

Analyse du signal de luminescence induit par le stress oxydant chez les plantes

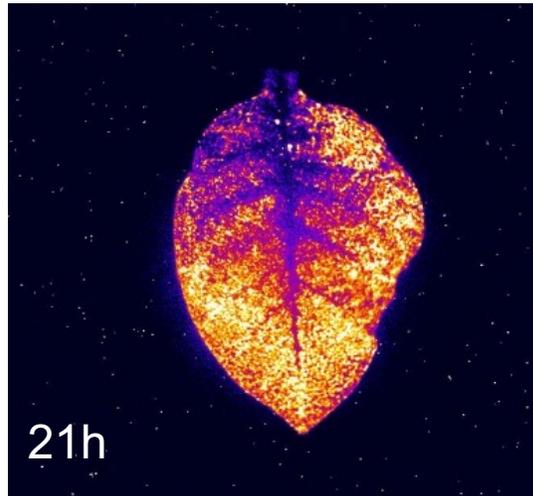
Porteur du projet : Michel Havaux

Participants : Michel Havaux, Brigitte Ksas, Bernard Genty, Ilja Reiter, Luc Arnold, Auguste Le Van Suu, Sandrine Perruchot

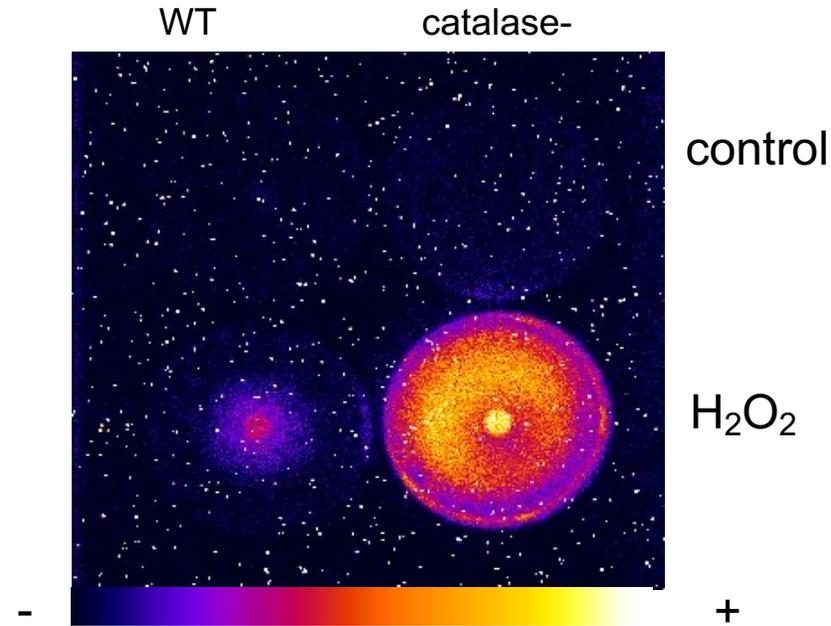
Laboratoires et Partenaires impliqués : BIAM (MH, BK, BG), OHP (LA, ALVS, SP), ECCOREV (IR)



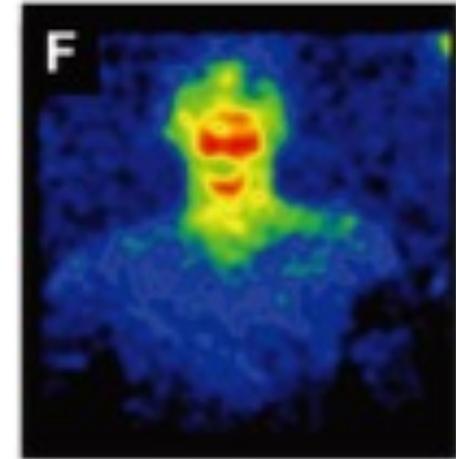
Les organismes vivants émettent spontanément des photons



Nicotiana tabacum

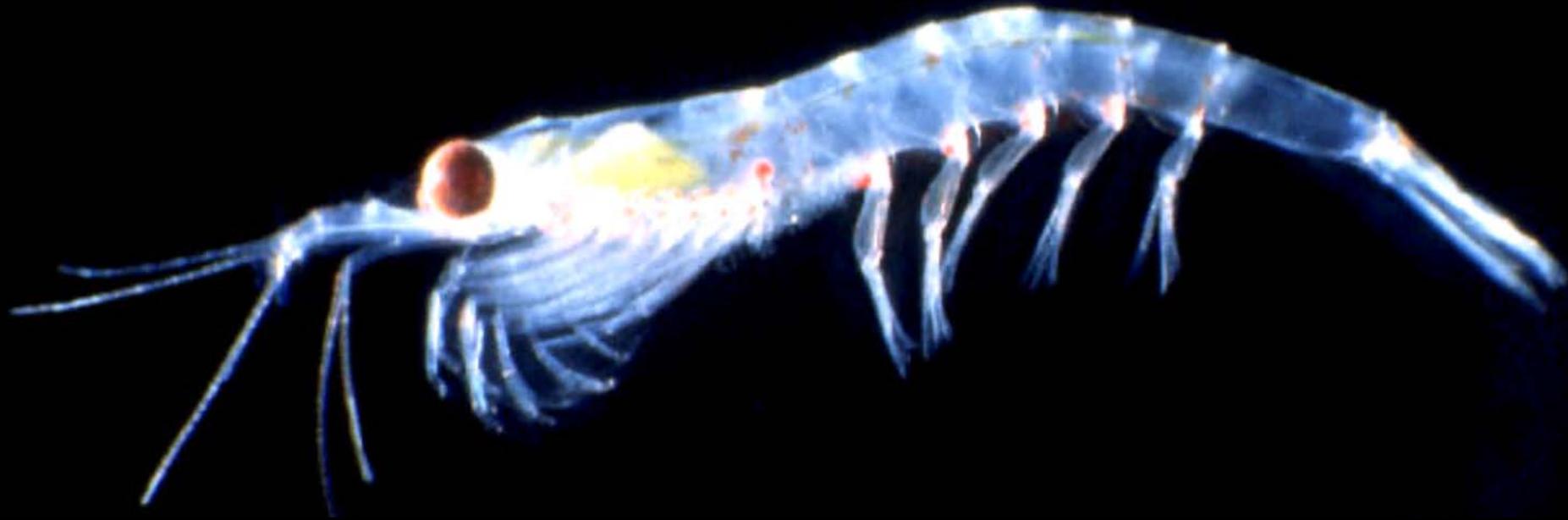


E. coli



(PLOS One 4,e6256)

Homo sapiens



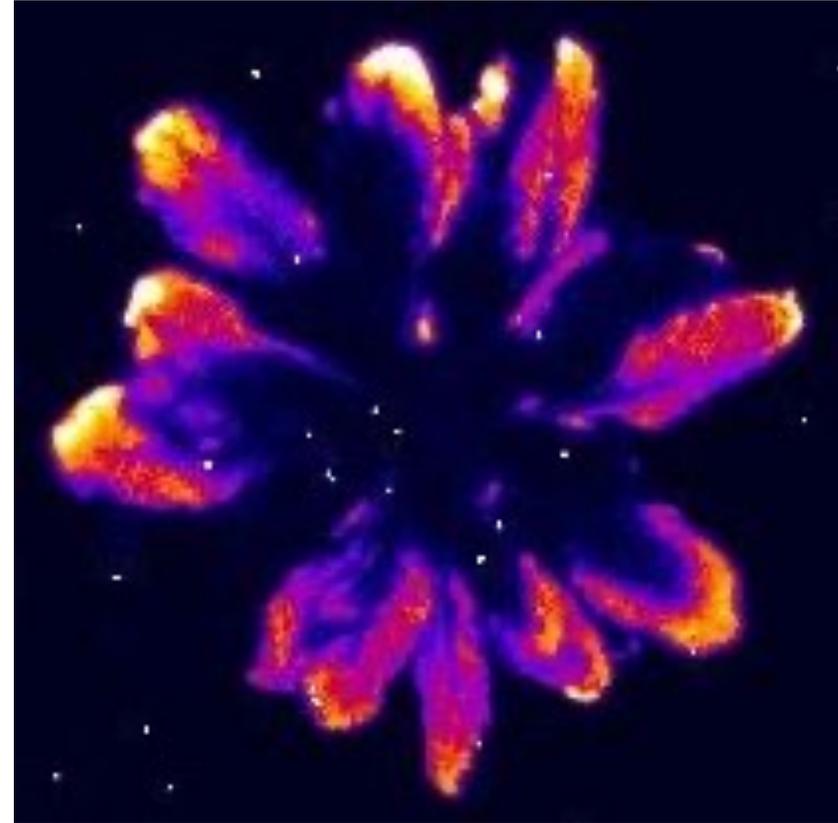
Bioluminescence >>>>
 $10^6-10^7 \text{ photons cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

(enzymatic)

Luminescence spontanée
 $10^3-10^4 \text{ photons cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

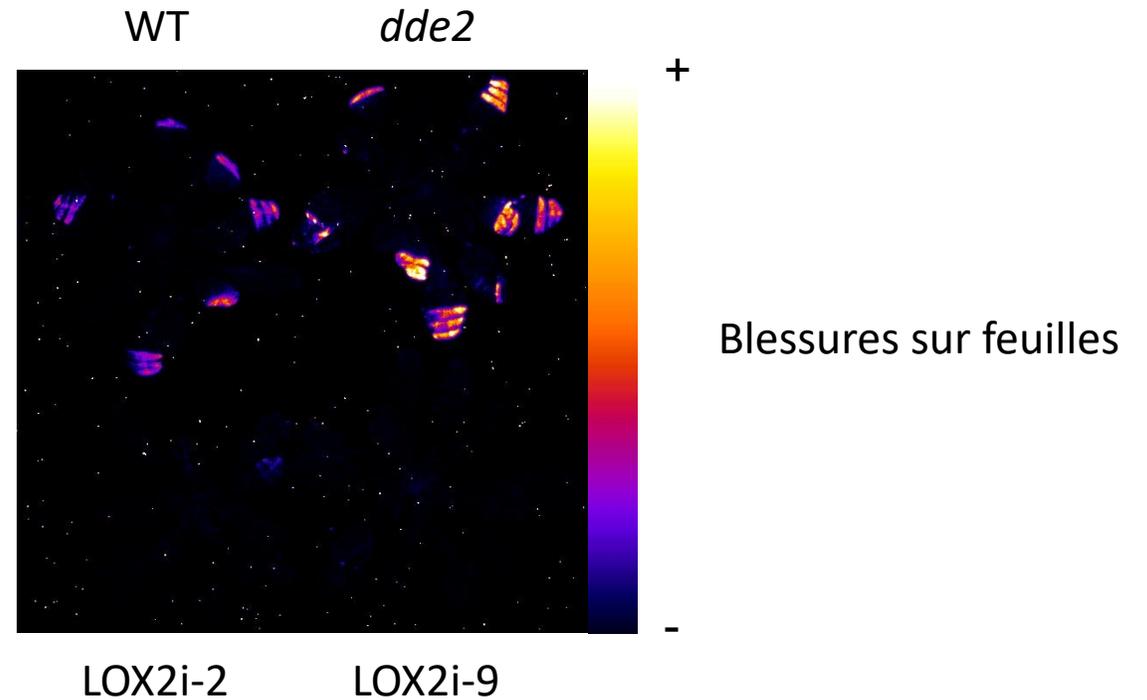
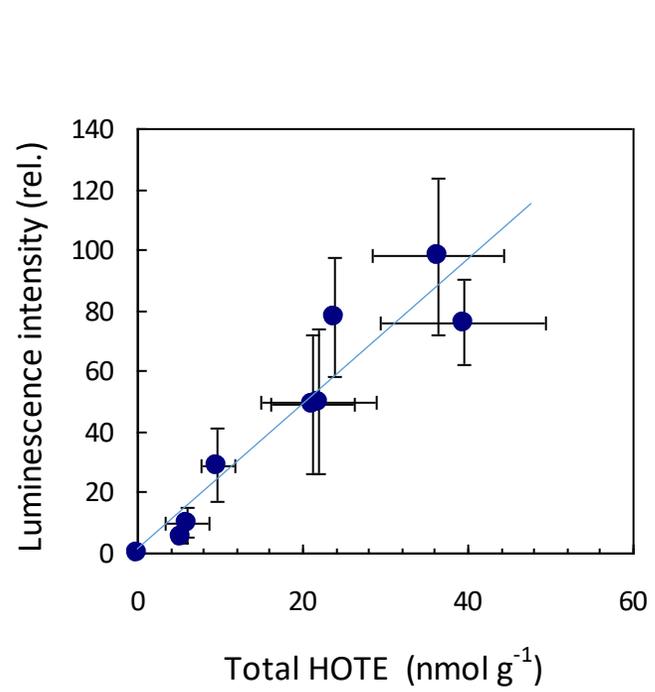
(oxidative stress)

Imagerie d'autoluminescence au BIAM



Acquisition time: 20 min

Les lipides sont la principale source de l'émission des photons



Birtic et al. (2011) Plant J 67, 1103

Analyse spectrale de signal



Observatoire de
Haute-Provence



LISA high luminosity spectrograph
(Shelyak Inst)



Cooled QSI camera

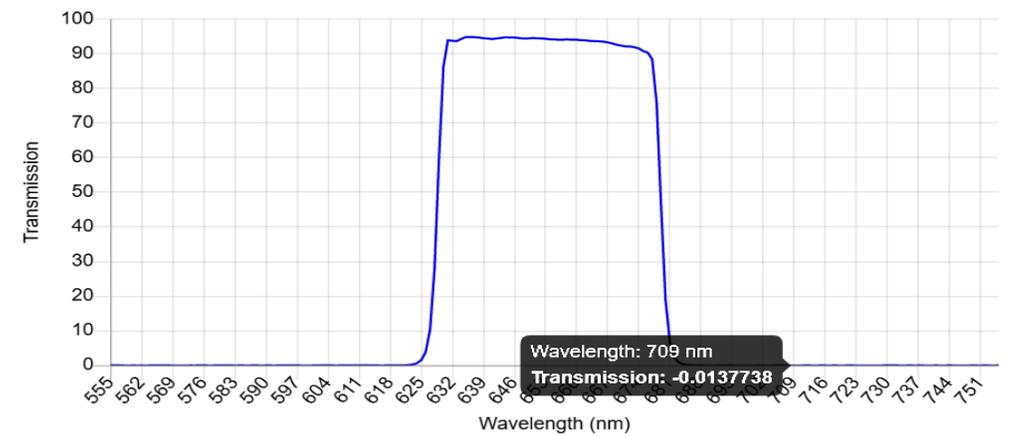
Analyse spectrale de signal



LISA high luminosity spectrograph
(Shelyak Inst)

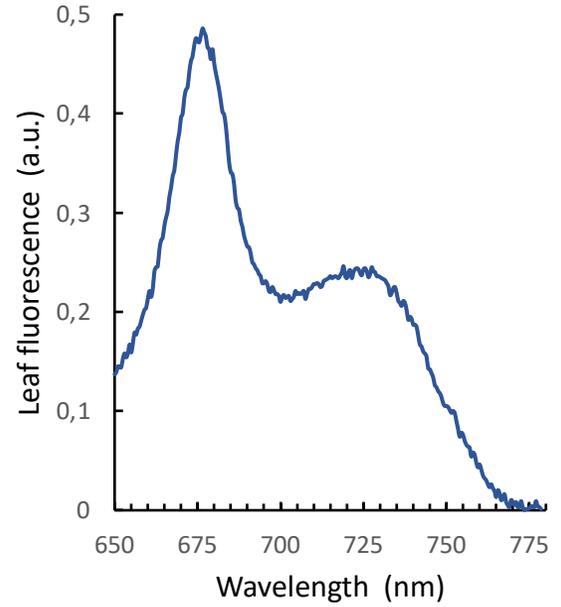
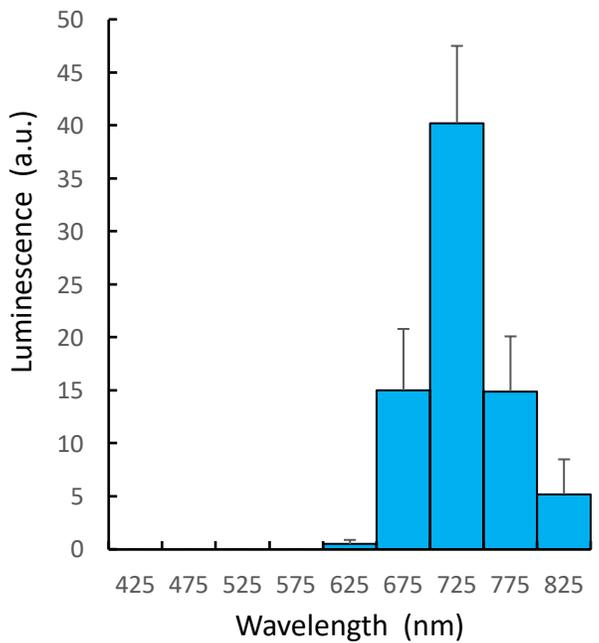
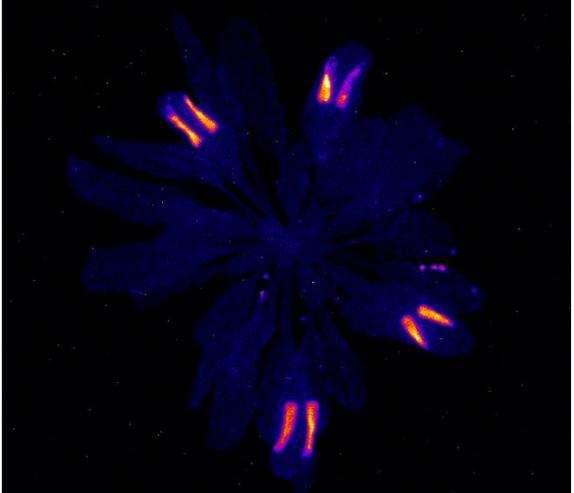


Cooled QSI camera



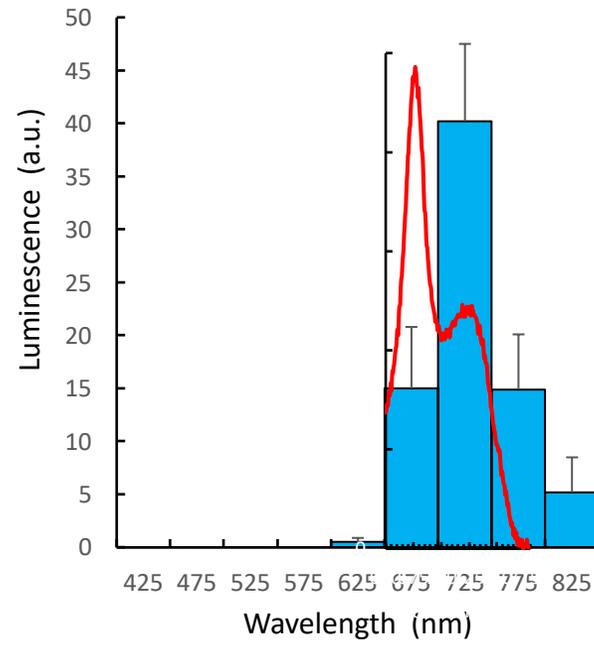
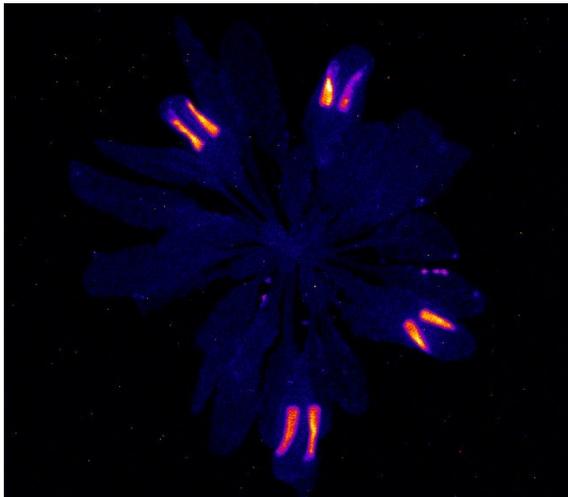
Analyse spectrale de signal

Arabidopsis/blessures

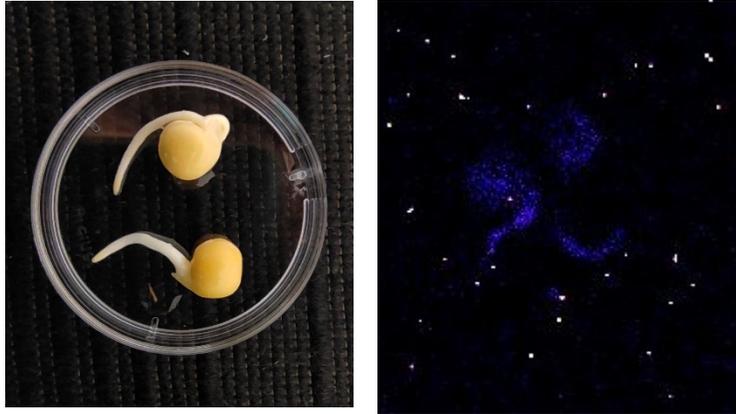


Analyse spectrale de signal

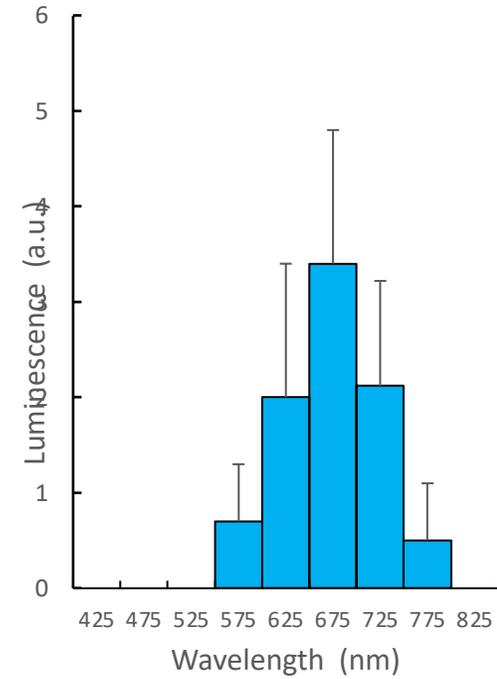
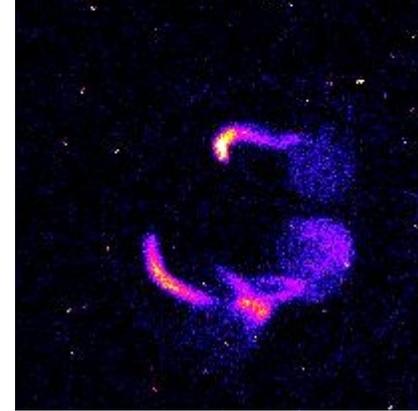
Arabidopsis/blessures



Analyse spectrale de signal

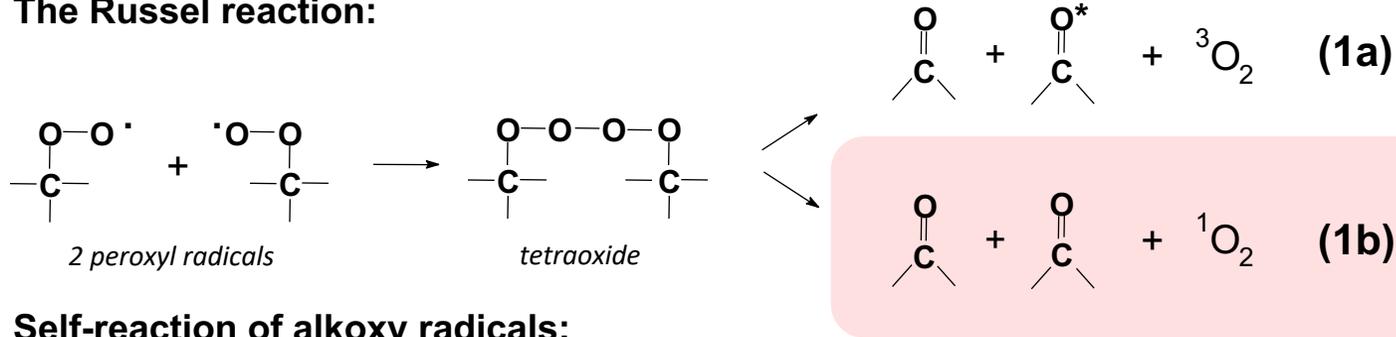


Wounding

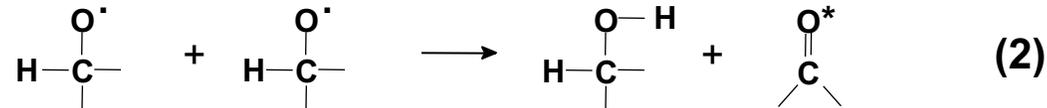


Emission de photons pendant la peroxydation des lipides

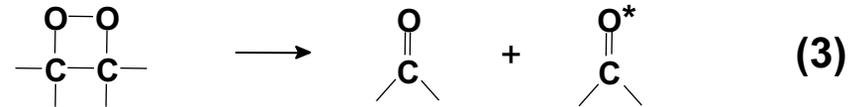
The Russel reaction:



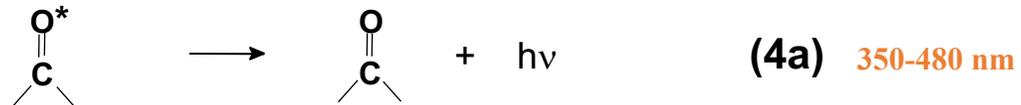
Self-reaction of alkoxy radicals:



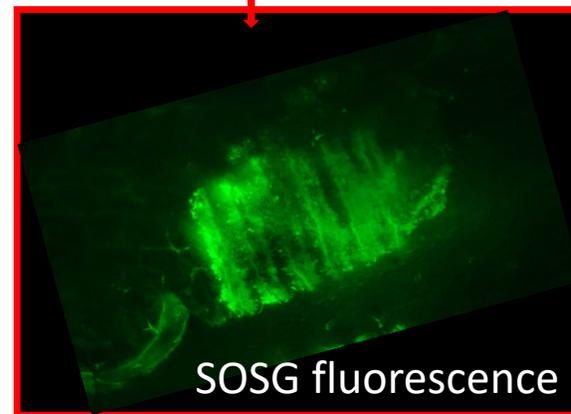
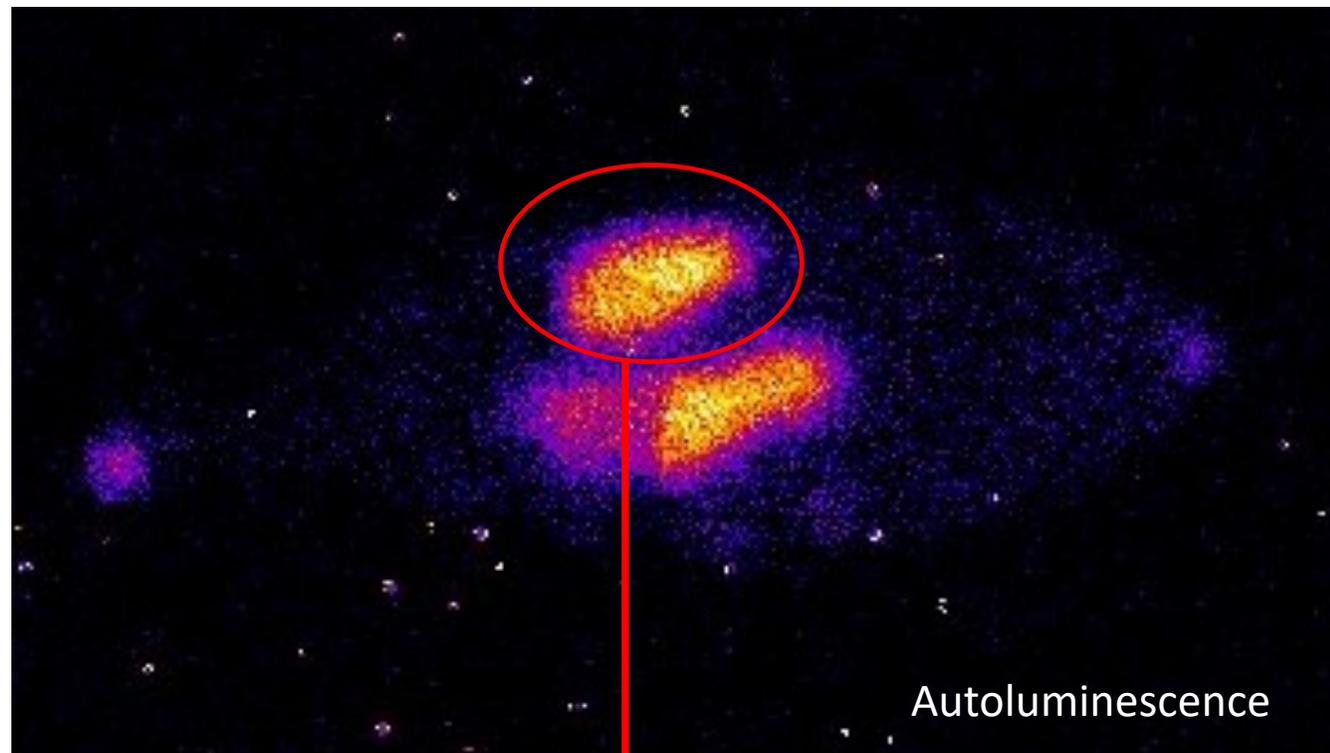
Dioxetane decomposition:



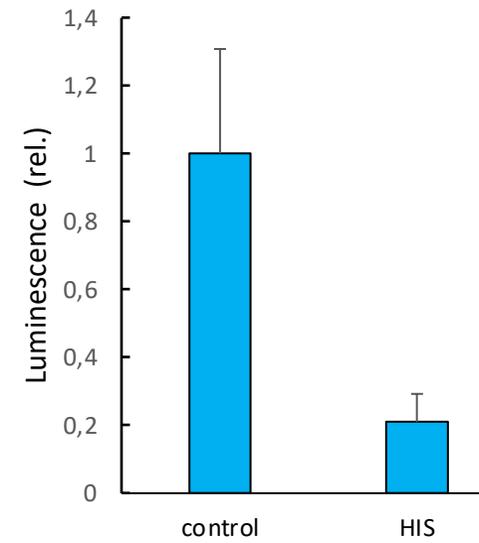
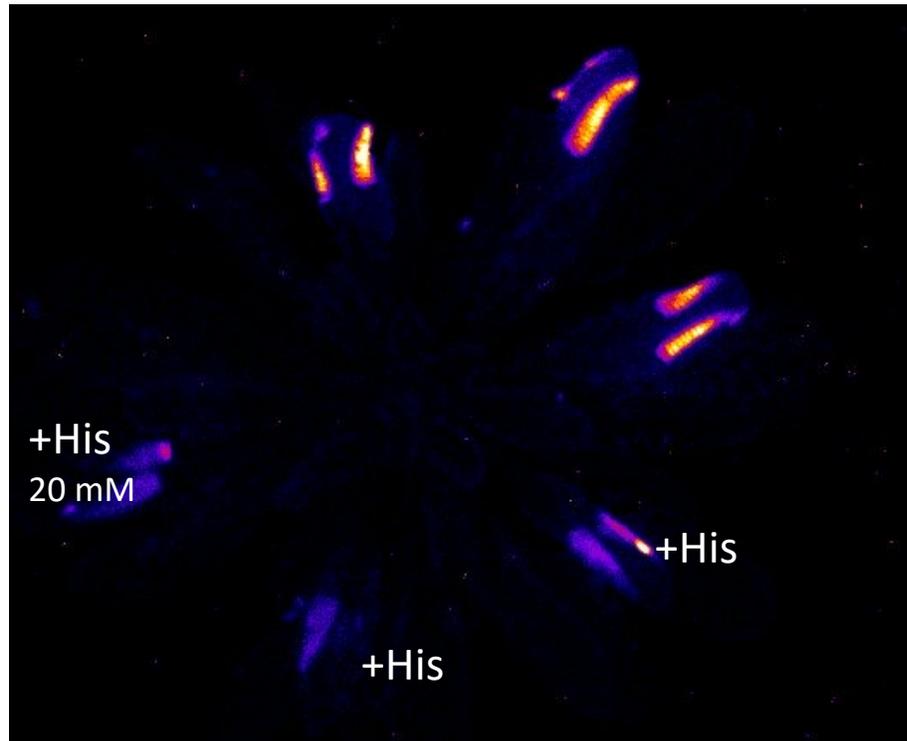
Visible light emission:



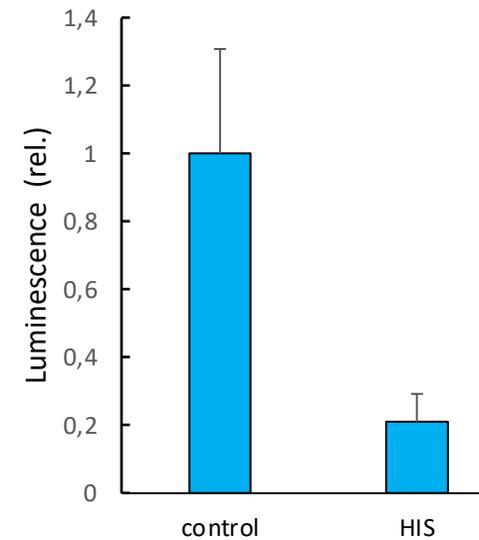
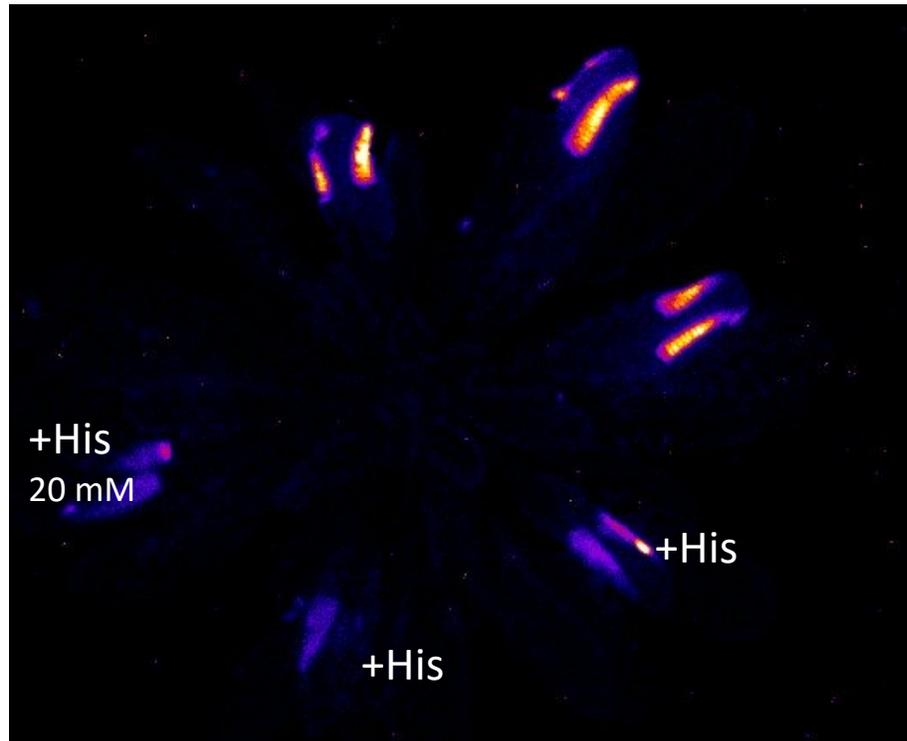
Oxygène singulet $^1\text{O}_2$



Oxygène singulet $^1\text{O}_2$



Oxygène singlet $^1\text{O}_2$



Oxidative stress → Lipid peroxidation → Decomposition of lipid peroxides → Singlet oxygen → Red light

Points forts/points faibles

Point faible: impossibilité de réaliser une analyse spectrale précise du signal avec les outils de l'OHP

Point fort: obtention de données spectrales précisant l'origine possible du signal d'autoluminescence

Publications :

Rac M, Shumbe L, Oger C, Guy A, Vigor C, Ksas B, Durand T, Havaux M (2021)
Luminescence imaging of leaf damage induced by lipid peroxidation products and its modulation by β -cyclocitral. *Physiol Plant*. 171:246-259.

Suite donnée au projet :

Contrat 2019-2022 obtenu dans l'AAP **Radiobiologie CEA 2019** : « Peroxydation lipidique et mort cellulaire dans la réponse aux radiations ionisantes ».

Diverses collaborations:

Ben Field, AMU

Elena Ormeno, AMU

Alizée Malnoe, Umea, Suède

Juan Moreno, Max Planck Institute Golm, Allemagne

Changements métaboliques d'une forêt méditerranéenne de chêne pubescent soumise à une sécheresse aggravée depuis 2012 simulant les prévisions du changement climatique

Porteurs du projet : Michel Havaux et Elena Ormeno

Participants : Michel Havaux, Brigitte Ksas, Elena Ormeno-Lafuente, Catherine Fernandez, Jean-Philippe Mévy, Stéphane Greff, Ilja Reiter

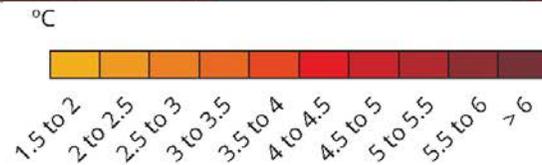
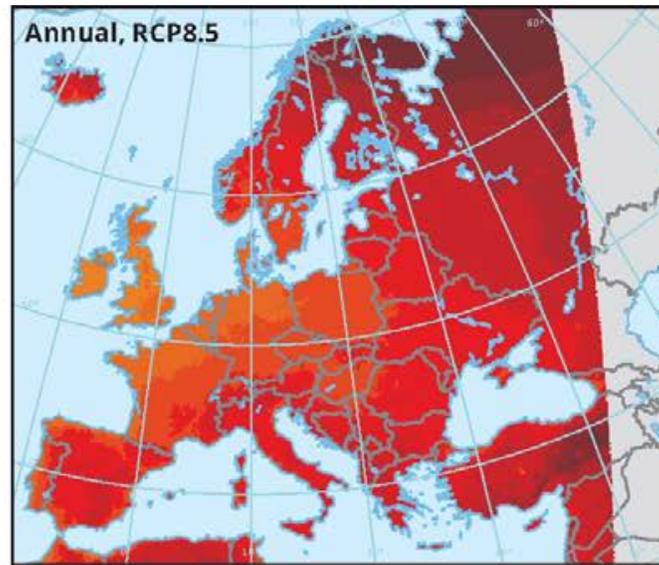
Laboratoires et Partenaires impliqués : BIAM (MH, BK), IMBE (EOL, CF, JPM, SG), ECCOREV (IR)



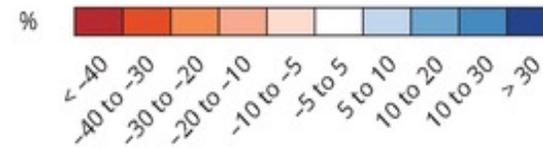
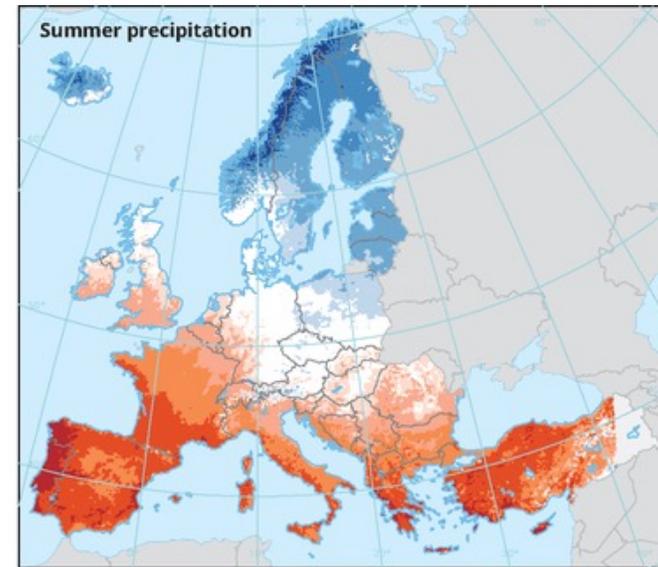
Contexte : changements climatiques en region méditerranéenne

Changements projetés pour la fin du XXI^{ème} siècle (RCP 8.5)

Température annuelle (+3,4°C)



Précipitation estivale (- 30 %)



Data source :
<https://www.eea.europa.eu>

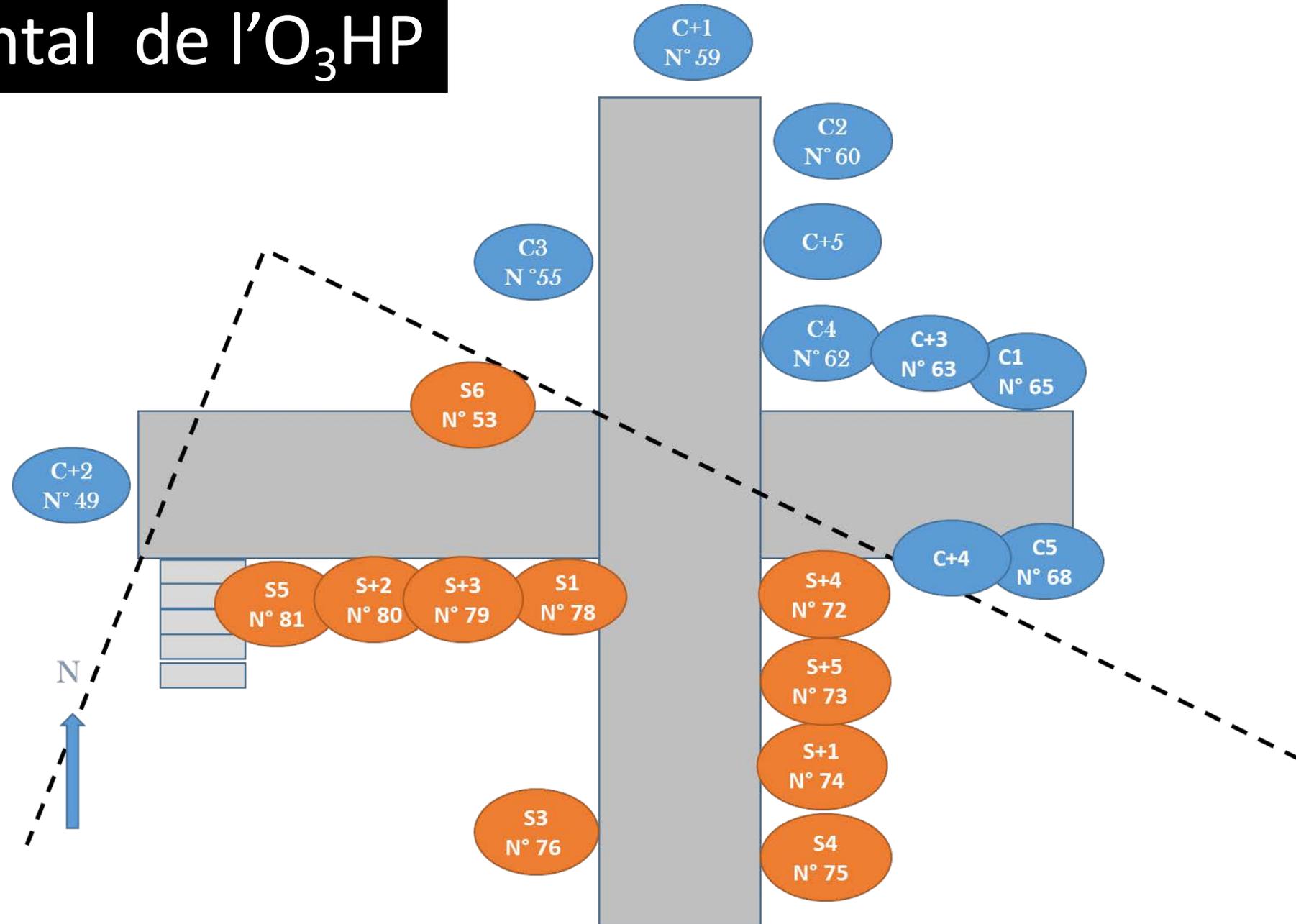
- Impact des changements climatiques sur les forêts limitant leurs services écosystémiques et sociétaux
- Importance d'évaluer la capacité d'adaptation des forêts à des changements climatiques rapides

Site expérimental de l'O₃HP (Oak Observatory at OHP)

- 100 km au Nord de Marseille
- Forêt de *Quercus pubescens* (~70 ans)
- Espèce décidue très résistante au stress hydrique
(Nardini *et al.* 1999)
- **Parcelle d'exclusion des pluies sous stress hydrique aggravé (SA):**
 - mise en place en mai 2012
 - surface : 300 m²
 - ~-30% précipitations annuelles simulant un climat méditerranéen sub-humide (P_{annuelle} : 600-800 mm)
- **Parcelle contrôle sous stress hydrique naturel (SN):**
 - parcelle adjacente, surface : 232m²
 - climat méditerranéen humide (P_{annuelle} : 800-1200 mm)



Site expérimental de l'O₃HP





ANR 2012



Balance entre métabolisme primaire et
secondaire
dans une forêt méditerranéenne soumise au
changement climatique
Coord.: Catherine Fernandez, IMBE

2014-2015

Métabolome de *Q. pubescens* après 2-3 ans de stress hydrique

Métabolites primaires

- Caroténoïdes stables ou diminution
- Tocophérols stables ou augmentation ponctuelle

(Saunier *et al.* 2018)



Métabolites spécialisés

- Terpène (isoprène) diminue avec le stress hydrique

(Saunier *et al.* 2017a, b; 2018)

- Polyphénols (flavonols) :
 - stables ou diminution

L'après-SECPRIME2

SECPRIME2

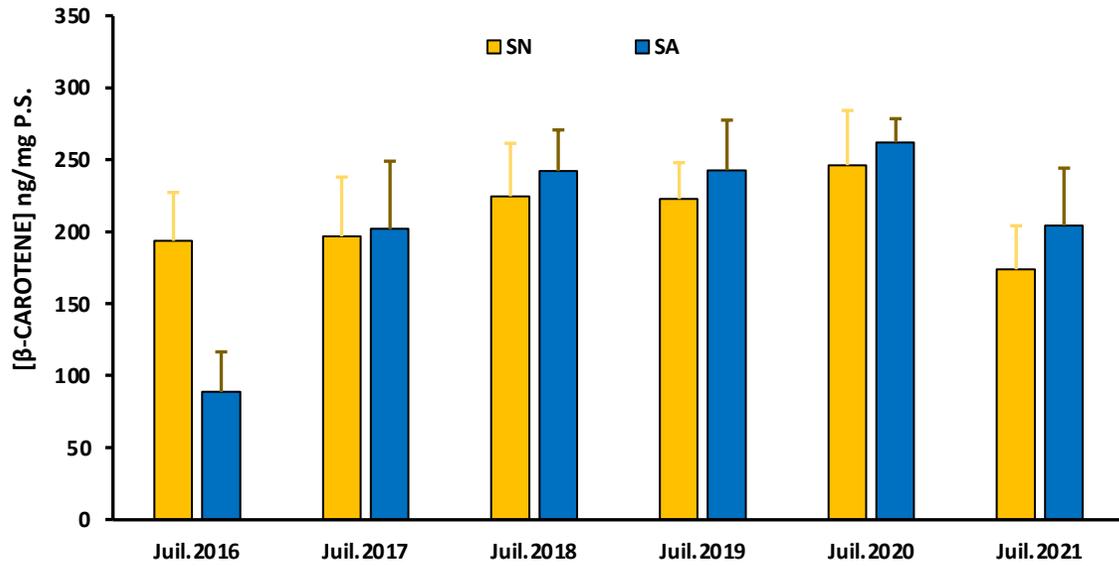
ECCOREV2018

2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
------	------	------	------	------	------	------	------

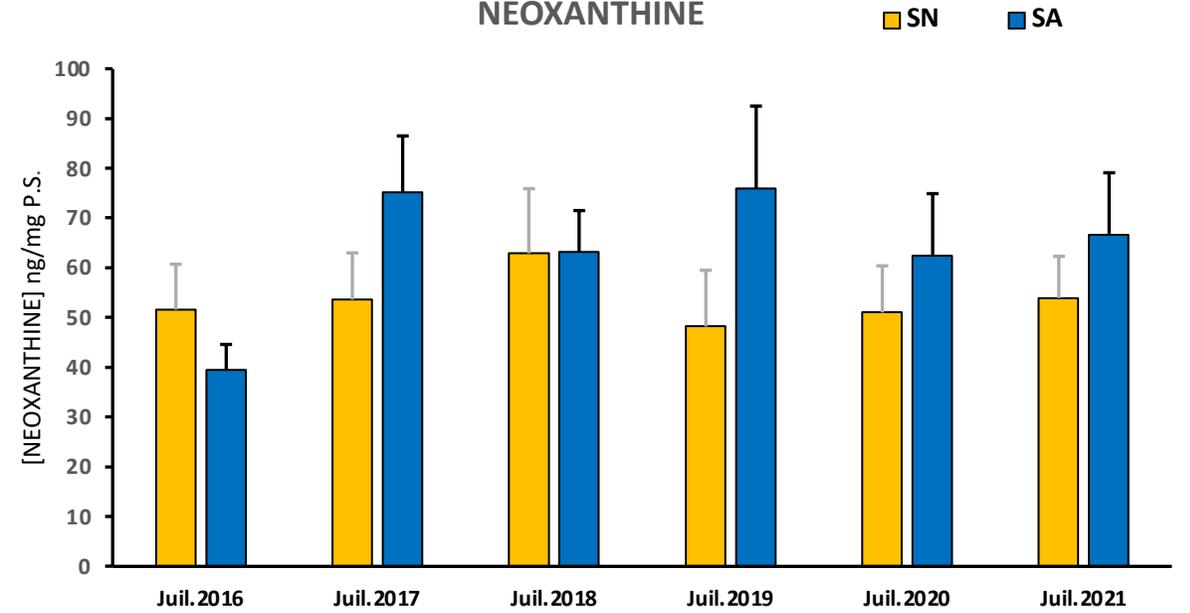
- Récolte échantillons de feuilles en juillet
 - Conservation à -80°C

Métabolites primaires

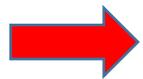
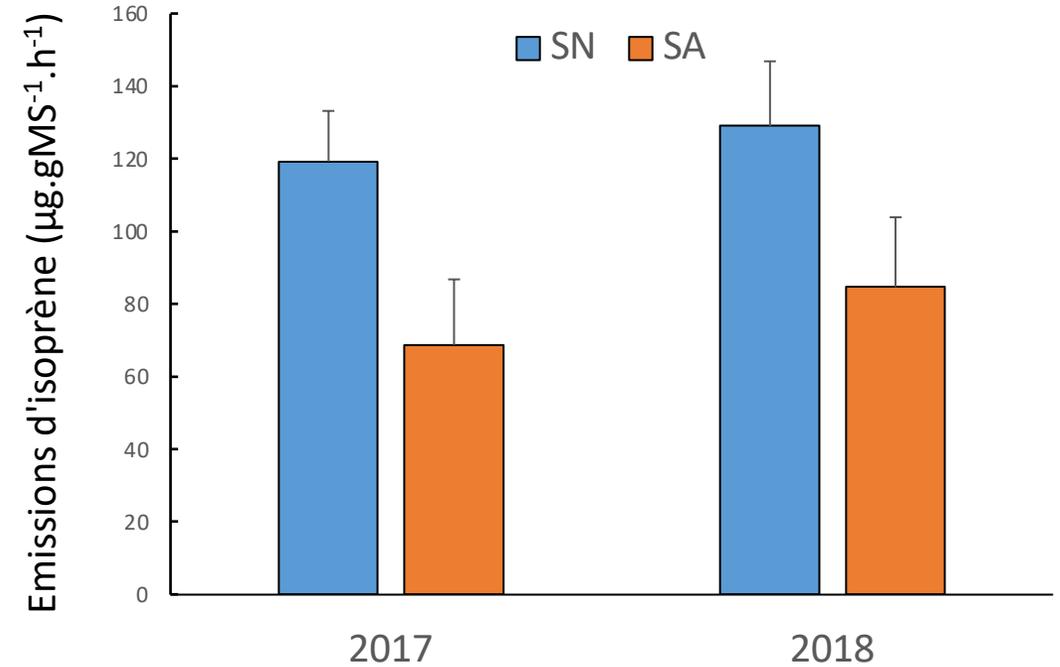
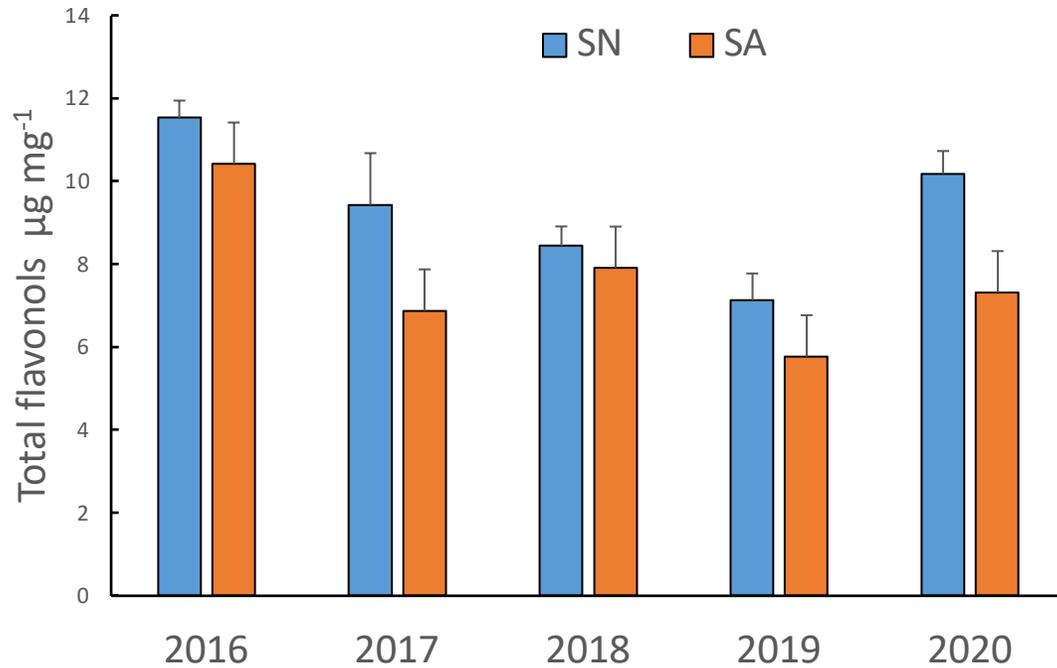
β-CAROTENE



NEOXANTHINE



Métabolites spécialisés



Adaptation à long terme à la sécheresse: augmentation du rapport MP/MS

Points forts/points faibles

Points forts:

- ECCOREV2018 a permis de faire la jonction entre 2 projets (SECPRIME2 et METAPHORES)
- Mise en évidence de la mise en place d'un phénomène d'acclimatation du chêne pubescent à la sécheresse

Points faibles:

- ? , dans l'ensemble le projet a été réalisé tel que prévu.
- Manquent encore des données sur les antioxydants (en cours)

Publications :

- Saunier et al. (2018) Resistance of native oak to recurrent drought conditions simulating predicted climatic changes in the Mediterranean region. *Plant Cell Environ* 41: 2299-2312
- une publication soumise: Ksas et al. soumis à *Photosynth Res* (en révision)
- une publication prévue (ECCOREV 2018 + METAPHORES)
- Rapport final FLEXSense (ESA Contract No. 4000125402/18/NL/NA).

Suite donnée au projet :

- Contrat CNRS MITI Action ‘Adaptation du vivant à son environnement’ : Adaptations **META**bolomiques et Mor**PHO**logiques de la forêt de chêne pubescent après 8 ans de **RE**strictions des précipitations en milieu naturel (METAPHORES), 2020 et 2021.
Coordination : E. Ormeno.
- Thèse CNRS 2020-2023: Justine Laoué, dans le cadre de METAPHORES, à l’IMBE.

METAPHORES

Stress hydrique aggravé et récurrent (9-10 ans)

Stress physiologique : **Tâche 1**

- Assimilation CO₂
- Pression oxydante (OH·)
- ψ
- Cδ13

Défenses chimiques **Tâche 2**

Défenses morphologiques **Tâche 3**

Fonction **Tâche 4**

PPM (caroténoïdes):

- Concentration

PSM (polyphénols, cires cuticulaires):

- Diversité
- Concentration
- Distribution

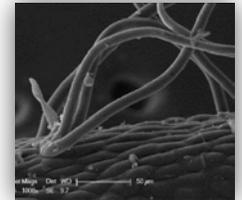
Globale

- Surface
- Epaisseur
- Densité



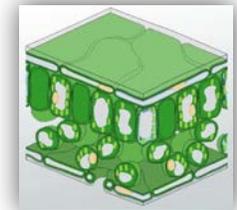
Surface

- Cuticule
- Stomates
- Trichome

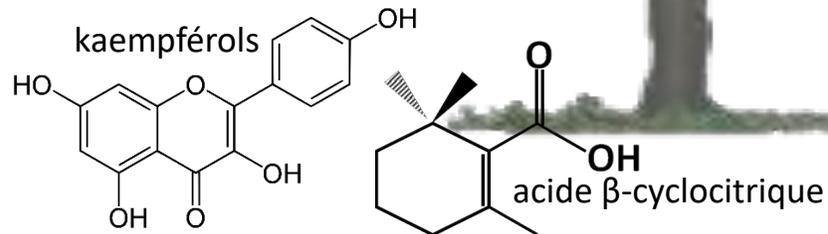


Interne

- Tissues



Trade-offs?



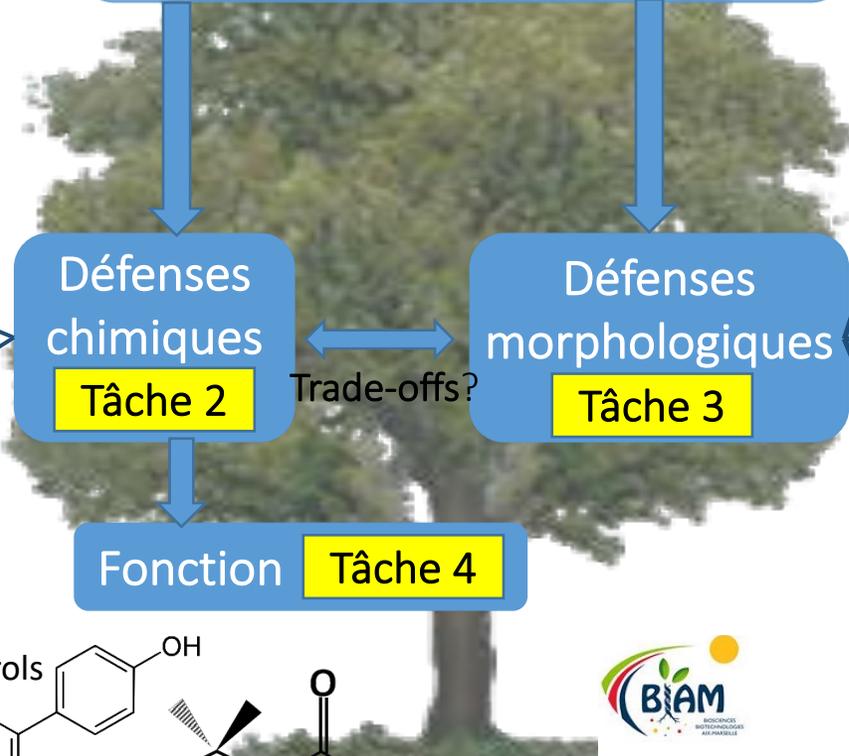
METAPHORES

Stress hydrique aggravé et récurrent (9-10 ans)

Stress physiologique : Tâche 1

- Assimilation CO₂
- Pression oxydante (OH·)

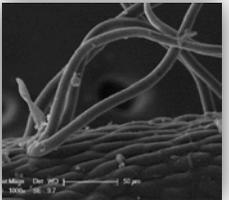
• ψ
 • C δ 13



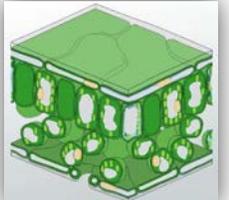
- Globale**
- Surface
 - Epaisseur
 - Densité



- Surface**
- Cuticule
 - Stomates
 - Trichome



- Interne**
- Tissues



PPM (caroténoïdes):

- Concentration



PSM (polyphénols, cires cuticulaires):

- Diversité
- Concentration
- Distribution

