

# Réponses des insectes forestiers phytophages méditerranéens au changement climatique



Thomas BOIVIN

Atelier REGEFOR 21/06/2017



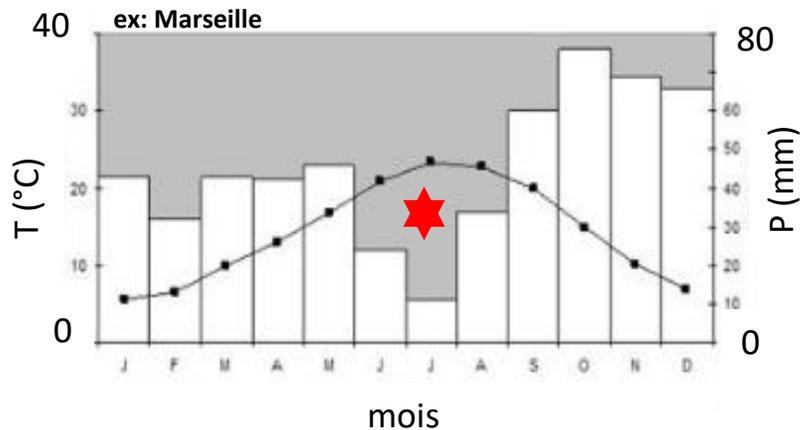
# 1. LES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS MÉDITERRANÉENS

# 1. LES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS MÉDITERRANÉENS

## Principales caractéristiques

### Climat

- Étés chauds et secs
- Hivers doux et pluvieux
- **Sécheresses** périodiques et vagues de chaleur



### Végétation

- Bassin médit. = ancien refuge glaciaire
- Sclérophylle, sempervirente
- Tolérante à la sécheresse
- Faible indice de surface foliaire
- Fort ratio racine/plante totale
- Riche en composés volatiles (terpènes)



# 1. LES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS MÉDITERRANÉENS

## Principales caractéristiques

### Diversité spécifique végétale

#### *Bassin méditerranéen*

- Niveau d'endémisme = 60%
  - 201 plantes ligneuses
  - 100 espèces d'arbres
- vs. 30 espèces dans le reste de l'Europe (surf. X4)

(Quézel & Médail, 2003)



# 1. LES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS MÉDITERRANÉENS

## Perturbations anthropogéniques

### Un non-équilibre permanent

### Parmi les écosystèmes les plus perturbés au monde

- Forte [urbanisation / fragmentation](#)
- Importants [changements d'usage](#) des terres
- Fort potentiel de régénération naturelle ou assistée mais ↗ risque incendie
- Cause humaine pour 95% des [feux](#), mais bonne résilience si fréquence peu élevée (repousses, sérotinie, banques de graines, dispersion...)



# 1. LES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS MÉDITERRANÉENS

## Insectes phytophages

### Diversité spécifique

#### *Bassin méditerranéen*

- **Diversité élevée**
  - refuges glaciaires, diversité (+génétique) des hôtes
- **Niveau d'endémisme élevé**
  - lien avec endémisme des hôtes

(Boivin & Auger-Rozenberg, 2016 ; Lieutier & Payne, 2016)

# 1. LES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS MÉDITERRANÉENS

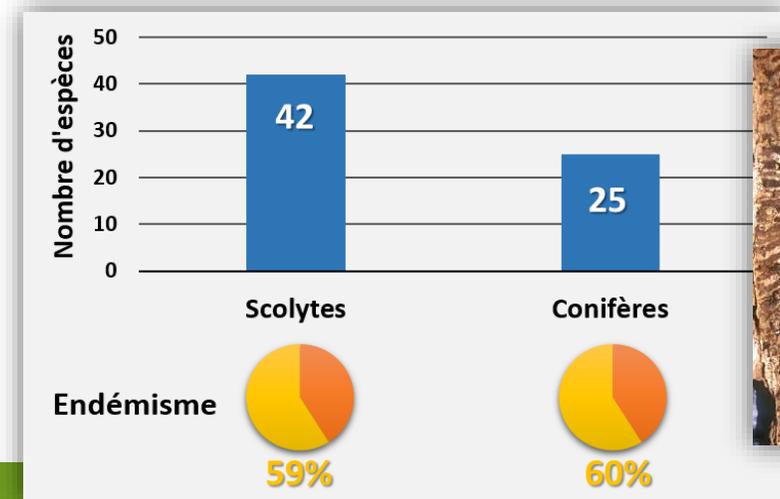
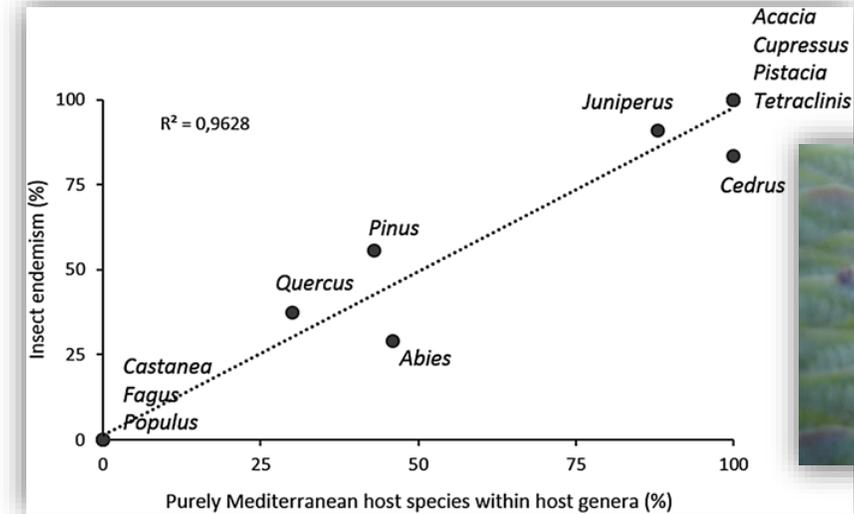
## Insectes phytophages

### Diversité spécifique

#### Bassin méditerranéen

- **Diversité élevée**  
→ refuges glaciaires, diversité (+génétique) des hôtes
- **Niveau d'endémisme élevé**  
→ lien avec endémisme des hôtes

(Boivin & Auger-Rozenberg, 2016 ; Lieutier & Payne, 2016)



# 1. LES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS MÉDITERRANÉENS

## Insectes phytophages

### Adaptation du cycle de vie au climat

- **Processionnaire du pin** : basse altitude, hivers doux et sécheresse estivale  
→ activité larvaire hivernale (alimentation + nids), diapause estivale



# 1. LES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS MÉDITERRANÉENS

## Insectes phytophages

### Adaptation du cycle de vie au climat

- **Processionnaire du pin** : basse altitude, hivers doux et sécheresse estivale
  - ➔ activité larvaire hivernale (alimentation + nids), diapause estivale
- **Processionnaire du cèdre** : haute altitude, hivers froids, moindre sécheresse
  - ➔ diapause hivernale des œufs (pas de nid structuré), activité larvaire estivale



# 1. LES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS MÉDITERRANÉENS

## Insectes phytophages

### Adaptation du cycle de vie au climat

- **Processionnaire du pin** : basse altitude, hivers doux et sécheresse estivale  
→ activité larvaire hivernale (alimentation + nids), diapause estivale
- **Processionnaire du cèdre** : haute altitude, hivers froids, moindre sécheresse  
→ diapause hivernale des œufs (pas de nid structuré),  
activité larvaire estivale
- **Hylésine du pin** : endémique du bassin méditerranéen, activité sur toute l'année

(Battisti et al., 2015; Lieutier et al., 2015)



# 1. LES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS MÉDITERRANÉENS

## Insectes phytophages

### Bénéfices des activités humaines

Plantation d'arbres exotiques, de variétés « sensibles »

➔ Transferts d'hôtes, croissances démographiques

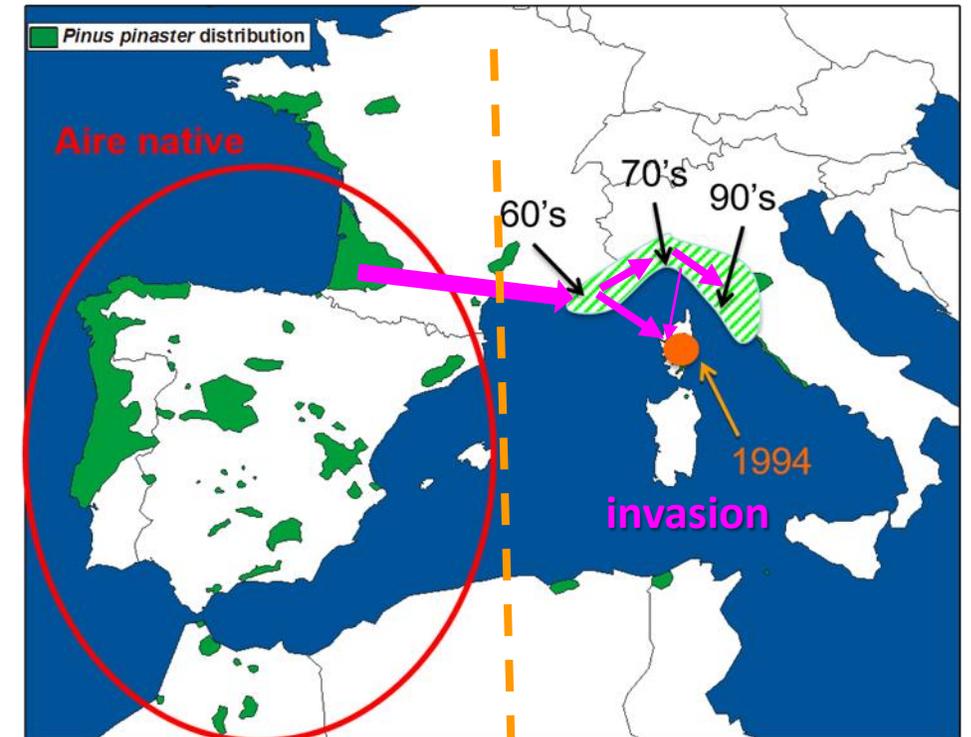
*Choristoneura murinana* : *Abies* ➔ *Cedrus*

*Matsucoccus josephi* : *Pinus brutia* ➔ *P. halepensis*

*M. feytaudi* : *P. pinaster* ➔ *P. pinaster*

(Mendel, 1992; Kerdelhué et al., 2014)

### *Matsucoccus feytaudi* - *Pinus pinaster*



Hôte lignée Ouest résistante  
Faibles dégâts

Hôte lignée Est sensible  
Mortalités massives



## **2. CHANGEMENT CLIMATIQUE : PRÉDICTIONS ET CONSÉQUENCES POUR LES FORÊTS MÉDITERRANÉENNES**

## 2. PRÉDICTIONS POUR LE CLIMAT MÉDITERRANÉEN

### Observations

- ↗ 0.88°C entre 1860 et 2005
- ↘ 23 mm des précipitations annuelles entre 1902 et 2005
- ↗ longueur et fréquence des vagues de chaleurs (x2) et canicules (x3)

(Della-Marta et al., 2017; IPCC, 2013; Mariotti et al., 2015; Lieutier & Payne, 2016)

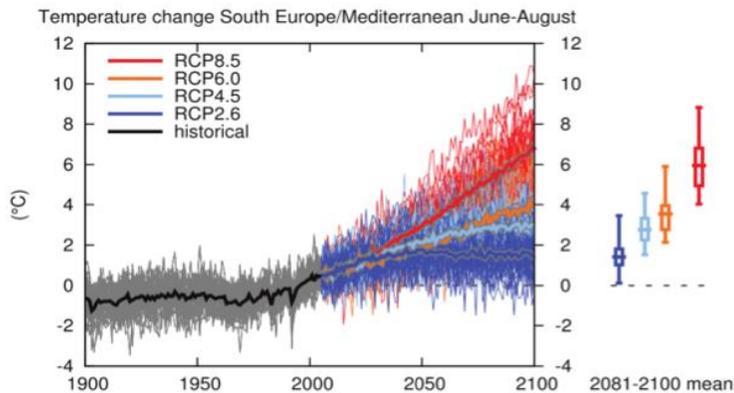
## 2. PRÉDICTIONS POUR LE CLIMAT MÉDITERRANÉEN

### Observations

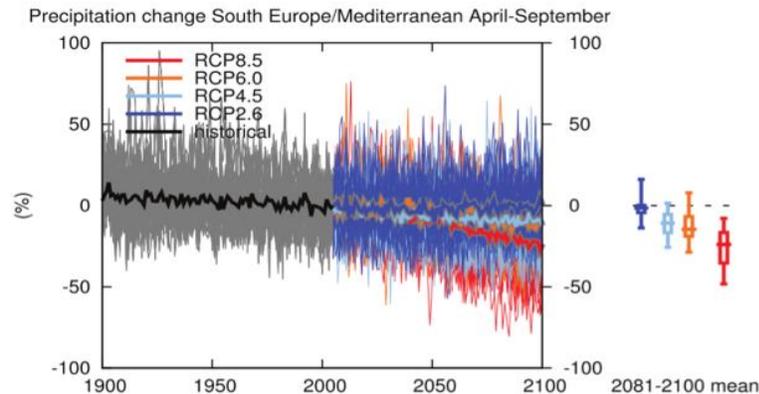
- ↗ 0.88°C entre 1860 et 2005
- ↘ 23 mm des précipitations annuelles entre 1902 et 2005
- ↗ longueur et fréquence des vagues de chaleurs (x2) et canicules (x3)

### Prédictions

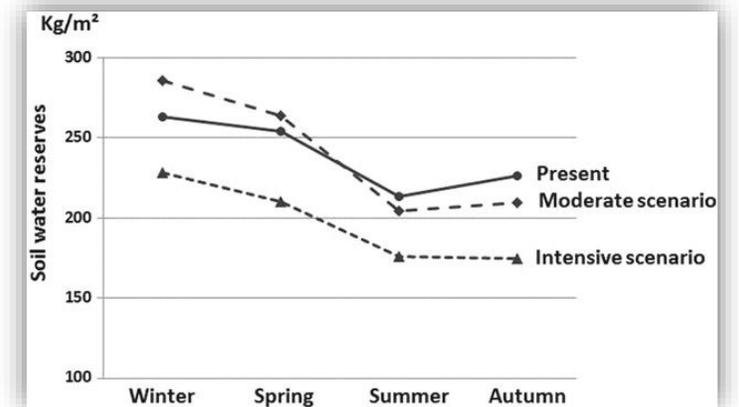
JUIN-AOUT : ↗ 1 à 9°C



AVRIL-SEPTEMBRE : ↘ 0 à 25%



Réserves en eau du sol & scénarios d'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique



(Della-Marta et al., 2017; IPCC, 2013; Mariotti et al., 2015; Lieutier & Payne, 2016)

## 2. CONSÉQUENCES DANS LES ÉCOSYSTÈMES MÉDITERRANÉENS

- Les premiers impactés
- Forts niveaux de perturbations initiaux
- Hétérogénéité : gamme large de réponses possibles

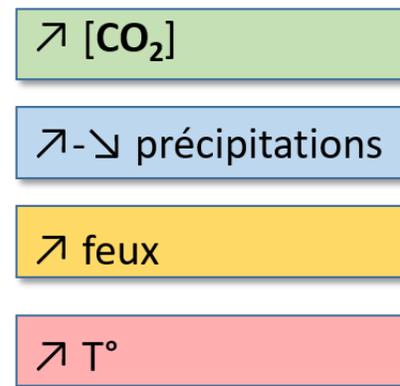


## 2. CONSÉQUENCES DANS LES ÉCOSYSTÈMES MÉDITERRANÉENS

- Les premiers impactés
- Forts niveaux de perturbations initiaux
- Hétérogénéité : gamme large de réponses possibles



### Modifications de l'environnement



### Caractéristiques des forêts

Productivité/croissance  
Dépérissement / mortalité  
Régimes de reproduction  
Phénologie

### Communautés d'insectes

#### Effets directs

→ Physiologie  
→ Ecologie

#### Effets indirects

→ Modifications de l'hôte  
(qualité, résistance, attractivité)  
→ Communautés associées



- Abondance
- Phénologie
- Distribution
- Invasions



# 3. RÉPONSES DES INSECTES FORESTIERS

## PHYTOPHAGES

# 3. RÉPONSES DES INSECTES FORESTIERS PHYTOPHAGES

## Effets directs du changement climatique (CC)

### Abondance

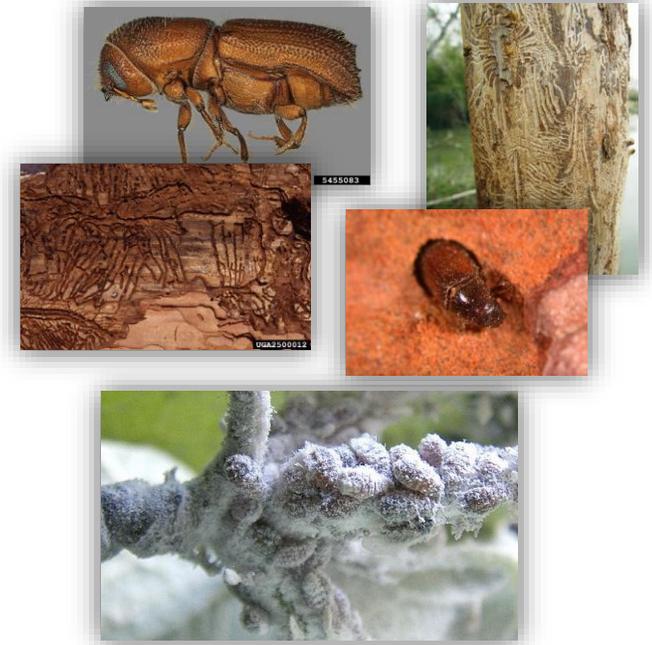
Réponse du voltinisme à  $\nearrow$  des  $T^\circ$

1<sup>ère</sup> émergences plus précoces et développement accéléré

-> *Orthotomicus erosus* : populations septentrionales = 2 générations  
méridionales = 6-7 générations

-> *Tomicus destruens* : hivers doux =  $\nearrow$  générations sœurs

-> *Phloeomyzus passerinii* :  $\searrow$  durée de développement nymphal  
+ variétés sensibles de peupliers



(Lieutier et al., 2005; Pointeau, 2011; Durand-Gillmann 2014)

### 3. RÉPONSES DES INSECTES FORESTIERS PHYTOPHAGES

## Effets directs du changement climatique (CC)

#### CC et variations d'abondance

↗ RISQUE : Croissance démographique > seuil de défense des arbres

1. dégâts plus sévères des espèces indigènes
2. Succès d'introduction et expansion des espèces envahissantes

**Bassin méditerranéen**  
**= 70 espèces**

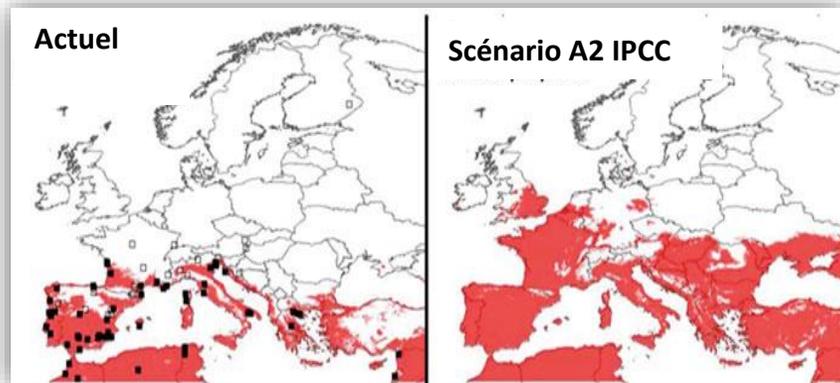
*Parasites des structures reproductrices : 7*  
*Piqueurs-suceurs: 15*  
*Cambio- et xylophages : 34*  
*Défoliateurs : 9*  
*Galligènes : 5*

# 3. RÉPONSES DES INSECTES FORESTIERS PHYTOPHAGES

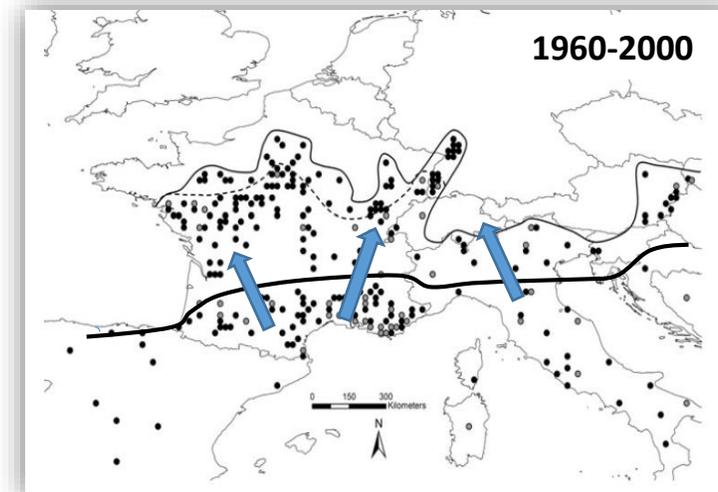
## Effets directs du CC

### Expansions latitudinales

*T. destruens*



*Coraeus florentinus*



### Expansions altitudinales

Sierra Nevada : *T. pityocampa* >2100 m alt. sur pop relictuelle de pin sylvestre endémique

(Hodar et al., 2003; Buse et al., 2013; Horn et al., 2014)

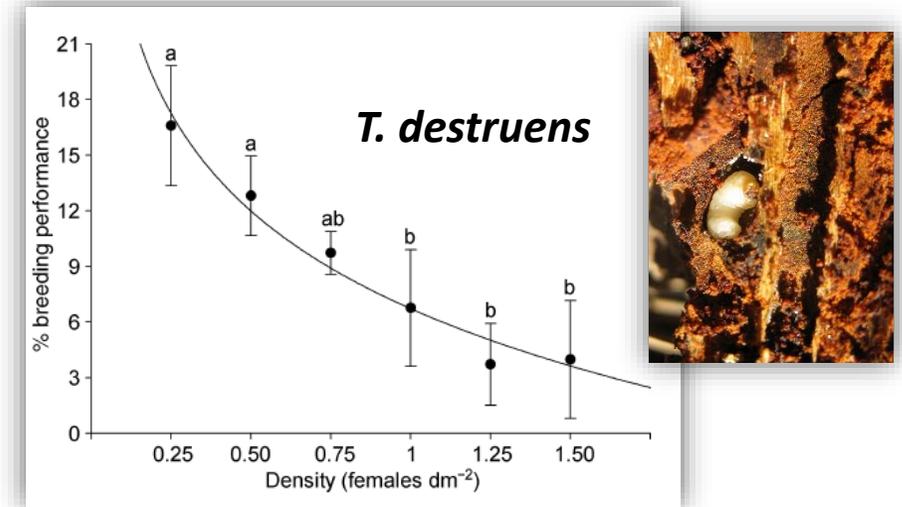
# 3. RÉPONSES DES INSECTES FORESTIERS PHYTOPHAGES

## Effets directs du CC

### Effets défavorables

- ↗ compétition intra-, interspécifique = perte de performance
- Hivers plus doux / été plus chauds-secs  
→ altération la stratégie de diapause ?
- *T. pityocampa* :  
hivers doux → développement larvaire accéléré  
→ diapause estivale plus précoce  
→ éclosion plus précoce dans l'été  
→ exposition à des T° extrêmes (ex. 2003)  
→ mortalités massives

(Faccoli, 2009)



### Ecology and Evolution

Open Access

#### Are heat waves susceptible to mitigate the expansion of a species progressing with global warming?

Christelle Robinet, Jérôme Rousselet, Patrick Pineau, Florie Miard & Alain Roques  
INRA, UR633 Zoologie Forestière, F-45075 Orléans, France

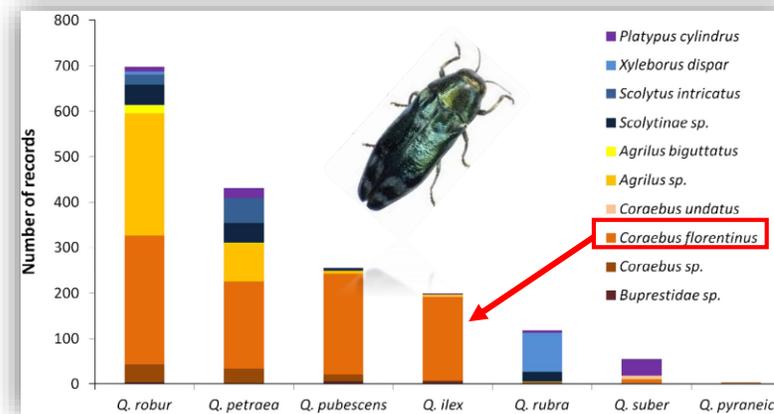
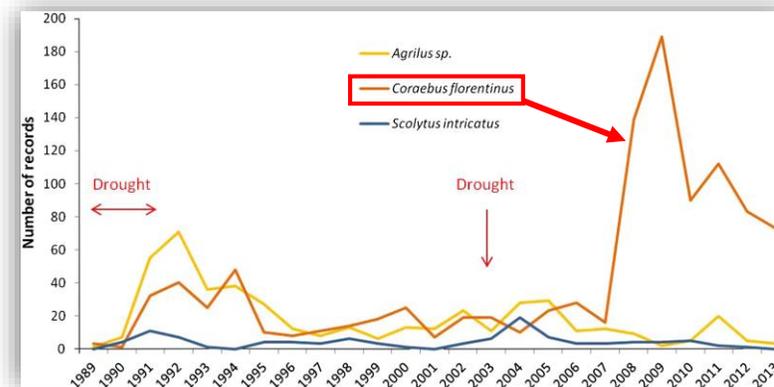


# 3. RÉPONSES DES INSECTES FORESTIERS PHYTOPHAGES

## Effets indirects du CC

### Altération de la qualité, résistance, attractivité de l'hôte

- **CC favorable** : adaptation des arbres aux sécheresses modérées, mais sécheresses sévères et/ou répétées
  - affaiblissement et ↗ attractivité (composés volatiles ↗)
  - ex: *C. florentinus*, *T. destruens*, *P. passerinii*



(Sallé et al., 2014)

# 3. RÉPONSES DES INSECTES FORESTIERS PHYTOPHAGES

## Effets indirects du CC

Altération de la qualité, résistance, attractivité de l'hôte

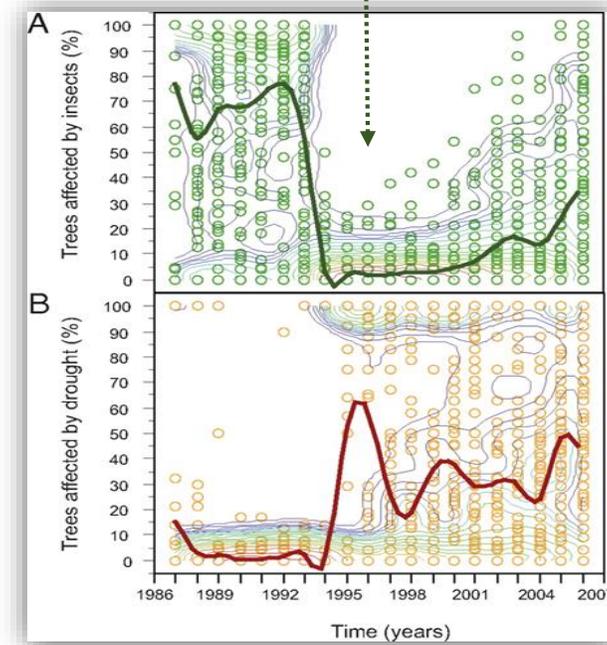
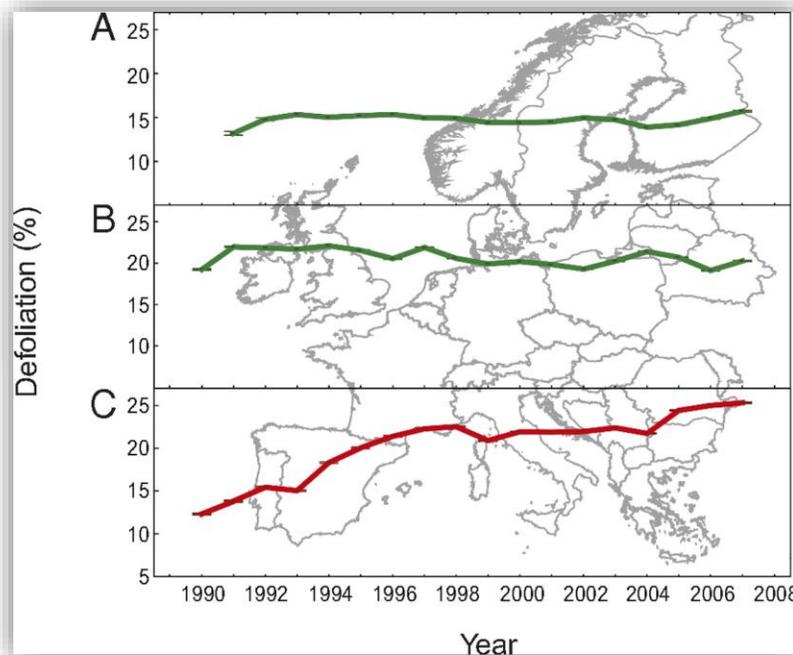
- **CC défavorable** : sécheresses → défoliations → impact négatifs sur communautés d'herbivores

### Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree mortality with increased climate change-type drought

Jofre Carnicer<sup>a,b,1,2</sup>, Marta Coll<sup>a,1</sup>, Miquel Ninyerola<sup>c</sup>, Xavier Pons<sup>d</sup>, Gerardo Sánchez<sup>e</sup>, and Josep Peñuelas<sup>a,2</sup>

<sup>a</sup>Global Ecology Unit, Centre for Ecological Research and Forestry Applications-Centre for Advanced Studies of Blanes-Spanish National Research Council, Autonomous University of Barcelona, 08193 Bellaterra, Catalonia, Spain; <sup>b</sup>Community Ecology and Conservation Ecology Group, Centre for Ecological and Evolutionary Studies, University of Groningen, Nijenborgh 7, 9747 AG, Groningen, The Netherlands; <sup>c</sup>Department of Animal Biology, Plant Biology and Ecology, Autonomous University of Barcelona, 08193 Bellaterra, Catalonia, Spain; <sup>d</sup>Department of Geography, Autonomous University of Barcelona, 08193 Bellaterra, Catalonia, Spain; and <sup>e</sup>National Service for the Protection of Forests, Spanish Ministry of the Environment and Rural and Marine Affairs, 28071 Madrid, Spain

Edited by Harold A. Mooney, Stanford University, Stanford, CA, and approved December 15, 2010 (received for review July 17, 2010)



# 3. RÉPONSES DES INSECTES FORESTIERS PHYTOPHAGES

## Effets indirects du CC

### Interaction avec le risque incendie

Feux= affaiblissement/mort de l'arbre

➔ réduction/suppression des défenses

➔ accroissement de l'attractivité pour les scolytes

### Post-fire attractiveness of maritime pines (*Pinus pinaster* Ait.) to xylophagous insects

Serena Santolamazza-Carbone · Montserrat Pestaña · José Antonio Vega

**Table 1** Results from the linear regressions, using scolytin beetles sampled in the burned area as response variable and fire injury indicators or tree characteristics as factors

Insects	Sample size	Variables	F	P	r
<i>Ips sexdentatus</i> (Coleoptera, Scolytinae)	160	Crown scorch	0.05	0.830	-0.03
		Bole char height	0.45	0.506	0.11
		Soil burn severity	0.26	0.614	0.08
		Unburned bark depth	0.40	0.532	-0.10
		Bark char depth	0.01	0.876	0.06
		Total bark depth	0.35	0.555	-0.10
		Cambium resistivity	0.01	0.933	-0.08
		DBH	<b>4.50</b>	<b>0.040</b>	<b>-0.32</b>
		Tree height	2.53	0.120	-0.24
		Crown scorch	0.05	0.832	0.03
<i>Tomicus</i> spp. ( <i>T. piniperda</i> , <i>T. destruens</i> ) (Coleoptera, Scolytinae)	204	Bole char height	1.86	0.181	0.21
		Soil burn severity	<b>3.86</b>	<b>0.015</b>	<b>0.30</b>
		Unburned bark depth	<b>4.81</b>	<b>0.034</b>	<b>-0.33</b>
		Bark char depth	0.08	0.784	-0.04
		Total bark depth	<b>4.45</b>	<b>0.041</b>	<b>-0.32</b>
		Cambium resistivity	<b>2.92</b>	<b>0.046</b>	<b>-0.31</b>
		DBH	1.73	0.176	-0.20
		Tree height	10.04	0.483	-0.03
		Crown scorch	0.09	0.766	0.05
		Bole char height	<b>7.68</b>	<b>0.008</b>	<b>0.40</b>
<i>Hylurgus ligniperda</i> (Coleoptera, Scolytinae)	58	Soil burn severity	<b>2.26</b>	<b>0.001</b>	<b>0.48</b>
		Unburned bark depth	<b>13.56</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>-0.50</b>
		Bark char depth	0.25	0.620	-0.08
		Total bark depth	<b>12.58</b>	<b>0.001</b>	<b>-0.49</b>
		Cambium resistivity	0.04	0.850	-0.10
		DBH	<b>6.24</b>	<b>0.017</b>	<b>-0.37</b>
		Tree height	3.51	0.068	-0.28
		Crown scorch	1.08	0.305	-0.16
		Bole char height	<b>6.90</b>	<b>0.012</b>	<b>0.39</b>
		Soil burn severity	<b>4.30</b>	<b>0.044</b>	<b>0.31</b>
<i>Hylastes ater</i> , <i>H.</i> <i>angustatus</i> (Coleoptera, Scolytinae)	30	Unburned bark depth	3.06	0.088	-0.27
		Bark char depth	0.17	0.681	0.24
		Total bark depth	1.32	0.257	-0.18
		Cambium resistivity	2.53	0.120	-0.12
		DBH	0.01	0.990	0.002
		Tree height	0.23	0.336	-0.12

*Tomicus* spp. (*T. piniperda*,  
*T. destruens*) (Coleoptera,  
Scolytinae)

*Hylurgus ligniperda*  
(Coleoptera, Scolytinae)

*Hylastes ater*, *H.*  
*angustatus* (Coleoptera,  
Scolytinae)

# 3. RÉPONSES DES INSECTES FORESTIERS PHYTOPHAGES

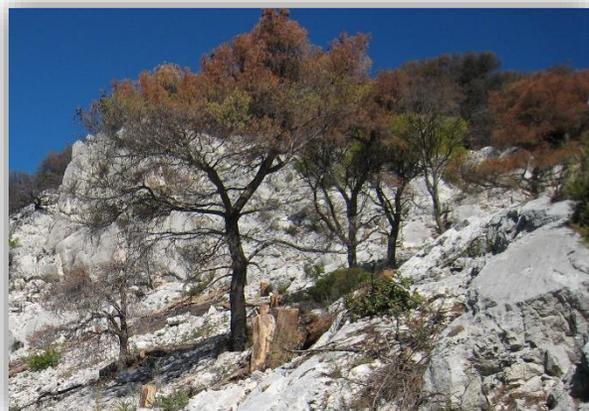
## Effets indirects du CC

### Interaction avec le risque incendie

Feux= affaiblissement/mort de l'arbre

➔ réduction/suppression des défenses

➔ accroissement de l'attractivité pour les scolytes



Toulon, 2011  
*P. halepensis* - *T. destruens*

### Post-fire attractiveness of maritime pines (*Pinus pinaster* Ait.) to xylophagous insects

Serena Santolamazza-Carbone · Montserrat Pestaña · José Antonio Vega

**Table 1** Results from the linear regressions, using scolytin beetles sampled in the burned area as response variable and fire injury indicators or tree characteristics as factors

Insects	Sample size	Variables	F	P	r
<i>Ips sexdentatus</i> (Coleoptera, Scolytinae)	160	Crown scorch	0.05	0.830	-0.03
		Bole char height	0.45	0.506	0.11
		Soil burn severity	0.26	0.614	0.08
		Unburned bark depth	0.40	0.532	-0.10
		Bark char depth	0.01	0.876	0.06
		Total bark depth	0.35	0.555	-0.10
		Cambium resistivity	0.01	0.933	-0.08
		DBH	<b>4.50</b>	<b>0.040</b>	<b>-0.32</b>
		Tree height	2.53	0.120	-0.24
		Crown scorch	0.05	0.832	0.03
<i>Tomicus</i> spp. ( <i>T. piniperda</i> , <i>T. destruens</i> ) (Coleoptera, Scolytinae)	204	Bole char height	1.86	0.181	0.21
		Soil burn severity	<b>3.86</b>	<b>0.015</b>	<b>0.30</b>
		Unburned bark depth	<b>4.81</b>	<b>0.034</b>	<b>-0.33</b>
		Bark char depth	0.08	0.784	-0.04
		Total bark depth	<b>4.45</b>	<b>0.041</b>	<b>-0.32</b>
		Cambium resistivity	<b>2.92</b>	<b>0.046</b>	<b>-0.31</b>
		DBH	1.73	0.176	-0.20
		Tree height	10.04	0.483	-0.03
		Crown scorch	0.09	0.766	0.05
		Bole char height	<b>7.68</b>	<b>0.008</b>	<b>0.40</b>
<i>Hylurgus ligniperda</i> (Coleoptera, Scolytinae)	58	Soil burn severity	<b>2.26</b>	<b>0.001</b>	<b>0.48</b>
		Unburned bark depth	<b>13.56</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>-0.50</b>
		Bark char depth	0.25	0.620	-0.08
		Total bark depth	<b>12.58</b>	<b>0.001</b>	<b>-0.49</b>
		Cambium resistivity	0.04	0.850	-0.10
		DBH	<b>6.24</b>	<b>0.017</b>	<b>-0.37</b>
		Tree height	3.51	0.068	-0.28
		Crown scorch	1.08	0.305	-0.16
		Bole char height	<b>6.90</b>	<b>0.012</b>	<b>0.39</b>
		Soil burn severity	<b>4.30</b>	<b>0.044</b>	<b>0.31</b>
<i>Hylastes ater</i> , <i>H.</i> <i>angustatus</i> (Coleoptera, Scolytinae)	30	Unburned bark depth	3.06	0.088	-0.27
		Bark char depth	0.17	0.681	0.24
		Total bark depth	1.32	0.257	-0.18
		Cambium resistivity	2.53	0.120	-0.12
		DBH	0.01	0.990	0.002
		Tree height	0.23	0.336	-0.12

*Tomicus* spp. (*T. piniperda*,  
*T. destruens*) (Coleoptera,  
Scolytinae)

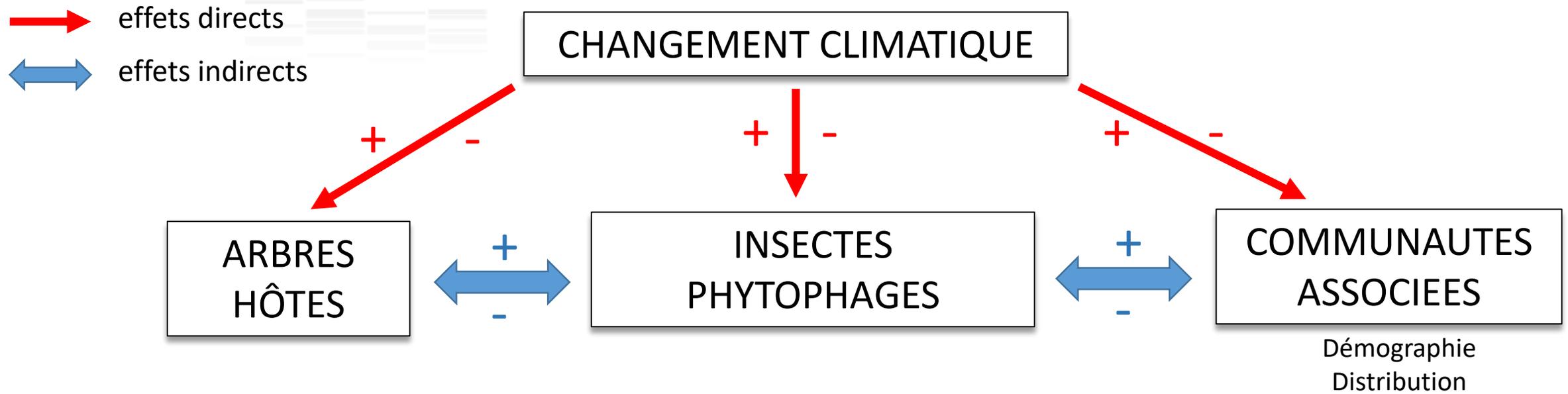
*Hylurgus ligniperda*  
(Coleoptera, Scolytinae)

*Hylastes ater*, *H.*  
*angustatus* (Coleoptera,  
Scolytinae)

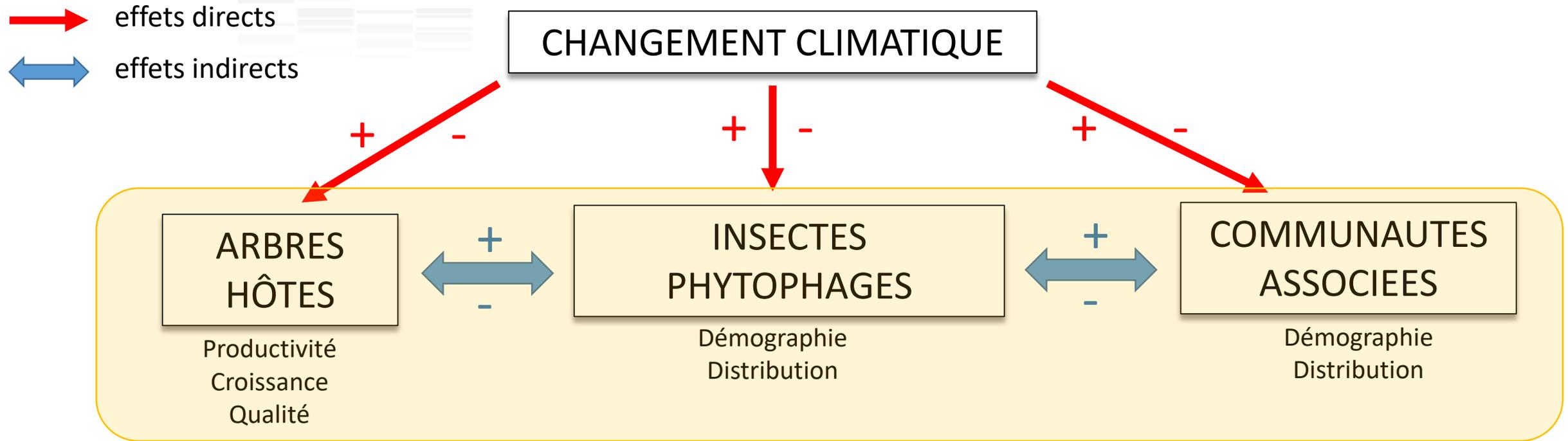


## 4. ENJEUX SCIENTIFIQUES

# 4. ENJEUX SCIENTIFIQUES – CONTRAINTES À LA PRÉDICTION

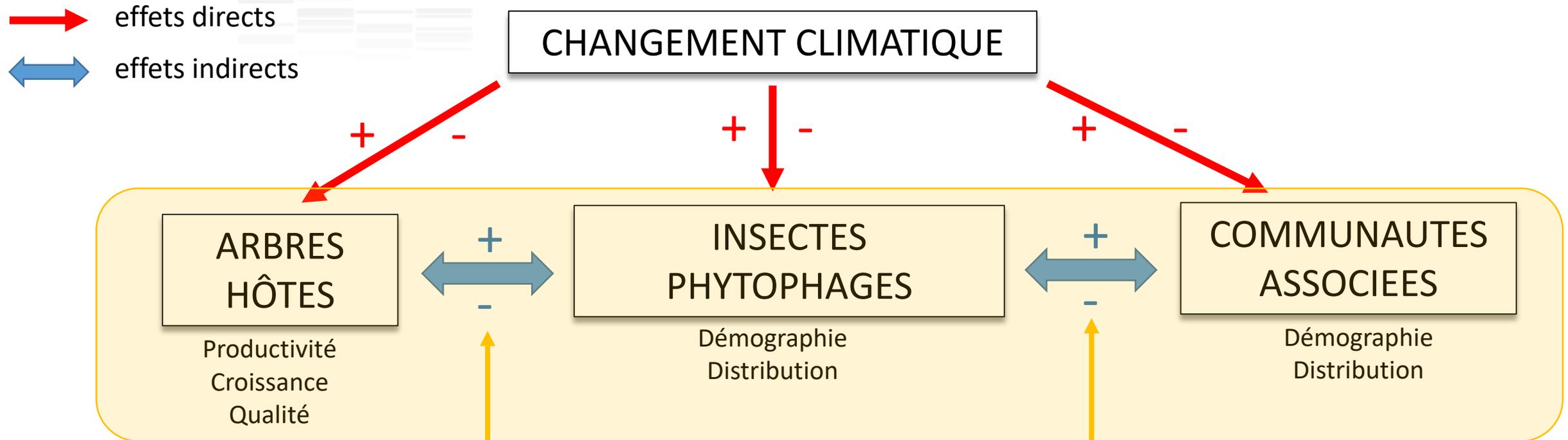


# 4. ENJEUX SCIENTIFIQUES – CONTRAINTES À LA PRÉDICTION



## 1. Dimension multi-trophique

# 4. ENJEUX SCIENTIFIQUES – CONTRAINTES À LA PRÉDICTION



1. Dimension multi-trophique

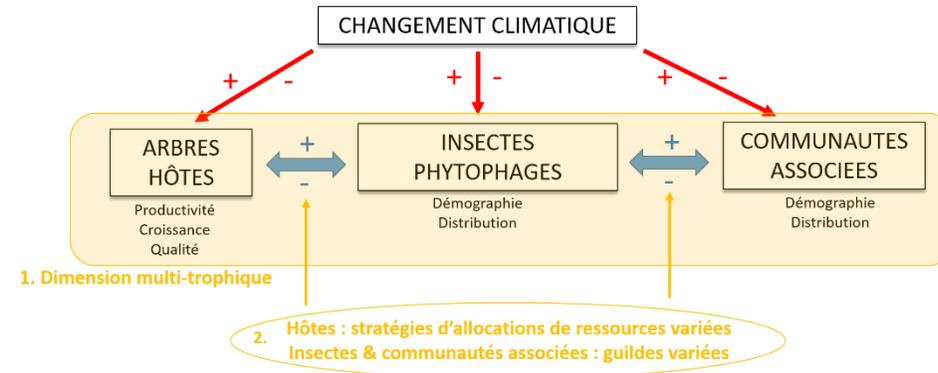
2. Hôtes : stratégies d'allocations de ressources variées  
Insectes & communautés associées : guildes variées

# 4. ENJEUX SCIENTIFIQUES – CONTRAINTES À LA PRÉDICTION

## 1. Dimension multi-trophique

## 2. Stratégies d'hôtes et guides variées

## 3. Extrapolation difficile



Forêts tempérées



Températures estivales  
Sécheresses



Forêts méditerranéennes





**MERCI**



Luberon (Vaucluse)