

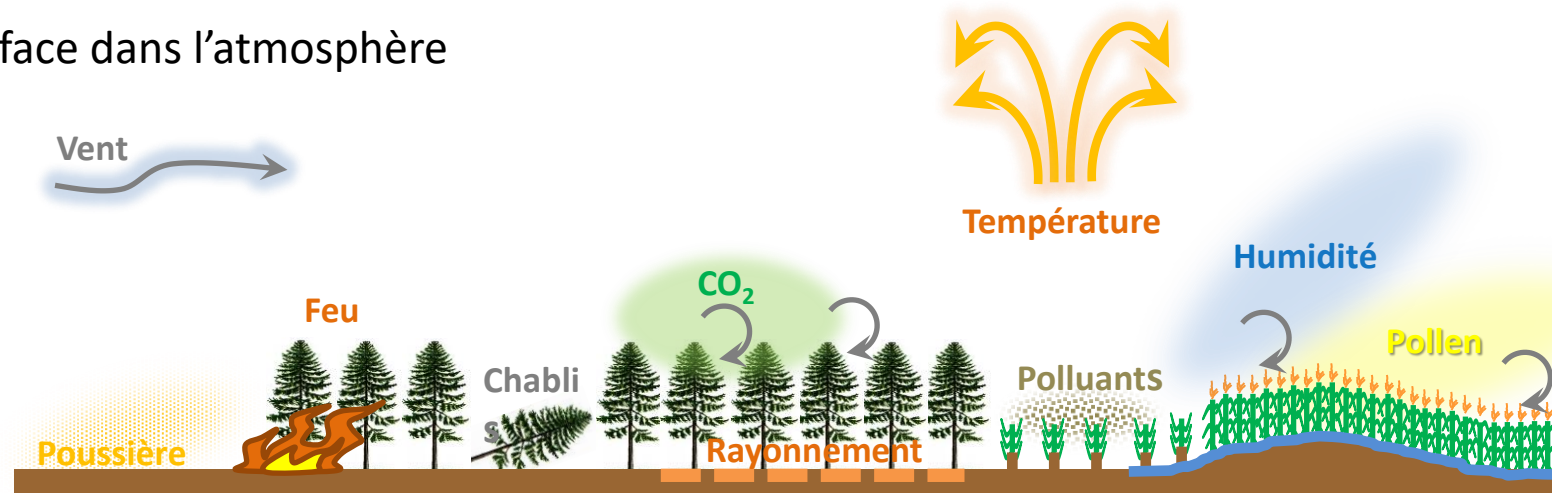
LE VENT ET SON INTERACTION MÉCANIQUE AVEC LES PLANTES

SYLVAIN DUPONT

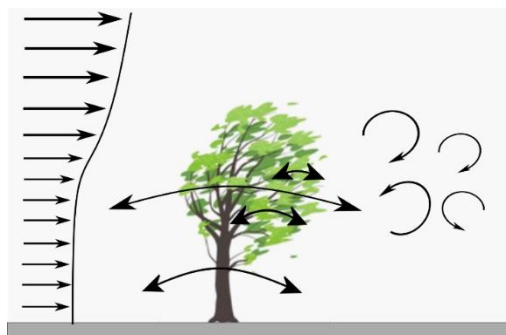
ISPA (INTERACTIONS SOL-PLANTE-ATMOSPHERE), INRAE BORDEAUX, FRANCE

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...)

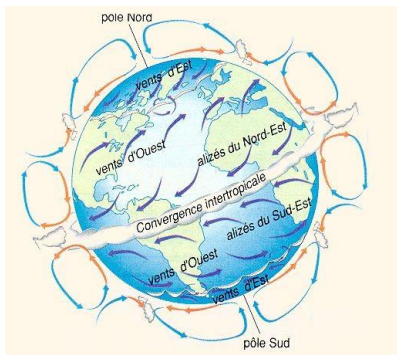
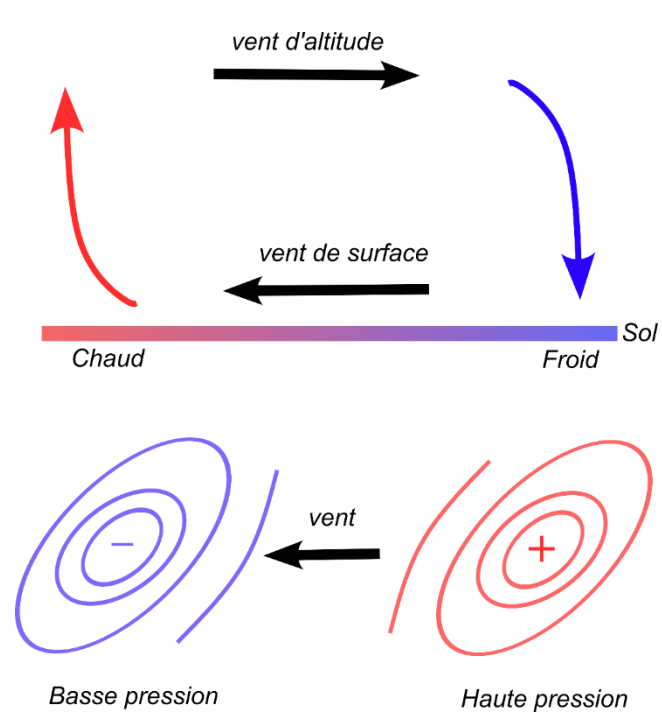


<https://www.flickr.com/photos/jlove60/3699733765/>

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

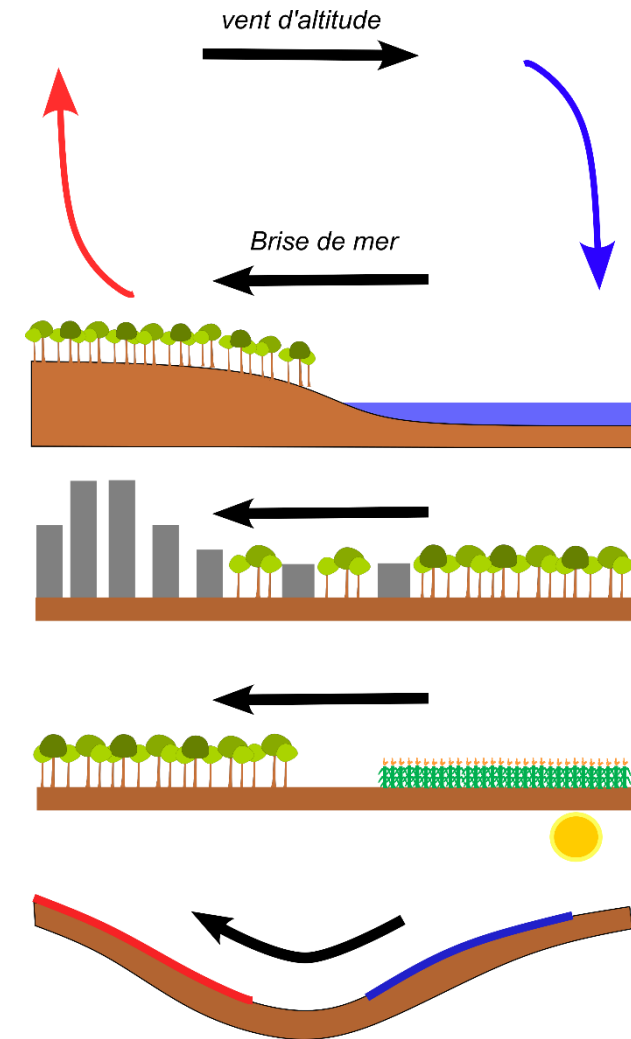
➤ **Vent, objet important de recherches : interaction vent-plante, échanges surface-atmosphère**

☐ A l'échelle du globe



☐ A l'échelle locale

lorsque vent grand-échelle négligeable



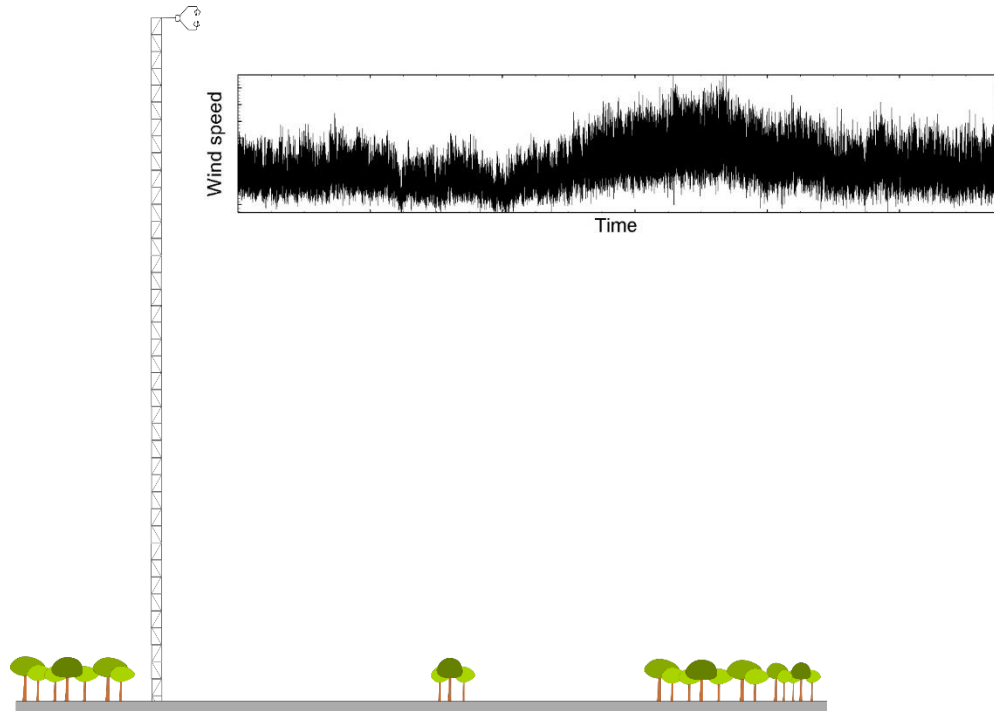
Localement:

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

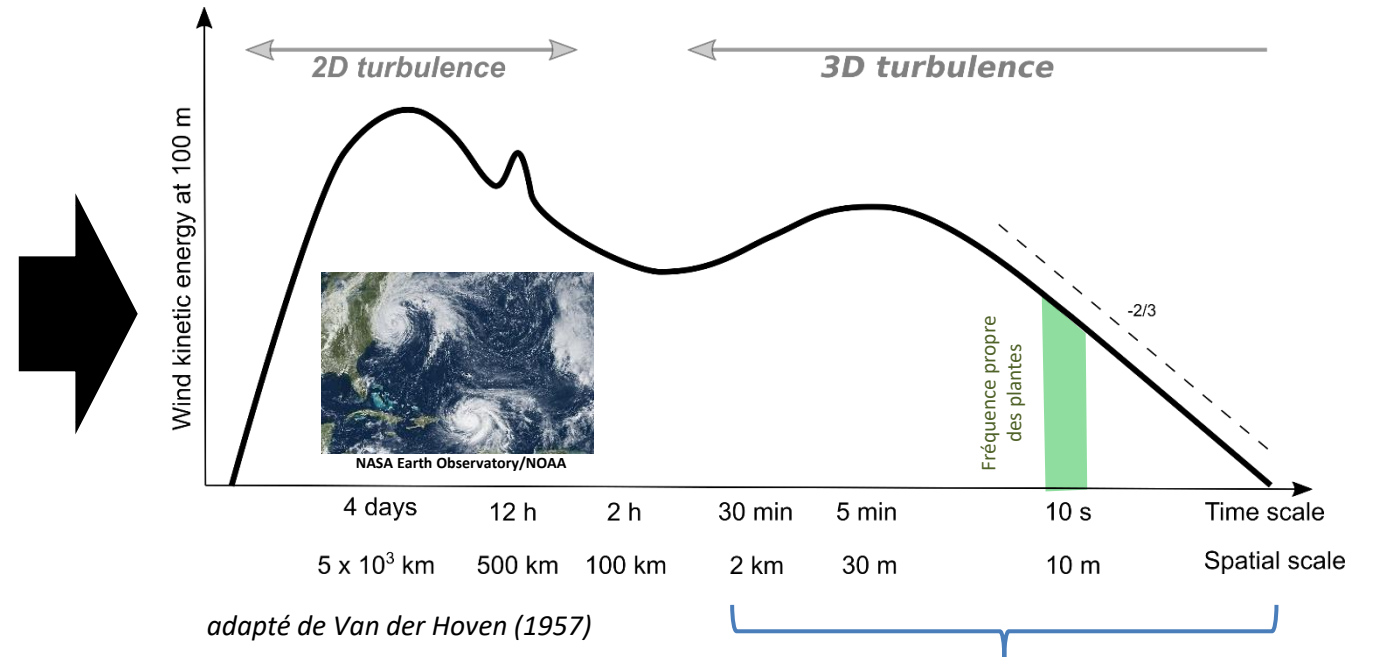
➤ **Vent de surface résulte d'une intégration d'effets allant de l'échelle du globe au local**

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

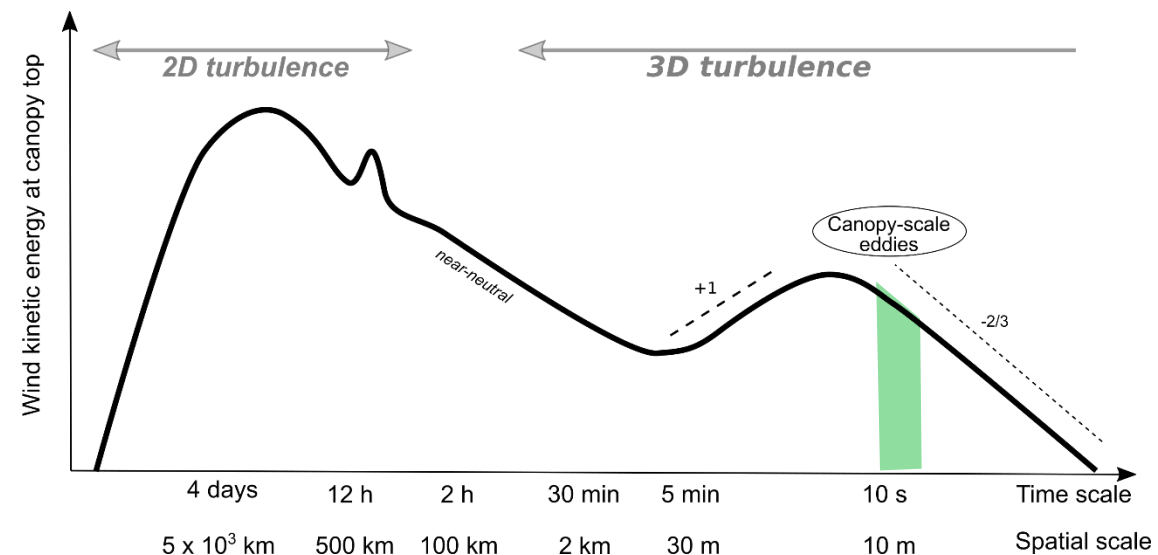
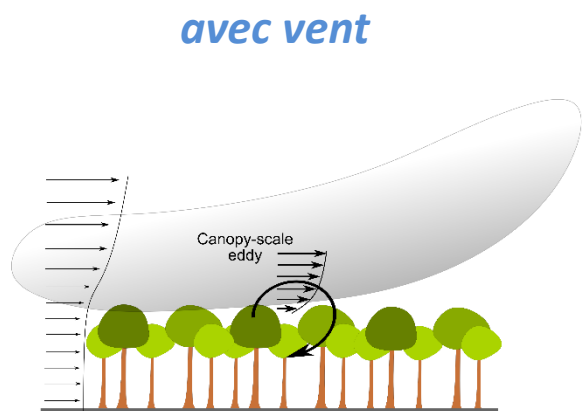


- Turbulence 3D influencée par :
- Frottement du vent à la surface
 - Variation chaleur à la surface

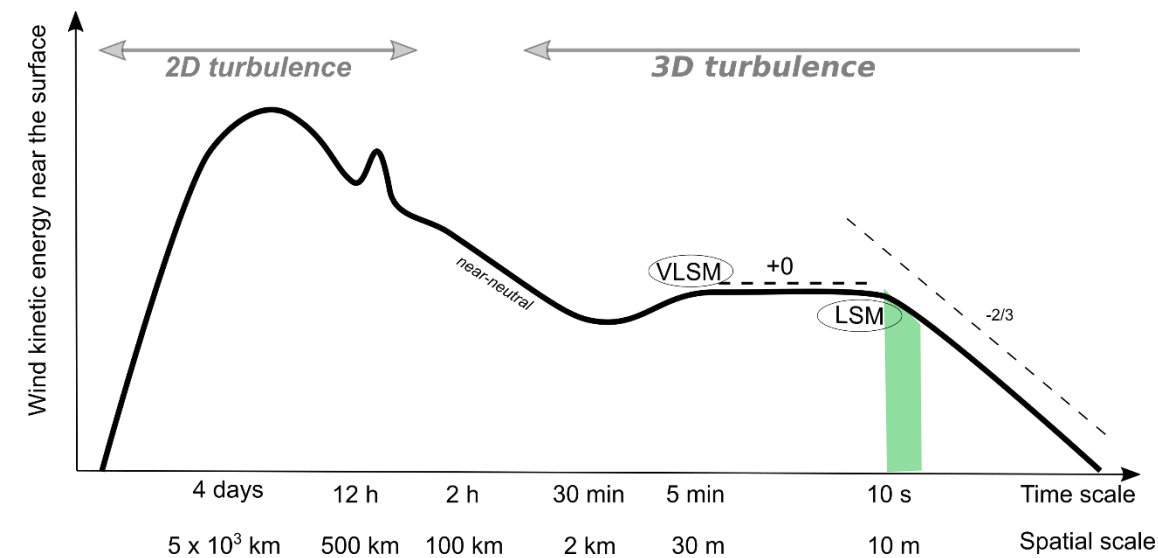
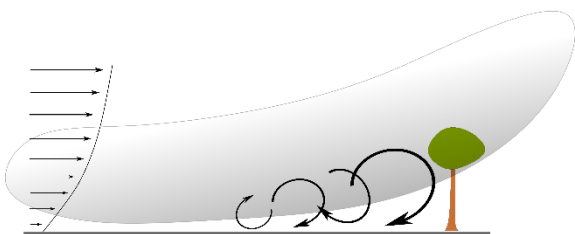
➤ **Besoin de comprendre la turbulence 3D pour identifier les rafales de vent impactant les plantes**

Turbulence 3D à l'échelle des plantes

☐ Au sommet d'une canopée

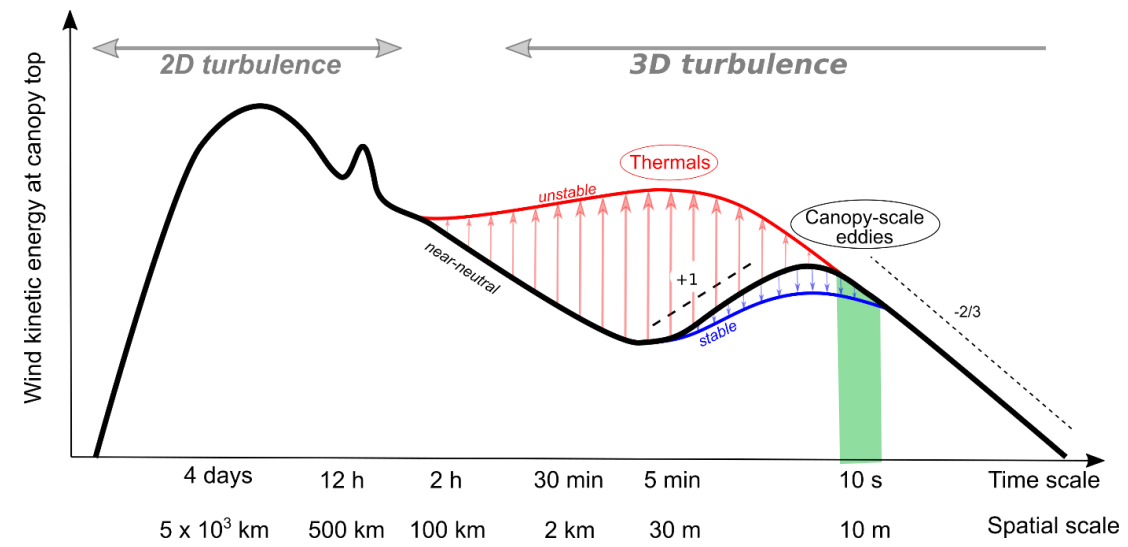
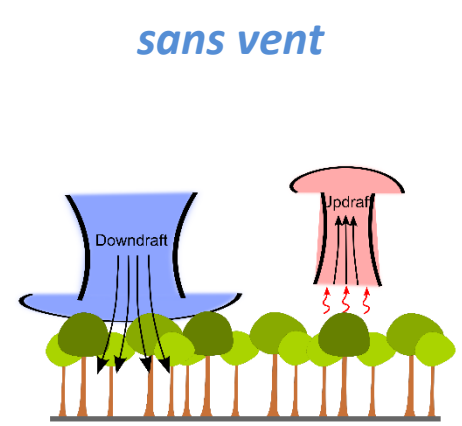
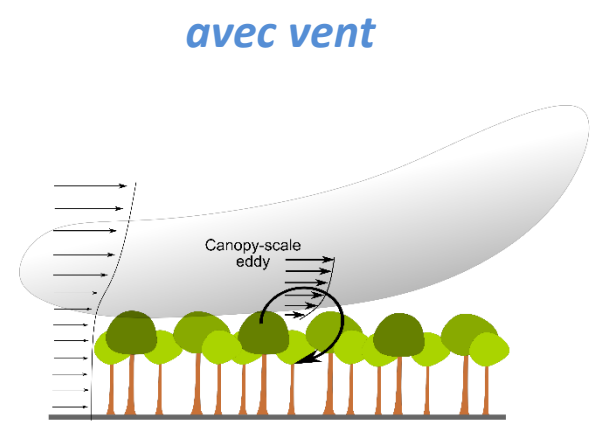


☐ Au sommet d'un arbre isolé

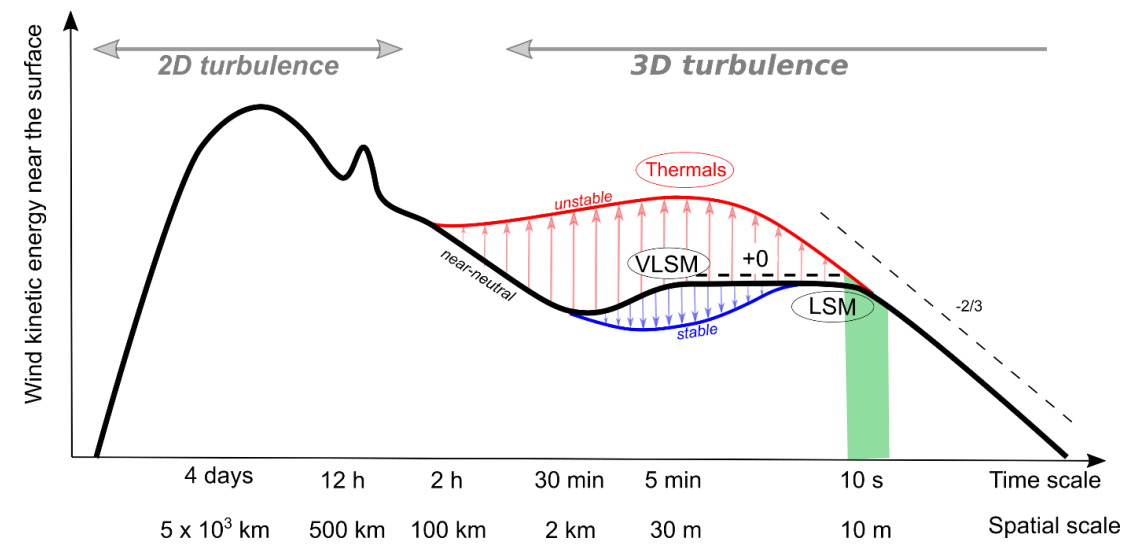
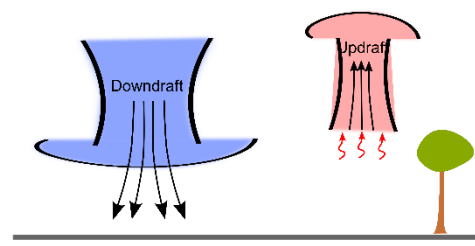
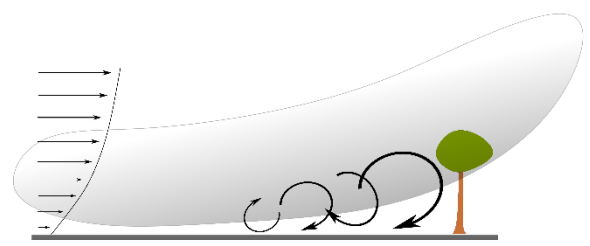


Turbulence 3D à l'échelle des plantes

☐ 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



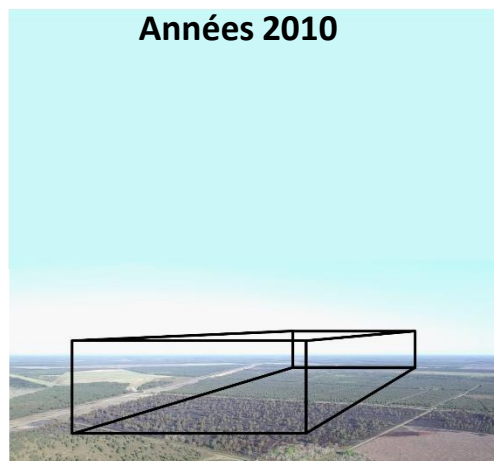
▶ **Besoin de développer une modélisation adaptée à l'échelle du paysage**

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



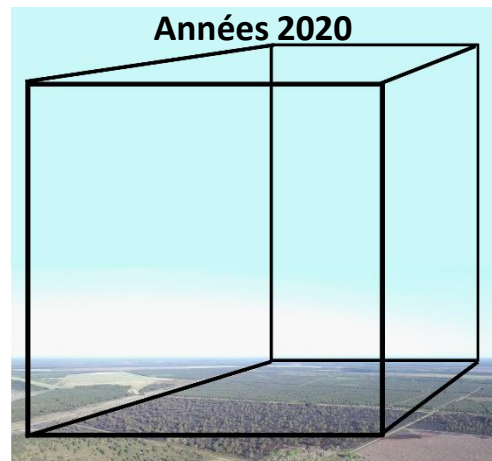
Années 2000

Echelle du couvert



Années 2010

Echelle du paysage



Années 2020

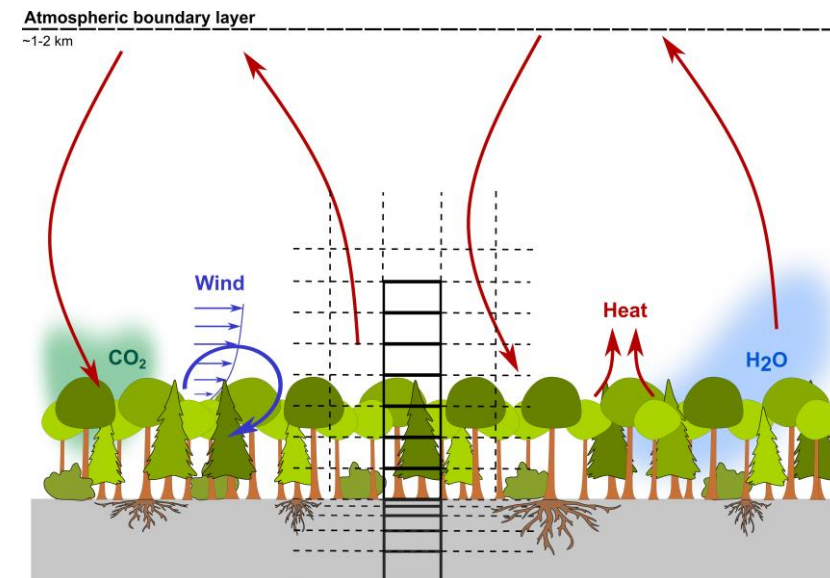
Echelle du paysage intégrant toute la couche limite atmosphérique

Sans thermique

Vents forts, effet des tempêtes

Avec thermique

Vents faibles



Questions scientifiques liées à :

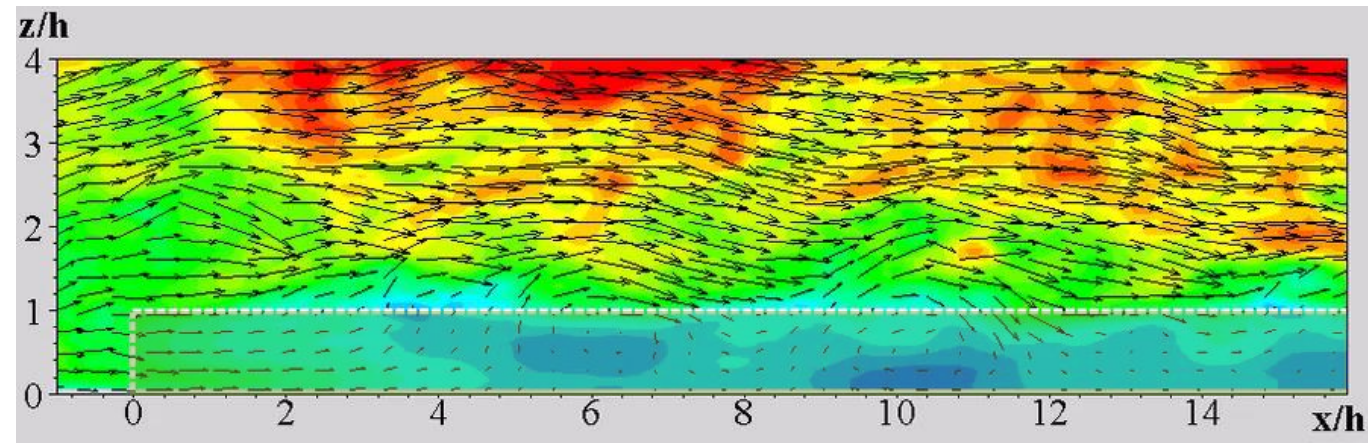
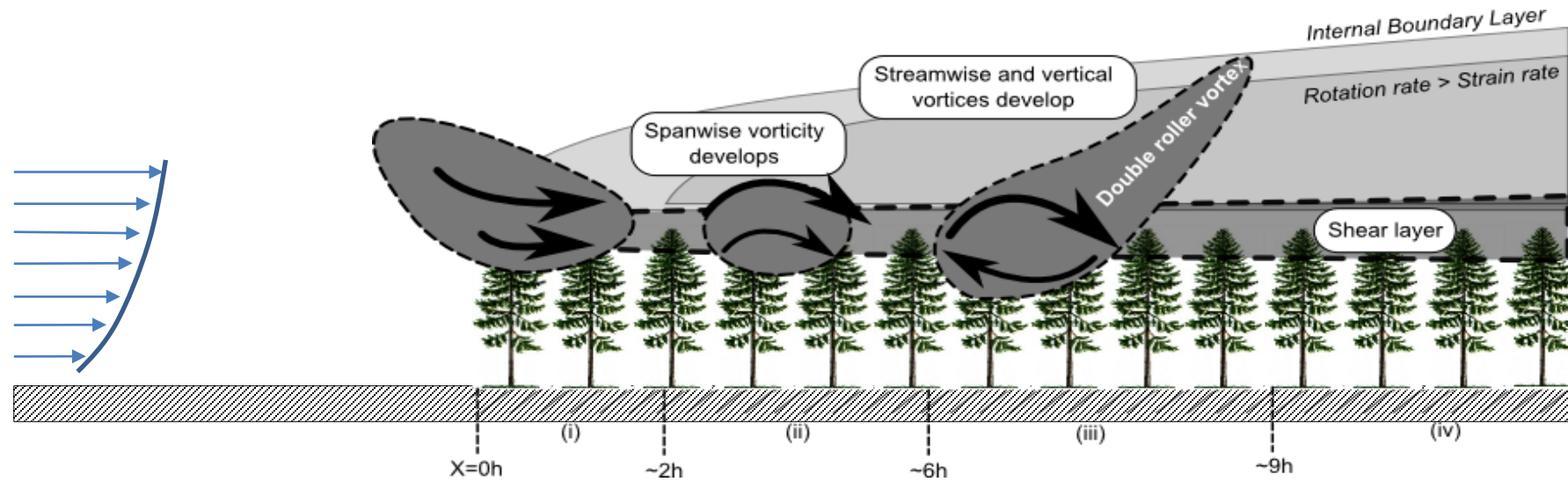
- vulnérabilité des arbres au vent et hétérogénéité de surface
- mouvement des arbres et dynamique du vent
- propagation des dégâts au cours d'une tempête

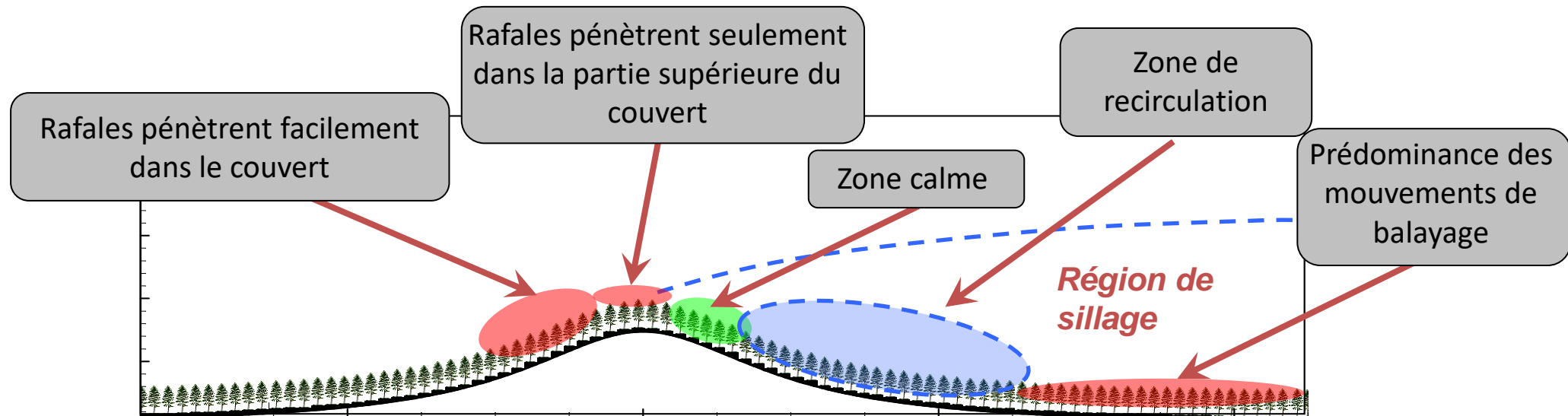
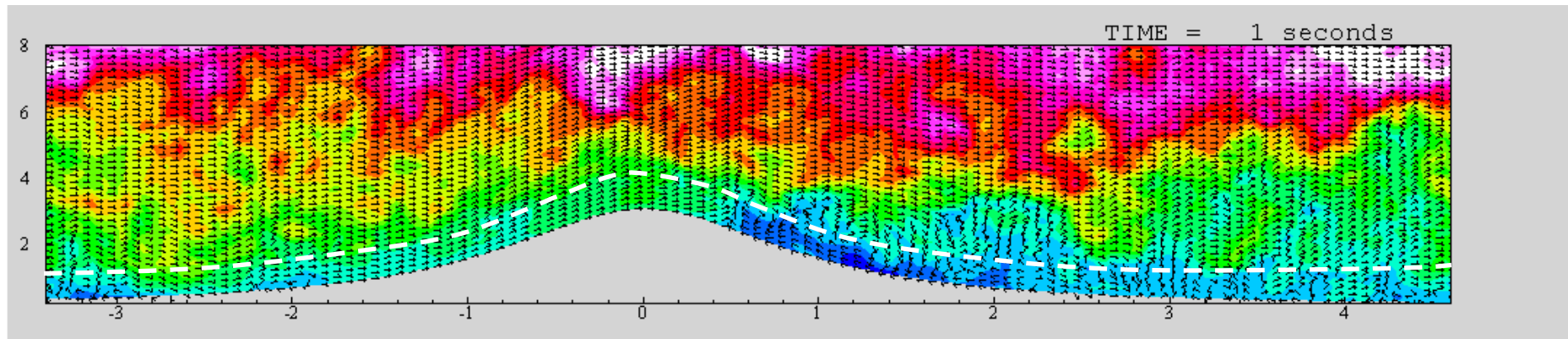
Questions scientifiques liées aux :

- Aux échanges surface-atmosphère

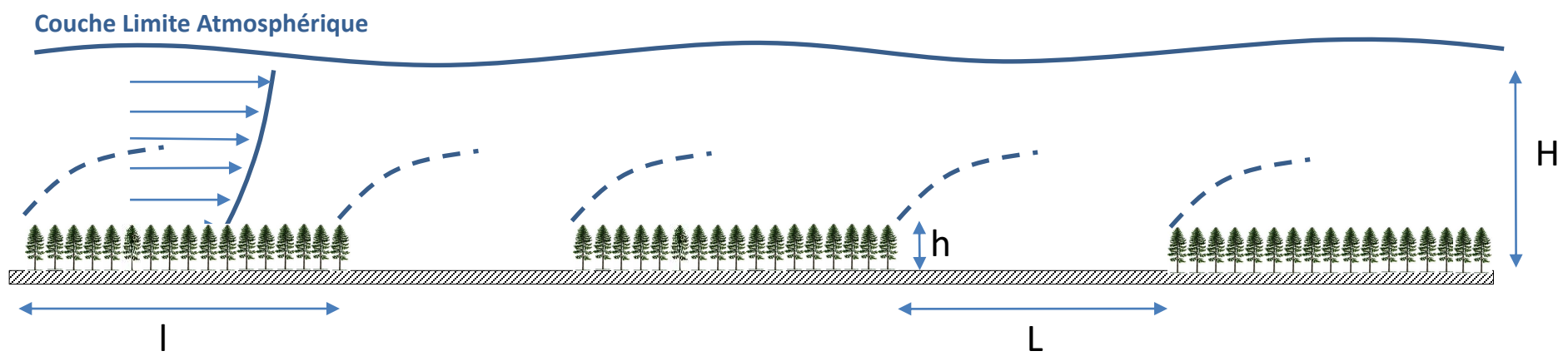
Plusieurs types d'hétérogénéité

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



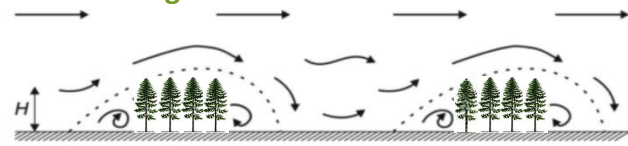


Paysage fragmenté, succession de lisières

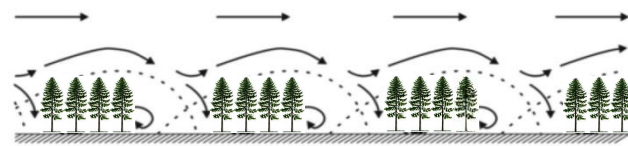


Ratio h/L :

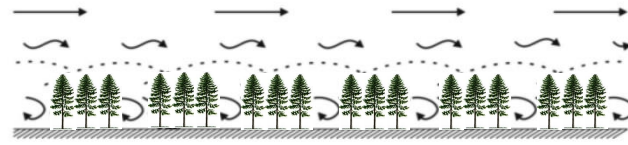
Isolated roughness flow



Wake interference flow

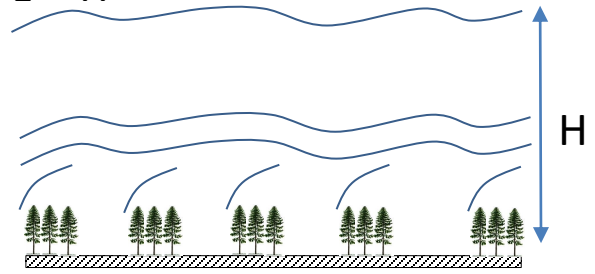


Skimming flow

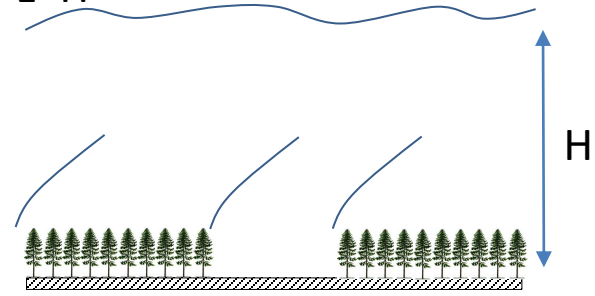


Ratio L/H :

$L \ll H$

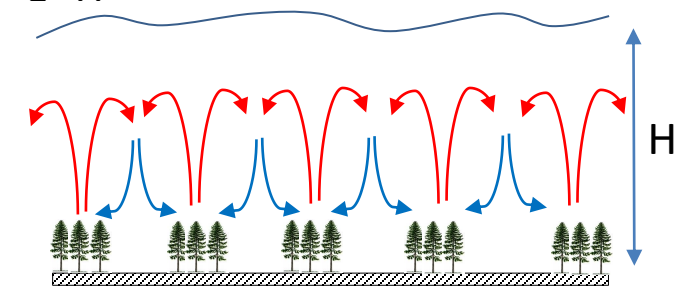


$L > H$

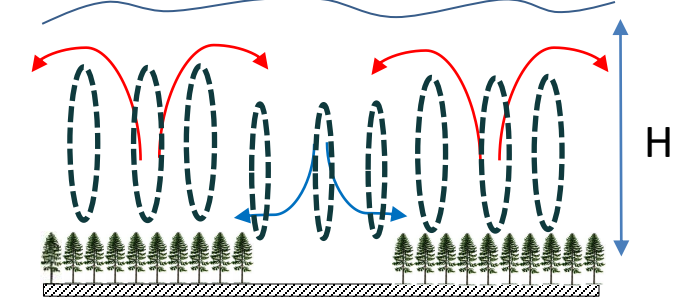


Avec vent

$L \sim H$

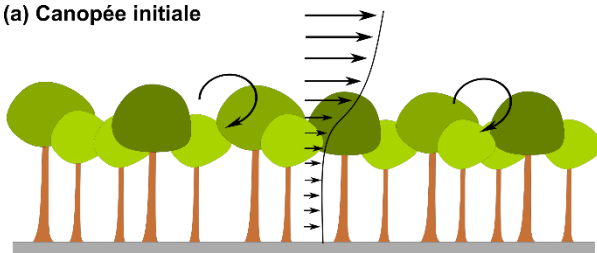


$L > H$

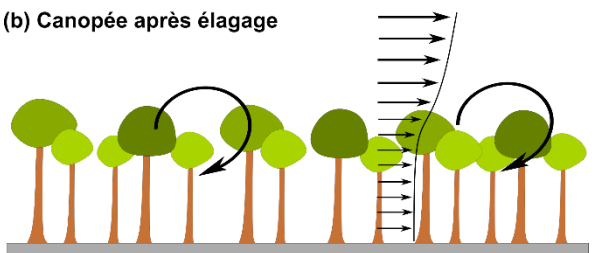


Sans vent

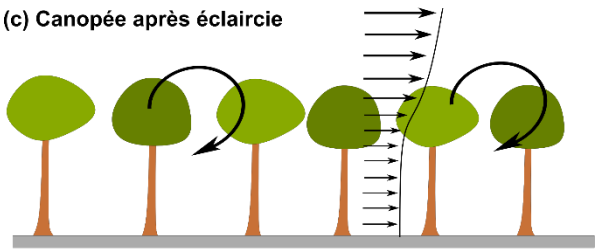
(a) Canopée initiale



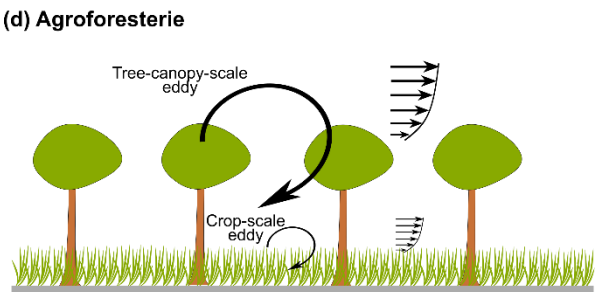
(b) Canopée après élagage



(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

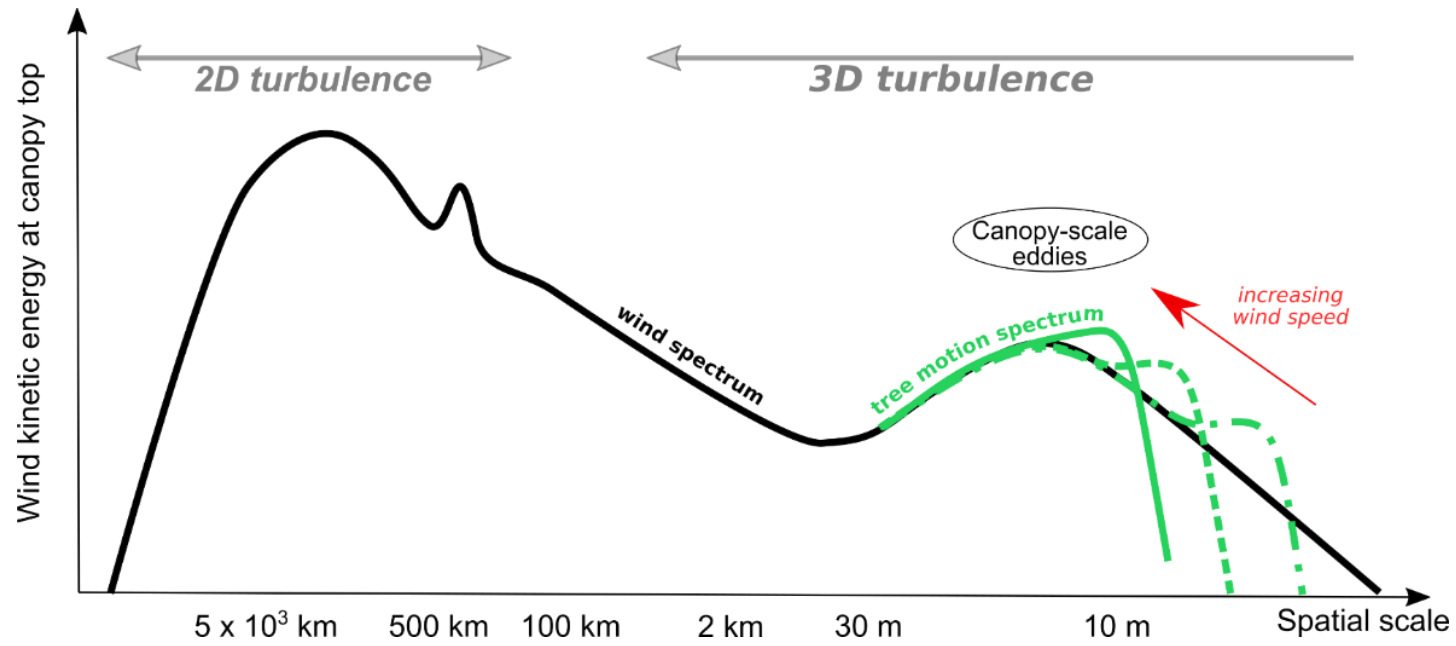
Dupont (2016) *Agricultural Forest Meteorology*

Agroforesterie

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

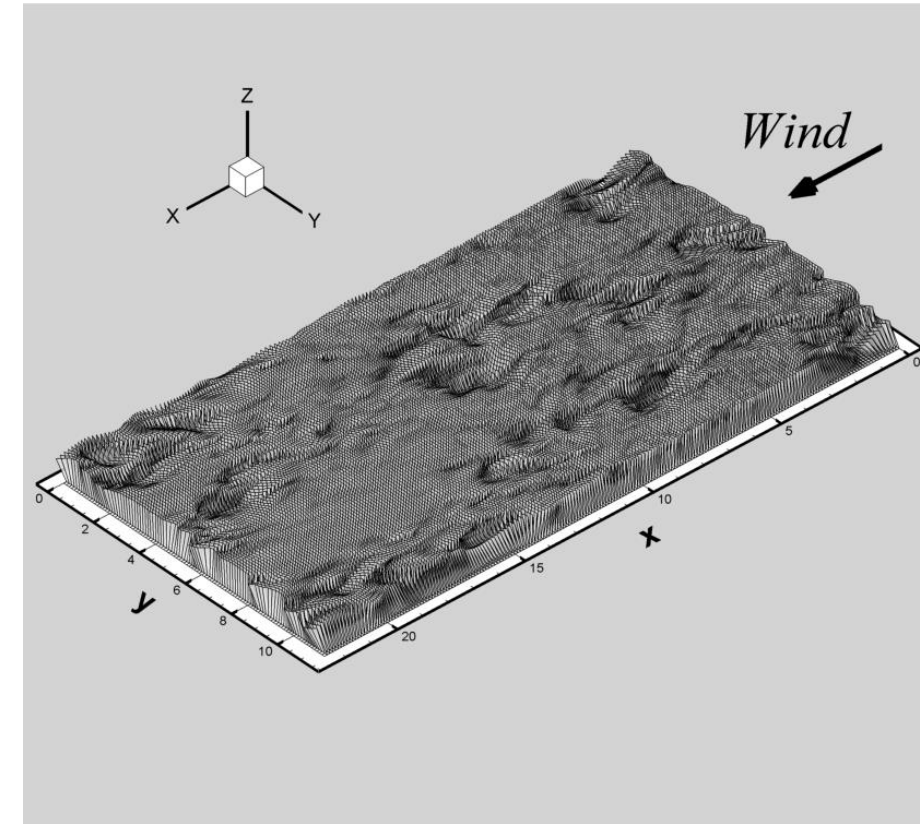
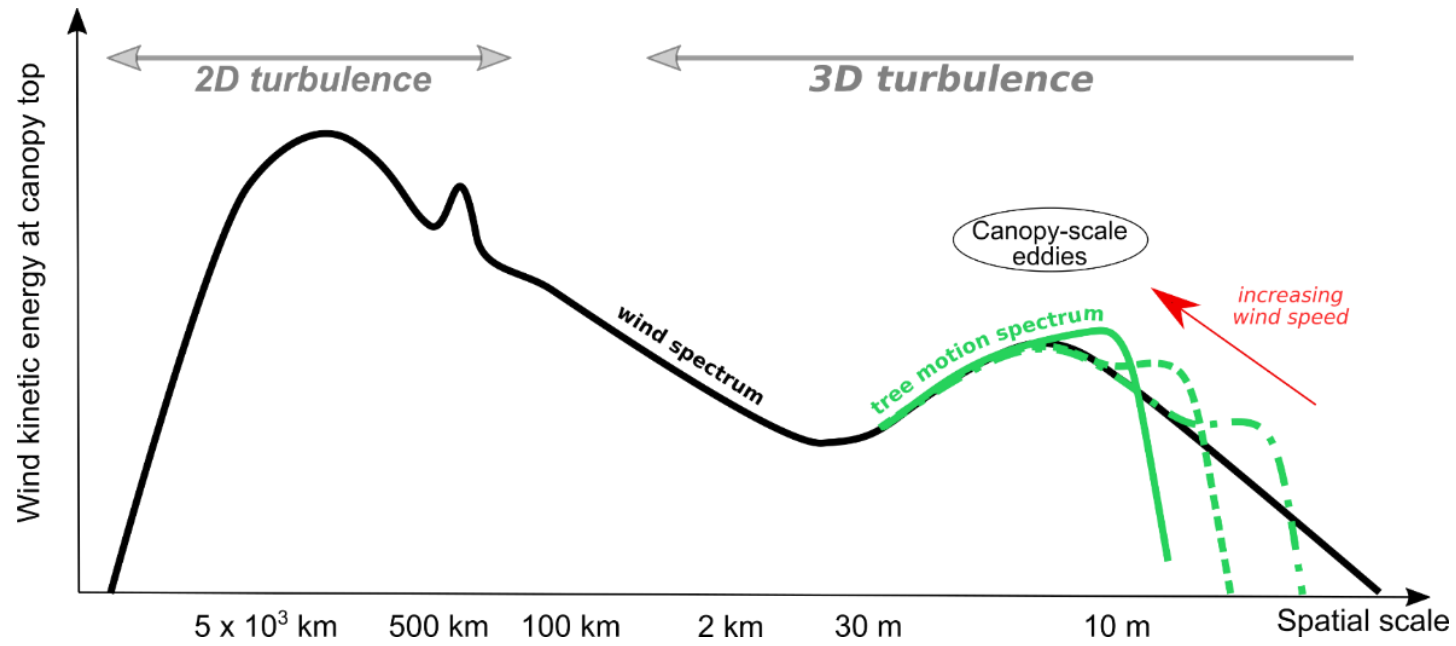
Dupont et al. (2022) *Agricultural Forest Meteorology*

Impacte du mouvement des plantes sur le vent



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

Interaction vent-plantes

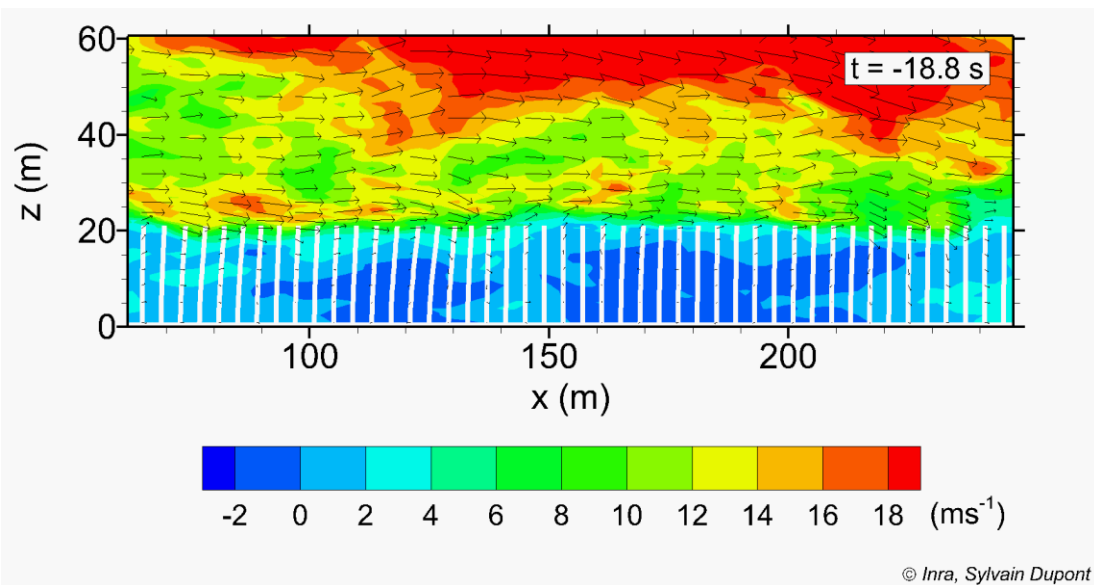


Dupont et al. (2010) *Journal Fluid Mechanics*

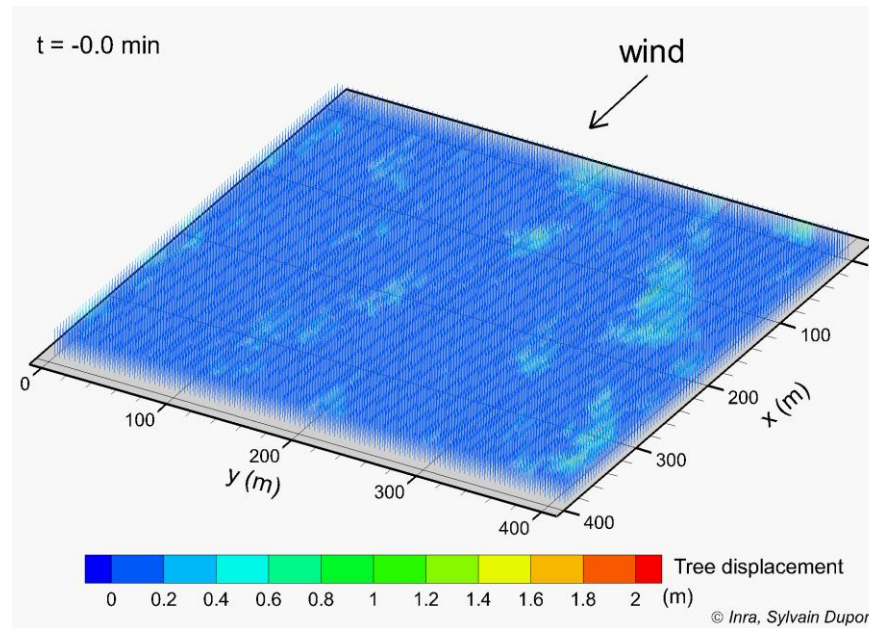
- Rafales calées sur la fréquence propre du mouvement des plantes ?
- Ecoulement de lisière: fluctuations de vitesse en lien avec la dynamique des arbres

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^{ère} étape : caractère aléatoire des dommages
- 2^{ème} 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



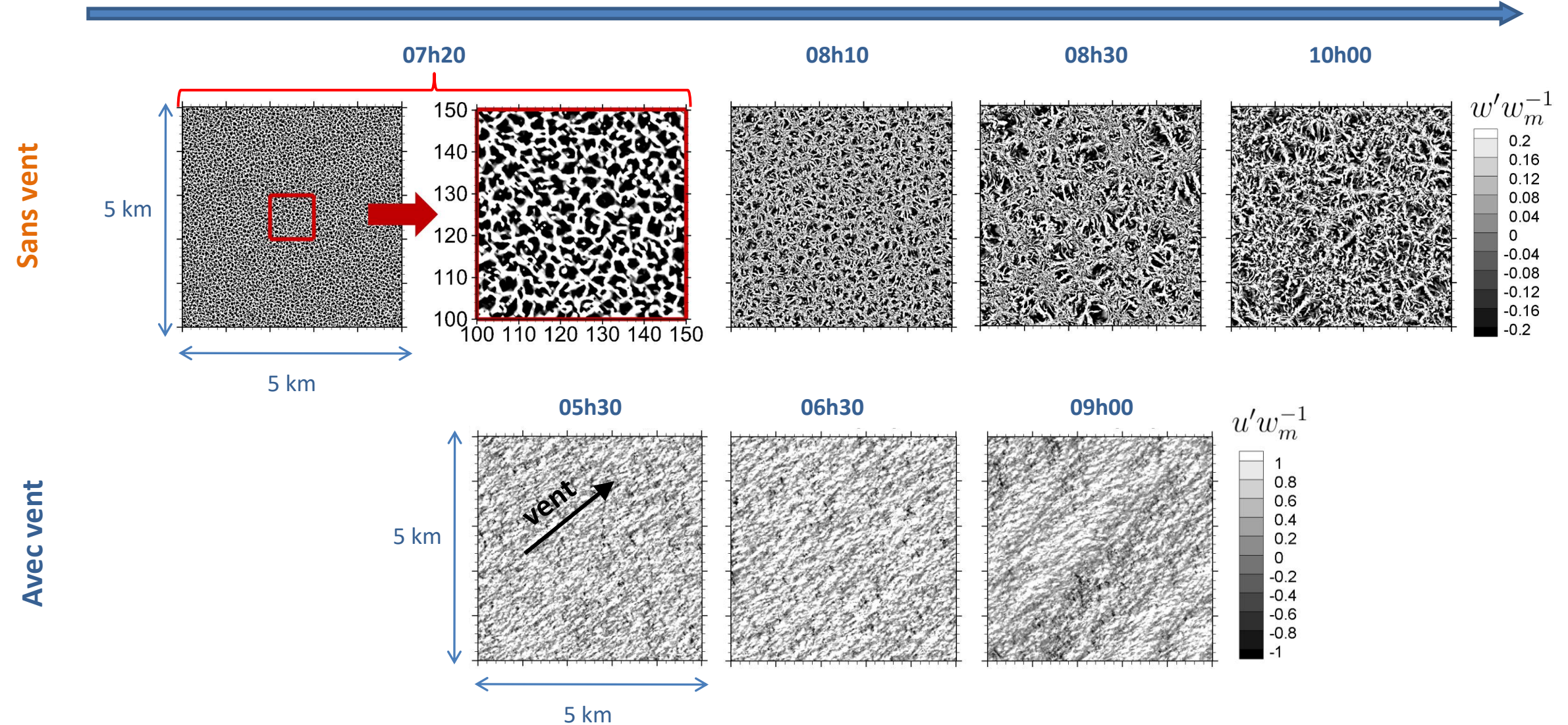
© John Moore (SCION)

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