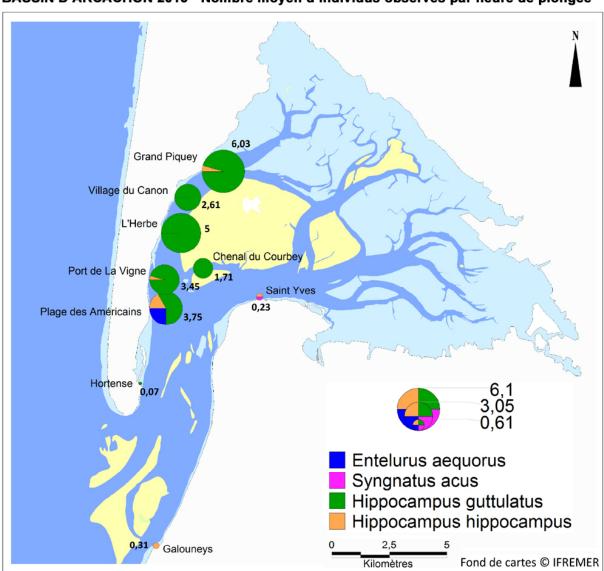


Figure 4 : nombre moyen d'individus observés par heure de plongée, par espèces et par sites. NB : Le site du Chariot (pas d'observation de Syngnathidés) n'apparaît pas dans le cadre de la carte.



Tab. F: Profondeur moyenne de plongée et nombre moyen d'individus observés par heure de plongée dans les divers sites en 2013 (* Les profondeurs corrigées (standardisées) sont exprimées par rapport au niveau de la mer à la mi marée)

Site	Moyenne des prof. Max. déclarées	Moyenne des prof. Max. corrigées (*)	H. hippocampus (ind/h)	H. guttulatus (ind/h)	Syngnatus acus (ind/h)	Entelurus aequoreus (ind/h)	Total Syngnathidés
Galouneys	15,68	14,77	0,31	0,00	0,00	0,00	0,31
Grand banc	6	4,43	0,00	1,71	0,00	0,00	1,71
Grand Piquey	7,54	6,22	0,27	5,77	0,00	0,00	6,03
Hortense	22,4	23,04	0,00	0,07	0,00	0,00	0,07
le chariot	30	28,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L'Herbe	9	8,17	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00
Plage des américains	5,5	5,44	0,63	2,19	0,00	0,94	3,75
Port de La Vigne	7,12	5,93	0,15	3,30	0,00	0,00	3,45
Saint yves	18,57	17,26	0,11	0,00	0,11	0,00	0,23
Village du Canon	6,5	5,15	0,00	2,61	0,00	0,00	2,61

Comme en 2012, on constate dans les observations une nette dominance des hippocampes mouchetés *Hippocampus guttulatus* (91 % des Syngnathidés répertoriés). C'est en particulier le cas sur les sites présentant les densités d'observation (nombres d'individus par heure) les plus fortes.

On peut noter que les densités rencontrées sont moindres qu'en 2012, avec un maximum de 5 à 6 hippocampes ou syngnathes par heure d'observation en 2013 contre des valeurs pouvant atteindre 18 à 23 individus par heure l'année précédente.

Les observations restent cependant trop parcellaires – et restreintes à certain sites – pour que l'on puisse interpréter plus avant les résultats de 2013 seuls.

III.b - Données d'habitat issues des fiches

En 2013, des espèces de Syngnathidés ont été observées dans différents types d'habitats : vase, sable, fonds coquillés, friches ostréicoles, et herbiers (mais uniquement de grande zostère Zostera marina).

La figure ci-après permet de voir que les habitats les plus explorés en 2013 ont été les herbiers (en particulier zones de lisière des herbiers de *Zostera marina*).



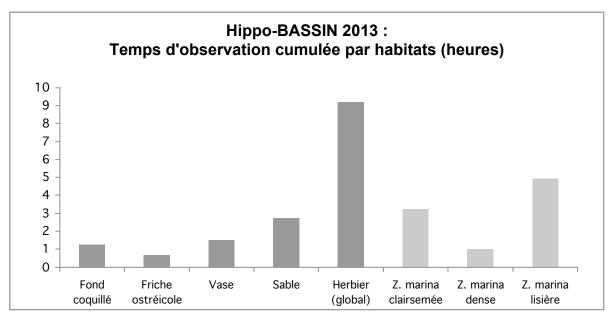


Figure 5 : Nombre d'heures d'exploration dans les différents habitats.

NB Il faut noter que les temps passés dans les différents habitats n'ont été reportés que sur les fiches mentionnant une présence de Syngnathidés. Ainsi, <u>nous n'avons des données sur l'habitat que pour les sites où des Syngnathidés étaient présents</u>. Cela signifie en particulier que les observations sur les habitats ne peuvent pas être extrapolées à l'ensemble du Bassin.

1) « Densités d'observation » par habitats

La figure ci-après indique les densités d'observation (c'est-à-dire le nombre moyen d'individus observés par heure de plongée) dans les différentes catégories d'habitat pour les deux espèces d'hippocampes (*Hippocampus guttulatus*, *H. hippocampus*).

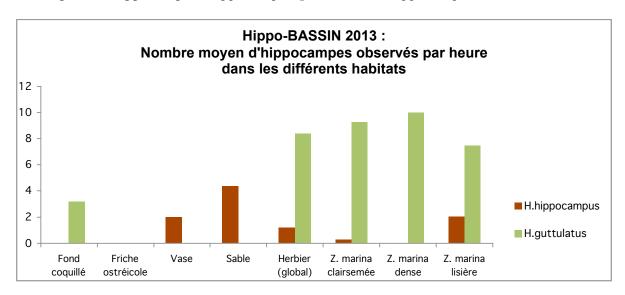


Figure 6 : Densité d'observation (nb/h) des hippocampes dans les différents habitats en 2013.



Très représentés dans les observations faites sur herbier, les hippocampes mouchetés (*H. guttulatus*) n'ont pas été observés en 2013 sur fonds de sable ou de vase (contrairement à 2012). Mais là encore, les observations récoltées sont trop parcellaires pour être interprétées isolément.

Il se confirme en revanche que l'hippocampe à museau court (*H. hippocampus*) est moins observé dans les herbiers que sur des fonds plus dégagés.

2) Approche des préférences d'habitats des deux espèces d'hippocampes

Le tableau montre la répartition des observations deux espèces d'hippocampes entre les différents habitats.

Tab. G: Effectifs observés des 2 espèces d'hippocampes dans les divers habitats en 2013

	Fond coquillé	Friche ostréicole	Sable	Vase	Herbiers	total
H. hippocampus	0	0	12	3	11	26
H. guttulatus	4	0	0	0	77	81
TOTAL	4	0	12	3	88	107
effort d'observation (heure de plongée cumulées)	1,25	0,67	1,5	2,75	9,18	15,35

Pour interpréter plus finement ces préférences d'habitat, on peut se référer à la figure cidessous, qui représente la distribution conditionnelle de chaque espèce par rapport à l'habitat (% de l'effectif total de l'espèce présent dans chaque habitat), mise en rapport avec l'effort relatif d'exploration dans chaque habitat (% du nombre total d'heures de plongée).

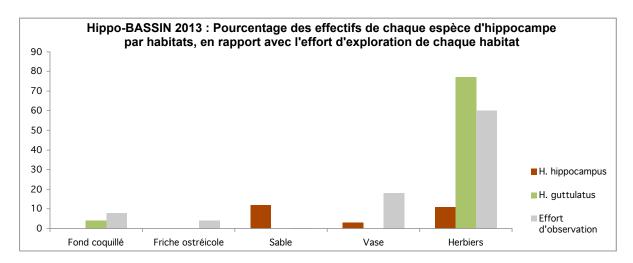


Figure 7: Pourcentage des effectifs de chaque espèce d'hippocampe par habitats, en rapport avec l'effort d'exploration de chaque habitat (2013).



IV – Approche statistique CiSStats (2012-2013)

Créé en 2011, le réseau CiSStat (Citizen Science Statistics / Statistiques pour les Sciences Participatives) rassemble des statisticiens, des écologues, des associations et structures concernées, dans le but de développer des méthodes statistiques pour mieux valoriser les données issues des sciences participatives. Dans ce cadre, Peau-Bleue participe à un groupe de travail qui se concentre sur les programmes d'étude des Syngnathidés.

L'analyse et la réflexion ont d'abord porté sur le projet Hippo-ATLAS (enquête participative sur les hippocampes et syngnathes de nos côtes), permettant d'identifier les principaux facteurs à intégrer dans un modèle d'estimation d'abondance.

Le travail réalisé sur l'Hippo-ATLAS a par ailleurs été déterminant pour concevoir le protocole Hippo-BASSIN (principe de la fiche de recensement des Syngnathidés) qui s'est révélé, à l'usage, le plus performant parmi les études participatives engagées sur les Syngnathidés en France.

Enfin, la réflexion engagée sur l'Hippo-ATLAS a été prolongée pour aboutir à une modélisation statistique de l'estimation d'abondance des espèces de Syngnathidés dans le cadre du projet Hippo-BASSIN. Ce rapport rend compte de ce travail spécifique, dont les résultats mathématiques sont détaillés en annexe 1.

IV.a – Le principe de la modélisation

Les objectifs du programme Hippo-BASSIN sont de :

- Evaluer l'abondance des espèces,
- Comparer l'abondance des différents hippocampes et syngnathes,
- Comparer les abondances par sites, par habitats,
- Et à terme, estimer les populations de Syngnathidés du Bassin d'Arcachon et suivre leur évolution.

Rappel: le protocole prend en compte l'effort d'observation, et les « non observations » sont rapportées.

L'approche statistique développée dans le cadre du projet CiSStats consiste à modéliser l'estimation de l'abondance des différentes espèces en tenant compte de tous les facteurs qui peuvent influer sur les données collectées (observations).

Ce travail de modélisation porte sur la totalité des observations collectées en 2012 (178 fiches) et 2013 (43 fiches).



IV.b - Approche de l'abondance des espèces d'hippocampes

On s'intéresse ici à l'estimation de l'abondance dans les différents sites, sans prise en compte des habitats. C'est le jeu de données le plus complet (203 plongées exploitables pour 2012-2013). La mesure d'abondance retenue est le nombre d'hippocampes par unité de temps.

• Modèle selon une loi de Poisson

On suppose que le nombre d'hippocampes est distribué selon une loi de Poisson dépendant de l'espèce, du lieu, de l'environnement de la plongée, de l'effort d'observation et de l'observateur.

Les effets de l'espèce, de la plongée et de l'effort d'observation sont des effets « fixes », alors que les effets du lieu et de l'observateur sont des effets aléatoires.

On constate, avec ce modèle, une sous-estimation des effectifs pour les faibles valeurs observées non nulles.

• Modèle selon une loi de Poisson « zero-inflated »

Afin de tenter de corriger ce défaut, il a été décidé de modéliser l'abondance par le biais d'une distribution de Poisson « zero-inflated », soit la combinaison d'une loi de Dirac en 0 et d'une loi de Poisson.

Les estimateurs des paramètres se révèlent comparables pour ces deux modèles, et le modèle « zero-inflated » ne montre pas d'amélioration pour l'estimation des faibles comptages.

• Estimation des abondances d'hippocampes en différents lieux

Finalement, c'est avec le modèle de Poisson que seront réalisées les estimations d'abondance.

Il s'agit dune abondance par unité de temps, dans les conditions d'observation idéales (bonne visibilité, palanquée de 2 plongeurs réalisant une plongée « bio » avec recherche des Syngnathidés); elle s'exprime en nombre d'hippocampes rencontrés par heure de plongée.

Figure 8:
Abondance estimée
des deux espèces
d'hippocampes dans
les différents sites du
bassin d'Arcachon
(nombre d'individus
observés par heure de
plongée ; données
2012-2013 ; modèle
de Poisson).

Page 23



IV.c - Approche de l'abondance par habitats

Des informations spécifiques concernant l'habitat ont été renseignées sur un total de 72 fiches de plongée. Pour chaque habitat parcouru au cours de la plongée étaient notés : le temps passé dans l'habitat, dans quelle gamme de profondeurs, ainsi que le nombre d'hippocampes de chaque espèce observés dans l'habitat.

Au modèle précédent est ajoutée la prise en compte des effets de l'habitat, de l'interaction entre espèces et habitats, et de la profondeur. Mais, calculs faits, le modèle basé sur une loi de Poisson se révèle ne pas convenir (hétérogénéité et forte sur-dispersion des résidus).

Pour prendre en compte cette sur-dispersion, on peut modéliser la distribution de l'abondance des hippocampes selon une loi binomiale négative.

Avec ce second modèle, on met en évidence un certain nombre d'effets significatifs de l'habitat :

- Les deux espèces d'hippocampes sont plus nombreuses dans les herbiers de *Zostera marina* dense ;
- Les deux espèces sont moins abondantes dans les enrochements et constructions ;
- L'hippocampe moucheté *H. guttulatus* est plus abondant en lisière des herbiers de *Zostera marina*;
- L'hippocampe à museau court (*H. hippocampus*) est moins abondant dans les herbiers de *Zostera noltii* que dans les autres habitats.

IV.d – Conclusions et perspectives

Les données issues des fiches d'observation des Syngnathidés développées pour le programme Hippo-BASSIN permettent une modélisation statistique poussée, capable d'aborder la mesure de l'abondance des divers Syngnathidés dans différents lieux et habitats en tenant compte de tous les effets qui influent sur les observations.

Les analyses réalisées mettent en évidence des effets significatifs, et permettent d'estimer des abondances (exprimées en nombre d'observations par unité de temps).

Il paraît essentiel, à ce stade, de tester à nouveau ces modèles sur les données de 2014 pour les valider ou, au besoin, les faire évoluer.

Par ailleurs, des données équivalentes sont collectées depuis 2013 dans le bassin lagunaire de Thau (Languedoc) dans le cadre du programme Hippo-THAU. Plusieurs centaines de fiches de plongées sont ainsi disponibles pour 2013 et 2014, mais avec des probabilités d'observation de Syngnathidés nettement plus faibles que dans le Bassin d'Arcachon. Il paraît intéressant d'examiner si les modèles développés pour Hippo-BASSIN peuvent s'appliquer aux données Hippo-THAU, et dans quelle mesure il serait possible de réaliser des comparaisons statistiques entre les données de ces deux bassins.



Références

Grima D. (2011). Etat des connaissances et ressources d'informations sur les hippocampes du Bassin d'Arcachon. Extrait du rapport remis à la mission pour le parc marin du bassin d'Arcachon et son ouvert, 20 p.

Grima D. & Louisy (**2012**). Journée « drôle d'Hippo » du16 juin 2012 : bilan et résultats. Programme RHIZOMA, Association Peau-Bleue, 28 p.

Louisy P. (2010a). Hippo-THAU – Bilan scientifique 2005-2009. Programme Hippo-THAU, CPIE Bassin de Thau - Association Peau-Bleue, 105 p.

Louisy P. (2010b). Hippo-THAU – Bilan scientifique 2005-2009 – Présentation de synthèse. Programme Hippo-THAU, CPIE Bassin de Thau - Association Peau-Bleue, 7 p.

Louisy P. (2011a). Hippo-ATLAS – Bilan scientifique 2005-2010. Programme Hippo-ATLAS / EnQuête d'Hippocampes, Association Peau-Bleue, 66 p.

Louisy P. (2011b). Hippo-ATLAS – Rapport final 2005-2010, analyse et préconisations. Programme Hippo-ATLAS / EnQuête d'Hippocampes, Association Peau-Bleue, 61 p.

Louisy P. (2012a). RHIZOMA - Bilan scientifique de la première phase de travail (2011). Programme RHIZOMA, Association Peau-Bleue, 33 p.

Louisy P. (2012b). Méthodologies et protocoles d'étude participative des Syngnathidae en France en 2012. Programmes EnQuête d'Hippocampes et RHIZOMA, Association Peau-Bleue, 73 p.

Louisy P. & Rybnikow A. (2011). Hippo-THAU - Bilan d'activité 2010. Programme Hippo-THAU, CPIE Bassin de Thau - Association Peau-Bleue, 26 p.



Annexe 1

Rapport d'analyse CiSStats sur les données Hippo-BASSIN 2012-2013

HippoBassin : Analyse des données 2012 et 2013

Joel Chadoeuf¹ Sylvie Huet^{2,3} Patrick Louisy³ Pascal Monestiez¹

- 1. BioSp MIA, INRA, F-84914 Avignon, France
- 2. UR341 MIA, INRA, F-78350 Jouy-en-Josas, France
- 3. Association Peau-Bleue, F-34300 Agde, France



HippoBassin : Analyse des données 2012 et 2013

Joel Chadoeuf¹ Sylvie Huet^{2,3} Patrick Louisy³ Pascal Monestiez¹

- BioSp MIA, INRA, F-84914 Avignon, France
- 2. UR341 MIA, INRA, F-78350 Jouy-en-Josas, France
- 3. Association Peau-Bleue, F-34300 Agde, France

1 Introduction

- Hippo-BASSIN : programme de sciences participatives
- Grima D., Louisy P. (2012) Hippo-BASSIN: bilan et résultats scientifiques 2012. Programme RHI-ZOMA, Association Peau-Bleue
- Recenser et étudier les hippocampes et poissons aiguilles

Evaluer l'abondance des espèces

Comparer l'abondance des différents hippocampes et syngnathes

Comparer les abondances par sites, par habitats

A terme, estimer les populations de Syngnathidés du Bassin d'Arcachon, suivre leur évolution

- Le protocole
 - prise en compte de l'effort d'observation
 - les zéros sont "rapportés". Pas d'évolution des zéros en fonction du temps.

A compléter

2 Evaluer l'abondance des espèces d'hippocampes

2.1 Description des données

Les données sont issues de fiches remplies par un "rapporteur" à l'issue de la plongée.

Quelques chiffres

- 221 plongées, 23 lieux, 76 rapporteurs
- Nombre de plongeurs dans la plongée :

Nombre de plongées	34	127	47	6	5	2
Nombre de plongeurs dans la plongée	- 1	2	3	4	5	8

Visibilité : 2 min(Visi, 1.5)

Nombre de plongées	15	18	39	148
Visibilité pendant la plongée	0	1	2	3

Type de la plongée

Nombre de plongées	1	32	155	16	16
Type de plongée	Apnee	Bio	Exploration	Photo	Technique



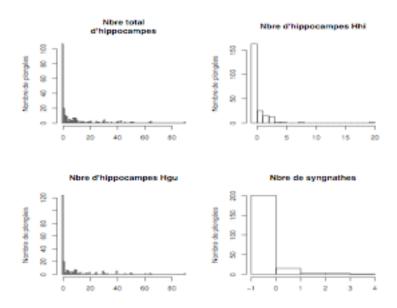


Figure 1: Histogrammes des effectifs d'hippocampes et syngnathes

Recherche d'hippocampes

Nombre de plongées	145	76
Recherche d'hippocampes	FALSE	TRUE

Plan d'expérience très déséquilibré : effets plus ou moins confondus.

Par exemple : "Type de plongée" et "Recherche d'Hippocampes". Il y a une forte proportion de plongées avec "Recherche d'hippocampes" pendant les plongées de "Type bio".

	Apnee	Bio	Exploration	Photo	Technique
FALSE	1	8	106	13	16
TRUE	0	24	49	3	0
rapport	- 0	0.75	0.32	0.19	- 0

Effectifs observés: 135 H. hippocampus, 1488 H.guttulatus, 29 Syngnathes. Voir la figure 1.

Données gardées pour l'analyse Les plongées de "Type Technique" ont été supprimées de l'analyse, le nombre d'observations étant toujours égales à 0 pour ces plongées. Elles n'apportent pas d'information supplémentaire, mais introduisent des problèmes de convergence dans les procédures numériques. La plongée en apnée a été également supprimée.

Il reste 203 plongées.

2.2 Estimation du nombre d'hippocampes par unité de temps

2.2.1 Le modèle selon une loi de Poisson

On décompose le nombre d'hippocampes observés comme un produit de différents termes dépendant de l'espèce, du lieu, de l'environnement de la plongée, de l'effort d'observation et de l'observateur. On ne considère que les 2 espèces d'hippocampes. On suppose que, conditionnellement aux covariables, le nombre d'hippocampes N est distribué selon une loi de Poisson de paramètre Λ qui se décompose de la façon suivante :

$$\Lambda_{sp,lieu,plongee,effort,observateur} = A_{sp}B_{plongee}C_{effort}X_{lieu,sp}Y_{observateur}.$$
 (1)

Pour chacun de ces termes on considère un modèle log-linéaire. les effets de l'espèce, de la plongée et de l'effort d'observation sont des effets "fixes", alors que les effets du lieu et de l'observateur sont des effets

Hύρρο-BASSIN - Synthèse « Hippo-Bassin » 2013



paramêtre	estimation	écart-type estimé	commentaire
a	-8.05	1.33	
$a_{ m Hhi}$	-1.31	0.49	Il y a moins d'hippocampus que de guttulatus
$b_{1,\mathrm{Bio}}$	0		Légère tendance à voir davantage d'hippocampes lors des plongées "Bio"
$b_{1, \text{Explo}}$	-0.3	0.17	
$b_{1, Photo}$	-0.67	0.37	
b_2	0.57	0.19	On voit davantage d'hippocampes lorsque la visibilité est bonne
$c_{1,1}$	0		
$c_{1,2}$	0.59	0.25	On voit davantage d'hippocampes à 2 plongeurs
$c_{1,3}$	0.21	0.31	
$c_{1,\geq 4}$	-0.19	0.30	
C2,FALSE	0		
C2,TRUE	0.89	0.18	On voit davantage d'hippocampes lorsqu'on les cherche
c_3	1.85	0.27	On voit davantage d'hippocampes lorsque le temps de plongée augmente
σ_1	2.49	0.46	Il y a une forte variabilité entre les lieux
σ_2	1.76	0.34	
ρ	-0.74	0.13	Les lieux avec beaucoup d'hippocampus ont peu de guttulatus
τ	1.32	0.15	La variabilité due à l'observateur est moins importante mais présente

Table 1: Modèle de Poisson défini en 2.2.1 : estimation des paramètres et de leurs écart-types

aléatoires.

$$\begin{array}{lll} \log \left(A_{\rm sp} \right) &=& a_{\rm sp} = \left\{ \begin{array}{ll} a & {\rm si~sp=Hgu} \\ a+a_{\rm Hhi} & {\rm si~sp=Hhi} \end{array} \right. \\ \log \left(B_{\rm plongee} \right) &=& b_{\rm 1,TPI} + b_{\rm 2,visi} \ {\rm avec~TPI} \in \left\{ {\rm Bio,Explo,Photo} \right\} \ {\rm et~} b_{\rm 2,visi} = b_{\rm 2} \log \left({\rm visi} \right). \\ &=& {\rm Convention:} \ b_{\rm 1,Bio} = 0 \\ \log \left(C_{\rm effort} \right) &=& c_{\rm 1,NPI} + c_{\rm 2,RH} + c_{\rm 3,duree} \ {\rm avec~NPI} \in \left\{ 1,2,3,\geq 4 \right\}, \ {\rm RH} \in \left\{ {\rm FALSE,TRUE} \right\} \ {\rm et~} c_{\rm 3,duree} = c_{\rm 3} \log \left({\rm duree} \right). \\ &=& {\rm Convention:} \ c_{\rm 1,1} = 0, \ c_{\rm 2,FALSE} = 0 \\ \log \left(X_{\rm lieu,sp} \right) &=& \left\{ \begin{array}{ll} x_{\rm 1,lieu} \ {\rm si~sp=Hgu} \\ x_{\rm 1,lieu} + x_{\rm 2,lieu} \ {\rm si~sp=Hhi} \end{array} \right. \\ \log \left(Y_{\rm obs} \right) &=& y_{\rm obs} \end{array}$$

οù

$$x_{\mathrm{lieu}} = \left(\begin{array}{c} x_{1,\mathrm{lieu}} \\ x_{2,\mathrm{lieu}} \end{array} \right) \sim \mathcal{N} \left(\left(\begin{array}{cc} 0 \\ 0 \end{array} \right), \left(\begin{array}{cc} \sigma_{1}^{2} & \rho \sigma_{1} \sigma_{2} \\ \rho \sigma_{1} \sigma_{2} & \sigma_{2}^{2} \end{array} \right) \right) \text{ et } y_{\mathrm{obs}} \sim \mathcal{N} \left(0, \tau^{2} \right).$$

On suppose que les variables aléatoires x_{lieu} sont indépendantes entre elles (notamment la covariance entre les lieux ne dépend pas de la proximité géographique) et que les variables y_{obs} sont indépendantes entre elles. Enfin, les variables x_{lieu} et y_{obs} sont indépendantes.

Remarque : l'effort d'observation est modélisé à l'aide de la durée de la plongée et non pas la distance parcourue pendant la plongée. En conséquence on ne pourra estimer une abondance par unité de surface, mais par unité de temps. On reviendra sur cette question plus tard.

Les résultats : Les paramètres $(a, b, c, \sigma, \rho, \tau)$ sont estimés par maximisation de la vraisemblance. Les résultats présentés ci-dessous ont été obtenus à l'aide de JAGS¹ sous R² version 3.1.1.

Les estimateurs des paramètres sont donnés au tableau 1.

Pour valider les résultats énoncés au tableau 1, il est nécessaire d'examiner les graphiques des résidus. Nous avons choisi de considérer les résidus calculés à partir des quantiles : pour la plongée i et l'espèce sp

$$Q_{i,sp} = \Phi^{-1}(1 - p_{i,sp}), \text{ où } p_{i,sp} = 1 - P(Z_{i,sp} \ge N_{i,sp}) + \epsilon_{i,sp}P(Z_{i,sp} = N_{i,sp})$$

où $N_{i,sp}$ est le nombre d'hippocampes de l'espèce sp observé pendant la plongée $i, Z_{i,sp}$ est une variable aléatoire de même loi que $N_{i,sp}$ calculée en remplaçant les paramètres $(a, b, c, \sigma, \rho, \tau)$ par les estimateurs du maximum de vraisemblance, $\varepsilon_{i,sp}$ est une variable uniforme sur [0,1] et Φ la fonction de distribution d'une gaussienne centrée réduite. Si le modèle est convenable, ces résidus sont approximativement (pour

¹a jouter référence

²a jouter référence



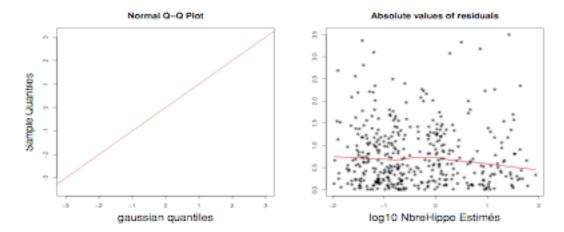


Figure 2: Etude des résidus après ajustement du modèle défini en 2.2.1. A gauche : quantiles des résidus en fonction des quantiles d'une gaussienne centrée réduite. A droite : valeurs absolues des résidus en fonction du logarithme des valeurs prédites.

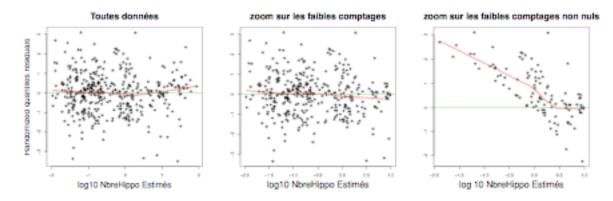


Figure 3: Etude des résidus après ajustement du modèle défini en 2.2.1. Graphe des résidus en fonction des valeurs prédites pour toutes les données (en haut à gauche), pour les observations inférieures à 10 (en haut à droite), pour les observations positives inférieures à 10 (en bas à gauche).

un grand nombre de plongées) distribués selon des gaussiennes centrées réduites. La figure 2 montre que les résidus ne sont pas trop éloignés d'une distribution gaussienne, et ne présentent pas de surdispersion. La figure 3 met en évidence une "sous-estimation" des effectifs observés pour les faibles valeurs observées non nulles. Pour tenter d'amoindrir ce phénomène, on peut considérer une modèle de Poisson zero-inflated. Ce modèle et les résultats sont présentés ci-après.

La profondeur maximum de la plongée. Cette covariable n'a pas été prise en compte dans le modèle pour cette première analyse. Le graphique des résidus en fonction de la profondeur présenté à la figure 4 ne met pas en évidence une structuration des résidus dépendant de la profondeur.

2.2.2 Le modèle selon une loi de Poisson zero-inflated

Le nombre d'hippocampes N est distribué selon un mélange d'une loi de Dirac en 0 et d'une loi de Poisson : Avec une probabilité $1 - \pi$, N = 0, et avec une probabilité π , $N \sim \text{Poisson}(\Lambda)$. La probabilité π modélise la probabilité de présence d'un hippocampe. On suppose que cette probabilité ne dépend que de l'espèce et du lieu :

$$logit\pi = log\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right) = u_{sp,lieu},$$

et que l'espérance du nombre d'hippocampes observés sachant que ces derniers sont présents, soit Λ , reste comme défini précédemment, voir (1). Ainsi l'espérance du nombre d'hippocampes observés vaut $\pi\Lambda$.



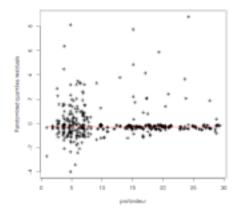


Figure 4: Etude des résidus après ajustement du modèle défini en 2.2.1. Graphe des résidus en fonction de la profondeur maximale de la plongée.

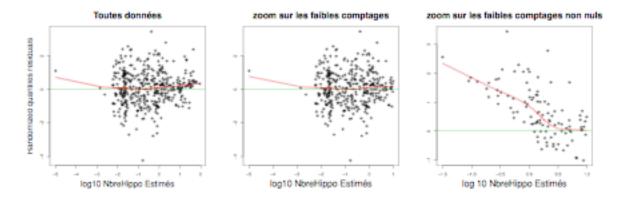


Figure 5: Etude des résidus après ajustement du modèle de Poisson zero-inlated. Graphe des résidus en fonction des valeurs prédites pour toutes les données (en haut à gauche), pour les observations inférieures à 10 (en haut à droite), pour les observations positives inférieures à 10 (en bas à gauche).

L'algorithme de maximisation de la vraisemblance sous ce modèle ne converge pas. On a donc supposé que la probabilité de présence de l'hippocampe ne dépend pas que du lieu : $logit \pi_{lieu} = u_{lieu}$, où $u_{lieu} \sim \mathcal{N}(0, \omega^2)$.

Les résultats : Les estimateurs des paramètres sont donnés au tableau 2. Comme attendu, une part de la variabilité due aux lieux est "prise" dans la probabilité de présence. Pour les autres paramètres, les résultats sont similaires à ceux du modèle de Poisson. Les graphiques des résidus pour ce modèle présentent les mêmes caractéristiques que ceux obtenus précédemment. La figure 5 ne montre aucune amélioration de l'estimation des faibles comptages avec le modèle zero-inflated. Dans la suite, les estimations des abondances des hippocampes sur les différents sites sont donnés pour le modèle de Poisson.

Commentaire : il faudra revenir sur ce point lors de l'analyse des données 2014. On aura davantage de données qui permettront peut-être d'introduire un effet de l'espèce dans la probabilité de présence.

2.2.3 Estimation des hippocampes par lieu et par unité de temps

Le modèle permet d'estimer l'abondance des hippocampes dans une situation donnée. Dans la situation favorable suivante :

- la visibilité est optimale
- la plongée est composée de 2 plongeurs



paramètre	estimation	écart-type estimé	commentaire
a	-6.89	1.07	
a_{Hhi}	-1.64	0.41	Il y a moins d'hippocampus que de guttulatus
$b_{1, \mathrm{Bio}}$	0		Il n'y a pas d'effet du type de plongée
$b_{1, \text{Explo}}$	-0.17	0.15	
$b_{1,Photo}$	-0.73	0.35	
b_2	0.48	0.17	On voit davantage d'hippocampes lorsque la visibilité est bonne
$c_{1,1}$	0		
C1,2	0.70	0.25	On voit davantage d'hippocampes à 2ou 3 plongeurs
c _{1.3}	0.70	0.33	
$c_{1,\geq 4}$	-0.24	0.30	
C2,FALSE	0		
C2.TRUE	0.92	0.18	On voit davantage d'hippocampes lorsqu'on les cherche
C3	1.80	0.24	On voit davantage d'hippocampes lorsque le temps de plongée augmente
σ_1	1.37	0.31	La variabilité due aux lieux est moins forte qu'avec le modèle
			non zero-inflated
σ_2	1.44	0.35	
ρ	-0.69	0.16	Les lieux avec beaucoup d'hippocampus ont peu de guttulatus
T	0.99	0.12	La variabilité due à l'observateur est moins importante mais présente
ω	5.11	1.83	La variabilité due aux lieux dans l'estimation de la probabilité
			de présence est importante.

Table 2: Modèle de Poisson zero-inflated défini en 2.2.2 : estimation des paramètres et de leurs écart-types

- la plongée est de "type Bio"
- les plongeurs sont à la recherche d'hippocampes

on estime le nombre d'hippocampes observés en un lieu donné pour une plongée de 60 minutes :

$$\widehat{\lambda}_{\rm sp,lieu} = 60^{\widehat{c}_3} \widehat{A}_{\rm sp} \widehat{X}_{\rm lieu,sp} \widehat{B}_{\rm TPl=Bio,visi=3} \widehat{C}_{\rm Npl=2,RH=FALSE}.$$

Les résultats sont donnés au tableau 3, et à la figure 6. La figure 7 représente les effets aléatoires des lieux pour chacune des espèces. Cette figure montre la corrélation négative entre les effets aléatoires des lieux pour chacune des espèces. Elle montre également une structure géographique, les effets aléatoires étant de même signe sur une portion du bassin.



Lieu	H. guttulatus	H. hippocampus
Belisaire	45	2
Blockaus Les sabloneys	0.2	0.1
Chenal Ares	22	6
Chenal Courbey	106	5
Escarpe Chenal piquey	5	4
Galouneys	0.3	0.3
Grand Banc	81	6
Grand Piquey	46	3
Herbe	92	0.7
Hortense	0.3	0.2
La Mado	2	1
La roche Velaine	0.3	0.12
La Vigne	56	1.2
Le Chariot	0.3	0.2
Les Jalles	62	3
Mimbeau	0.7	0.3
Nord Canelon	1	2
Plage des Americains	13	2
St Yves	1	1
Sud Canelon	16	1.5
Sud Gd Banc Chenal Teychan	12	1
Villa Algerienne	66	0.5
Village du Canon	16	1

Table 3: Abondances estimées en chaque lieu

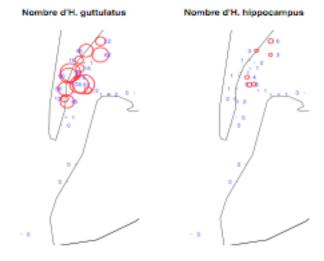


Figure 6: Abondances estimées en chaque lieu



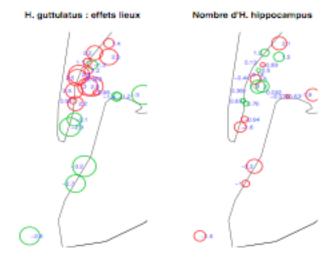


Figure 7: Effets aléatoires estimés en chaque lieu

3 Estimation du nombre d'hippocampes par unité de temps et par habitat

3.1 Description des données

Pour 72 plongées, des informations supplémentaires concernant l'habitat ont été renseignées. Pour chaque habitat parcouru pendant la plongées, les informations suivantes sont notées : temps passé dans l'habitat, profondeur de l'habitat, et nombre d'hippocampes observé sur l'habitat.

Quelques chiffres

- 72 plongées, 15 lieux, 43 rapporteurs
- Nombre de plongeurs dans la plongée :

Nombre de plongées	12	40	17	1	2
Nombre de plongeurs dans la plongée	- 1	2	3	4	5

Visibilité : 2 min(Visi, 1.5)

Nombre de plongées	7	18	47
Visibilité pendant la plongée	1	2	3

Type de la plongée

Nombre de plongées	1	18	47	6
Type de plongée	Apnee	Bio	Exploration	Photo

Recherche d'hippocampes

Nombre de plongées	12	60
Recherche d'hippocampes	FALSE	TRUE

Effectifs observés: 111 H. hippocampus, 927 H.guttulatus, 19 Syngnathes.

Les 72 plongées pour lesquelles les plongeurs ont renseigné les habitats ont au moins 1 observation :

	Nombre de plongées
zéro H. guttulatus	33
zéro H. hippocampus	13
zéro hippocampe	2
zéro observation	0

Hippo-BASSIN - Synthèse « Hippo-Bassin » 2013



Habitats

Habitat	Nb. visites	Temps passé	Prof. moy.	Prof. max	Nb. H. hi	Nb. H. gu	Nb. syng.
Enro constru	4	55	8.4	14.2	0	1	1
Fond coquilles	30	798	5.8	18.4	44	184	5
Friche ostreicole	6	97	3.3	5.65	1	13	0
Sable	39	933	5.2	13.4	34	217	8
Vase	10	253	5.8	11.75	15	80	0
Z marina clairseme	6	121	3.9	5	2	40	1
Z marina dense	6	260	3.9	5.3	0	151	1
Z marina lisiere	13	490	3.8	5.87	14	182	3
Z noltii	6	110	2.7	3.9	1	59	0

Plan d'expérience très déséquilibré : effets plus ou moins confondus.

Par exemple : "Habitats" et "profondeurs". Il y a une forte proportion de plongées avec "Recherche d'hippocampes" pendant les plongées de "Type bio".

	Apnee	$_{\rm Bio}$	Exploration	Photo	Technique
FALSE	1	8	106	13	16
TRUE	0	24	49	3	0
rapport	0	0.75	0.32	0.19	0

3.2 Le modèle

On reprend le modèle précédent défini au paragraphe 2.2.1 en ajoutant l'effet de l'habitat et un effet d'interaction entre l'espèce et l'habitat, ainsi qu'un effet de la profondeur. Le terme A_{sp} devient $A_{sp,hab}$ où

$$\log\left(A_{\rm sp,hab}\right) = a_{\rm sp,hab} = \begin{cases} a_1 & \text{si sp} = \text{Hgu et hab} = \text{Fond coquilles} \\ a_1 + a_{1,\text{Hhi}} & \text{si sp} = \text{Hhi et hab} = \text{Fond coquilles} \\ a_1 + a_{2,\text{hab}} & \text{si sp} = \text{Hgu et hab} \neq \text{Fond coquilles} \\ a_1 + a_{1,\text{Hhi}} + a_{12,\text{hab}} & \text{si sp} = \text{Hhi et hab} \neq \text{Fond coquilles} \end{cases}$$

Pour tenir compte de l'effet de la profondeur, la variable a été catégorisée en 4 classes : inférieure à 3 m, comprise entre 3 et 4,5 m, entre 4,5 et 6 m, supérieure à 6 m. Le terme $B_{plongee}$ devient

$$\log (B_{\text{plengee}}) = b_{1,\text{TPl}} + b_{2,\text{visi}} + b_{3,\text{prof}} \text{ avec prof} \in \{[0,3], [3,4.5], [4.5,6], [6,20]\}.$$

Le modèle ne convient pas : les résidus présentent une forte sur-dispersion et hétérogénéité. Il apparaît que la variance de l'observation n'est pas proportionnelle à l'espérance (comme modélisée dans une distribution de Poisson), mais serait plutôt proportionnelle au carré de l'espérance.

Pour prendre en compte cette surdispersion on peut modéliser la distribution du nombre d'hippocampes observés par une loi binomiale négative.

Dans un premier temps nous avons considéré un modèle sans effet du lieu ni de l'observateur. En effet, il y a plusieurs lieux où le nombre de visites est très faible, voire confondu avec l'habitat. Par exemple, un seul habitat a été observé à Belisaire, Chenal Ares, Galouneys. La procédure numérique permettant la maximisation de la vraisemblance ne converge pas.

Le modèle est donc le suivant : conditionnellement aux covariables, le nombre d'hippocampes N est distribué selon une loi binomiale négative de paramètre Λ qui se décompose de la façon suivante

$$\Lambda_{\text{sp,plongee,effort,observateur}} = A_{\text{sp,hab}} B_{\text{plongee}} C_{\text{effort}}.$$

L'espérance de N vaut Λ et la variance de N vaut $\Lambda + \Lambda^2/\theta$.

Les paramètres (a, b, c, θ) sont estimés par maximum de vraisemblance à l'aide de la fonction glm.nb de R. L'étude des résultats de l'estimation ont fait apparaître que la profondeur a un effet négatif sur le nombre d'observations d'hippocampes au-delà d'un certain seuil. Nous avons donc modifié le terme $B_{plongee}$ de la façon suivante :

$$\log (B_{\text{plongee}}) = b_{1,\text{TPl}} + b_{2,\text{visi}} + \begin{cases} 0 & \text{st prof } \leq s \\ b_{3,\text{prof}} \times \text{prof} & \text{st prof } > s \end{cases}$$

Le paramètre s a été estimé à partir des données par maximum de vraisemblance. Par ailleurs, nous avons vérifié l'absence d'effet d'interaction significatif entre la profondeur et l'espèce.



paramètre	estimation	écart-type	commentaire
a_1	-1.69	0.77	
$a_{1,\mathrm{Hhi}}$	-1.40	0.35	Il y a moins d'hippocampus que de guttulatus
$a_{2,Fr.Ostr.}$	-1.19	0.61	Rappel : la catégorie de référence est "Fond coquilles"
$a_{2,Z.E.constr}$	-2.56	1.17	
$a_{2,\mathrm{m.dense}}$	1.32	0.52	
$a_{2,\mathrm{m.lisi}}$	0.79	0.42	
$a_{12, \mathrm{Hhi, m.lisi}}$	-1.39	0.65	
@12,Hhi,Z.noltii	-2.70	1.24	
b_2	0.89	0.51	On voit davantage d'hippocampes quand la visi est bonne (effet très léger)
8	6	NA	La méthode ne permet pas d'estimer l'écart-type de \hat{s}
b_3	-0.52	0.13	Effet significatif de la profondeur au-dela de 6 m
C1,2	0.85	0.53	
C1.3	0.98	0.33	On voit davantage d'hippocampes à 3 plongeurs
C2,TRUE	0.69	0.31	On voit davantage d'hippocampes quand on les cherche (effet três léger)
c ₃	0.54	0.13	On voit davantage d'hippocampes lorsque le temps de plongée augmente.

Table 4: Estimation des paramètres du modèle défini au paragraphe 3.2. L'estimation de θ vaut 0.81 et l'estimation de son écart-type vaut 0.12.

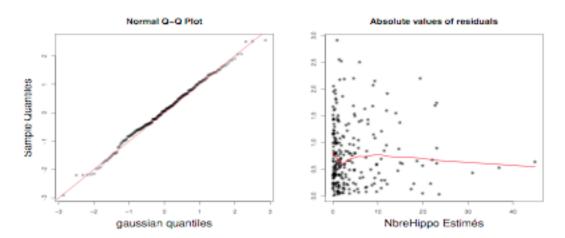


Figure 8: Etude des résidus après ajustement du modèle défini en 3.2. A gauche : quantiles des résidus en fonction des quantiles d'une gaussienne centrée réduite. A droite : valeurs absolues des résidus en fonction des valeurs prédites.

3.3 Les résultats

Les estimateurs des paramètres sont donnés au tableau 4. Seuls les paramètres traduisant un effet significatif (parfois très léger) sont reportés. Concernant les effets de l'habitat, il apparaît qu'il y a plus d'hippocampes sur "marina dense", plus de guttulatus sur "marina lisière", moins d'hippocampes sur "Z Enro constru" et moins d'hippocampus sur "Z noltif" que sur les autres habitats.

Commentaire: si nécessaire, on peut estimer des abondances d'hippocampes (et calculer des intervalles de confiance) dans les conditions optimales d'une plongée (3 plongeurs, bonne visibilité, ...) pour chaque espèce et chaque habitat parcouru pendant une durée à choisir, à une profondeur donnée. Par exemple on pourrait prendre une profondeur inférieure à 6 m pour tous les habitats, ou (et) la profondeur maximale de chaque habitat. Pour la durée, il faut faire attention à ne pas prédire au-delà des temps passés dans chaque habitat.

Validation du modèle : étude des résidus La figure 8 montre que les résidus ne sont pas trop éloignés d'une distribution gaussienne, et ne présentent pas de surdispersion.

La figure 9 montre que pour les comptages au-delà de 6, les valeurs prédites tendent à sous-estimer les valeurs observées. Mais l'écart à la droite horizontale reste très faible. Pour le valeurs non nulles plus petites que 2, on constate également une légère sous-estimation.



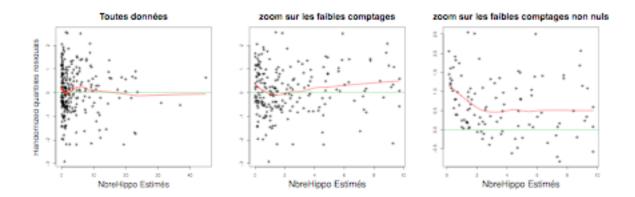


Figure 9: Etude des résidus après ajustement du modèle défini en 2.2.1. Graphe des résidus en fonction des valeurs prédites pour toutes les données (en haut à gauche), pour les observations inférieures à 10 (en haut à droite), pour les observations positives inférieures à 10 (en bas à gauche).

4 Conclusion

Ces analyses mettent en évidence des effets significatifs. Elles permettent d'estimer les abondances d'hippocampes par unité de temps dans les conditions optimales d'une plongée.

Pour les données d'abondance, sans observation de l'habitat, une structuration spatiale des effets des lieux est observée. Des analyses complémentaires doivent tenir compte de cette structuration dans le modèle.

Pour les deux jeux de données, il est essentiel de pouvoir valider (ou non) ces résultats à l'aide des observations faites en 2014.