



## Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/>  
Eprints ID : 19607

**To link to this article :**

URL <https://prodinra.inra.fr/?locale=fr#!ConsultNotice:414798>

**To cite this version** : Lopes, Maïlys and Fauvel, Mathieu and Ouin, Annie and Girard, Stéphane : *Estimation de la diversité en espèces des prairies à partir de leur hétérogénéité spectro-temporelle en utilisant des séries temporelles d'images satellite à haute résolution spatiale*. (2017), colloque inra, Rencontres d'Ecologie des Paysages 2017, pp. 1-25

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: [staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr](mailto:staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr)

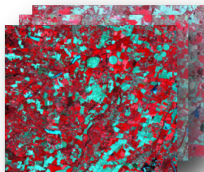
# Estimation de la diversité en espèces des prairies à partir de leur hétérogénéité spectro-temporelle en utilisant des séries temporelles d'images satellite à haute résolution spatiale

Maïlys Lopes<sup>1</sup>, Mathieu Fauvel<sup>1</sup>, Annie Ouin<sup>1</sup> et Stéphane Girard<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dynafor, INRA, INPT

<sup>2</sup>Team Mistis, INRIA Grenoble Rhône-Alpes

Rencontres d'Ecologie des Paysages,  
23-26 octobre 2017, Toulouse



## Contexte, besoins et objectifs

Site d'étude, données terrain et satellite

Méthode

Résultats

Interprétation

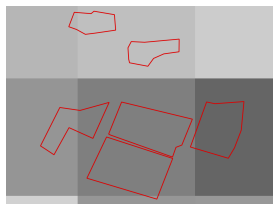
Conclusion

## Importance de la biodiversité dans les prairies

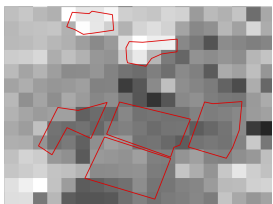
- La biodiversité dans les prairies est menacée par l'intensification de l'agriculture et l'urbanisation.
- Besoins de suivi de la biodiversité sur de larges échelles.
- Estimations sur le terrain sont limitées à des échelles locales.

## La télédétection, un outil pour le suivi de la végétation

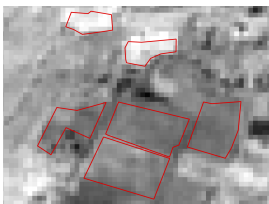
- Satellites fournissent des observations régulières sur de larges étendues grâce à leur large couverture spatiale et leur fréquence de revisite.
- Procurent des informations continues sur la végétation.



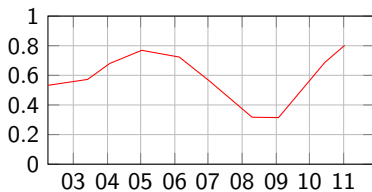
250 m



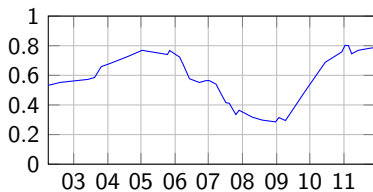
30 m



10 m



1 mois



5 jours

## Sentinel-2 : 10 mètres, 5 jours, 13 bandes spectrales

## L'Hypothèse de Variation Spectrale (SVH)

*"L'hétérogénéité spectrale mesurée sur une image est liée à l'hétérogénéité de l'habitat"* (Gould 2000, Palmer et al., 2002).

La **diversité spécifique** étant reliée à l'**hétérogénéité de l'habitat** (Wilson et al, 2002, Tews et al, 2004), l'**hétérogénéité spectrale** peut être utilisée comme **proxy pour la diversité spécifique**.

## L'Hypothèse de Variation Spectrale (SVH)

"*L'hétérogénéité spectrale mesurée sur une image est liée à l'hétérogénéité de l'habitat*" (Gould 2000, Palmer et al., 2002).

La **diversité spécifique** étant reliée à l'**hétérogénéité de l'habitat** (Wilson et al, 2002, Tews et al, 2004), l'**hétérogénéité spectrale** peut être utilisée comme **proxy pour la diversité spécifique**.

## Notre hypothèse : l'Hypothèse de Variation Spectro-Temporelle (STVH)

Les espèces diffèrent par leur **phénologie**, et donc par leurs variations temporelles. Les **variations temporelles** mesurées peuvent être utilisées comme **proxy pour la diversité spécifique**.

## Objectifs

- **Vérifier notre hypothèse STVH dans les prairies** en utilisant des **séries temporelles denses d'images satellite (SITS) à haute résolution spatiale**.
- Proposer des **mesures d'hétérogénéité spectro-temporelles adaptées** aux prairies et à ce type de données (*i.e.*, big data, grande dimension).



Contexte, besoins et objectifs

Site d'étude, données terrain et satellite

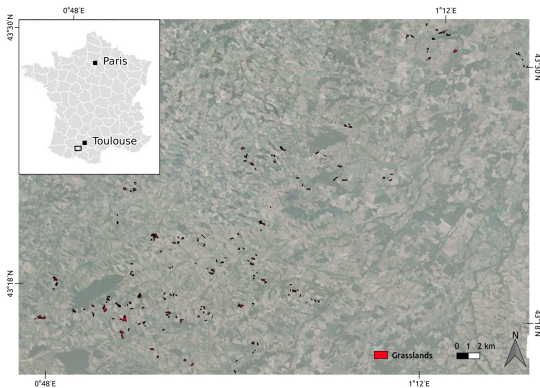
Méthode

Résultats

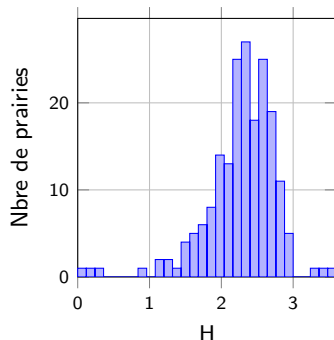
Interprétation

Conclusion

## LTER Coteaux et Vallées de Gascogne



- 192 prairies
- Relevés botaniques d'ab/dom (Braun-Blanquet)
- Extraction de l'indice de Shannon  $H = - \sum_{s=1}^R p_s \ln p_s$



## SPOT5

10 mètres, 4 bandes spectrales, dates d'acquisition (2015) :



Contexte, besoins et objectifs

Site d'étude, données terrain et satellite

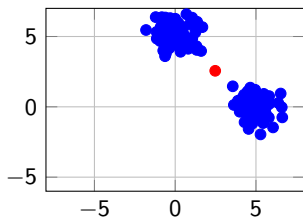
**Méthode**

Résultats

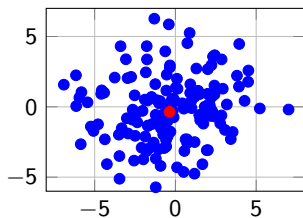
Interprétation

Conclusion

- En utilisant **1 bande spectrale** : écart-type, coefficient de variation...
- **Distance euclidienne moyenne au centroïde** (MDC) d'un plot, parcelle... (Rocchini 2007)

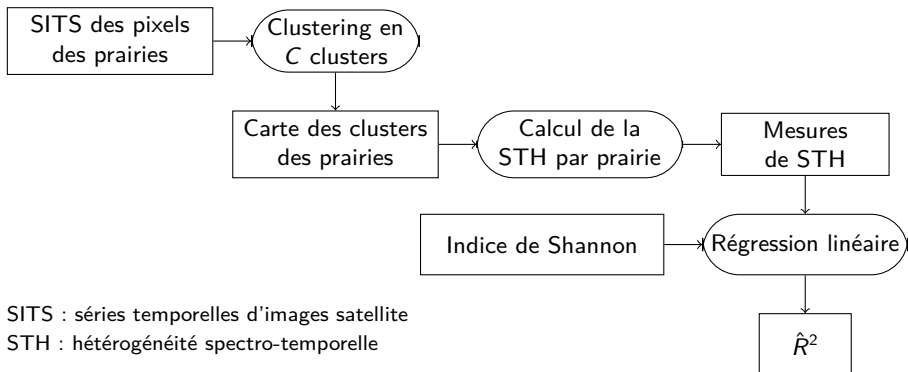


MDC = 13.9



MDC = 13.6

- **Entropie** calculée à partir d'un **clustering non-supervisé du paysage** (Féret et Asner 2014).



SITS : séries temporelles d'images satellite

STH : hétérogénéité spectro-temporelle

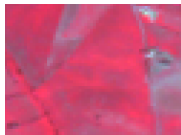


Image initiale

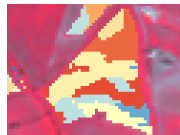


Image clusterisée

Variabilité globale

MDC

Variabilité intra-classe

W

Variabilité inter-classe

B

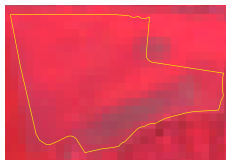
Entropie

E

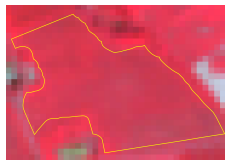
$$\text{MDC} = W + B$$



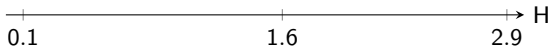
$E = 0$ ,  $\text{MDC} = 10$ ,  
 $W = 10$ ,  $B = 0$



$E = 0.7$ ,  $\text{MDC} = 10$ ,  
 $W = 9.4$ ,  $B = 9.3$



$E = 1.1$ ,  $\text{MDC} = 9.6$ ,  
 $W = 9.2$ ,  $B = 8.4$



Contexte, besoins et objectifs

Site d'étude, données terrain et satellite

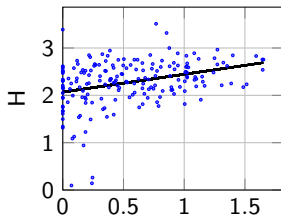
Méthode

**Résultats**

Interprétation

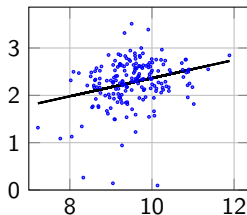
Conclusion

$$\bar{R}^2 = 0.105^{**}$$



E

$$\bar{R}^2 = 0.071^{**}$$



MDC

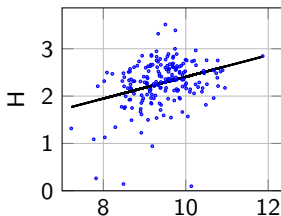
E : entropie

MDC : variabilité globale

W : variabilité intra-classe

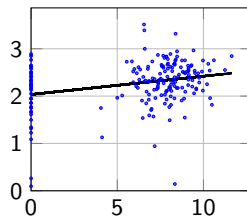
B : variabilité inter-classe

$$\bar{R}^2 = 0.097^{**}$$



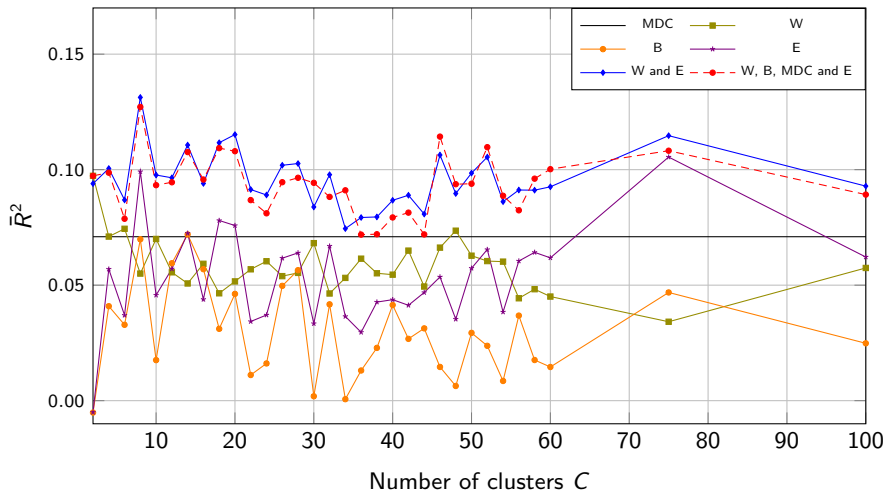
W

$$\bar{R}^2 = 0.072^{**}$$



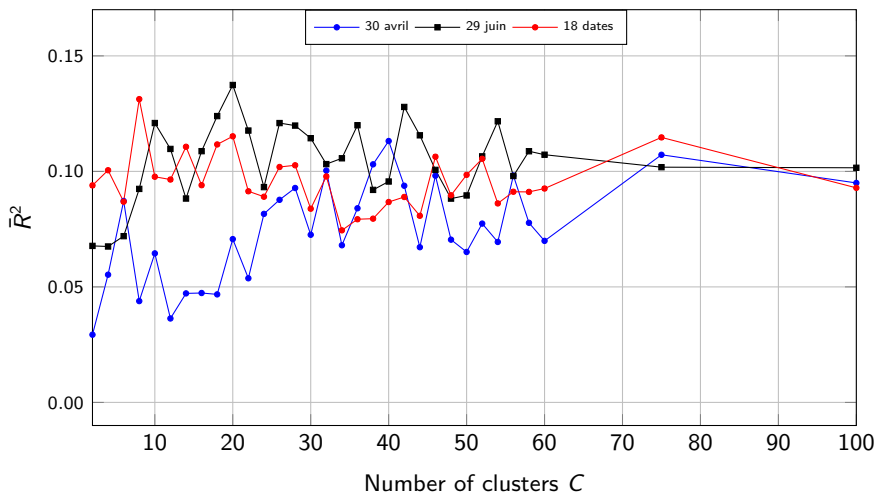
B





MDC : variabilité globale, W : variabilité intra-classe, B : variabilité inter-classe, E : entropie

## Entropie (E) et variabilité inter-classe (W)



Contexte, besoins et objectifs

Site d'étude, données terrain et satellite

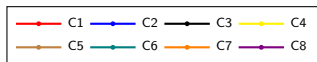
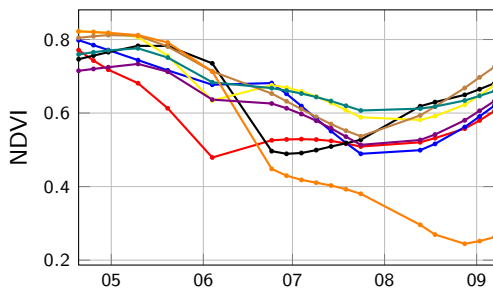
Méthode

Résultats

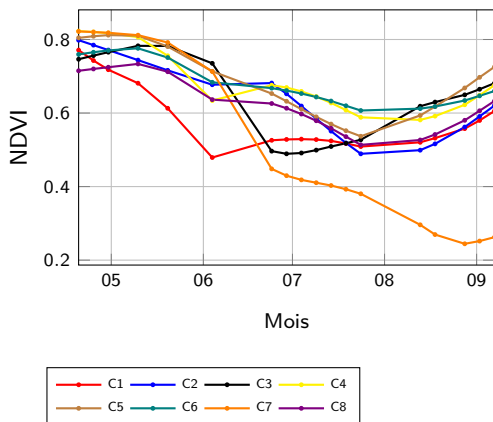
**Interprétation**

Conclusion

## Profils temporels



## Profils temporels



Contexte, besoins et objectifs

Site d'étude, données terrain et satellite

Méthode

Résultats

Interprétation

Conclusion

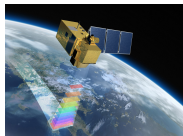
## Conclusion

- Proposition de **mesures d'hétérogénéité spectro-temporelle** des prairies.
- **Hypothèse de Variation Spectro-Temporelle non vérifiée** dans les prairies avec des séries temporelles d'images satellite à 10 m de résolution spatiale.
- Influence des **pratiques agricoles**.

## Perspectives

- Mesures de **diversité beta** (e.g., Bray-Curtis dissimilarity)
- **Diversité fonctionnelle**

# Merci pour votre attention !



mailys.lobes@inra.fr

Lopes M., Fauvel M., Ouin A., Girard S. Spectro-Temporal Heterogeneity Measures from Dense High Spatial Resolution Satellite Image Time Series: Application to Grassland Species Diversity Estimation. *Remote Sensing*. 2017; 9(10):993.

#### Références

- Gould, W. Remote Sensing of Vegetation, Plant Species Richness, and Regional Biodiversity Hotspots. *Ecol. Appl.* 2000, 10, 1861–1870.
- Palmer, M.W. et al. Quantitative tools for perfecting species lists. *Environmetrics* 2002, 13, 121–137.
- Wilson, J. et al. Formation and maintenance of discrete wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) population systems in arid Australia: Habitat heterogeneity and management implications. *Austral Ecol.* 2002, 27, 183–191.
- Tews, J. et al. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: The importance of keystone structures. *J. Biogeogr.* 2004, 31, 79–92.
- Rocchini, D. Effects of spatial and spectral resolution in estimating ecosystem  $\alpha$ -diversity by satellite imagery. *Remote Sens. Environ.* 2007, 111, 423–434.
- Féret, J.B.; Asner, G.P. Mapping tropical forest canopy diversity using high-fidelity imaging spectroscopy. *Ecol. Appl.* 2014, 24, 1289–1296.



## Annexe

Formules :

$$V_i = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} \|\mathbf{x}_{ik} - \boldsymbol{\mu}_i\|^2$$

$$B_i = \sum_{c=1}^{C_i} p_{ic} \|\boldsymbol{\mu}_{ic} - \boldsymbol{\mu}_i\|^2$$

$$W_i = \frac{1}{n_i} \sum_{c=1}^{C_i} \sum_{k \in c} \|\mathbf{x}_{ik} - \boldsymbol{\mu}_{ic}\|^2$$

$$E_i = \sum_{c=1}^C -\pi_{ic} \log(\pi_{ic})$$

**Table:** Modèles de régression linéaire multivariée pour  $C = 8$  en utilisant les données multitemporelles.

Response Variable	Explanatory Variables	Reg. Coeff.	Std Err.	$p$ -Value
H	W	0.29	0.14	0.04
	B	0.01	0.02	0.61
	V	-0.15	0.14	0.30
	E	0.40	0.13	0.003
	intercept	0.73	0.51	0.16
Model summary: $F_{(4, 187)} = 8.0$ , $p$ -value $< 0.001$ , $R^2 = 0.145$ , $\bar{R}^2 = 0.127$				
H	W	0.16	0.06	0.005
	E	0.37	0.09	$< 0.001$
	intercept	0.65	0.51	0.20
Model summary: $F_{(2, 189)} = 15.4$ , $p$ -value $< 0.001$ , $R^2 = 0.140$ , $\bar{R}^2 = 0.131$				