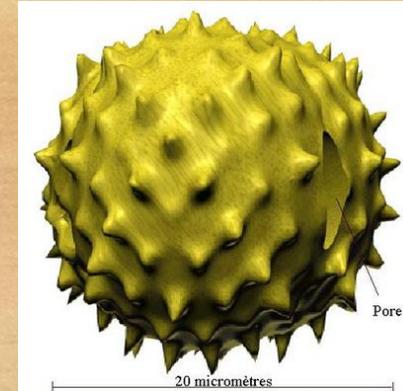


**Prévision de la date
de début de pollinisation (DDP)
de l'ambroisie :**



**présentation
et essai de validation du modèle**



Samuel Monnier, Jean-Pierre Besancenot

- *Ambrosia artemisiifolia*, l'ambroisie à feuilles d'armoise, communément appelée ambroisie, fait partie de la famille des Composées (Astéracées)
- C'est une plante envahissante, apparue pour la première fois en France à la fin du XIX^{ème} siècle. Elle provient d'Amérique du Nord et l'Homme est le vecteur principal de son introduction et de son expansion. Elle pousse préférentiellement dans les cultures de printemps et plus particulièrement le tournesol, les terrains abandonnés, les friches, le long des routes, des voies ferrées, des vergers...
- Son pollen est très allergisant, il suffit de quelques grains de pollen par mètre cube d'air pour que les symptômes apparaissent. Depuis environ 20 ans, elle est en pleine expansion et colonise une grande partie de la France
- Les espèces anémophiles comme l'ambroisie produisent beaucoup de grains de pollen (plusieurs millions de grains de pollen par plante) pour que leur fécondation due au hasard ait plus de chance d'être efficace
- Le changement climatique et la météorologie jouent un rôle important sur les pollens et les allergies et notamment sur le début et la durée de la saison pollinique, les quantités de pollens émis...

Levée

Cotylédons

Feuilles opposées

Période : Avril-Mai

avril

mai

juin

Croissance

Feuilles alternes dans le haut

Apparition des inflorescences

Période : Juin-Juillet

juillet

août

Floraison

Etamines jaunâtres visibles

Emission du pollen

Période : Août-Septembre

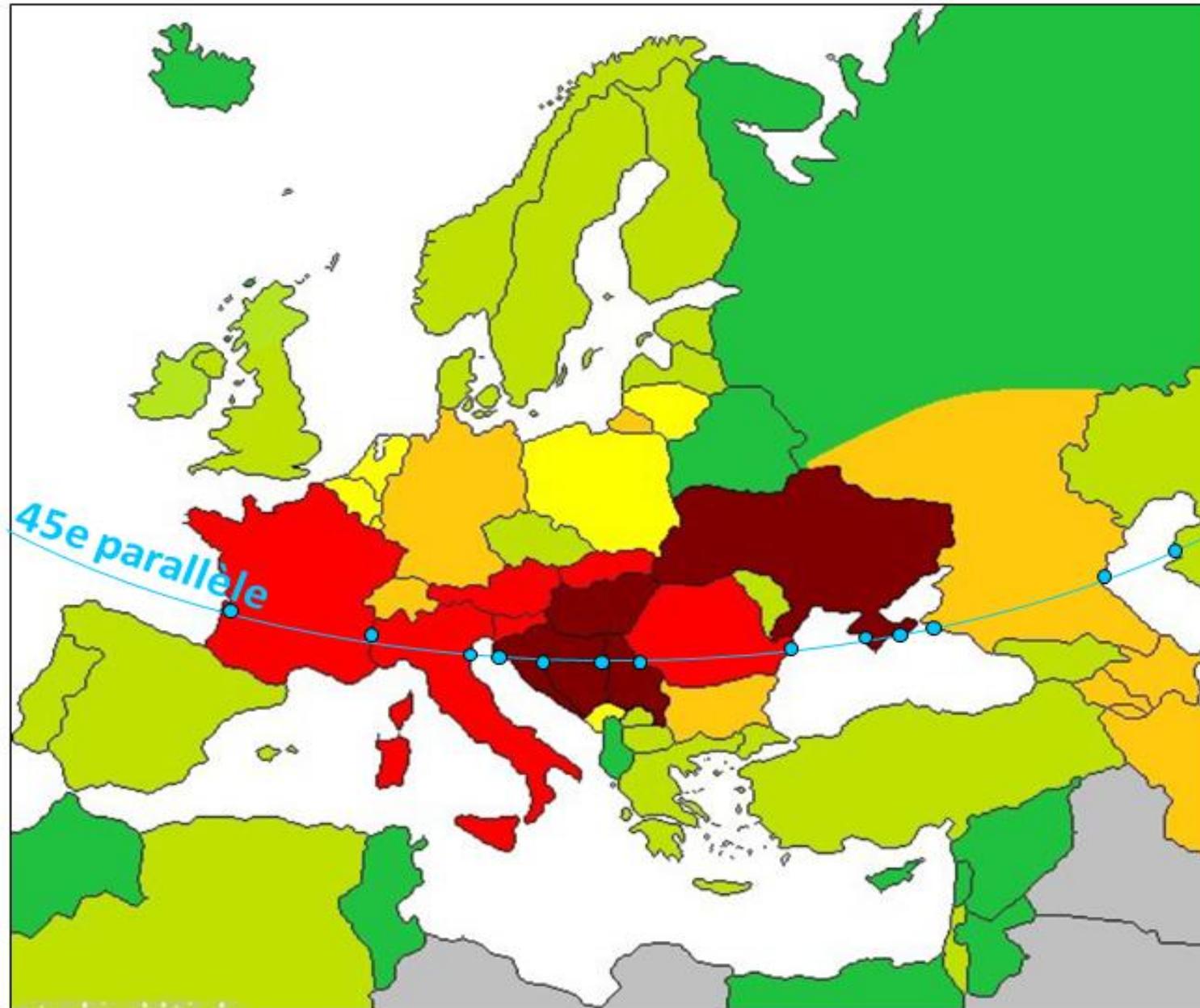
septembre

octobre



Sa répartition actuelle

Source : Observatoire des ambroisies



-  Pas de données
-  Pas d'introduction signalée – Plante absente
-  Introductions peu nombreuses – Très faible succès reproducteur – Plante absente ou très rare
-  Introductions peu nombreuses – Faible succès reproducteur – Plante très rare ou rare
-  Introductions répétées – succès reproducteur avéré – expansion limitée. Plante rare, seulement naturalisée sur une partie du territoire
-  Introductions répétées – Succès reproducteur avéré – En expansion. Plante rare ou peu commune – Naturalisée sur une partie du territoire avec des zones à forte densité
-  Introductions répétées – Succès reproducteur avéré – Plante commune – Naturalisée sur l'ensemble du territoire avec des zones à densité plus ou moins importante

- LAAIDI M., THIBAUDON M., BESANCENOT J.P., 2003 : Two statistical approaches to forecast the start and duration of the pollen season of *Ambrosia* in the Lyons's area (France). *International Journal of Biometeorology*, vol. 48, n° 2, pp. 65-73.
- LAAIDI M., THIBAUDON M., BESANCENOT J.P., 2004 : How to predict the date of the start of the pollination of a plant from the meteorological data: the example of ragweed at Lyon, *Allergie & Immunologie*, vol. 36, n° 7, pp. 268-271.
- BESANCENOT J.P., CASSAGNE E., 2006 : Préviation de la date de démarrage de pollinisation de la plante". *Ambrosie France 2006*. Saint-Genis-L'Argentière : RNSA, p. 6.
- CASSAGNE E., 2008 : *Préviation journalière des pollens sur le territoire français, avec un objectif d'information sanitaire des populations allergiques*. Dijon : Université de Bourgogne, *Thèse de doctorat*, 340 p.
- OLIVER G., THIBAUDON M., BESANCENOT J.P., 2012 : *Prévisions de la pollinisation du bouleau, des graminées et de l'ambrosie*. Communication aux JES, Metz, 38 diapos.
- BESANCENOT J.P., 2013 : Préviation du début de pollinisation de l'ambrosie à Lyon. *Ambrosie France 2013*. Brussieu : RNSA, pp. 14-15.

DDP = date de début de pollinisation
≠ date d'apparition du premier grain
= premier pic d'émission pollinique susceptible
de provoquer un risque allergique non négligeable

Différents critères
(en évitant de p
vis-à-vis de l'

▶ **CASSAGNE E., 2009 : Rev**
tion et méthodes de prévis
Française d'Allergologie, vo

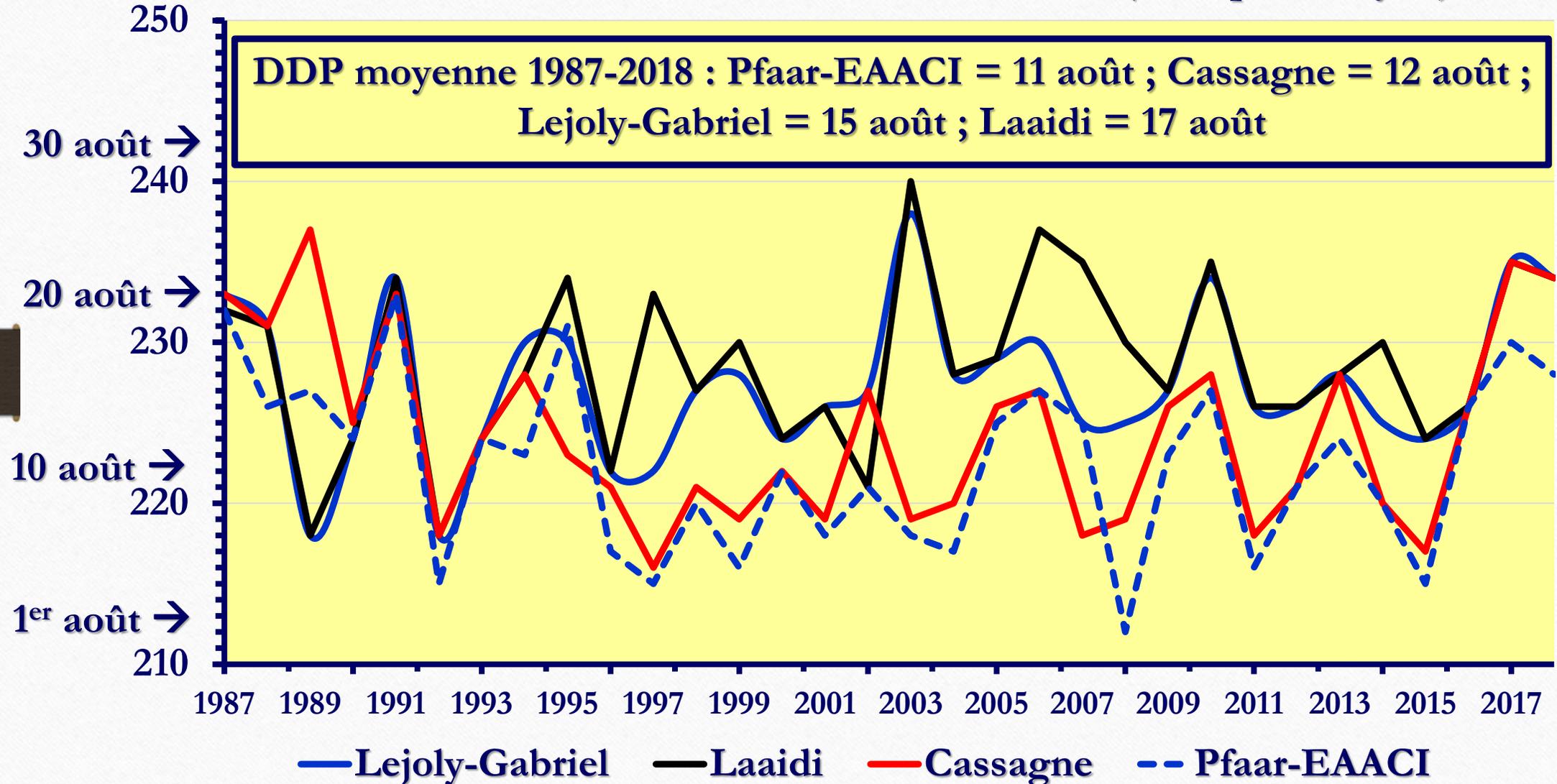


ation de la DDP
our trop isolé
pollinique)

ipaux seuils de détermina-
Pollinisation (DDP). *Revue*

- M. Lejoly-Gabriel (1978) : premier jour (J) où l'on atteint simultanément 1 % de la production totale saisonnière d'un taxon donné et 5% de la production cumulée jusqu'à ce jour
- M. Laaidi *et al.* (2003, 2004) : jour (J) où la production cumulée depuis le début de la saison atteint 2 % de la production totale
- E. Cassagne (2008) : premier jour (J) atteignant 6 grains/m³ (soit un niveau « moyen » dans l'échelle de risque du RNSA, tirée de M.R. Ickovic *et al.*, 1988, et de M. Thibaudon, 2003), à condition que le total cumulé de J à J₊₂ soit ≥ 18 grains/m³
- O. Pfaar *et al* (EAACI, 2017) : premier jour (J) de 5 jours (pas nécessairement consécutifs, mais à l'intérieur d'une période de 7 jours) où chacun de ces cinq jours enregistre ≥3 grains/m³, avec un cumul sur ces cinq jours de ≥30 grains/m³

Mais toutes ces définitions donnent des résultats assez voisins (exemple de Lyon) :



Même si cela comporte une part d'arbitraire, le critère proposé par E. Casagne (2008) a été retenu ici (*premier jour [J] atteignant 6 grains/m³, avec un total cumulé ≥ 18 grains de J à J₊₂*)

Deux avantages : 1/ seuil brut, 2/ seuil déterminé en fonction des niveaux de risque identifiés par le RNSA (RAEP)

Variabilité interannuelle non négligeable :

- DDP la plus précoce : 4 août (en 1997)
- DDP la plus tardive : 25 août (en 1989) Soit un écart de 21 jours



Intérêt de prévoir la DDP à partir des données météorologiques

- Principalement sur Lyon
- Avec quelques indications sur des localités plus au nord (Nevers) et plus au sud (Valence)

Les prévisions de DDP peuvent s'appuyer sur plusieurs méthodes, employées successivement ou simultanément, et qui font intervenir :

- Soit un **cumul de températures journalières**, à partir d'une date prédéfinie (supposée correspondre au début de la période végétative de la plante considérée), au-delà d'un certain seuil thermique (à partir duquel on considère que ladite plante peut se développer) et jusqu'à obtention d'un total jugé suffisant pour que le pollen arrive à maturité ; le jour où ce cumul est atteint correspond à la DDP

- Soit une **régression linéaire multiple** qui prend en compte la **conjonction de plusieurs variables météorologiques indépendantes**. Pour les espèces pollinisant en début de printemps (bouleaux), une des espèces standards nous pollinise, la non-pollinisation critique des départs du cycle végétatif. De plus, pour les espèces semencières, les méthodes prenant en compte plusieurs paramètres météorologiques

La régression linéaire multiple permet de prévoir la DDP en établissant une relation statistique entre la variable prédite (DDP) et plusieurs variables explicatives (température, humidité relative, précipitations, insolation...) au pas de temps décadaire ou semi-mensuel

- Détermination des corrélations entre la DDP et les différentes variables explicatives (distribution non gaussienne → corrélation des rangs de Spearman)
- Sélection des variables explicatives ayant les plus forts coefficients de corrélation avec la DDP
- Application d'une régression multiple pas à pas avec sélection ascendante des prédicteurs
- Sélection des équations qui contiennent, à la fois, des variables indépendantes (non corrélées entre elles) et une forte variance expliquée

Exemple de Lyon

- **Données polliniques de Lyon-Gerland**
- **Données météorologiques de Lyon-Bron (distance ~ 6 km)**
- **Régression multiple linéaire sur les années 1987-2006 (« fichier d'apprentissage »)**
- **Application rétrospective sur les années 1987-2006**
- **Application prospective « en temps réel » chaque année à partir de 2007**
- **Réactualisation du modèle tous les deux ans**

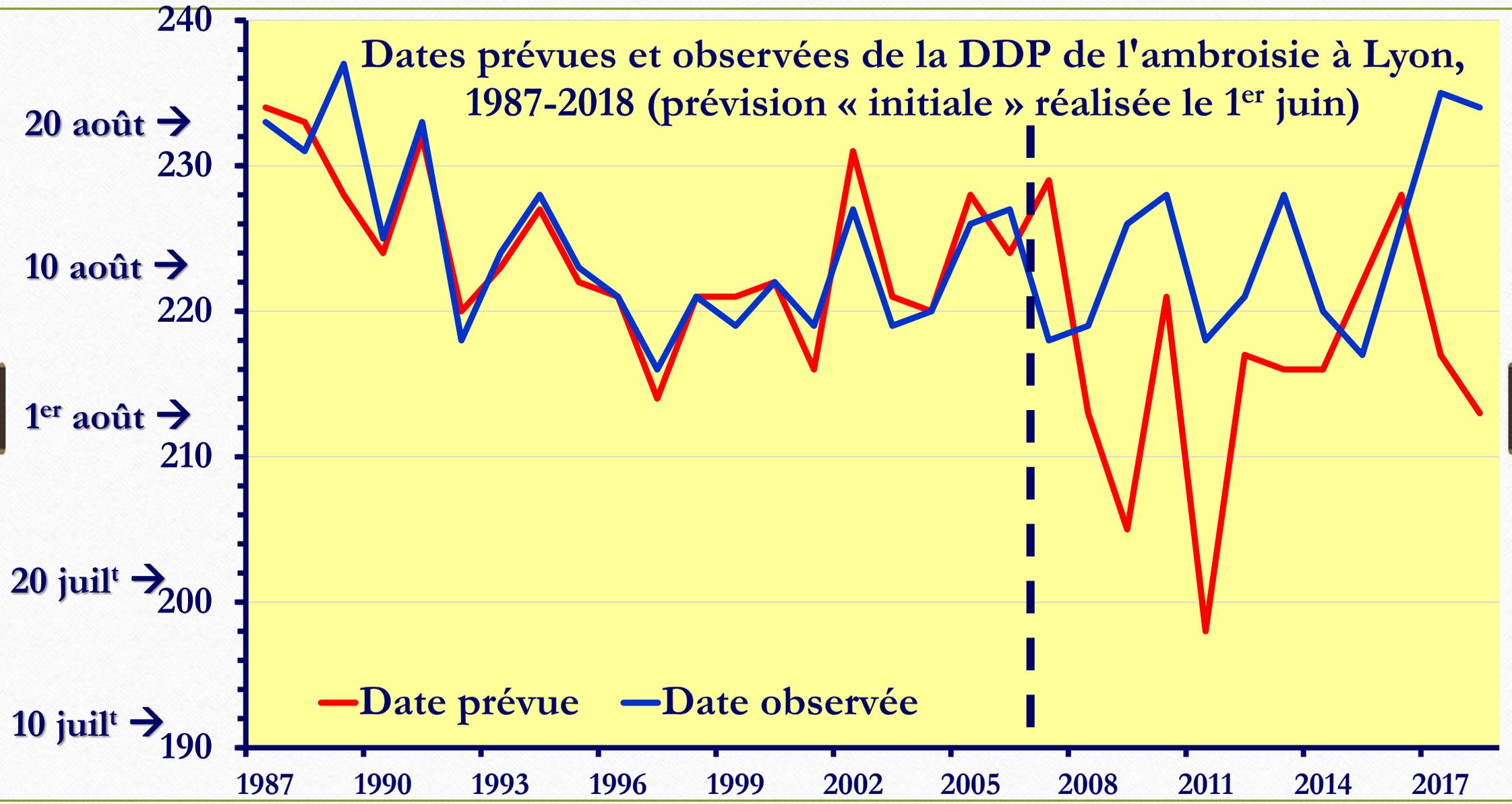
Prévision « initiale » (réalisable dès le 1^{er} juin)

Équation 2018 :

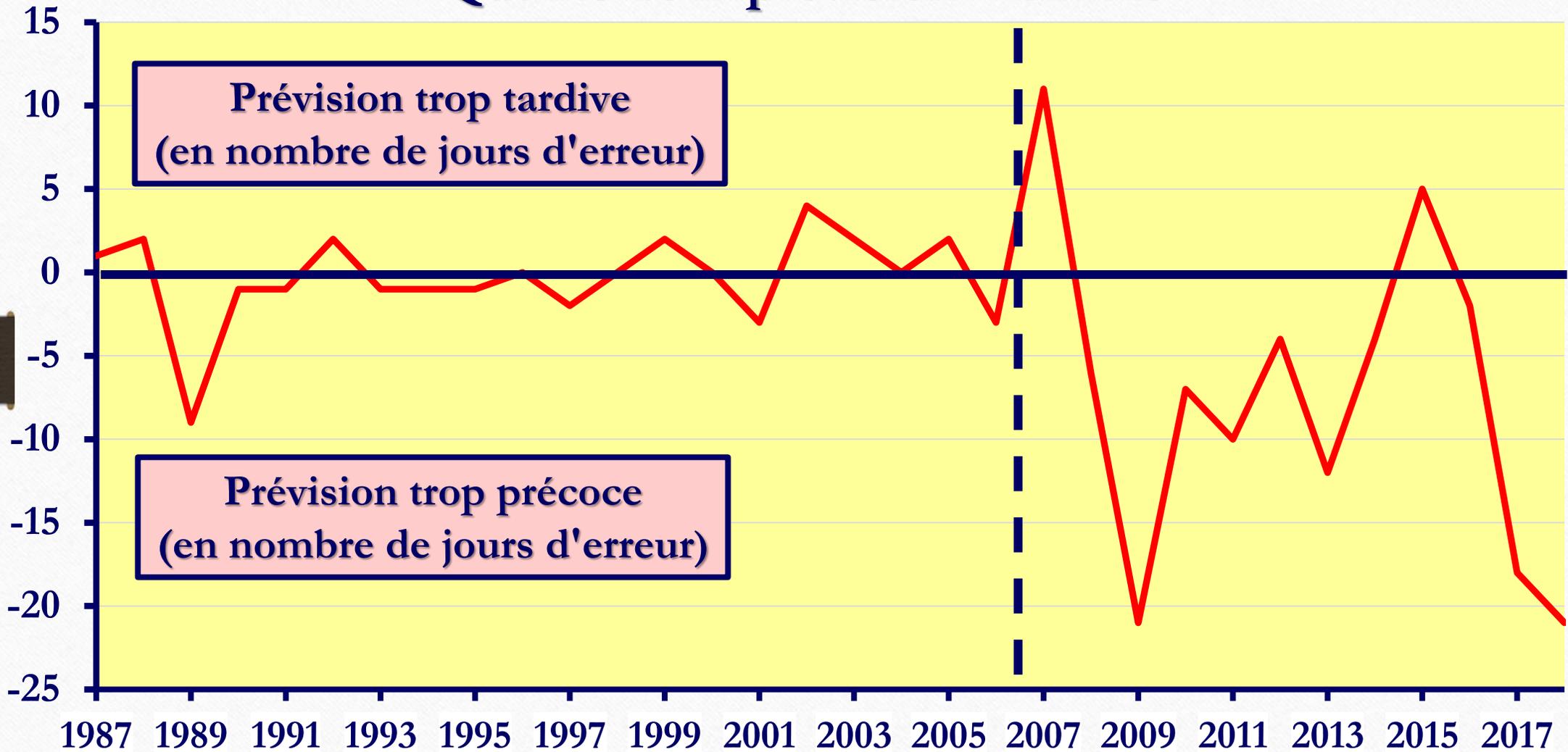
$$\text{DDP} = 159,379 + 0,732 * \text{Hx}_{16-30\text{Avr}} + 0,022 * \text{Insol}_{16-30\text{Avr}} - 1,859 * \text{Tn}_{16-31\text{Mai}} + 0,017 * \text{Insol}_{16-31\text{Mai}}$$

Hx = Humidité relative maximale (%)	2 ^{ème} quinzaine d'avril
Insol = Durée d'insolation (mn)	
Tn = Température minimale (°C)	2 ^{ème} quinzaine de mai
Insol = Durée d'insolation (mn)	

Dates prévues et observées de la DDP de l'ambroisie à Lyon,
1987-2018 (prévision « initiale » réalisée le 1^{er} juin)



Qualité de la prévision « initiale »



La prévision ainsi obtenue présente une *erreur absolue moyenne* très faible en début de période (< 2 jours sur la série 1987-2006), mais qui s'est fortement dégradée ensuite (~10 jours sur les douze dernières années, avec un maximum de 21 jours en 2018 ; sur la série complète, l'erreur moyenne s'établit à 4,9 jours)

L'intérêt majeur de cette prévision « initiale » tient à l'absence de toute variable des mois de juin et juillet – ce qui permet de diffuser une information très tôt dans la saison

Toutefois, cette prévision peut être entachée d'une marge d'erreur inacceptable, dont on a du mal à cerner les causes (conditions météorologiques « anormales » au cours du bimestre juin-juillet ? changement sur les années récentes ?...)

 **Nécessité d'affiner la prévision « initiale » à mesure que l'on avance dans la saison**

L'affinement de la prévision « initiale » à partir du début juillet

- **Par d'autres régressions linéaires multiples, qui prennent en compte d'autres variables météorologiques et d'autres périodes (début juillet)**
- **Par des méthodes de cumul des températures**

$$\text{DDP} = 165,33 - 0,0015 * \text{Insol}_{2-11 \text{ Mar}} + 0,0011 * \text{Insol}_{30 \text{ Jun}-9 \text{ Jul}} - 1,38 * \text{Tn}_{21-30 \text{ May}} + 0,62 * \text{Hx}_{22-31 \text{ Mar}} + 0,23 * \text{Hx}_{21-30 \text{ Apr}} \quad (1)$$

$$\text{DDP} = 173,25 - 0,0016 * \text{Insol}_{2-11 \text{ Mar}} + 0,0015 * \text{Tn}_{30 \text{ Jun}-9 \text{ Jul}} - 1,09 * \text{Tn}_{21-30 \text{ May}} + 0,71 * \text{Hx}_{22-31 \text{ Mar}} \quad (2)$$

$$\text{DDP} = 187,30 + 0,0013 * \text{Insol}_{30 \text{ Jun}-9 \text{ Jul}} - 1,65 * \text{Hn}_{22-31 \text{ Mar}} + 0,43 * \text{Hx}_{21-30 \text{ Apr}} \quad (3)$$

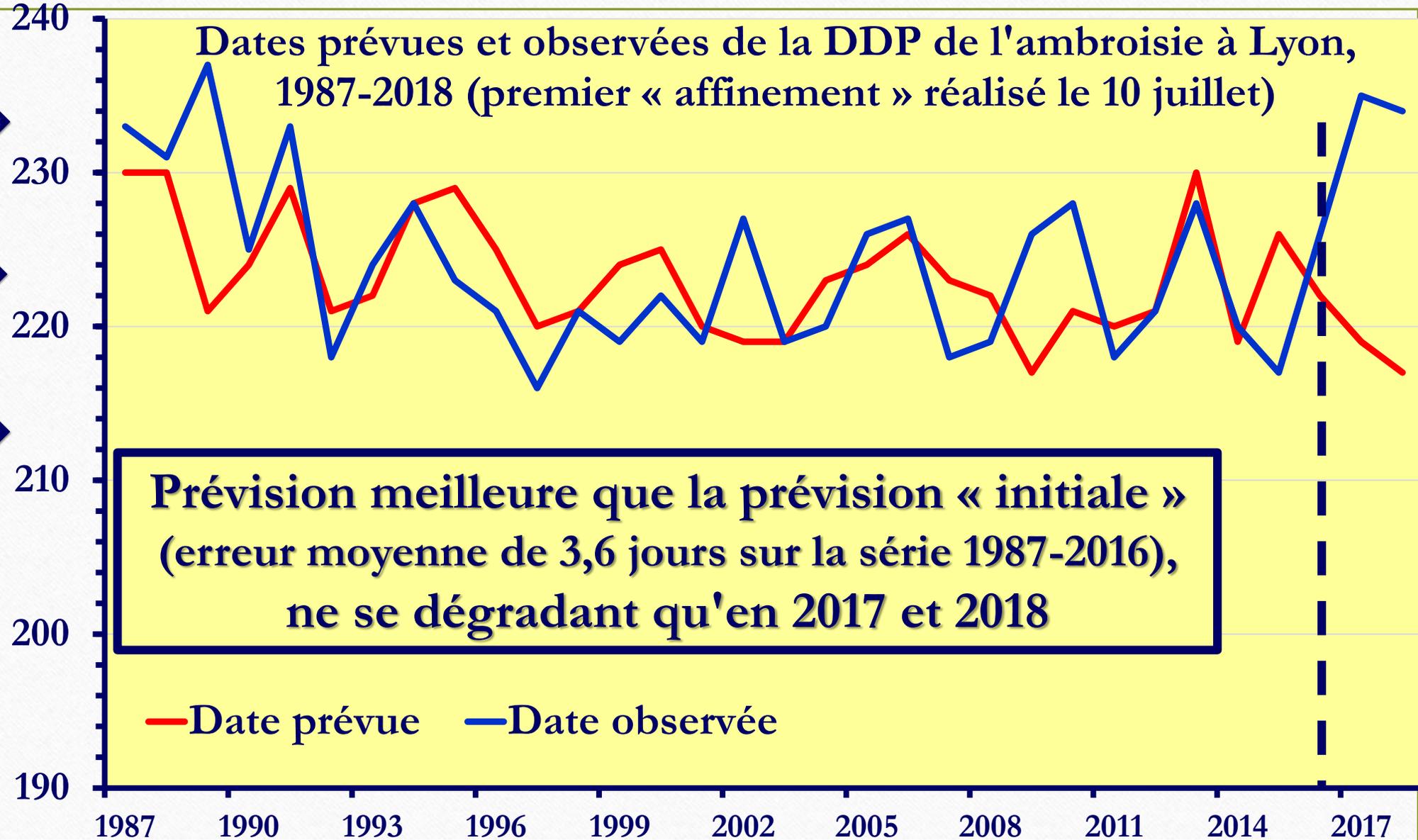
$$\text{DDP} = 178,53 - 0,0016 * \text{Insol}_{2-11 \text{ Mar}} + 0,0015 * \text{Insol}_{30 \text{ Jun}-9 \text{ Jul}} + 0,70 * \text{Hx}_{22-31 \text{ Mar}} - 0,97 * \text{Tm}_{21-30 \text{ May}} \quad (4)$$

$$\text{DDP} = 193,44 - 0,0017 * \text{Insol}_{2-11 \text{ Mar}} + 0,0016 * \text{Insol}_{30 \text{ Jun}-9 \text{ Jul}} - 0,97 * \text{T}(-20 \text{ cm})_{21-30 \text{ May}} + 0,53 * \text{Hx}_{22-31 \text{ Mar}} \quad (5)$$

Les équations (1) à (5) ou, à défaut, (1) à (4) permettent de définir la fourchette de probabilité, l'équation (1) donnant la journée la plus probable

Dates prévues et observées de la DDP de l'ambroisie à Lyon, 1987-2018 (premier « affinement » réalisé le 10 juillet)

20 août →
10 août →
1^{er} août →
20 juil^t →
10 juil^t →



Prévision meilleure que la prévision « initiale » (erreur moyenne de 3,6 jours sur la série 1987-2016), ne se dégradant qu'en 2017 et 2018

— Date prévue — Date observée

Méthode de cumul des températures

- Seule méthode qui tient compte des conditions météorologiques précédant immédiatement le début de la pollinisation

Théoriquement, les méthodes de cumul ne permettent une prévision que la veille ou le jour de la DDP ; en pratique, le recours aux températures prévues par Météo-France permet de fournir cette prévision 5, 10, voire 15 jours à l'avance, ou plus tôt encore en utilisant les « normales » (la « climatologie »)

- Plusieurs dates de début de cumul et plusieurs seuils de température ont été testés ; la meilleure date de départ et le seuil le plus approprié ont été choisis comme ceux qui donnent le plus faible coefficient de variation)
- ↪ **Cumul des températures moyennes journalières supérieures à 6,0°C, à partir du 11 avril, jusqu'à obtention d'un total supérieur à 2239,3°C**

Exemple d'une année où la prévision a été réussie : 2012

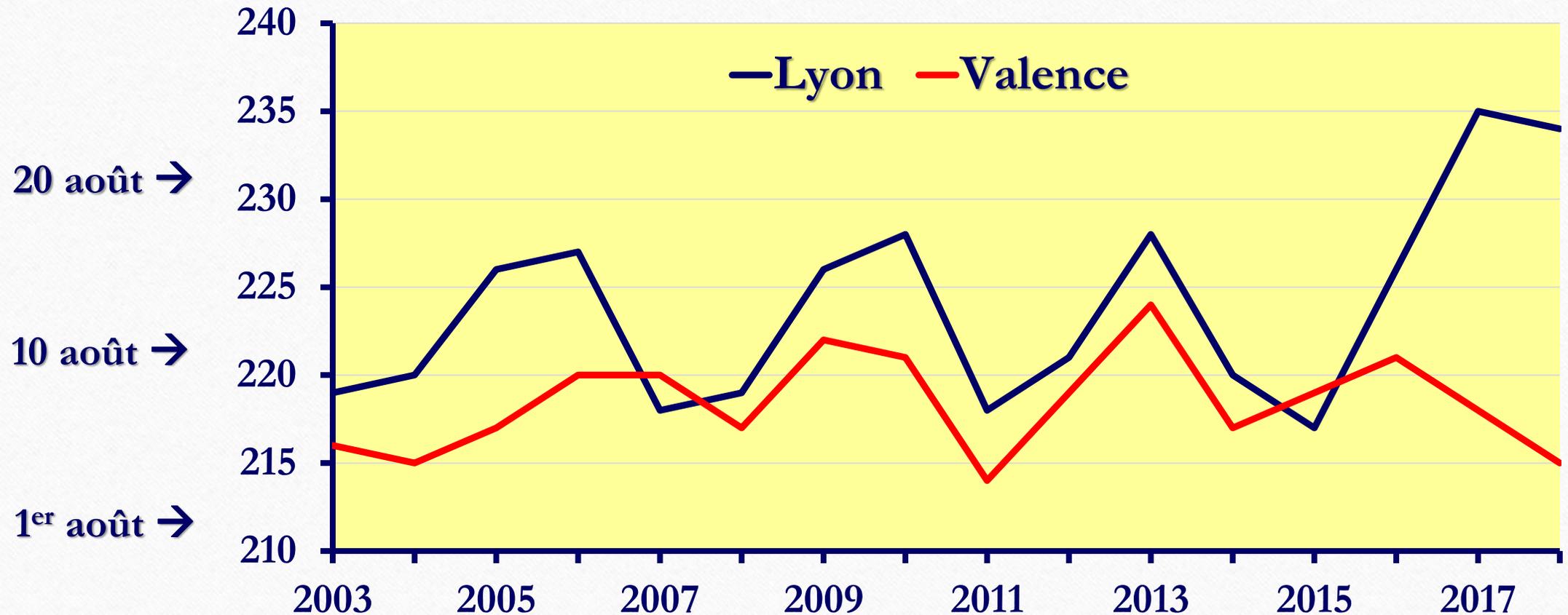
- **Prévision « initiale » (réalisée le 1^{er} juin) : DDP le 5 août**
- **1^{er} affinement réalisé le 10 juillet (régressions intégrant l'insolation et la température minimale de début juillet) : DDP le 9 août**
- **Affinements réalisés quotidiennement à partir du 19 juillet avec les cumuls de température, en complétant les prévisions à quinze jours par les valeurs normales : DDP entre le 7 et le 11 août**
- **Affinement ultime le 28 juillet : DDP entre le 8 et le 10 août**
- **Observation : DDP le 9 août**

Exemple d'une année où la prévision a été très mauvaise : 2018

- **Prévision « initiale » (réalisée le 1^{er} juin) : DDP le 1^{er} août**
- **1^{er} affinement réalisé le 11 juillet (régressions intégrant l'insolation et la température minimale de début juillet) : DDP entre le 5 et le 8 août, le 5 étant la journée de plus forte probabilité.**
- **Affinement ultime le 26 juillet, avec les cumuls de température (valeurs observées, puis prévisions) : DDP le 30 juillet**
- **Observation : DDP le 22 août !!!**

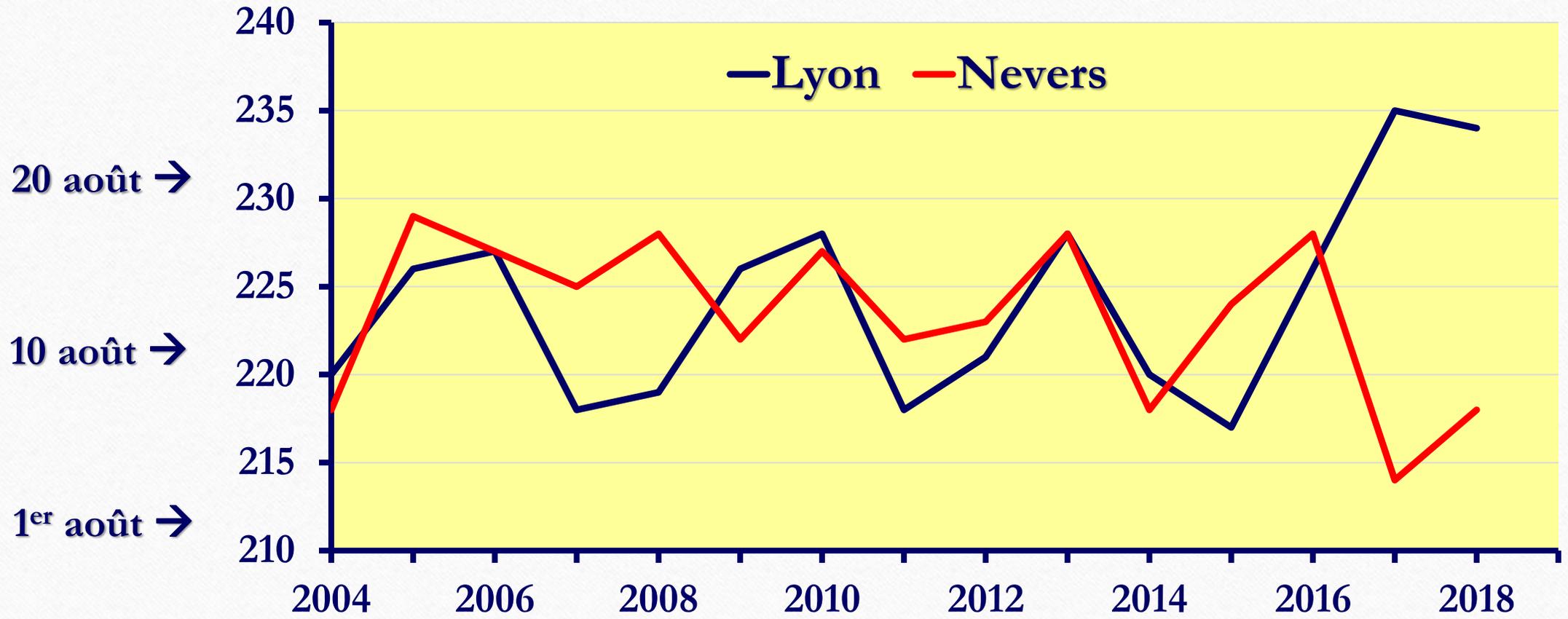
Moyenne vallée du Rhône

En moyenne, DDP observée 5 jours plus tôt à Valence qu'à Lyon (2003-2018)



Nivernais

En moyenne, DDP observée 2 jours plus tard à Nevers qu'à Lyon (2004-2016) ou 1 jour plus tôt (2004-2018)



Conclusion

- **Prévision statistique (\neq déterministe) en plusieurs étapes**
- **Prévision « initiale » très précoce (mais est-ce nécessaire de fournir cette prévision dès le début juin ?), satisfaisante jusqu'en 2006, moins précise ensuite et parfois franchement mauvaise (2009, 2017, 2018)**
- **Affinement ultérieur réduisant souvent l'imprécision de la prévision « initiale », mais pas toujours (accentuation de l'erreur initiale en 2017 et 2018)**

Pistes en vue d'une amélioration

- **Réflexion préalable : la priorité est-elle de réduire l'erreur moyenne de la prévision ou d'éviter les très grosses erreurs ?**

- **Le critère retenu pour la détermination de la DDP est-il pertinent ?**
- **Le choix des données polliniques de Gerland et des données météorologiques de Bron est-il judicieux ?**
- **Faut-il inclure dans la mise au point du modèle toute la série débutant en 1987 ? Oui si l'on suppose une stabilité du climat et de la relation climat-ambrosie, non dans le cas contraire**
- **Il faudrait aussi rechercher les caractéristiques de chacune des années où la prévision a été mauvaise ; *a priori*, ce sont des années où l'ambrosie a produit peu de pollen (254 grains/m³ en 1989, 537 en 2007, 803 en 2017, 879 en 2018, contre par exemple 2519 en 1998 et 2772 en 2000, années où la prévision « initiale » a été exacte au jour près)**



Merci pour votre attention

