



Listen to the Wild : Prédiction de la naturalité et de la biodiversité des écosystèmes à partir des paysages sonores

Bryan Chen, bryan.chen@etu.toulouse-inp.fr
Yasmine Charifi, yasmine.charifi@etu.toulouse-inp.fr
Jordan Ramassamy, jordan.ramassamymoutoussamy@etu.toulouse-inp.fr
Jonas Lavour, jonas.lavour@etu.toulouse-inp.fr
Kawtar Lyamoudi, kawtar.lyamoudi@etu.toulouse-inp.fr^a

^a *Institut Polytechnique, ENSEEIHT, Toulouse 31000, France*

9 février 2023

Résumé

L'analyse des données massives de paysages sonores pose un défi aux écologues. Ce projet vise à développer une méthode pour prédire la naturalité des écosystèmes et sa richesse à partir d'indices acoustiques. Pour ce faire, nous combinerons plusieurs indices acoustiques, utiliserons des méthodes de classification non supervisée et supervisée, de régression pour prédire la naturalité d'un territoire. Ce projet permettra de mettre en évidence les relations entre les indices acoustiques et les caractéristiques environnementales, afin de développer un outil pour la surveillance de la biodiversité et de l'environnement.

Mots-clés : Naturalité ; Ecosystème ; Paysage Sonore ; Apprentissage Automatique pour la Nature ; Bio-acoustique

1. Introduction

Le développement d'enregistreurs acoustiques autonomes passifs révolutionne l'étude de la biodiversité et de l'environnement. Ces dispositifs peu coûteux et résistants aux intempéries permettent d'enregistrer les paysages sonores en milieu naturel pendant des mois, offrant une mine d'informations pour comprendre les communications animales, les pressions anthropiques et le déclin de la biodiversité. Cependant, les écologues se heurtent à la difficulté d'analyser les données

massives générées par ces enregistrements.

Ce projet vise à développer une méthode pour prédire la naturalité des écosystèmes à partir d'indices acoustiques, c'est-à-dire de déterminer si la surface sélectionnée a été l'objet d'interférences autres que naturelles (anthropique...). Ainsi, ce papier a pour but d'éplucher les recherches déjà établies sur le sujet pour mettre en place une base convenable pour la réalisation du projet. Nous allons, dans un premier temps, caractériser

la naturalité d'un territoire, puis nous mettrons en évidence les outils développés pour étudier cette caractéristique.

2. Définition de la naturalité

De manière générale, il est naturel de penser que la naturalité se rapporte au caractère sauvage d'un paysage [1]. Dans un souci de rigueur, trois axes majeurs ont été définis, d'après Guetté, pour pouvoir quantifier le degré de naturalité du territoire [2], comme schématisé sur la Figure 1 :

- **Intégrité biophysique** traduit un état d'éloignement d'un paysage à ce qu'il serait sans transformation anthropique
- **Spontanéité des processus** évalue le degré d'intervention humaine sur les dynamiques naturelles
- **Continuités spatio-temporelles** correspondent au degré de connectivité des paysages

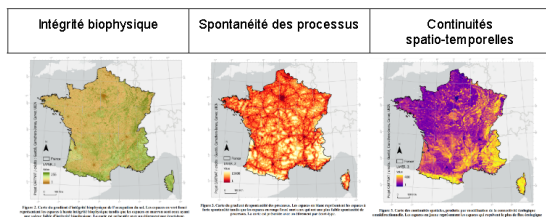


FIGURE 1 – Cartographie de la naturalité de la France en fonction des trois critères, A. Guetté, J. Carruthers-Jones and S. Carve, Projet Cartnat, Cartographie de la Naturalité (2021)

De fait, il convient de déterminer l'influence générale de l'activité humaine sur un environnement jugé naturel (forêt, montagne, etc.) [3]

3. Données à exploiter

Notre projet se basera, pour l'essentiel, sur l'analyse de descripteurs audio composés d'indices acoustiques [4]. Ces indices se révèlent capitaux dans l'étude des aires de naturalité (wilderness areas) et permettent de discerner l'influence anthropique sur l'environnement [5]. Carruthers-Jones et al. (2022) ont constaté une disparité remarquable sur la valeur de ces indices, selon que l'on se trouve dans un environnement à fort taux de naturalité ou dans un autre plus ou moins marqué par la présence humaine. D'où, notre volonté d'exploiter ces mesures pour lancer une approche apprentissage machine pour prédire la naturalité d'un écosystème.

Pour notre projet, les indices acoustiques seront calculées à partir de la base de donnée d'audios, SpatialTreeP, fournis par l'INRAE sur les années

2022 et 2023 [9].

Scikit-maad [4] est un package Python open source dédié à l'analyse quantitative des enregistrements audio environnementaux, conçu pour charger, traiter des fichiers audio numériques, segmenter, trouver des zones d'intérêt et calculer des caractéristiques acoustiques (énumérées sur la Figure 2). Cet outil pourrait être intéressant à exploiter dans la mesure où les indices acoustiques peuvent résumer des aspects de la distribution de l'énergie acoustique dans les enregistrements audio et sont utilisés, notamment, pour caractériser les communautés acoustiques animales.

```
SPECTRAL_FEATURES=['MEANf','VARf','SKEWF','KURTF','NBPEAKS','LEQf',
'ENRf','BGNf','SNRf','HF','EAS','ECU','ECV','EPS','EPS_SKEW','ADf',
'NDISI','rBA','AnthoEnergy','BioEnergy','BI','ROU','ADI','AEI','LFC','MFC','HFC',
'ACTspFract','ACTspCount','ACTspMean','EVNspFract','EVNspMean','EVNspCount',
'TFSD','H_Havnda','H_Renyi','H_pairedShannon','H_gamma','H_GiniSimpson','RAOQ',
'AGI','ROItotal','ROIcover']

TEMPORAL_FEATURES=['ZCR','MEANt','VARt','SKEWT','KURTE',
'LEQt','BGNt','SNRt','MED','Ht','ACTtFracton','ACTtCount',
'ACTtMean','EVNtFracton','EVNtMean','EVNtCount']
```

FIGURE 2 – Indices acoustiques spatiaux et temporels, Scikit-maad, Extract acoustic indices from audio recordings (2023)

Cela dit, il existe d'autres mesures issues de l'apprentissage machine pour caractériser un fichier audio et permettre d'évaluer la similarité ou la complémentarité des paysages sonores. Le modèle VGGish [6] donne en sortie un vecteur de dimension 128 caractérisant le fichier en question. Or la donnée en sortie possède une dimension relativement élevée difficilement interprétable par l'homme, il serait ainsi pertinent de réduire la dimension pour regrouper les données et donner une interprétation significative à l'agencement dans l'espace réduit (clustering) Sarab S. Sethia et al. (2020) propose une réduction à deux dimensions (apprentissage non supervisé) autorisant la ségrégation des nouvelles données pour une interprétation du cycle saisonnier d'une forêt tropicale à une visualisation de l'activité sonore quotidienne d'une forêt sujette à la déforestation. (comme schématisé sur la Figure 3).

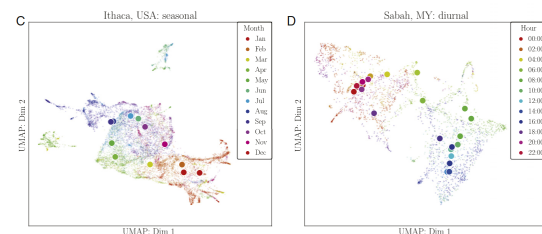


FIGURE 3 – Catégorisation de la donnée en sortie, Sarab S. Sethia et al., Characterizing soundscapes across diverse ecosystems using a universal acoustic feature set (2020)

A fortiori, cette décomposition permet d'identifier les aires acoustiques anormales, qui relatent de

l'intervention humaine (comme schématisé sur la Figure 4).

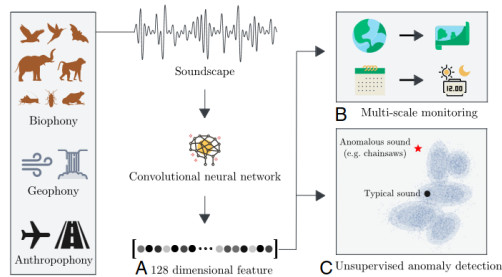


FIGURE 4 – Exploitation des sorties de VGGish pour de la détection non supervisée, Sarab S. Sethia et al., Characterizing soundscapes across diverse ecosystems using a universal acoustic feature set (2020)

4. Modèles d'exploitation

Dans une perspective de maîtriser ce que véhicule concrètement le jeu de données, il peut s'avérer utile d'entreprendre une étude par méthodes non supervisées [7] pour mener une analyse pertinente sur la corrélation des différentes données. Ainsi des méthodes comme ACP, t-SNE, UMAP permettent de réaliser une cartographie de la donnée sur un espace latent de dimension réduite, comme l'ont fait Sarab S. Sethia et al. (2020) [8].

En 2023, "Welcome to the Sounds of Nature!" [7] avait pour objectif d'utiliser des méthodes d'apprentissage supervisé et non supervisé pour élaborer une chaîne de traitement en Python dédiée à l'analyse des paysages acoustiques et des émissions sonores animales. Il est intéressant de prendre en considération ce qu'ils ont pu accomplir dans le but de comprendre le choix des technologies qu'ils ont utilisées ainsi que leurs retours d'expérience afin d'explorer les opportunités de développement et d'approfondissement.

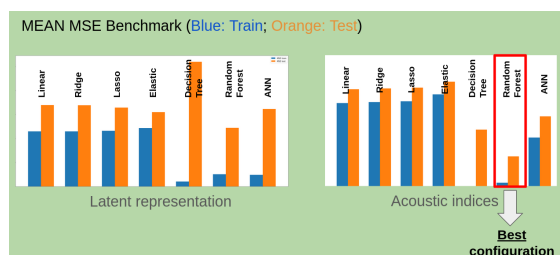


FIGURE 5 – Palette des modèles de machine learning pour l'exploitation de la donnée, A. Meddahi et al., Welcome to the Sounds of Nature! (2023)

Ces modèles servent à mettre en place une étape de classification et de regression nécessaire à la prédiction de la naturalité. A l'instar des métriques comme l'inclinaison des sols, l'altitude moyenne et la distance à un chemin [7], la

régression permettra de deviner l'évolution des mesures qui caractérisent la naturalité. De même, une séparation de la donnée par classification est envisageable pour savoir à l'avance si une prochaine donnée mesurée appartienne à une classe en lien avec la naturalité (parcelle située en lisière ou en estive [7]).

5. Conclusion

L'exploration des données acoustiques a révélé plusieurs modèles utiles, notamment en classification, en méthodes non supervisées, supervisées et en régression. Cependant, pour répondre pleinement à notre problématique initiale, une étude plus approfondie est nécessaire. En optimisant ces modèles et en validant rigoureusement les résultats, nous pourrions mieux comprendre et prédire la naturalité des écosystèmes ainsi que sa richesse.

6. Bibliographie

- [1] Wikipédia, Naturalité, 2021.
- [2] A. Guetté, J. Carruthers-Jones and S. Carve, Projet Carnat, Cartographie de la Naturalité, 2021.
- [3] ANR SpatialTreeP, Progression de la forêt sub-alpine entre 1956 et 2015, 2023.
- [4] Scikit-maad, Extract acoustic indices from audio recordings, 2023.
- [5] J. Carruthers-Jones, A. Eldridge, P. Guyot, C. Hassall, G. Holmes, The call of the wild : Investigating the potential for ecoacoustic methods in mapping wilderness areas, 2022.
- [6] TensorFlow, VGGish, 2023.
- [7] A. Meddahi, E. Remy, F. Pereira de Araujo, L. Hammami, S. Chougar and Y. Boutiyarzyst, Sounds of Nature, 2023.
- [8] Sarab S. Sethia, Nick S. Jonesa, Ben D. Fulcherd, Lorenzo Picinalib, Dena Jane Clinke, Holger Klincke, C. David L. Ormec, Peter H. Wregee, and Robert M. Ewersc, Characterizing soundscapes across diverse ecosystems using a universal acoustic feature set, 2020.
- [9] INRAE, SpatialTreeP, 2023.