# Changement climatique

## Quelles conséquences et adaptations pour l'agriculture en Vendée ?

**Serge Zaka**

Dr. en agroclimatologie

Conférencier et chasseur d'orages

sergezaka@gmail.com

www.serge-zaka.com

# Sommaire

## De la météorologie…
## …vers l'agrométéorologie


### Définitions

### Climatologie
1 – Retour sur 2022
2 – Précipitations et sécheresse de 1951 à 2100
3 – Températures et canicule de 1951 à 2100

### Agroclimatologie
5 – Impacts sur l'agriculture et adaptations par culture

### Transversale
6 – Focus sur l'eau

# Définitions

## Quelques prérequis

Qu'est ce que l'agroclimatologie ?
Qu'est ce que l'agrométéorologie ?
Qu'est ce qu'un scénario RCP ?

# Définitions

## Agrométéorologie, c'est le court terme !

Météo Agriculture

### Exemples

Quels impacts sur ma culture pour le gel de la fin de semaine ?
Quels conséquences sur ma vigne pour l'orage de grêle de demain ?

# Définitions

## Agroclimatologie, c'est le long terme !

Climat Agriculture

### Exemples

Quelles cultures seront adaptées au climat de 2050 ?
Quelle est l'évolution jusqu'en 2100 du risque de gel durant la floraison de mon pommier ?

# Définitions

## Les scénarios RCP*

« Trajectoires représentatives de concentration »

*RCP2.6 (environ +1,5° C) : Scénario avec une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO2*

*RCP4.5 (environ +2° C) : Scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO2*

*RCP8.5 (supérieur à +4° C) : Scénario sans politique climatique (supérieur à +4° C)*

* Les mêmes couleurs seront utilisées durant toute la présentation.

# Retour sur 2022

## Un gel remarquable...

## ... suivi d'une sécheresse historique

## et de trois canicules !

1

# Retour sur 2022

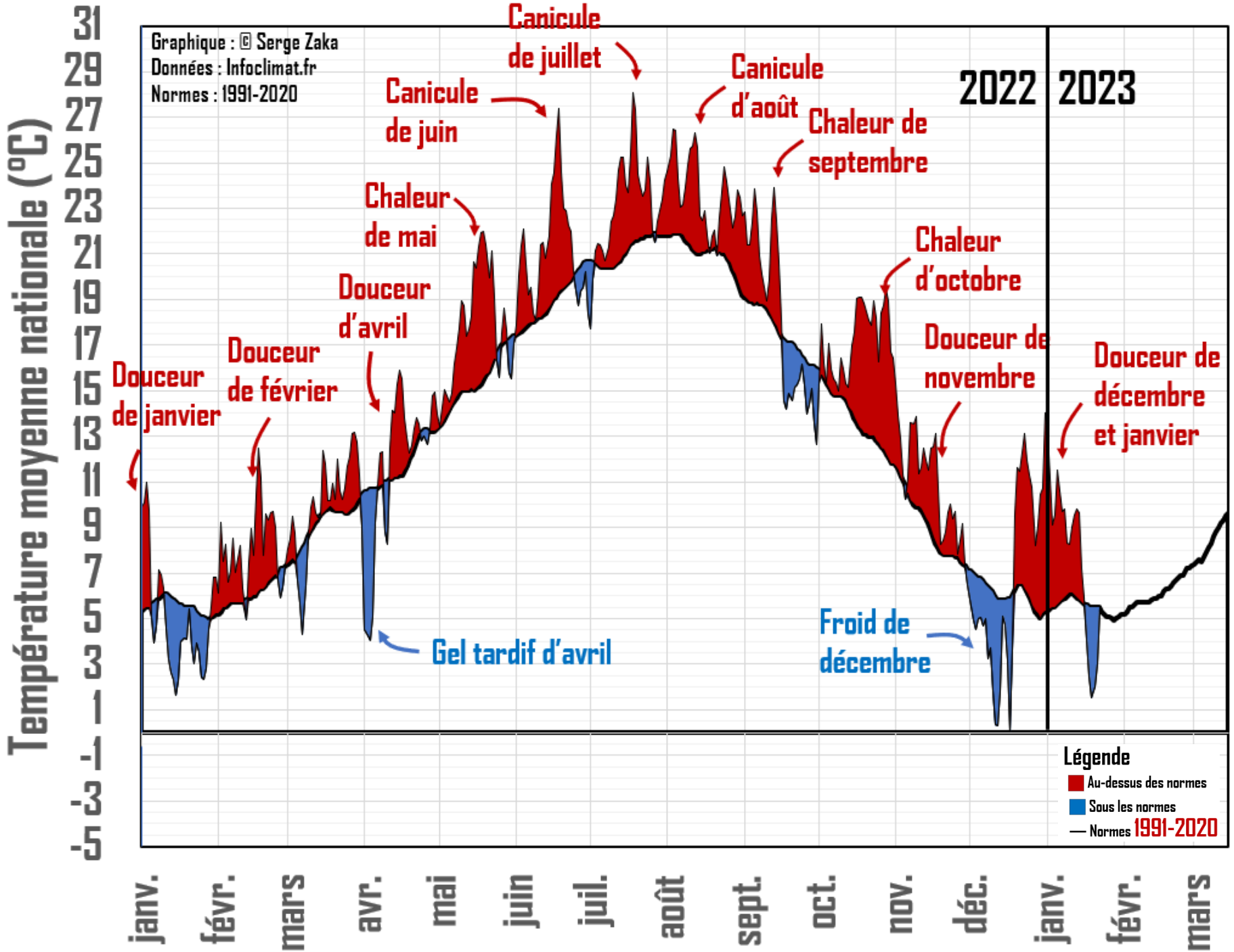
Indicateur thermique national sur l'année 2022

Classement des années les plus chaudes depuis 1900 :

**2022 avec 14,5°C**

2020 avec 14,1°C

2018 avec 14°C



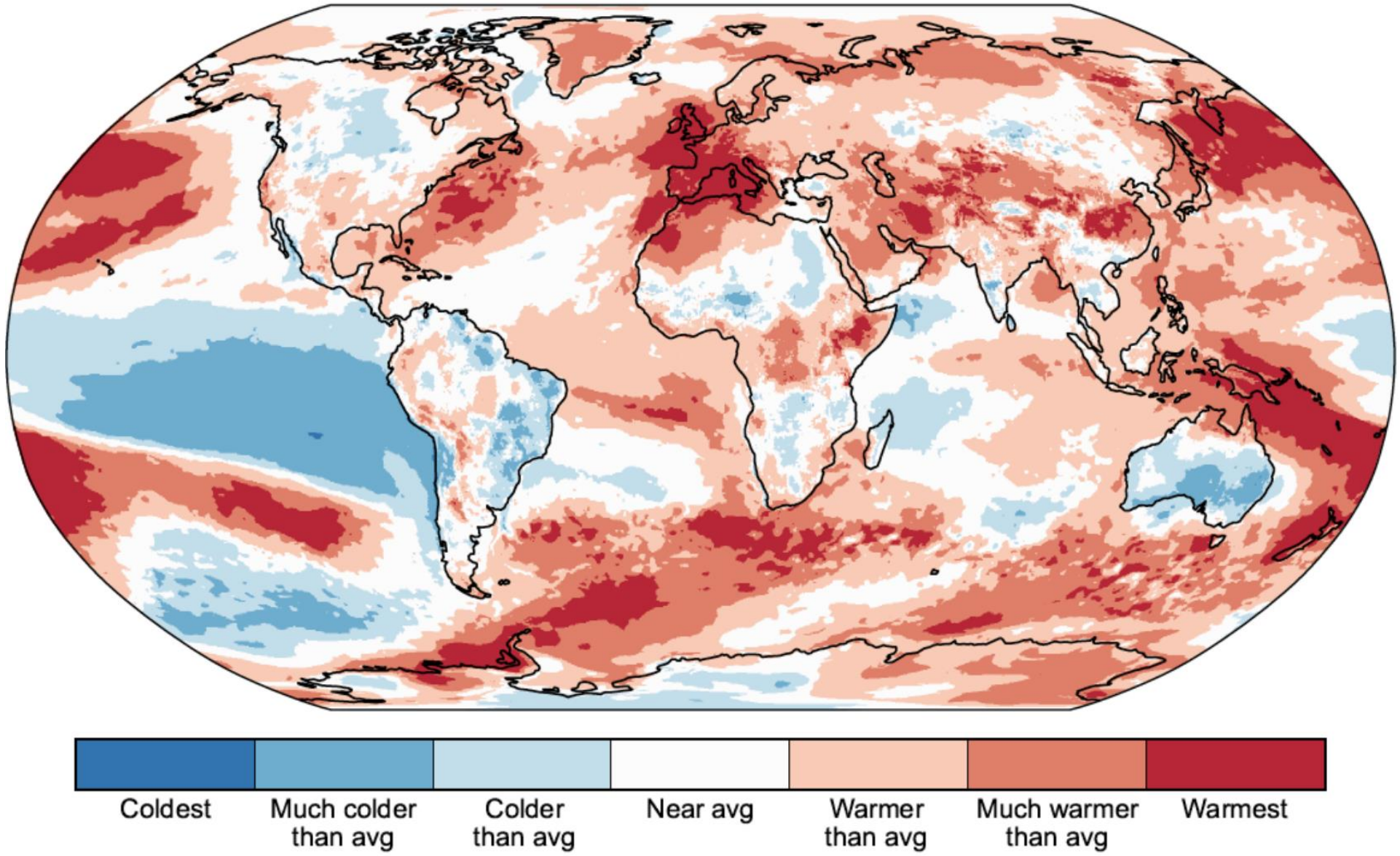

Données © Infoclimat.fr
Graphique © Serge Zaka

# Retour sur 2022

## Indicateur thermique mondial sur l'année 2022

2022 est l'année la plus chaude sur l'ensemble de l'Europe de l'Ouest.

Rapport Copernicus 2022



# Retour sur 2022

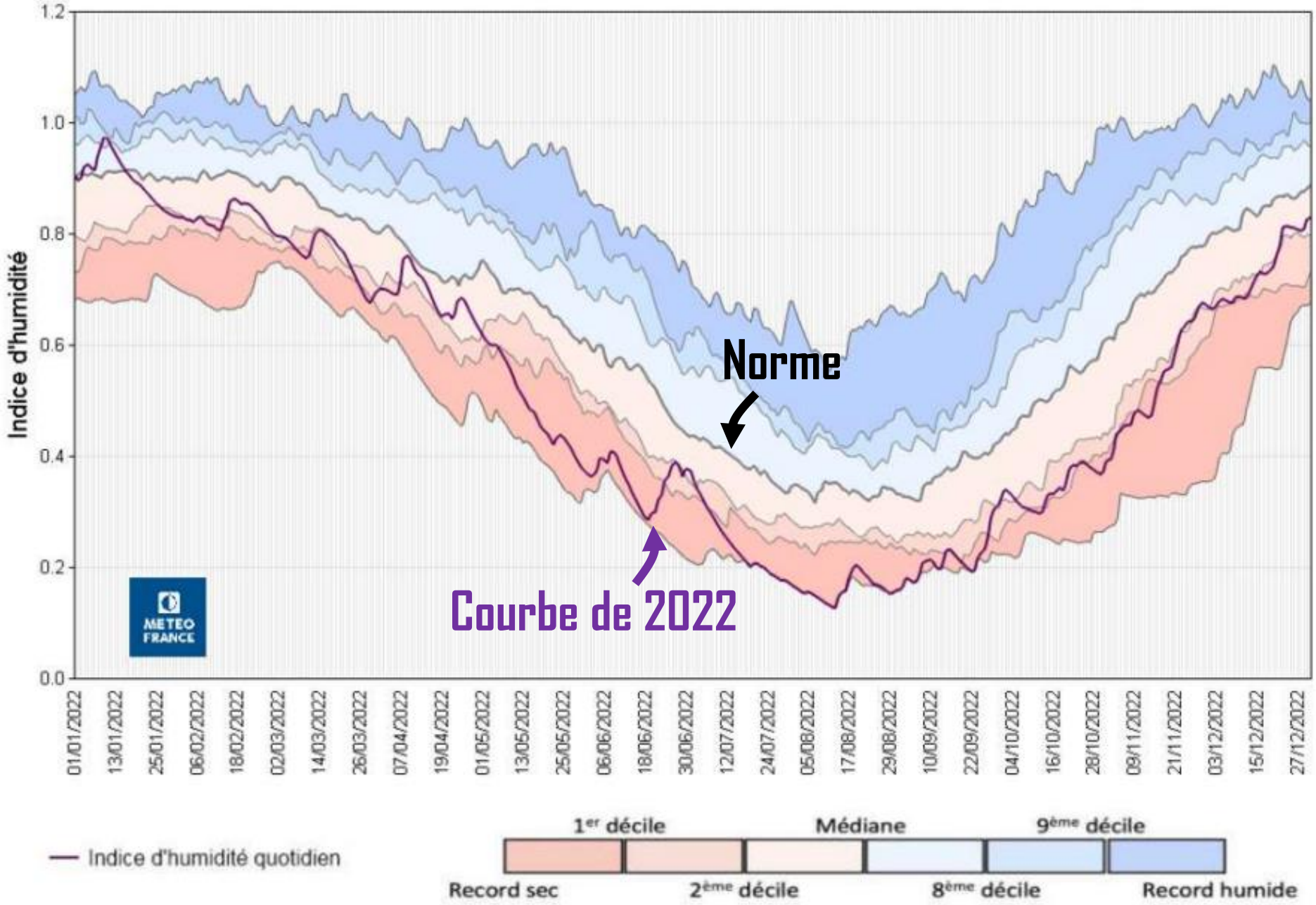
Indice hydrique national des sols sur l'année 2022

Classement des années les plus sèches depuis 1959 :

1989 avec -26%

**2022 avec -25%**

2005 avec -20%

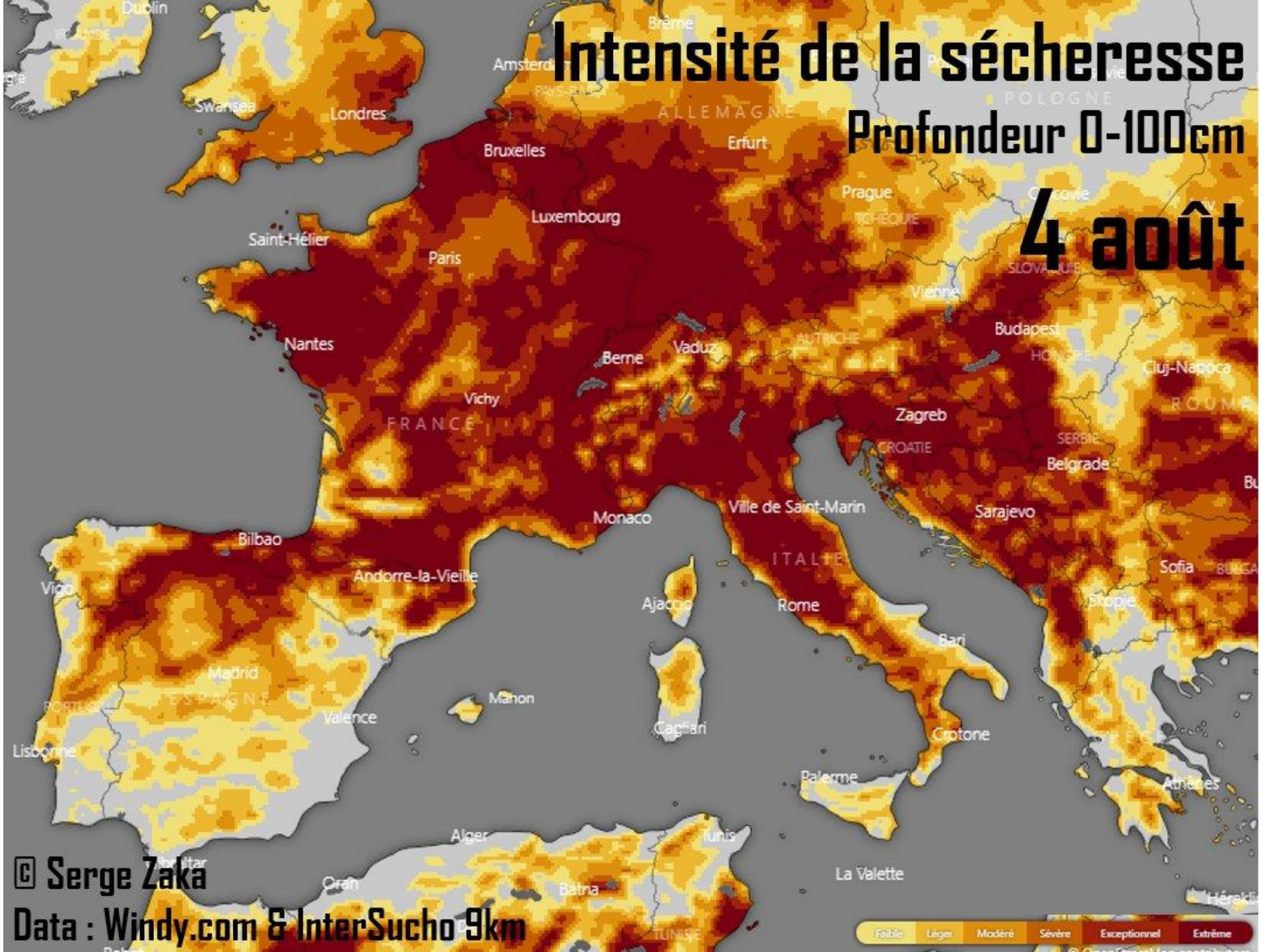



Graphique © Météo-France

# Retour sur 2022

Intensité de la sécheresse sur l'Europe le 4 août 2022

Une sécheresse européenne.




Graphique © Windy.com
Data © InterSucho 9km

# Retour sur 2022

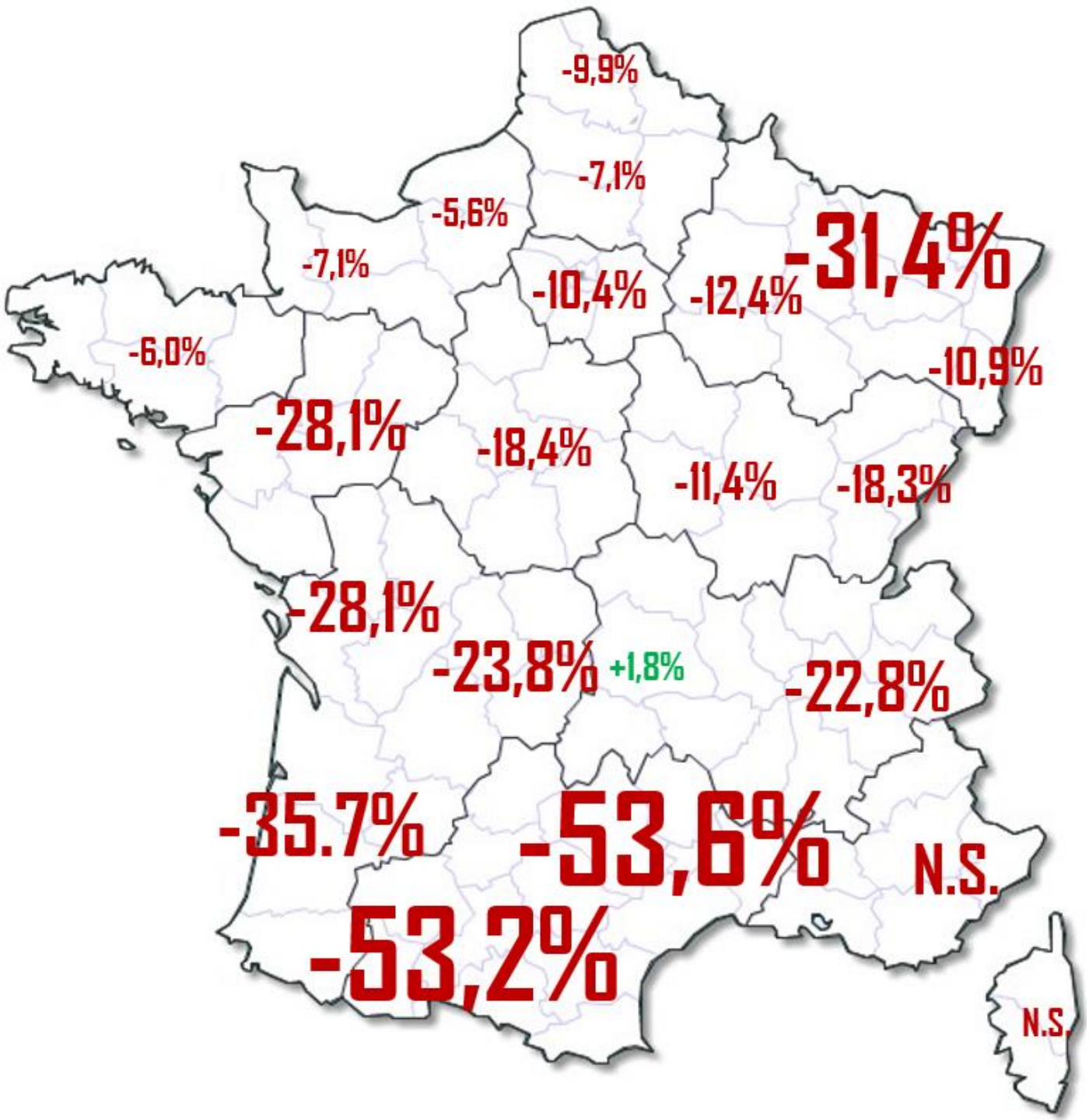
## Rendement du maïs grain* Non irrigué

Pertes de rendement en 2022 par rapport à 2017-2021.

La plus mauvaise année depuis 1990 !

*Le maïs est semé au printemps et récolté à l'automne.

© Données : AGRESTE, consulté le 15 novembre 2022
Cartographie : © Serge Zaka



# Retour sur 2022

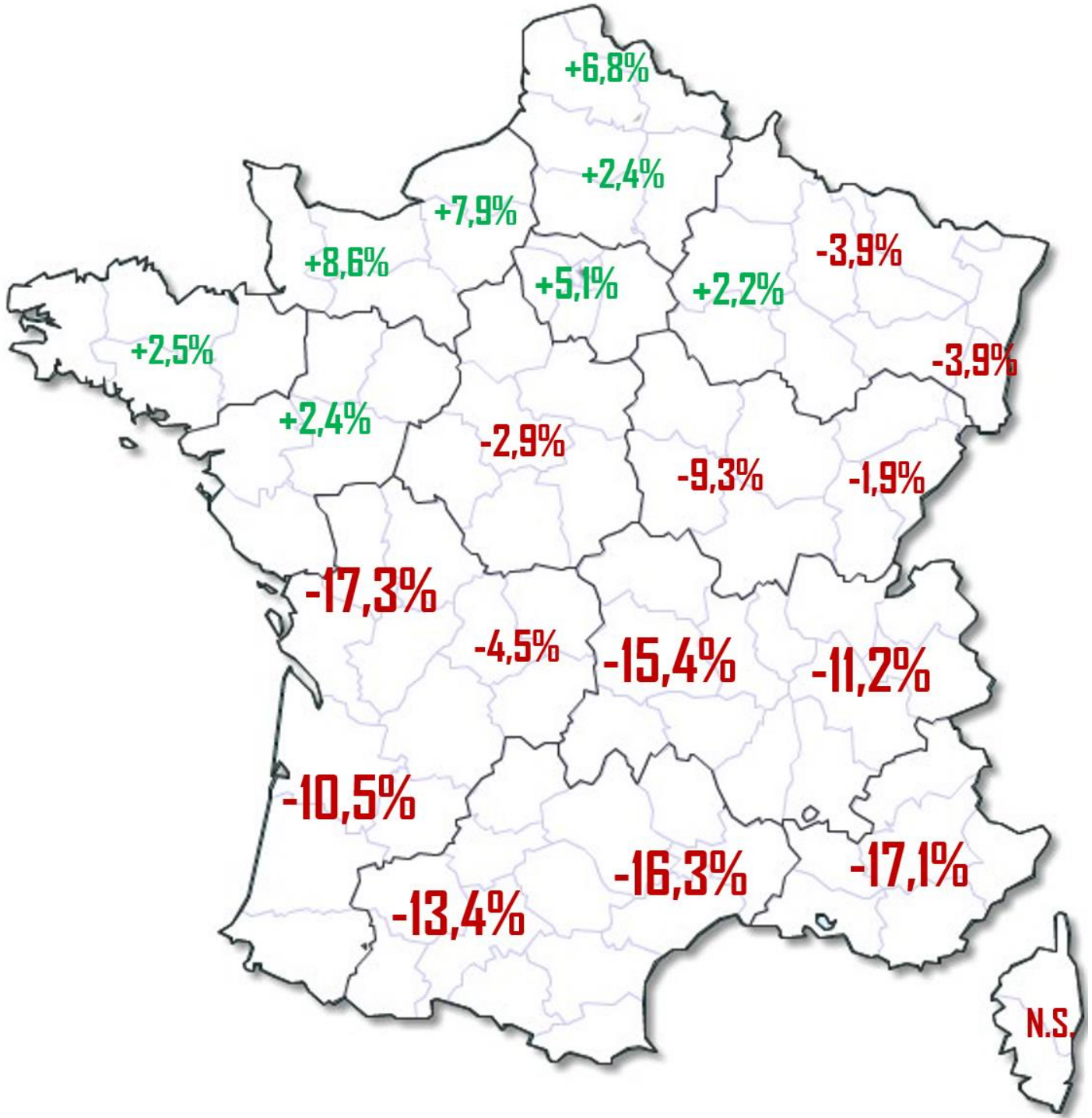
## Rendement du blé d'hiver
Non irrigué

Pertes de rendement en 2022 par rapport à 2017-2021.

Baisse de rendement au sud mais, malgré tout, hausse au nord-ouest (qui limite la casse !)

*Le blé d'hiver est semé à l'automne et récolté au début de l'été.

© Données : AGRESTE, consulté le 15 novembre 2022
Cartographie : © Serge Zaka

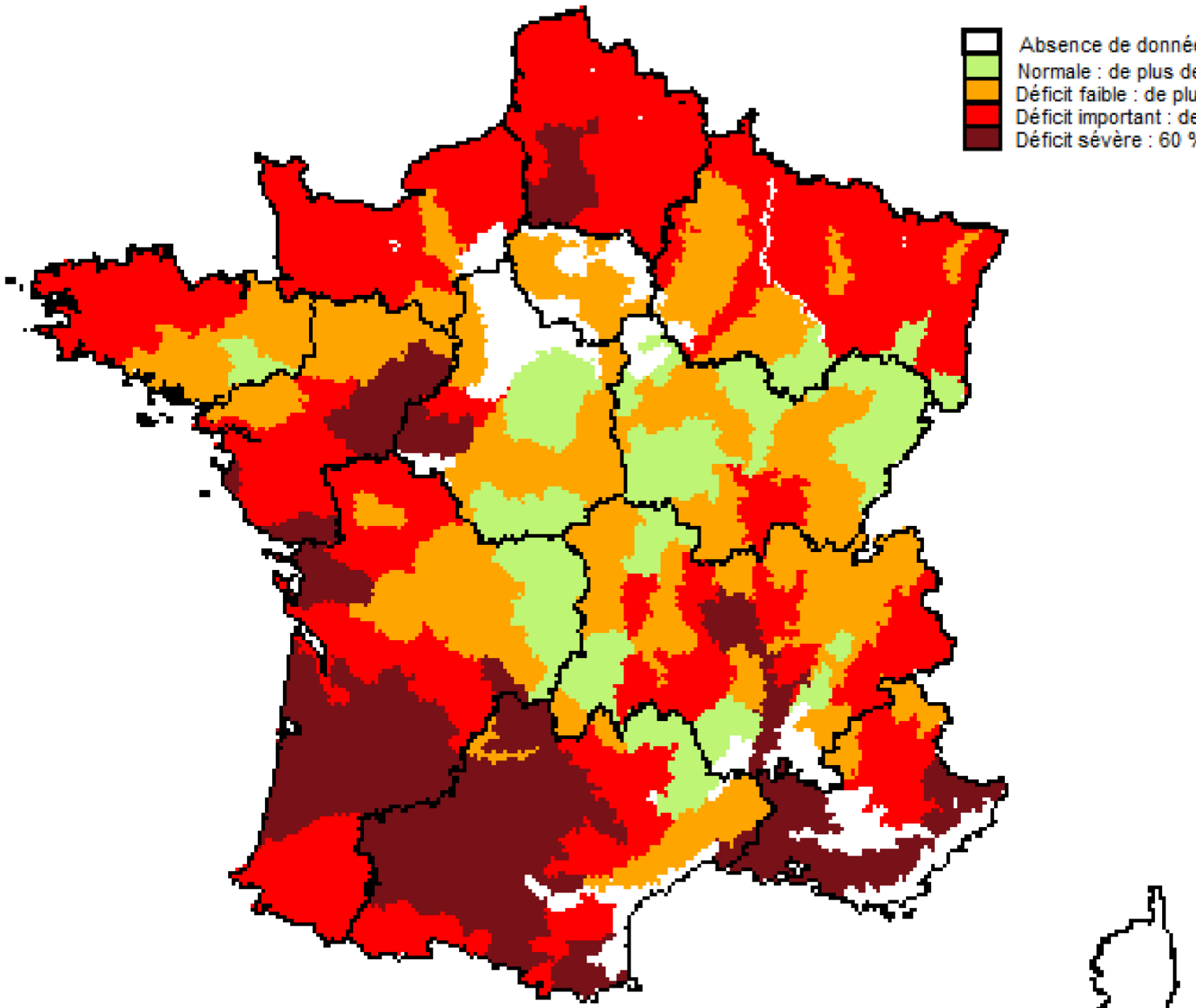


# Retour sur 2022

## Rendement du fourrage (i.e. prairie)

Pertes de rendement en 2022 par rapport à 1989-2018.

Une année catastrophique : un **déficit national de 26%** !



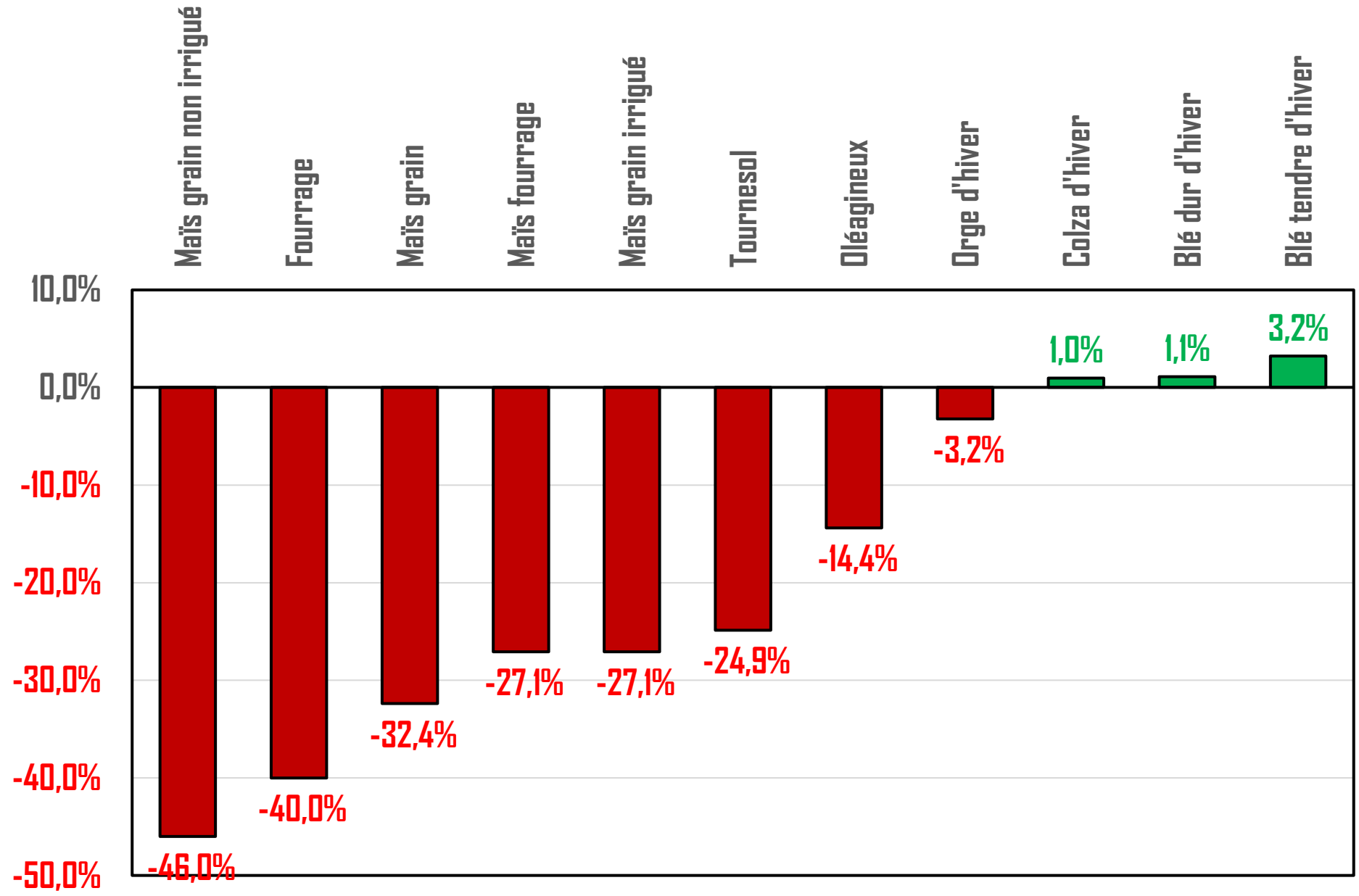

Source : Agreste - Isop - Météo-France - INRAE

© Données : AGRESTE, consulté le 23 novembre 2023
Cartographie : © Isop – Météo-France - INRAE

# Retour sur 2022

## Bilan rendement de 2022 en Vendée

Pertes de rendement en 2022 par rapport à 2017-2021.




© AGRESTE, consulté le 6 février 2023
Graphique © Serge Zaka

# Retour sur 2022

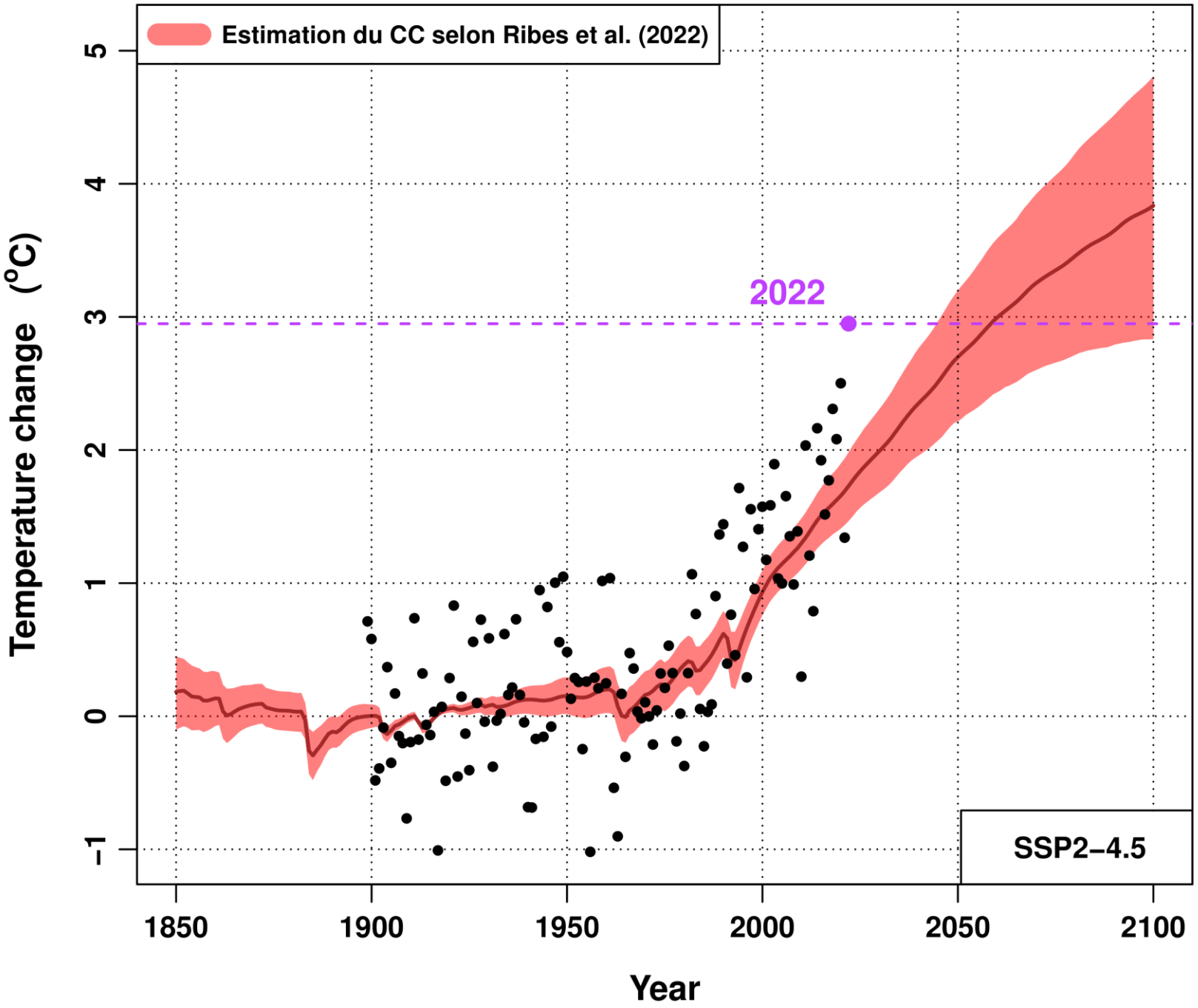
2022 : une exception qui deviendra la norme.

2022, un regard sur les années

**2050***.

+3°C par rapport à la moyenne 1900-1930

*Pour un scénario modéré de réchauffement (SSP2-4.5)




© AGRESTE, consulté le 6 février 2023
Graphique © Serge Zaka

# Précipitations

2

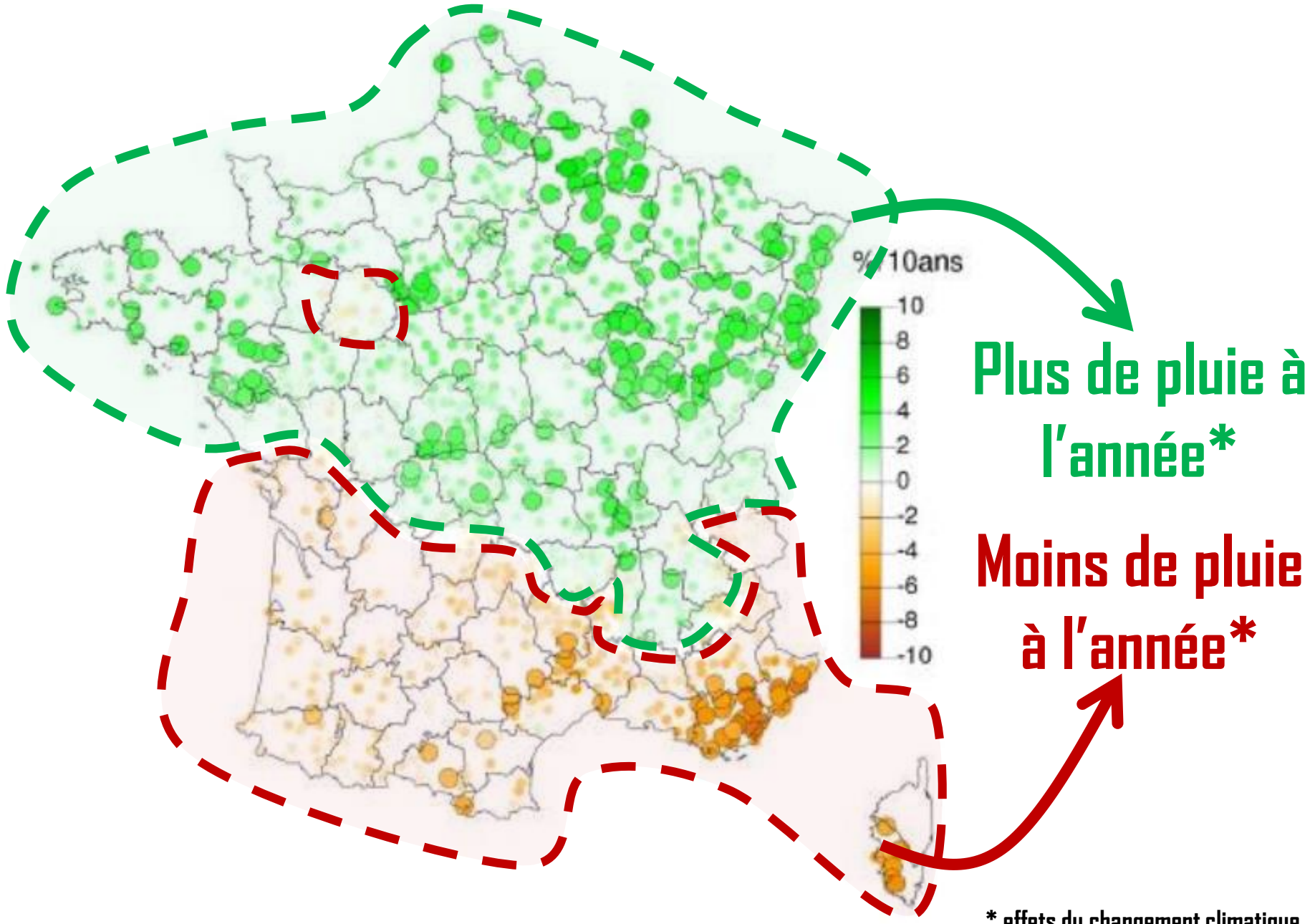
La pluie n'est qu'une composante pour comprendre la sécheresse !

Précipitations totales annuelles
Précipitations saisonnières
Ruissellement
Evapotranspiration
Indice hydrique des sols

# Précipitations

Evolution du cumul annuel de pluie de 1961 à 2012.

## Une France coupée en deux !




* effets du changement climatique ET de la variabilité naturelle

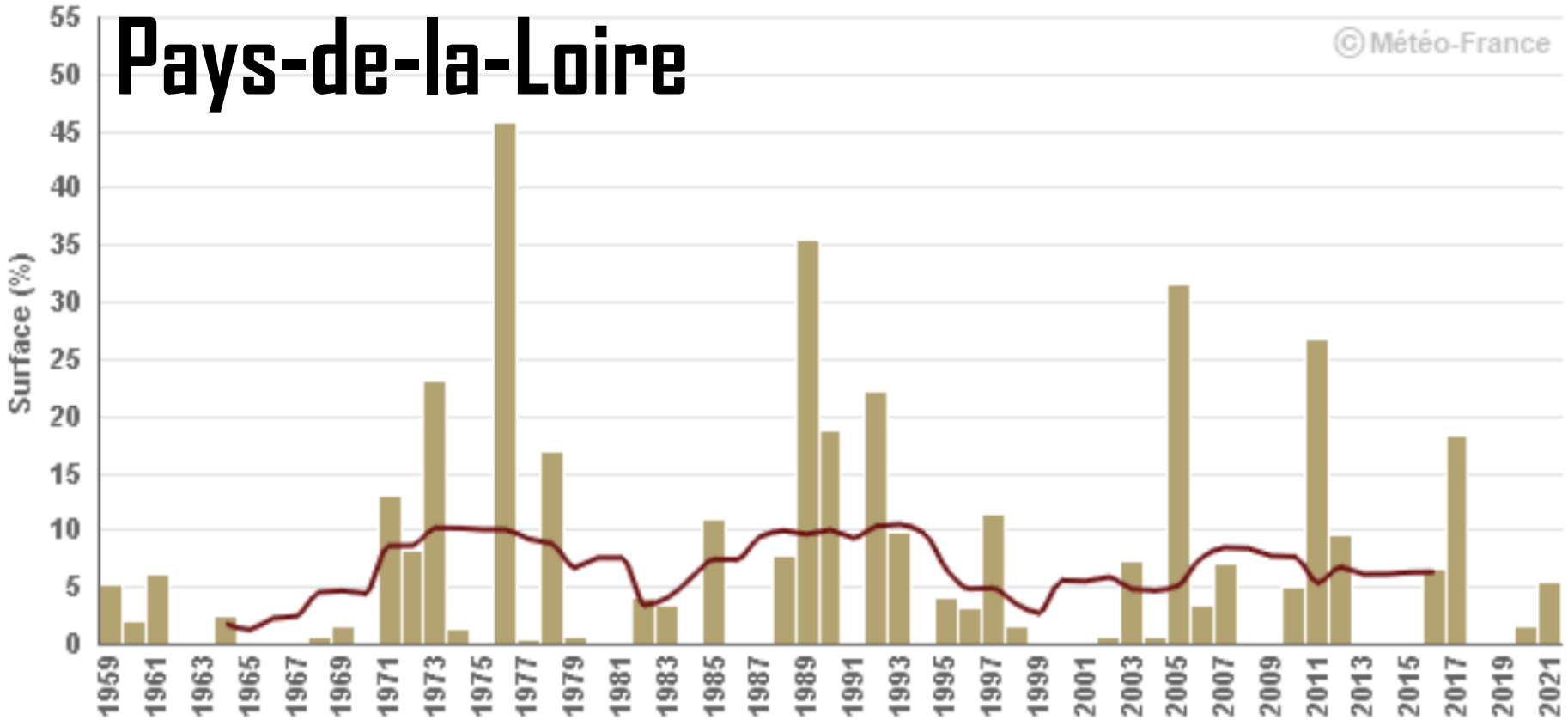
© Météo-France

# Précipitations

Evolution des surfaces en sécheresse de 1959 à 2021.

## Stabilité

Des surfaces en sécheresse




Données © Météo-France
Graphique © Serge Zaka

# Précipitations

Evolution du cumul annuel de précipitation de 1951 à 2100.

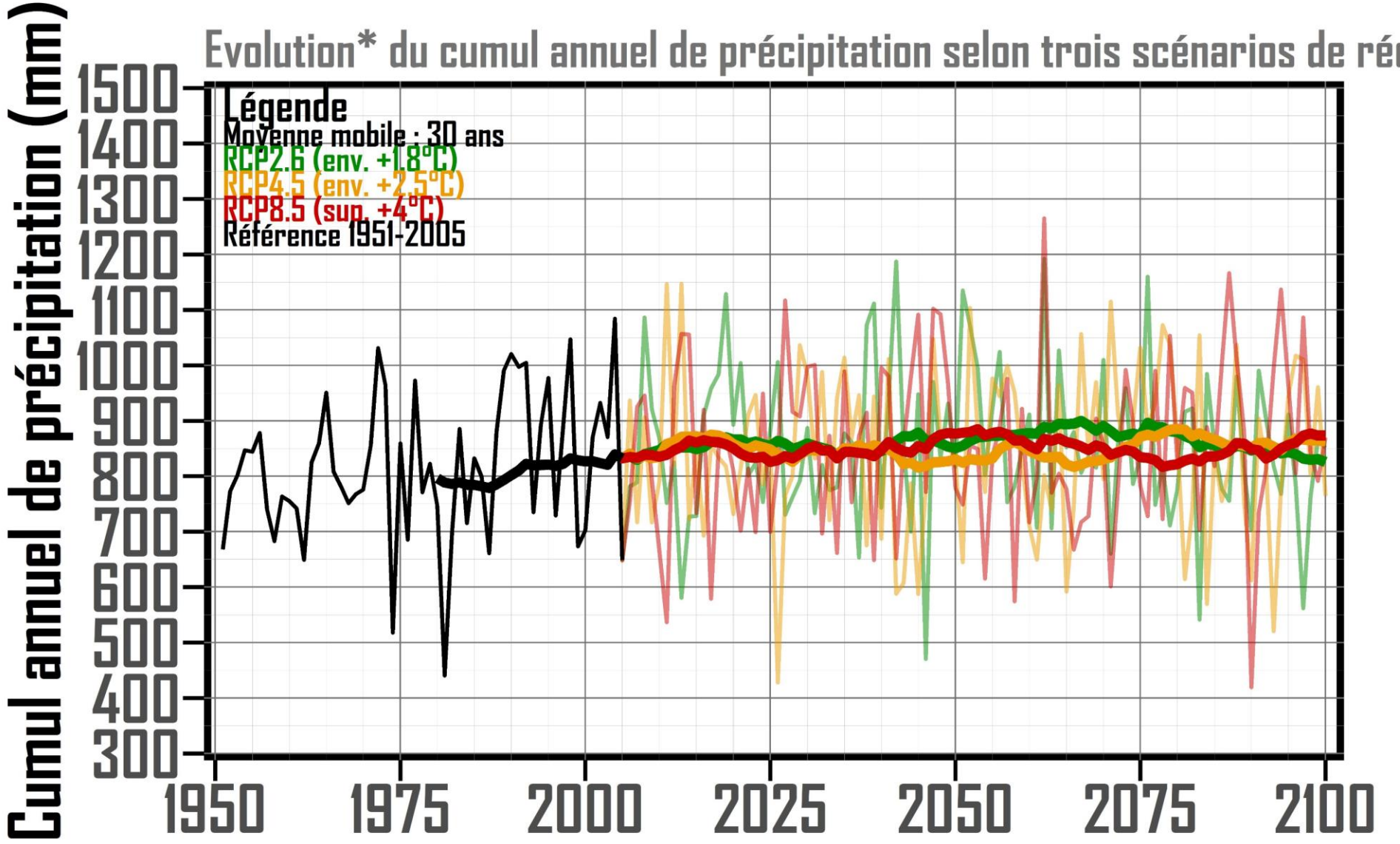
## Pas de tendance*

pour le cumul annuel de précipitations

* Indice de confiance : faible

Données © DRIAS | Modèle ALADIN63 – CNRM-CM5
Graphique © Serge Zaka

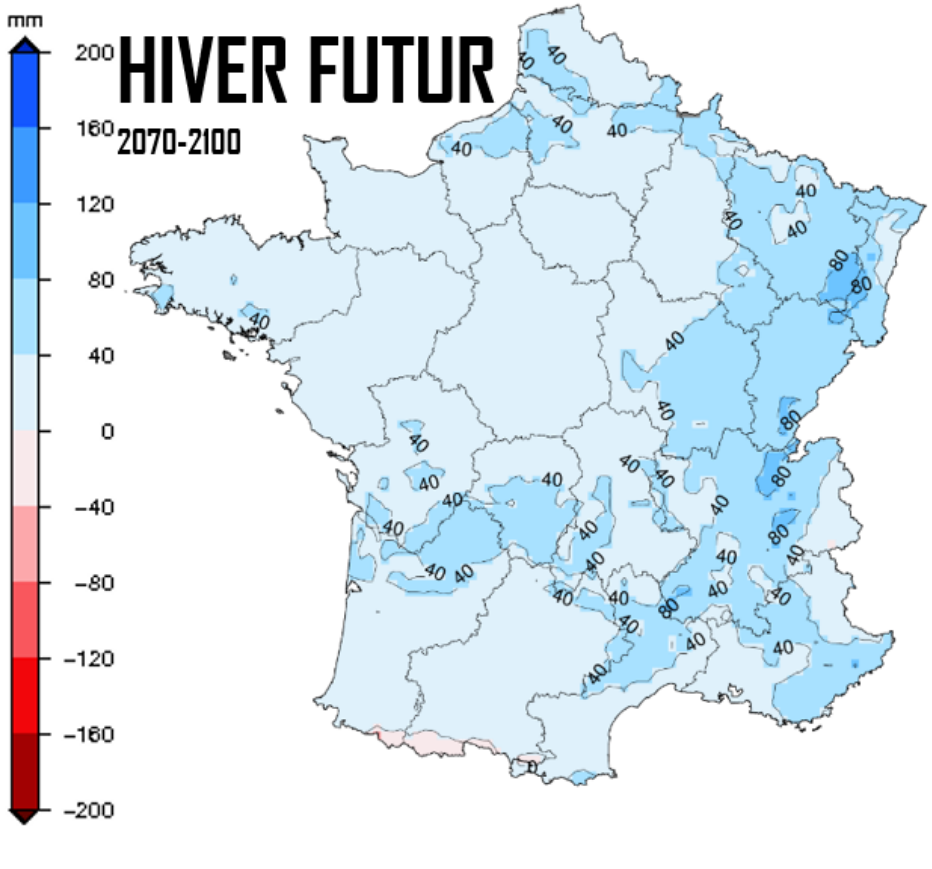
# La Roche Sur Yon

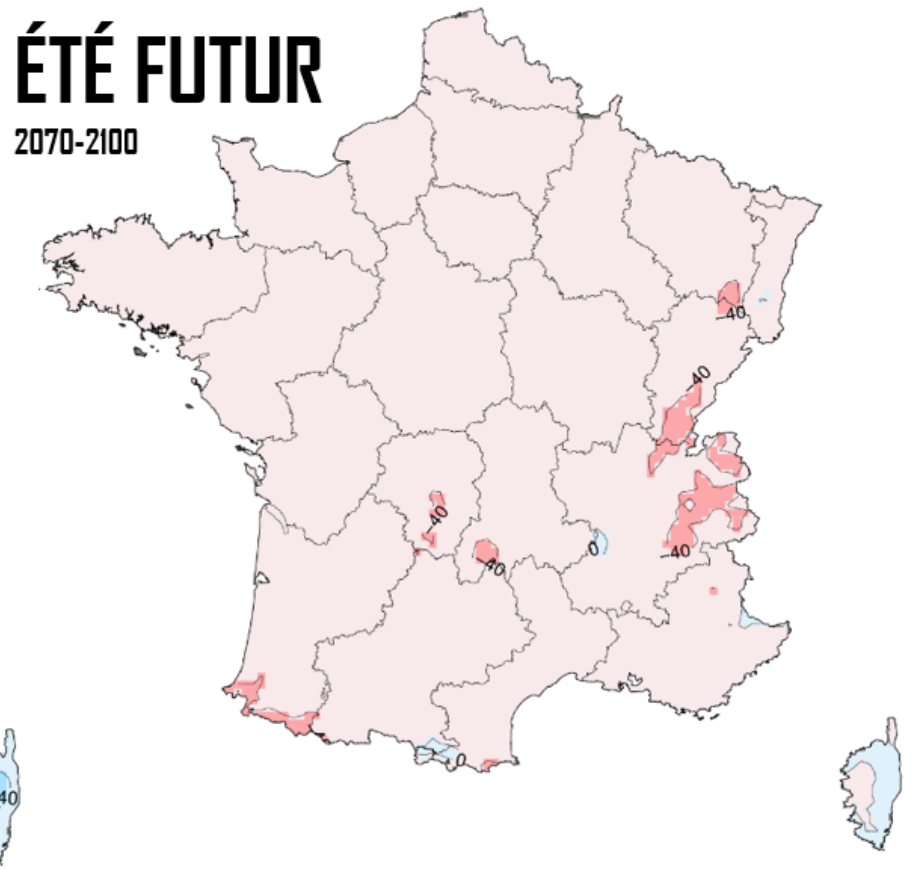


# Précipitations

Evolution des pluies hivernales et estivales à partir de 2070.

## Evolution de la saisonnalité des précipitations.




Hausse* des précipitations hivernales

* Indice de confiance : faible

Baisse* des précipitations estivales

* Indice de confiance : fort

Données © DRIAS | Multi-Modèle | Scénario RCP4.5

# Précipitations

Evolution des précipitations moins l'évapotranspiration (1951-2100)

**Baisse* des précipitations estivales**

Couplée à

**Hausse* de l'évapotranspiration**

* Indice de confiance : fort

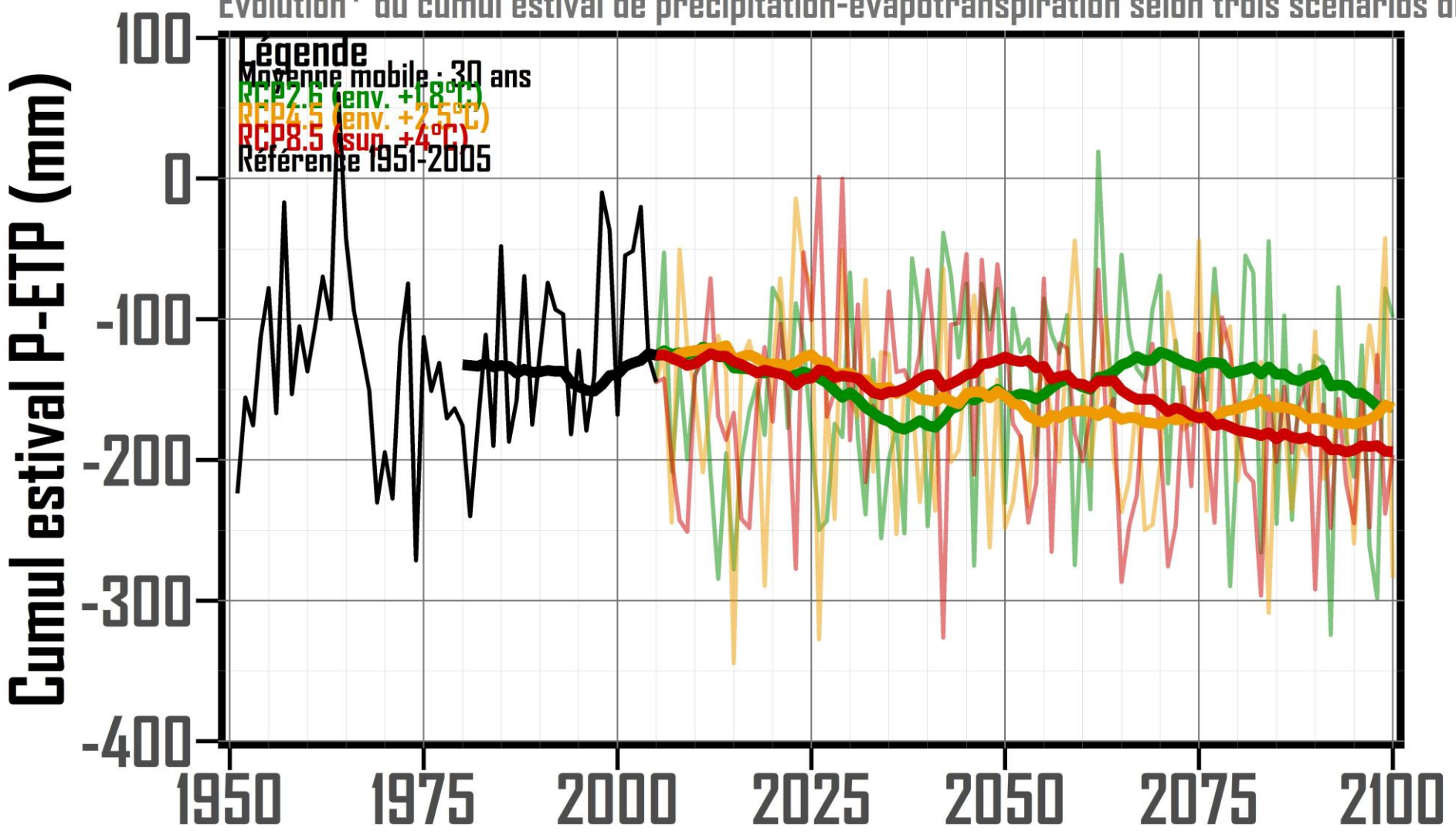
## Conséquences :

Hausse du stress hydrique

Hausse de la demande d'irrigation

Données © DRIAS | Modèle ALADIN63 – CNRM-CM5
Graphique © Serge Zaka

# La Roche Sur Yon




Données © DRIAS & Graphique © Serge Zaka | Modèle ALADIN63 - CNRM-CM5 | * Indice de confiance été : Fort

# Précipitations

Evolution de l'indice hydrique des sols de 1951 à 2100.

## ① Printemps

Hausse* des précipitations
Hausse** de l'évapotranspiration
Hausse** intensité des pluies

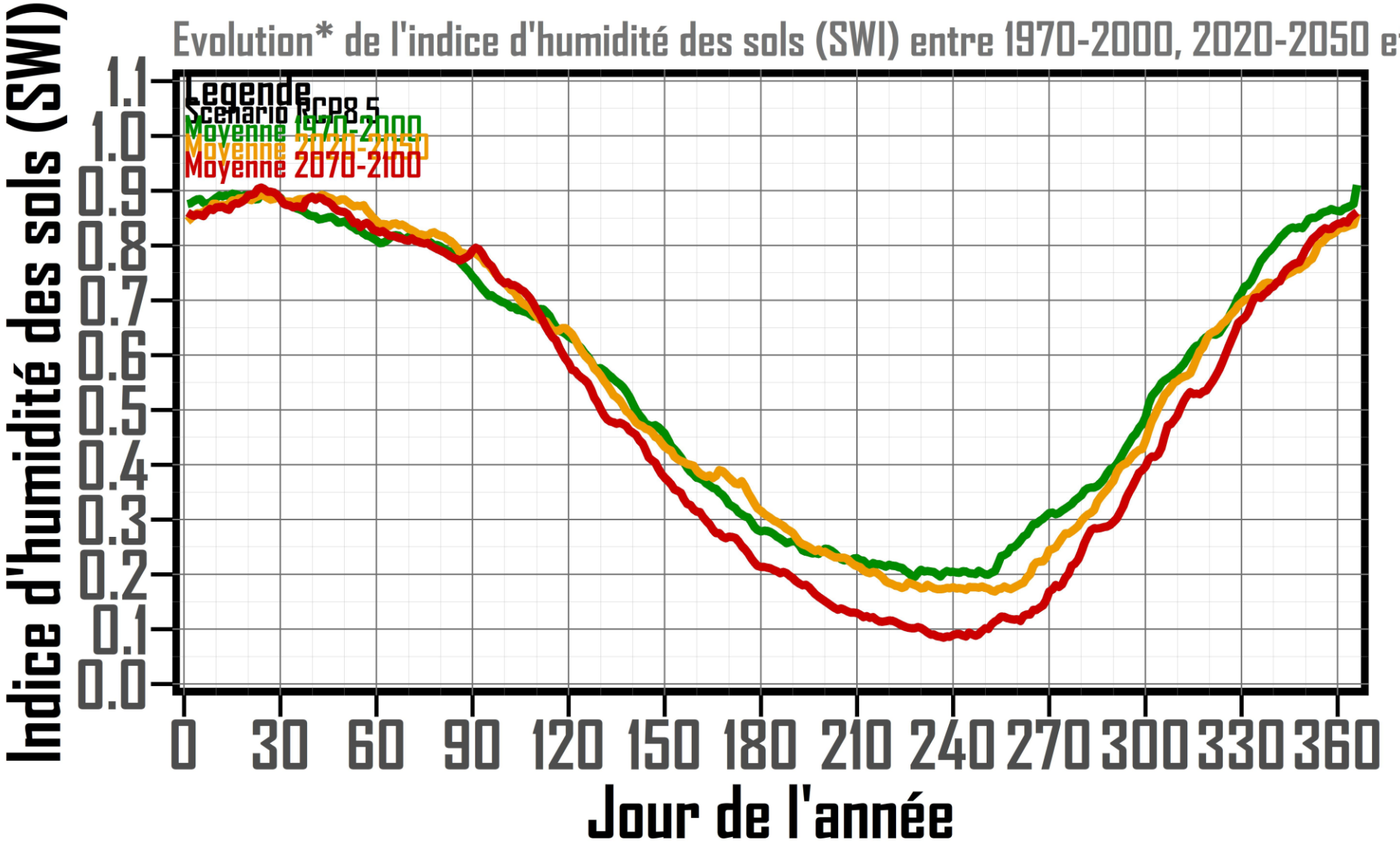
## ② Eté

Baisse** des précipitations
Hausse** de l'évapotranspiration
Hausse** intensité des pluies

* Indice de confiance : faible
** Indice de confiance : fort

Données © DRIAS | Modèle ALADIN63 – CNRM-CM5
Graphique © Serge Zaka

# La Roche Sur Yon




Données © DRIAS/EXPLORE2 & Graphique © Serge Zaka | Modèle ALADIN63 - CNRM-CM5 | * Indice de confiance : Fort en été & faible en hiver

# Température

3

Une hausse de la température moyenne...

... mais également des phénomènes extrêmes !

Température moyenne locale/nationale.
Episodes caniculaires.
Journées >35°C impactant l'agriculture.

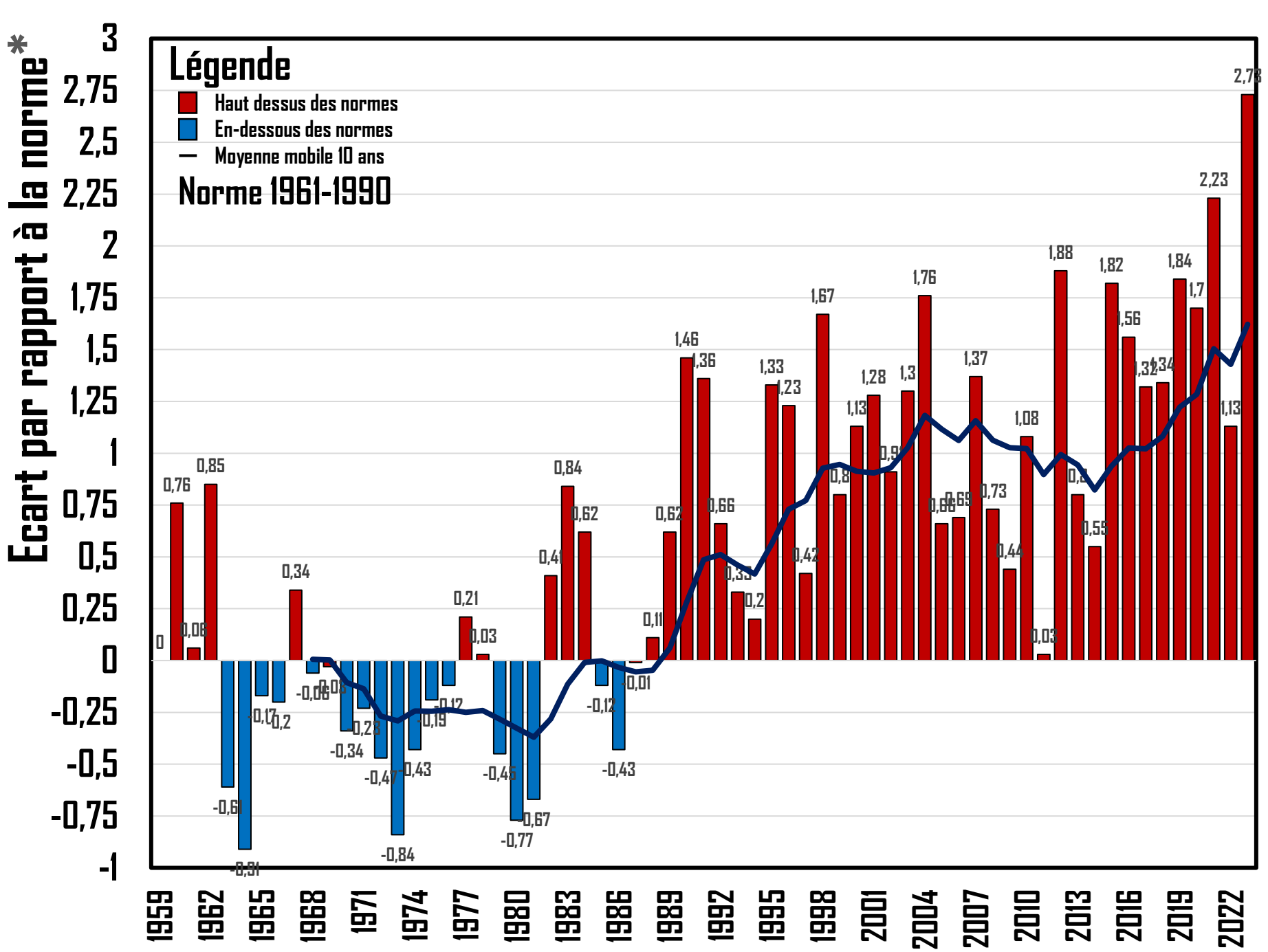
# Température

Ecart de la température moyenne nationale.

**+1,7°C**

depuis 1959

*Référence 1961-1990




Données © CLIMAT HD / Météo-France
Illustration © Serge Zaka

# Température

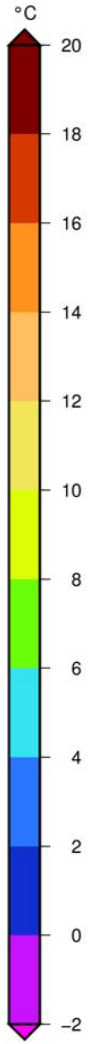
Evolution* de la température moyenne nationale (2100)

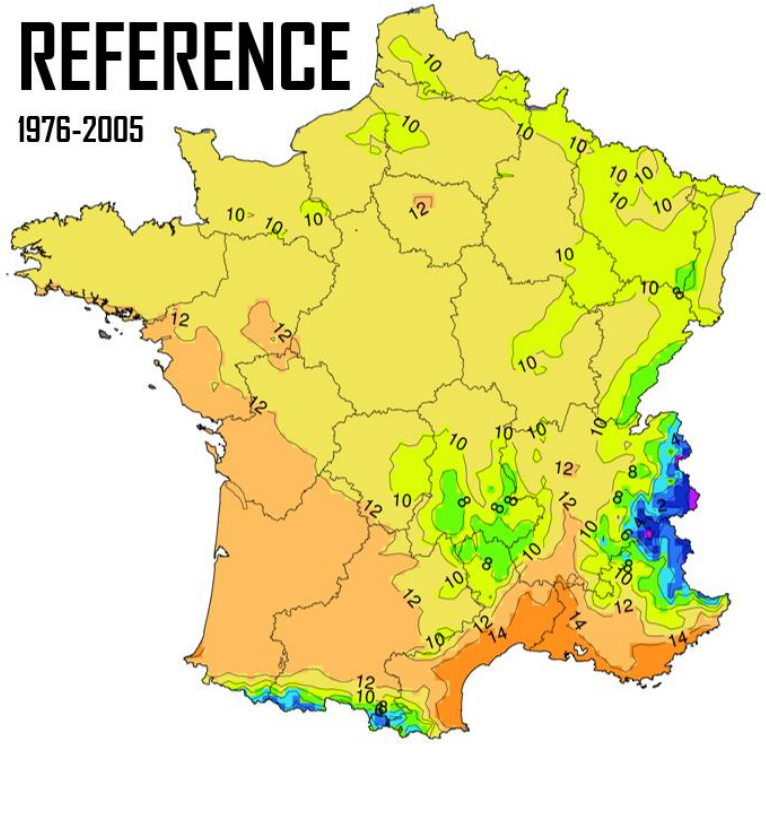
La température de Montpellier remonte à Paris intra-muros.

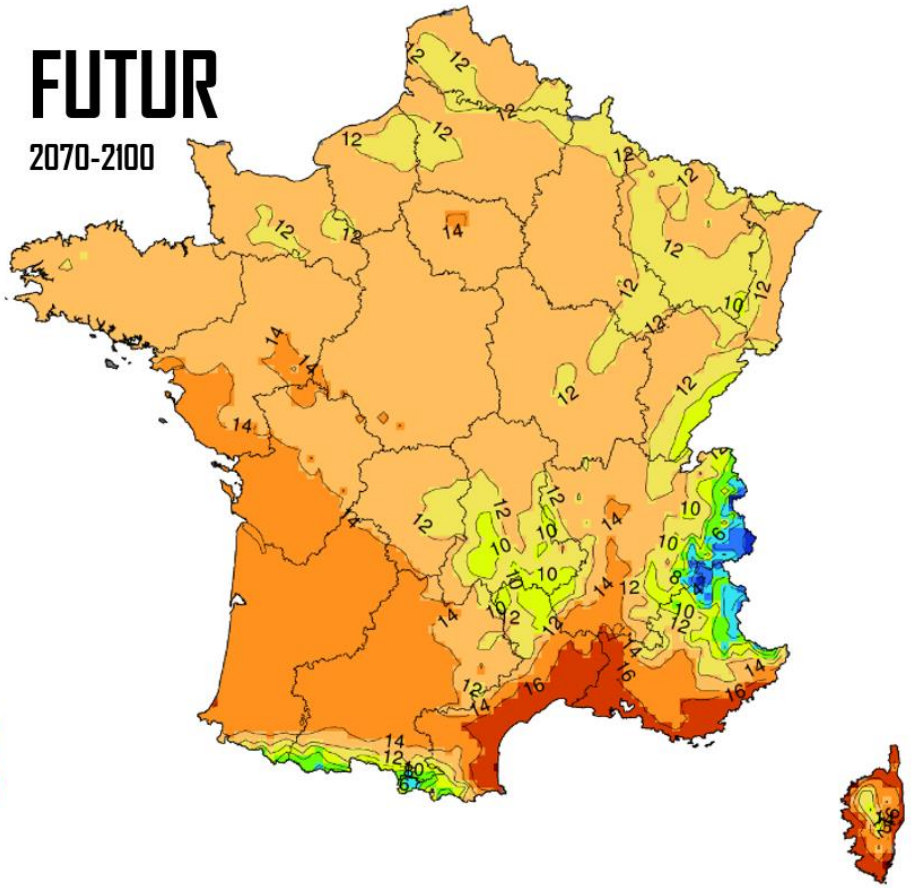
Celle de Toulouse à Lille.

Celle de Marseille à La Rochelle.

*Indice de confiance : fort




Données © DRIAS | Multi-Modèle | Scénario RCP4.5

# Température

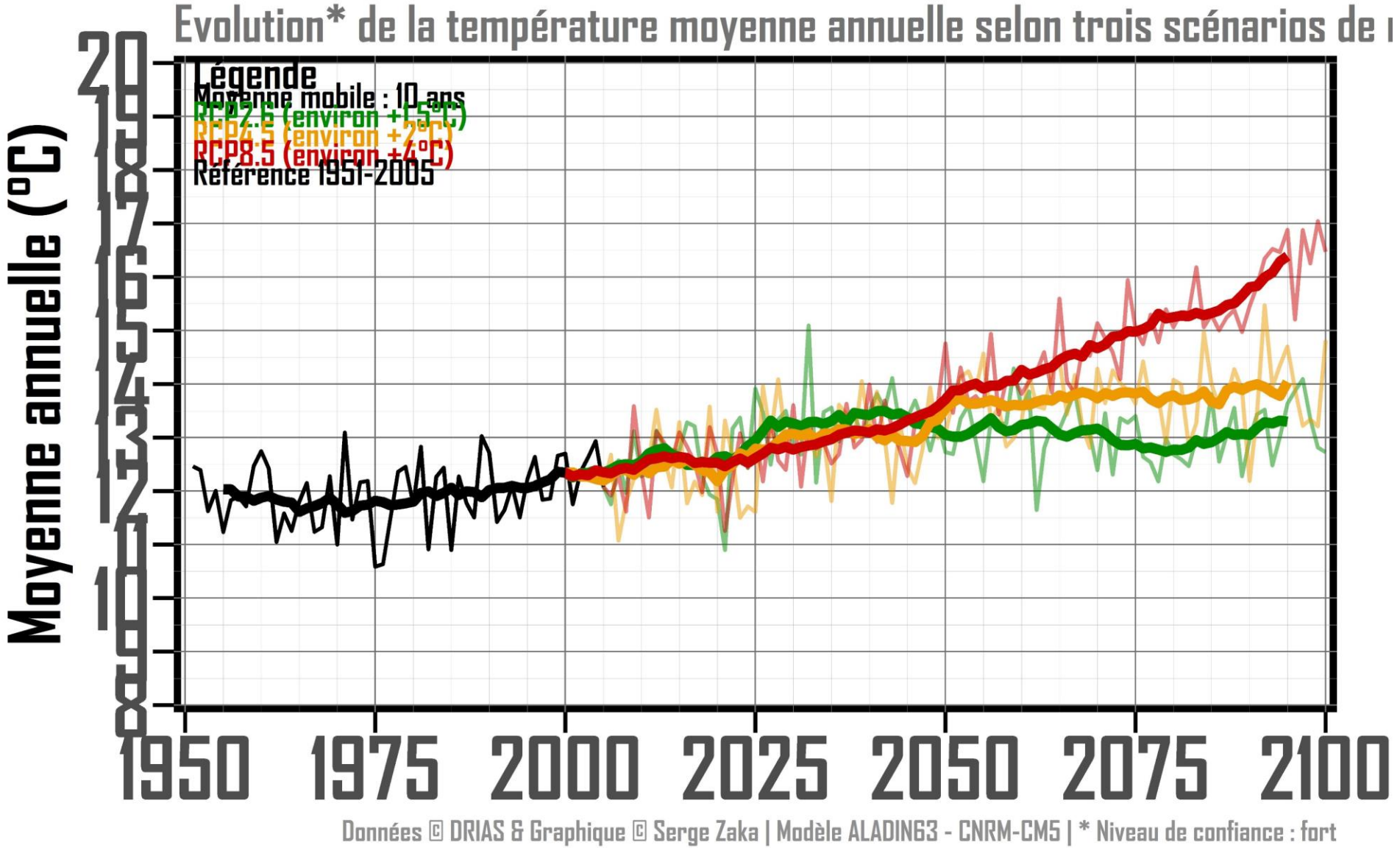
Evolution* de la température moyenne selon 3 scénarios.

La température de Toulouse voire Marseille jusqu'à Chartres.

*Indice de confiance : fort

Données © DRIAS | Modèle ALADIN63 – CNRM-CM5
Graphique © Serge Zaka

# La Roche Sur Yon

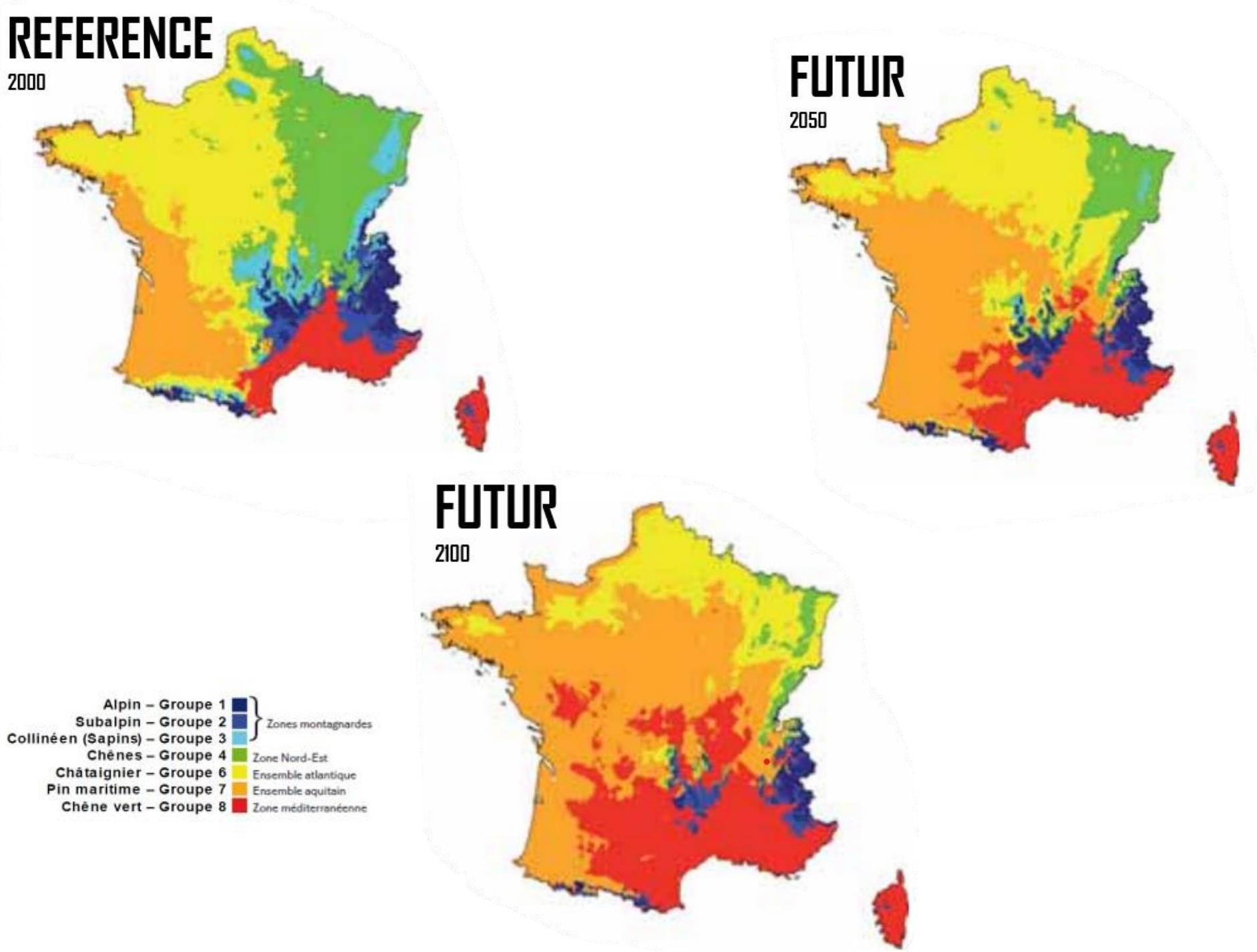


# Température

## Remontée des climats

Vers une
**« méditerranéisation »**
du sud de la France.

Avec la **remontée de nouvelles filières** : maraîchage (légumes du soleil), sorgho, pêche, abricot, vigne, lavande etc.
Mais aussi **l'apparition de nouveaux stress thermiques et hydriques** sur les filières existantes.




© « Projet carbofor, tâche D1 » Badeau et al. 2004.

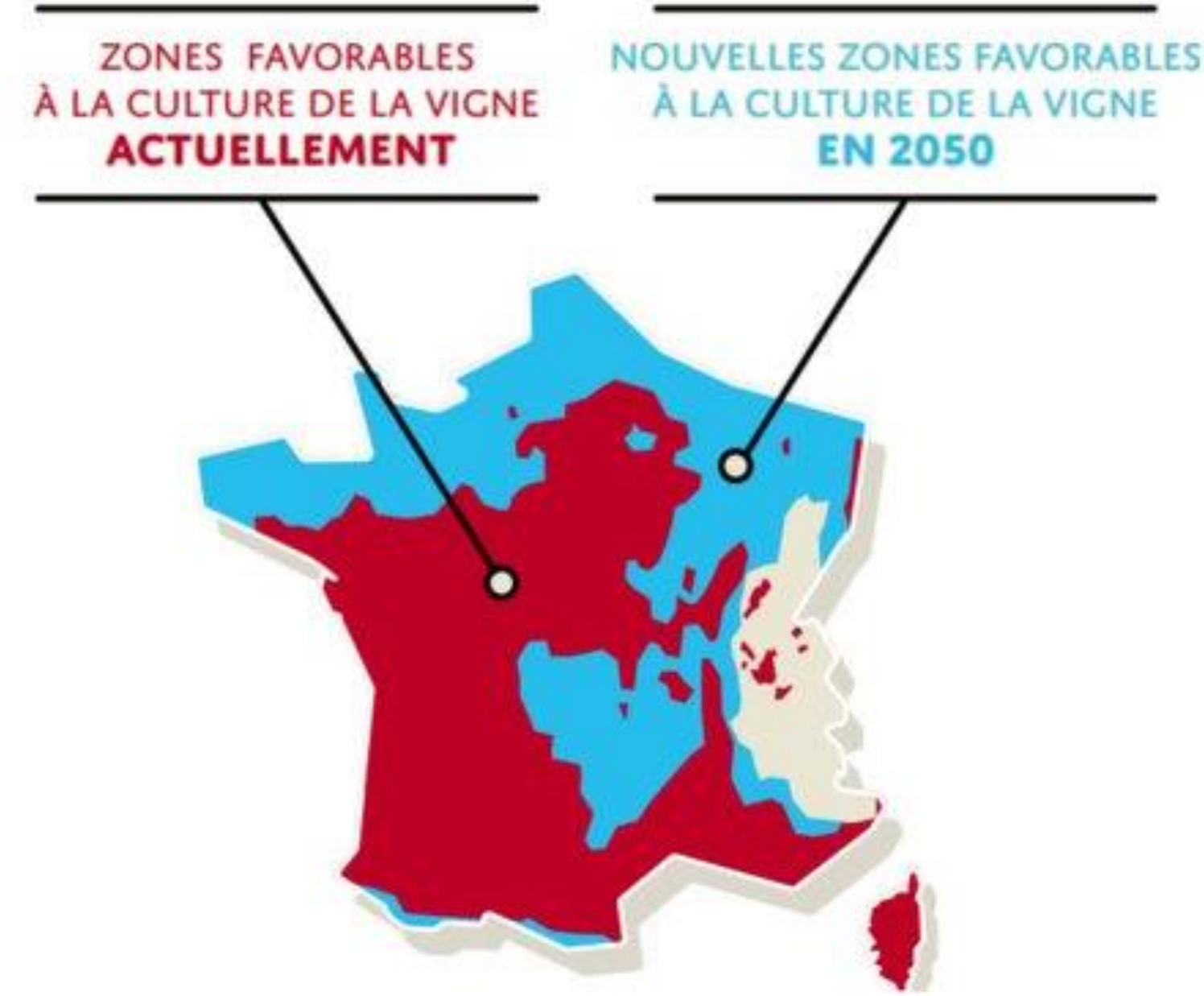
# Impact – arbo & viti

Biogéographie de la vigne d'ici 2050.

## Une décalage vers le nord des biogéographies.

Vers de nouvelles opportunités : pistache, grenade, nefle, figue, olives etc.

© FranceAgriMer

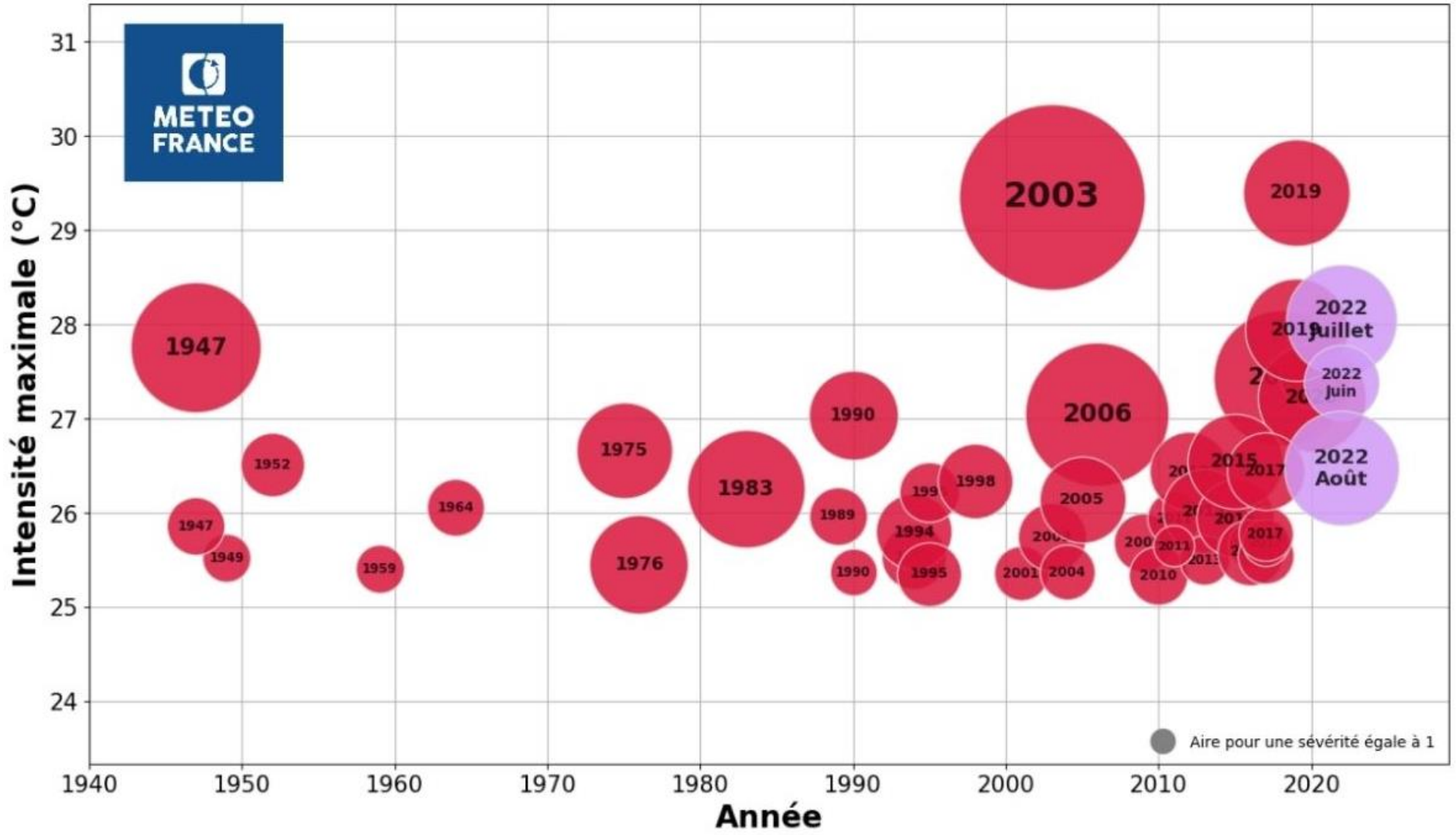



Indice composite de potentiel viticole d'après Malheiro et al. (2010), Climate Research 43, 163-177
Source : FranceAgrimer - 2018

# Température

Evolution des canicules depuis 1940 en France.

Des canicules de plus en plus **fréquentes** et **intenses**




© Météo-France

# Température

Evolution* des canicules de 1947 à 2100 selon 2 scénarios.

Des canicules encore plus

**fréquentes**

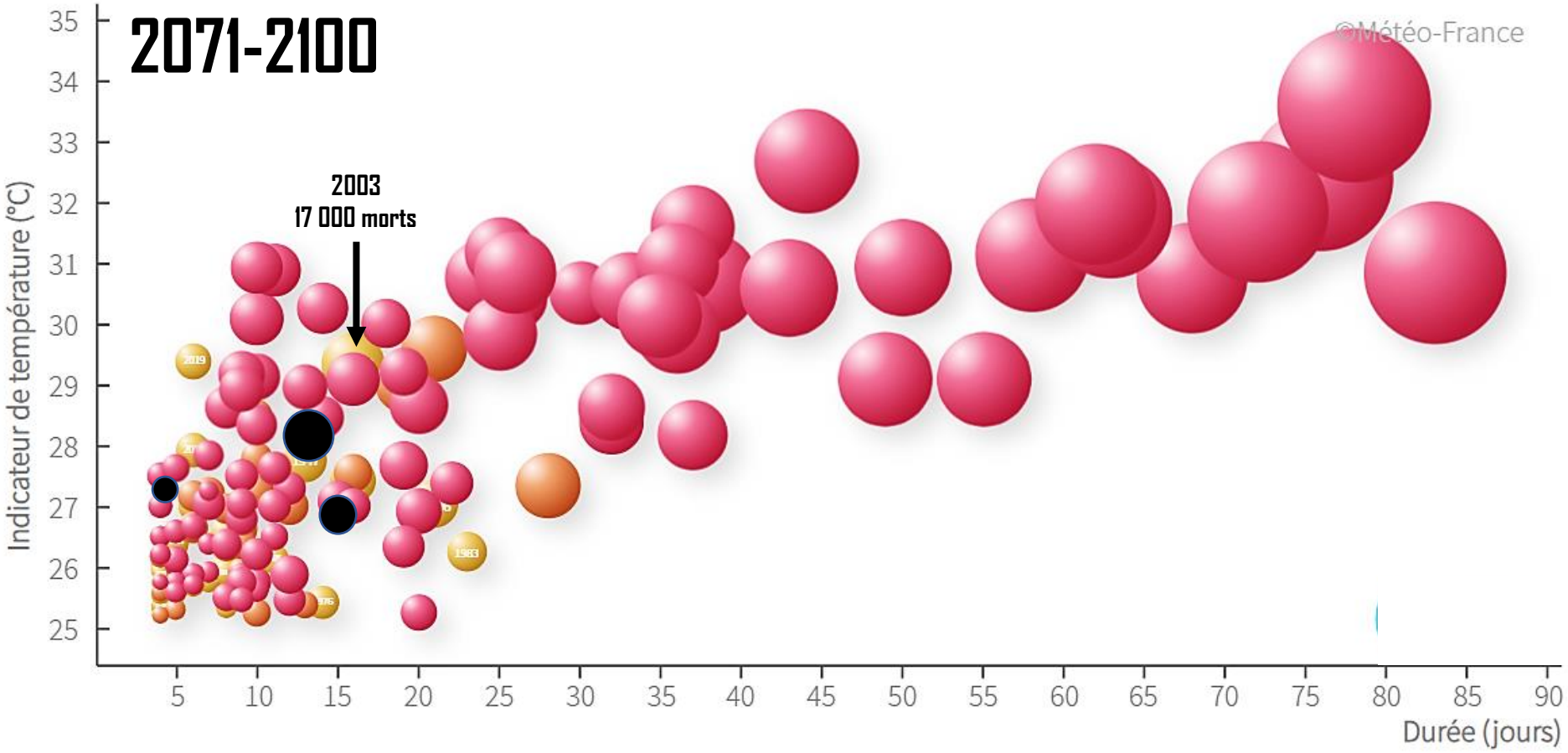
et

**intenses**

et

**plus longues**

*Indice de confiance : fort




© Météo-France/CLIMAT HD

# Température

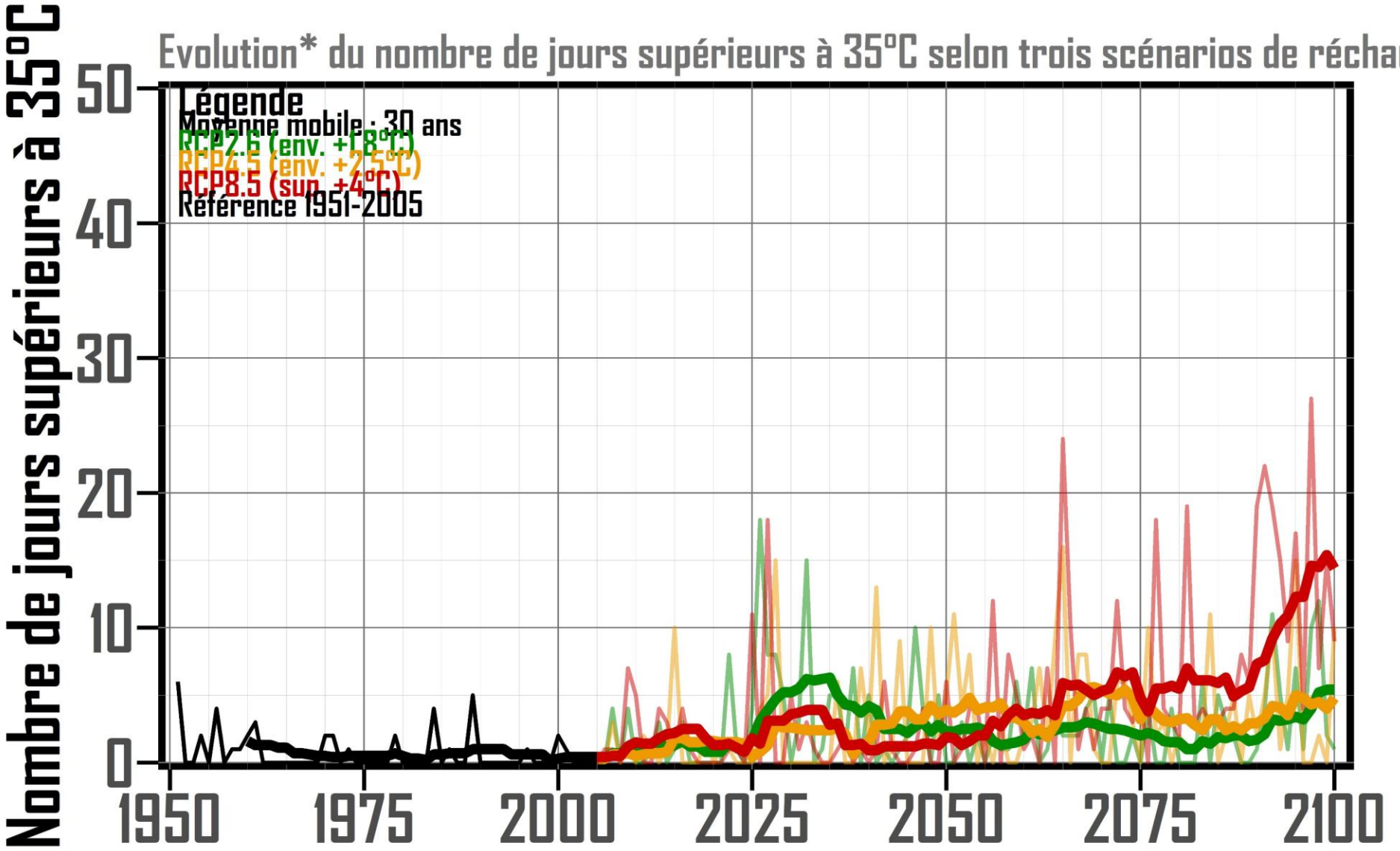
Evolution* du nombre de jours >35°C selon 3 scénarios.

Certaines canicules pourront durer jusqu'à 3 semaines...

*Indice de confiance : fort

Données © DRIAS | Modèle ALADIN63 – CNRM-CM5
Graphique © Serge Zaka

# La Roche Sur Yon



# Impact agricole

## Grandes cultures

## Maïs

### Impacts sur le rendement

5

# Impact - Maïs

## Evolution des rendements nationaux de maïs de 1961-2022

## Hausse de 1961 à 2000

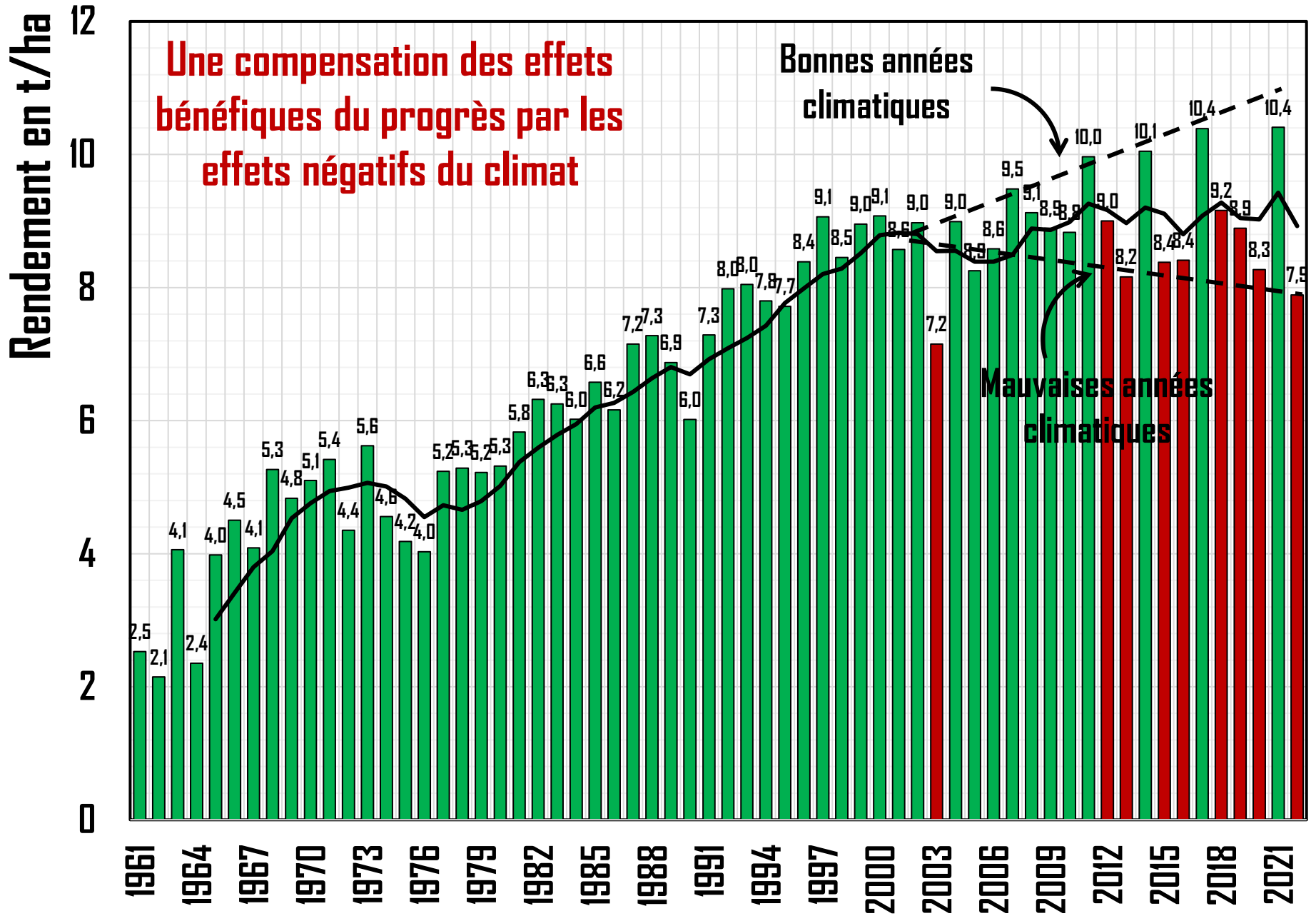
Progrès génétique (mais il reste de la marge).
Amélioration des techniques culturales.
Hausse de la température (pas d'effet CO2).

## Ralentissement de la hausse de 2000 à 2022

Problèmes climatiques (déficit hydrique pendant le remplissage, échaudage).
Alternance de bonnes et mauvaises années suivant la pression climatique (hausse de la variabilité interannuelle).

## Raisons secondaires

- ✓ Modification des rotations (moins de légumineuses)
- ✓ « Désintensification »




© Données FAO (1961-2016) puis AGRESTE (2016-2022).
© Graphique Serge Zaka

# Impact - Maïs

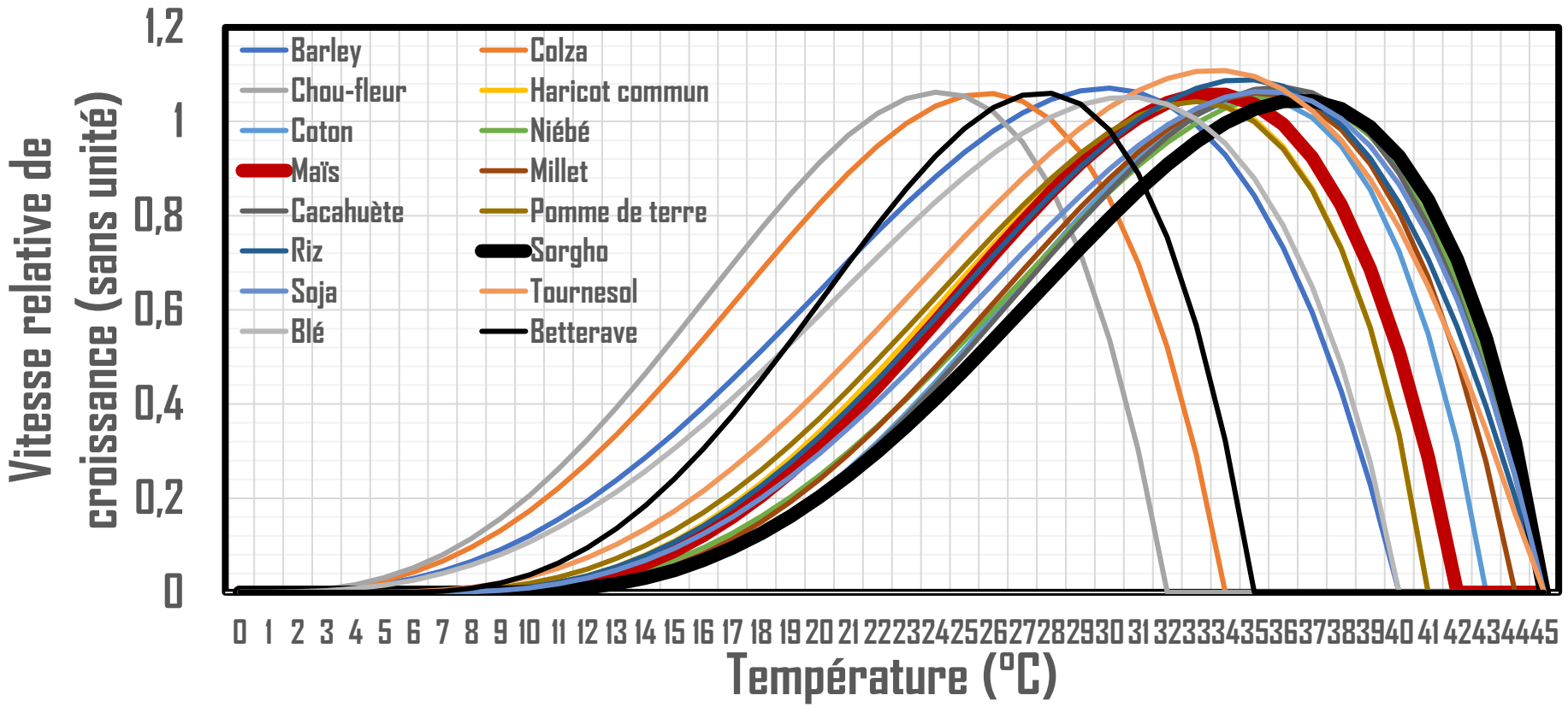
## Courbe de réponse à la température du maïs

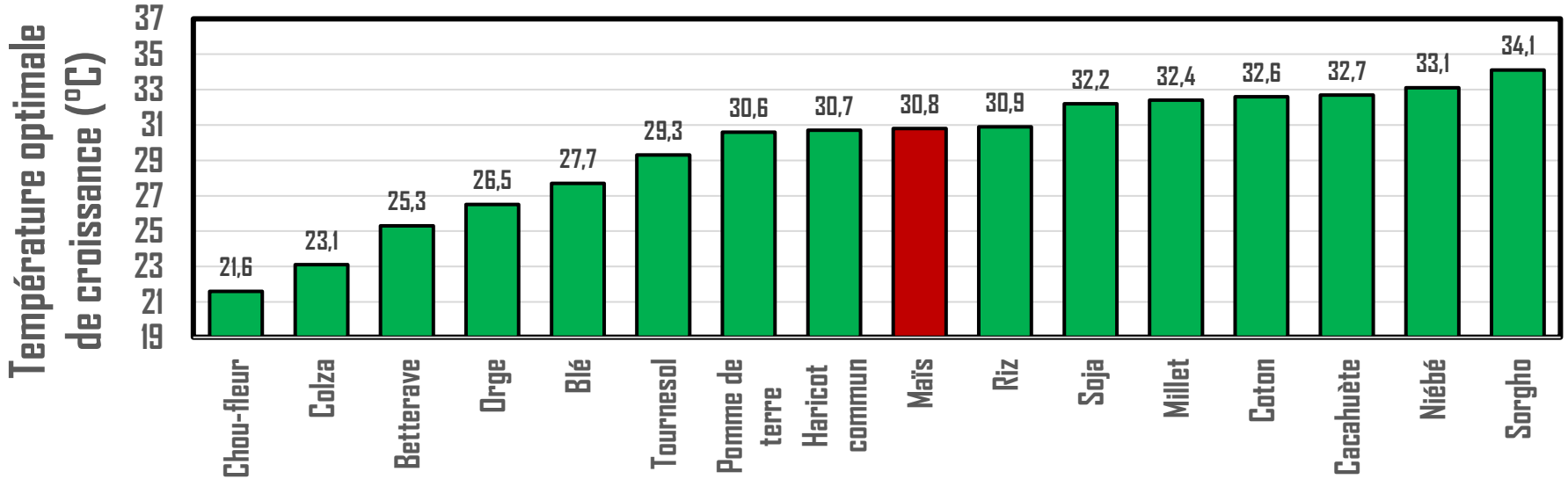
Le maïs résiste modérément aux fortes chaleurs :

Température minimale = 7°C

Température optimale = 30,8°C

Température maximale = 42°C




Données © à partir des données de Parent et Tardieu, 2012 (hors betterave, CGB)

# Impact - Maïs

## Evolution des rendements nationaux de maïs de 1961-2022

### Hausse de 1961 à 2000

Progrès génétique (mais il reste de la marge).
Amélioration des techniques culturales.
Hausse de la température.

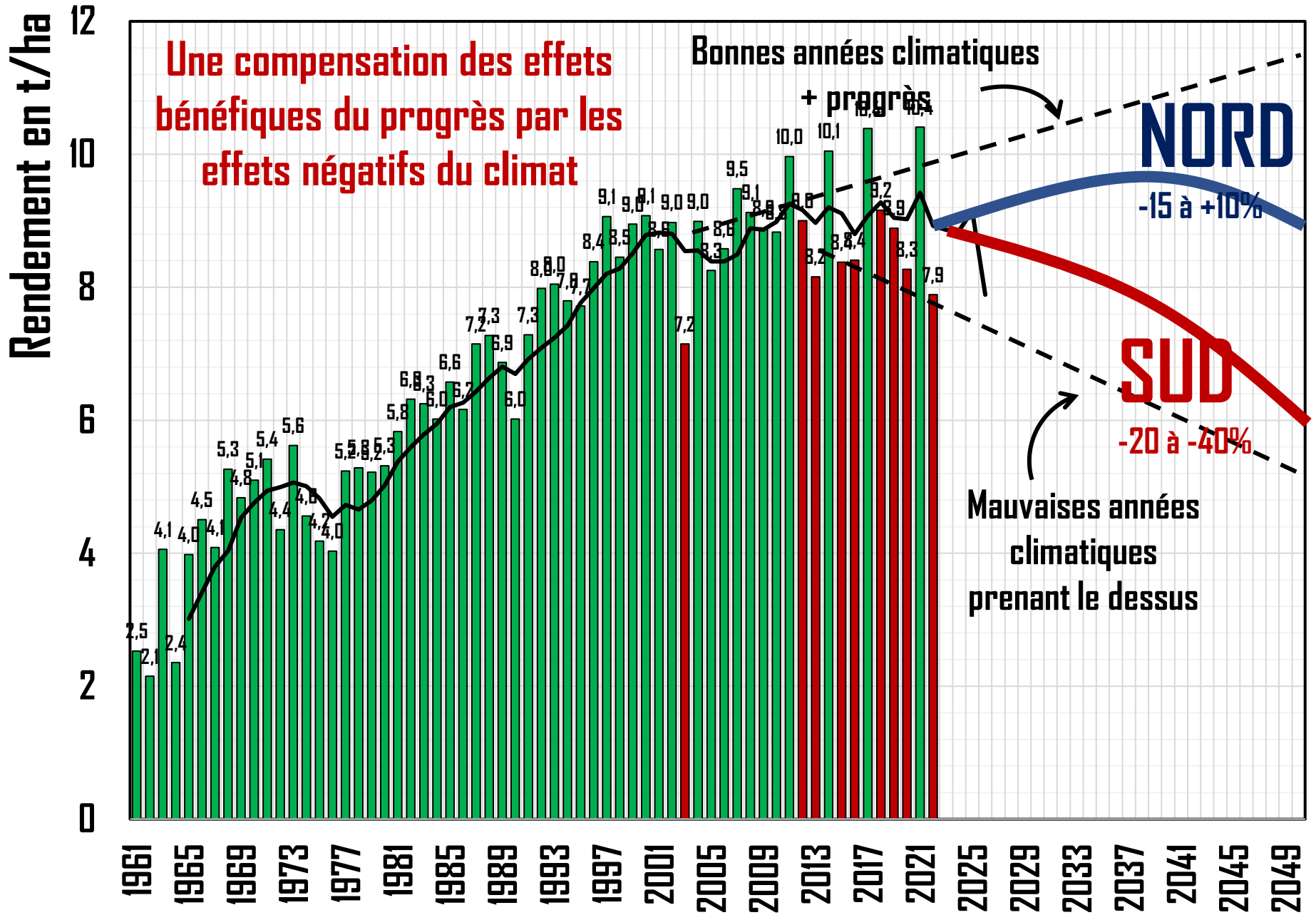
### Ralentissement de la hausse de 2000 à 2022

Problèmes climatiques (déficit hydrique pendant le remplissage, échaudage).
Alternance de bonnes et mauvaises années suivant la pression climatique (hausse de la variabilité interannuelle).

### Evolution 2050

NORD : hausse de la température, hausse de la variabilité interannuelle.
SUD : sécheresse et échaudage qui s'accentuent, prise du dessus du climat sur le progrès.

© Données FAO (1961-2016) puis AGRESTE (2016-2022).
© Graphique Serge Zaka



# Impact agricole

## Maïs

## Adaptations et atténuations

**Il n'existe pas une solution uniforme, mais bien une multitude de solutions COMPLEMENTAIRES.**

### Génétique - Variétés

A explorer : Résistance à la sécheresse, gamme de précocité, amélioration du port racinaire, résistance à la sécheresse, résistance aux maladies etc.

### Génétique - Espèces

Nouvelles filières : pistache, olive, vigne, figues, grenade, sorgho, millet etc.

### Agronomie

Semis précoce, agriculture de conservation des sols (moins de labour, plus de couverts, stockage du carbone, biodiversité des sols etc.).

### Numérique

Agriculture de précision, gestion des ressources, aides à la décision etc.

### Matériel

Réserves de substitution, amélioration des outils d'irrigations (goutte à goutte etc.).

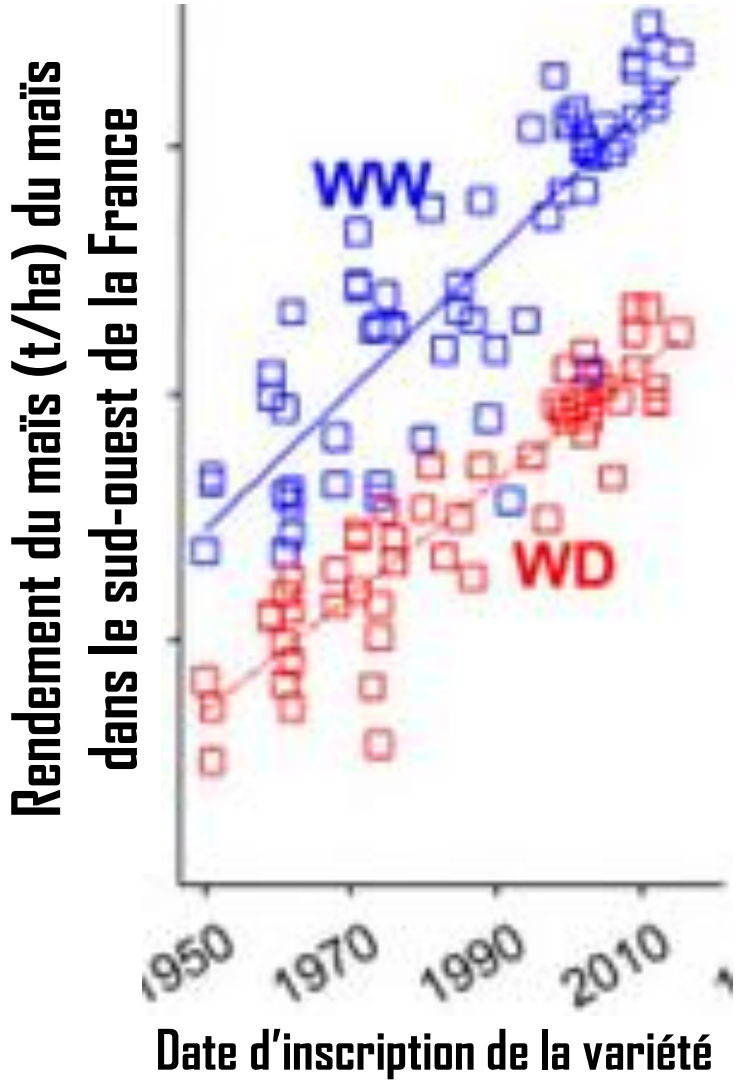
### Paysages

Complexifications, gestions du microclimat intra-parcellaire, haies, diversification des rotations.

# Impact - Maïs

Exemple : la solution génétique

Le rendement d'un maïs de 2022 (extrême sécheresse) est supérieur au rendement d'une année humide dans les années 1950 !




© Tardieu, Welcker et al.

# Impact agricole

5

## Grandes cultures

## Blé

### Impacts sur le rendement

# Impact - Blé

## Evolution des rendements nationaux de blé de 1815 à 2022

## Hausse de 1945 à 2000

Progrès génétique important.
Amélioration des techniques culturales.
Hausse de la température et du CO2.

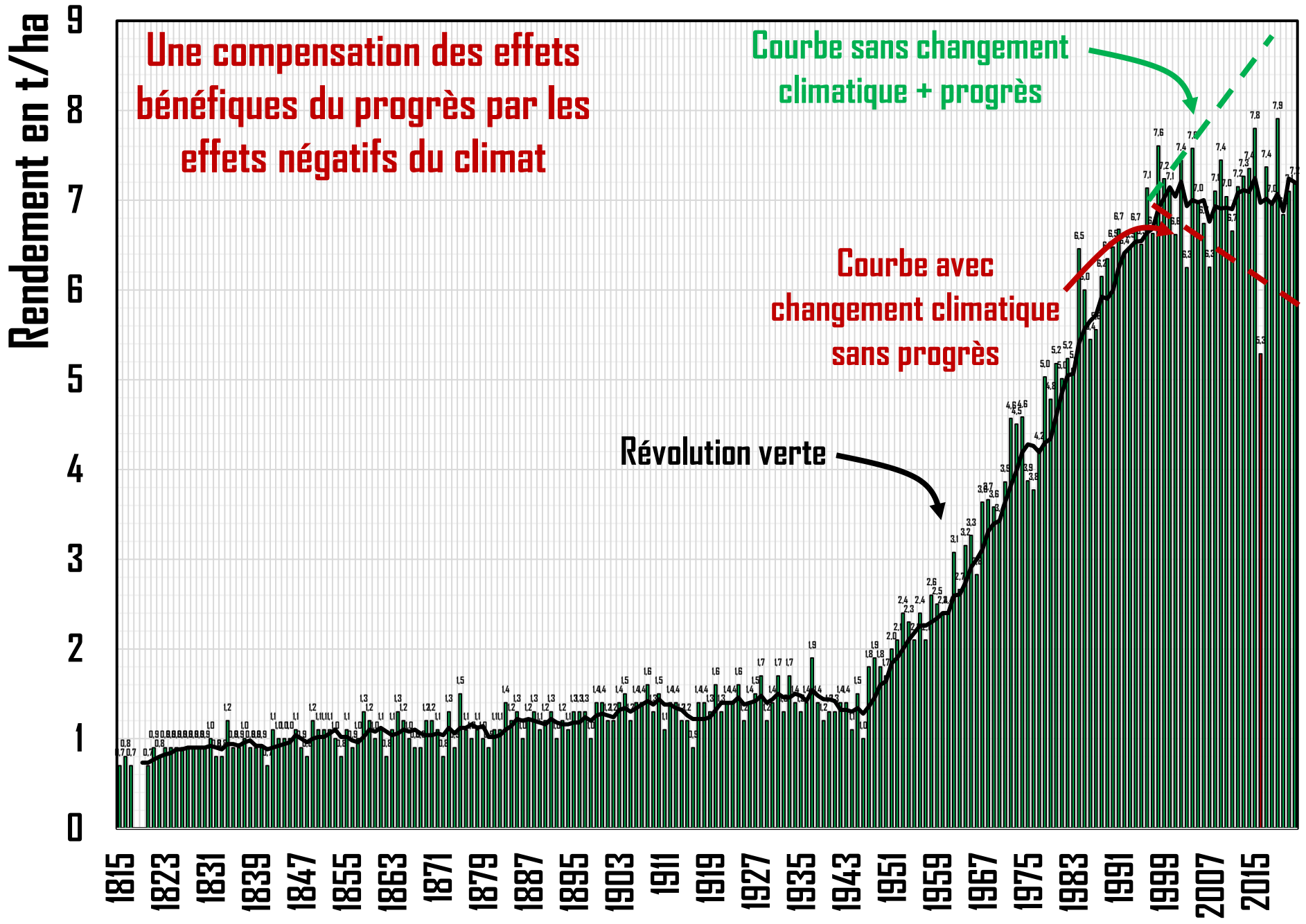
## Stabilisation 2000 à 2022

Problèmes climatiques (déficit hydrique et échaudage pendant le remplissage des grains, excès d'eau en juin).
Variabilité climatique relativement faible (culture d'hiver)

(Brisson et Levrault, 2010 ; Gate et al. 2009)

## Raisons secondaires

- ✓ **Modification des rotations** (moins de légumineuses)
- ✓ « **Désintensification** »




© Statistiques du ministère de l'agriculture (GNIS – Unigrains – FranceAgriMer – FAO - Agreste)

# Impact - Blé

Evolution* des jours >25°C
pendant le remplissage du grain

## Accentuation

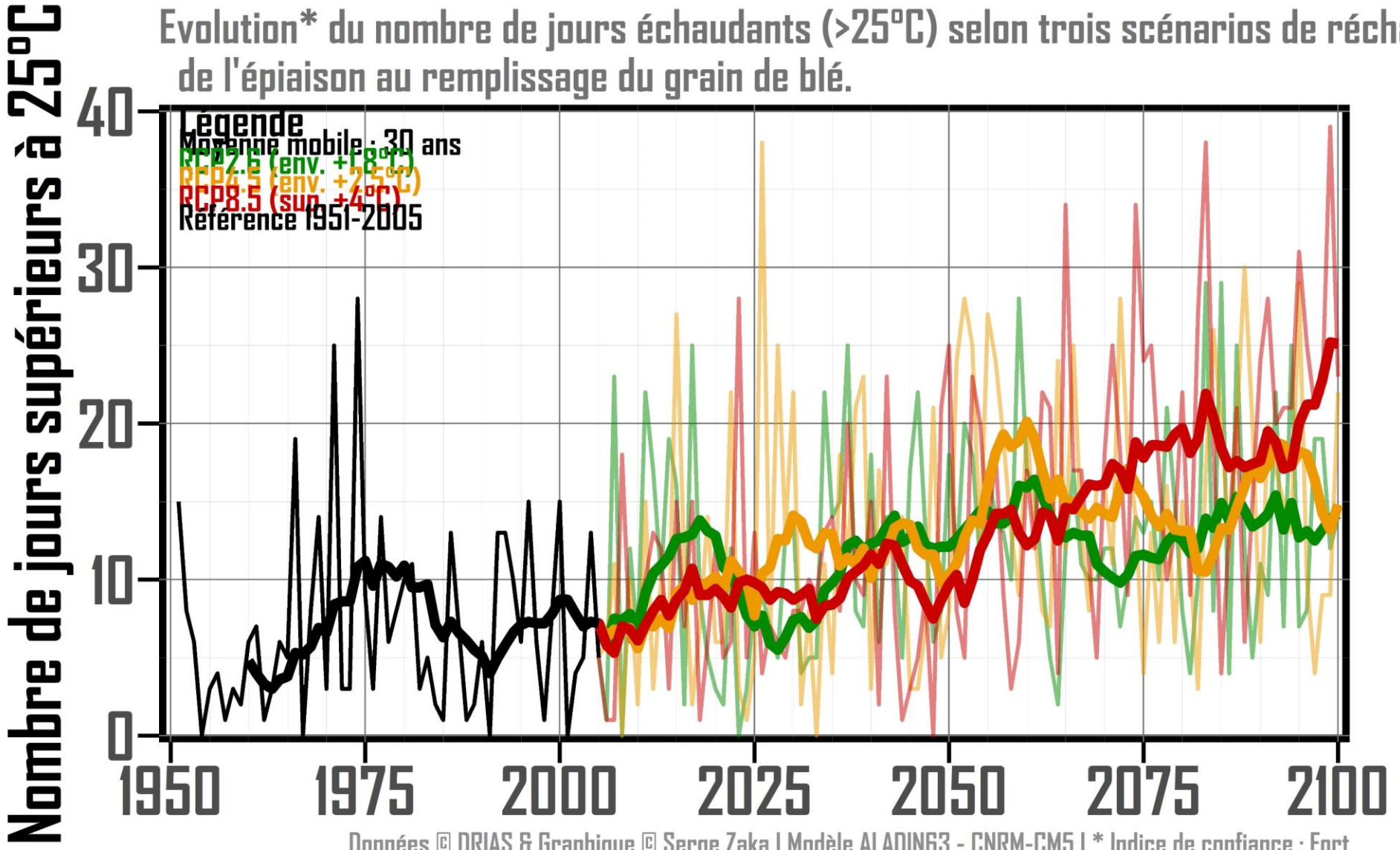
des stress thermiques pendant
le remplissage du grain.

Indice de confiance : fort

Données © DRIAS | Modèle ALADIN63 – CNRM-CM5
Graphique © Serge Zaka

# La Roche Sur Yon

Evolution* du nombre de jours échaudants (>25°C) selon trois scénarios de récha
de l'épiaison au remplissage du grain de blé.




Données © DRIAS & Graphique © Serge Zaka | Modèle ALADIN63 - CNRM-CM5 | * Indice de confiance : Fort

# Impact - Blé

Evolution* du P-ETP pendant le remplissage du grain.

## Accentuation

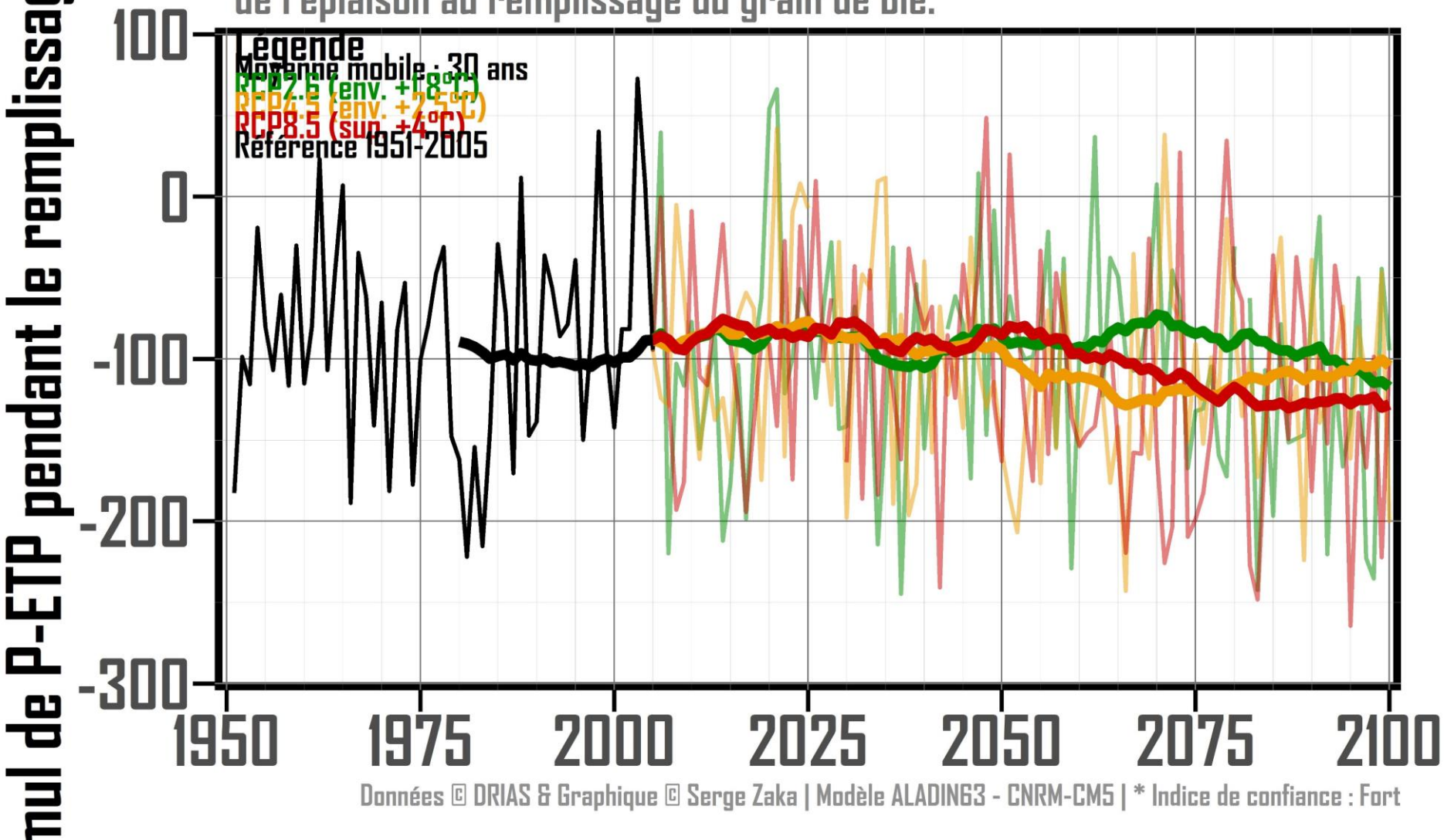
des stress hydrique pendant le remplissage du grain.

Indice de confiance : fort

Données © DRIAS | Modèle ALADIN63 – CNRM-CM5
Graphique © Serge Zaka

# La Roche Sur Yon

Evolution* du cumul de précipitation-évapotranspiration selon trois scénarios de l'épiaison au remplissage du grain de blé.




Données © DRIAS & Graphique © Serge Zaka | Modèle ALADIN63 - CNRM-CM5 | * Indice de confiance : Fort

# Impact - Blé

## Evolution des rendements nationaux de blé de 1815 à 2022

### Hausse de 1945 à 2000

Progrès génétique important.
Amélioration des techniques culturales.
Hausse de la température et du CO2.

### Stabilisation 2000 à 2022

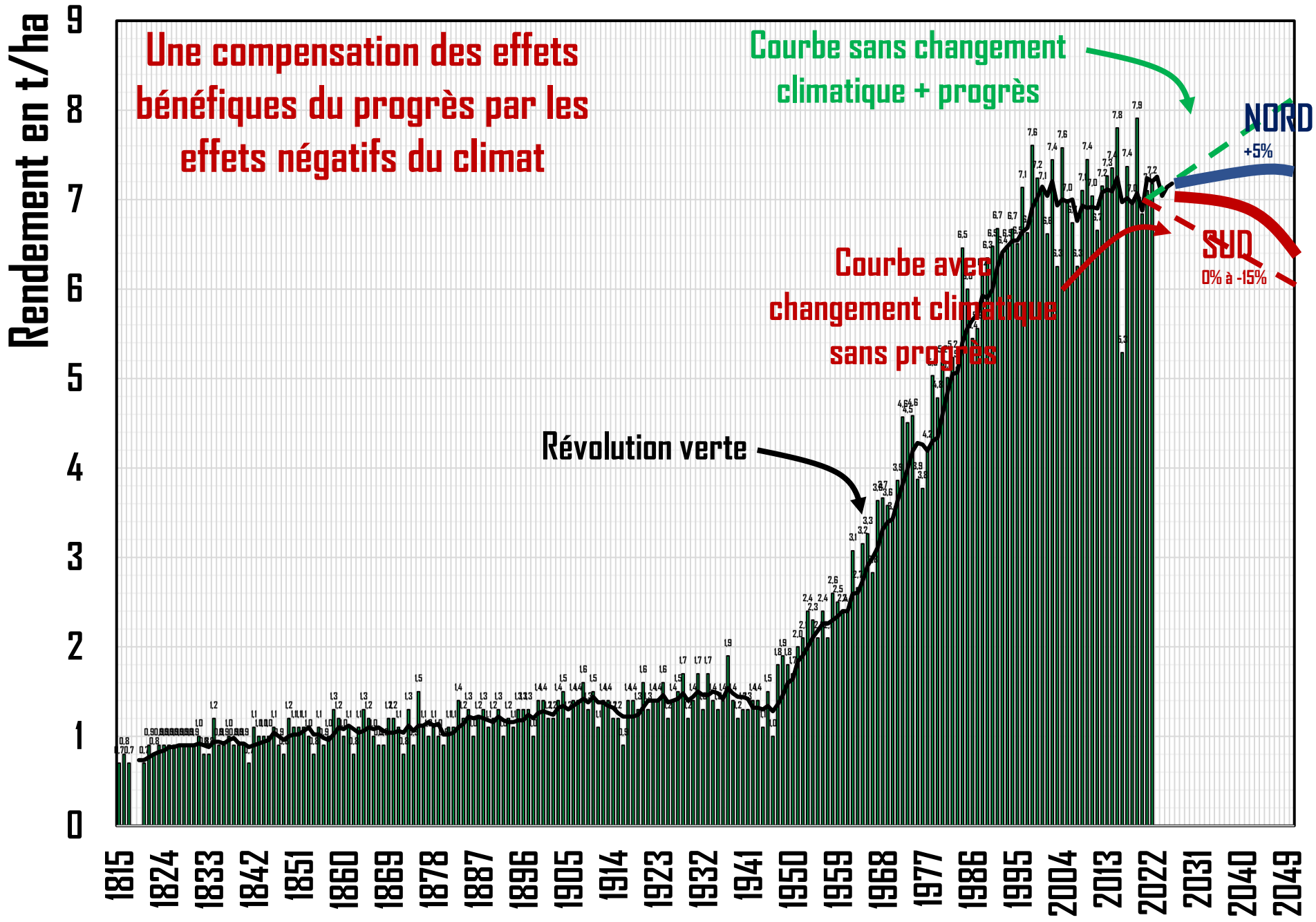
Problèmes climatiques (déficit hydrique et échaudage pendant le remplissage des grains, excès d'eau en juin).
Variabilité climatique relativement faible (culture d'hiver)

(Brisson et Levrault, 2010 ; Gate et al. 2009)

### Evolution 2050

NORD : hausse de la température, stratégie d'évitement, accentuation des stress hydrique mais la hausse du CO2 prend le dessus.
SUD : sécheresse et échaudage qui s'accentuent, prise du dessus du climat sur le progrès, hausse du CO2, stratégie d'évitement.

© Statistiques du ministère de l'agriculture (GNIS – Unigrains – FranceAgriMer – FAO - Agreste)



# Impact agricole

## Blé

## Adaptations et atténuations

**Il n'existe pas une solution uniforme, mais bien une multitude de solutions COMPLEMENTAIRES.**

### Génétique - Variétés

A mieux explorer : Résistance à la sécheresse, gamme de précocité, amélioration du port racinaire, résistance à la sécheresse, résistance aux maladies etc.
Attention, c'est une espèce photopériodique, le raccourcissement des stades au printemps est donc limité.

### Génétique - Espèces

Nouvelles filières : pistache, olive, vigne, figues, grenade, sorgho, millet etc.

### Agronomie

Semis précoce, agriculture de conservation des sols (moins de labour, plus de couverts, stockage du carbone, biodiversité des sols etc.).

### Numérique

Agriculture de précision, gestion des ressources, aides à la décision etc.

### Matériel

Réserves de substitution, amélioration des outils d'irrigations (goutte à goutte etc.).

### Paysages

Complexifications, gestions du microclimat intra-parcellaire, haies, diversification des rotations.

# Impact agricole

## Grandes cultures

## Colza

5

### Impacts sur le rendement

# Impact - Colza

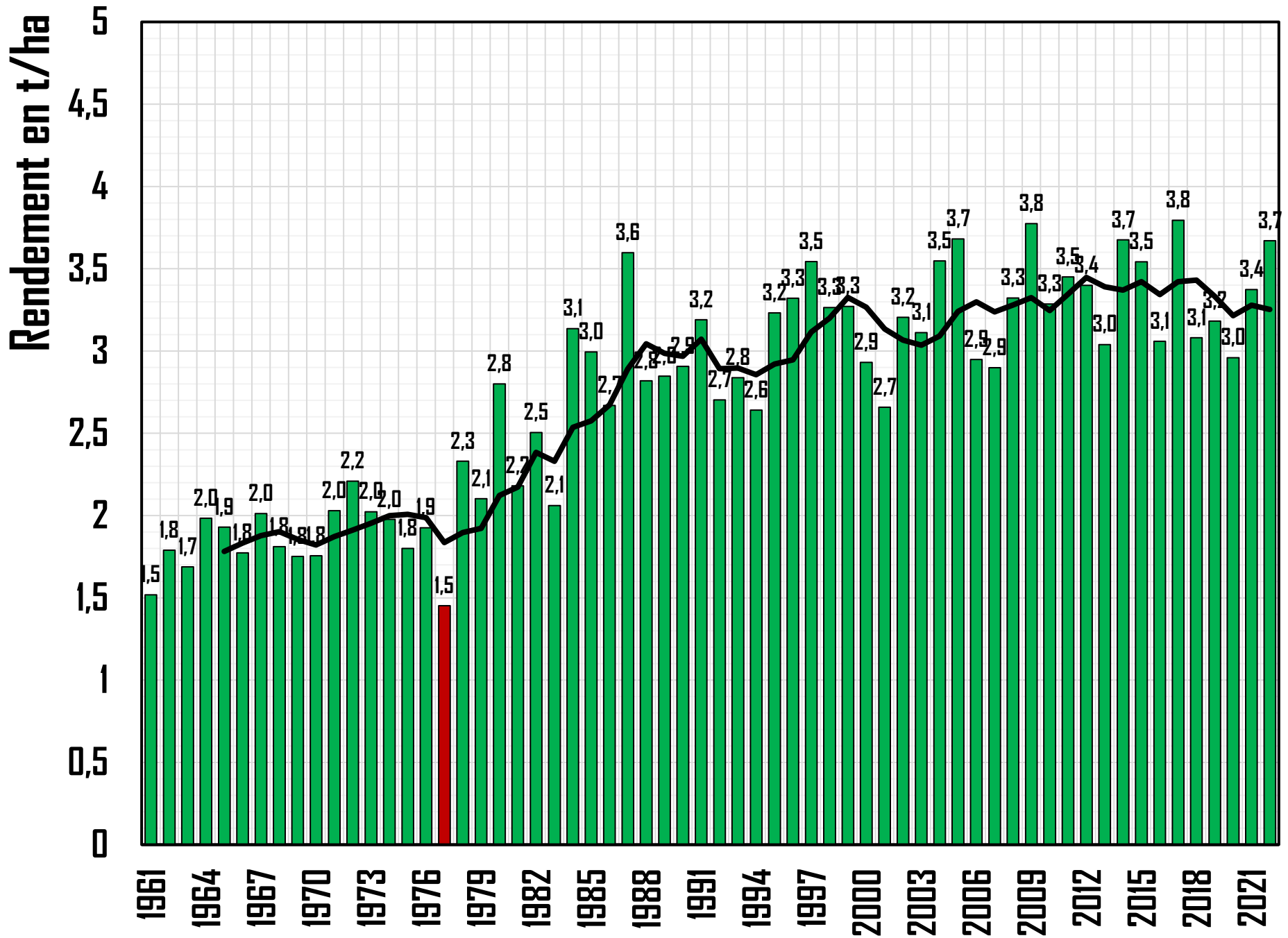
Evolution des rendements nationaux du colza de 1961-2022

## Hausse de 1961 à 2005

Progrès génétique (variété à cycle court = moisson plus précoce = stratégie d'évitement).
Amélioration des techniques culturales.
Hausse de la température et du CO2.
Baisse des gels léthaux l'hiver.

## Ralentissement de la hausse de 2005 à 2022

Problèmes climatiques (sécheresse à la levée) mais le colza à un système racinaire profond !
Gel de printemps sur culture trop développée.
Evolution des parasites ?




Données © FAO – Agreste – Terre Univia
Graphique © Serge Zaka

# Impact - Colza

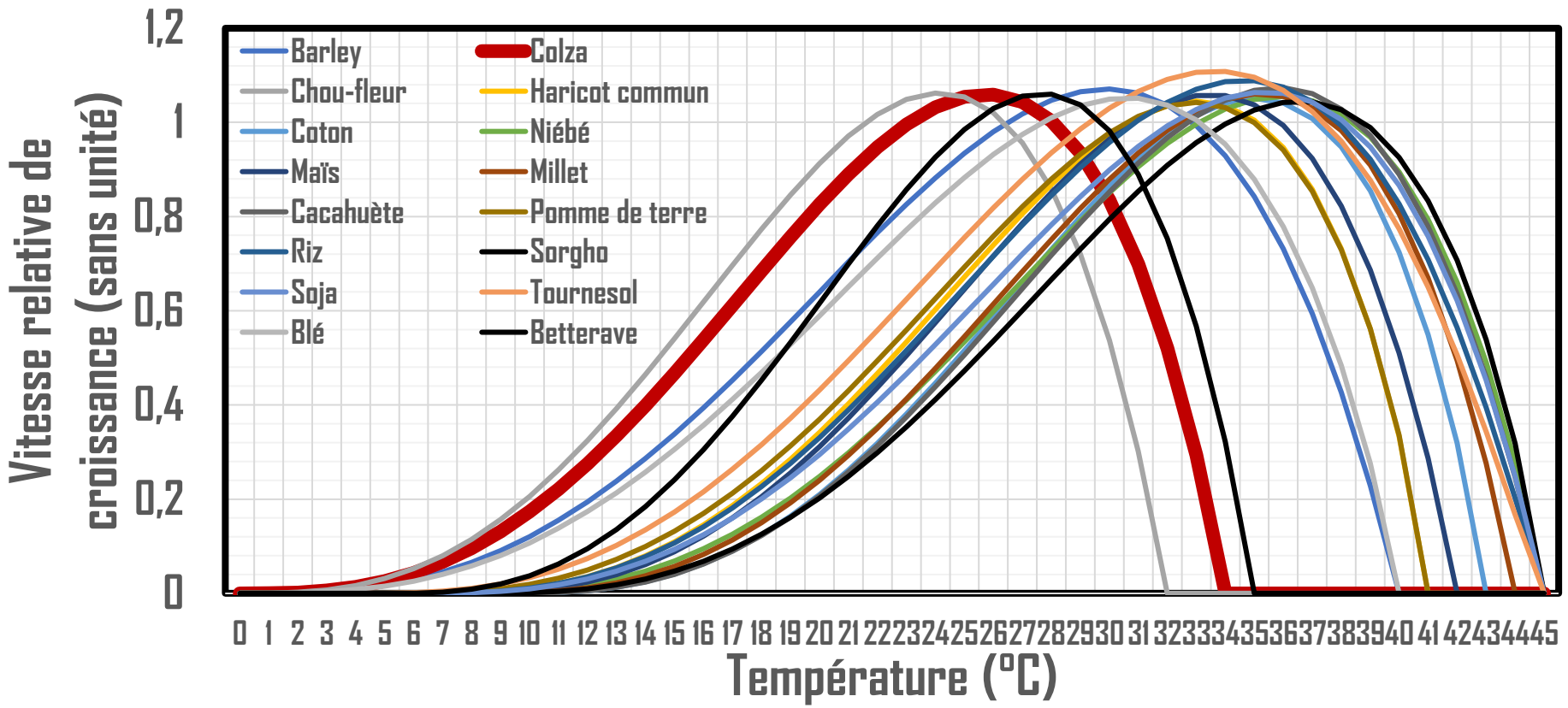
## Courbe de réponse à la température du colza

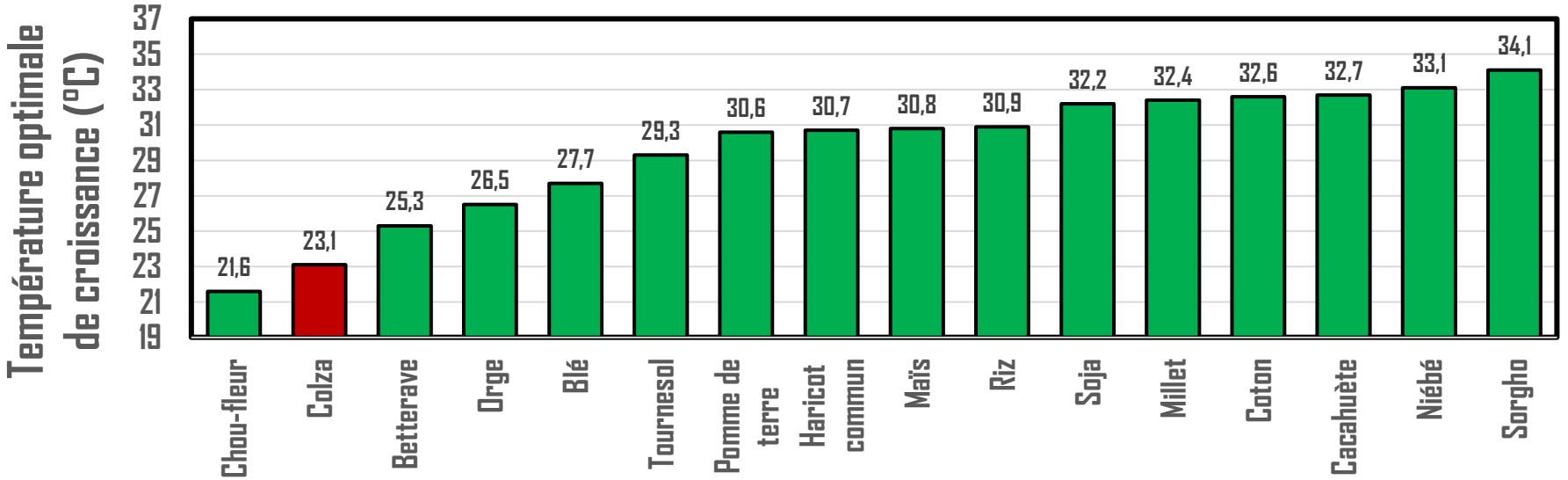
La sorgho est l'espèce la plus résistance aux fortes chaleurs avec :

Température minimale = 0°C

Température optimale = 23,1C

Température maximale = 34°C




Données © à partir des données de Parent et Tardieu, 2012 (hors betterave, CGB)

# Impact - Colza

## Evolution des rendements nationaux du colza de 1961-2022

### Hausse de 1961 à 2005

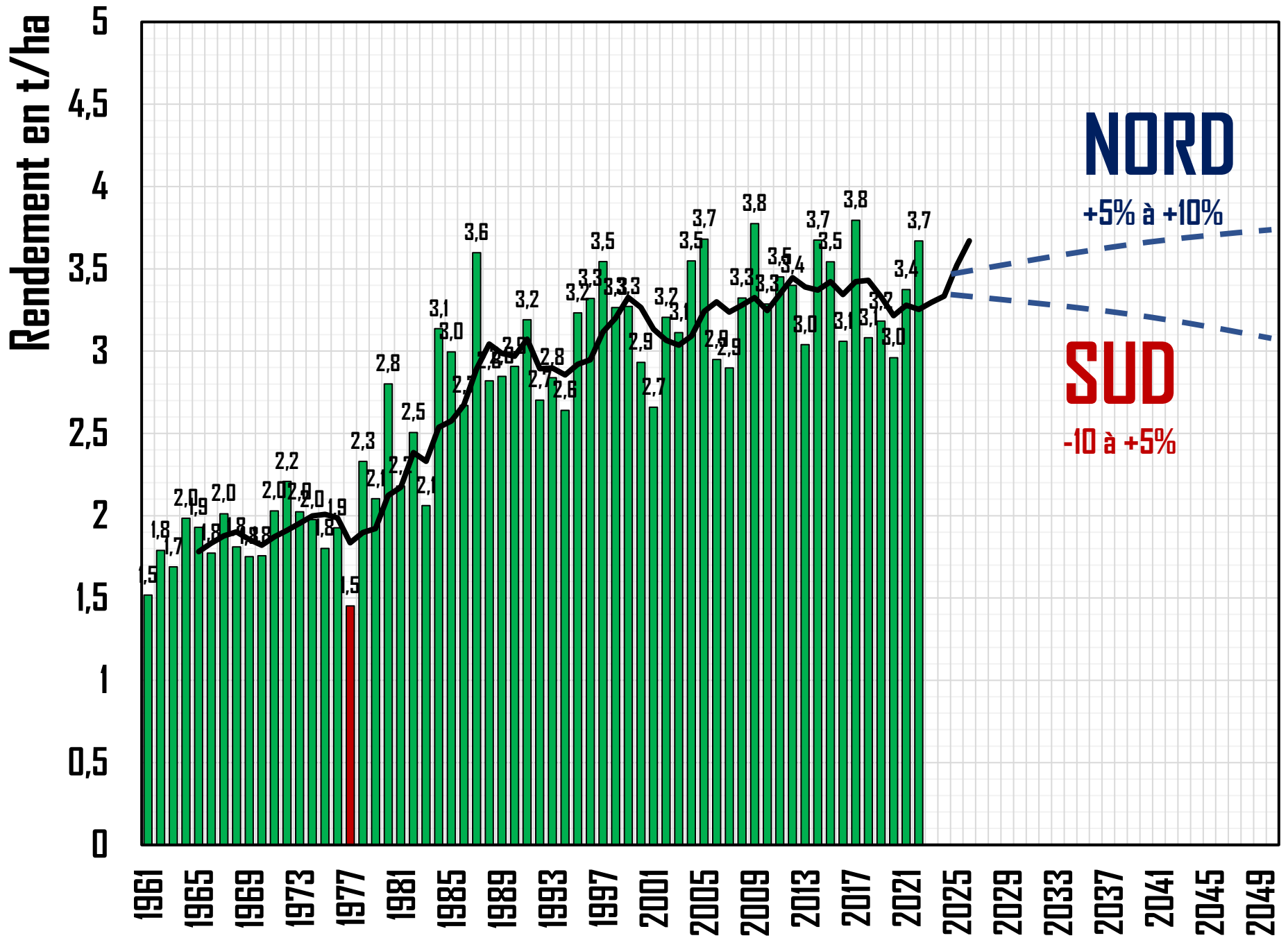
Progrès génétique (variété à cycle court = moisson plus précoce = stratégie d'évitement).
Amélioration des techniques culturales.
Hausse de la température et du CO2.
Baisse des gels léthaux l'hiver.

### Ralentissement de la hausse de 2005 à 2022

Problèmes climatiques (sécheresse à la levée) mais le colza à un système racinaire profond !
Gel de printemps sur culture trop développée.
Evolution des parasites ?

### Evolution 2022-2050

SUD : Accentuation de problème climatique (sécheresse à la levée, gel sur plante développée et surtout stress thermique).
NORD : stress climatiques plus modérés. Effet CO2 dominant.




Données © FAO – Agreste – Terre Univia
Graphique © Serge Zaka

# Impact agricole

5

## Grandes cultures
## Tournesol

### Impacts sur le rendement

# Impact – Tournesol

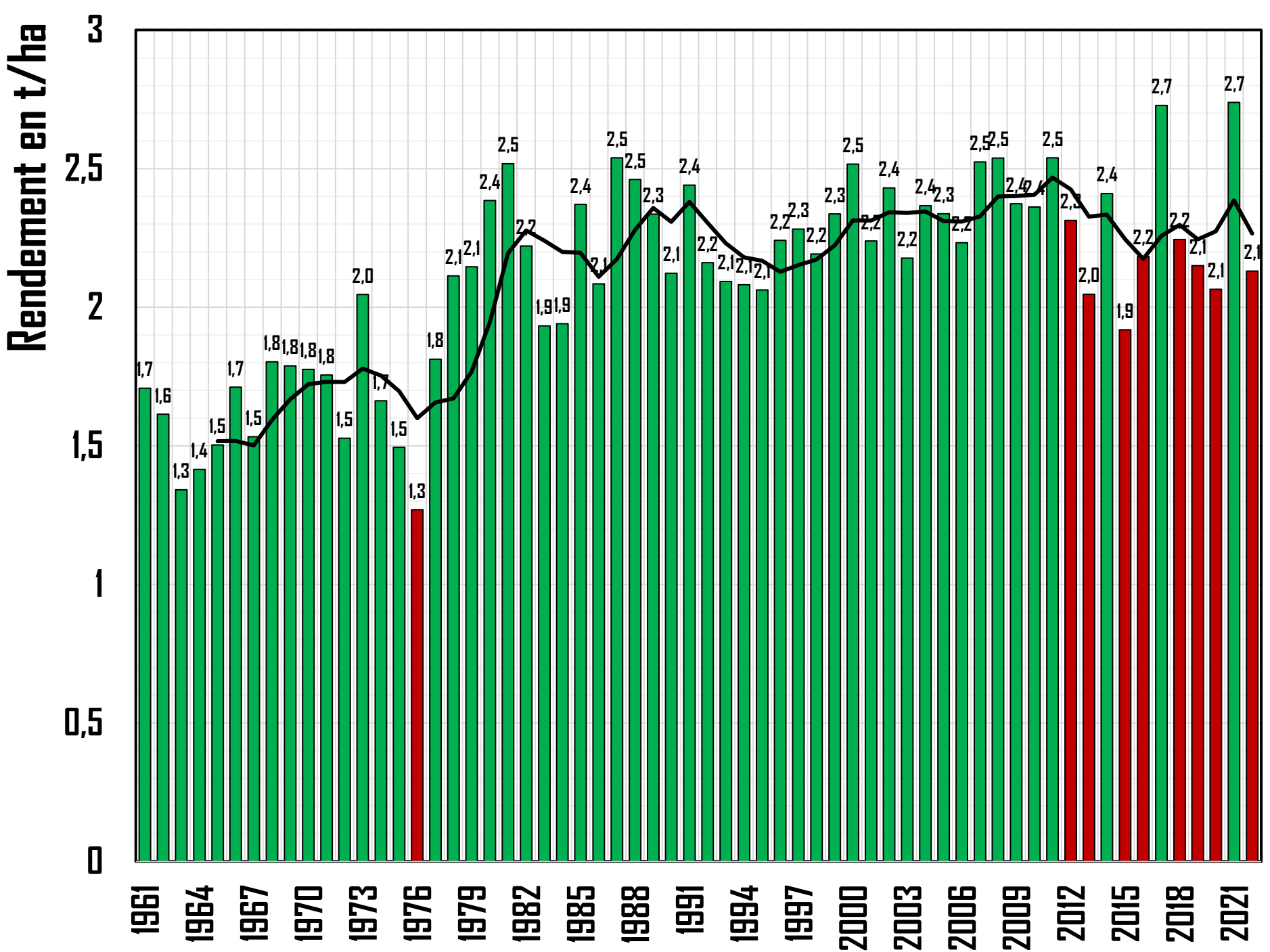
## Evolution des rendements nationaux du tournesol de 1961-2022

### Hausse de 1961 à 1990

Progrès génétique (mais encore une forte marge génétique à explorer).
Amélioration des techniques culturales.
Hausse de la température et du CO2.

### Stabilisation de 1990 à 2022

Quelques problèmes climatiques (sécheresse à l'implantation ou durant le cycle et fortes températures durant le remplissage des grains) mais pas de baisse marquée (système racinaire profond, accélération de la sénescence, contrôle stomatique, bonne efficacité d'utilisation de l'eau, irrigation qui se termine tôt).
Baisse moins marquée que la plupart des cultures en 2022.




Données © FAO – Agreste – Terre Univia
Graphique © Serge Zaka

# Impact – Tournesol

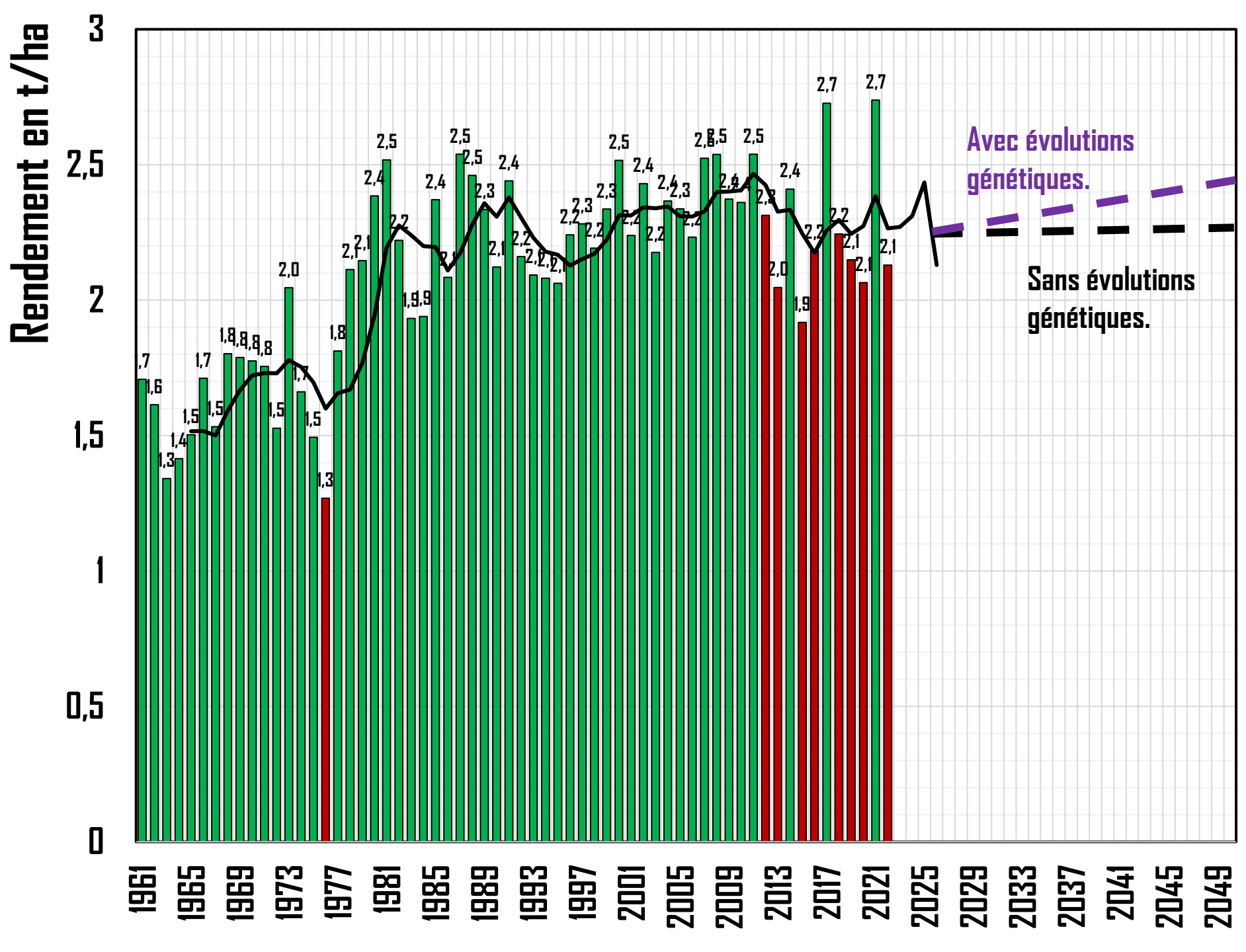
## Evolution des rendements nationaux du tournesol de 1961-2022

### Hausse de 1961 à 1990

Progrès génétique (mais encore une forte marge génétique à explorer).
Amélioration des techniques culturales.
Hausse de la température et du CO2.

### Stabilisation voire hausse de 1990 à 2050

Quelques problèmes climatiques (sécheresse à l'implantation ou durant le cycle et fortes températures durant le remplissage des grains) mais pas de baisse marquée (système racinaire profond, accélération de la sénescence, contrôle stomatique, bonne efficacité d'utilisation de l'eau, irrigation qui se termine tôt).
Baisse moins marquée que la plupart des cultures en 2022.
Effet CO2.




Données © FAO – Agreste – Terre Univia
Graphique © Serge Zaka

# Impact agricole

## Tournesol

## Adaptations et atténuations

**Il n'existe pas une solution uniforme, mais bien une multitude de solutions COMPLEMENTAIRES.**

### Génétique - Variétés

Nombreuses gammes génétiques à explorer.
Extension de variétés vers le nord (Melody).
Stratégie d'esquive : variétés à cycle court (pour éviter que la floraison intervienne trop tard en été) et d'irriguer à des périodes où il y a moins d'arrêtés sécheresse.
Evitement : réduire la transpiration par le choix des variétés à fermeture rapide des stomates.

### Génétique - Espèces

Nouvelles filières : pistache, olive, vigne, figues, grenade, sorgho, millet etc.

### Agronomie

Date de semis, agriculture de conservation des sols (moins de labour, plus de couverts, stockage du carbone, biodiversité des sols etc.).

### Numérique

Agriculture de précision, gestion des ressources, aides à la décision etc.

### Matériel

Développement de l'irrigation.
Amélioration des outils d'irrigations (goutte à goutte etc.).

### Paysages

Complexifications, gestions du microclimat intra-parcellaire, haies, diversification des rotations.

# Impact agricole

5

## Production animale
## Prairies (fourrages)

Impacts sur le rendement.
Adaptations et atténuations.

# Impact - Prairie

Modélisation de la production de fourrage jusqu'en 2100.

## ① Extension de la saison de pâture

Avancée de la reprise printanière et recul de l'arrêt automnal (attention à la portance).

## ② Hausse de la production printanière

Douceur, CO2, indice hydrique des sols convenable.

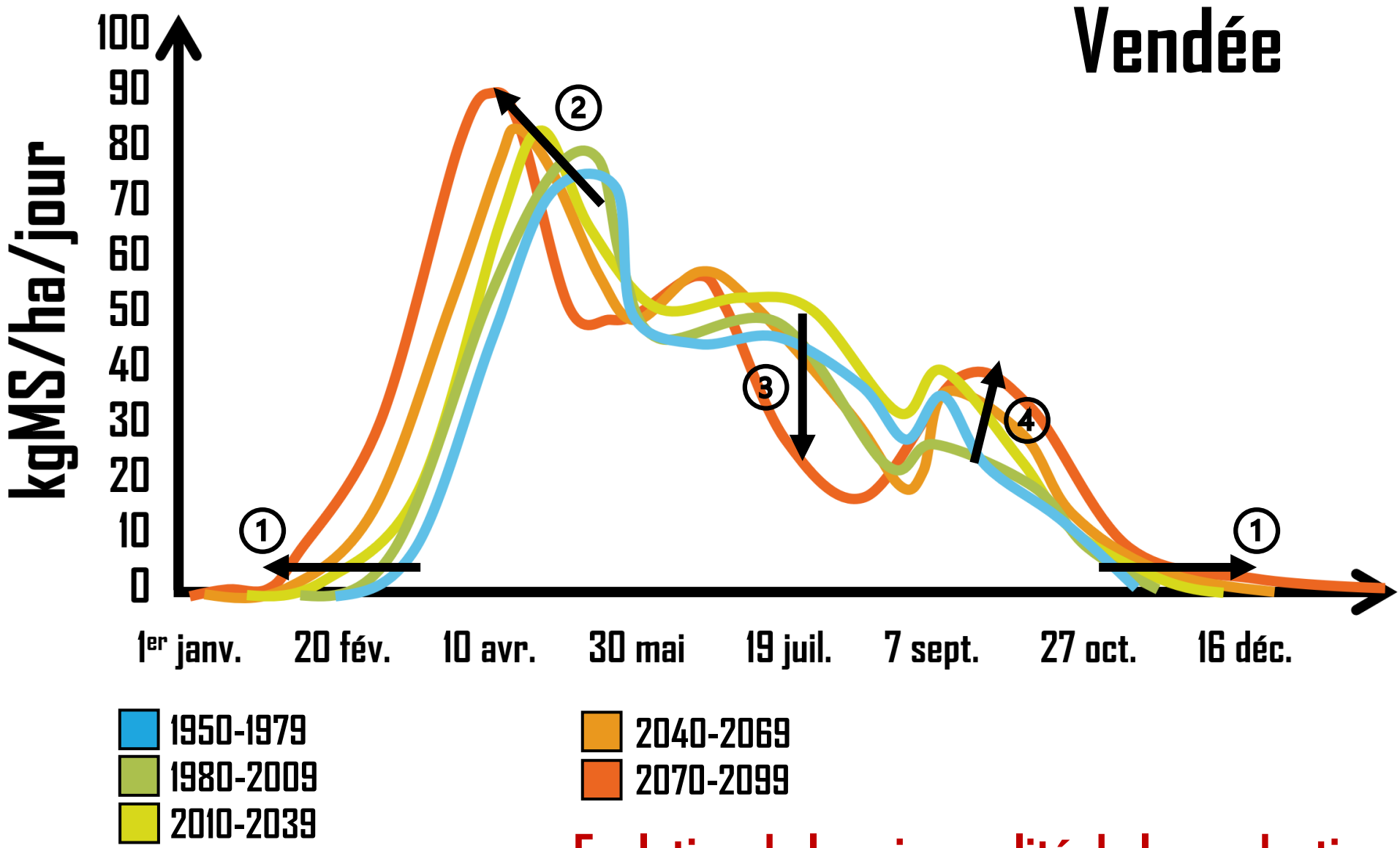
## ③ Baisse de la production estivale

Canicules et indice hydrique des sols bas.

## ④ Reprise automnale ?

Douceur, CO2, indice hydrique des sols convenable.

© Etude de CLIMALAIT de l'IDELE sur 2 sols et 2 fertilisations.




## Evolution de la saisonnalité de la production

Stabilité du rendement annuel dans le nord (compensation hiver-été)

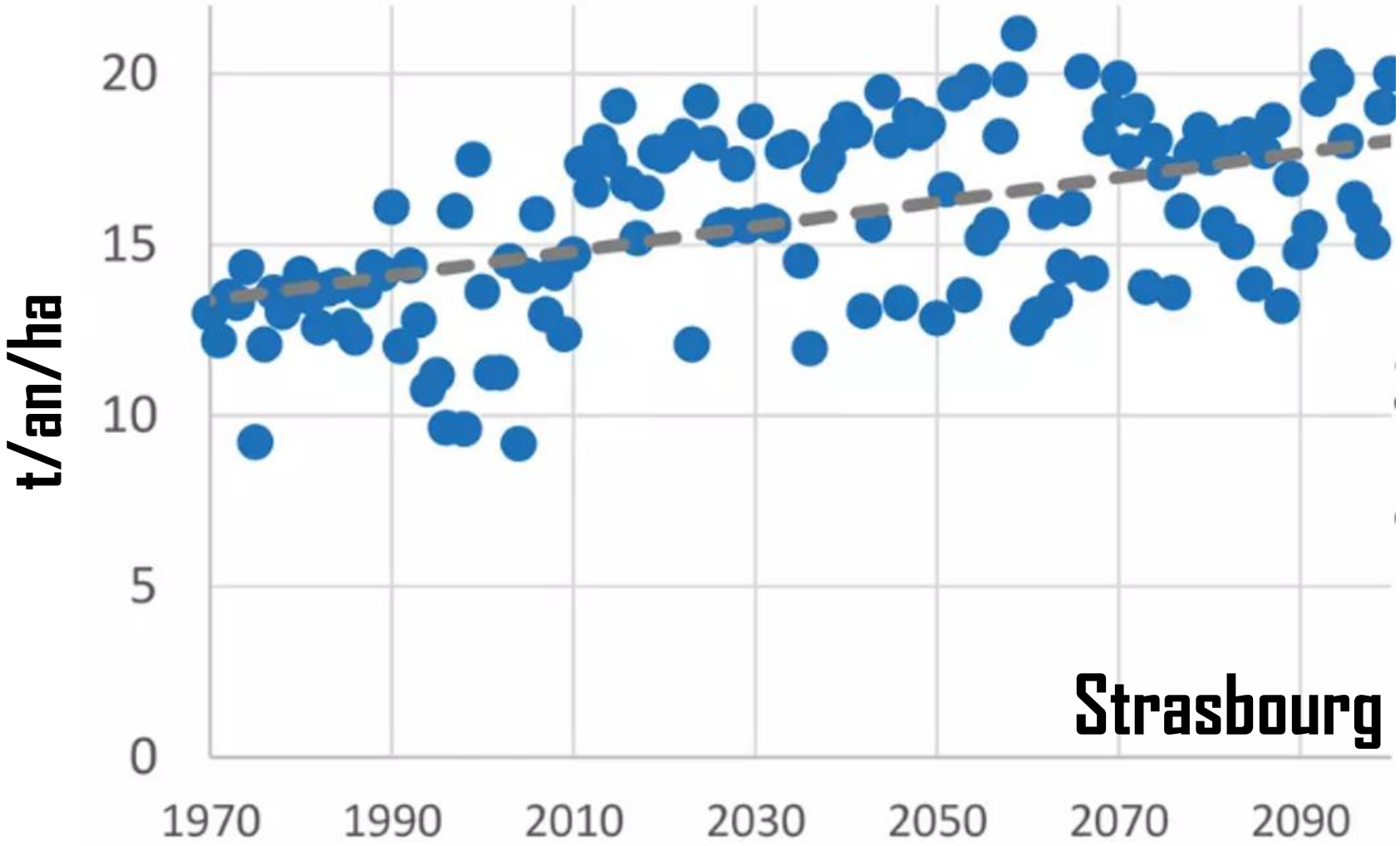
Baisse de la production annuel dans le sud (pas de compensation hiver-été)

# Impact - Prairie

Evolution de la production de la luzerne de 1970 à 2100.

**+5 t/ha**

entre 1970 et 2100.




© Etude de CLIMALAIT de l'IDELE sur 2 sols.

# Impact agricole

## Prairie

## Adaptations et atténuations

**Il n'existe pas une solution uniforme, mais bien une multitude de solutions COMPLEMENTAIRES.**

### Gestion

Meilleure gestion du stock de fourrages (excès du printemps à redistribuer l'été, stock de sécurité).
Extension des périodes de pâtures avec un creux estival.

### Génétique - Espèces

Prairies multi-espèces (lissage de la production sur l'année).
Jouer sur la diversité des prairies.
Mieux comprendre la dormance estivale.

### Paysages

Stockage du carbone, structuration des paysages non exploitables par les grandes cultures (zones humides, alpages etc.), bocages, haies parallèles à la pente etc.

### Restructuration (pour le sud)

La baisse de la production de fourrage annuelle entraînera :

- Une réorientation de la production laitière vers l'ovin et caprin.
- Dans les cas extrêmes : une diminution du cheptel ou acquisition de nouvelles terres à cheptel constant (luttes contre incendies).

# Impact agricole

5

Production animale
Vache laitière
Stress thermique corporel

Evolution de l'indice THI
Impacts sur le bien-être animal
Impacts sur la production laitière
Evolution de la durée des vagues de chaleur
Adaptations et atténuations

# Impact – Vache laitière

## Définition de l'indice THI

Le bien-être animal se calcule grâce à l'indice

**THI**

« Temperature Humidity Index »

© ITK

**Humidité relative (%)** →

**Température (°C)** ↓

| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 61.3 | 61.6 | 61.9 | 62.2 | 62.6 | 62.9 | 63.2 | 63.5 | 63.8 | 64.1 | 64.4 |
| 19 | 62.1 | 62.5 | 62.9 | 63.4 | 63.8 | 64.2 | 64.6 | 65.0 | 65.4 | 65.8 | 66.2 |
| 20 | 62.9 | 63.4 | 64.0 | 64.5 | 65.0 | 65.5 | 66.0 | 66.5 | 67.0 | 67.5 | 68.0 |
| 21 | 63.8 | 64.4 | 65.0 | 65.6 | 66.2 | 66.8 | 67.4 | 68.0 | 68.6 | 69.2 | 69.8 |
| 22 | 64.6 | 65.3 | 66.0 | 66.7 | 67.4 | 68.1 | 68.8 | 69.5 | 70.2 | 70.9 | 71.6 |
| 23 | 65.4 | 66.2 | 67.0 | 67.8 | 68.6 | 69.4 | 70.2 | 71.0 | 71.8 | 72.6 | 73.4 |
| 24 | 66.2 | 67.1 | 68.0 | 68.9 | 69.8 | 70.7 | 71.6 | 72.5 | 73.4 | 74.3 | 75.2 |
| 25 | 67.0 | 68.0 | 69.0 | 70.0 | 71.0 | 72.0 | 73.0 | 74.0 | 75.0 | 76.0 | 77.0 |
| 26 | 67.8 | 68.9 | 70.0 | 71.1 | 72.2 | 73.3 | 74.4 | 75.5 | 76.6 | 77.7 | 78.8 |
| 27 | 68.6 | 69.8 | 71.0 | 72.2 | 73.4 | 74.6 | 75.8 | 77.0 | 78.2 | 79.4 | 80.6 |
| 28 | 69.4 | 70.7 | 72.0 | 73.3 | 74.6 | 75.9 | 77.2 | 78.5 | 79.8 | 81.1 | 82.4 |
| 29 | 70.2 | 71.6 | 73.0 | 74.4 | 75.8 | 77.2 | 78.6 | 80.0 | 81.4 | 82.8 | 84.2 |
| 30 | 71.0 | 72.5 | 74.0 | 75.5 | 77.0 | 78.5 | 80.0 | 81.5 | 83.0 | 84.5 | 86.0 |
| 31 | 71.9 | 73.4 | 75.0 | 76.6 | 78.2 | 79.8 | 81.4 | 83.0 | 84.6 | 86.2 | 87.8 |
| 32 | 72.7 | 74.4 | 76.0 | 77.7 | 79.4 | 81.1 | 82.8 | 84.5 | 86.2 | 87.9 | 89.6 |
| 33 | 73.5 | 75.3 | 77.1 | 78.8 | 80.6 | 82.4 | 84.2 | 86.0 | 87.8 | 89.6 | 91.4 |
| 34 | 74.3 | 76.2 | 78.1 | 80.0 | 81.8 | 83.7 | 85.6 | 87.5 | 89.4 | 91.3 | 93.2 |
| 35 | 75.1 | 77.1 | 79.1 | 81.1 | 83.1 | 85.0 | 87.0 | 89.0 | 91.0 | 93.0 | 95.0 |
| 36 | 75.9 | 78.0 | 80.1 | 82.2 | 84.3 | 86.4 | 88.4 | 90.5 | 92.6 | 94.7 | 96.8 |
| 37 | 76.7 | 78.9 | 81.1 | 83.3 | 85.5 | 87.7 | 89.8 | 92.0 | 94.2 | 96.4 | 98.6 |
| 38 | 77.5 | 79.8 | 82.1 | 84.4 | 86.7 | 89.0 | 91.2 | 93.5 | 95.8 | 98.1 | 100.4 |

- Zone de confort
- Seuil de stress
- Stress léger à modéré
- Stress modéré à majeur
- Stress majeur
- Risque de mort

# Impact – Vache laitière

## Conséquences d'un stress thermique

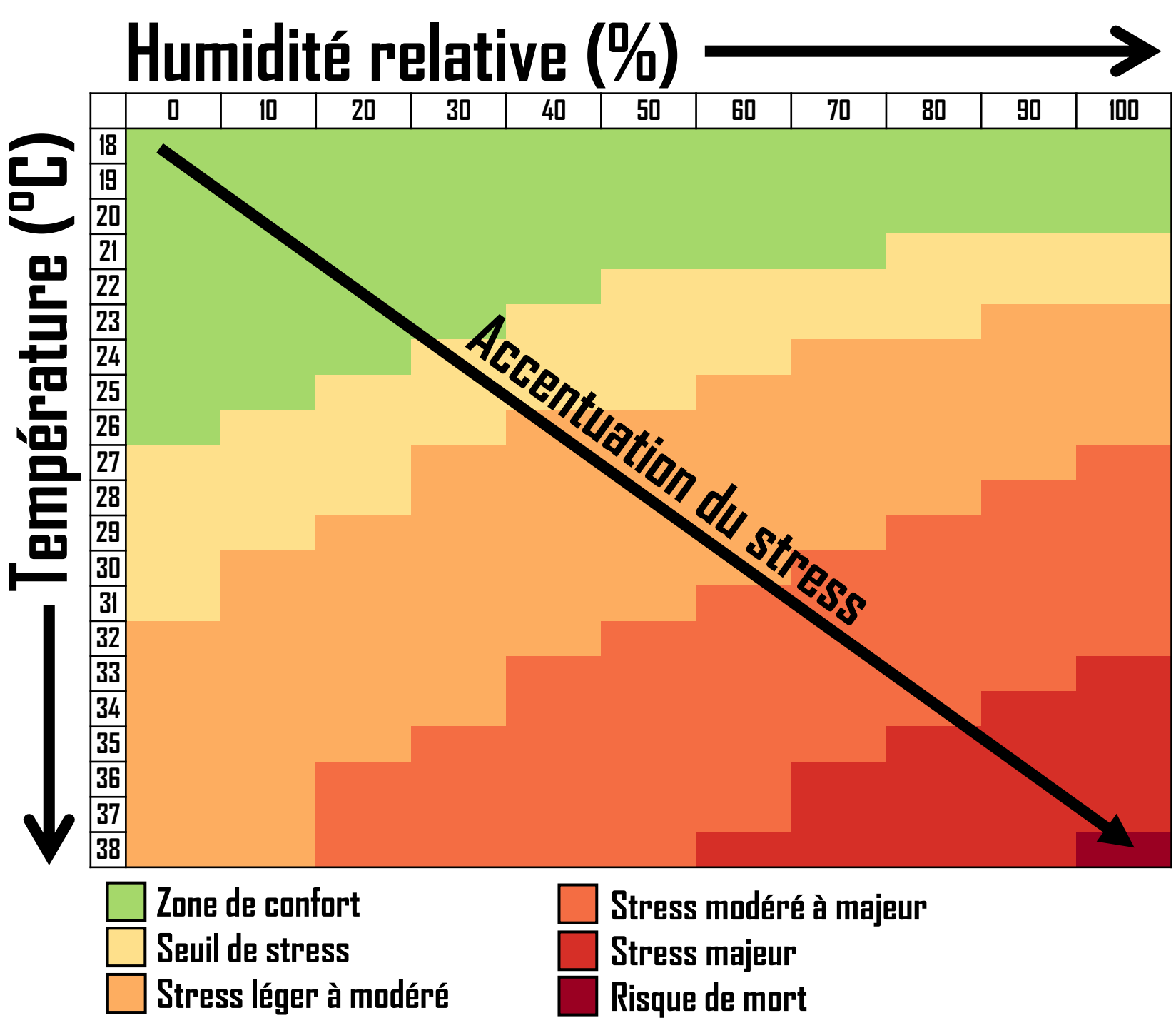
## Impacts court terme

Diminution de la production journalière du lait (perte d'appétit, énergie redirigée vers le refroidissement de la température corporelle).
Mal-être animal (réduction des déplacements et du ruminement).

## Impacts long terme

Diminution accélérée de la production et de la qualité du lait (fatigue corporelle, teneur élevée en acide oléique, baisse protéine).
Mal-être animal.
Position debout prolongée et risques de boitieries.
Couchage en groupe et risque de mammites.
Baisse des défenses immunitaires.
Baisse des performances de reproduction.

© Serge Zaka



# Impact – Vache laitière

Accentuation du stress thermique

## Bâtiments étuves

hausse de la température et de l'humidité

## Manque d'ombre

hausse de la température

## Sécheresse

hausse de la température du sol

© Serge Zaka

## Impact – Vache laitière

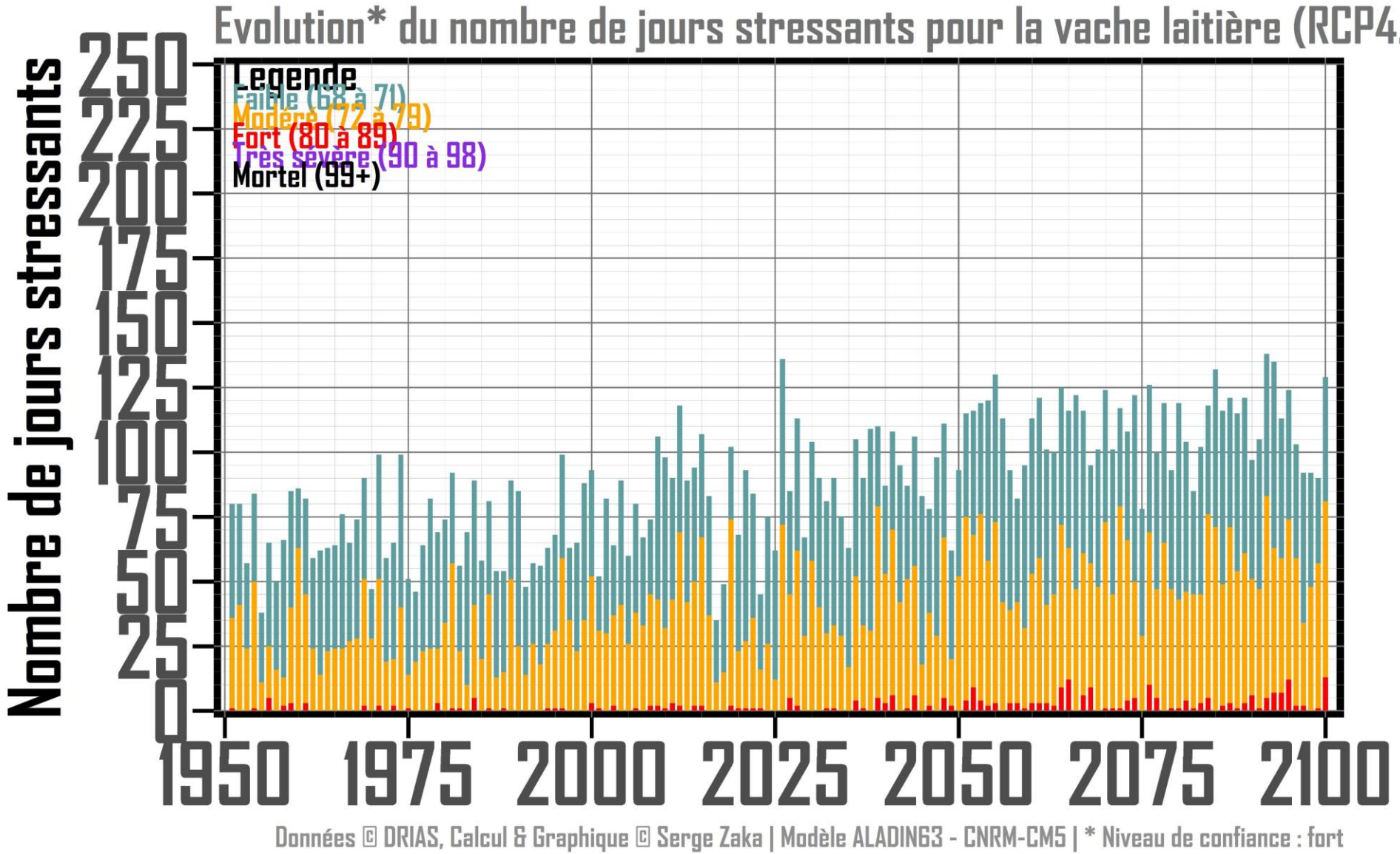
Evolution du nombre de jours avec un THI stressant (RCP4.5)

**+100%**

de jours stressants pour une vache laitière,

© Serge Zaka

# La Roche sur Yon



## Impact – Vache laitière

Evolution des pertes de production de lait (RCP4.5)

### ① Printemps Automne

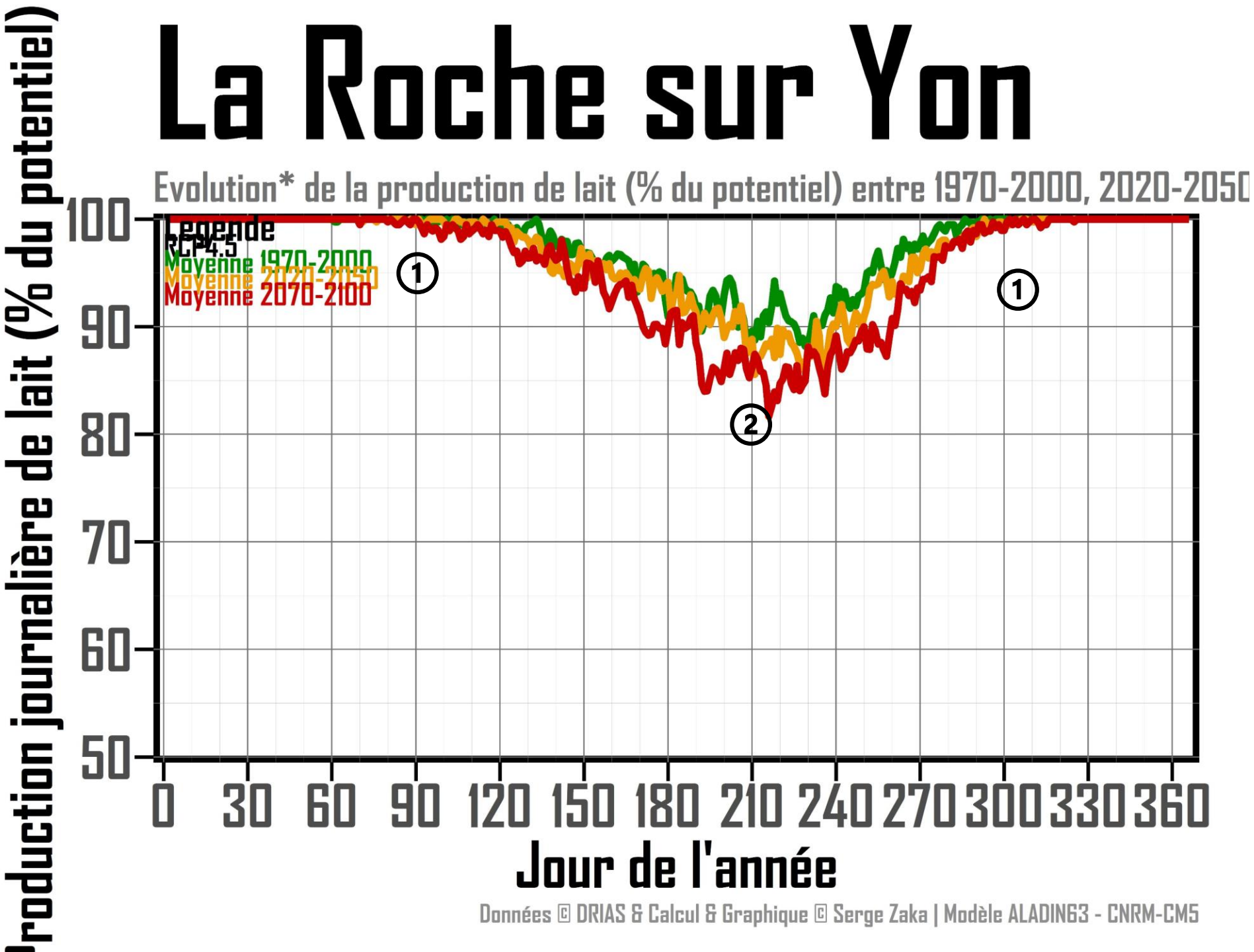
Démarrage plus précoce et fin plus tardive de la saison de stress

### ② Eté

Accentuation du stress thermique

© Serge Zaka

# La Roche sur Yon



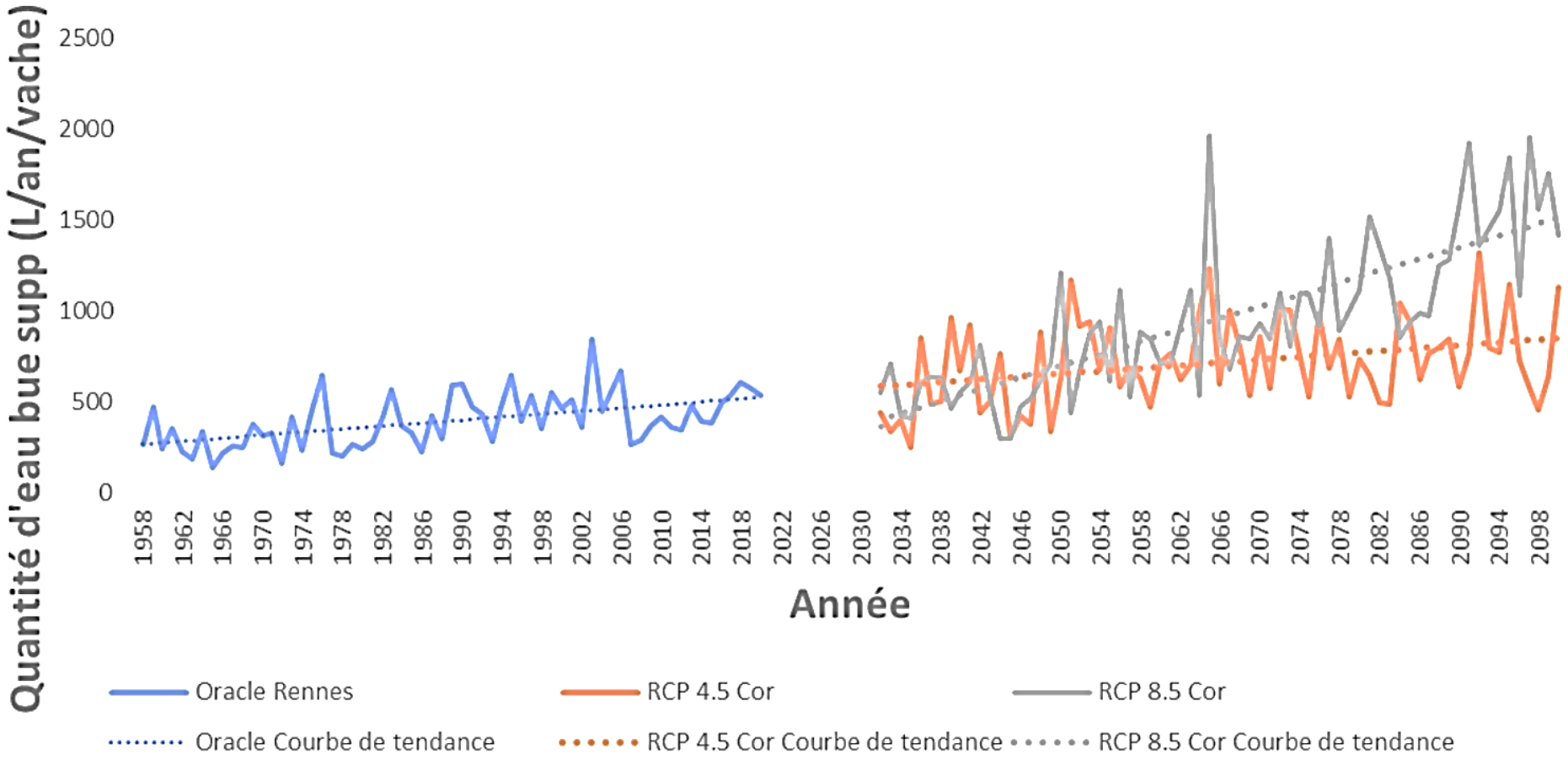
# Impact – Vache laitière

## Evolution de l'abreuvement d'une vache latière

# x2 ou x3

**La quantité d'eau bue par une vache est multipliée par 2 ou 3 suivant le scénario RCP4.5 ou RCP8.5.**

*Cette étude est menée à Rennes.
Mais les tendances sont similaires sur notre territoire d'étude.




© Chambre d'agriculture de Bretagne

# Impact agricole

## Stress thermique – Vache laitière

## Adaptations et atténuations

**Il n'existe pas une solution uniforme, mais bien une multitude de solutions COMPLEMENTAIRES.**
**Il est impossible d'influencer le climat, mais il est possible d'en atténuer ses effets.**

### Gestion et alimentation

Ration alimentaire (moins de cellulose, plus de protéines) : maïs grain humide, sorgho à favoriser. Blé et orge à défavoriser.
Pâturage aux heures fraîches
Compléments alimentaires pour la gestion de la flore du rumen (complément minéral, vitaminique, bicarbonate pour réduire le risque de sub-acidose, levure pour stimuler l'appétit etc.).
Abreuvement supplémentaire.
Modifier les périodes de mises bas.
Agroforesterie.

### Bâtiments

Réalisation d'un diagnostic thermique
Isolation thermique.
Brumisation, ventilation et circulation de l'air.
Ouverture aux heures fraîches pour la récupération nocturne.
Arbres autour du bâtiment (éviter l'impact direct du soleil).

### Races

Recherche génétique de vache à lait plus résistants à la chaleur (projet CAICalot et RUMIGEN),
Les races « à viande » sont plus résistante aux fortes chaleur que les vaches « à lait ».

### Numérique

Colliers connectés monitorant les mouvements de la vache.

### Restructuration (post-2050)

La baisse de la production de fourrage annuelle entraînera :

- Une réorientation de la production laitière vers l'ovin et caprin.
- Dans les cas extrêmes : une diminution du cheptel ou acquisition de nouvelles terres à cheptel constant (luttes contre incendies).
- Passage à une traite par jour.
- Remontée en altitude.

# Focus

5

## L'utilisation de l'eau en agriculture

**Vers de la sobriété et de l'efficacité,**

# Focus - Eau

Sobriété et efficacité

/!\ Il n'existe pas d'agriculture sans eau !

Graphique © Serge Zaka
Données © statistiques.developpement-durable.gouv.fr

# Sobriété

Reduction des prélèvements en veillant à impacter le moins possible le rendement.
Prélèvement en baisse, réorientation agricole (changement systémique).

## Nouvelles filières

Pistache, grenade, sorgho etc.
Races à viande, ovins, caprins.

## Dernière option

Abandon de terres agricoles... Réduction de cheptel...
Cela ne doit pas être envisageable !

## Consommation

Se tourner vers la production nécessitant moins d'eau.
Limiter le gaspillage alimentaire.
Education scolaire.
Ré-utilisation.

# Efficacité

Un meilleur rendement produit par chaque goutte d'eau.
Prélèvement stable, rendement en hausse.

## Génétique - Variétés

Variétés plus résistantes à la sécheresses,

## Conservation du sol

Agriculture de conservation du sol.

## Matériel

Meilleur système d'irrigation, goutte à goutte.
Réserves en eau.

## Numérique

Système d'irrigation connecté, outils d'aide à la décision etc.

# Focus - Eau

**Exemple : réserves de substitution**

## Ce n'est pas magique non plus !

La répartition intra-annuelle des précipitations évolue. L'eau sera une ressource à préserver. Stockage de l'eau **essentiel/inévitable** lors des excès hivernaux pour la redistribuer l'été.

**Oui mais ! Il faut mettre en place une irrigation résiliente et une évolution du système de production en parallèle (/!\ maladaptation)**

- Couplé à des outils d'aide à la décision au niveau de la parcelle ou du bassin versant.
- Une préservation des sols pour qu'ils retiennent mieux l'eau.
- Une non-maximisation du rendement pour les années les plus problématiques.
- Une évolution des variétés voire espèces du territoire.

*Le débat des « bassines » ne doit pas masquer l'option des **retenues collinaires**.
** L'irrigation est importante pour le maintien de la biomasse, la couverture du sol et l'évapotranspiration lors des canicules,

Merci !
This is the end !

# Impact agricole

5

## Grandes cultures
## Sorgho

### Impacts sur le rendement

# Impact - Sorgho

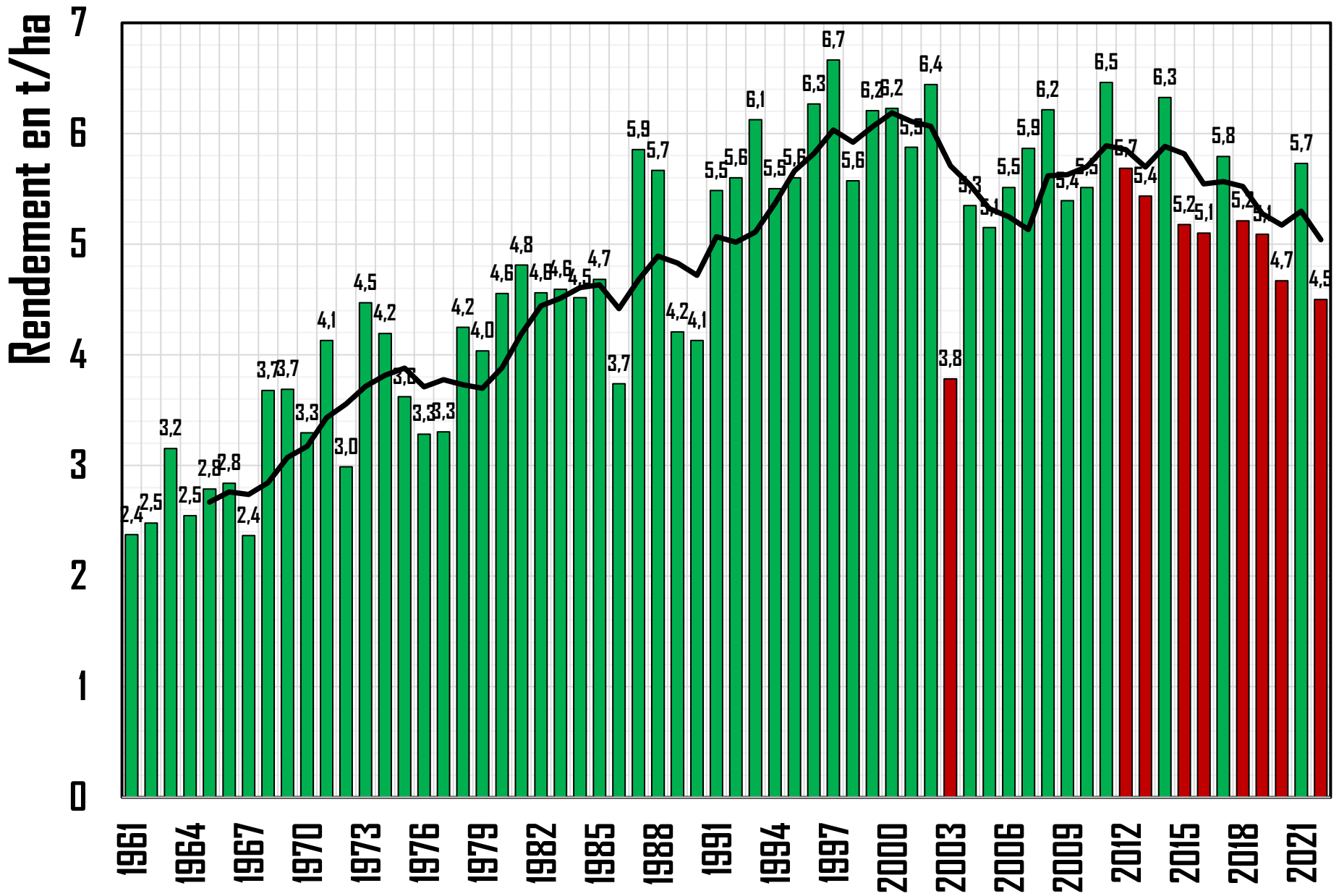
Evolution des rendements nationaux de sorgho de 1961-2022

## Hausse de 1961 à 2000

Progrès génétique (mais il reste de la marge).
Amélioration des techniques culturales.
Hausse de la température.

## Baisse de 2010 à 2022

Problèmes climatiques (sécheresse) d'autant plus que le sorgho n'est pas implanté sur les meilleures terres.
Alternance de bonnes et mauvaises années suivant la pression climatique.




© Données FAO (1961-2016) puis AGRESTE (2016-2022).
© Graphique Serge Zaka

# Impact - Sorgho

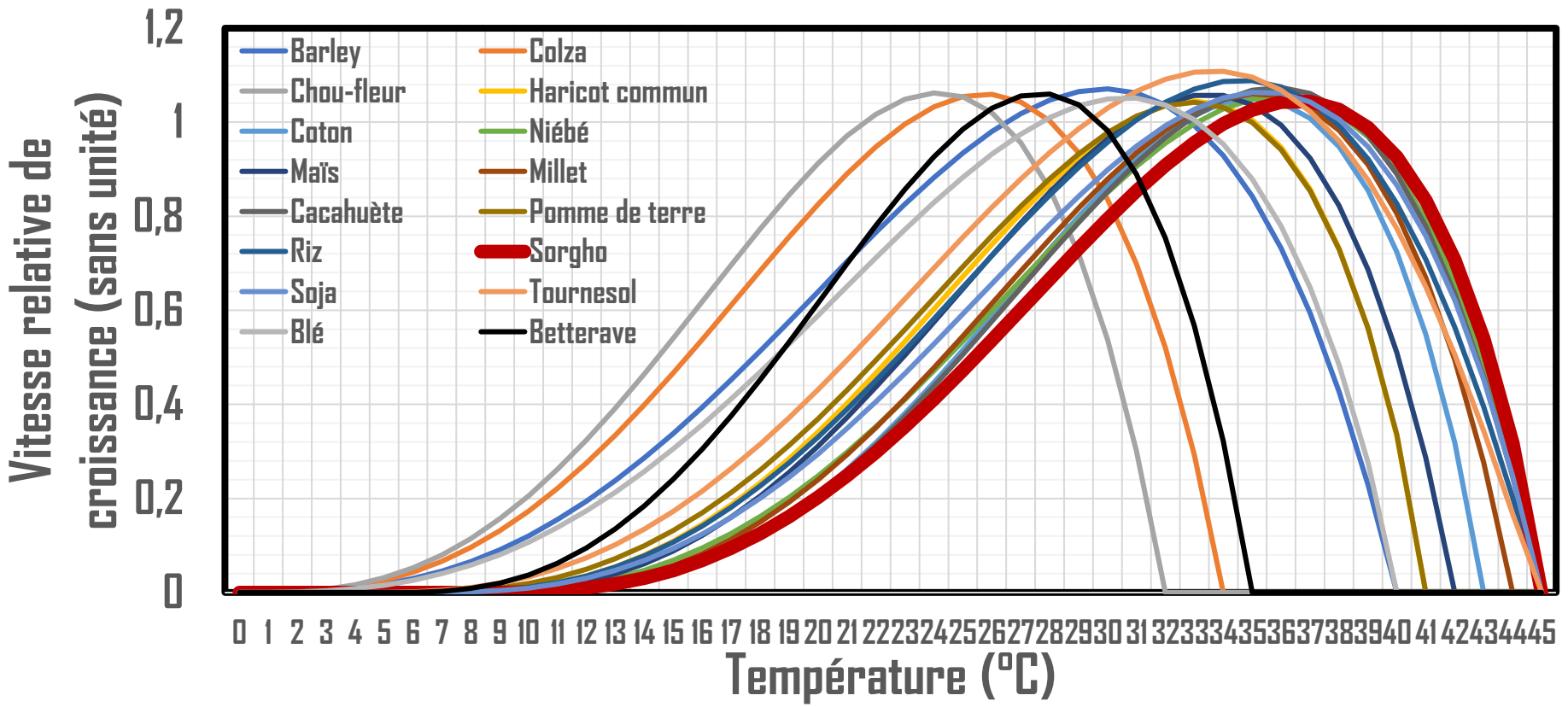
## Courbe de réponse à la température du sorgho

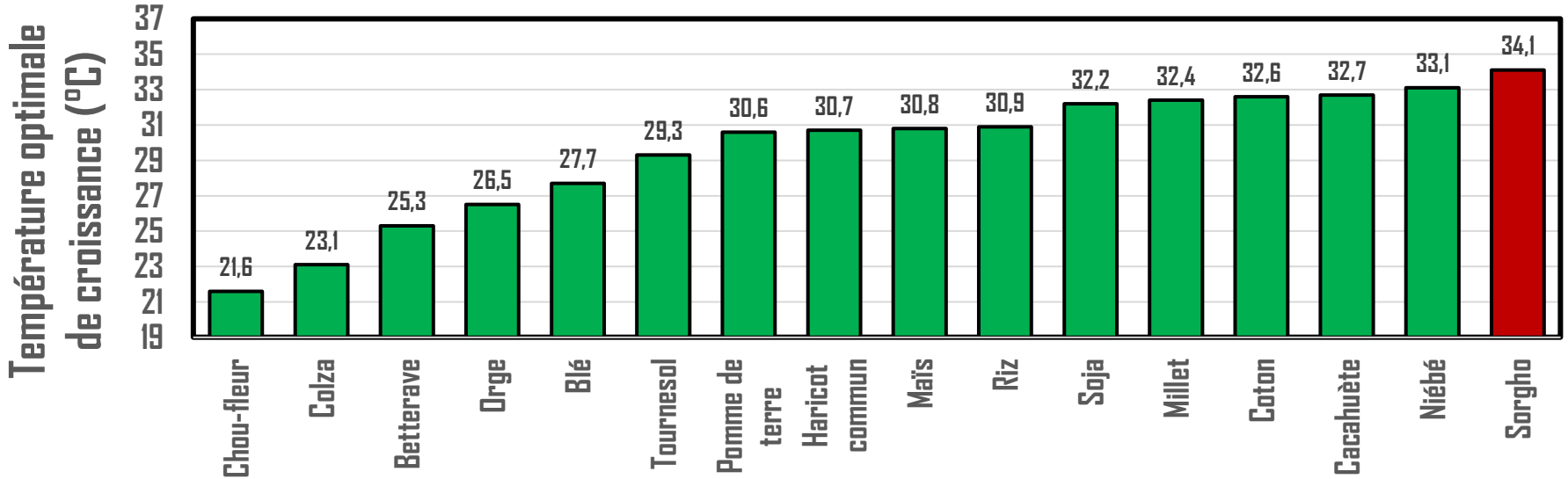
La sorgho est l'espèce la plus résistance aux fortes chaleurs avec :

Température minimale = 8°C

Température optimale = 34,1°C

Température maximale = 45°C




Données © à partir des données de Parent et Tardieu, 2012 (hors betterave, CGB)

# Impact - Sorgho

Nouvelles filières ?
Le sorgho.

## L'introduction d'une nouvelle espèce plus résistante aux sécheresses ?

## Ce n'est pas magique pour autant !

- Il faut 15 ans minimum pour consolider une nouvelle filière !
- Des efforts de sélections génétiques restent à faire !
- La production de matière sèche est inférieure au maïs dans un climat actuel !
- Le sorgho n'est pas rentable sur les sols profonds par rapport au maïs !
- Il faut mettre en place des financements et formations adéquates !

**Conclusion :** Le sorgho ne règlera pas tous les problèmes, mais il fait partie des solutions. Le problème est beaucoup plus COMPLEXE qu'un OUI/NON. Il est complémentaire au maïs.

# Impact agricole

5

## Grandes cultures
## Pois protéagineux

### Impacts sur le rendement

# Impact – Pois prot.

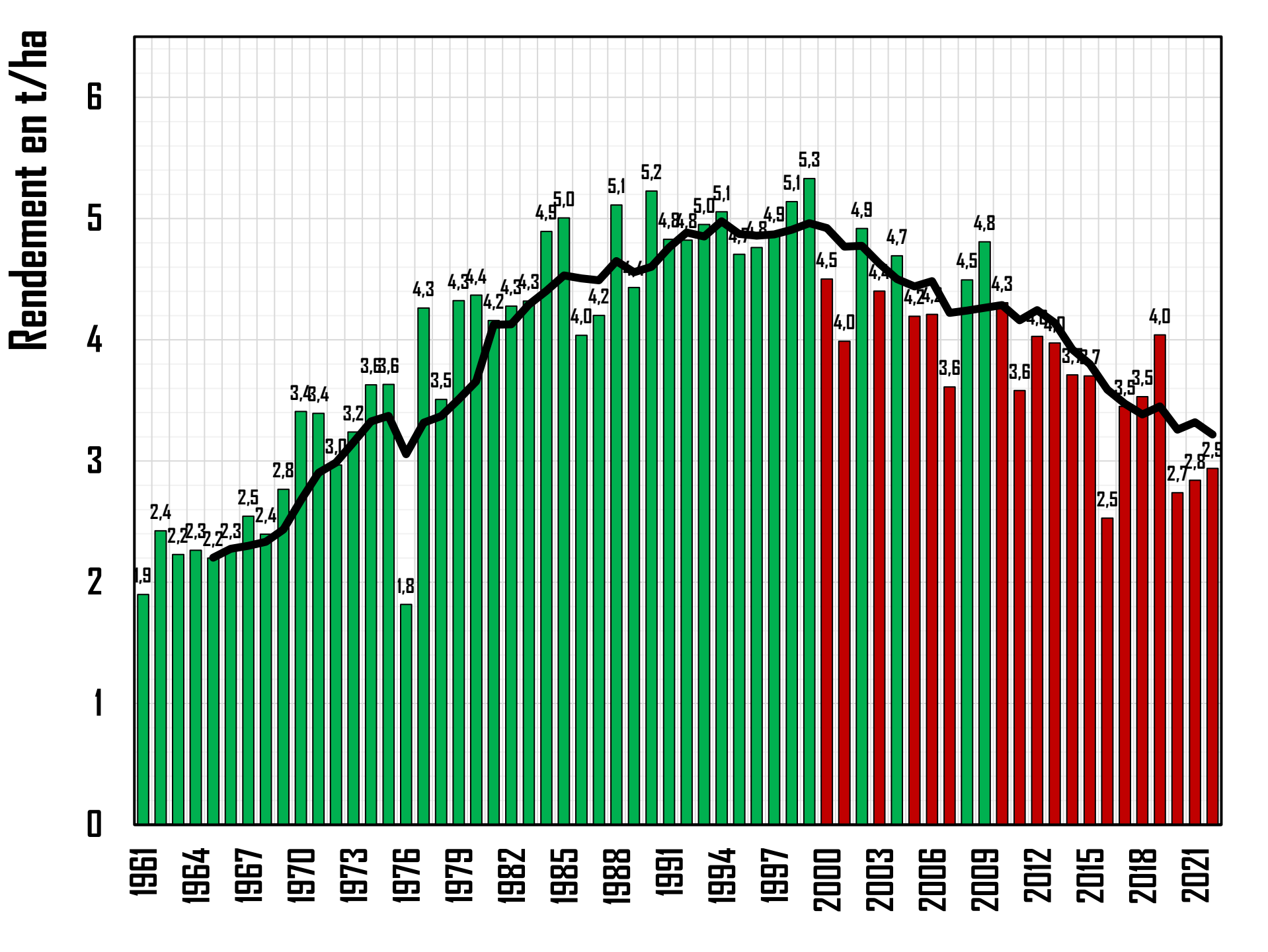
Evolution des rendements nationaux du pois protéagineux de 1961-2022

## Hausse de 1961 à 1990

Progrès génétique (variété à cycle court).
Amélioration des techniques culturales.
Hausse de la température et du CO2.

## Baisse de 2000 à 2022

Problèmes climatiques (stress hydrique levée, floraison et remplissage, échaudage à la floraison).
Interdiction de substances actives et maladies (Aphanomyces, champignon racinaire).
Déplacement de la production sur des terres plus superficielles.
Source : La France Agricole




Données © FAO – Agreste – Terre Univia
Graphique © Serge Zaka

# Impact – Pois prot.

Evolution des rendements nationaux du pois protéagineux de 1961-2022

## Hausse de 1961 à 1990

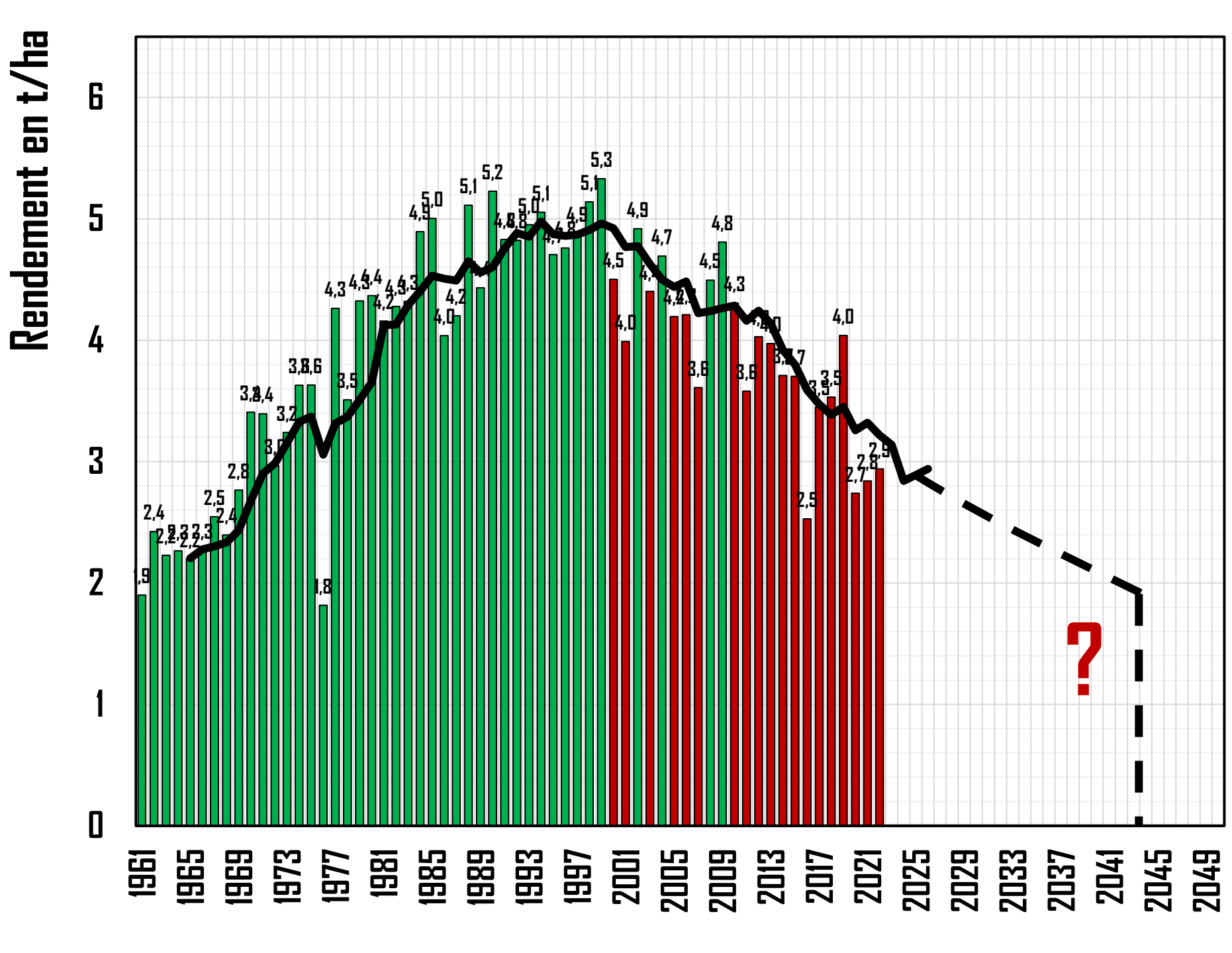
Progrès génétique (variété à cycle court).
Amélioration des techniques culturales.
Hausse de la température et du CO2.

## Baisse de 2000 à 2022

Problèmes climatiques (stress hydrique levée, floraison et remplissage, échaudage à la floraison).
Interdiction de substances actives et maladies (Aphanomyces, champignon racinaire).
Déplacement de la production sur des terres plus superficielles.
Source : La France Agricole

## Baisse de 2022 à ?

Problèmes climatiques (stress hydrique levée, floraison et remplissage, échaudage à la floraison).




Données © FAO – Agreste – Terre Univia
Graphique © Serge Zaka