



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



# COÛTS ÉCONOMIQUES DE L'IMPACT DE L'OZONE SUR LES CULTURES AGRICOLES

APollo : Analyse économique des impacts  
de la Pollution atmosphérique de l'Ozone  
sur la productivité agricole et sylvicole

[bibliothèque.ademe.fr](http://bibliothèque.ademe.fr)



# 1. Sensibiliser au sujet : CONTEXTE

# L'agriculture, à la fois victime et responsable des émissions de polluants atmosphériques



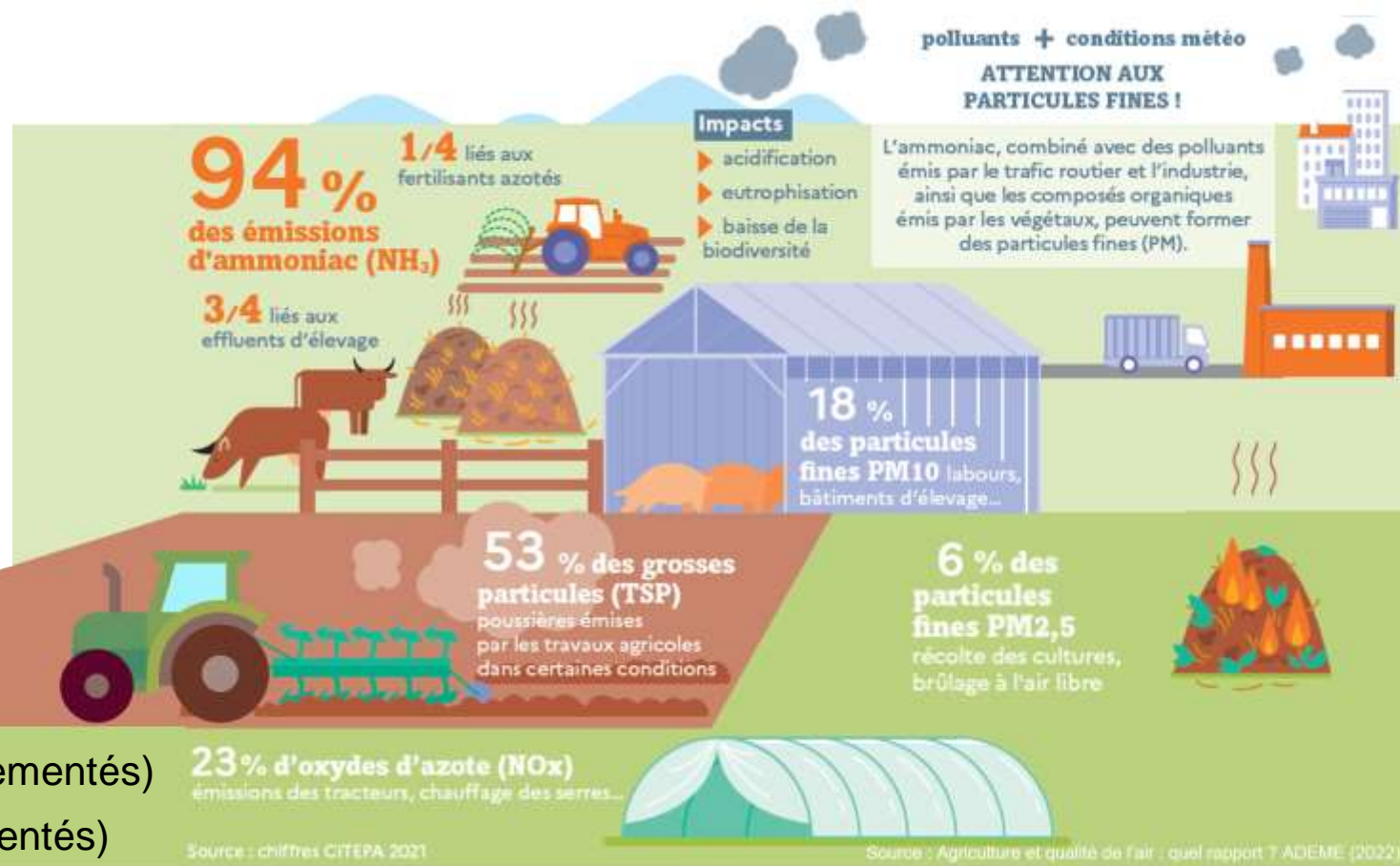
## L'ozone, un polluant oxydant

Exemple du blé tendre en France :  
Sans ce gaz, le gain de production serait d'environ + 6 millions de tonnes/an, soit + 900 millions €/an  
Source : Étude 2020 APollO ADEME

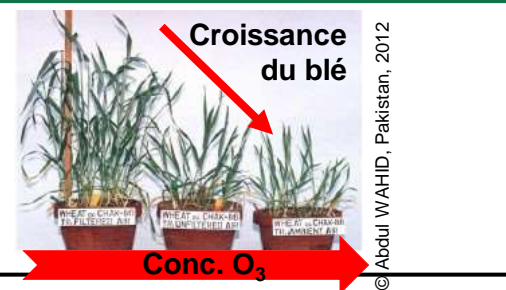
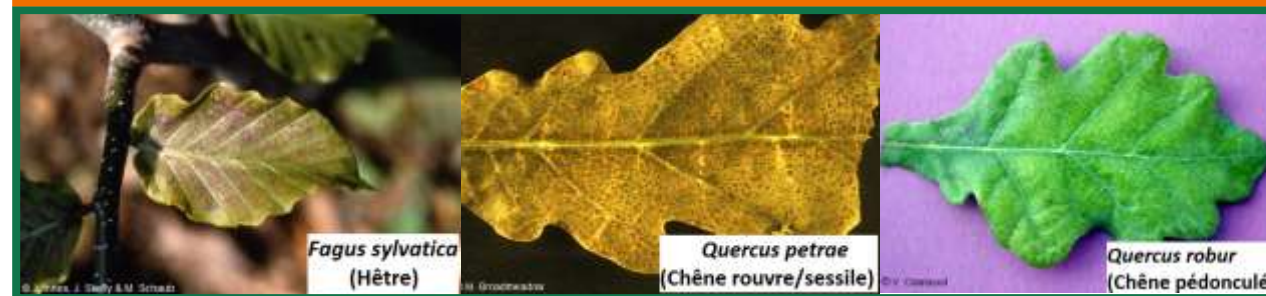
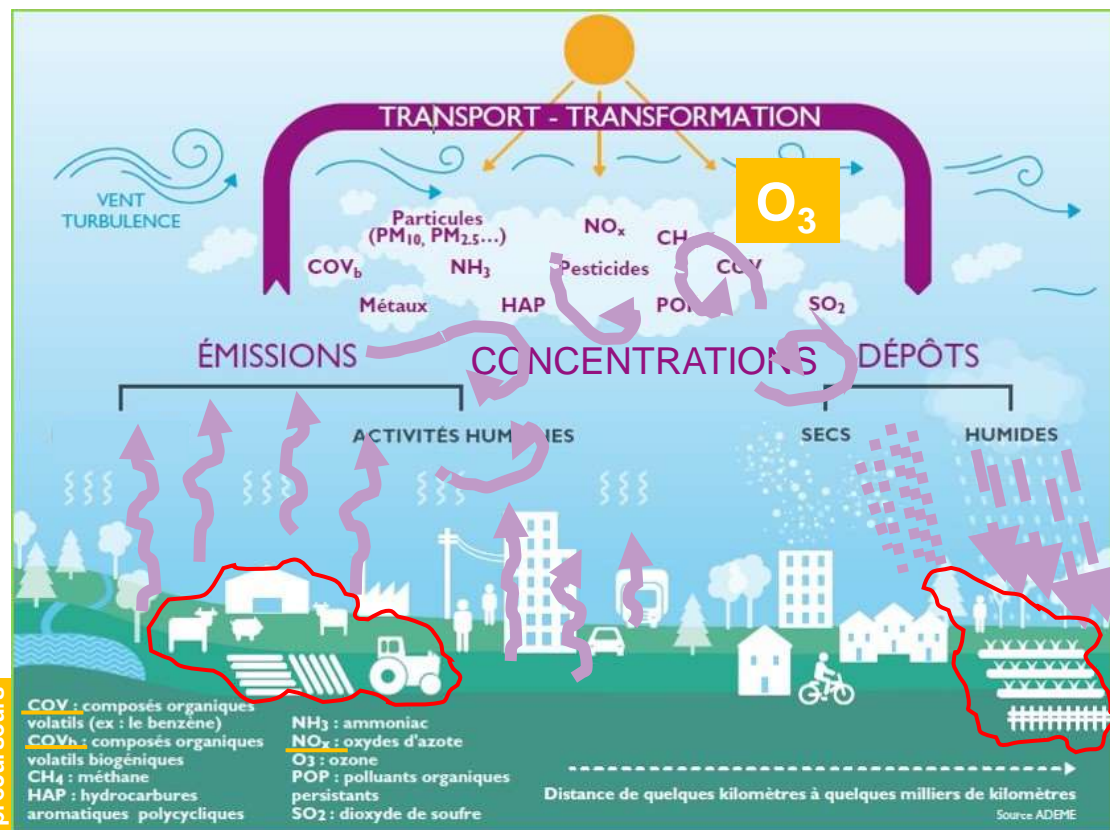
IMPACTS

et ÉMISSIONS y compris

- Pesticides (non réglementés)
- COV<sub>b</sub> 36% (réglementés)



# .....L'ozone (O<sub>3</sub>) nocif pour les cultures et les forêts



$$SUM06 (ppb.h) = \sum_{i=1}^n ([O_3]_i - 60) \text{ quand } [O_3] > 60 \text{ ppb}$$

$$AOT40 (ppb.h) = \sum_{i=1}^n ([O_3]_i - 40) \text{ quand } [O_3] > 40 \text{ ppb et quand } R_g > 50 \text{ W/m}^2$$

$$POD_Y (mmol.m^{-2}) = \sum_{i=1}^n [(FO_3)_i - Y] \text{ quand } FO_3 > Y$$

1. Partie introductive  
c. Agriculture et impacts

# Quelles sont les approches ? ....pour calculer la nocivité de l'ozone chez les plantes

## Relation « DOSE-RÉPONSE »

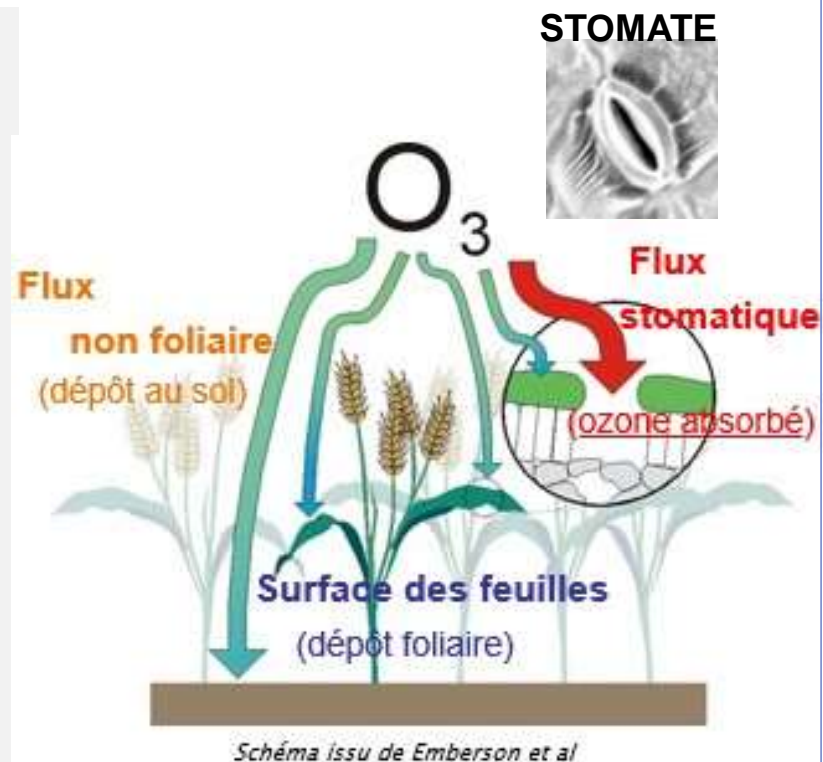
n'intègre pas la réaction de la plante

- ❖ **SUM60** (Heagle, 1989) et **AOT40** (Führer, 1994), deux indicateurs de **cumul annuel de concentration ambiante d'ozone** sur période et seuil donnés.

## Relation « FLUX-IMPACT »

considère davantage le fonctionnement biologique

- ❖ Le **POD<sub>Y</sub>** (Emberson et al., 2000), un indicateur du **cumul de quantité d'ozone entrant dans les feuilles** par les stomates (surface inf.) que la plante n'est pas capable de détoxifier au-dessus d'un seuil Y spécifique à l'espèce ciblée.



**AOT40 réglementé** pour la protection des cultures et des forêts (Directive 2008/50/CE)

Mais, le calcul de l'AOT40 **conduit à de fortes incertitudes** selon les conditions climatiques car il **ne prend pas en compte le stress hydrique** (sous l'effet de la sécheresse la plante ferme ses stomates ...donc réduction du flux stomatique pour limiter l'EVP évapotranspiration).

**POD<sub>Y</sub> non réglementé** mieux adapté (à ce jour) au calcul du risque potentiel d'exposition des plantes vis-à-vis de l'O<sub>3</sub>

Cet indicateur **prend en compte les facteurs environnementaux (dont l'état de stress hydrique)** permettant ainsi de mieux modéliser l'ouverture des stomates.

## 2. Comprendre : RÉSULTATS APoIIO

# APoII0 : Objectifs, méthodes, résultats

## OBJECTIFS

développement méthodologique et quantification des impacts O<sub>3</sub>

- **Développer un outil d'Aide à la Décision OAD** (d'évaluation et de monétisation des impacts de l'ozone)
- **Quantifier les impacts de l'ozone** sur la production et le coût pour le secteur agricole et sylvicole en France et en Europe

## MÉTHODOLOGIE

basée sur l'approche jugée la plus pertinente et des données spécifiques

- **Indice "Phytotoxic Ozone Dose"** :
  - ❖ POD<sub>6</sub> esp. cultivées,
  - ❖ POD<sub>1</sub> essences ligneuses et prairiales.
- **CULTURES** : blé tendre, tomates pleins champs, pommes de terre, **PRAIRIES** : trèfle et violette, **FORÊT** : \_épicéa, chênes et hêtre
- **Application de l'OAD à 3 cas** : **EUROPE** : basé sur *Eurodelta-Trends* (\*EU28, 1990-2010) ; **FRANCE** : sur l'année 2003 (source\*), sur l'étude *PREPA* (source\*\* : 2010, 2020, 2030), sur des séries intégrées (sources\* et \*\* : 1990-2010 et 2020 et 2030)

(\*) Colette, A., Andersson, C., Manders, A., et al. (2017): EURODELTA-Trends, a multi-model experiment of air quality hindcast in Europe over 1990–2010, *Geosci. Model Dev.* 10(2017), pp. 3255-3276.

(\*\*) Rapport PREPA juin 2016 - Aide à la décision pour l'élaboration du « Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques ».

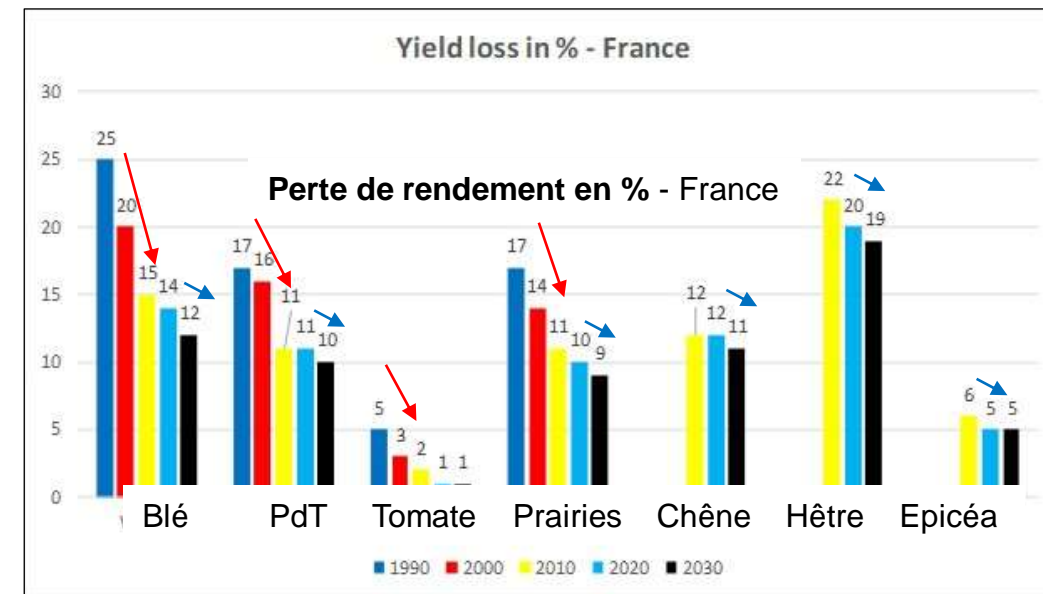
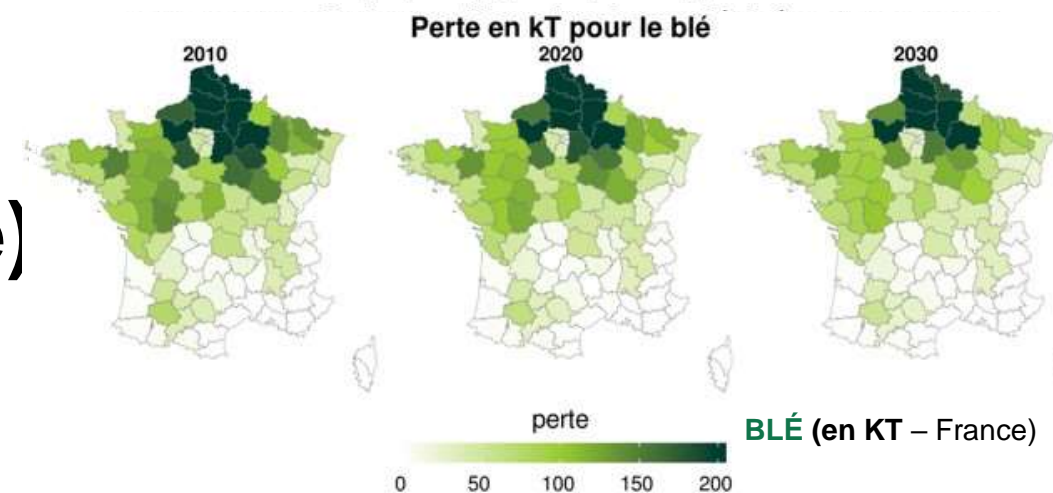
# Perte de rendement en France (effet O<sub>3</sub> – en quantité et pourcentage)

Des **différences notables** (en quantité au niveau des régions, voir des départements), pour une même culture (kilo tonnes) ou essence (milliers de m<sup>3</sup>). Pour le Blé/domaine France, les pertes estimées se situent davantage dans la moitié nord de la France (le max.2010 pour la Somme avec 322 KT de blé non produit dû à O<sub>3</sub>).

Une **baisse de production** (en %) plus forte sur la période 1990-2010, et une estimation d'une moindre baisse à l'horizon 2020 et 2030.

En France, pour le **blé tendre, sans impacts d'ozone**, la production augmenterait (jusqu'à **+15%** en moyenne) et le gain de production serait de **+6 millions de tonnes de grains par an** en moyenne.

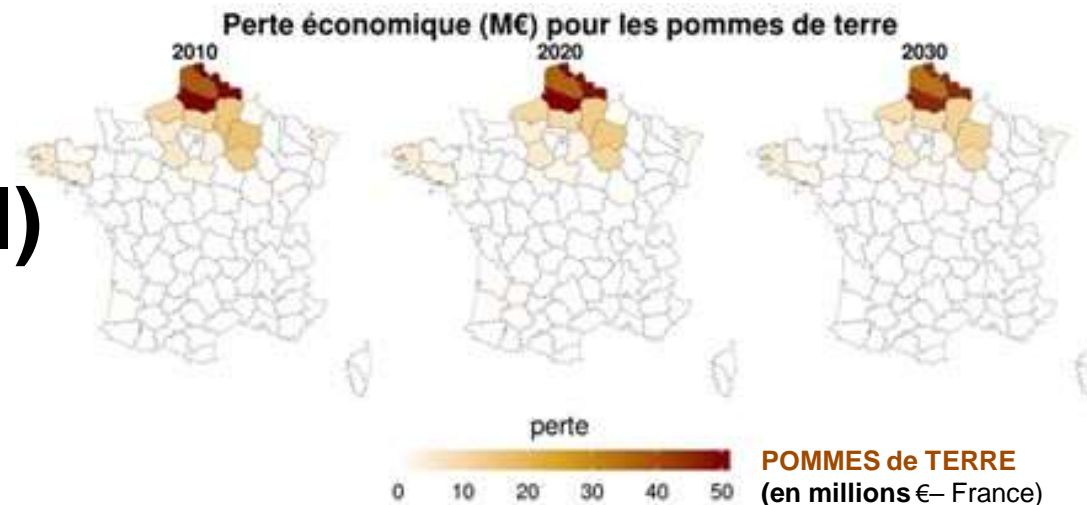
Pour les autres esp. étudiées, en France, **des pertes** plus élevées (en 2010) en moyenne **jusqu'à -22 % pour le hêtre, -12 % pour le chêne et -11 % pour les prairies** (soit 4,5 millions de tonnes) et **-11% pour les pommes de terre** (soit 900 mille tonnes par an).





# Perte économique pour la France (effet O<sub>3</sub> - département et national)

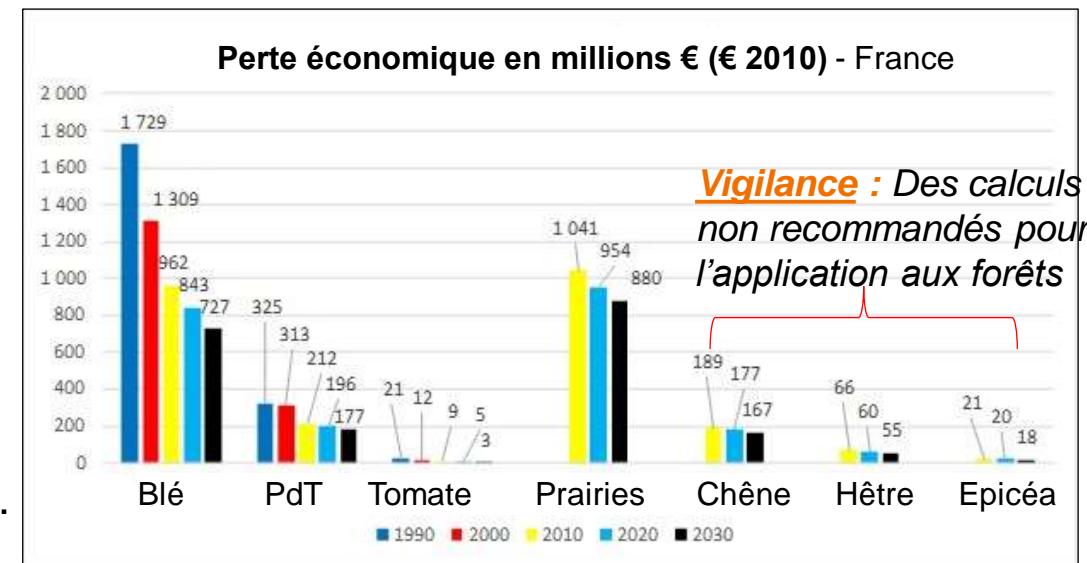
Des pertes économiques importantes (en année de référence/2010) avec près d'1 milliard € pour le blé tendre, plus d'1 milliard € pour les prairies et plus de 200 millions € pour les pommes de terre.



Et à l'horizon 2020/2030, pertes toujours aussi élevées (ex. Le blé : avec 843 millions € en 2020 et environ 730 millions € en 2030 ; les prairies environ 900 millions € en 2030 ; les potatoes près de 180 millions € en 2030).

Les effets de l'ozone sur les cultures (pour le blé, pommes de terre, tomates plein champs) et les prairies, sont estimés à près d'1,8 milliards d'euros (en 2030),

donc cela augmente le poids de l'impact de l'O<sub>3</sub> dans les coûts externes.



# A retenir : Les principales conclusions (APollIO)

**CONFIRME** que l'ozone perturbe certaines productions agricoles/sylvicoles (**quantités en diminution**), a des **conséquences économiques** et **altère la qualité des produits agricoles**.

**PROPOSE** un outil validé de calcul du PODy, disponible sous la forme d'un script en langage R, et accessible en open source (dès la 1<sup>ère</sup> publication scientifique faites)

**DÉMONTRE** que les activités agricoles/sylvicoles constituent **en France** un secteur économique qui **subit de manière très significative** et directement les impacts de la PA (**ozone**), mais leurs propres émissions de polluants précurseurs (NOx et COV) contribueraient assez peu à ces impacts de l'O<sub>3</sub>. **Le coût pour la protection des cultures et prairies en France (~1 800 M€) est donc plus important que le seul coût des effets sanitaires imputables à l'ozone seul dans le scénario 2030 PREPA (~500 millions €).**

**FOURNIT** des résultats validés et comparables à d'autres études. Pour le blé, une perte économique en France, en 2000, de 1,3 milliards € (en € de 2010) versus estimé à plus de 800 millions d'euros en France dans l'étude de Mills & Harmens (2011).

**MET EN AVANT** (via l'enquête menée auprès des conseillers agricoles dans le projet) que les leviers d'actions disponibles auprès des agriculteurs ne sont pas si nombreux et si efficaces pour s'adapter aux situations de pollution photochimique et **limiter les effets chroniques de l'ozone sur les cultures**, d'où en priorité le besoin de **réduire les émissions précurseurs (NOx et COV) issus des autres secteurs d'activités économiques**.

| SCÉNARIO 2030   | COÛTS<br>en millions € (ref. € de 2010) |
|---|---|
| Coûts sanitaires (PM <sub>2.5</sub> , O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> )                                  | 22 239*                                 |
| <u>dont seul coût sanitaire O<sub>3</sub></u>   | <u>502*</u>                             |
| Coûts sur les cultures <sup>a</sup> et prairies <sup>b</sup> (O <sub>3</sub> ) – <u>valeurs corrigées</u> | <u>1 786**</u>                          |

(~ 4 fois plus)

a) Blé, Pommes de terre, Tomates de plein champs ; b) Trèfle, Violette

(\* )Allemant, N., Rouïl, L. et al. (2017). Évaluation ex-ante des émissions, concentrations et impacts sanitaires du projet de PREPA (Plan National de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques), MEEM, 42 pages. (rédaction CITEPA et INERIS)

(\*\* )Schucht et al. (2020). Coût économique pour l'agriculture des impacts de la pollution de l'air par l'ozone - **APollIO** : Analyse économique des impacts de la pollution atmosphérique de l'ozone sur la productivité agricole et sylvicole en France. Rapport et synthèse ADEME, 160 et 24 pages. (rédaction INERIS et APCA)

# A retenir : Les principales conclusions (APollIO)

**CONFIRME** que l'ozone perturbe certaines productions agricoles/sylvicoles (**quantités en diminution**), a des **conséquences économiques** et **altère la qualité des produits agricoles**.

**PROPOSE** un outil validé de calcul du PODy, disponible sous la forme d'un script en langage R, et accessible en open source (dès la 1<sup>ère</sup> publication scientifique faites)

**DÉMONTRE** que les activités agricoles/sylvicoles constituent **en France** un secteur économique qui **subit de manière très significative** et directement les impacts de la PA (ozone), mais leurs propres émissions de polluants précurseurs (NOx et COV) contribueraient assez peu à ces impacts de l'O<sub>3</sub>. Le **coût pour la protection des cultures et prairies en France (~1 800 M€)** est donc plus important que le seul coût des effets sanitaires imputables à l'ozone seul dans le scénario 2030 PREPA (~500 millions €).

**FOURNIT** des résultats validés et comparables à d'autres études. Pour le blé, une perte économique en France, en 2000, de 1,3 milliards € (en € de 2010) versus estimé à plus de 800 millions d'euros en France dans l'étude de Mills & Harmens (2011).

**MET EN AVANT** (via l'enquête menée auprès des conseillers agricoles dans le projet) que les leviers d'actions disponibles auprès des agriculteurs ne sont pas si nombreux et si efficaces pour s'adapter aux situations de pollution photochimique et **limiter les effets chroniques de l'ozone sur les cultures**, d'où en priorité le besoin de **réduire les émissions précurseurs (NOx et COV) issus des autres secteurs d'activités économiques**.

**CONCLUSIONS tirées de l'enquête** (auprès des conseillers des CA sur les connaissances des agriculteurs et leurs stratégies pour limiter/compenser les effets de l'ozone sur les rendements) - **blé tendre et chânaie** –

- Apports supplémentaires d'azote ;
- Traitements phytosanitaires supplémentaires ;
- Utilisation supplémentaire de régulateurs de croissance ;
- Un changement de cultures ;
- Gestion de l'irrigation.

**Toutes ces adaptations seraient refusées par les exploitants, jugées non pertinentes.**

**Mieux vaut régler le problème à la source, plutôt que d'en limiter les conséquences**



# RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

[Pour en savoir plus](#)

*En Open source  
sur Github*

MERCI de votre attention



Direction Villes et Territoires Durables / Service de la Qualité de l'air ([étude APollO cofinancée par l'ADEME](#))  
Contacts : *Laurence GALSOMIÈS* (ADEME/SEQA) et *Simone SCHUCHT* (INERIS –porteur du projet)