

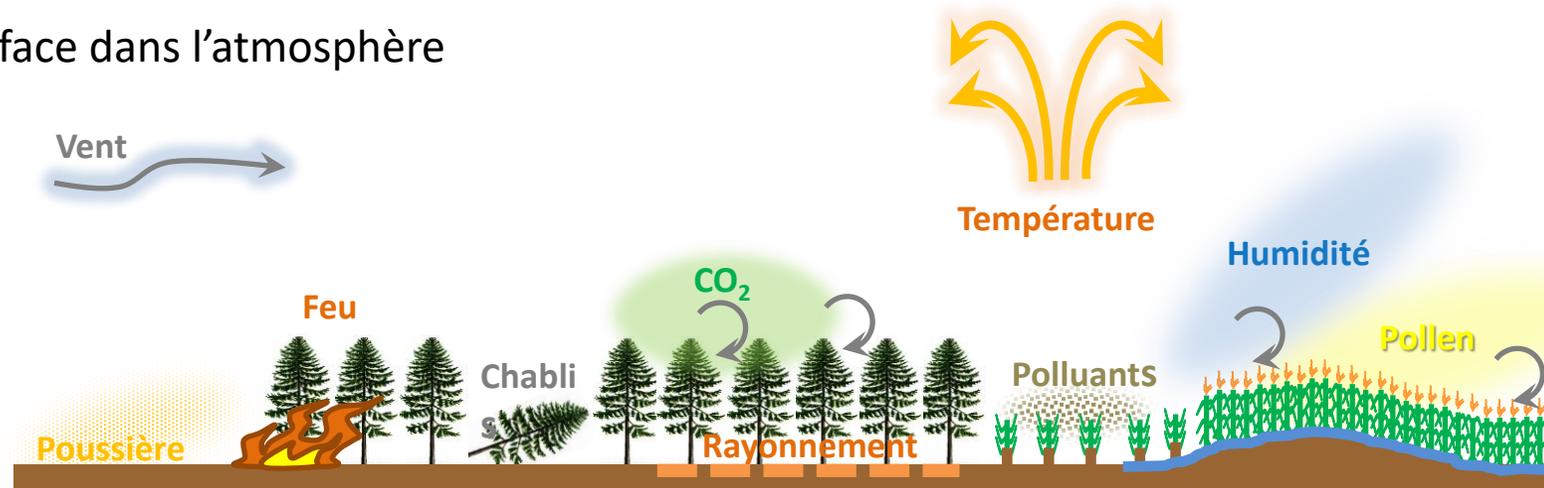
# LE VENT ET SON INTERACTION MÉCANIQUE AVEC LES PLANTES

**SYLVAIN DUPONT**

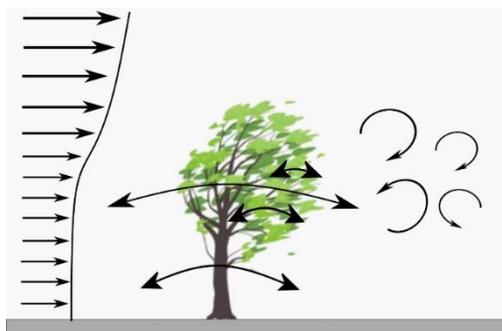
ISPA (INTERACTIONS SOL-PLANTE-ATMOSPHERE), INRAE BORDEAUX, FRANCE

# Le vent est un facteur agronomique et sylvicole majeur

- ❑ Mélange éléments émis en surface dans l'atmosphère



- ❑ Interagit avec plantes et leur fonctionnement (transpiration, photosynthèse, mouvement, croissance...)

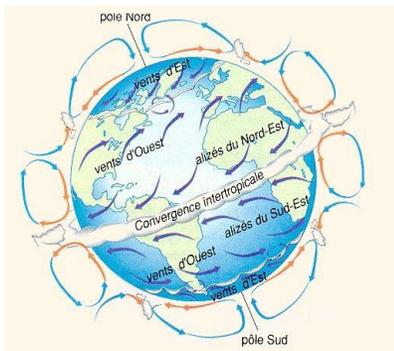
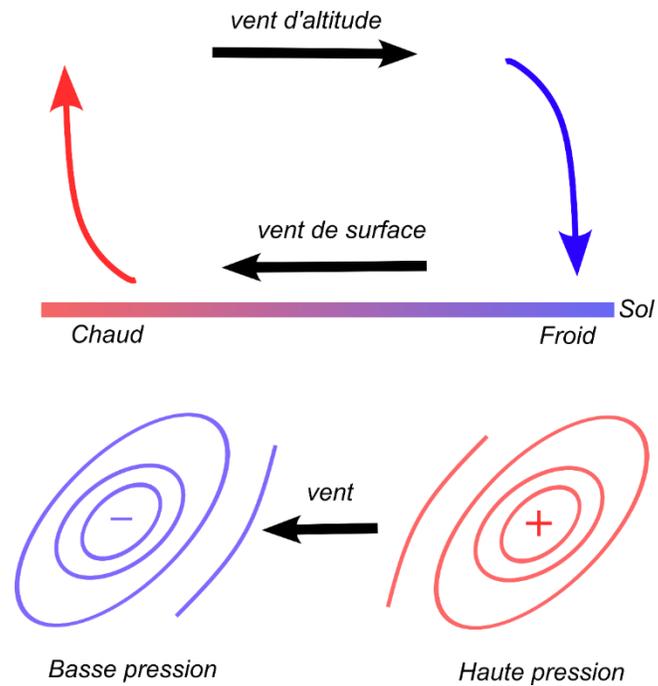


<https://www.flickr.com/photos/jlove60/3699733765/>

- ❑ Initie et propage dégâts au niveau du couvert (tempête, feu, épidémie)

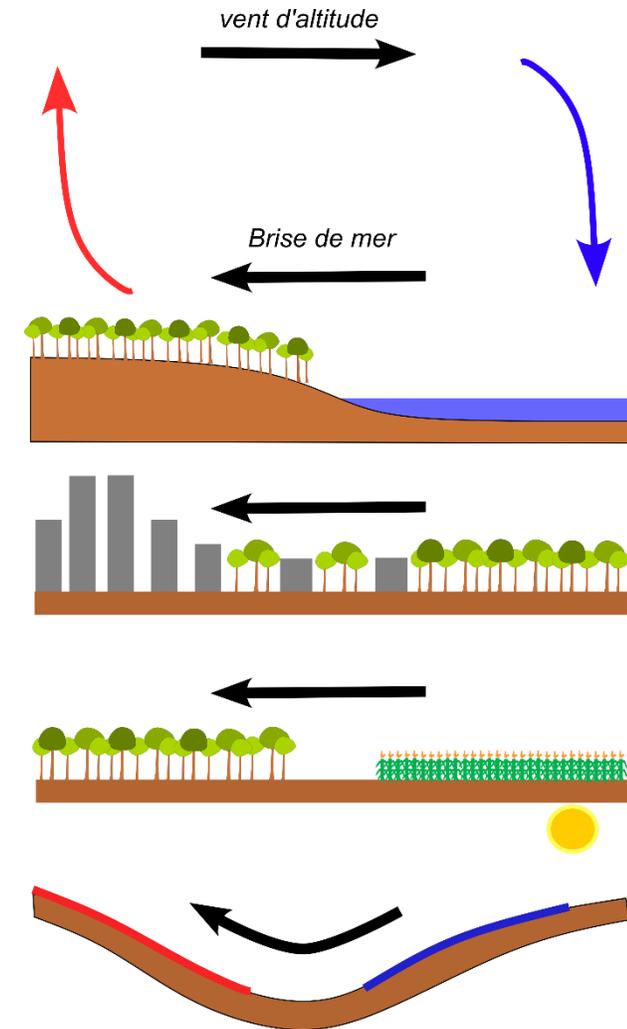
➤ **Vent, objet important de recherches : interaction vent-plante, échanges surface-atmosphère**

## ☐ A l'échelle du globe



## ☐ A l'échelle locale

lorsque vent grand-échelle négligeable



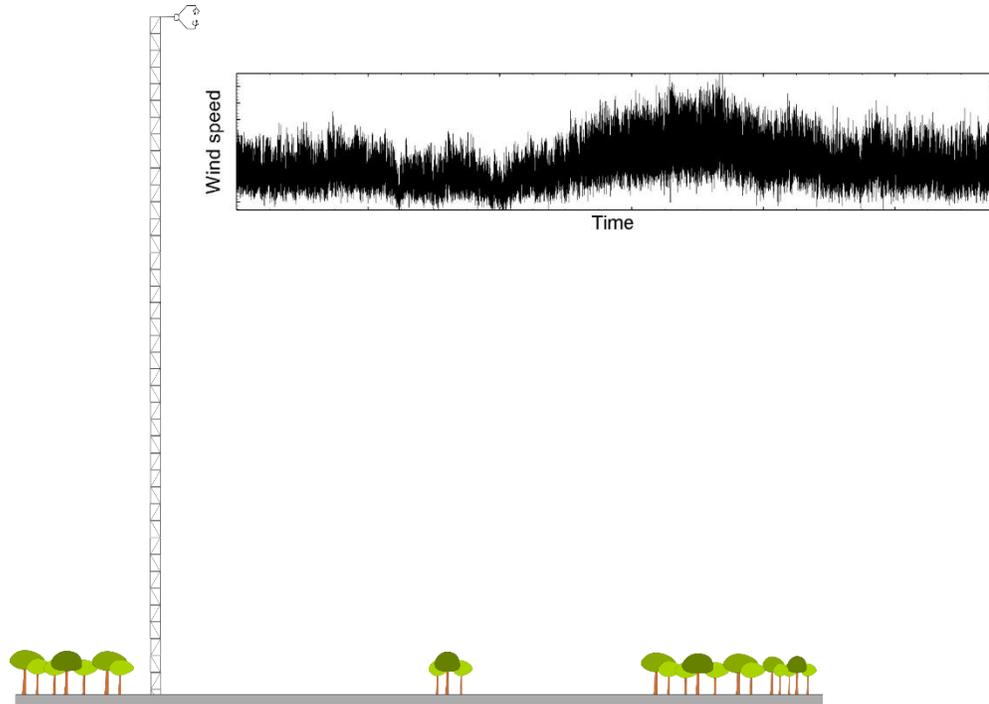
Localement:

- Effet rugosité de surface, topographie
- Contournement, canalisation, sillage

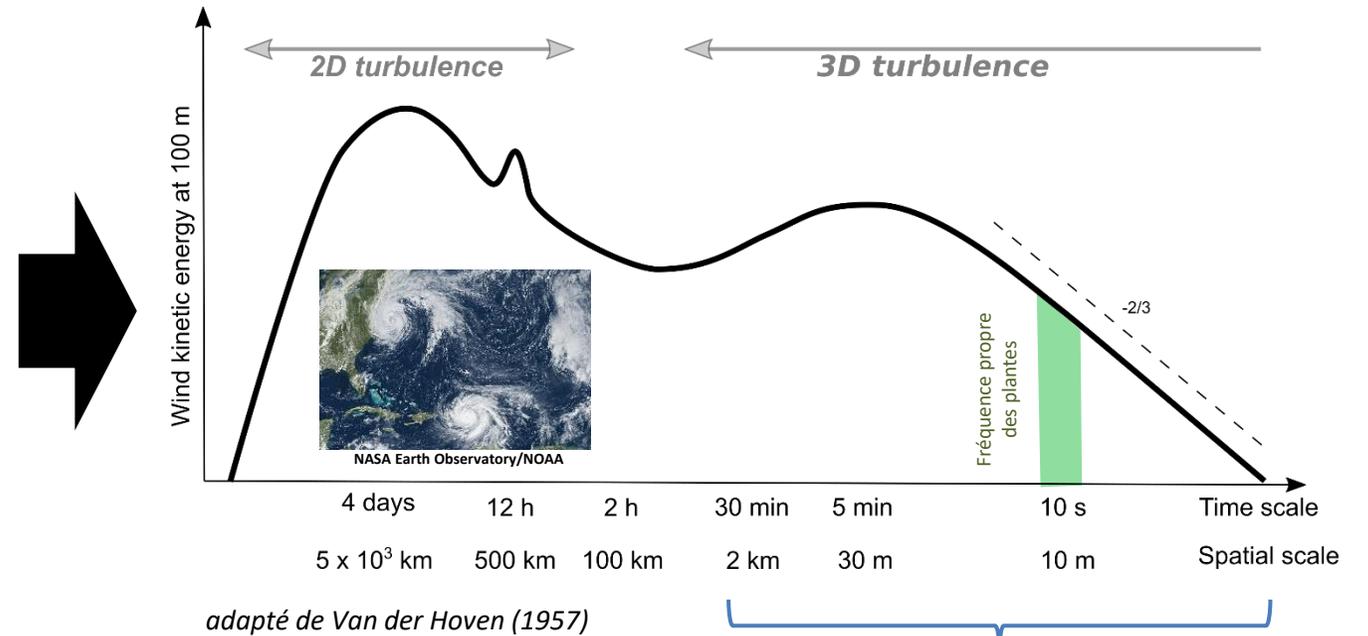
➤ **Vent de surface résulte d'une intégration d'effets allant de l'échelle du globe au local**

# Le vent, un phénomène multi-échelles

- ❑ Vent mesuré près de la surface (100 m)



- ❑ Répartition énergétique des fluctuations du vent suivant les échelles de temps et d'espace => spectre

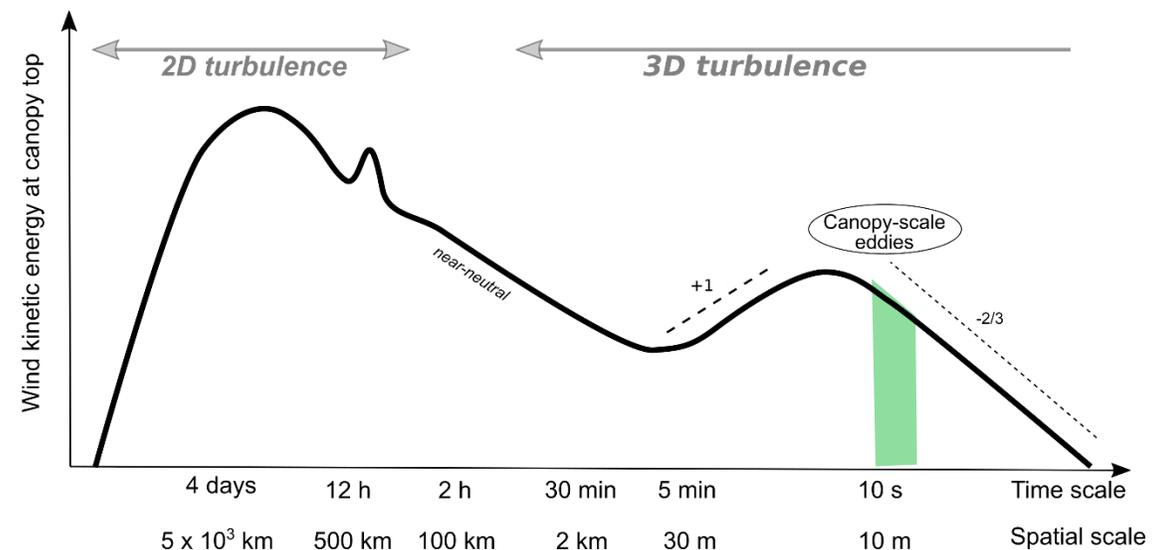
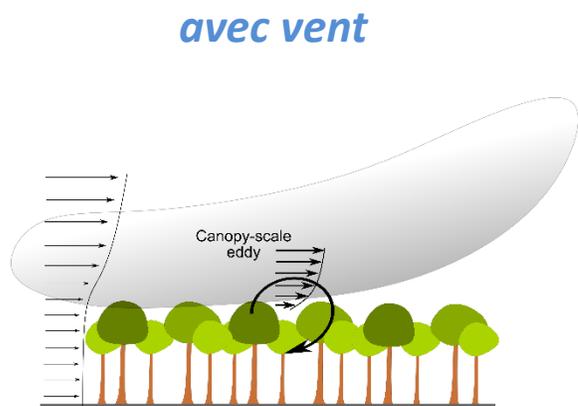


- Turbulence 3D influencée par :
- Frottement du vent à la surface
  - Variation chaleur à la surface

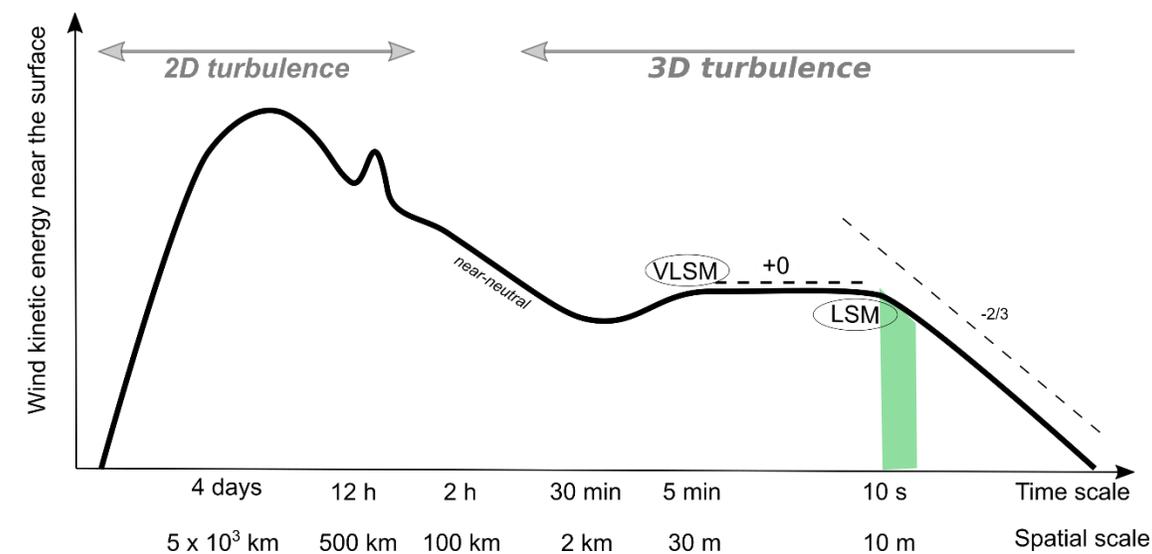
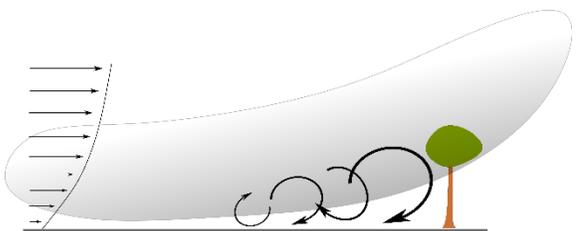
➤ **Besoin de comprendre la turbulence 3D pour identifier les rafales de vent impactant les plantes**

# Turbulence 3D à l'échelle des plantes

## ☐ Au sommet d'une canopée

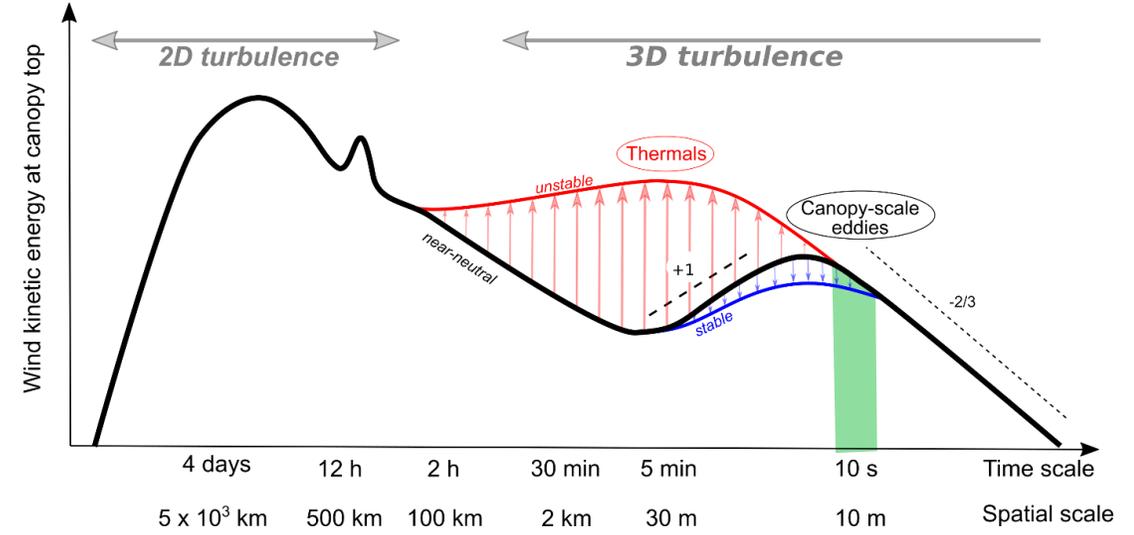
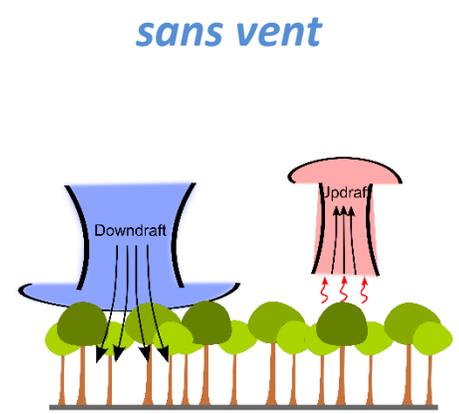
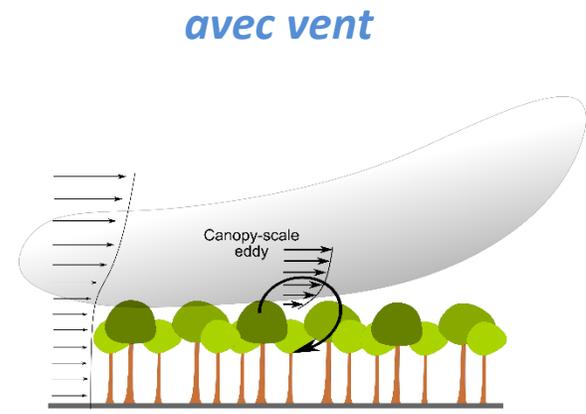


## ☐ Au sommet d'un arbre isolé

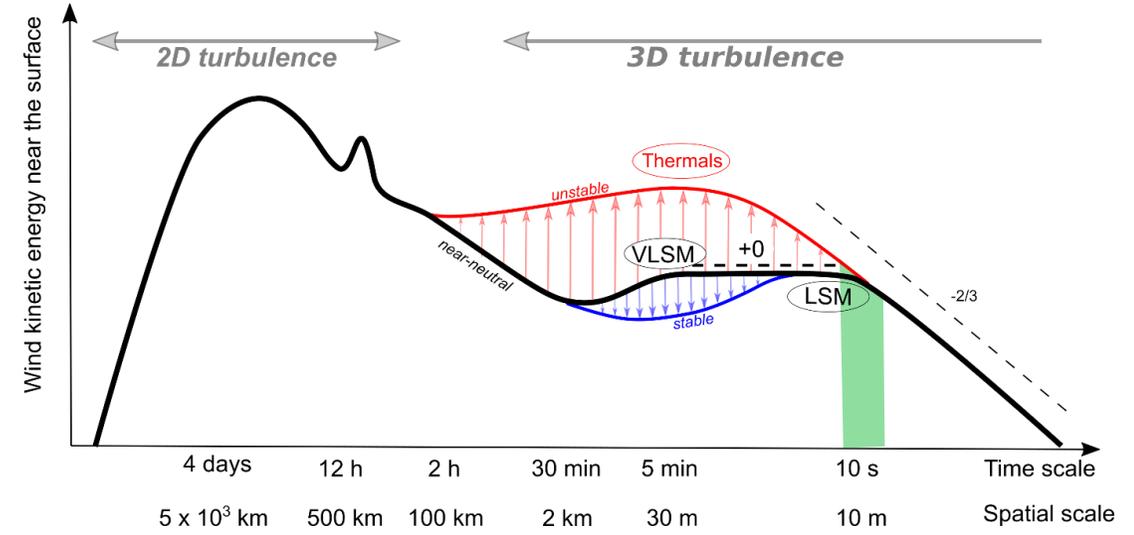
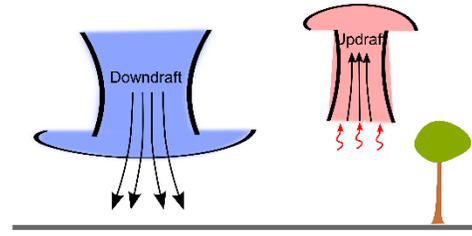
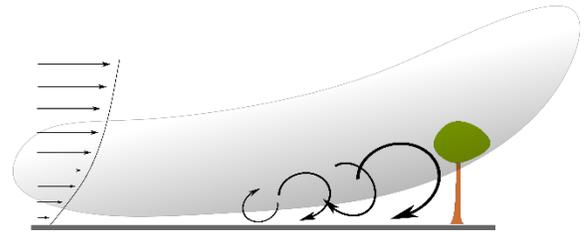


# Turbulence 3D à l'échelle des plantes

## ☐ Au sommet d'une canopée



## ☐ Au sommet d'un arbre isolé



- ▶ L'hétérogénéité de surface environnant les plantes joue aussi un rôle clé sur le vent ressenti
- ▶ Difficile d'appréhender la dynamique du vent à l'échelle d'un paysage hétérogène à partir de mesures ponctuelles



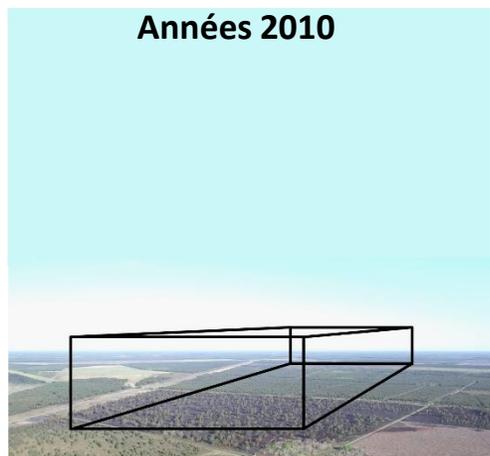
▶ **Besoin de développer une modélisation adaptée à l'échelle du paysage**

# Modélisation du vent de l'échelle du couvert à celle du paysage



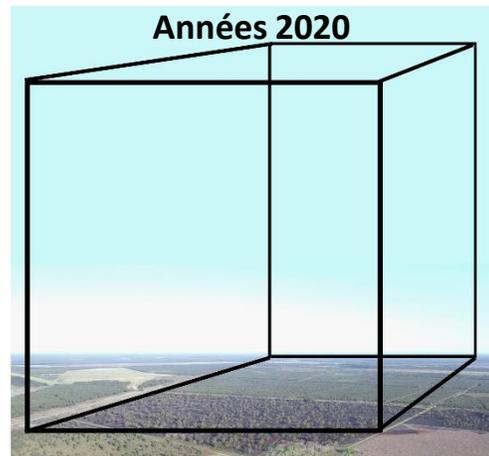
Années 2000

Echelle du couvert



Années 2010

Echelle du paysage



Années 2020

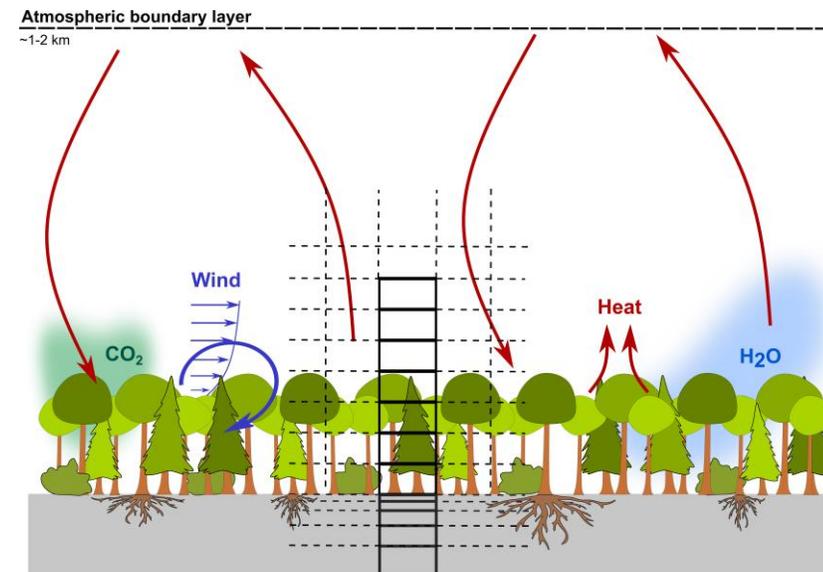
Echelle du paysage intégrant toute la couche limite atmosphérique

**Sans thermique**

Vents forts, effet des tempêtes

**Avec thermique**

Vents faibles



## Questions scientifiques liées à :

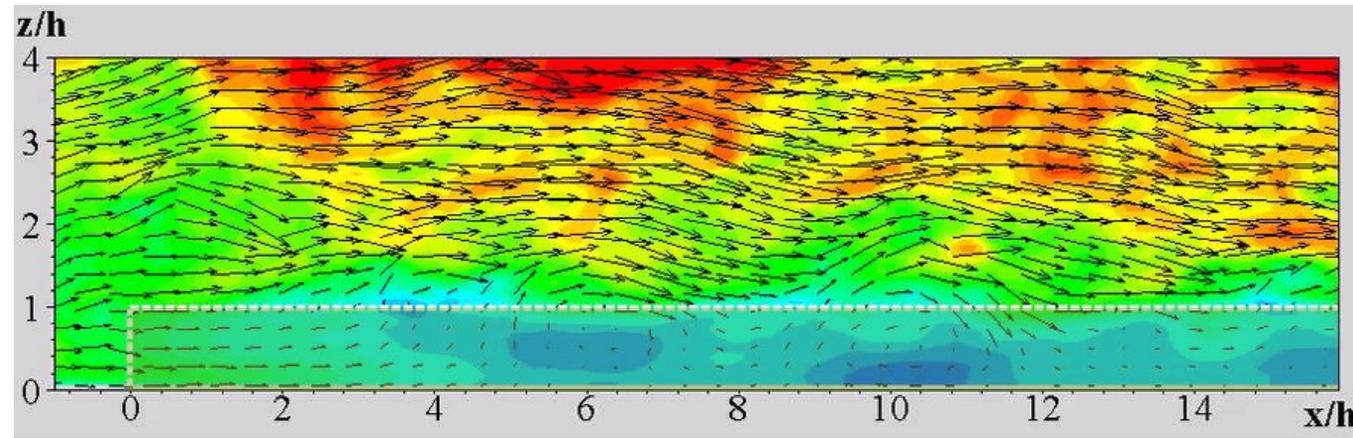
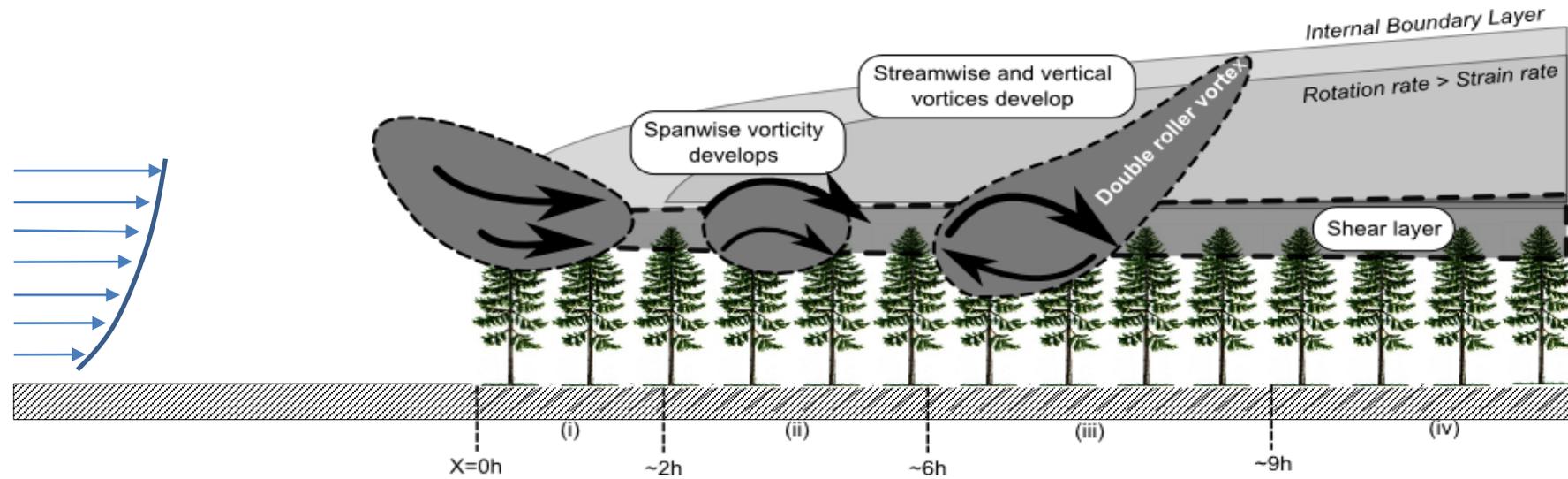
- vulnérabilité des arbres au vent et hétérogénéité de surface
- mouvement des arbres et dynamique du vent
- propagation des dégâts au cours d'une tempête

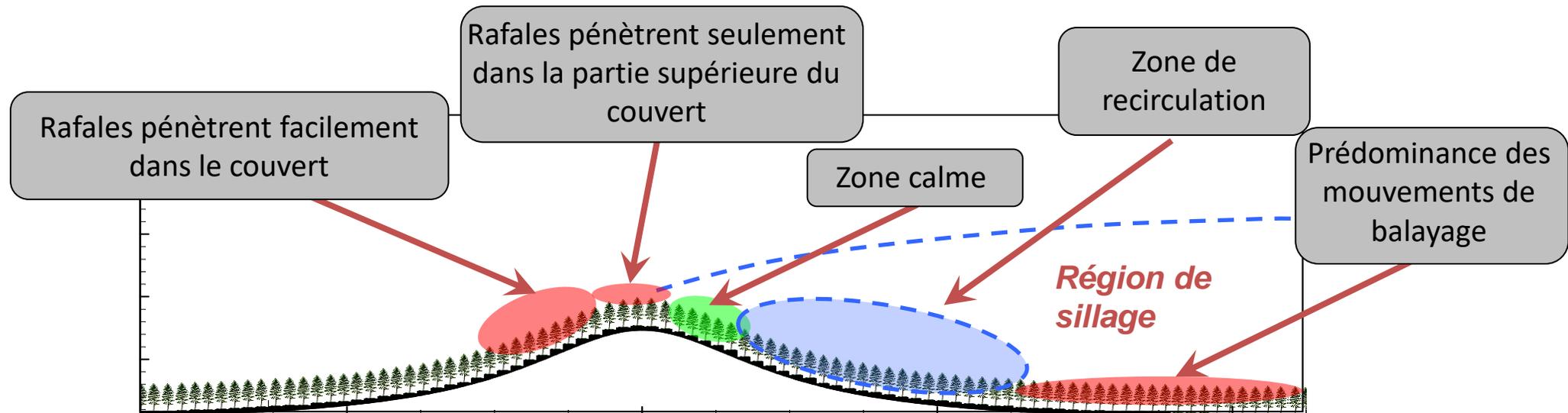
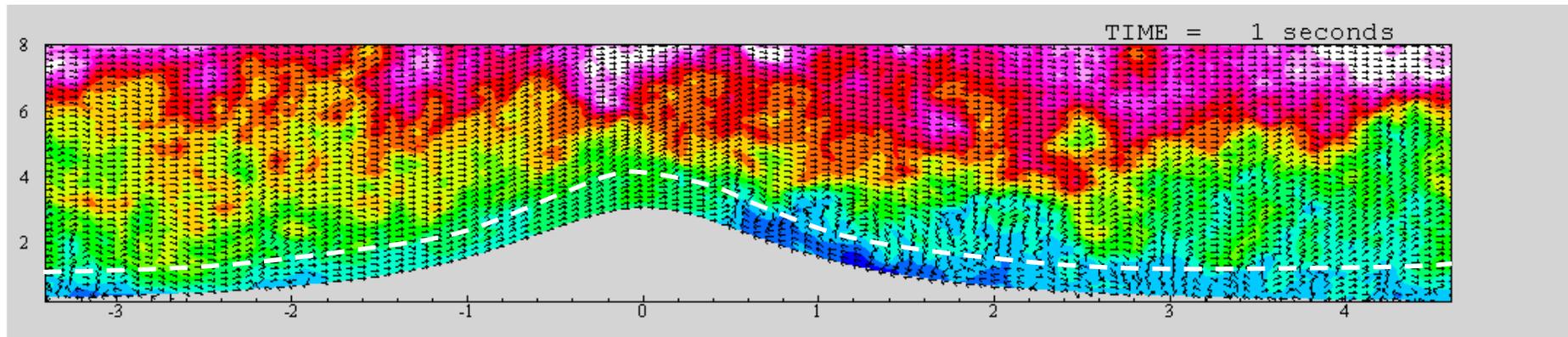
## Questions scientifiques liées aux :

- Aux échanges surface-atmosphère

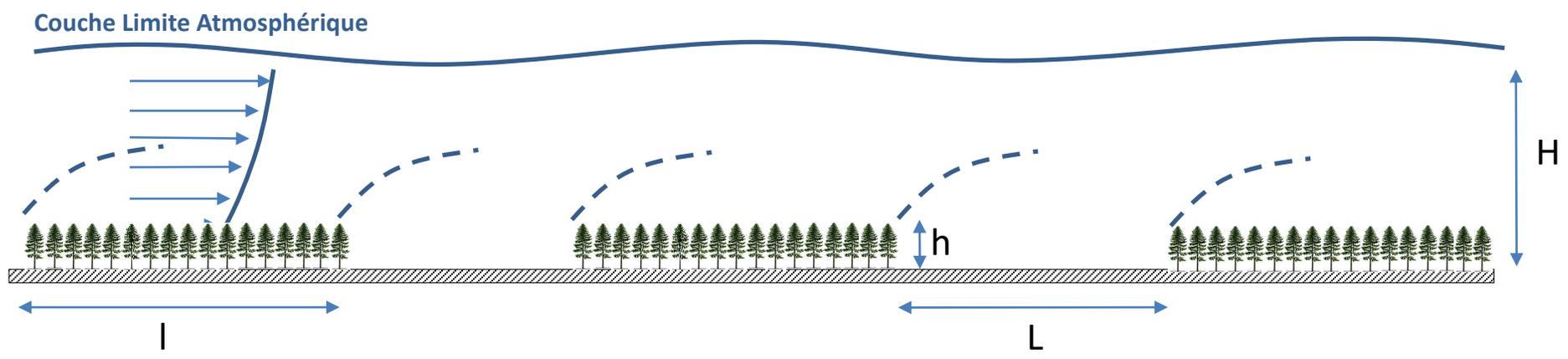
## Plusieurs types d'hétérogénéité

- Lisières forestières
- Succession de lisières
- Colline
- Couvert en lien avec pratiques sylvicoles



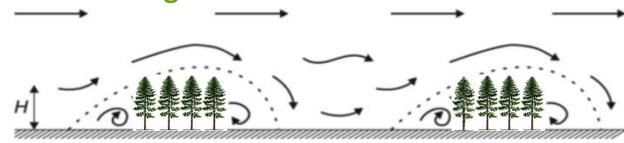


# Paysage fragmenté, succession de lisières

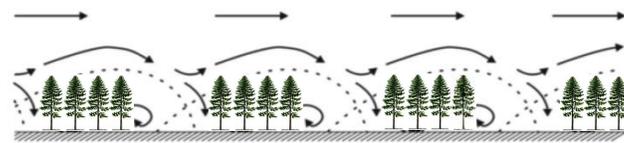


Ratio  $h/L$  :

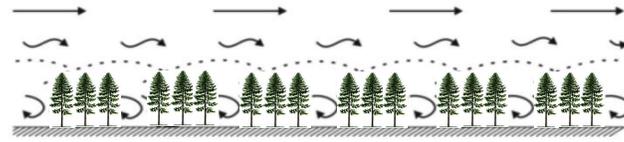
Isolated roughness flow



Wake interference flow

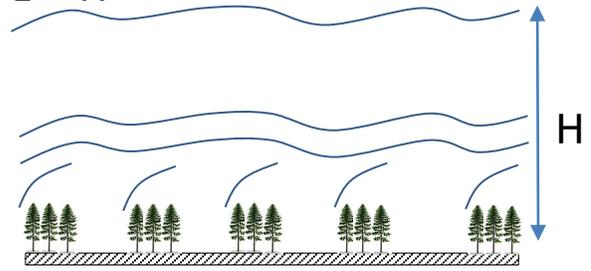


Skimming flow

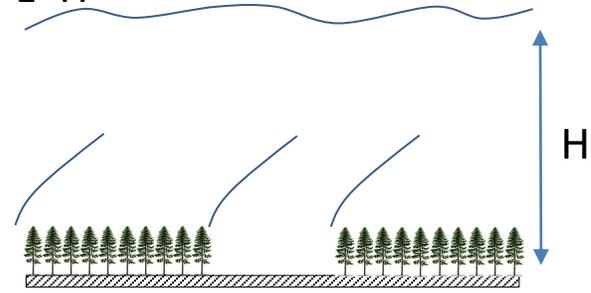


Ratio  $L/H$  :

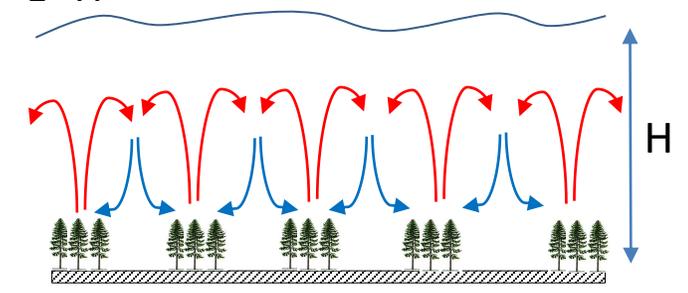
$L \ll H$



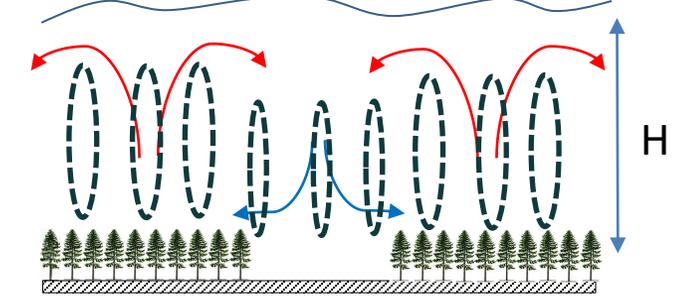
$L > H$



$L \sim H$



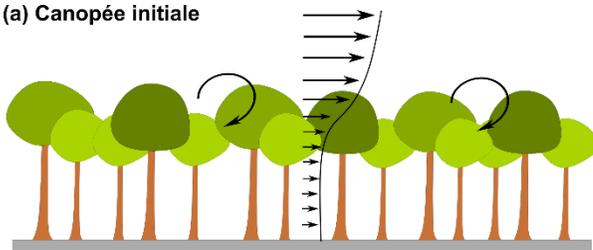
$L > H$



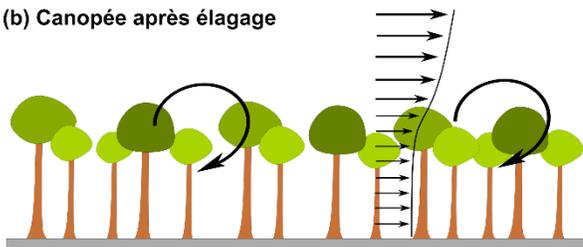
Avec vent

Sans vent

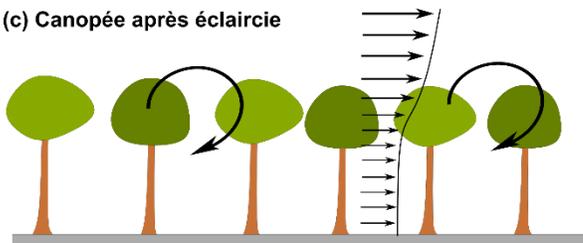
(a) Canopée initiale



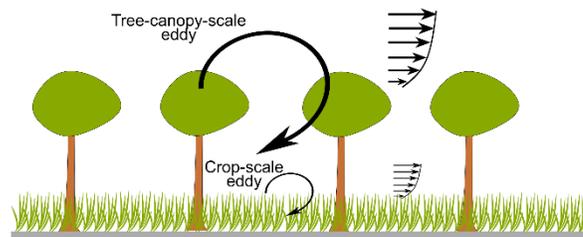
(b) Canopée après élagage



(c) Canopée après éclaircie



(d) Agroforesterie



## Effets élagage et éclaircie

- Augmentation de la rugosité du couvert
- Ecoulement pénètre plus facilement dans le couvert
- Vitesse moyenne du vent augmentée au sommet du couvert
- Elagage: double effet opposé : (1) augmentation vitesse vent, (2) diminution de la prise au vent des arbres

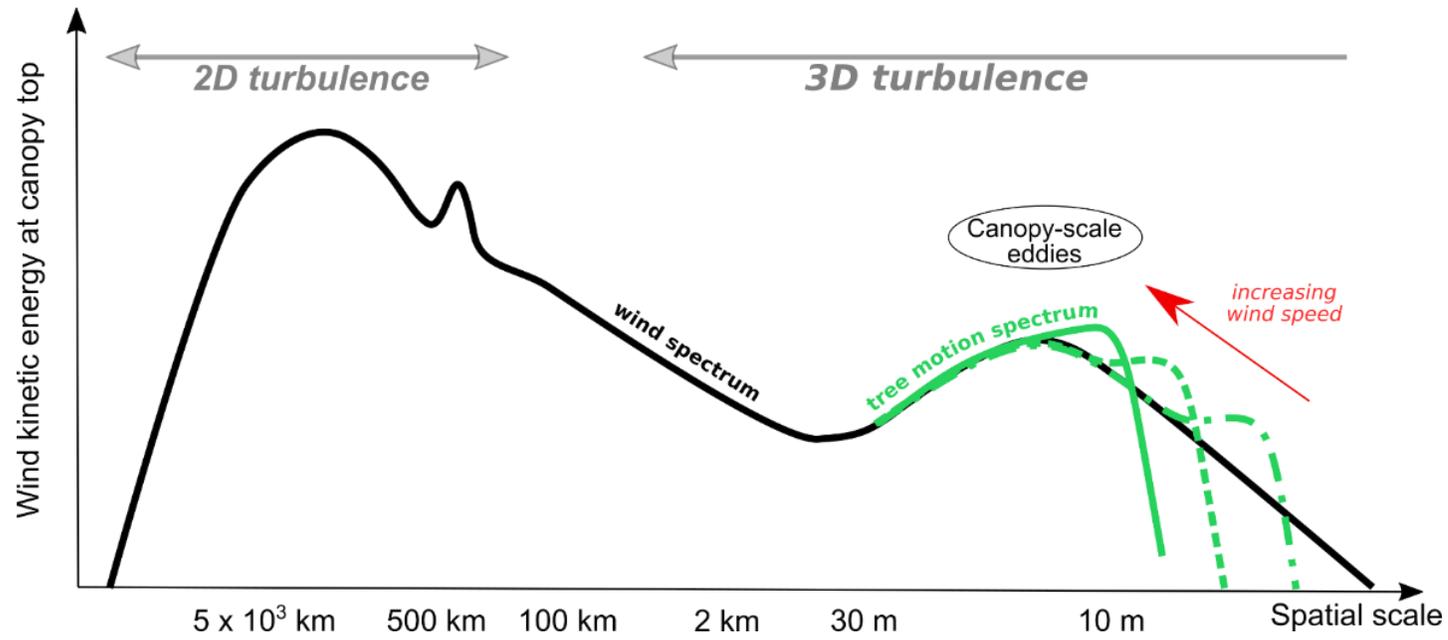
Dupont (2016) *Agricultural Forest Meteorology*

## Agroforesterie

- Diminution vitesse du vent au niveau culture
- Canopée d'arbres génère turbulence

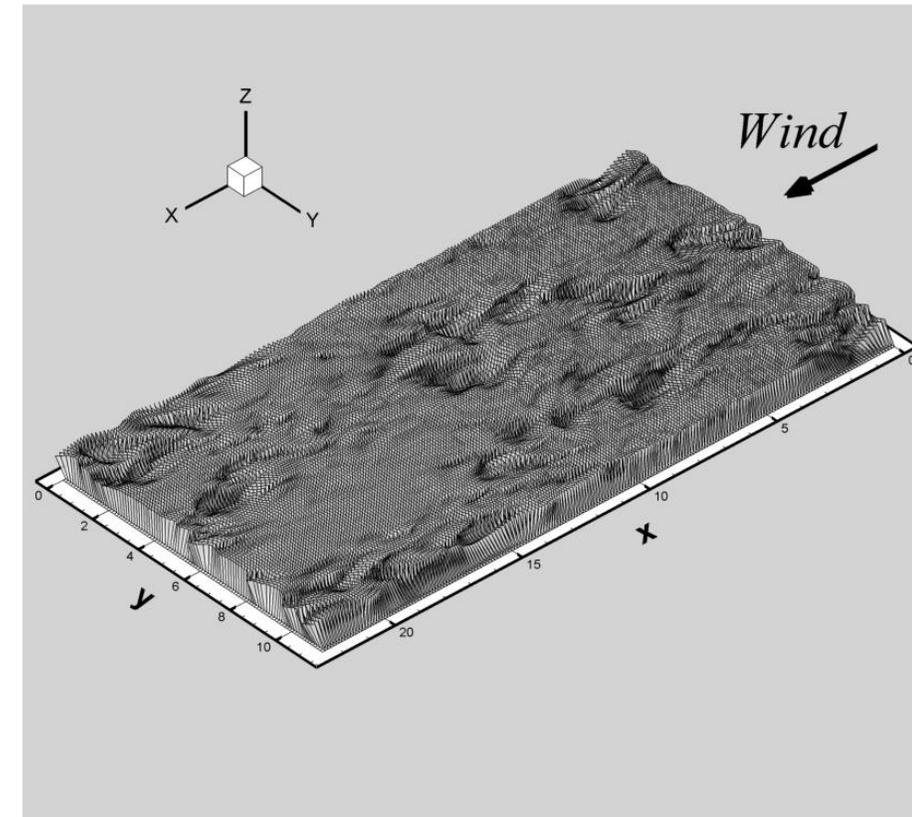
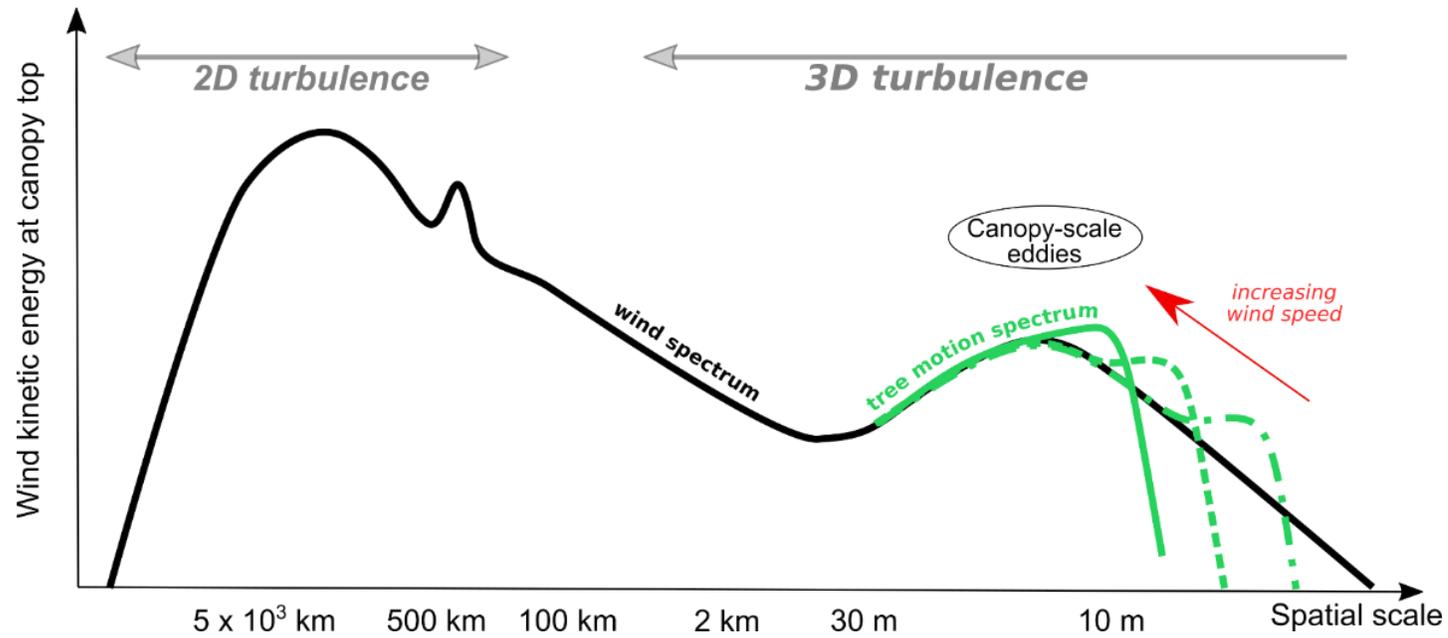
Dupont et al. (2022) *Agricultural Forest Meteorology*

# Impacte du mouvement des plantes sur le vent



- Rafales calées sur la fréquence propre du mouvement des plantes ?

# Interaction vent-plantes

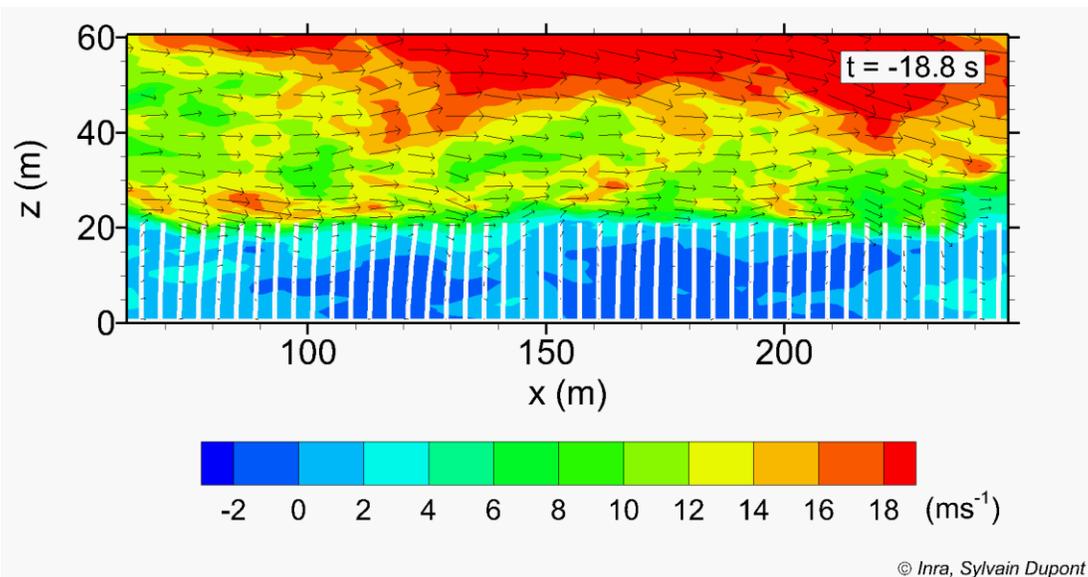


Dupont et al. (2010) *Journal Fluid Mechanics*

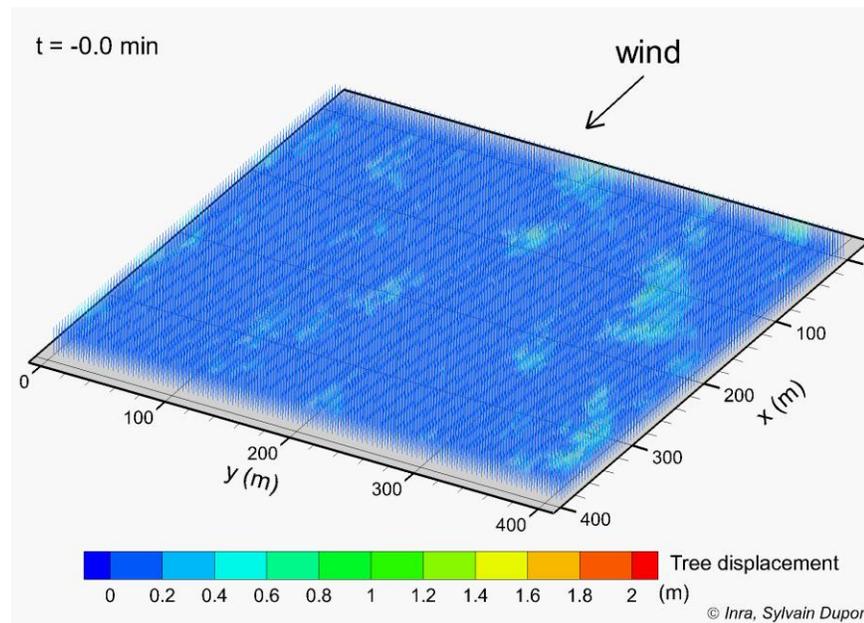
- Rafales calées sur la fréquence propre du mouvement des plantes ?
- Ecoulement de lisière: fluctuations de vitesse en lien avec la dynamique des arbres

Dupont et al. (2018) *Agricultural Forest Meteorology*

# Propagation des dégâts au cours d'une tempête



© Inra, Sylvain Dupont



© Inra, Sylvain Dupont

La propagation des dommages se fait en deux étapes

- 1<sup>ère</sup> étape : caractère aléatoire des dommages
- 2<sup>ème</sup> étape : le vent augmente à l'intérieur des zones endommagées

► A donner des pistes pour développer une nouvelle génération de modèles mécanistes de risque des forêts au vent



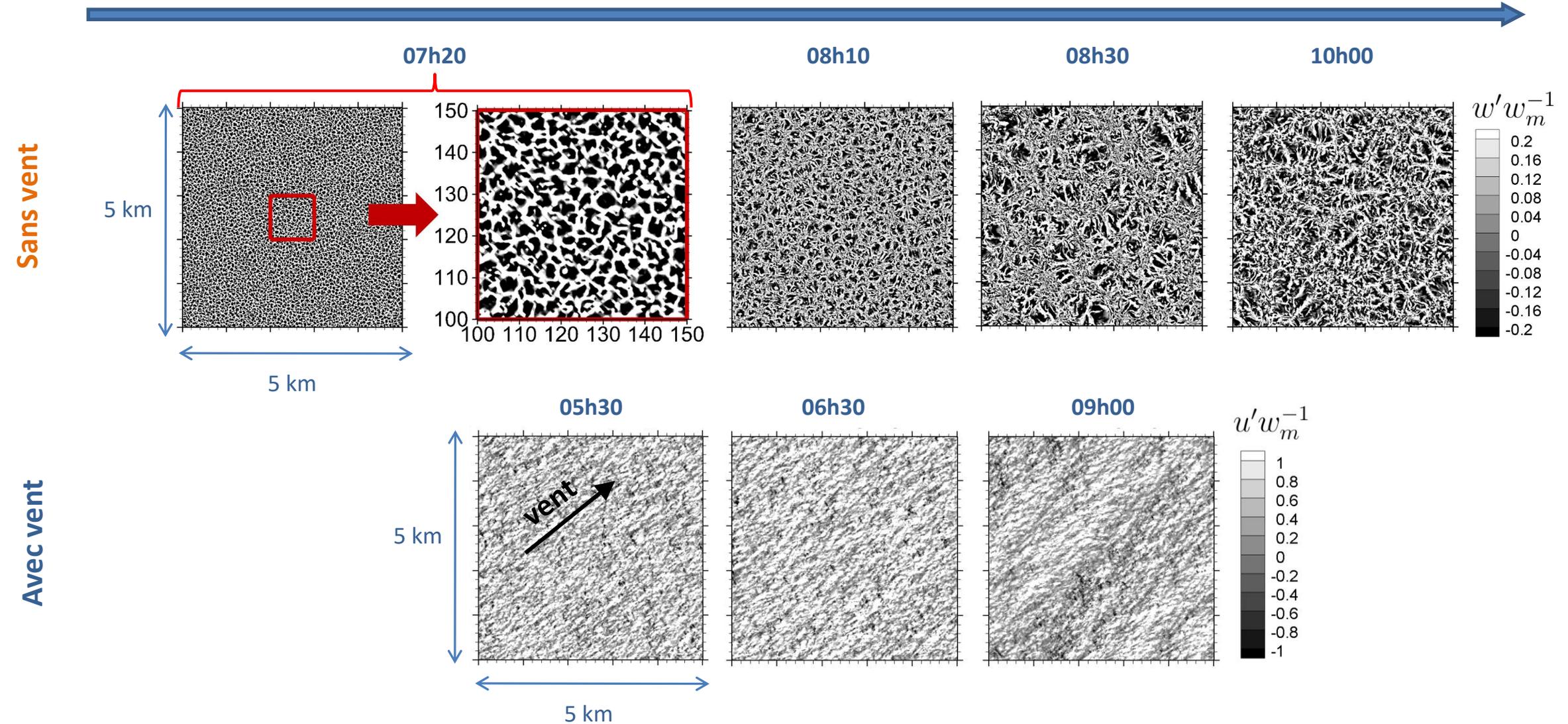
© John Moore (SCION)

Dupont et al. (2015) Agricultural Forest Meteorology

Dupont (2016) Agricultural Forest Meteorology

# Evolution matinale des structures turbulentes au sommet d'une forêt suivant conditions de vent

## Développement matinal de la couche limite atmosphérique



### *Le vent près de la surface*

- ▶ Les caractéristiques des rafales de vent impactant les plantes changent au cours du temps suivant :
  - Conditions de vent, l'importance des effets thermiques
    - sans effet thermique, rafales de taille locale
    - avec effet thermique, rafales plus grande échelle
  - Environnement de la plante: en canopée, isolée, proche hétérogénéité, le long d'une topographie
- ▶ Les pratiques agricoles impactent le paysage, le couvert, et donc jouent sur le vent perçue par les plantes

### *La simulation du vent près de la surface*

- ▶ La taille locale des rafales impactant les canopées en conditions de vent fort nous a permis d'effectuer des simulations sans représenter toute la couche limite atmosphérique
- ▶ Prendre en compte les effets thermiques dans les simulations est un challenge
- ▶ Simulation interaction vent-plante: limitée par l'absence de données sur la variabilité spatiale des propriétés mécaniques des plantes => besoin couplage modèle de croissance et vent à l'échelle du paysage