

WP2.8 Piégeage audio-vidéo intelligent

Vers un monitoring haut-débit, automatisé et éco-responsable de la biodiversité

Valentin Gies, Hervé Glotin, Arnaud Elger, Maxime Cauchoix, Bertrand Schatz, Simon Chamaillé-Jammes, Luc Barbaro, Axel Carlier



Laboratoire écologie
fonctionnelle
et environnement



DYNAFOR
UMR 1201 | INRA - INP TOULOUSE



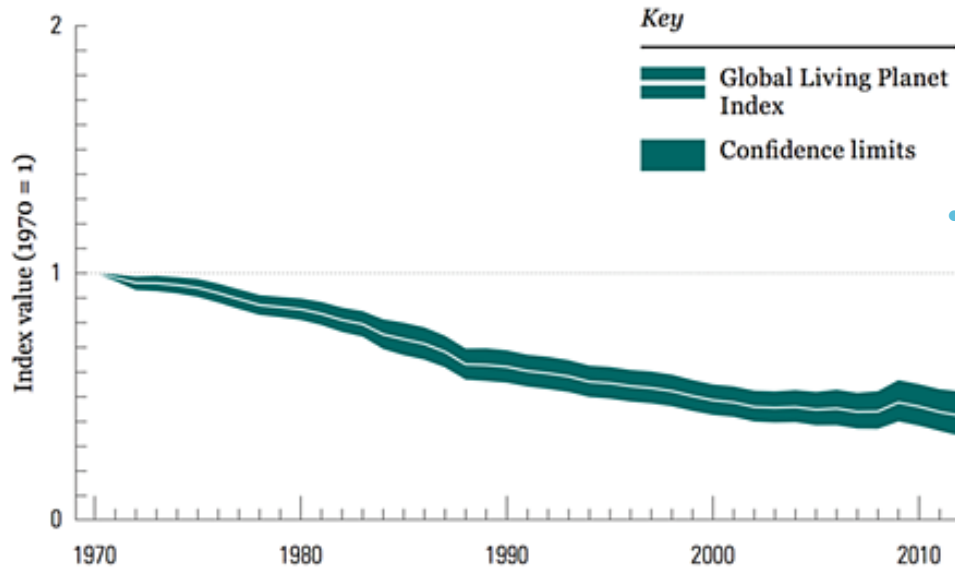
UMR 5175
CENTRE D'ÉCOLOGIE
FONCTIONNELLE
& ÉVOLUTIVE



Contexte: déclin de la biodiversité

LIVING PLANET INDEX

The Global Living Planet Index shows a decline of 58 per cent (range: -48 to -66 per cent) between 1970 and 2012.



Contexte

- Anthropocène= défaunation
- Controverses (Desquilbet et al. 2021, Loreau et al. 2022)

Verrous

- Standardisation des relevés
- Big data/ IA
- Suivi des invertébrés
- Eco-responsabilité
- Au delà de la richesse et de l'abondance

Quelles méthodes pour le suivi de la biodiversité?



Approche	Complexité é/finesse	Validité	Standard isation	Echelle spatiale	Echelle temporelle	Empreinte écologique	Impact sociétal
Experts	+++	+++	++	-	-	+	+/-
Sciences Participatives	+	+/-	-	+++	-	-	+++
Capteurs	+++	+++	+++	+	+++	?	?

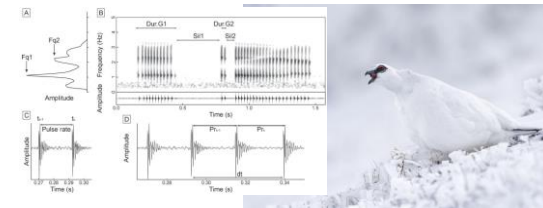
Eco-responsabilité et respect du vivant



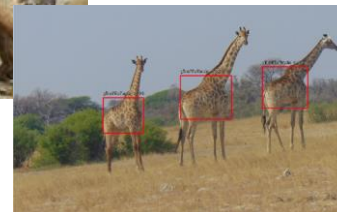
- **Vertébrés**
 - Plus de capture
 - Plus de marquage
- **Invertébrés**
 - Plus de capture
 - Plus de mise à mort
- **Empreinte environnementale**
 - A évaluer (Stage M2, Clément Chombart, Projet PSIBIOM)



BearID project



Marin-Crudaz et al. 2019



Miele et al. 2020

Etat de l'art

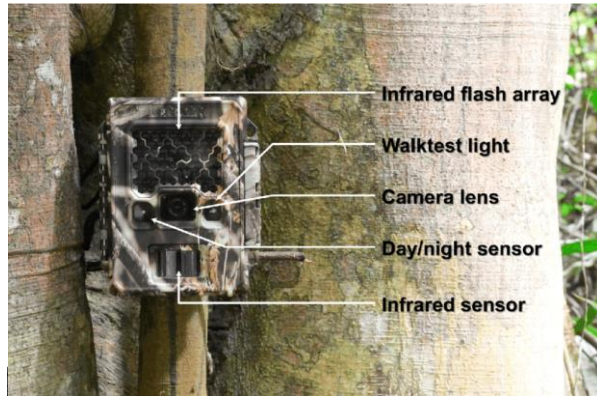


Audiomoth

Passiverecorder



SM4 wildlife acoustics



Wearn et al. 2017

Etat de l'art



Audiomoth

Passiverecorder



SM4 wildlife acoustics



Bugg

FRONTIER LABS
ACOUSTIC RECORDERS

DATA MANUALLY
COLLECTED

EASY INSTALLATION

MINIMAL SPACE
REQUIREMENTS

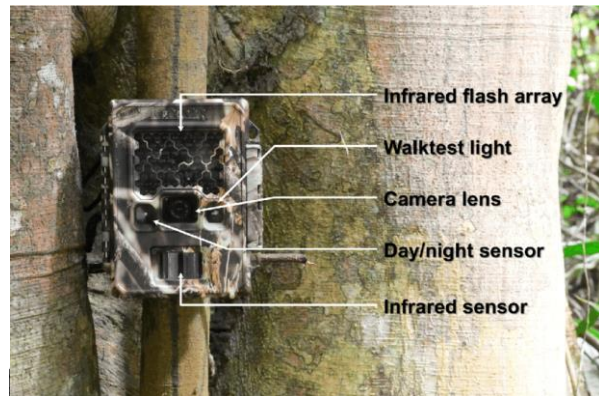
Solar panel attached
directly to unit

Acoustic recorder, SD
cards, microphone,
battery and charge
controller in one
compact unit mounted
on adjustable bracket

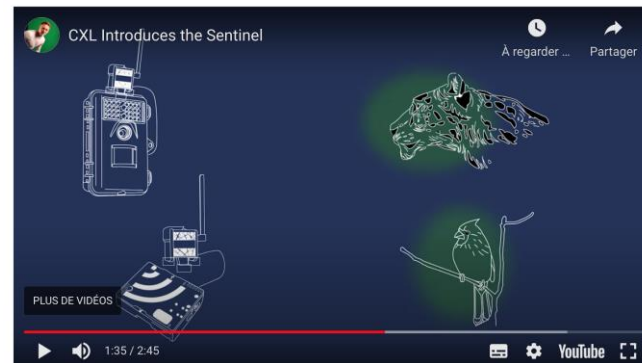
Unit mounted on 1.8 m
star picket



Frontiers Lab, Australian acoustic observatory, Roe et al 2021



Wearn et al. 2017



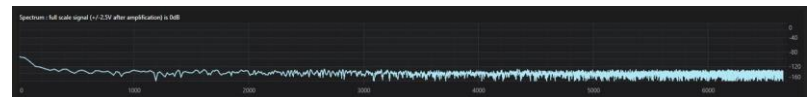
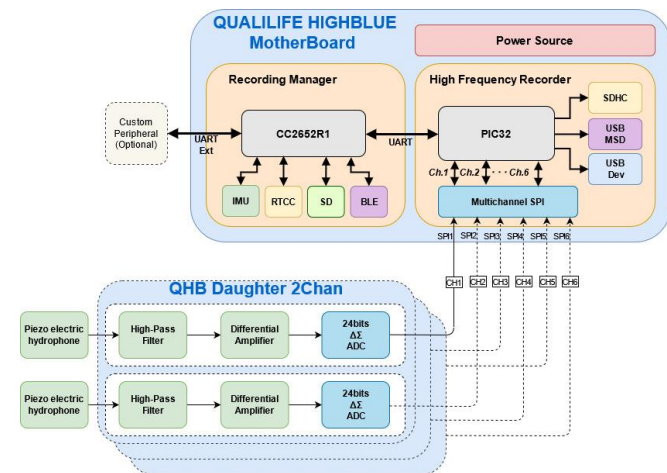
The Sentinel:
Conservation X
labs

Défi instrumentaux

- Un défi majeur : comment améliorer la qualité des mesures et la durée de vie des batteries?
 - Réveiller les capteurs sur la détection de présence d'espèces ciblées
 - Intelligence artificielle embarquée ultra low power
- Un second défi : alerter de manière fiable
 - Alerter en temps réel quand une présence ou une activité est confirmée
 - Dispositifs de communication sans fil longue portée
 - Intelligence artificielle embarquée haute performance à activation sélective

La carte Qualilife

- Qualilife : système d'acquisition multi-canaux haute performance
 - Jusqu'à 6 voies - 512 ksps/ voie - 24 bits
 - SNR : 126dB avec antialiasing
 - Stockage sur carte SD (1TB aujourd'hui)
 - Enregistrement déclenchable en IA Ultra Low Power (à développer dans TERRA FORMA)
 - Analyse IA avancée (CNN) pour confirmation en embarqué
 - Possibilité de connecter des capteurs annexes (IMU, pH, pression, température...)
 - Transmission radio intégré à courte portée (2.4GHz)
 - Synchro multi-cartes possible



Le système d'acquisition Qualilife terrestre

- Qualilife terrestre :

- 4 entrée audio
- Intégré en Pelican case étanche
- Utilise le microphone différentiel ultrasonique SMIoT
- Une version 1-5 hydrophones 100m existe également



- Avantages :

- Excellente qualité audio
- Très large spectre fréquentiel

- Inconvénient :

- Coût de revient un peu élevé (environ 500 euros, hors assemblage)



Le système d'acquisition Qualilife Embedded

- Qualilife embedded :

- Entrée audio MEMS 12 bits
- IMU (accel / gyro / magneto) Altimètre de précision (+/- 30m)
- Recording micro SD
- Poids réduit : 2.4g hors batterie
- Taille réduite : 24mm*36mm (et miniaturisable facteur 2)
- Communication BLE / Zigbee (mise en réseau de plusieurs capteur envisageable)
- IA embarquée possible (travail en cours)
- Fab industrialisée (PCB 4 layers + assemblage) : 80 euros



24mm*36mm

- Applications visées :

- Oiseaux (poids min 150g)

Développements prévus

- Améliorer la détection ultra-low power
- Améliorer les analyses IA avancées embarquées
- Coupler les canaux de data d'entrée pour une meilleure fiabilité d'analyse
 - Acoustique
 - Vidéo
- Transmettre à longue distance
- Réduire les coûts des instruments et les rendre open-source

Exemple d'application IA : Bird Clef et l'identification automatique de 1000 espèces par leur son

Event-based split ($\frac{2}{3}$ vs $\frac{1}{3}$)

Training set = 36,496 recordings (no soundscapes !)

→ external training data authorized but not used this year (no fine-tuning)

Test set = 12,347 “regular” recordings + 925 soundscapes + 56 “time-coded” soundscapes

Metric: Mean Average Precision

“Regular” test recording 6871

6871;;gvyxhh;0.35070658
6871;;zcwqjv;0.3012148
6871;;afzbzd;0.20350619
6871;;dmowwi;0.14457244

10991;00:00:00-00:00:05;dkxici;0.2863522
10991;00:00:00-00:00:05;bitwjg;0.25470522
10991;00:00:00-00:00:05;mryser;0.23776849
10991;00:00:00-00:00:05;ubmxsg;0.11653967
10991;00:00:00-00:00:05;ggcbtt;0.06964062
10991;00:00:00-00:00:05;bljpac;0.034993805
10991;00:00:05-00:00:10;dkxici;0.36303982
10991;00:00:05-00:00:10;mryser;0.32931948
10991;00:00:05-00:00:10;jlumfv;0.28418663
10991;00:00:05-00:00:10;moggkf;0.021250052
10991;00:00:05-00:00:10;mbwjzf;0.0022039975

$$\text{AveP} = \frac{\sum_{k=1}^n (P(k) \times \text{rel}(k))}{\text{number of relevant documents}}$$

$$\text{MAP} = \frac{\sum_{q=1}^Q \text{AveP}(q)}{Q}$$



Some methods : mostly based on Convolutional Neural Nets

Best methods



Team	Preprocessing	Features extraction / Classification	MAP
Cynapse 	- FFT window size differs between runs (256 or 512) - Data augmentation: time shift, pitch shift, mixes from same sp. (active parts or "silent/background" parts)	ConvNet : 4 conv. on AUDIO, ELU activation, max-pooling + Dense on METADATA (lat.,long., elev.) + AUDIO & METADATA merged by Dense	0.486
DYNILSIS 	- Multi-scale time frequency representation as RGB - Data augmentation: random hue, contrast, brightness, saturation, random crop in time and frequency domain	ConvNet : Soundception based on Inception v4 architecture with Temporal and frequency attention mechanisms	0.714
FHDO BCSG 	- Bandpass filtering, noise filtering, and silent region removal - Binary or grayscale or RGB pictures (original + sharpened + blurred) - Data augmentation: time shifting, time stretching, pitch shifting, pitch stretching	ConvNet : Inception v3 architecture	0.567
TUCMI 	- Data augmentation: vertical roll, Gaussian noise, batch augmentation - Hard filtering of training samples by geo-localisation & dates according to e-Bird occurrences	Ensemble among 19 ConvNets , all with Batch Norm. & ELU activations, based on variations of the following architecture: 5/6 Conv. + 3 Dense + SoftMax/Sigmoid	0.687

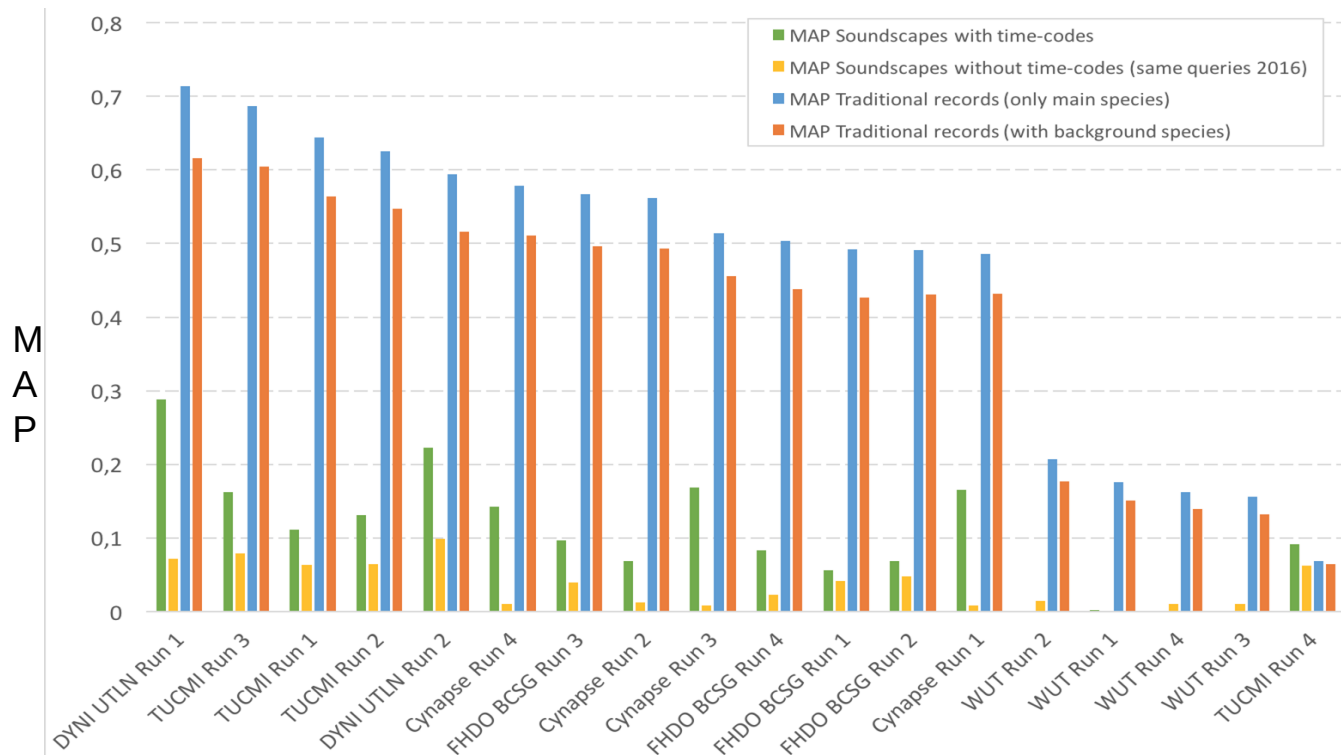


Example of AI for species classification, Bird Clef 1000 species

Official score: Mean Average Precision (all types)

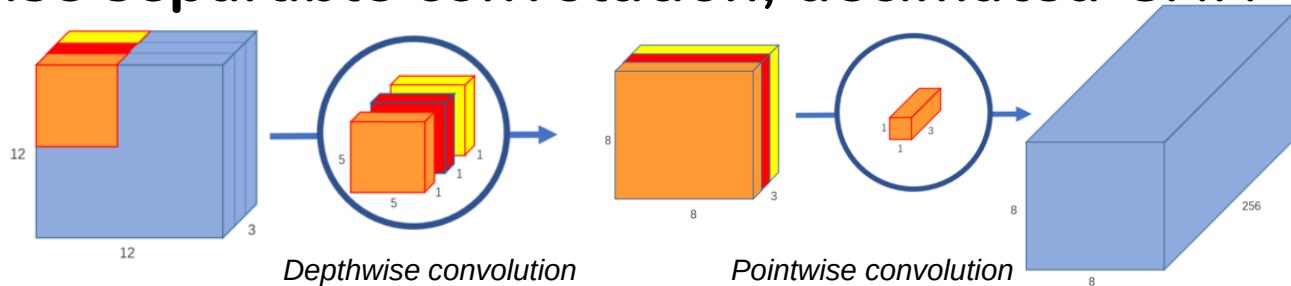
Learning from metadata was not really conclusive:

All runs from Cynapse < purely audio based networks such as DYNi or TUCMI



Reduction d'un CNN usuel sur GPU en "petit" pour PIC

Depthwise separable convolution, decimated CNN



usual CNN: $5 \times 5 \times 3 \times 256$

DW CNN: $5 \times 5 \times 3 + 3 \times 256$

	# parameters	# multiplications
Traditional	272×10^3	309×10^6
Depthwise	11×10^3	13×10^6

- Conv 64 - 512
- Conv 512 - 512
- Conv 512 - 1

Embedded AI Into Low power micro-processor (PIC)

Analyse pour 5 secondes de signal

	Song (Rorqual)	Biosonar (Physeter)
Sampling rate	200 Hz	50 kHz
Spectrogram size	128 x 46	64 x 974
Spectrogram computation time	0.2 sec	4.5 sec
Forward pass time	0.5 sec	2.1 sec



PIC 32MZ by Microchip

Embedded Low complexity CNNs into QHB PIC sound recorder :

	params type	# params	poids params	# mutliplikations
Depthwise	float32	11K	54Ko	13 M
Quantized	int8	272K	1.1Mo	309 M

- Sampling frequency = 50kHz
- STFT (winsize=512, hopsize=256)
- Mel (64 features from 2 to 25kHz)
- Log
- Conv 64 - 64
- Conv 64 - 64
- Conv 64 - 1
- MaxPool

Conv = batch norm, depthwise conv, dropout, Relu
Valid AUC = 93 %

Biosonar detector

- Sampling frequency = 200Hz
- STFT (winsize=256, hopsize=16)
- Mel (128 features from 0 to 100Hz)
- Log
- Conv 128 - 512
- Conv 512 - 512
- Conv 512 - 1
- MaxPool

Conv = batch norm, depthwise conv, dropout, Relu
Valid AUC = 90 %

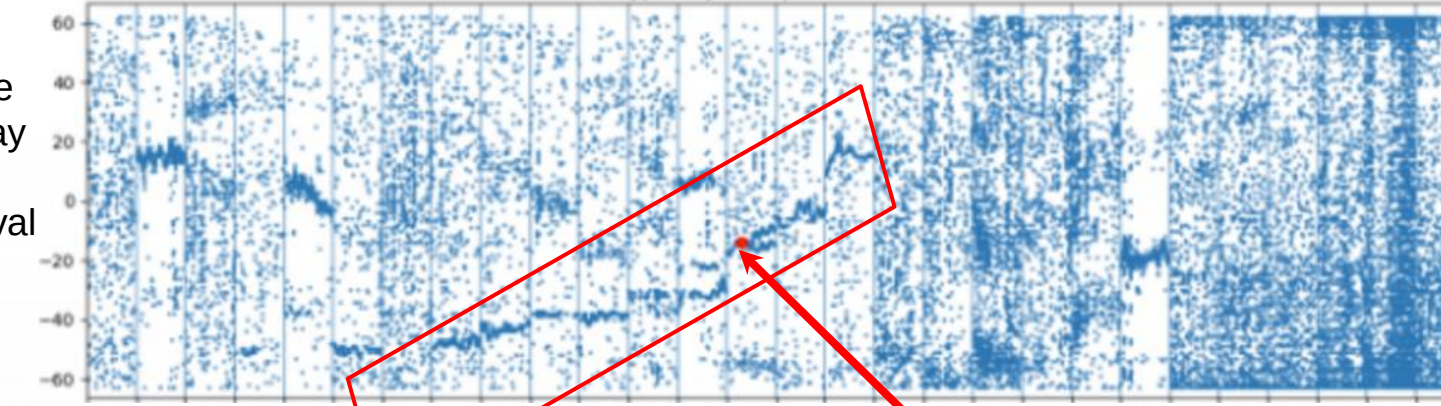
Song detector

Stereo & IA ?

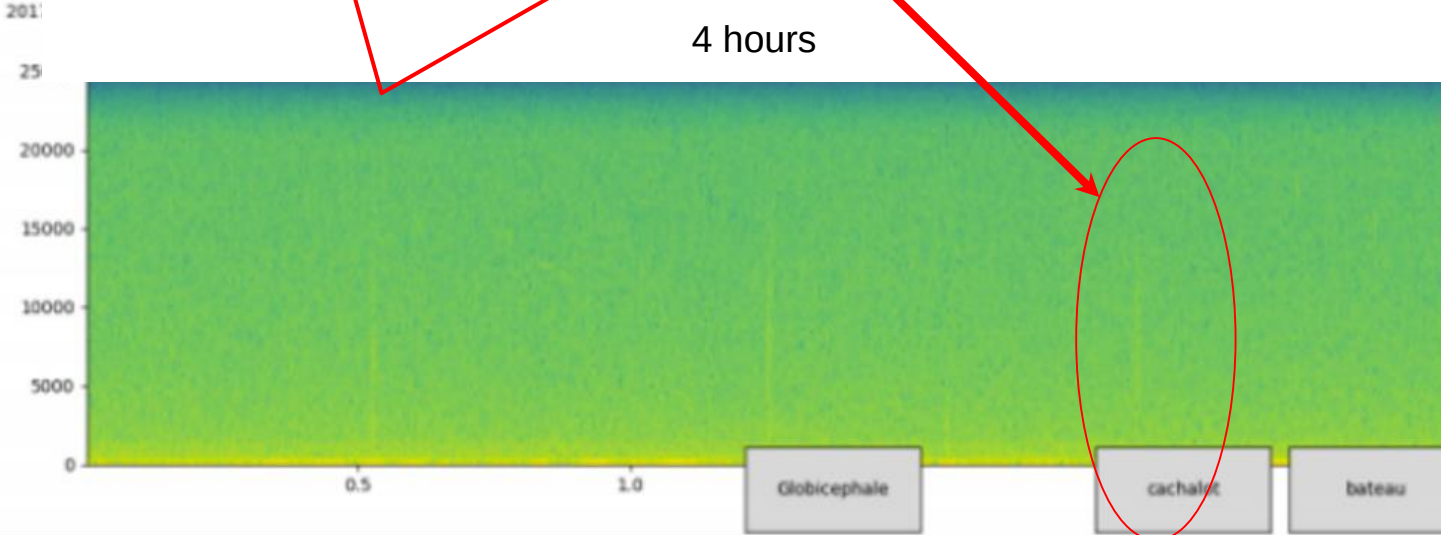
Time
Delay
of
Arrival

Example
of
Cachalot
track from
Bombyx1

Name: 4661647, dtype: object> Spec centr: 6596.856933593751



4 hours



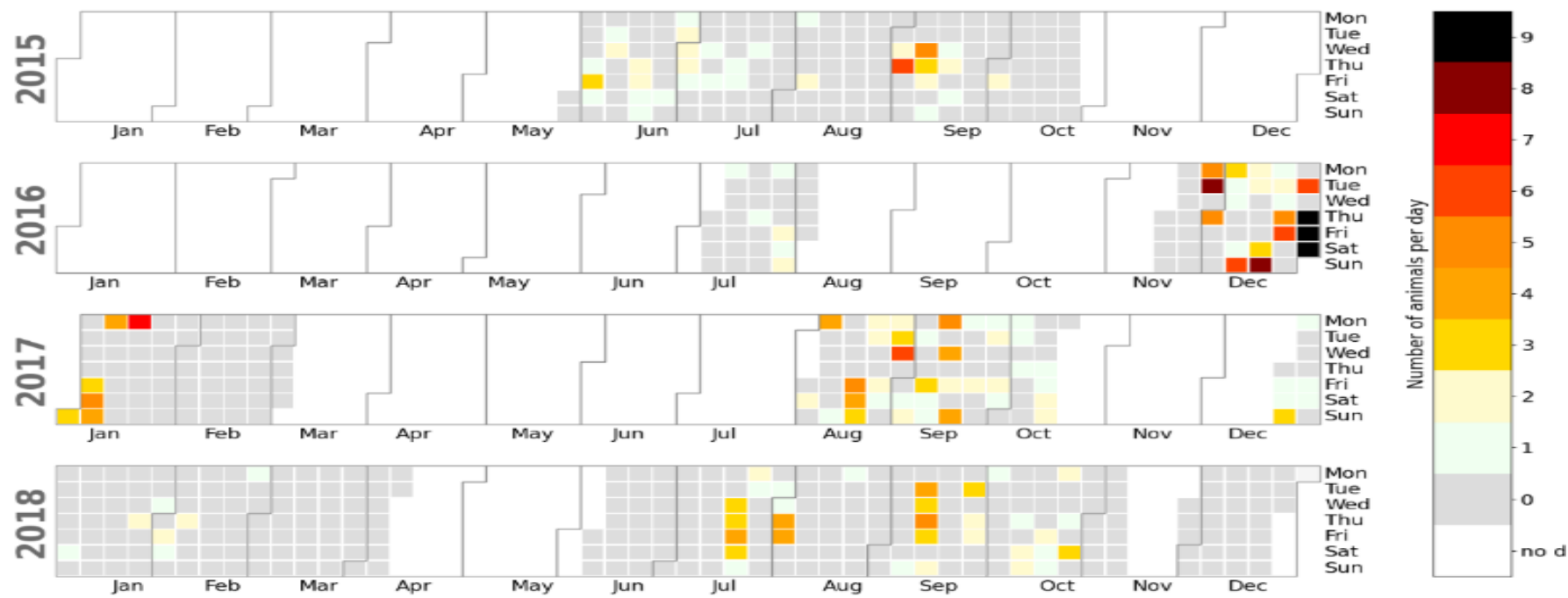
Globicephale

cachalot

bateau

4 Mars 2022

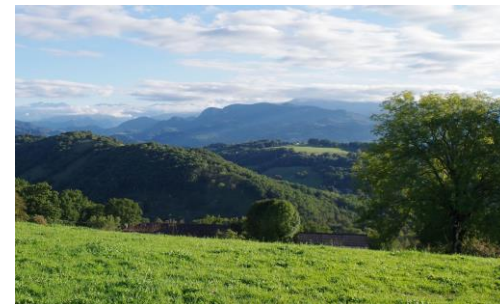
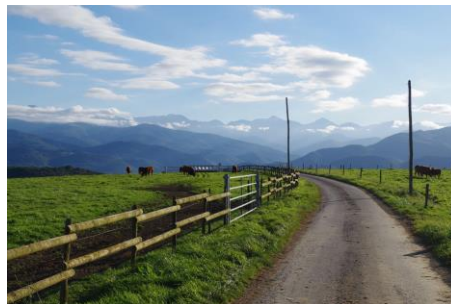
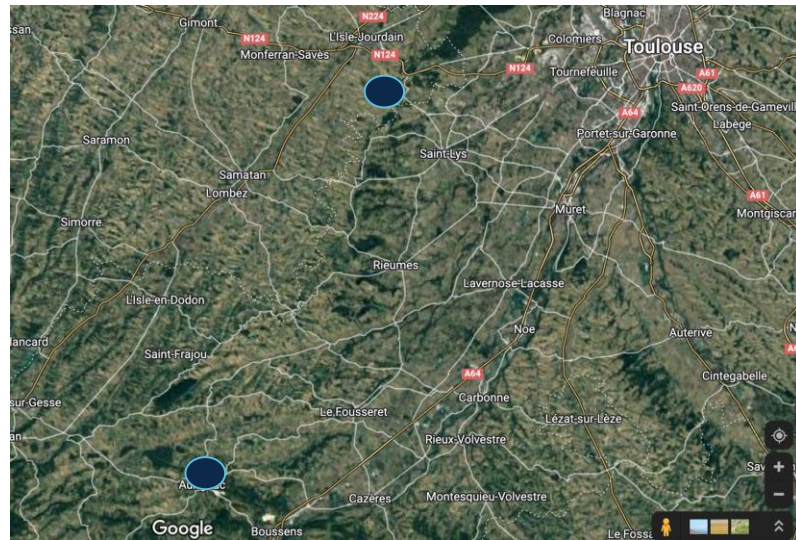
Stereo allows to count the whales on BOMBYX 2015-2018



Left: Number of detected sperm whales per day during the 4 years of recordings (white region: no recording).Right: Mean of the probability of presence for each period of the day.

Sites en phase de test

- **Coteaux de gascogne**
 - Dynafor, LEFE, CEFS
 - Agriculture conventionnelle (Auradé) et polyculture (Aurignac)
 - 40 ans de suivi de l'avifaune
 - Analyses fines du paysages
 - ~5 ans suivi abeilles sauvages
 - ~20 ans suivi chevreuil
 - Co-localisation sites instrumentés (Cesbio, ECONECT, PSIBIOM ...)



Exemple d'application acoustique: Suivi de la migration nocturne aviaire



- **Enjeux**

- Beaucoup d'espèces migrent la nuit
- Paysages, pollution lumineuse, changement climatique et flux migratoires

- **Données**

- LPO (col pyrénéens)
- projet NBM
- Vigie Chiro?



Exemple d'application vidéo: Communautés, comportement et cognition des granivores hivernants



- **Enjeux**

- Avifaune en milieu agricole
- Anthropisation et comportements
- Re-identification/ CMR continuous time

- **Données**

- ECONECT (bounding boxes)
- Oiseaux des jardins/ birdLab



Openfeeder (ECONNECT)

Collaboration: Alexis Chaine (SETE), SelectDesign



OrnithoScope
(Env'IA)
Reconnaissance
espèce
embarqué:
Collaboration:
Déva Sou et Axel
Carlier (INPT,
IRIT)



Ré-identification

Collaboration: André Ferreira et
Damian Farine (University of Zurich)

Exemple d'application acoustique + vidéo: le buzzeur: communautés de pollinisateurs/ réseaux plantes-insectes



- **Enjeux**

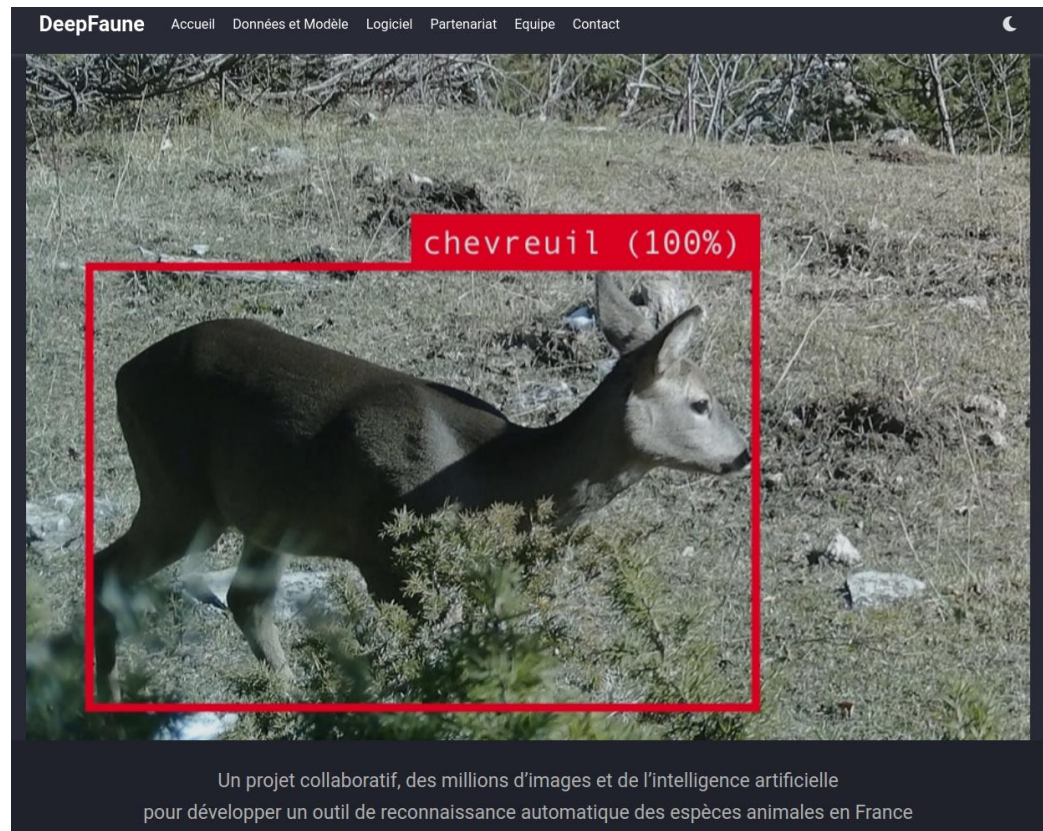
- Espèces cryptiques
- Pollinisation
- Suivi invertébrés standardisés
- Sciences participatives

- **Données**

- SPIPOLL
- projet AlmyBee (Stage M2: Laura Amaya, GDR Pollineco)



Projet DeepFaune



Initiative DeepFaune

(S. Chamaillé-Jammes & V. Miele;
>30 institutions partenaires (PN, PNR,
RNN, fédération de chasseurs...)

<https://www.deepfaune.cnrs.fr>

Mammifères

(et photos vides, humains, véhicules,
et classe 'oiseau' générale)

Overall accuracy ~ 92%, nombreuses
sensitivities & specificities > 90%

- **Base de données**

- Mutualisation MNHN (Yves Bas) et OFB (à discuter)
- Projet PSIBIOM: compilation et annotation spécifique de la biodiversité sonore de France continentale (Elodie Massol et David Funosas, IE)
 - > 3 sites x 2 jours, > 10 individus, > 100 séquences

- **Plateforme**

- Projet PSIBIOM: interface web multi-utilisateurs pour annotation photo et audio avec gestion des droits d'accès en développement chez Terroiko

Laboratoires impliqués : CARTEL, CEBC, CEFE, Centre de Géosciences, CERFE, CESBIO, Chrono-environnement, CRAL, CReSTIC, DT-INSU, Dynafor, ECOBIO, ECOLAB, EVS, GET, GR, GSMA, HABITER UR, IGE, IM2NP, IPAG, IPGP, IRISA, IRIT, ISM, ISTO, LAAS, LECA, LEMAR, LHYGES, LIG, LIRMM, LMGE, LPC, LRGP, LIS, RiverLy, SAS, Subatech.

Tutelles et partenaires non académiques : CNRS :INSU, INEE, INSIS, IN2P3, INP, INS2I, INSHS, INSB. **Autres organismes de recherche :** IRD, INRAE, IPGP. **Ecole d'ingénieur :** Mines ParisTech. **Universités :** Grenoble, Savoie-Mont-Blanc, Toulouse, Rennes, Clermont-Auvergne, Montpellier, Reims, Toulon, Franche Comté, Orléans, Strasbourg, Aix Marseille. **EPIC :** INERIS. **PME :** Extralab

Soutiens : CNES, OFB, BRGM, Agence de l'eau Loire Bretagne, Réseau RECOTOX, l'observatoire du sol vivant, Institut Carnot Eau & Environnement, Groupes Régionaux des experts du climat, Régions, Office régionales de la biodiversité, Fondation François Sommer

Remerciement aux autrices du livre TERRA FORMA qui nous ont laissé l'emprunt de leur titre.

Contact(s): terra-forma@services.cnrs.fr

terra-forma.cnrs.fr

anr®
agence nationale
de la recherche



ANR-21-ESRE-0014

