

Identification du répertoire vocal et détermination des liens sociaux de trois espèces de tortues marines menacées : de nouveaux outils pour améliorer le suivi et la conservation des populations

Doctorant :

Léo Maucourt

Direction :

Damien Chevaller

Co-direction :

Isabelle Charrier

Malika René-Trouillefou

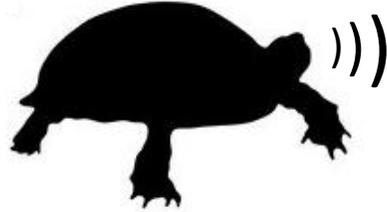


Pourquoi s'intéresser à la production vocale des tortues marines ?

Samuel *et al.* 2005

Underwater, low-frequency noise in a coastal sea turtle habitat.

Pourquoi s'intéresser à la production vocale des tortues marines ?



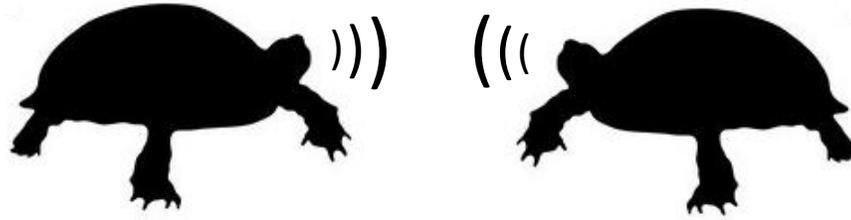
Ferrara *et al.* 2013

Turtle vocalizations as the first evidence of posthatching parental care in chelonians

Giles *et al.* 2009

Voice of the turtle: the underwater acoustic repertoire of the long-necked freshwater turtle, *Chelodina oblonga*

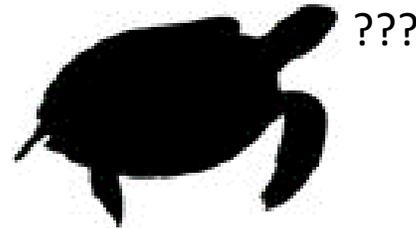
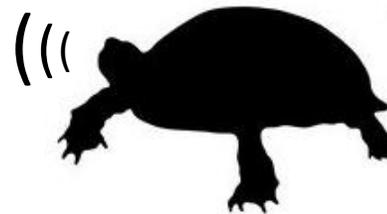
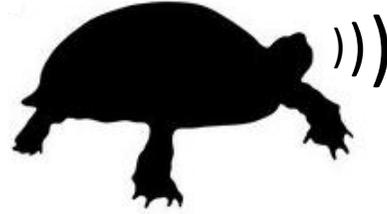
Pourquoi s'intéresser à la production vocale des tortues marines ?



Ferrara *et al.* 2013

Turtle vocalizations as the first evidence of posthatching
parental care in chelonians

Pourquoi s'intéresser à la production vocale des tortues marines ?



Pourquoi s'intéresser à la production vocale des tortues marines ?

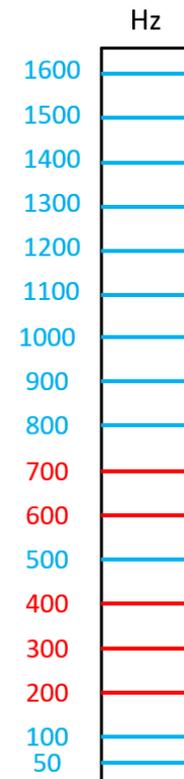
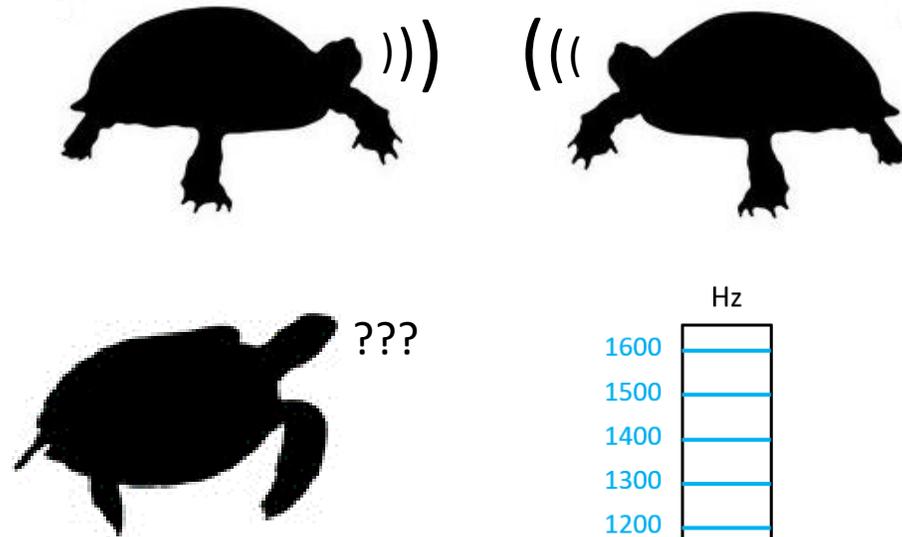
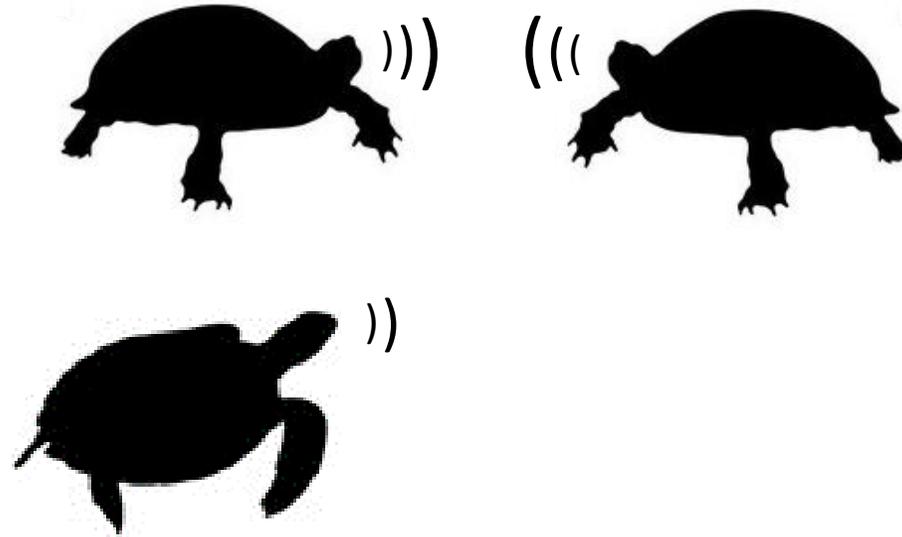


Schéma de la gamme d'audition chez *Chelonia Mydas* (juvénile).

Piniak et al. (2016) Hearing in the juvenile green sea turtle (*Chelonia mydas*): a comparison of underwater and aerial hearing using auditory evoked potentials

Bartol & Ketten (2006) Turtle and tuna hearing. In: Swimmer Y, Brill R (eds). Sea turtle and pelagic fish sensory biology: developing techniques to reduce sea turtle bycatch in longline fisheries

Pourquoi s'intéresser à la production vocale des tortues marines ?



Vol. 48: 31–41, 2022
<https://doi.org/10.3354/esr01185>

ENDANGERED SPECIES RESEARCH
Endang Species Res

Published May 5



First evidence of underwater vocalizations in green sea turtles *Chelonia mydas*

Isabelle Charrier^{1,*}, Lorène Jeantel², Léo Maucourt¹, Sidney Régis³, Nicolas Lecerf³,
Abdelwahab Benhalilou⁴, Damien Chevallier³

¹Institut des Neurosciences Paris-Saclay, CNRS, Université Paris-Saclay, 91405 Orsay, France

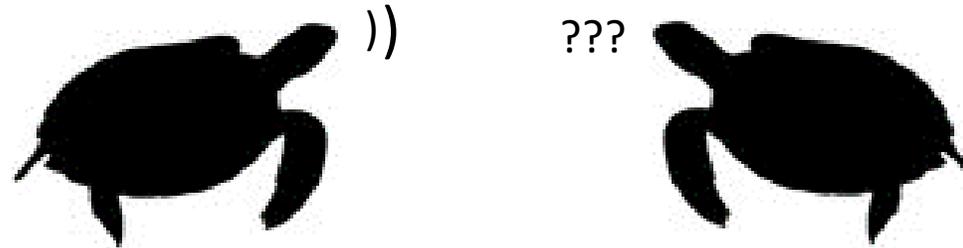
²Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien, UMR 7178 CNRS/Unistra, 67087 Strasbourg, France

³BOREA Research Unit, MNHN, CNRS 7208, Sorbonne Université, IRD 207, UCN, UA, 75231 Paris, France

⁴Association POEMM, 73 Lot Papayers, Anse à l'Âne, 97229 Les Trois Îlets, France

Pourquoi s'intéresser à la production vocale des tortues marines ?

- Découvrir si il y a bien une communication acoustique



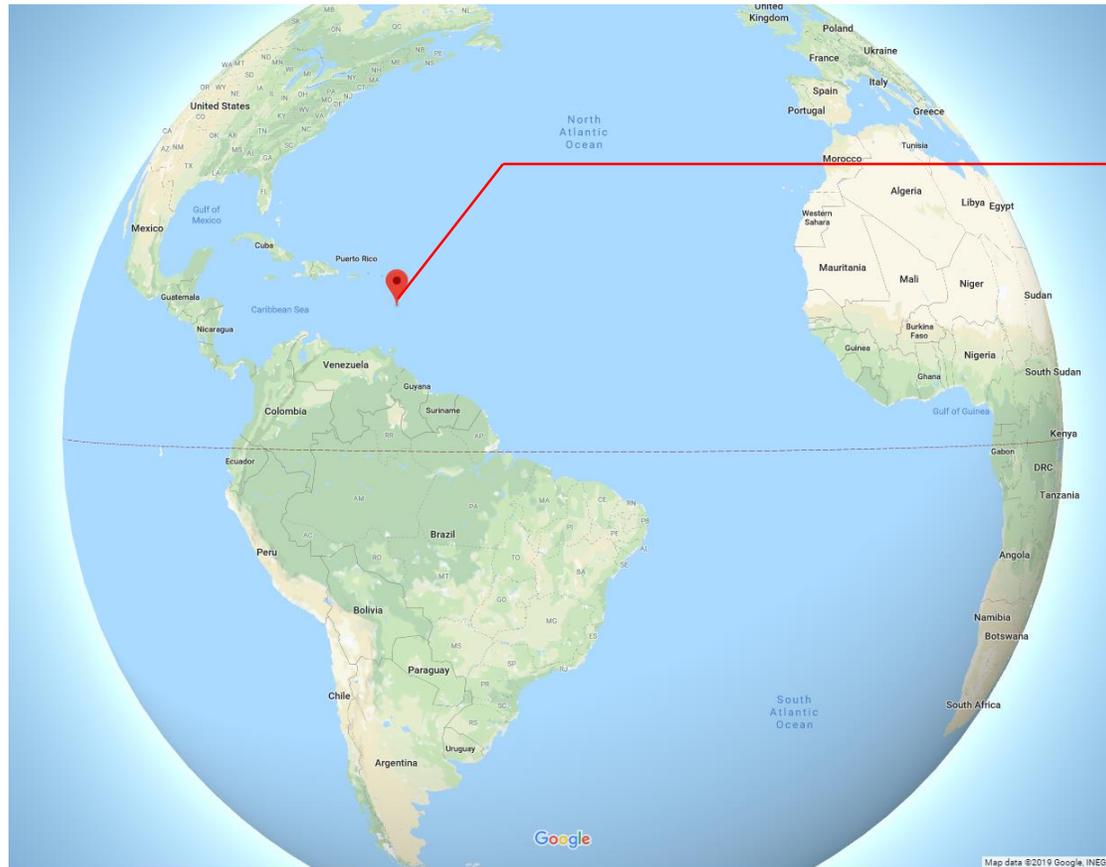
Pourquoi s'intéresser à la production vocale des tortues marines ?

- Découvrir si il y a bien une communication acoustique
- Comprendre les contextes et les rôles des différentes vocalisations

Pourquoi s'intéresser à la production vocale des tortues marines ?

- Découvrir si il y a bien une communication acoustique
- Comprendre les contextes et les rôles des différentes vocalisations
- Améliorer efficacement et durablement la conservation des tortues marines à moindre coût/effort



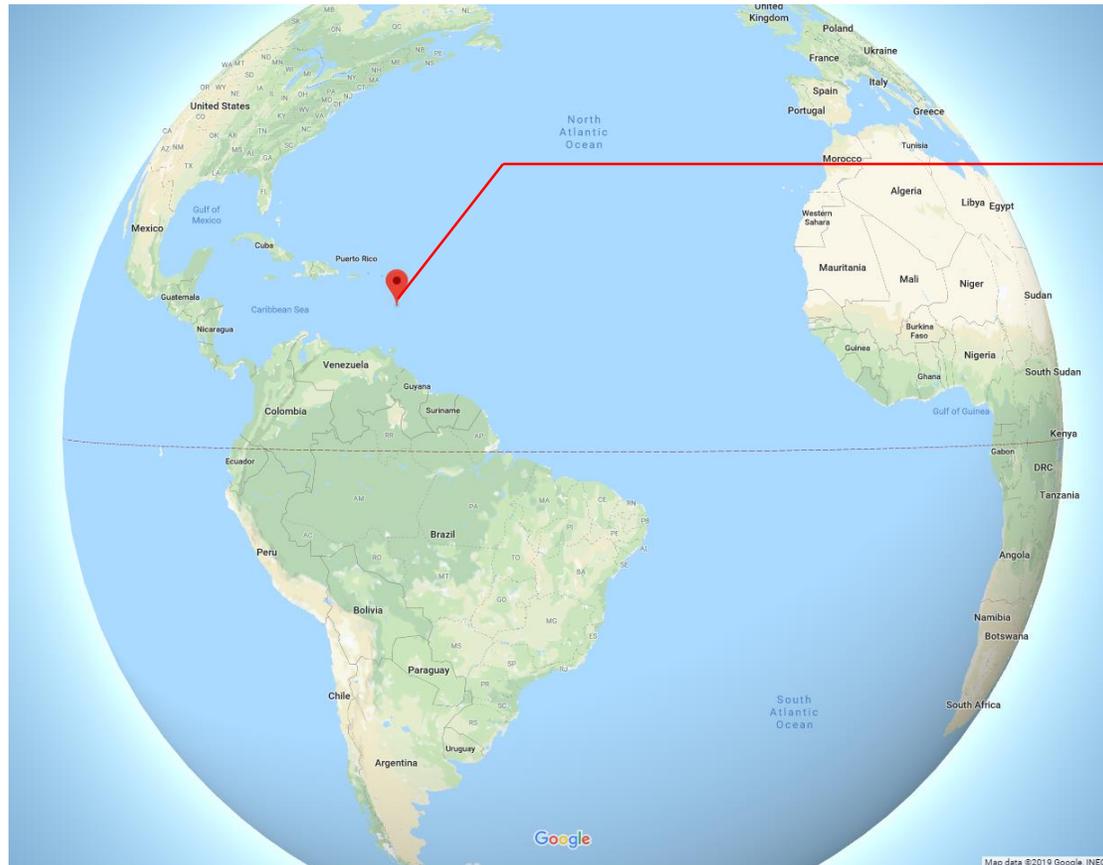


Martinique

- 11 individus capturés en 2018 (5 en mai et 6 en octobre)



Caméra CATS



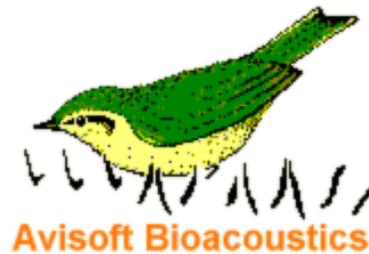
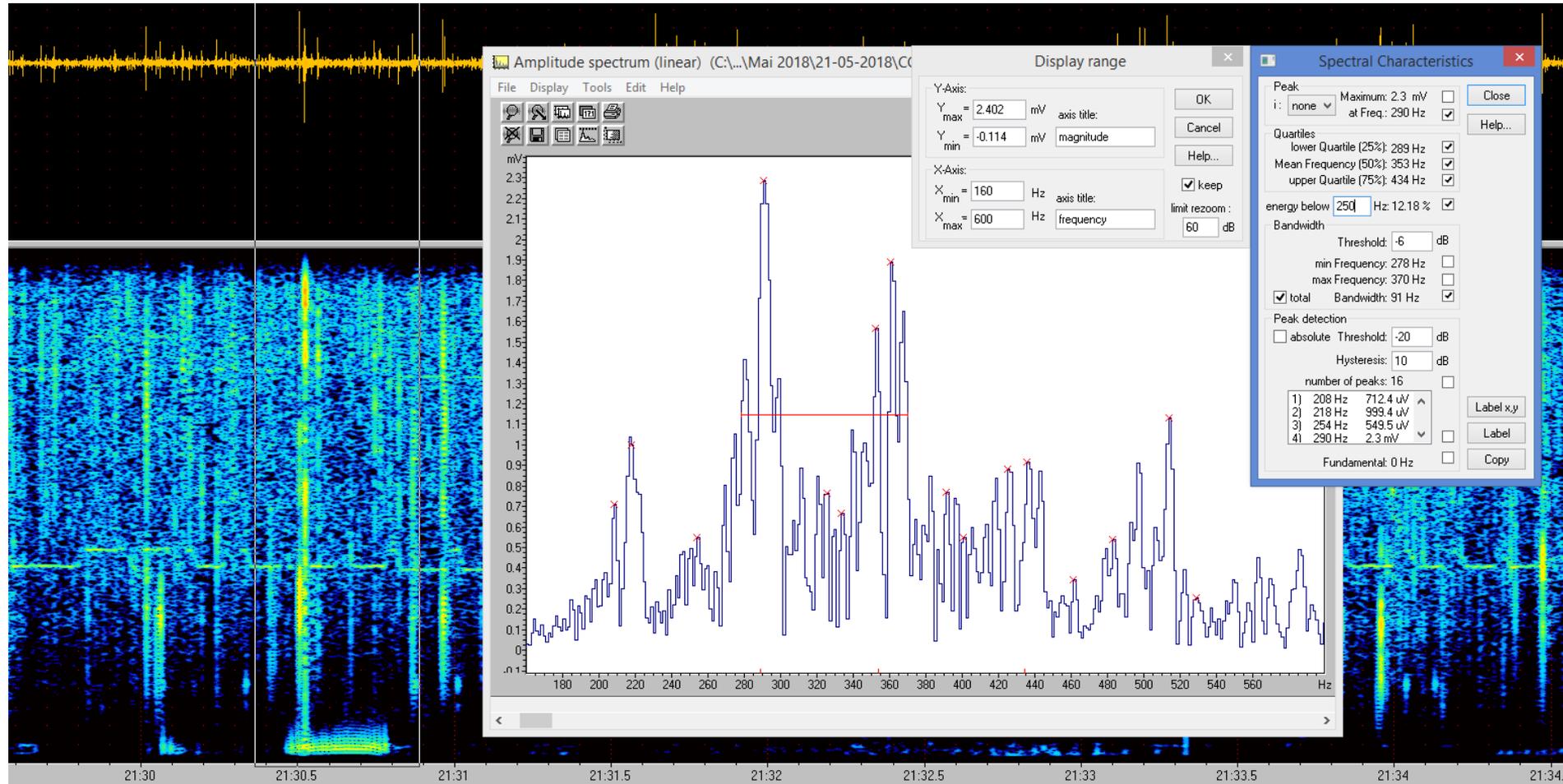
Martinique

- 11 individus capturés en 2018 (5 en mai et 6 en octobre)
- 10 individus capturés en 2021 (3 en octobre et 7 en novembre)
- 5 individus capturés en 2022 (1 en janvier 3 en avril et 1 en mai)

« Focal Animal Survey »

Smith & Pinter-Wollman, 2021

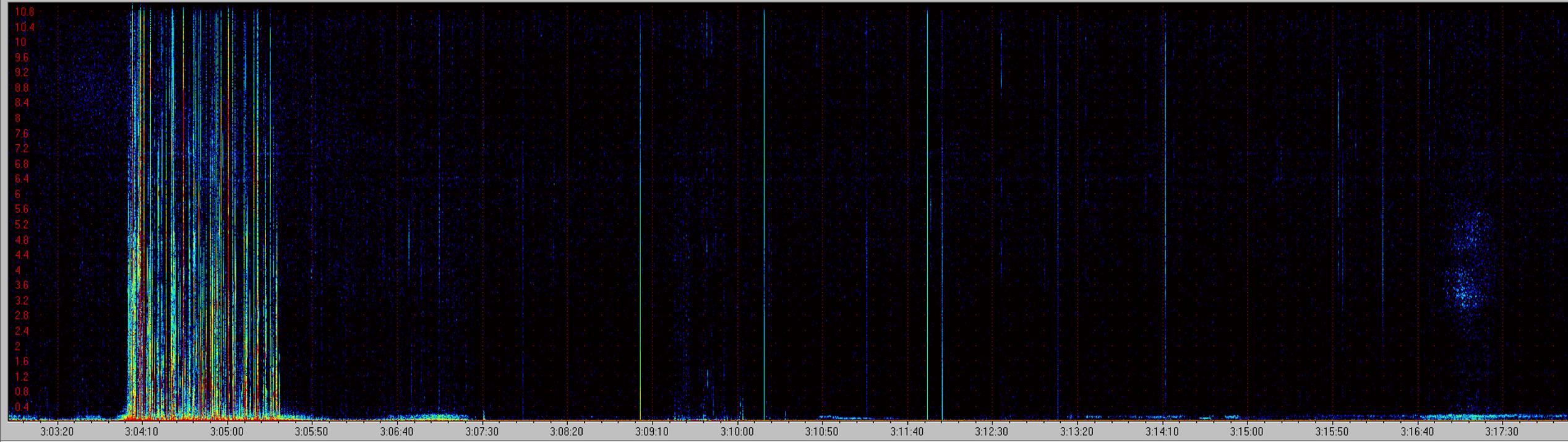
Observing the unwatchable: Integrating automated sensing, naturalistic observations and animal social network analysis in the age of big data



File Analyze Edit Tools Actions Metadata Help

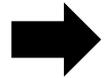
22.05 kHz, 16 Bit

t1 = 11161.6
t2 = 11161.6
dt = 0



Start	Stop	Label
09:00:00	09:00:05	Son
09:00:00	09:00:02	Evènement
09:00:04	09:00:07	Comportement
09:00:07	09:00:09	Evènement

Start	Stop	Label
09:00:00	09:00:05	Son
09:00:00	09:00:02	Evènement
09:00:04	09:00:07	Comportement
09:00:07	09:00:09	Evènement



Pas de temps	Son	Comportement	Evènement
09:00:00	1	0	1
09:00:01	1	0	1
09:00:02	1	0	1
09:00:03	1	0	0
09:00:04	1	1	0
09:00:05	1	1	0
09:00:06	0	1	0
09:00:07	0	1	1
09:00:08	0	0	1
09:00:09	0	0	1

Pas de temps	Son	Comportement	Evènement
09:00:00	1	0	1
09:00:01	1	0	1
09:00:02	1	0	1
09:00:03	1	0	0
09:00:04	<u>1</u>	<u>1</u>	0
09:00:05	<u>1</u>	<u>1</u>	0
09:00:06	0	1	0
09:00:07	0	1	1
09:00:08	0	0	1
09:00:09	0	0	1

Son = 6 secondes

Comportement = 4 secondes

Evènement = 6 secondes

33.3% du temps d'émission total du son est entendu en même temps que le comportement est observé ($\frac{2}{6} * 100$).

Pas de temps	Son	Comportement	Evènement
09:00:00	<u>1</u>	0	<u>1</u>
09:00:01	<u>1</u>	0	<u>1</u>
09:00:02	<u>1</u>	0	<u>1</u>
09:00:03	1	0	0
09:00:04	1	1	0
09:00:05	1	1	0
09:00:06	0	1	0
09:00:07	0	1	1
09:00:08	0	0	1
09:00:09	0	0	1

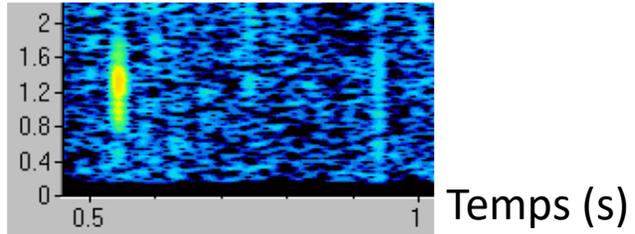
Son = 6 secondes

Comportement = 4 secondes

Evènement = 6 secondes

50% du temps d'émission total du son est entendu en même temps que l'évènement est observé ($\frac{3}{6} * 100$).

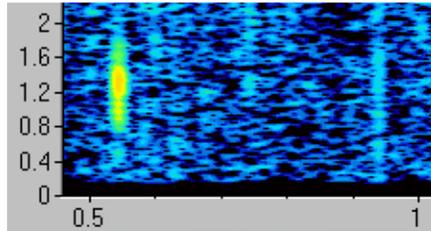
Fréquences (kHz)

MonoLes Pulses**Durée (ms)****Fréquence (Hz)**

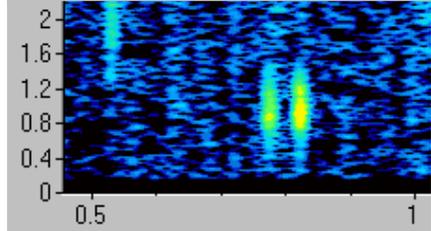
Mono

 3.8 ± 1.8 1042 ± 101

Fréquences (kHz)

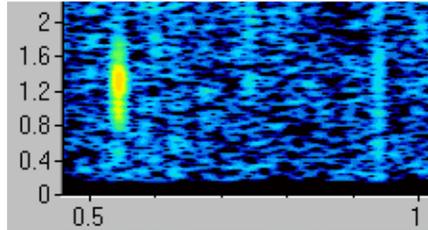
Mono

Temps (s)

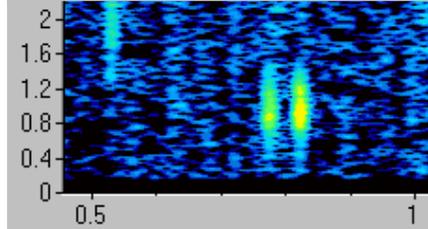
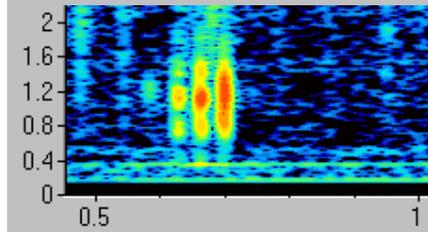
DoubletLes Pulses

	Durée (ms)	Fréquence (Hz)
Mono	3.8 ± 1.8	1042 ± 101
Doublet	43 ± 7.7	1053 ± 73

Fréquences (kHz)

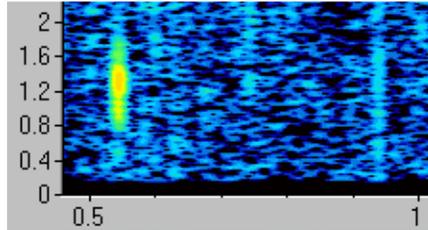
Mono

Temps (s)

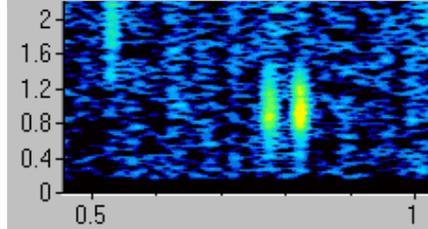
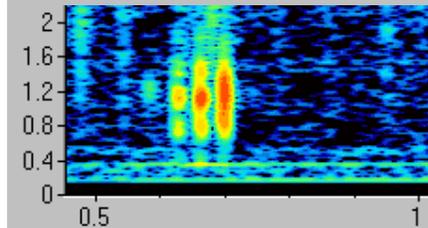
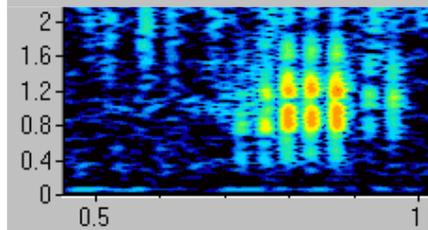
DoubletTripletLes Pulses

	Durée (ms)	Fréquence (Hz)
Mono	3.8 ± 1.8	1042 ± 101
Doublet	43 ± 7.7	1053 ± 73
Triplet	79.2 ± 9.6	1057 ± 74

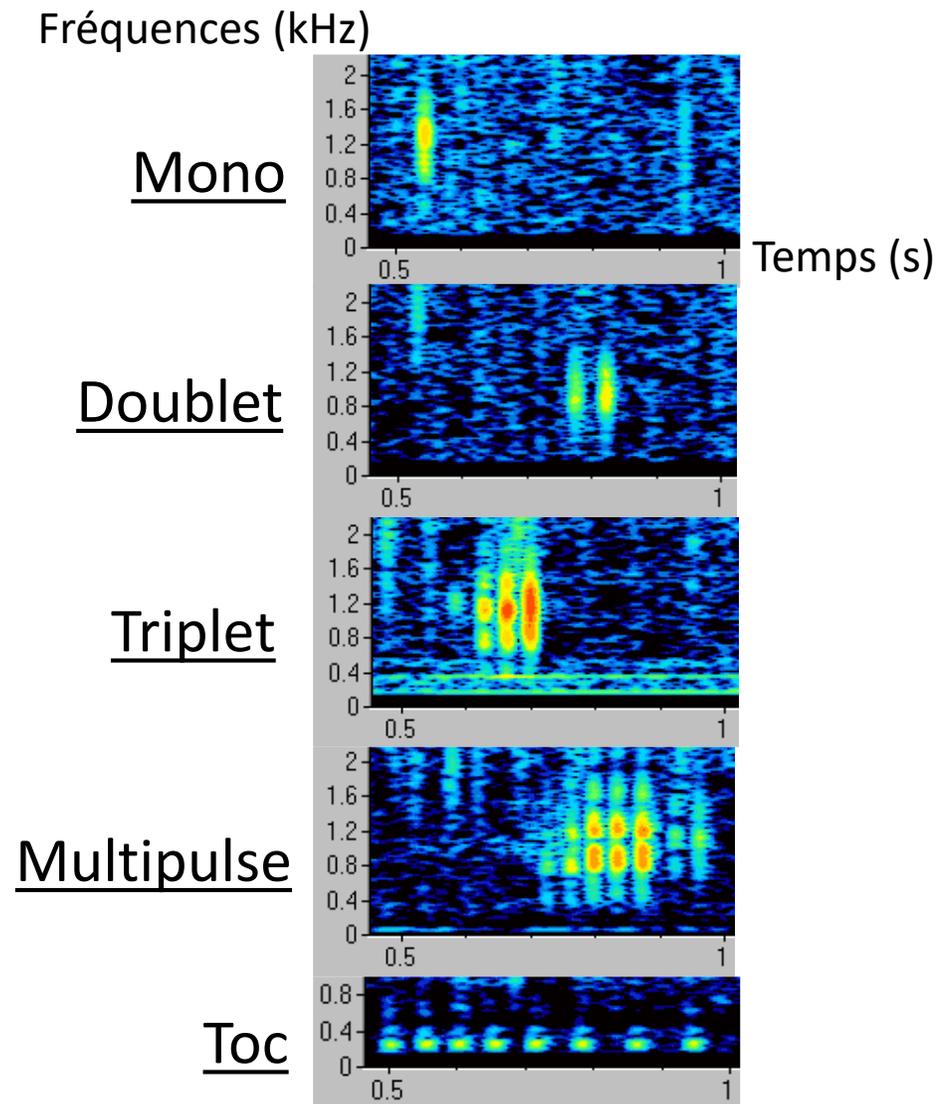
Fréquences (kHz)

Mono

Temps (s)

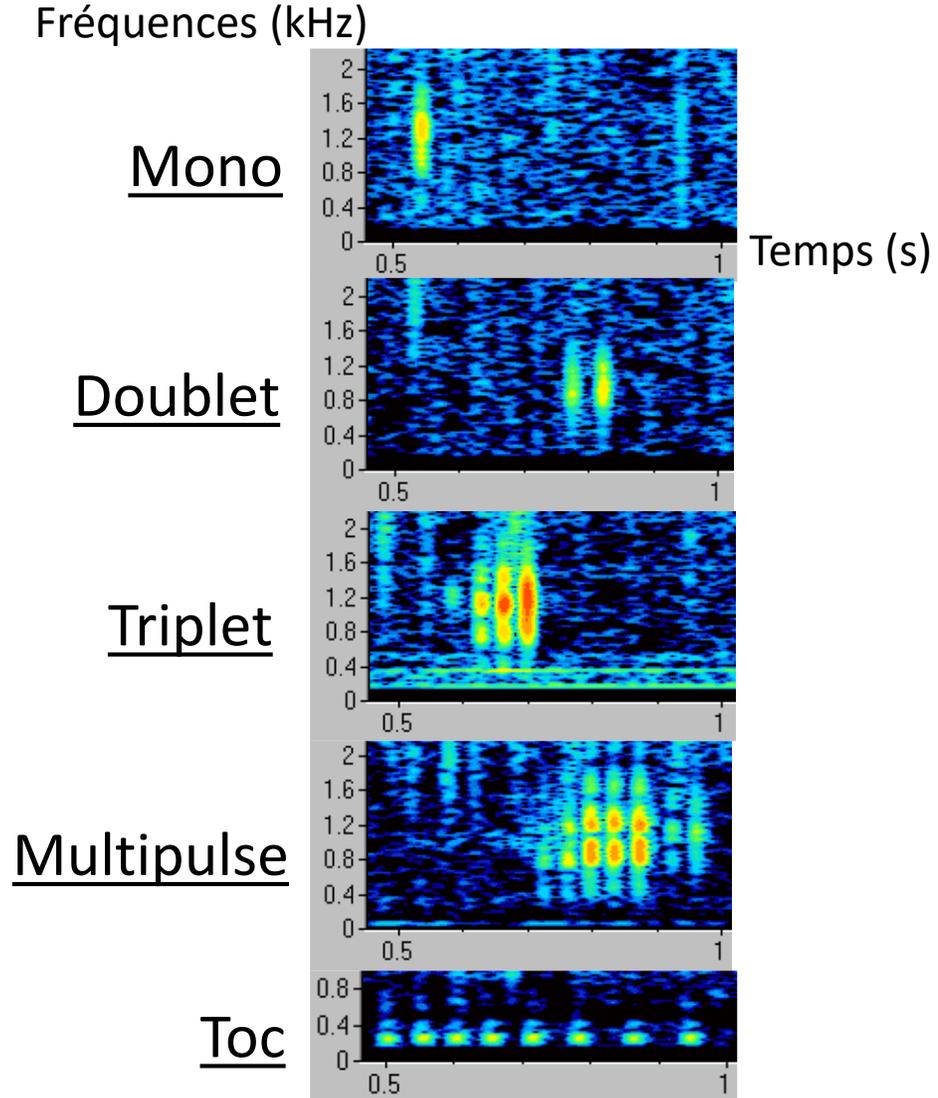
DoubletTripletMultipulseLes Pulses

	Durée (ms)	Fréquence (Hz)
Mono	3.8 ± 1.8	1042 ± 101
Doublet	43 ± 7.7	1053 ± 73
Triplet	79.2 ± 9.6	1057 ± 74
Multipulse	145.6 ± 40.6	1040 ± 67



Les Pulses

	Durée (ms)	Fréquence (Hz)
Mono	3.8 ± 1.8	1042 ± 101
Doublet	43 ± 7.7	1053 ± 73
Triplet	79.2 ± 9.6	1057 ± 74
Multipulse	145.6 ± 40.6	1040 ± 67
Toc	NM	NM



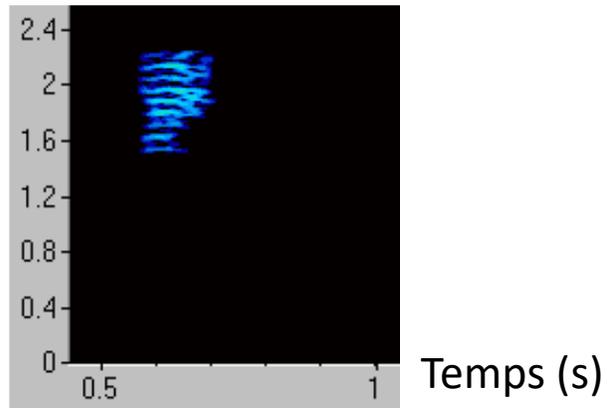
Les Pulses

	Durée (ms)	Fréquence (Hz)
Mono	$3.8 \pm 1.8^*$	$1042 \pm 101^*$
Doublet	$43 \pm 7.7^*$	$1053 \pm 73^*$
Triplet	$79.2 \pm 9.6^*$	$1057 \pm 74^*$
Multipulse	145.6 ± 40.6	1040 ± 67
Toc	NM	NM

* Test de variabilité inter-individuel avec Kruskal-Wallis significatif

Les Low-Amplitude Calls

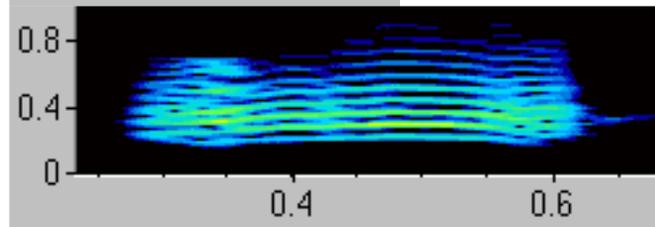
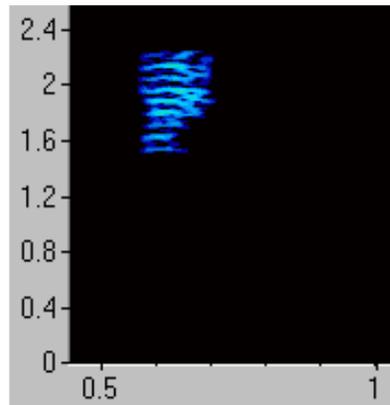
Fréquences (kHz)



	Durée (ms)	Fréquence (Hz)
Croak	94 ± 28	1629 ± 263

Les Low-Amplitude Calls

Fréquences (kHz)



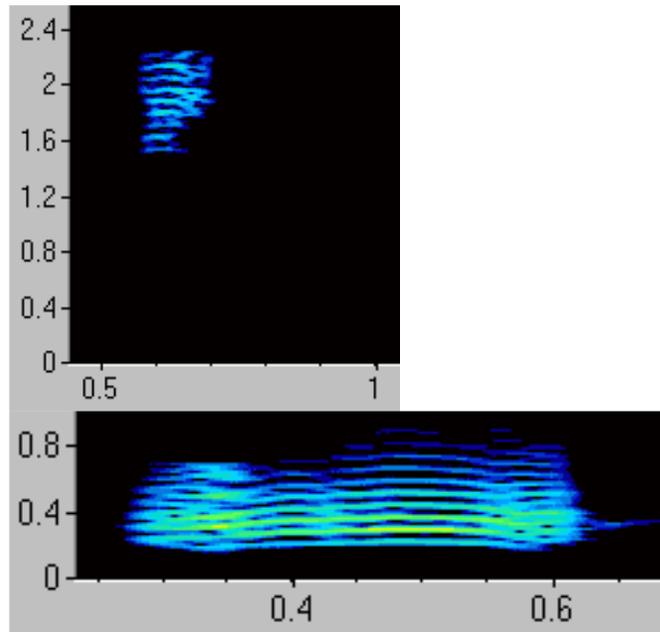
Temps (s)



	Durée (ms)	Fréquence (Hz)
Croak	94 ± 28	1629 ± 263
Rumble	249.1 ± 117.6	322 ± 96

Les Low-Amplitude Calls

Fréquences (kHz)



Temps (s)

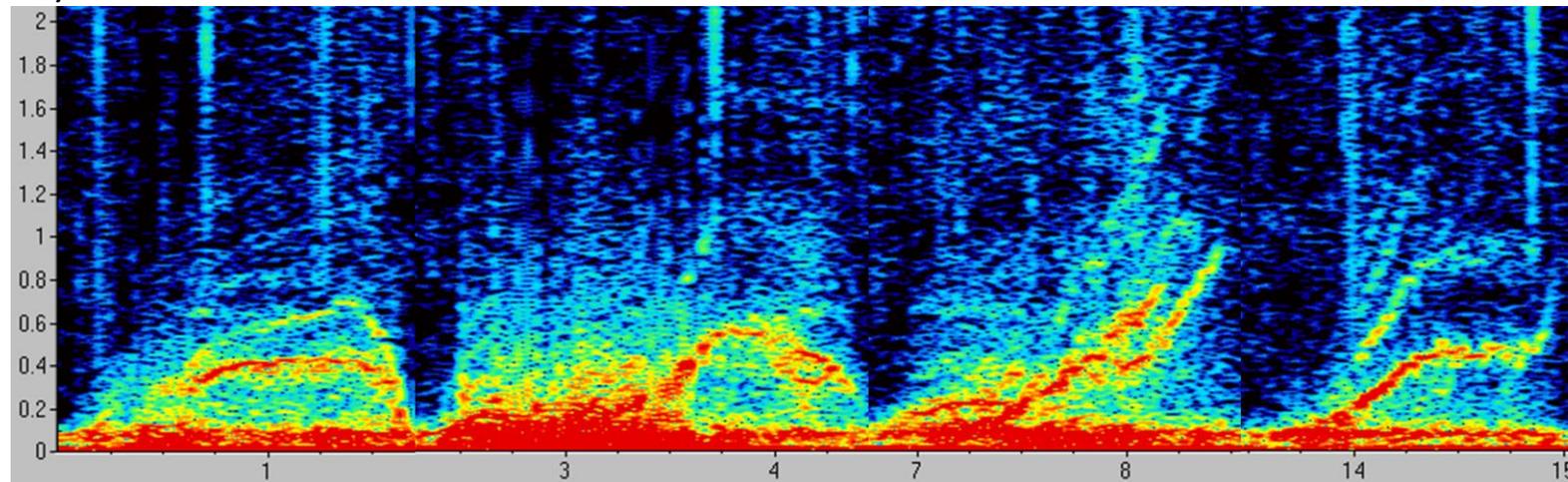
	Durée (ms)	Fréquence (Hz)
Croak	94 ± 28	$1629 \pm 263^*$
Rumble	249.1 ± 117.6	322 ± 96

* Test de variabilité inter-individuel avec Kruskal-Wallis significatif

Les Frequency Modulated Sounds

	Durée (ms)	Min Fondamentale (Hz)	Max Fondamentale (Hz)
FMS	1060.7 ± 526.1	240 ± 146	506 ± 313

Fréquences (kHz)



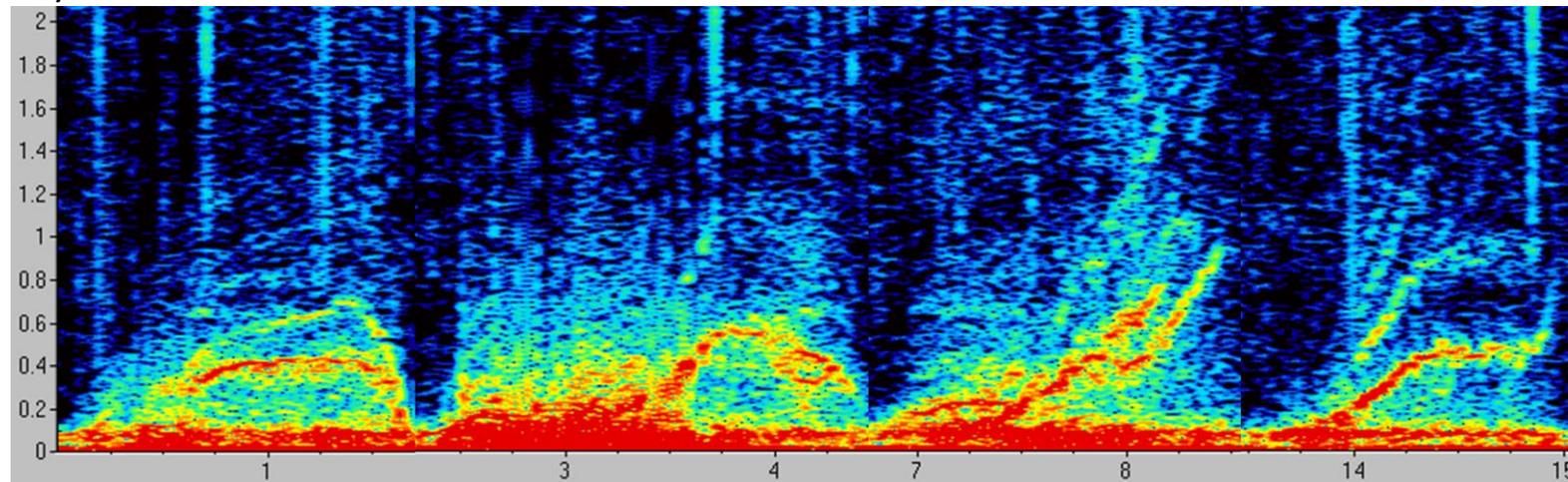
Temps (s)



Les Frequency Modulated Sounds

	Durée (ms)	Min Fondamentale (Hz)	Max Fondamentale (Hz)
FMS	$1060.7 \pm 526.1^*$	240 ± 146	506 ± 313

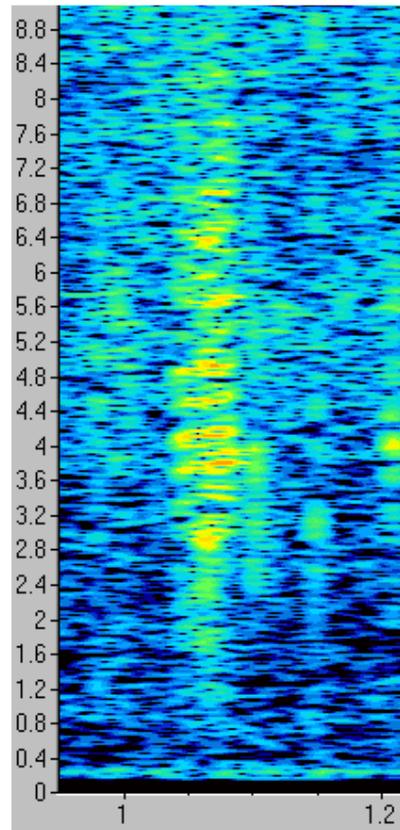
Fréquences (kHz)



Temps (s)

* Test de variabilité inter-individuel avec Kruskal-Wallis significatif

Fréquences (kHz)

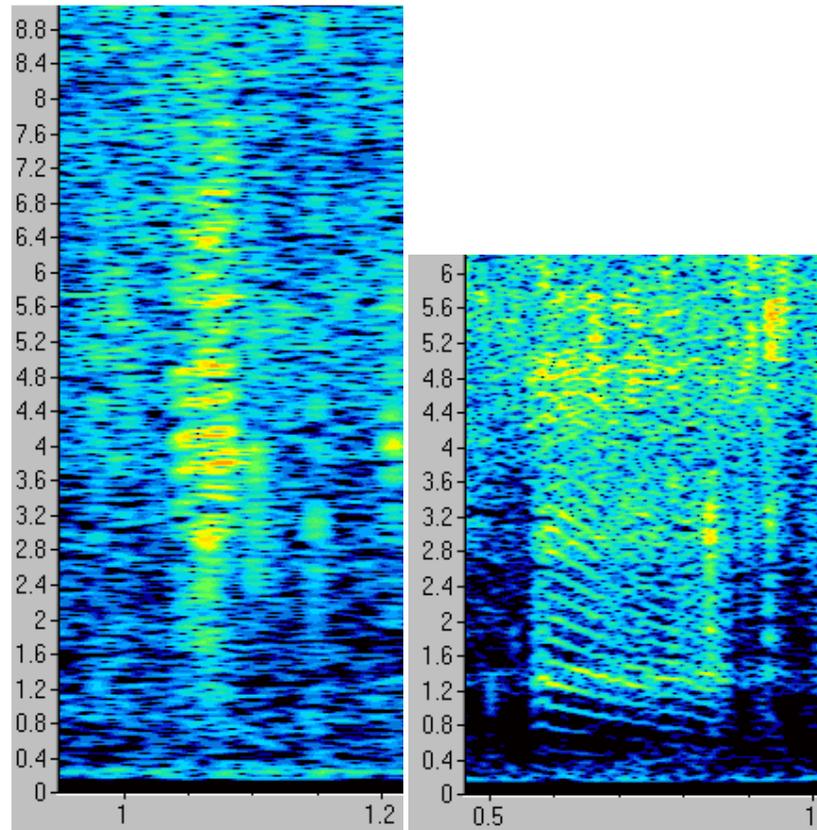


Temps (s)

Short SqueakLes Squeaks

	Durée (ms)	Fréquence max (Hz)
SSqueak	56.5 ± 18.4	3338 ± 1295

Fréquences (kHz)

Short SqueakNormal-Long Squeak

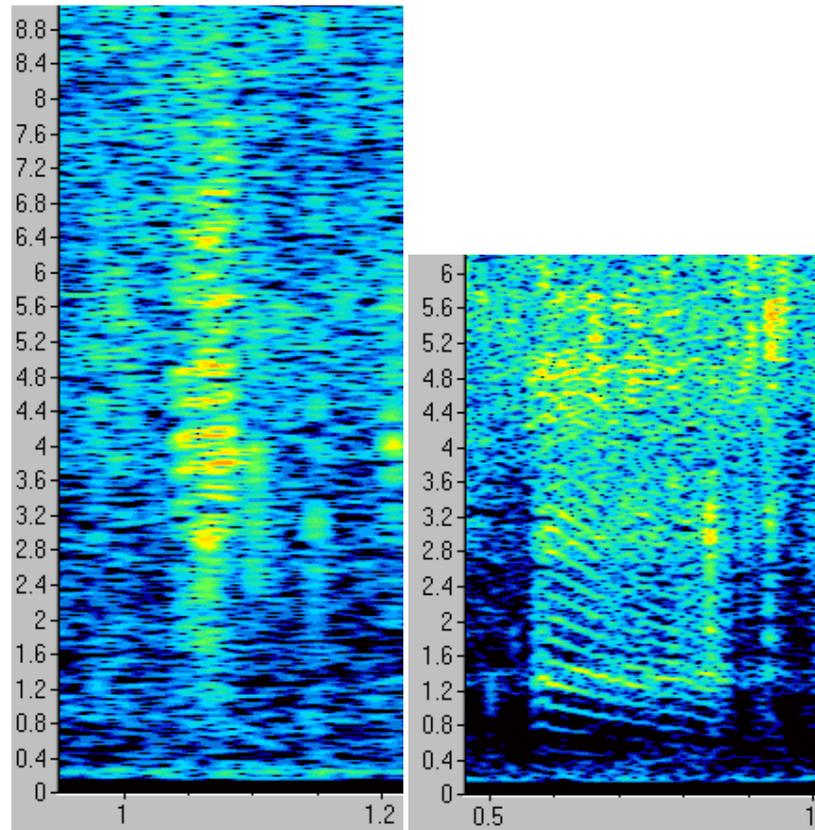
Temps (s)

Les Squeaks

	Durée (ms)	Fréquence max (Hz)
SSqueak	56.5 ± 18.4	3338 ± 1295
NLSqueak	143.2 ± 69.1	3816 ± 1288

Les Squeaks

Fréquences (kHz)

Short SqueakNormal-Long Squeak

Temps (s)

Durée (ms)

Fréquence max (Hz)

SSqueak

56.5 ± 18.4***3338 ± 1295***

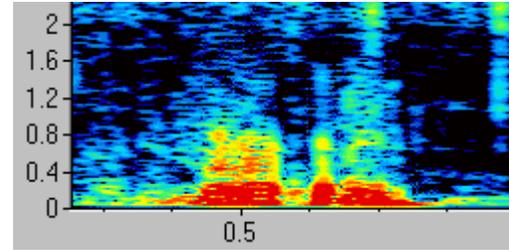
NLSqueak

143.2 ± 69.1***3816 ± 1288***

* Test de variabilité inter-individuel
avec Kruskal-Wallis significatif

Les Grunt

Fréquences (kHz)

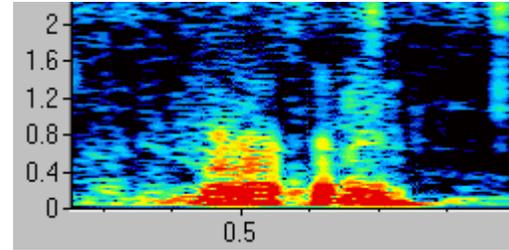


Temps (s)



Les Grunt

Fréquences (kHz)



Temps (s)



Grattage

FMS	71 ± 29.9 %
n = 12	

Moyenne de la proportion du temps d'émission total des FMS durant le comportement de grattage

Repos

Rumble
n = 21 $55.7 \pm 33.3 \%$

Moyenne de la proportion du temps d'émission total des
Rumble durant le comportement de repos

Repos

Rumble
n = 21 55.7 ± 33.3 %



Chorus :

- **759** vocalisations de 20:11 à 21:27 le 05/11/2021
- **6412** vocalisations de 18:44 à 21:41 le 11/04/2022
- **7005** vocalisations de 18:41 à 22:53 le 19/04/2022

Nage

Humain n = 6	$74.2 \pm 24.5 \%$
Tortue n = 21	$53.8 \pm 22.5 \%$

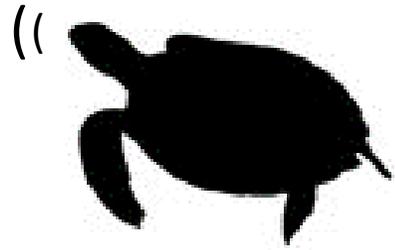
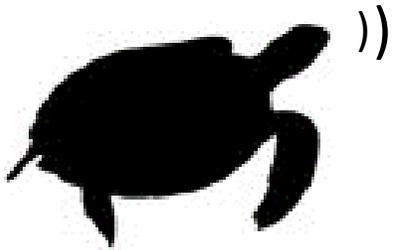
Moyenne de la proportion du temps de rencontre (visible)
total durant le comportement de nage

Plusieurs sons semblent être émis dans des contextes spécifiques, dont 2 en particuliers :

- FMS pendant les grattages
- Chorus de Rumble le soir

Plusieurs sons semblent être émis dans des contextes spécifiques, dont 2 en particuliers :

- FMS pendant les grattages
- Chorus de Rumble le soir



Plusieurs sons semblent être émis dans des contextes spécifiques, dont 2 en particuliers :

- FMS pendant les grattages
- Chorus de Rumble le soir

Perspectives :

- Continuer les analyses des résultats obtenus sur les tortues vertes
- Commencer les premières analyses sur les tortues imbriquées récemment équipées
- Equiper des individus adultes pour comparer nos résultats

Merci de votre attention !

Bibliographie :

- Giles JC, Davis JA, McCauley RD, Kuchling G (2009) Voice of the turtle: the underwater acoustic repertoire of the long-necked freshwater turtle, *Chelodina oblonga*. J Acoust Soc Am 126: 434–443
- J. E. Smith, N. Pinter-Wollman, Observing the unwatchable: Integrating automated sensing, naturalistic observations and animal social network analysis in the age of big data. J. Anim. Ecol. 90, 62–75 (2021).
- Samuel, Y., S. J. Morreale, C. W. Clark, C. H. Greene, and M. E. Richmond. 2005. Underwater, low-frequency noise in a coastal sea turtle habitat. Journal of the Acoustical Society of America 117: 1465–1472.
- Ferrara CR, Vogt RC, Sousa-Lima RS (2013) Turtle vocalizations as the first evidence of posthatching parental care in chelonians. J Comp Psychol 127: 24–32

n = Sequences Quantity	Croak	Doublet	FMS	Grunt	Mono	Multipulse	NLSqueak	Rumble	SSqueak	Toc	Triplet	Inter_sp	Intra_sp	Obstruct	Anthropogenic	Wild	Breathing	Feeding	Gliding	Reacting	Resting	Scratching	Swimming
	18	23	12	22	18	17	18	21	20	20	19	6	21	8	23	2	23	22	23	23	23	21	23
	151	496	200	412	556	236	2582	20121	1686	1272	904	776	17016	9275	120188	303	64725	72928	25211	154563	384998	43553	273034
	190	486	125	332	575	197	1069	13651	869	625	826	37	262	32	1185	13	6698	28295	4623	3654	13798	22654	20696
Croak													2.8%	1 10.5%	1 22.5%		1 11%		0.9%	1 16.3%	4 38.8%	2 24.3%	
Doublet													0.4%	1.1% 3	13.6%		1 13%	3.6%	1%	8 21.1%	11 42.2%	8 2.3%	8 33.7%
FMS													14 61.8%	2 16.1%	2 17.4%		2 4.9%	2 6.8%	1 2%	1 14%	1 7.2%	13 71%	1 9.6%
Grunt		Min's			Q25's			Medians						1.6%	1.1%	2 17.4%	1 4.9%	2 6.8%	1 2%	2 17.8%	4 29.9%	1 5.4%	9 44.3%
Mono		Min's			Q25's			Medians						1	0.3%	3 13.8%		1 9.8%	2.1%	1 3.3%	7 18.6%	10 40.9%	8 36.9%
Multipulse													1.6%		2 15.3%	1.5%	6 41.5%	0.1%		3 13.8%	4 20%		3 29.8%
NLSqueak		Q75's			Max's			Averages				5.6%			4 3.1%	0.5%	11 8.1%	1 5.7%	17 12.5%	42 7.9%	51 9.7%	1 1.5%	59 48.4%
Rumble		Q75's			Max's			Averages						0.4%	20 11%		30 1.9%	49 3.5%	17 2.4%	249 25.4%	663 55.9%	4 1.2%	143 16.9%
SSqueak													1 0.3%	6 4.3%			5 25.5%	1 2.9%	5 8.3%	26 14.7%	32 19.6%	1 3.3%	38 39.2%
Toc													1 1.7%	8 2.8%	6 6.9%		1 0.2%	2 3.4%	2 6.5%	21 31%	33 45.6%	4 2.8%	15 26%
Triplet						Import All							0.3%	1 1.2%	5 9.4%	1 0.4%	2 30.3%	3 1.5%	1 0.4%	21 23.1%	27 43.9%		15 23.2%
Inter_sp															10 11.6%		24 23.9%	3 3.3%	1 2%	6 2.6%	3 3.3%	3 2.8%	107 74.2%
Intra_sp															74 14%		34 4.3%	116 10.9%	18 2.3%	154 20.1%	222 26.3%	92 8.4%	406 53.9%
Obstruct															90 6.9%		20 1.8%	221 23%	3 0.1%	131 13.9%	493 30.8%	433 50.2%	92 10%
Anthropogenic																							
Wild																							
Breathing	1	1 0.1%		1	1	4 0.2%	8 0.3%	27 0.8%	4 0.2%		2 0.1%	6 0.2%	31 1.1%	7 0.2%	160 5.9%	1							
Feeding			1	2 0.1%			1 0.2%	47 0.9%	1 0.1%	1	0.1%	1	111 3.1%	80 2.2%	438 14.9%								
Gliding	0.5%	0.1%		1	1 0.2%		14 0.9%	16 1%	5 0.3%	2 0.2%	1 0.1%		16 1.5%	1 0.2%	121 13.8%	0.1%							
Reacting	1	8 0.1%		2	5 0.1%	2	33 0.3%	227 3%	23 0.2%	18 0.2%	17 0.2%	2	140 2.8%	46 0.8%	851 13.1%	9							
Resting	3	11 0.1%	1	4	8 0.1%	3	40 0.3%	605 2%	27 0.3%	28 0.2%	22 0.2%	1	203 2.1%	172 1.7%	2128 15.8%	9							
Scratching			7 0.5%	1 0.5%			1 0.1%	4 0.3%	1 0.1%	4 0.6%		1	92 3.5%	165 6.8%	304 15.1%								
Swimming	1	8 0.1%	1	9 0.1%	6 0.1%	2	46 0.5%	131 0.9%	33 0.4%	13 0.1%	12 0.1%	28 0.2%	371 2.9%	32 0.3%	1680 16.8%	4							