

JOURNÉES DE CLIMATOLOGIE  
DE LA COMMISSION "CLIMAT ET SOCIÉTÉ" DU CNFG  
Variabilité, changement climatique et conséquences en Méditerranée



Rôle des variables climatiques dans une  
approche de modélisation de l'impact du changement  
climatique sur la distribution de trois espèces végétales  
dans le Mercantour

Matthieu VIGNAL

Julien ANDRIEU



# Contexte

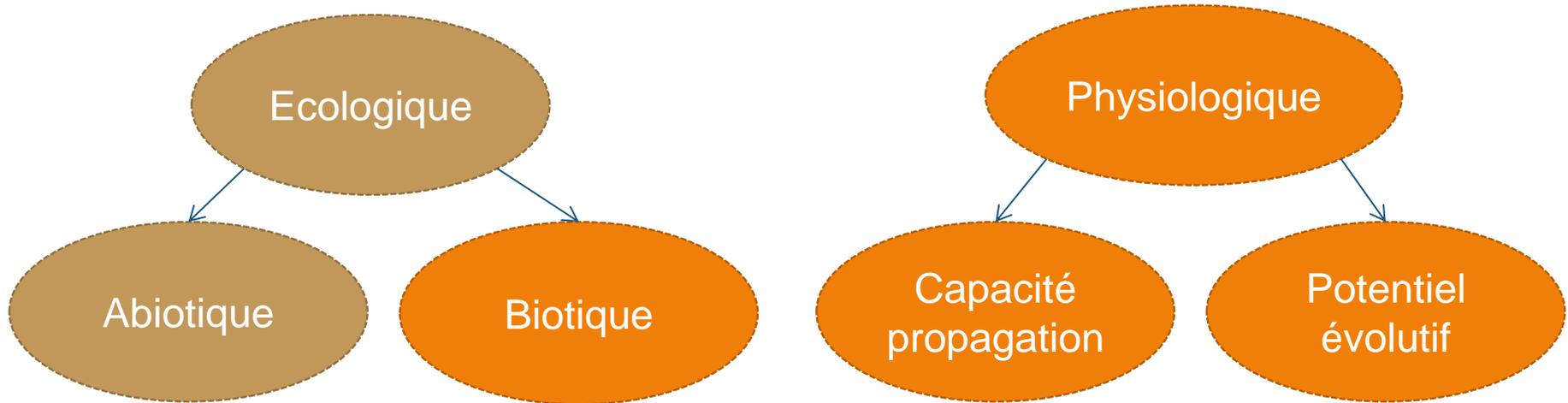
2

- Changement climatique et modification des aires de distribution des espèces végétales.
- Modélisation prédictive des distributions futures des espèces végétales, domaine actif de l'écologie depuis la fin du XXe siècle.
- Modélisation non dynamique avec la seule utilisation de facteurs abiotiques (Casazza, 2010 ; Coudun, 2005 ; Garbolino, 2012).
- Mais quelques exemples de modélisations dynamiques qui se basent sur une probabilité de colonisation des espaces qui sont inoccupés par l'espèce en question (Iverson et al., 1999).

# Enjeux

3

- La modification des aires de distribution se réalise à travers des processus de diffusion et de maintien, conditionnés par une multitude de facteurs en interaction



- Intégrer cette complexité dans un modèle

# Données floristiques

4

- Relevés SILENE (Système d'Information et de Localisation des Espèces Natives et Envahissantes)



*Pinus cembra*



*Pinus uncinata*



*Dryas octopetala*

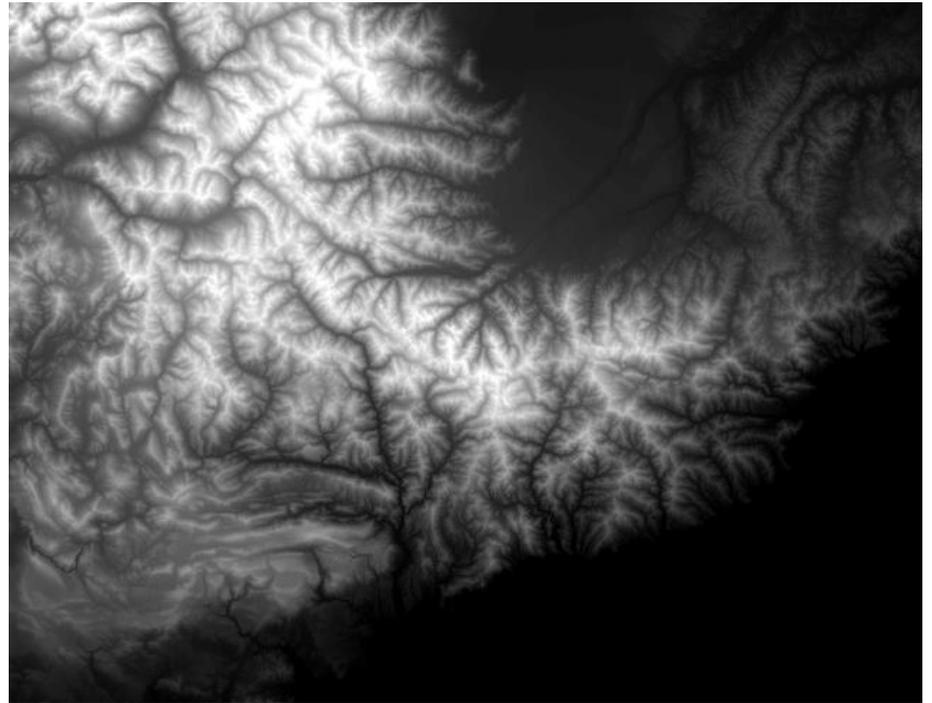


# Données écologiques

5

- Données écologiques non traitées :
  - Données climatiques du modèle ALADIN
  - Données sur les vents
  - Modèle Numérique de Terrain
  - Carte géologique simplifiée

Échelle spatiale la plus fine possible



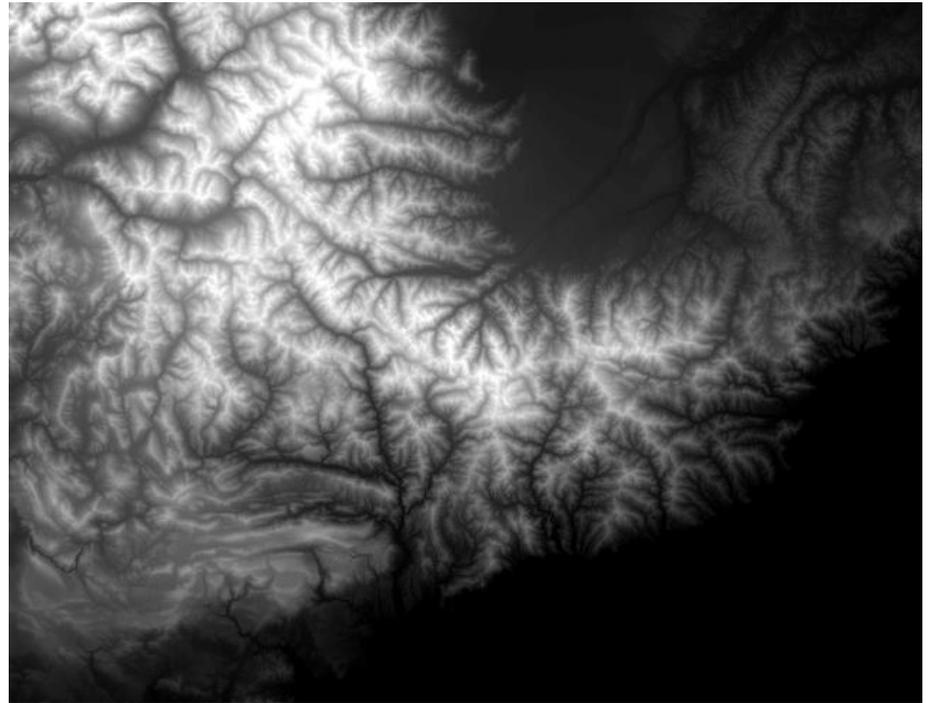
# Données écologiques

6

- Données écologiques non traitées :
  - Données climatiques du modèle ALADIN
  - Données sur les vents
  - Modèle Numérique de Terrain
  - Carte géologique simplifiée

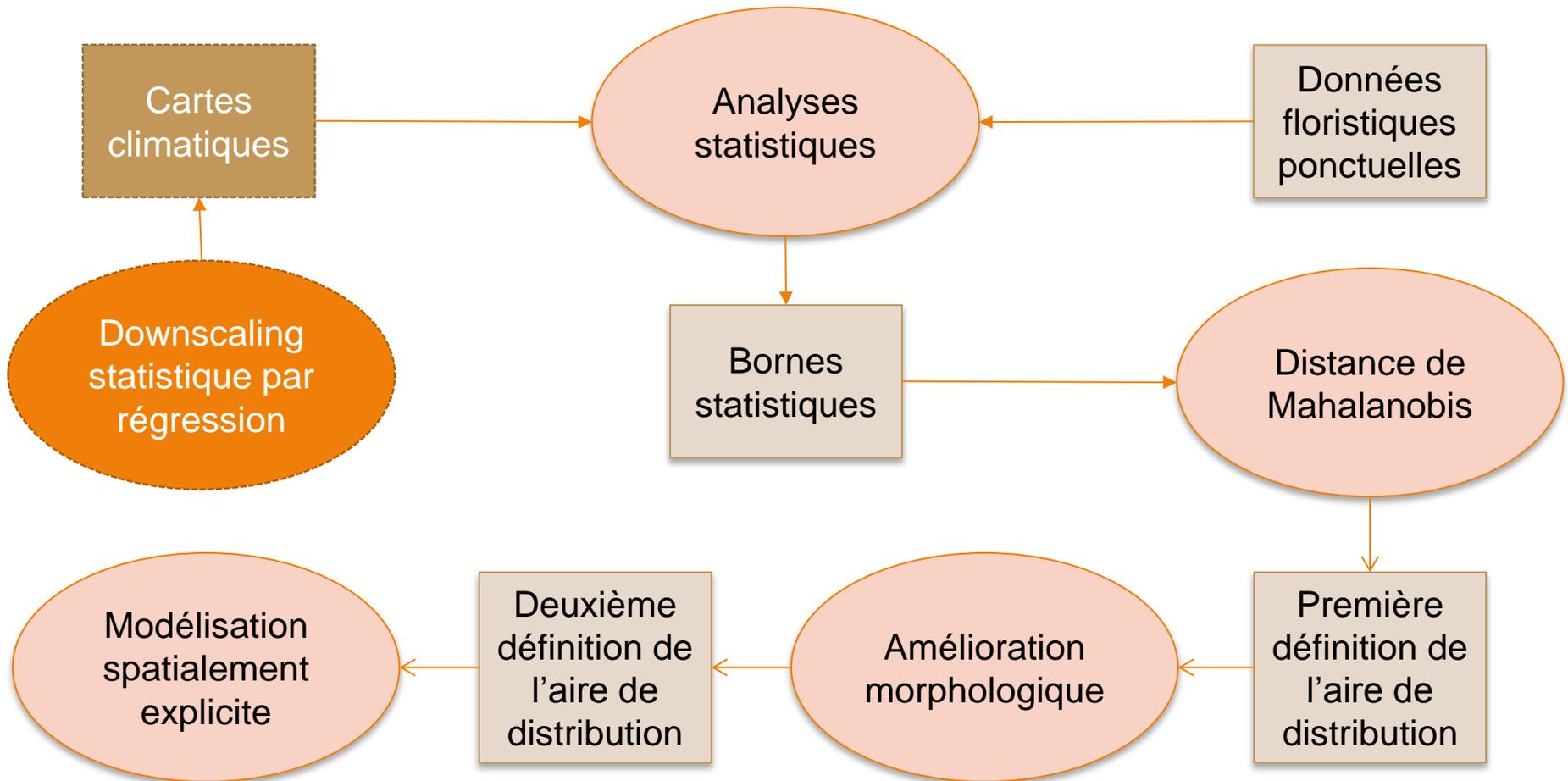
Échelle spatiale la plus fine possible

Importance du climat



# Méthode

7



# Downscaling statistique par régression environnementale

8

- **Données climatiques :**

- Sorties du modèle climatique ALADIN-Climat à 12 km de résolution :
  - ✦ Période de référence 1961-1990
  - ✦ Périodes futures : 2071-2100 selon 3 scénarios (A1B, A2, B1).

- **Données topographiques et géographiques :**

- M.N.T. SRTM à 90 m de résolution :
  - ✦ Longitude/Latitude
  - ✦ Distance à la mer
  - ✦ Altitude
  - ✦ Rugosité
  - ✦ Encaissement

## Données de référence



Calcul des variables climatiques:

- températures minimales  $T_n$ ,
- températures maximales  $T_x$
- précipitations  $P$  à une résolution de 90 m.



## Variables « explicatives »

# Downscaling statistique par régression environnementale

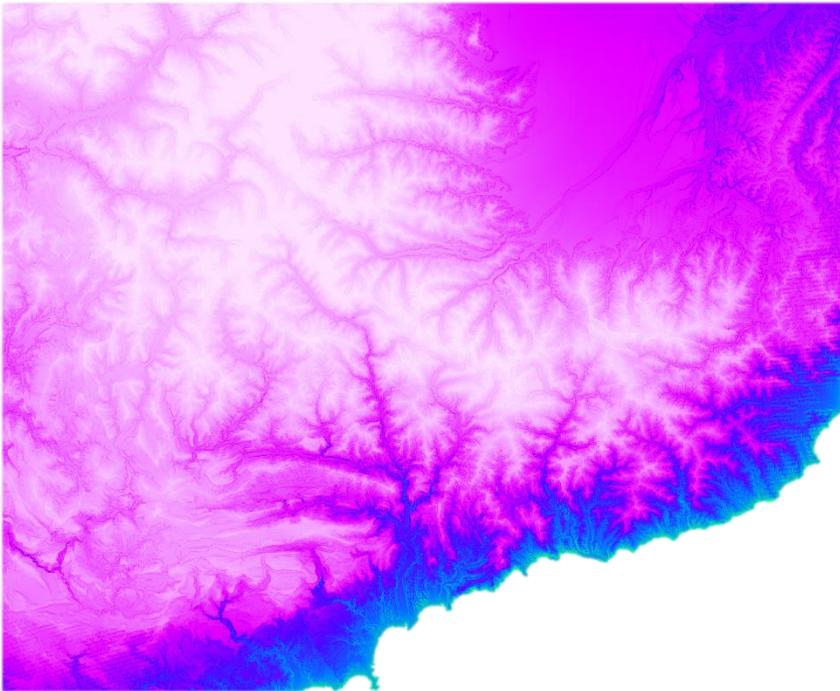
9

- Régression linéaire multiple pas à pas :  $y = ax_1 + bx_2 + cx_3 + \dots + z$ 
  - Sélection des variables explicatives après étude des coefficients de régression normalisés
- Pertinence des modèles statistiques :
  - Coefficient de détermination :  $R^2$
  - Etude graphique des résidus
  - Erreurs-type et RMCE
  - Cartographie des résidus
- Aller-retours multiples entre calculs statistiques et construction des cartes.
- Validation des résultats par comparaison pour les stations retenues (28 sur des situations topographiques diverses) des valeurs estimées par régression avec les valeurs réellement observées sur la période 1961-1990.

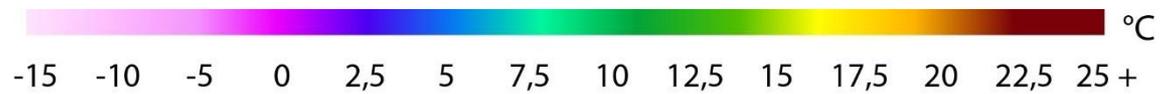
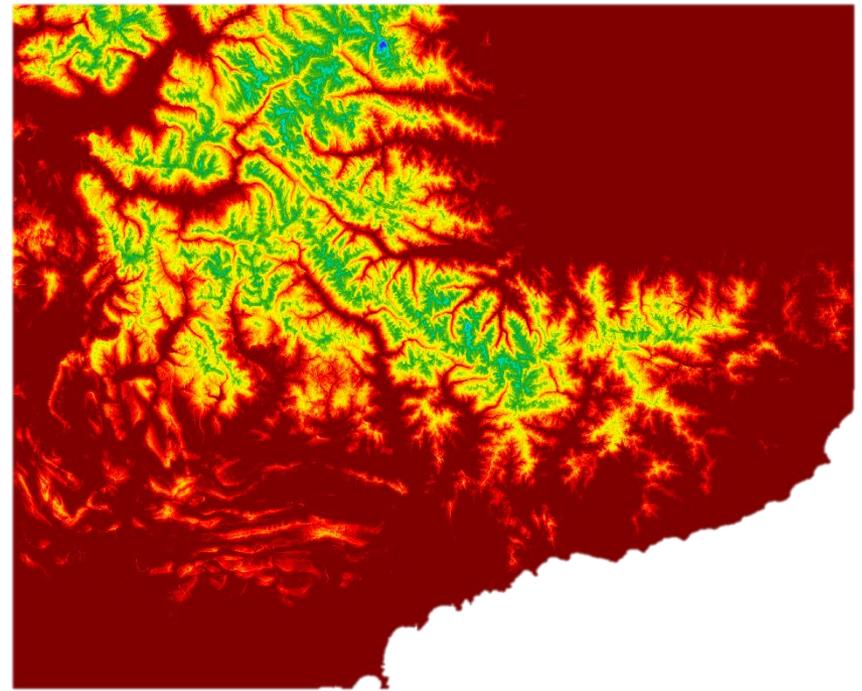
# Cartes climatiques

10

Températures minimales du mois de février



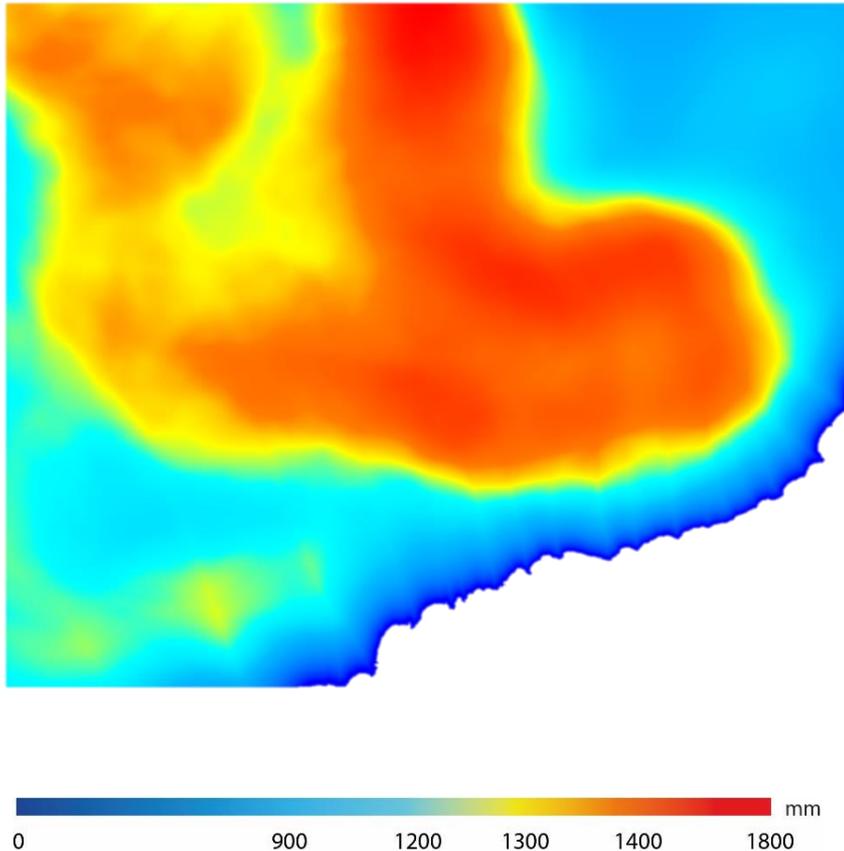
Températures maximales du mois d'août



# Cartes climatiques

11

## Précipitations annuelles

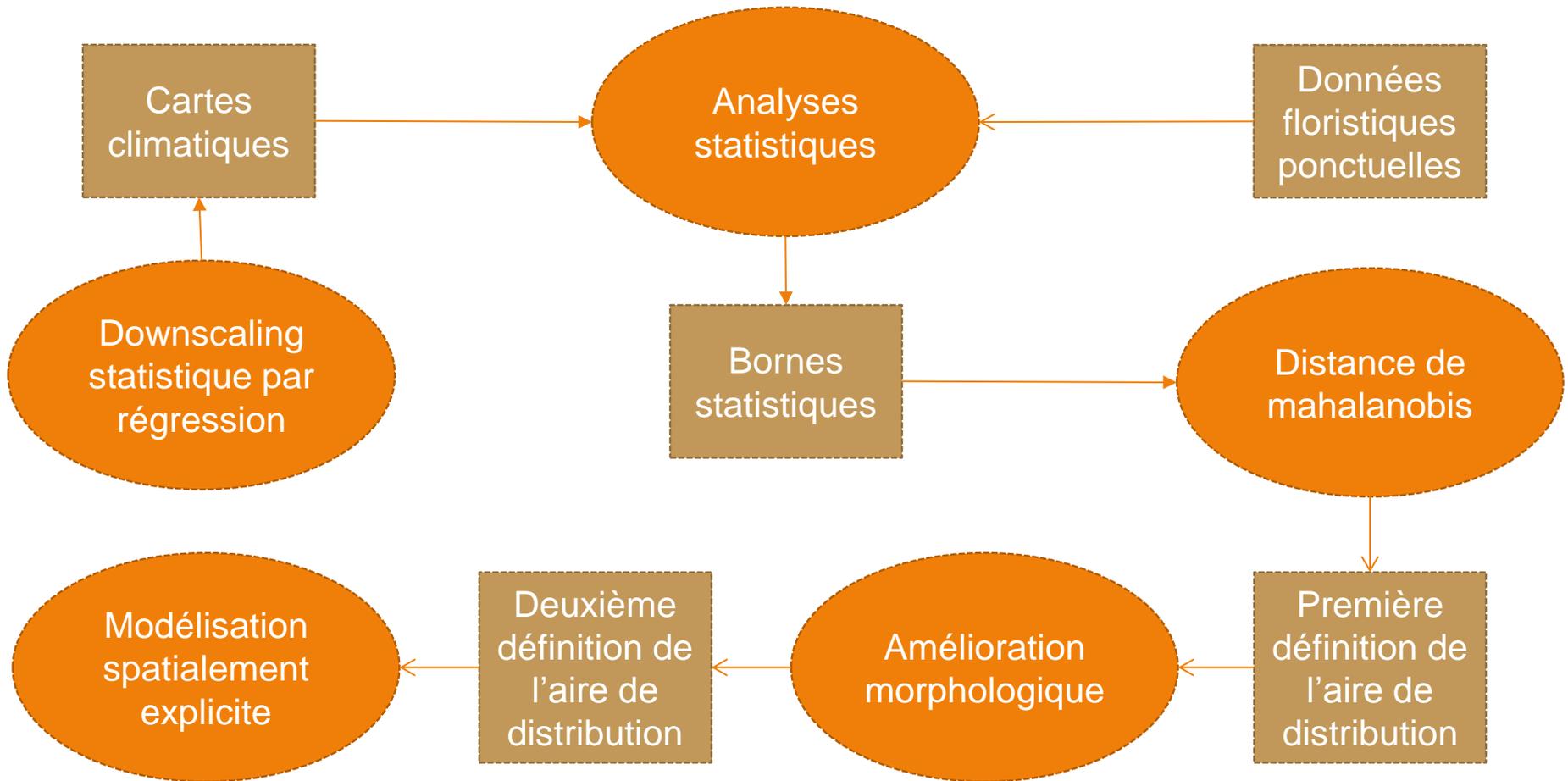


Limites :

- Les écarts mensuels moyens constatés entre les normales climatiques et les calculs s'échelonnent entre :
  - 1,9 et 2,9°C pour les Tn.
  - 0,8 et 2,7°C pour les Tx .
  - 11 et 40 mm pour les P.
- Difficulté de modélisation des précipitations : Les coefficients de détermination entre les normales climatiques et les calculs évoluent entre 0,19 et 0,89.

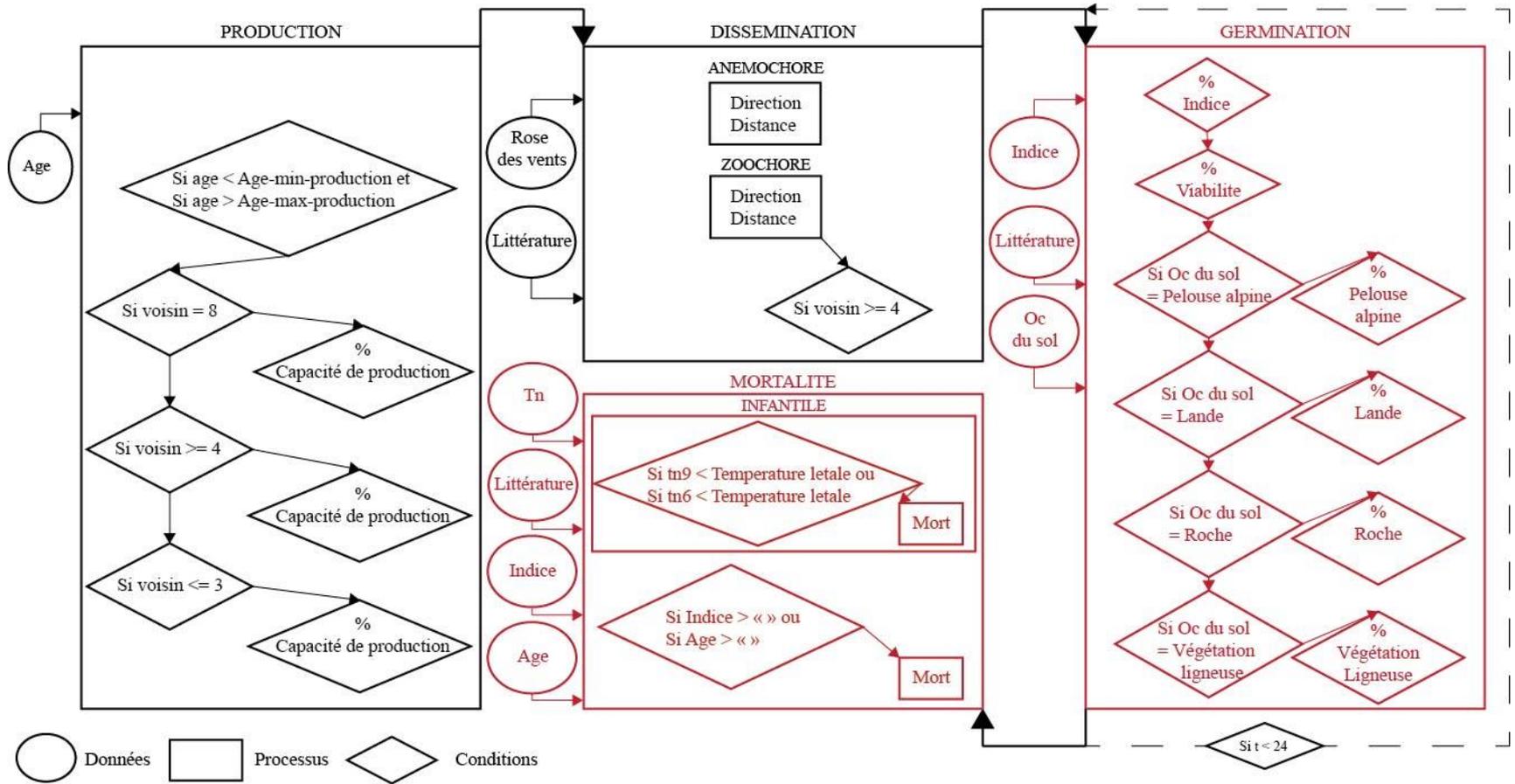
# Méthode

12



# Les processus du modèle

13



# Temporalités des processus

14

Processus	Mois de l'année											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Evolution de la date	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Evolution des températures	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Evolution de l'indice	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Evolution de l'Oc du sol	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Production	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Dispersion	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Germination	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Mortalité infantile	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Mortalité	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Processus actif :



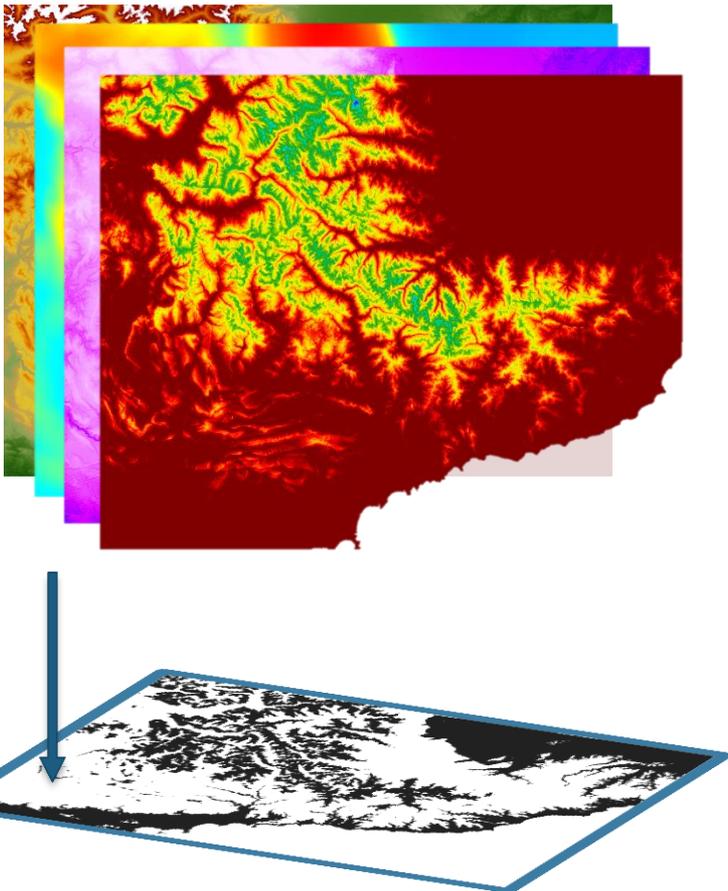
Processus inactif :



# Variables climatiques dans le modèle

15

- Indice de viabilité



- Permet d'évaluer la probabilité du pixel de permettre la germination de la graine.
- Prise en compte des compensations entre facteurs.
- Evolution de l'indice de viabilité.

# Variables climatiques dans le modèle

16

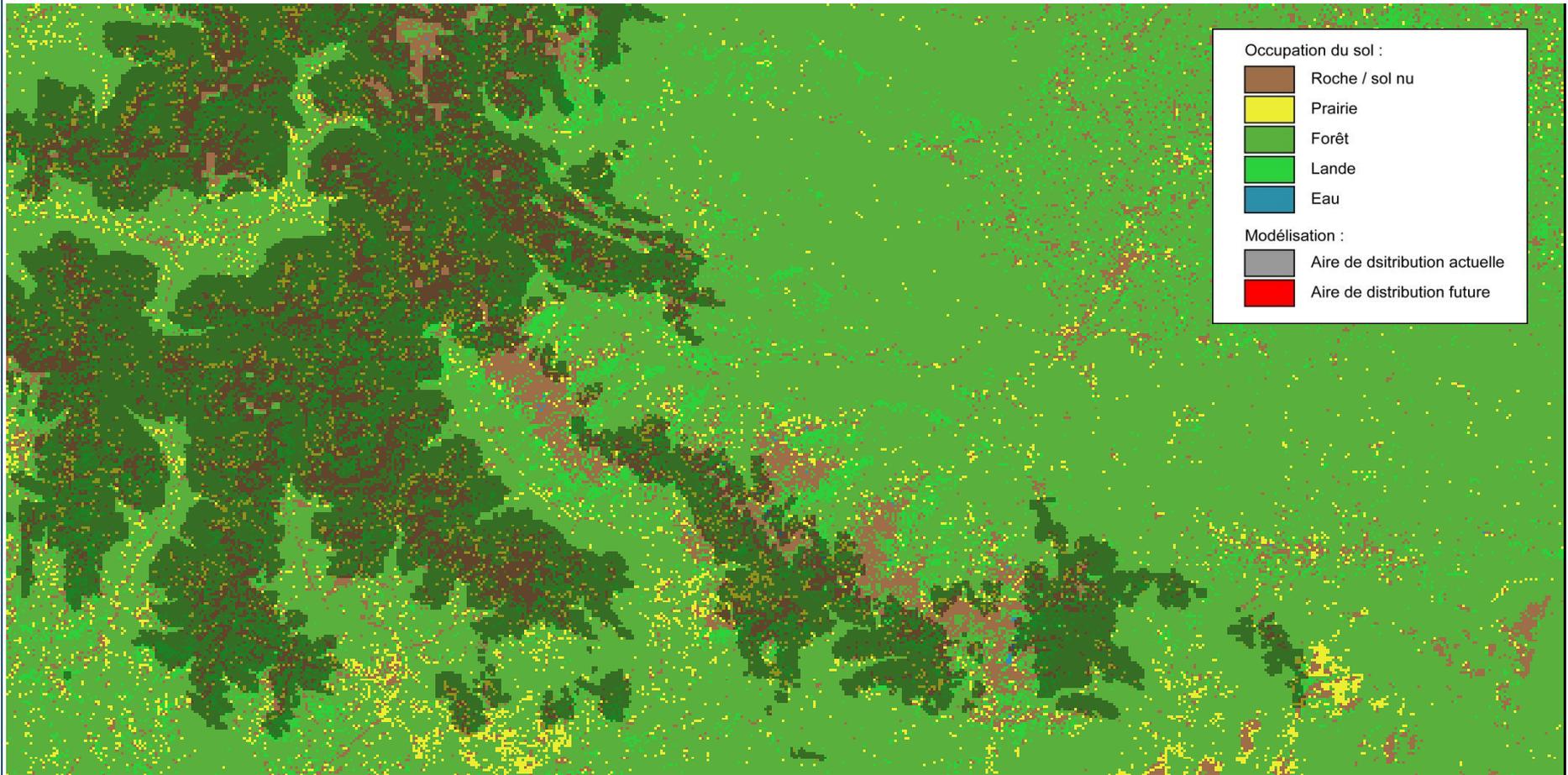
- Températures minimales du mois de juin et de septembre
- Le vent

Ces variables régissent le processus de mortalité infantile. Ce sont les températures extrêmes en entrée ou sortie de période végétative qui entraînent la mort des jeunes populations.

le vent est intégré à travers l'utilisation d'une rose des vents qui paramètre le processus de dissémination de certaines graines.

# Résultats

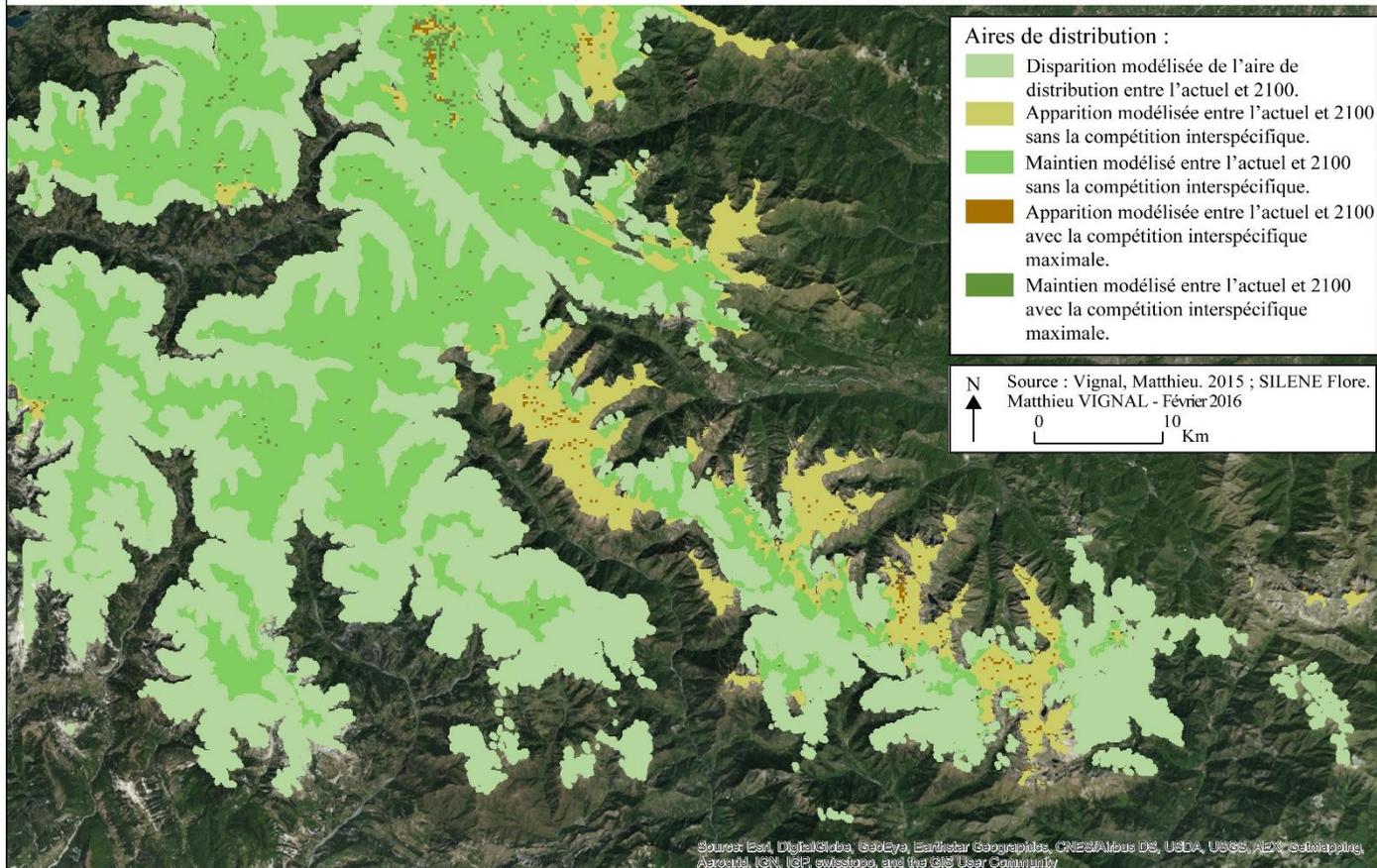
17



# Résultats

18

## MODIFICATION DE L'AIRE DE DISTRIBUTION EN 2100 DE LA DRYADE A HUIT PETALES (*DRYAS OCOTPETALA L., 1753*)



# Conclusion

19

- Nécessité de données climatiques à l'échelle spatiale la plus fine possible : méthode de régression environnementale efficace notamment pour les températures (Martin et al, 2013).
- Les variables climatiques montrent une forte liaison avec les aires de distribution. On peut donc supposer qu'elles conditionnent certains processus biotiques tels que la dispersion, la germination ou bien la mortalité.

# Conclusion

20

- La modélisation de l'impact du changement climatique indiquerait que :
  - Le changement climatique laisserait une assez grande part de lieux viables tant aujourd'hui qu'en 2100
  - Déplacement possible vers les espaces qui deviendront viables.
  - Distributions, en 2100, plus en altitude et plus au nord.
  - Régression de l'espèce en limite chaude d'aire de distribution supérieure à la progression de l'espèce en limite froide.



Réduction des aires de distribution

# Limites et perspectives

21

Limites	Perspectives
Données SILENE	Etude de terrain : vérification des données et meilleure compréhension des processus
Variable sécheresse	Prise en compte de ce paramètre dans le modèle comme barrière à la diffusion spatiale
Automate cellulaire	Passage au SMA : Imbrication d'échelles spatiales Interaction homme-nature
Linéarité de l'évolution des températures	?

JOURNÉES DE CLIMATOLOGIE  
DE LA COMMISSION "CLIMAT ET SOCIÉTÉ" DU CNFG  
Variabilité, changement climatique et conséquences en Méditerranée

22

**Merci de votre attention**

Matthieu VIGNAL

Julien ANDRIEU

