



Mercredi 10 juin 2026 à 19h00
ENSAT, Auzeville-Tolosane

Mot d'accueil



Jean-Pierre Mary,

Membre du conseil coopératif
de la Coopérative Citoyenne d'Énergie ICEA



Le réseau



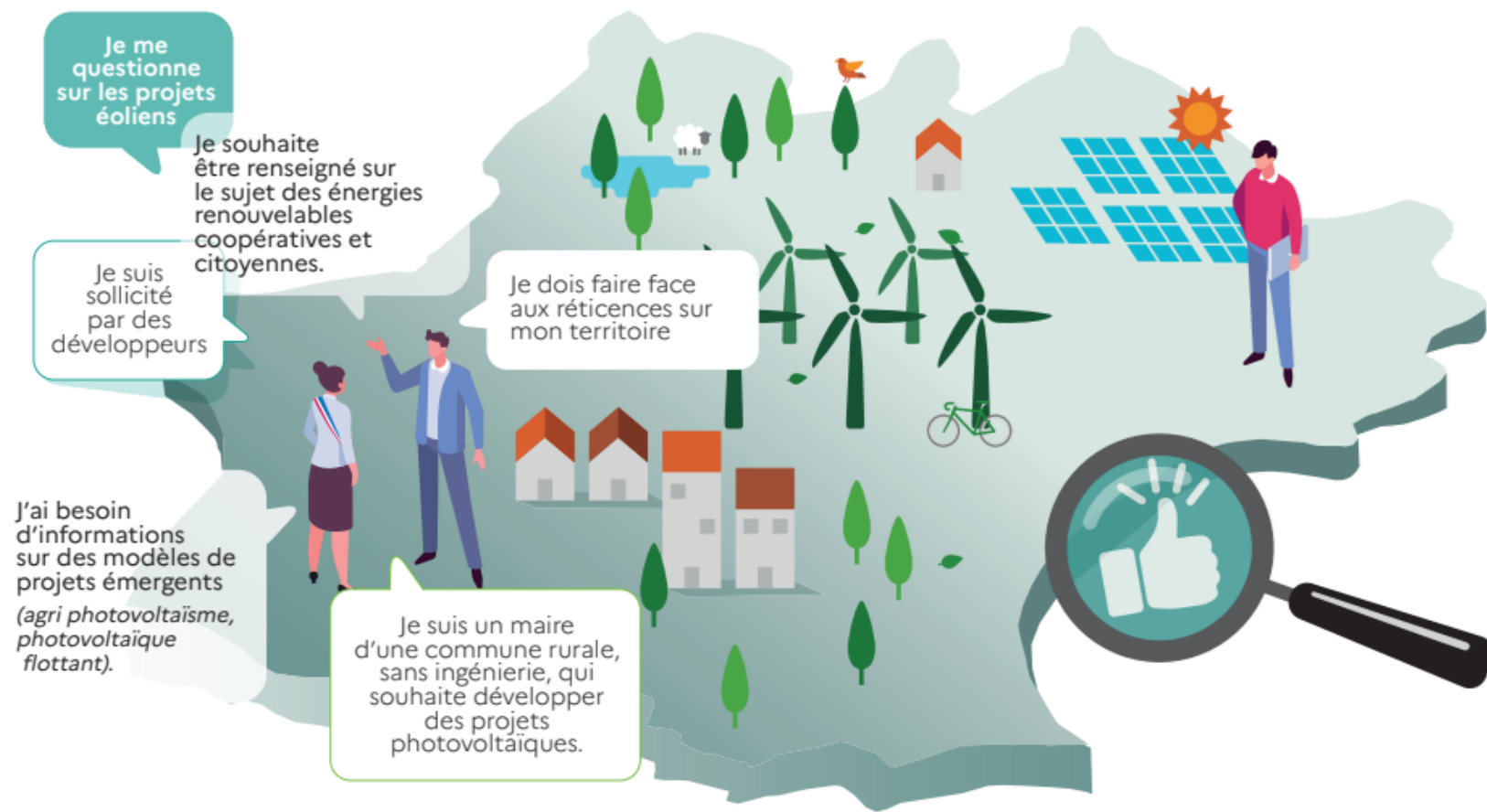
LES GÉNÉRATEURS

Le réseau qui donne une **nouvelle énergie** à votre territoire
— "... Occitanie..." —



Jean-Baptiste Baudin

Conseiller Les générateurs Occitanie
Chargé de projets à l'AREC

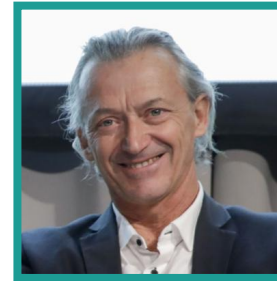


Climat, agriculture, agrivoltaïsme quels enjeux pour nos territoires ?



Serge Zaka,

Agronome et Docteur en agroclimatologie



Christian Dupraz,

Chercheur à l'INRAE et pionnier de l'agrivoltaïsme



Bertrand Loup,

Agriculteur et Vice-Président à la Chambre d'Agriculture de Haute-Garonne



Grégoire Gautier,

Adjoint au Directeur de la Direction Départementale des Territoires de Haute- Garonne



Lilian Tronche

Membre de la Coopérative
Citoyenne d'Énergie ICEA



Jean-Baptiste Baudin

Conseiller Les générateurs Occitanie
Chargé de projets à l'AREC



Changement climatique et agriculture



Serge Zaka,

Agronome et Docteur en agroclimatologie



Agroclimatologie

Changement climatique et agriculture
sur le territoire français.

Opportunités ou catastrophes ?



Serge Zaka

Dr. en agroclimatologie
Fondateur d'AgroClimat2050
Chasseur d'orages
Conférencier

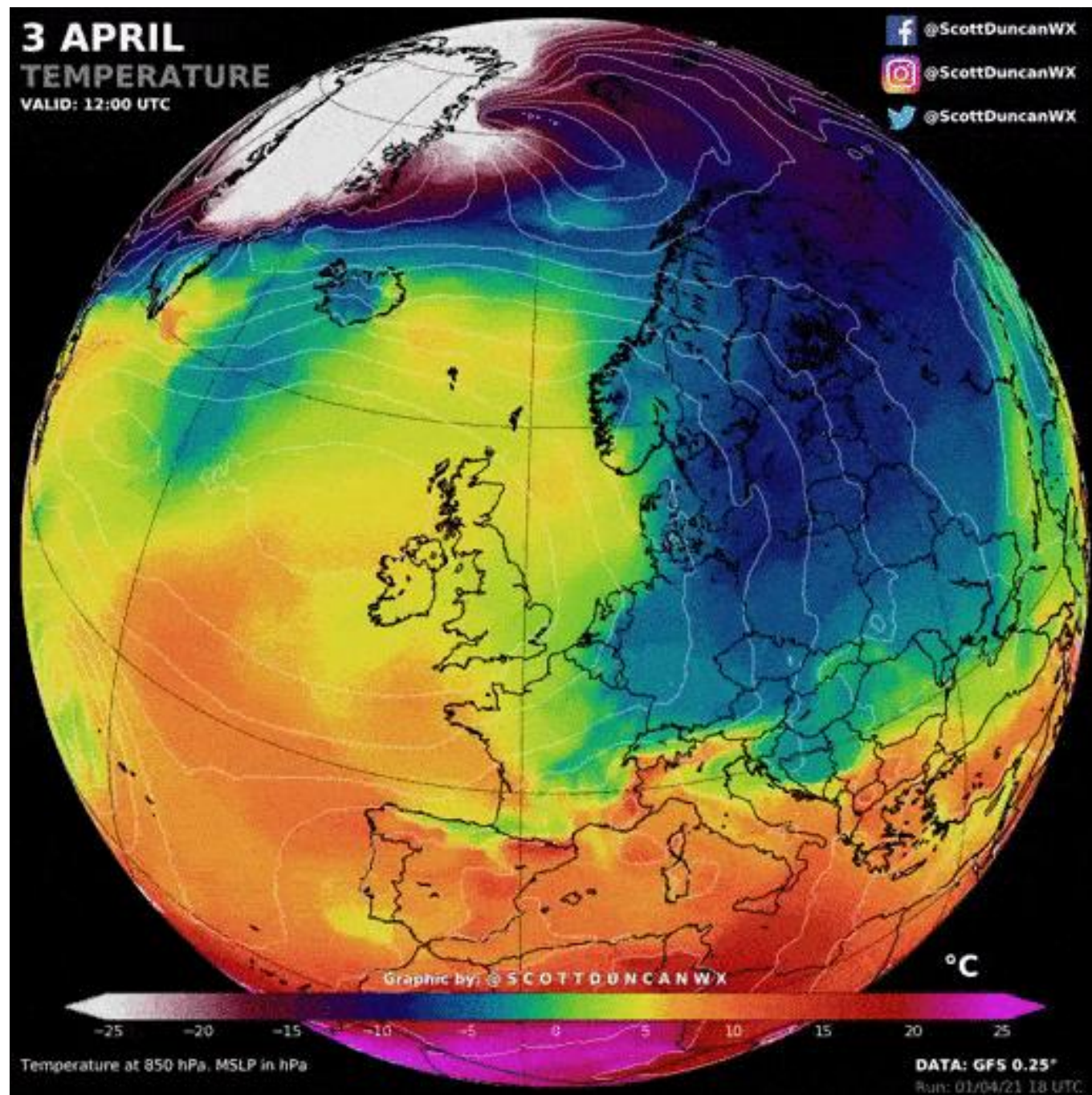
sergezaka@gmail.com
www.serge-zaka.com





Retour sur 2021

L'hypothèse du jet stream : d'un impact météo à un impact agro.

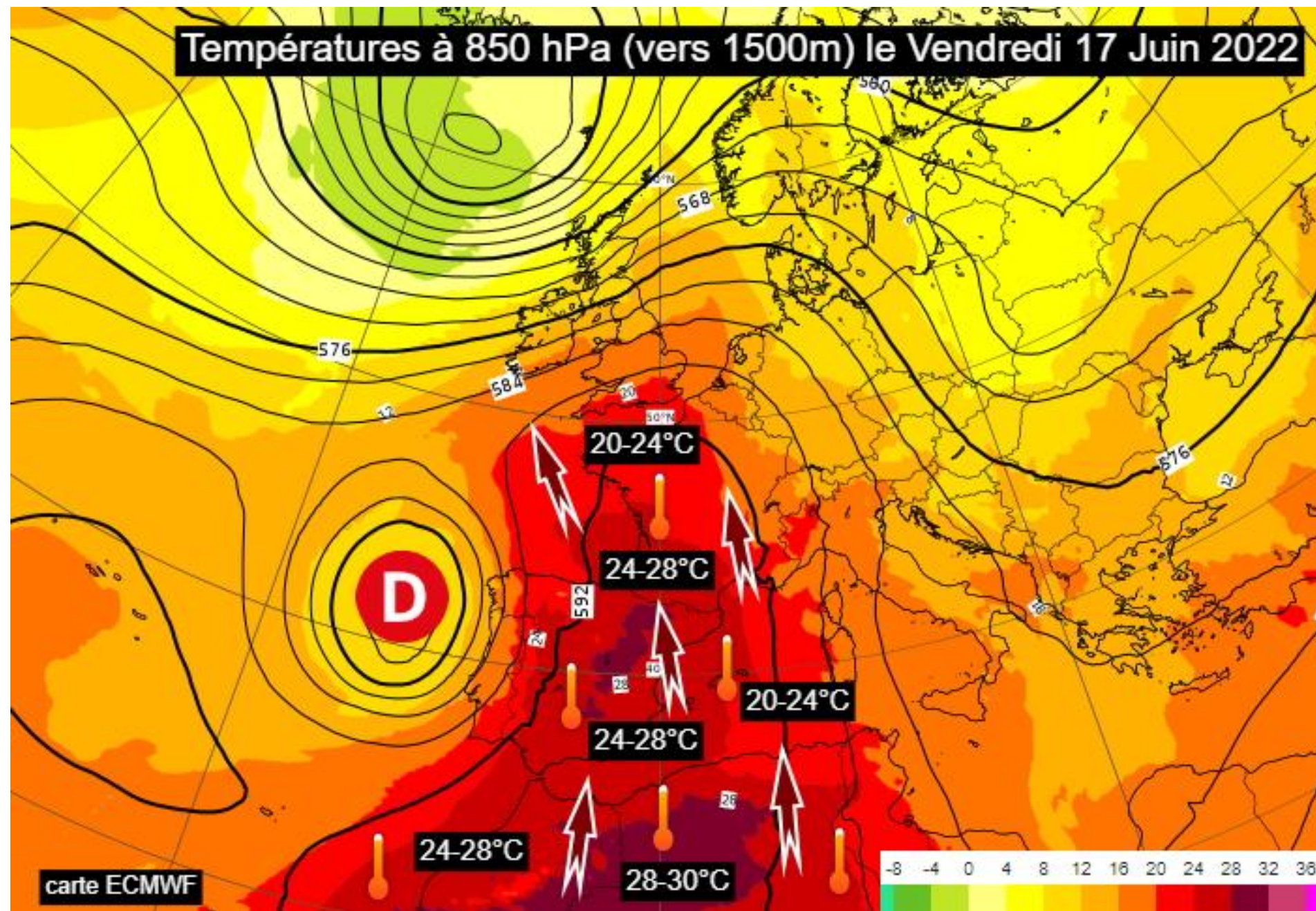




Retour sur 2022

Situation météorologique
dominante de l'été 2022

La présence d'une dépression
fonctionnant comme
« une pompe à chaleur ».





Précipitations

Exemple cas extrême : les rivières atmosphériques

+7%

De vapeur d'eau chaque degré gagné

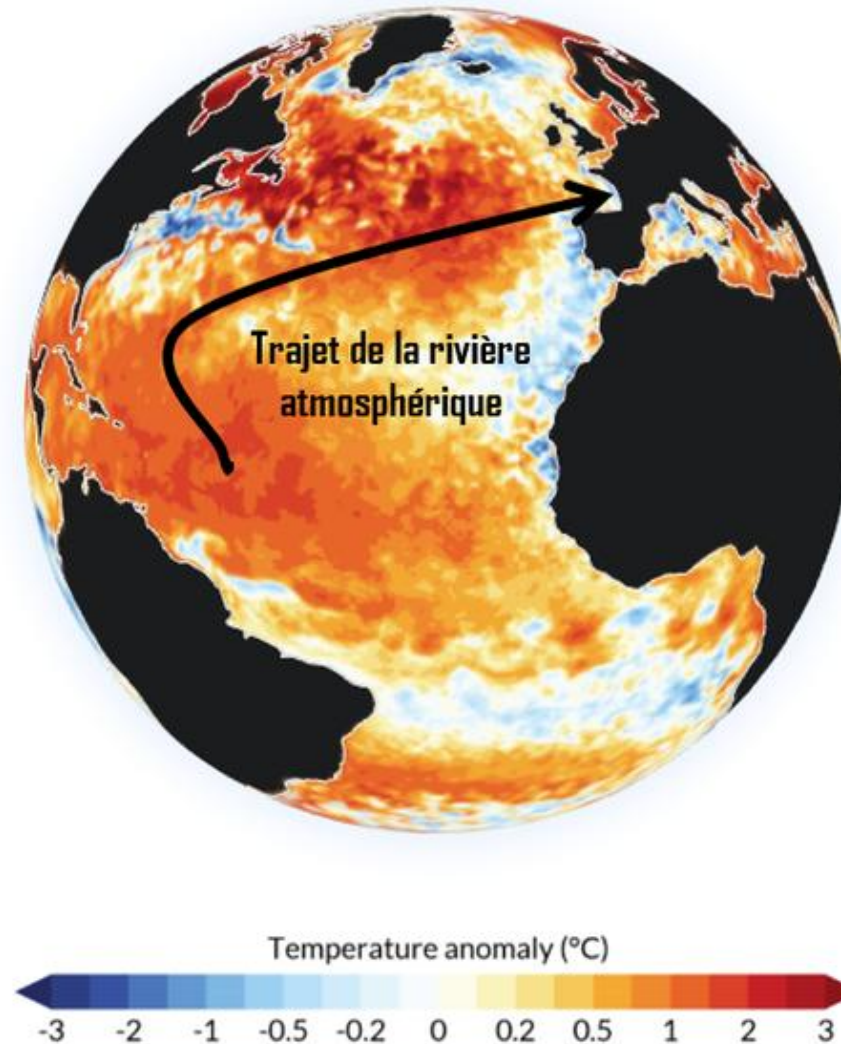


Image de Copernicus et diapo de © Serge Zaka

Sea surface temperature anomaly • 23 Sept 2024

Daily average • Baseline: 1991-2020

Data: ERA5 • Credit: C3S/ECMWF



Précipitations

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

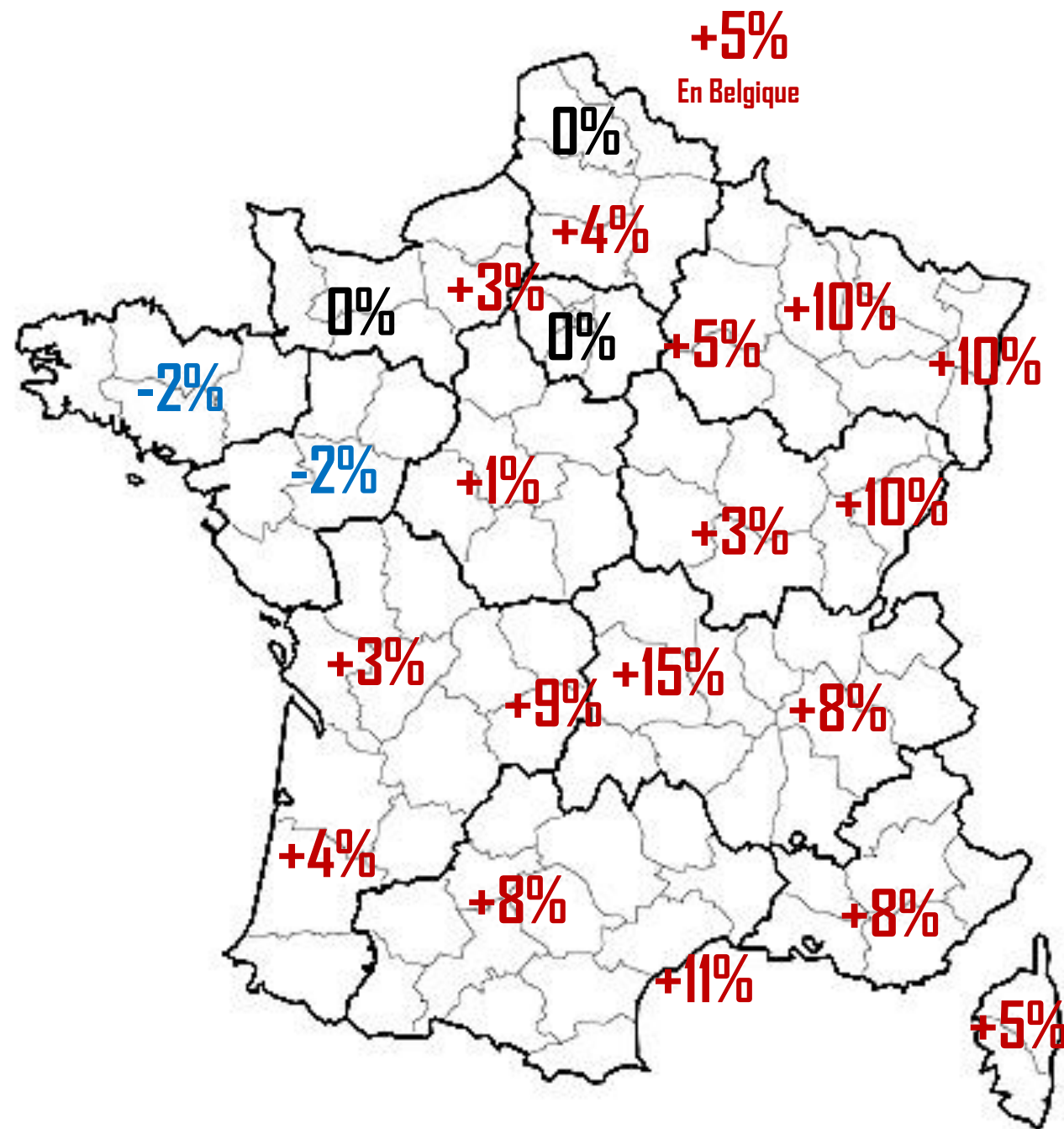




Précipitations

Evolution des surfaces
agricoles en sécheresse depuis
1959

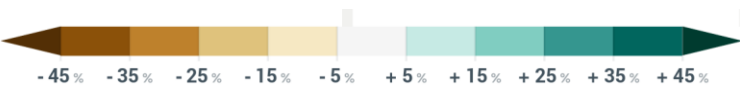
Pas forcément de baisse
des surfaces en
sécheresse malgré plus
de pluie.





Précipitations

Evolution des pluies en France pour des scénarios de +2 à +4°C



Evolution en % par rapport à la référence 1976-2005

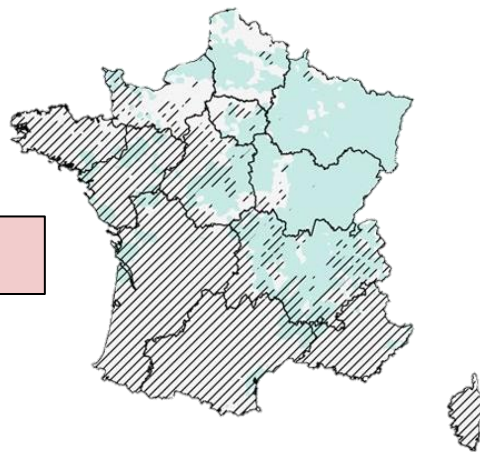
Contrairement aux températures, l'évolution des précipitations présente des incertitudes importantes.

C'est une évolution saisonnière et non annuelle.



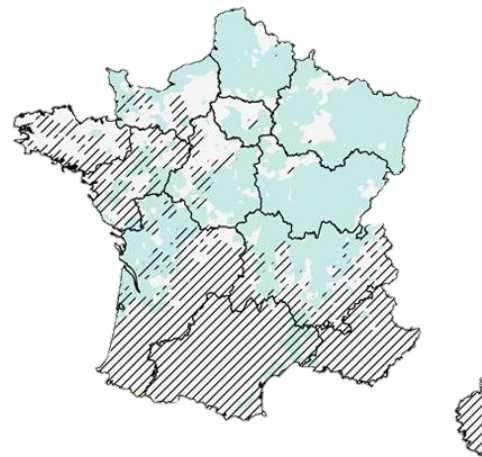
Incertitude sur le signe du changement

+ 2 °C | 2030

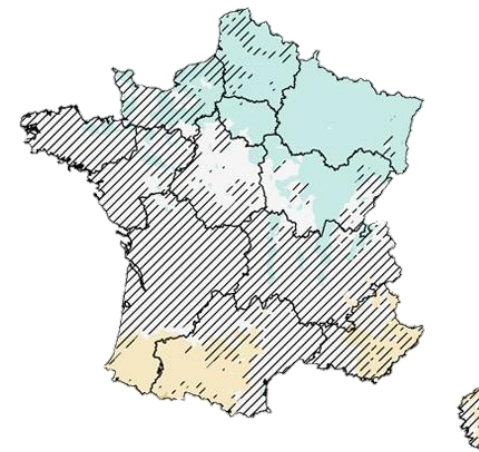


Année

+ 2,7 °C | 2050



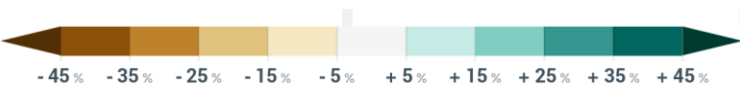
+ 4 °C | 2100





Précipitations

Evolution des pluies en France pour des scénarios de +2 à +4°C



Evolution en % par rapport à la référence 1976-2005

Contrairement aux températures, l'évolution des précipitations présente des incertitudes importantes.

C'est une évolution saisonnière et non annuelle.



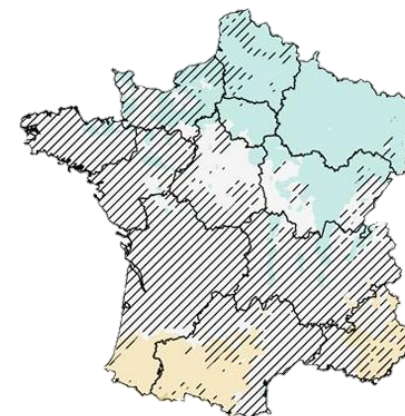
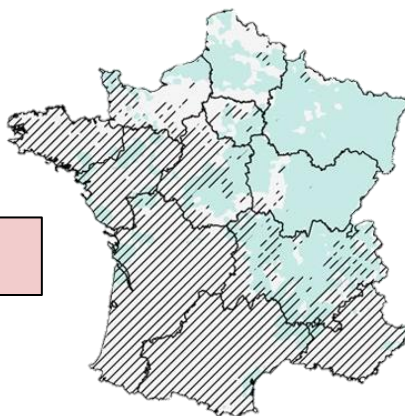
Incertitude sur le signe du changement

+ 2 °C | 2030

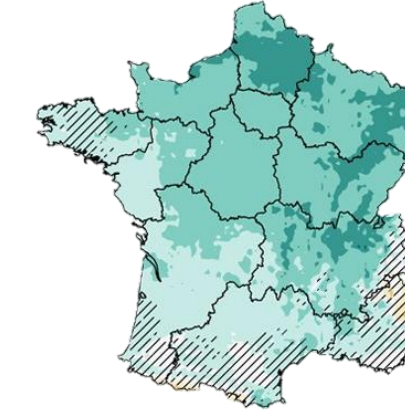
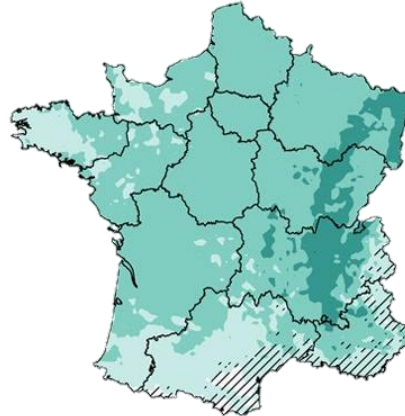
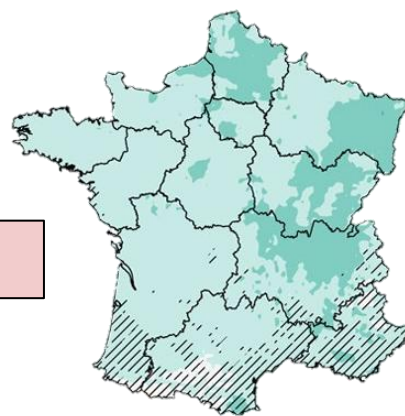
+ 2,7 °C | 2050

+ 4 °C | 2100

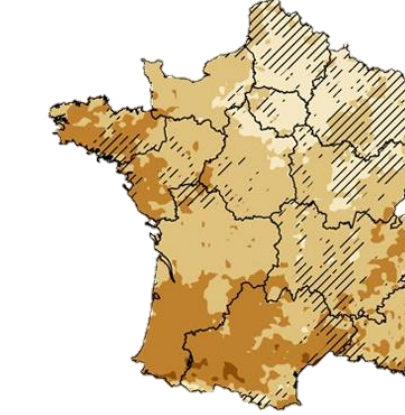
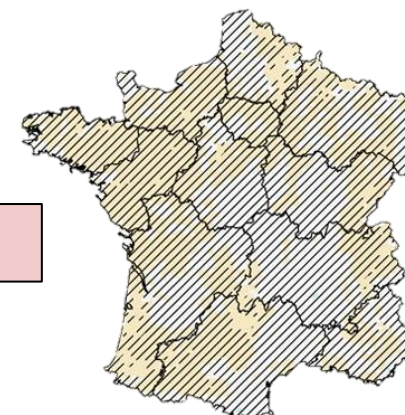
Année



Hiver



Été



Température

Une hausse de la température
moyenne...

... mais également des phénomènes
extrêmes !

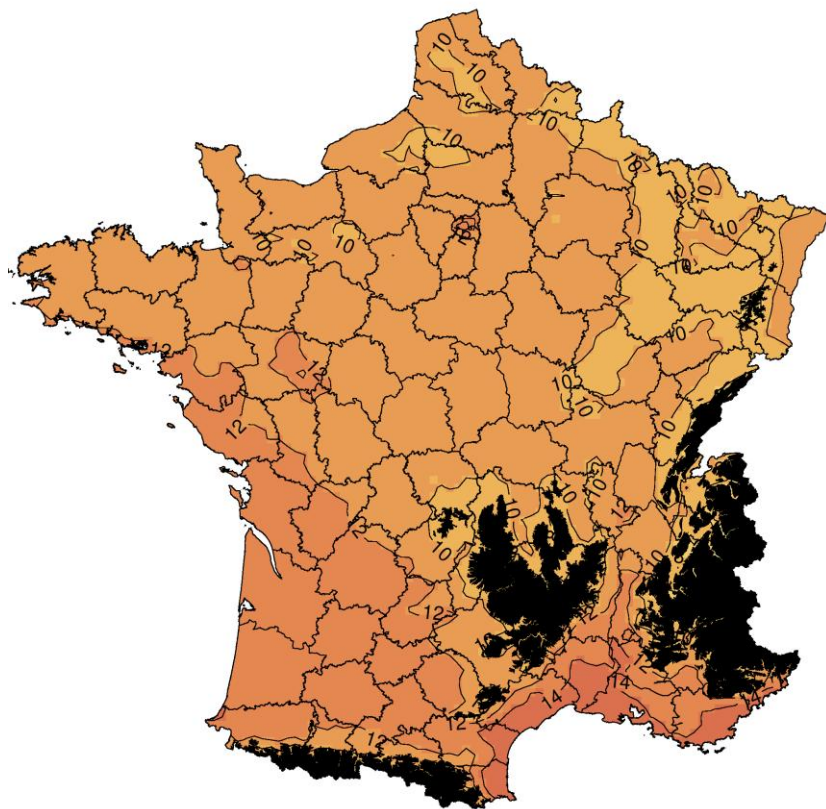
Température moyenne locale/nationale.
Episodes caniculaires.
Journées $>35^{\circ}\text{C}$ impactant l'agriculture.



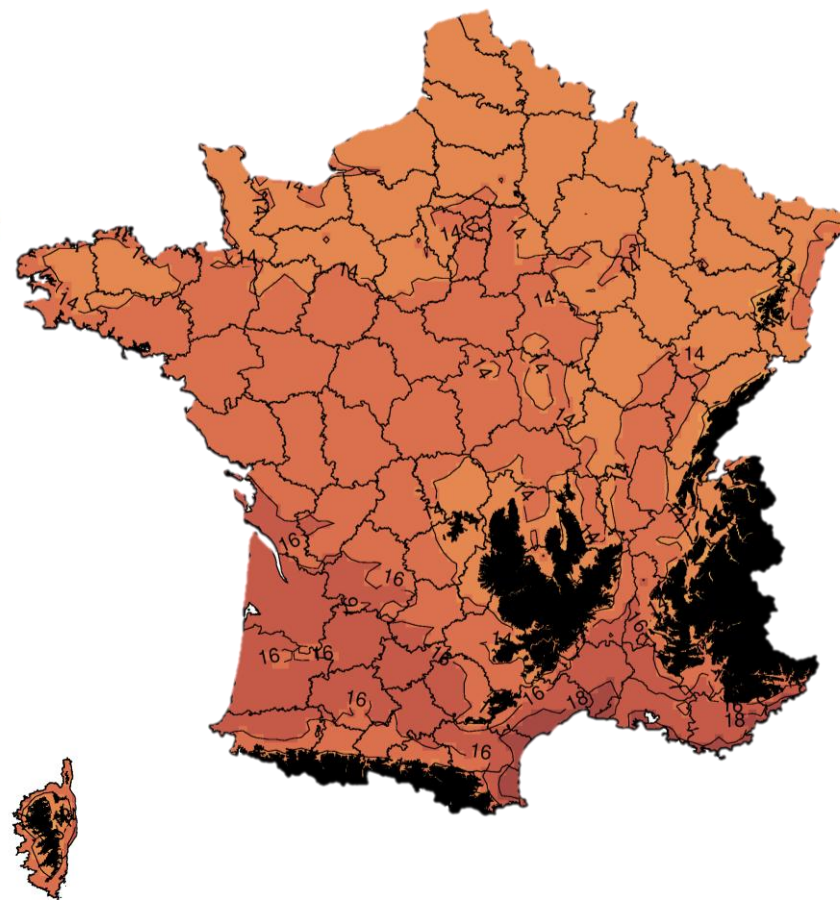


Température

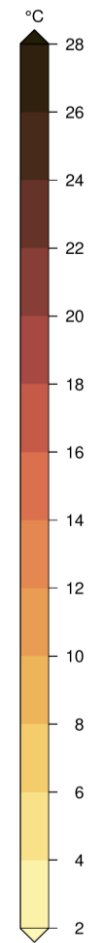
Evolution* de la température
moyenne nationale (2100)



Référence
1976-2005



Scénario +4°C
2100



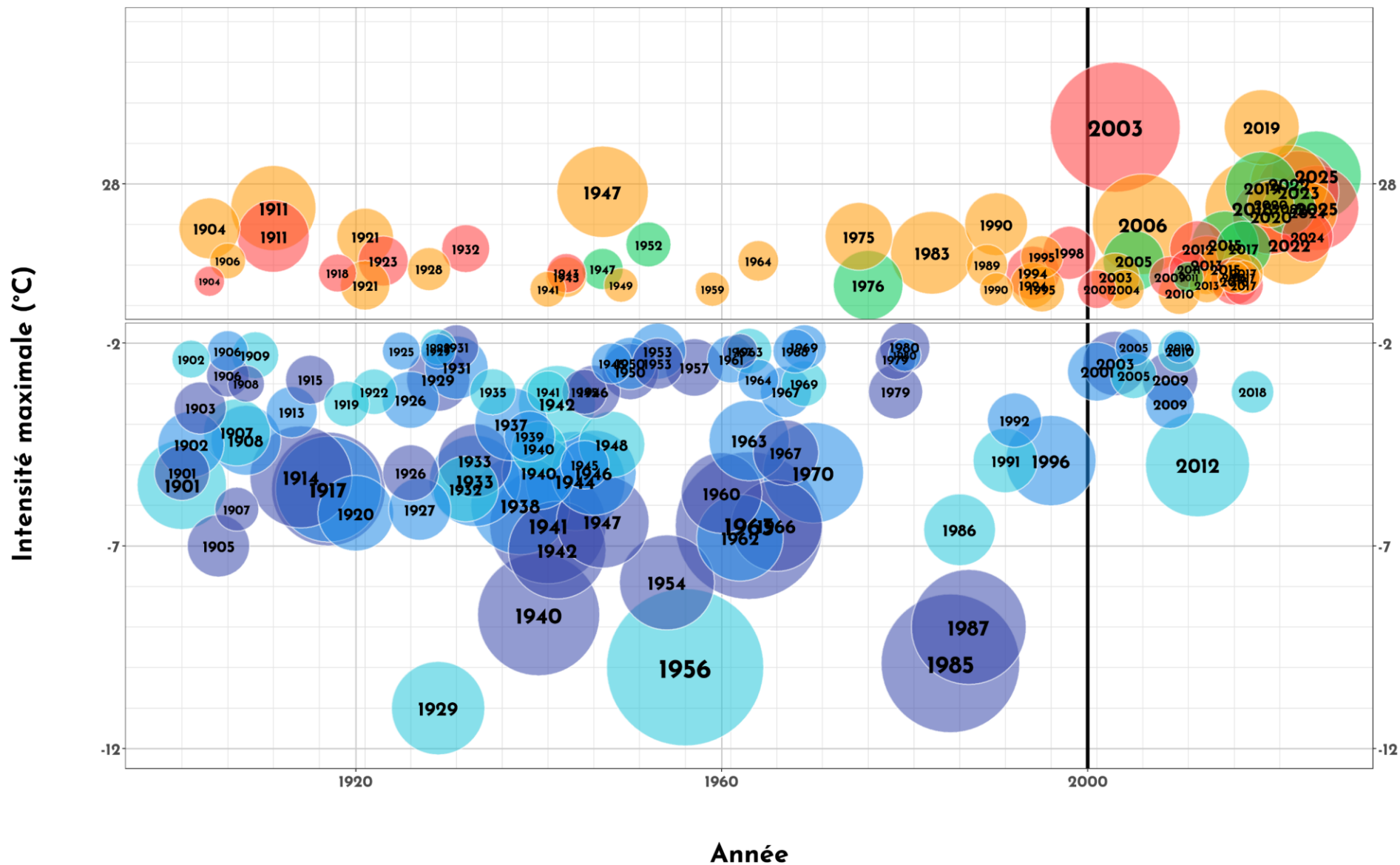
Température

Evolution des canicules depuis
1900 en France.

Des canicules de plus en plus
fréquentes
et
Intenses

34 canicules entre 2000-2025 (1.2/an).
31 canicules entre 1900-2000 (0.28/an).
Fréquence de canicules multipliée par 4
depuis 2000.

65 vagues de chaleur et 95 vagues de froid observées en France de 1900 à 2025 — en juin, juillet, août et décembre, janvier, février



Impact agricole

Nouvelles filières





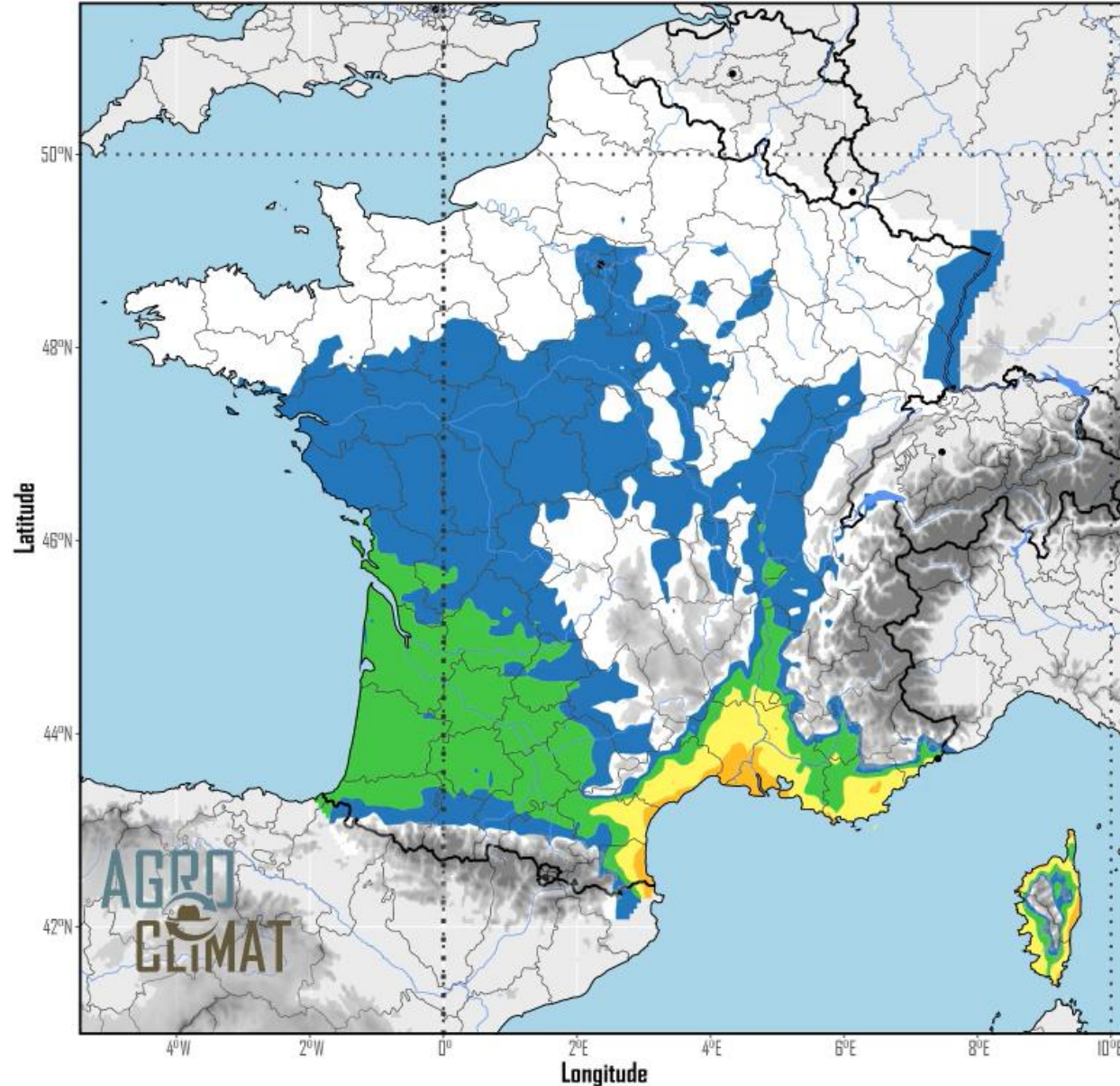
Le local

Evolution de la biogéographie des
cépages de 1952 à 2100 (**scénario
modéré à fort SSP3-7.0**)

**/!\ Il s'agit d'un indice agroclimatique
et non pédoclimatique.**

Indice de winkler

scénario RCP8.5; période 1952-1972



Régions : Champagne, Valais, Alsace, Bourgogne, Loire etc.

Cépages : Pinot noir, Meunier, Chardonnay, Riesling, Sylvaner, Auxerrois, Gewürztraminer, Sauvignon etc.

Régions : Bordeaux, Vallée de Curico (Chili) etc.

Cépages : Merlot, Cabernet Sauvignon ou Franc, Sauvignon, Sémillon etc.

Régions : Vallée du Rhône (Valence), Pic Saint Loup etc.

Cépages : Syrah, Marsanne, Roussanne, Grenache, Mourvèdre etc.

Régions : Corse, Toscane, Pic Saint Loup etc.

Cépages : Cabernet Sauvignon, Syrah, Grenache, Mourvèdre, Viognier etc.

Régions : Centre de Californie et de Australie, Maroc, Madère, Jerez (Andalousie), Patras (Grèce) etc.

Cépages : Sercial, Tinta negra, Verdehlo, Malmsey, Palomino, Muscat de Alexandrie, Pedro Ximénez etc.

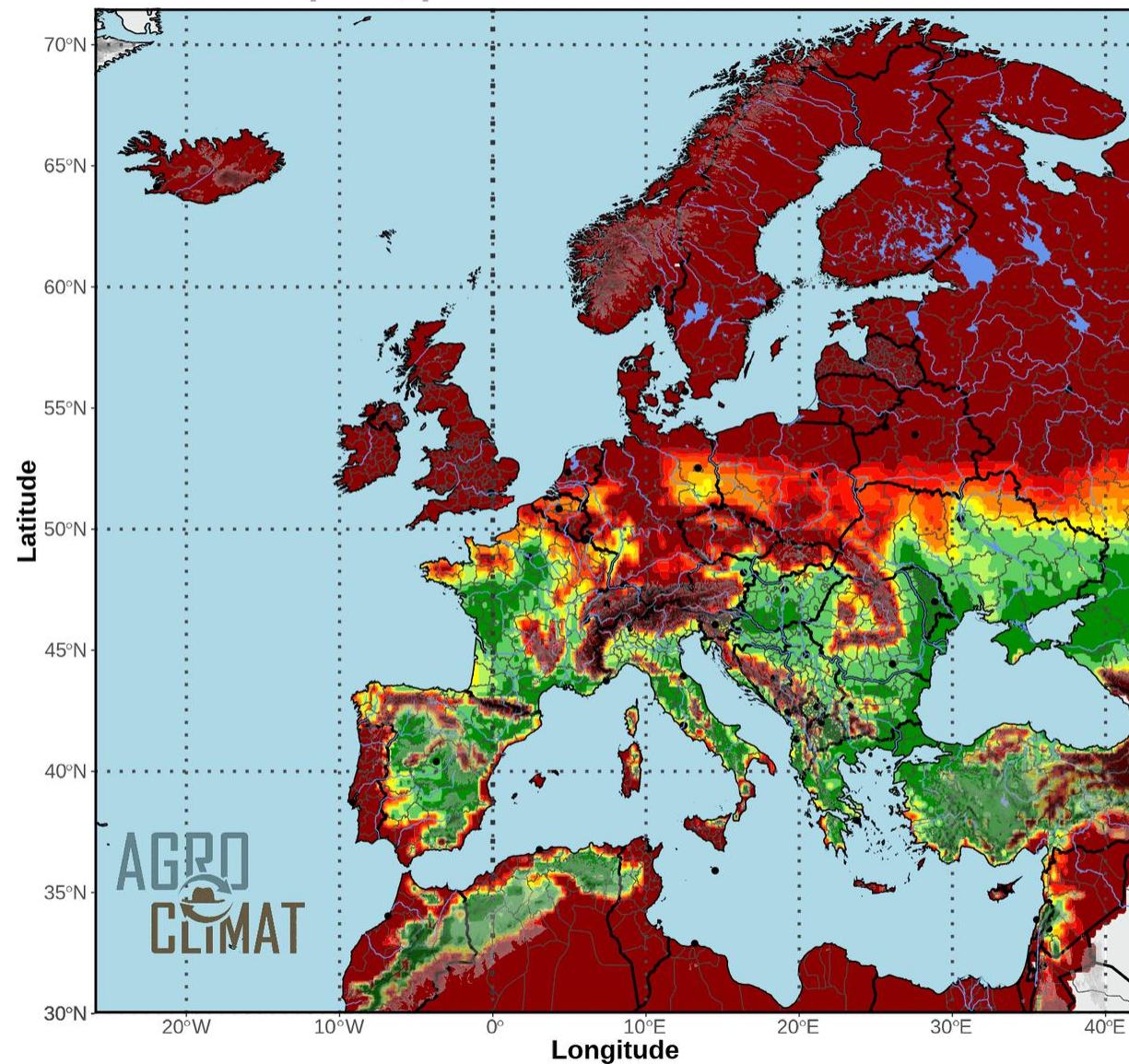


Le local

**Biogéographie de la pomme
golden**

Biogéographie Pomme - Golden

scénario ssp370; période 1951-1971



Indice de biogéographie

0 à 10%	20 à 30%	40 à 50%	60 à 70%	80 à 90%
10 à 20%	30 à 40%	50 à 60%	70 à 80%	90 à 100%



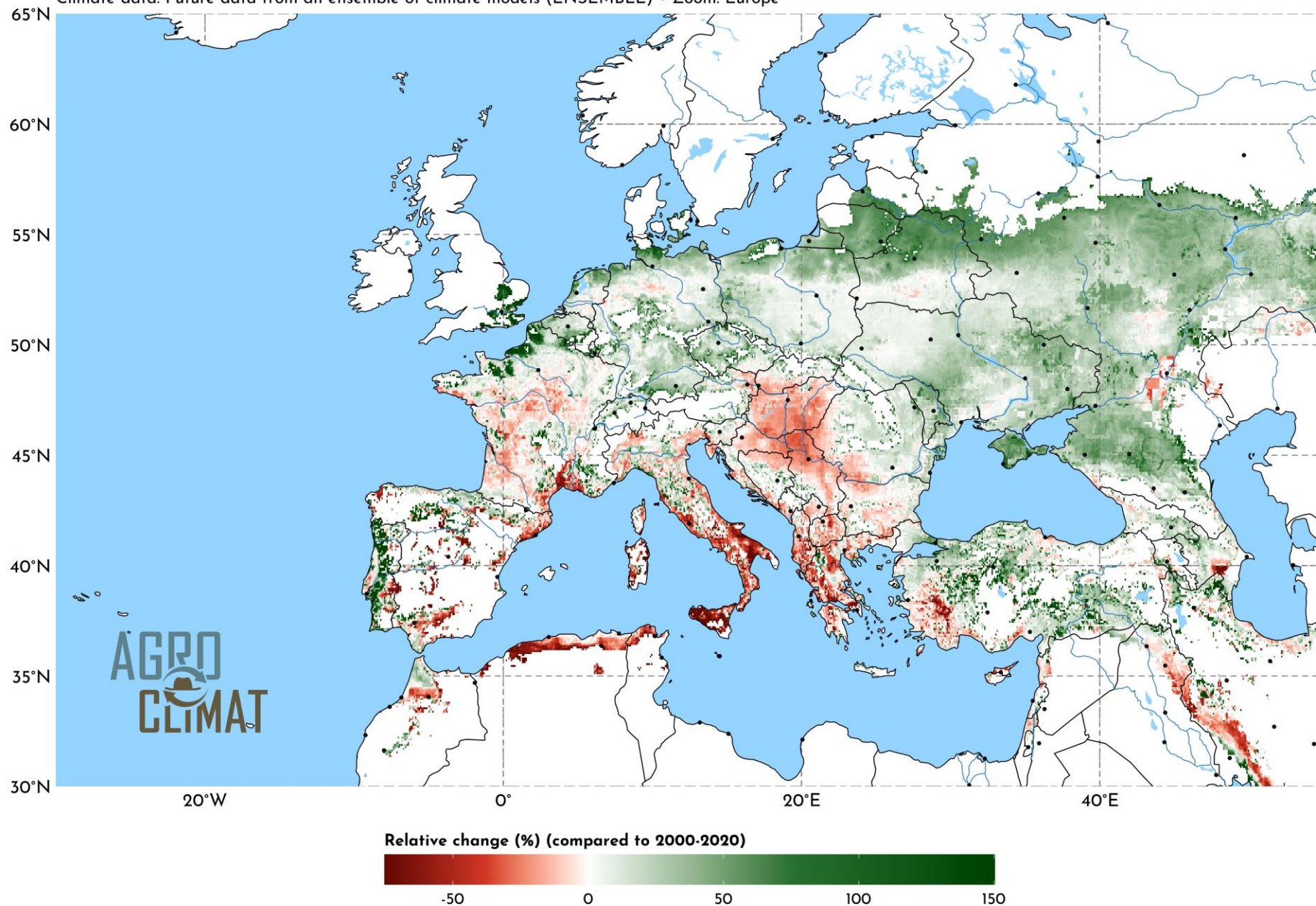
Maïs - Biogéographie

Remontée des climats et
remontée des biogéographies
(scénario modéré SSP3.70)

Maize - Sustainable Yield Relative

Scenario: SSP3-70.0 (SSP370) • Period: 2021-2040 (FP2140) • Inputs: High level of inputs and no irrigation (HRLM)

Climate data: Future data from an ensemble of climate models (ENSEMBLE) • Zoom: Europe





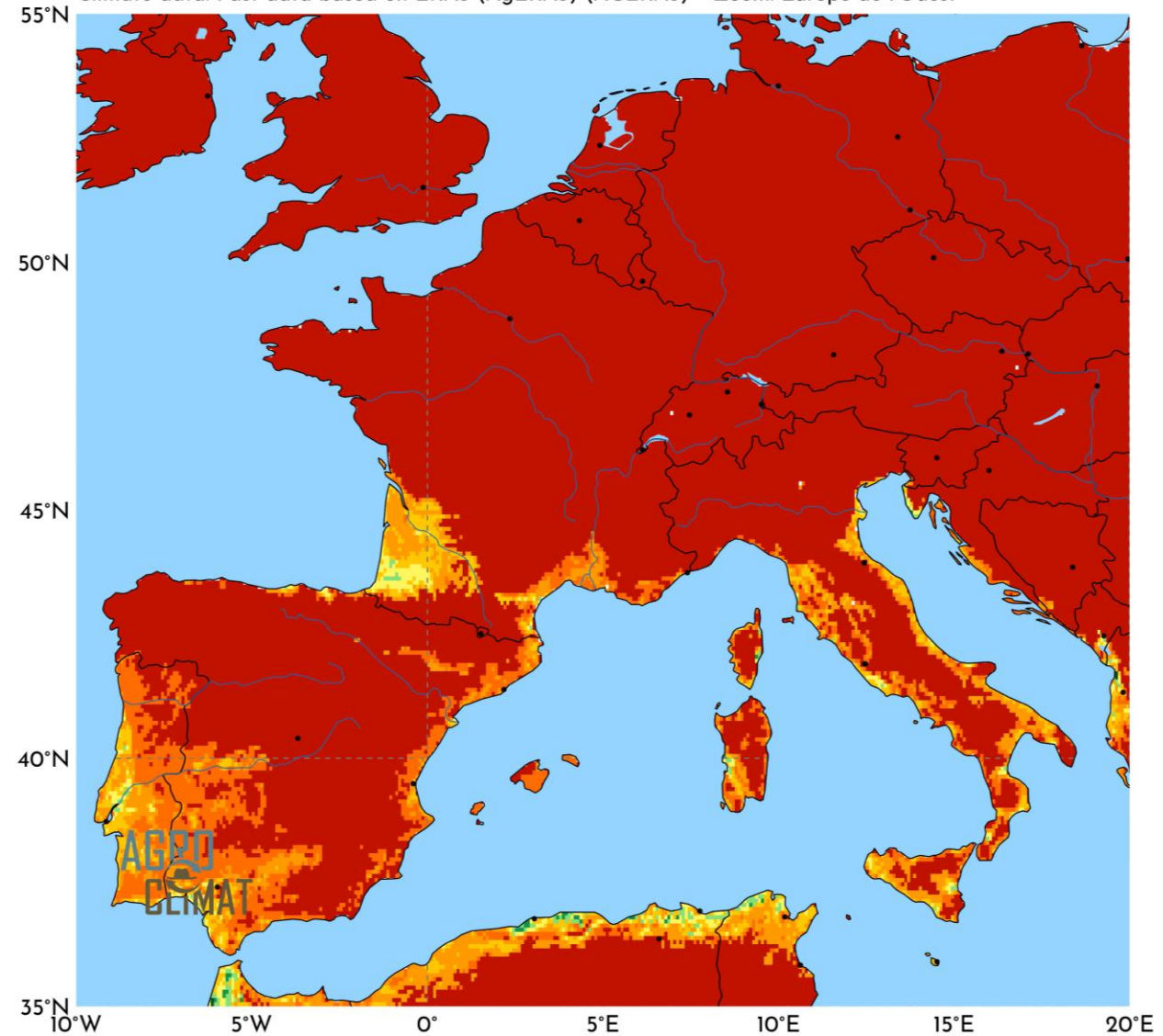
Agrumes - Biogéographie

Remontée des climats et
remontée des biogéographies
(scénario modéré SSP3.70)

Citrus

Scenario: Historical (HIST) • Period: 1981-2000 (HP8100) • Inputs: High level of inputs and no irrigation (HRLM)

Climate data: Past data based on ERA5 (AgERA5) (AGERA5) • Zoom: Europe de l'Ouest



Suitability Index (classes 1-8)



Cartographie : (c) Serge Zaka | Agroclimat2050 (www.agroclimat2050.com) – Données : (c) Projet GAEZ-FAO version 5

Impacts agricoles

Le saisonnier d'aujourd'hui sera-t-il
le saisonnier de demain ?





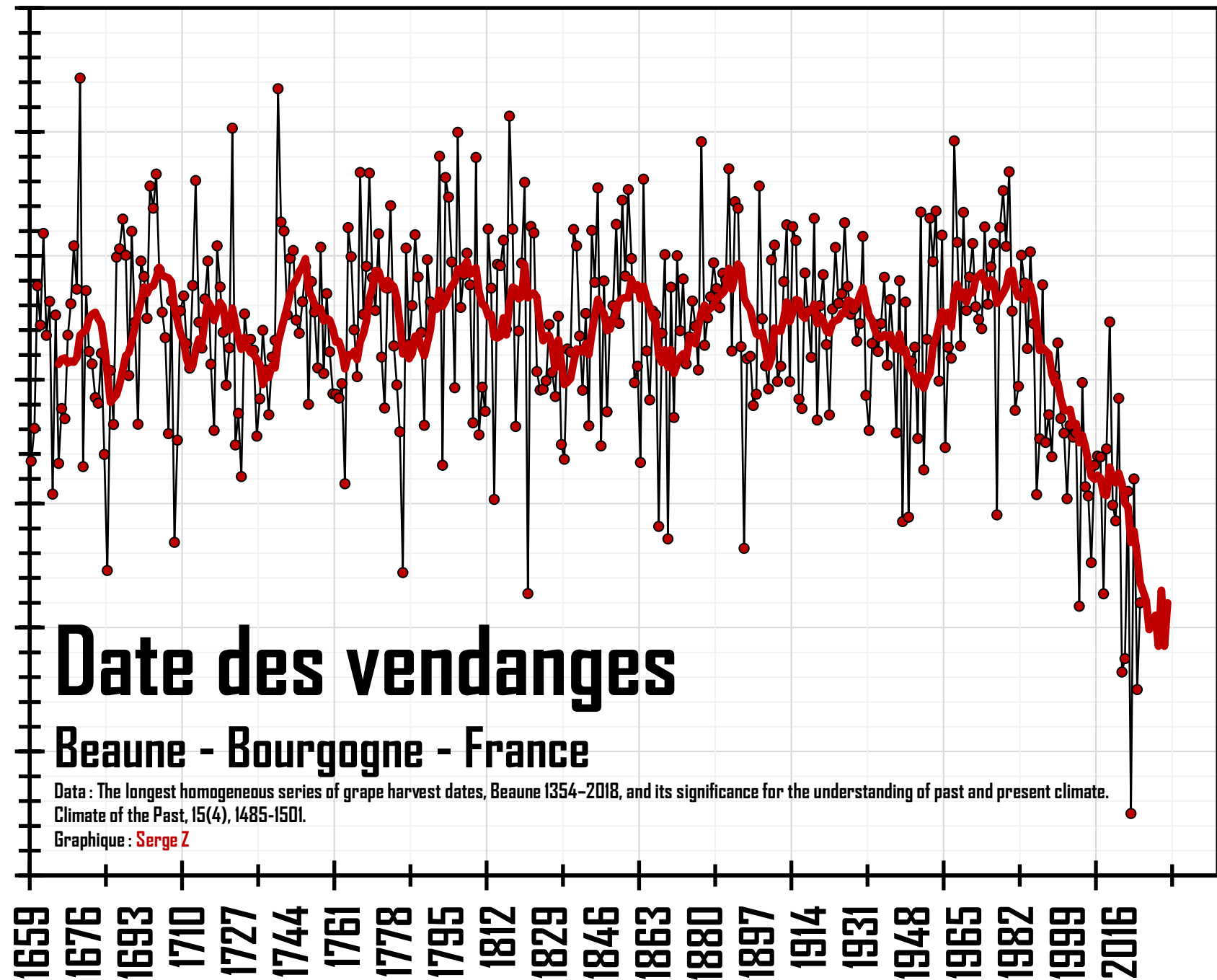
Le saisonnier

Reconstitution des dates de
vendanges depuis 1659
(Beaune)

20 jours*

D'avance pour les dates de
vendanges à Beaune.

23-oct.
13-oct.
3-oct.
23-sept.
13-sept.
3-sept.
24-août
14-août

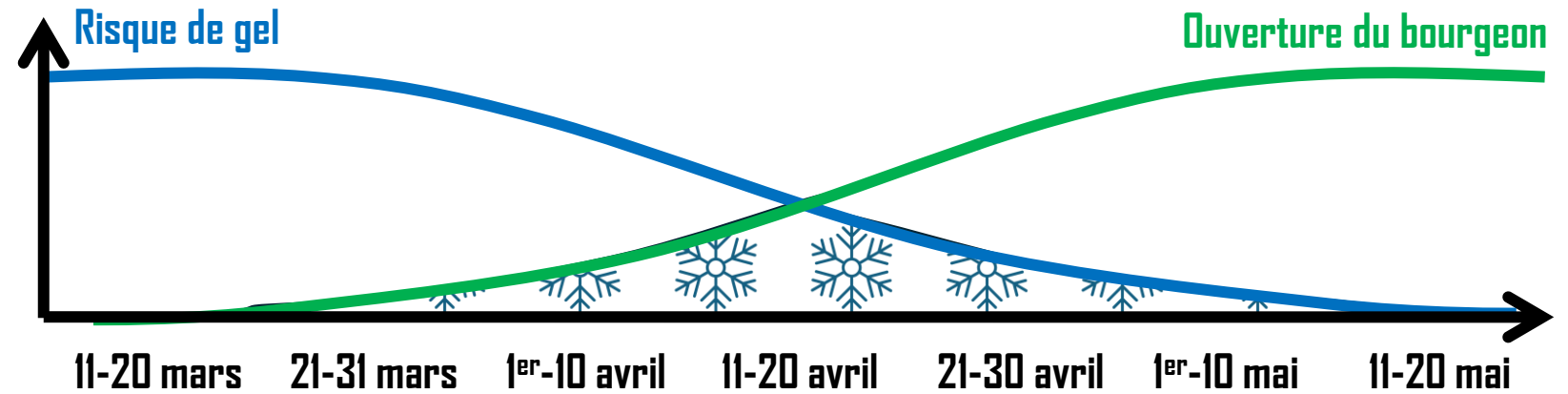




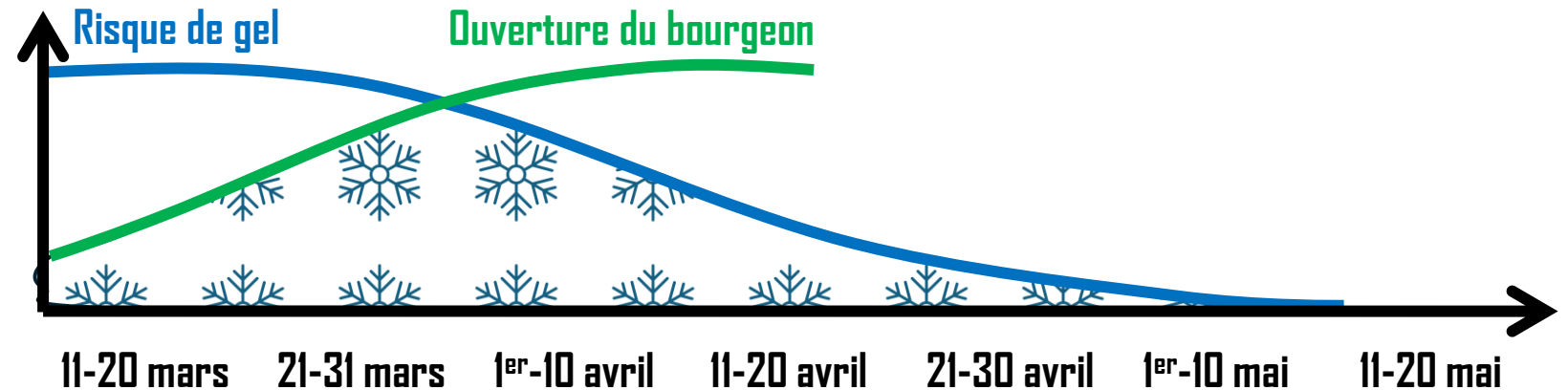
Le saisonnier

Schématisation de la
problématique.

1970-2000



2020-2050





Impact – Goût du vin

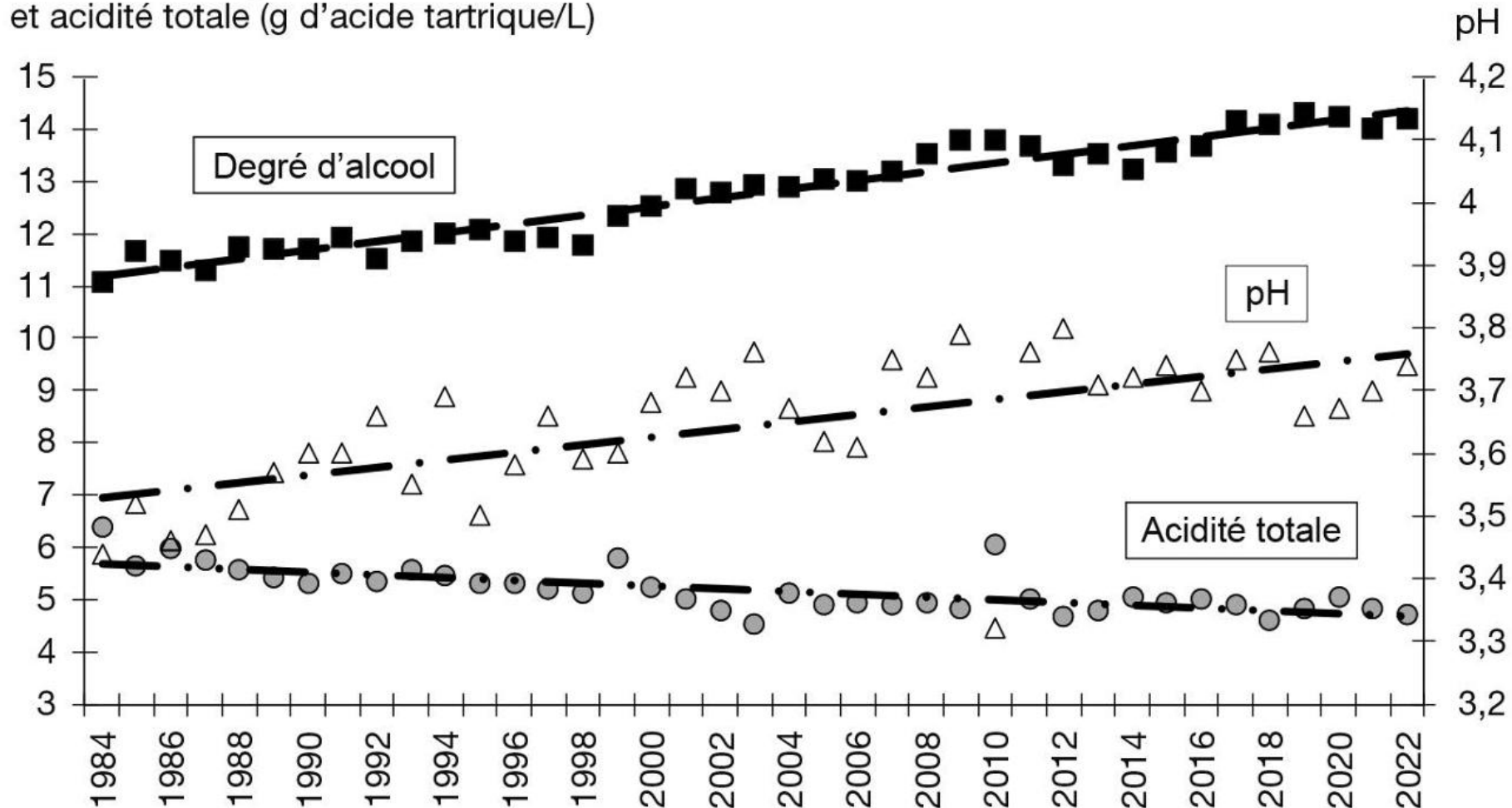
Sécheresse et qualité
organoleptique.
Languedoc (1984-2022)

« Le risque est donc de produire
des vins qui ne sont plus
représentatifs de leurs terroirs »

Attention, ces modifications intègrent
en plus du climat : 1) des modifications
d'encépagement, 2) l'introduction de
clones produisant plus de sucre, 3) des
modifications du système de conduite
et du choix de la date de vendange.

Il faut creuser encore les études pour
voir la part de chaque variable.

Degré d'alcool (% vol.)
et acidité totale (g d'acide tartrique/L)





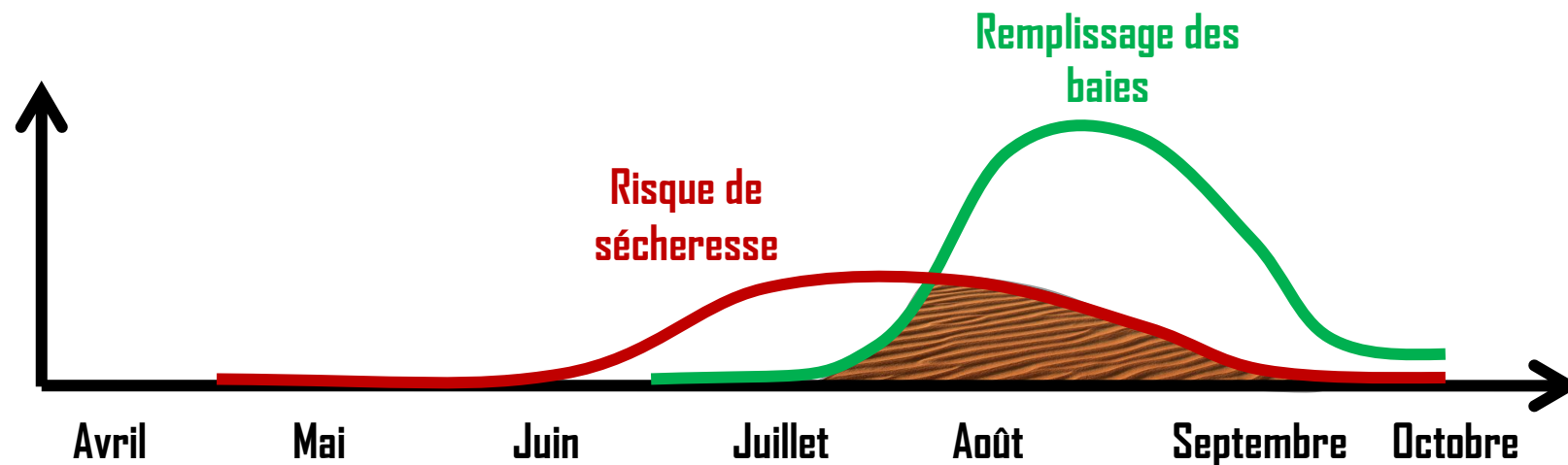
Le saisonnier

Sécheresse et qualité
organoleptique.
Exemple du goût du vin.

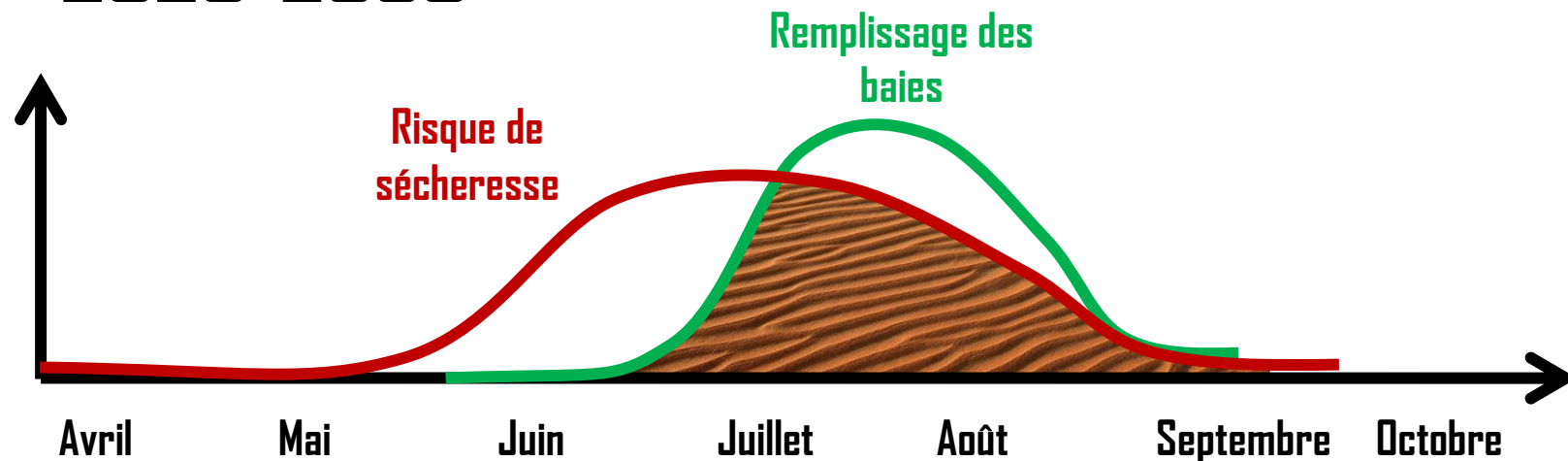
La vigne subit un « **double
réchauffement** » :

- 1 – Décalage de la phénologie
au cœur de l'été.
- 2 – Conditions plus chaudes et
sèches pendant le remplissage
des grappes.

1970-2000



2020-2050



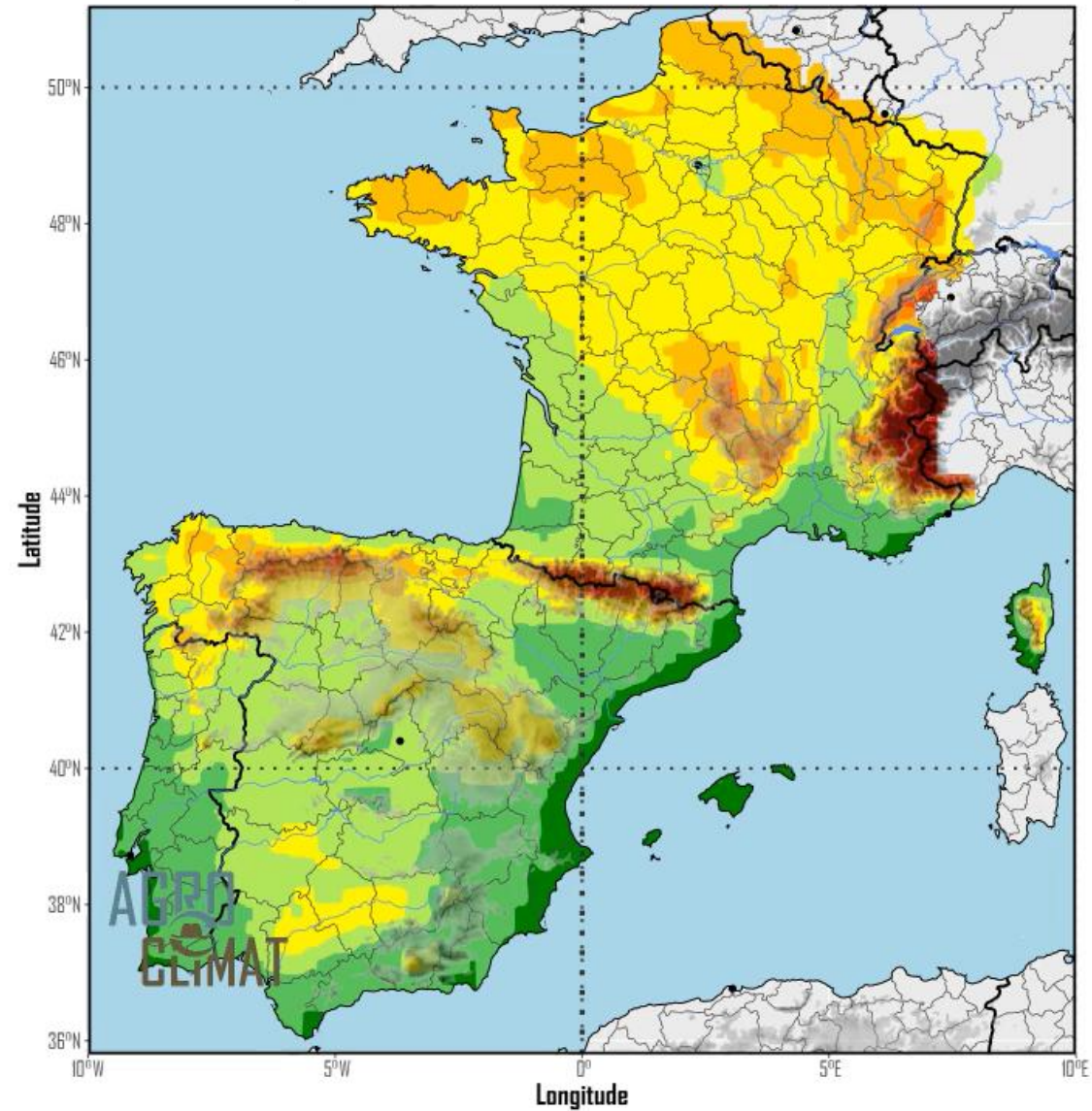


Saisonnalité

Tomate – Mois d'août

Potentiel de croissance plante irriguée Tomate - Premio F1

1950-1970 - ssp370 - Semaine n°33



Impact agricole

Stress thermique Vache laitière en France

Est-ce que certaines races de vaches provenant d'Amérique du Sud pourraient à l'avenir arriver en France ?

Quel est l'impact du stress thermique sur les vaches laitières Holstein chez nous ?

L'élevage sera-t-il interdit ? Pour certaines espèces (ruminants) ?



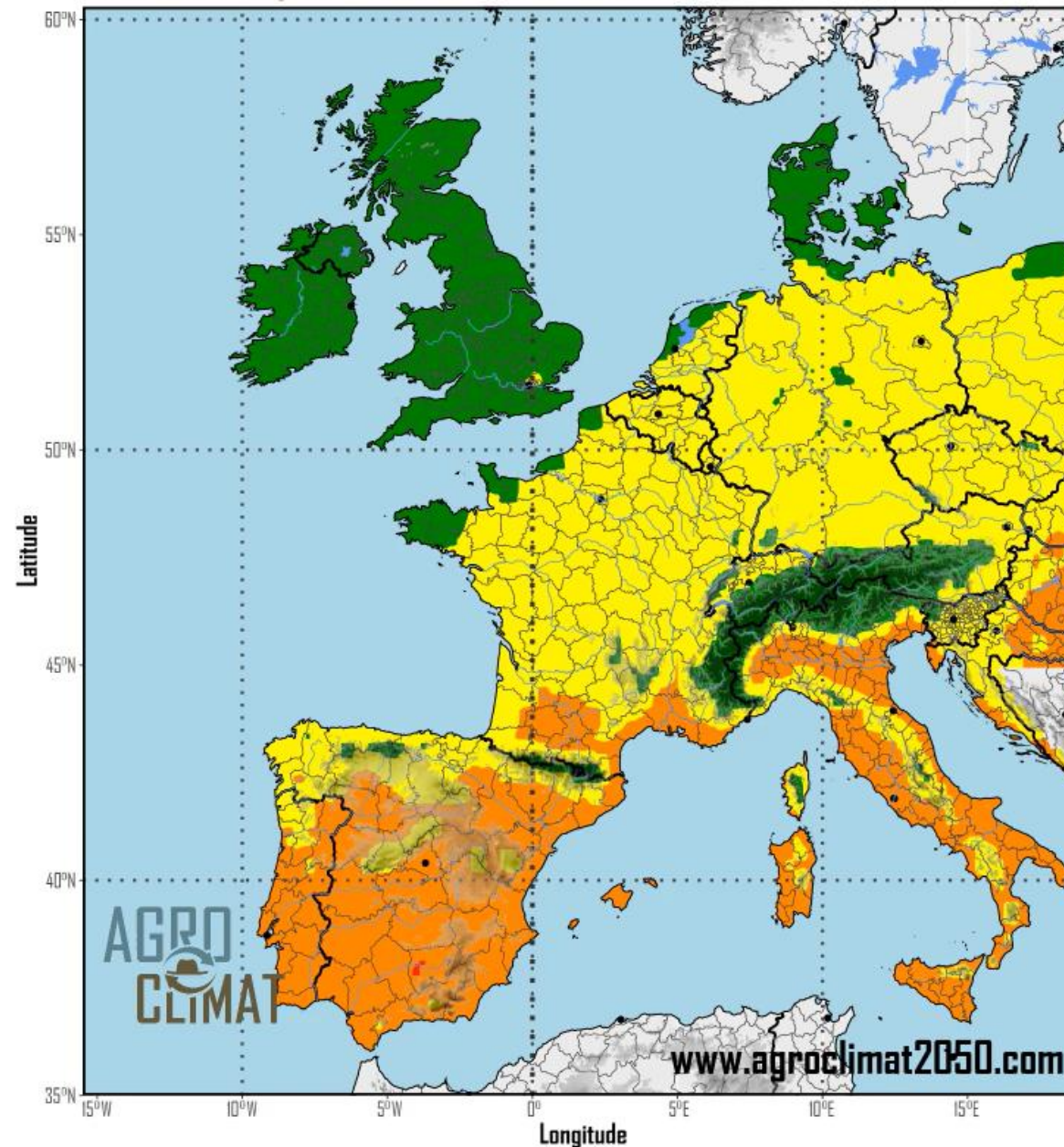


Impact – Vache laitière

Cartographie de la perte de lait
semaine 33 en extérieur
(scénario actuel SSP370)

Niveau de stress thermique

1950-1970 - ssp370 - vache laitière -PrimHolstein - Semaine n°33



Niveau de stress ■ Aucun ■ Faible ■ Modéré ■ Fort

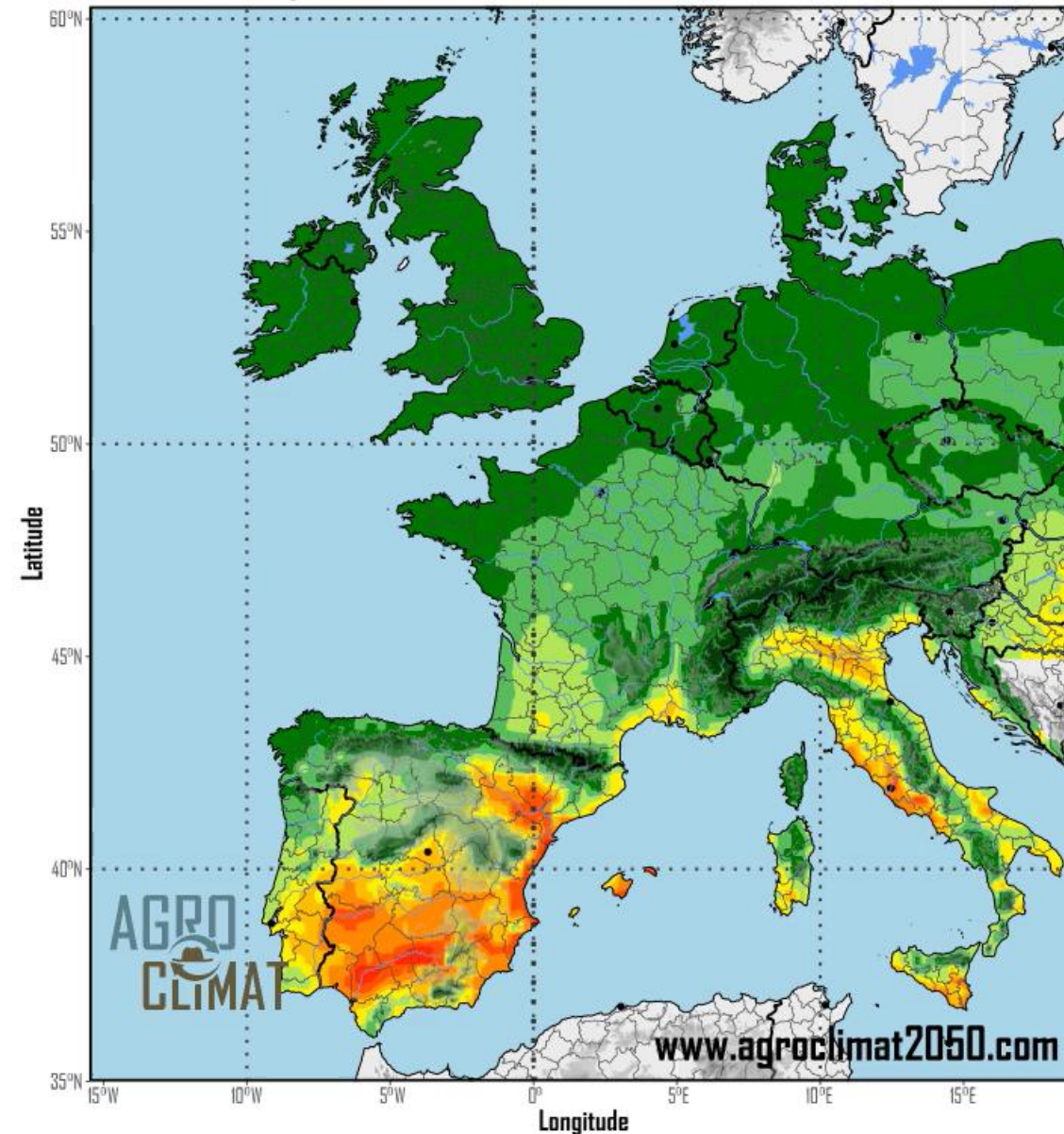


Impact – Vache laitière

Cartographie de la perte de lait
semaine 33 en extérieur
(scénario actuel SSP370)

Perte de lait (%) en extérieur

1950-1970 - ssp370 - vache laitière - PrimHolstein - Semaine n°33



Synthèse

Rôle de l'agrivoltaïsme

L'agrivoltaïsme est une des pièces du puzzle avec un rôle premier de protection agricole.



Impact agricole

Adaptations et atténuations Maïs

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

Génétique

Résistance à la sécheresse, gamme de précocité,
amélioration du port racinaire, résistance à la
canicule, résistance aux maladies, NBT (?) etc.

Biogéographie

Adaptations de l'aire de répartition de nos cultures.
Création de nouvelles filières (olives, pistache, vigne,
figues, grenade, sorgho, millet, niébé etc.).

Economique

Aides à l'acquisition du matériel de protection, aides
aux transitions, rémunération à la juste valeur,
rémunération des services écosystémiques.

Matériel

Réserves de substitution (pour les cultures d'été,
amélioration des outils d'irrigations (goutte à goutte
etc.). **Agrivoltaïsme.**

Agronomie

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

Sociétale

Réduction des gaz à effet de serre à l'échelle
planétaire.

Paysages

Gestions du microclimat intra-parcellaire
(agroforesterie, haies, arbres isolés, couvert végétal),
diversification des rotations, hydrologie régénérative.

Numérique

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

Recherche

Alternative économiquement viable à la chimie
(notamment lors des maladies dues aux excès d'eau).
Biostimulants (pour le végétal ou le sol).



Synthèse

Rôle de l'agrivoltaïsme dans l'adaptation au changement climatique.

Evolution climatique	Impacts agricoles	Rôle de l'agrivoltaïsme	Autres solutions complémentaires
Hausse de la température estivale	Evapotranspiration et sécheresses. Stress thermiques. Température du sol. Qualités organoleptiques et visuelles des productions.	Ombrage : baisse de la température du sol, baisse de l'évapotranspiration, maîtrise des stress thermiques. Structure : Possibilité de système d'irrigation.	Ombrage : haies et arbres. Intégrations paysagères. Evolutions de filières. Couverts végétaux. Agroforesterie. Sylvopastoralisme.
Hausse de la température hivernale	Précocité de la floraison et risque de gel.	Couvert : couvert limitant le rayonnement infrarouge la nuit (gel moins fort sous panneau).	Systèmes de protection. Evolutions de filières.
Baisse des précipitations estivales	Hausse des surfaces en sécheresse.	Ombrage : baisse de la température du sol, baisse de l'évapotranspiration.	Agriculture de conservation des sols. Couverts végétaux. Irrigation et retenues. Améliorations génétiques. Evolutions de filières.
Pas d'évolution pour la grêle	-	Couvert : protection mécanique contre la grêle.	Filets para-grêle.
Diversification des revenus	-	Revenus : diversification des revenus (stabilité et fierté de participer à un projet énergétique).	Diversification des rotations, agroforesterie.
Excès d'eau et coulure	Lessivage du pollen durant la floraison.	Couvert : protection des fleurs.	-



Gestion du paysage

Le paysage et
l'évapotranspiration.

Protéger du soleil
Couper le vent
=
Maîtriser le micro-
climat





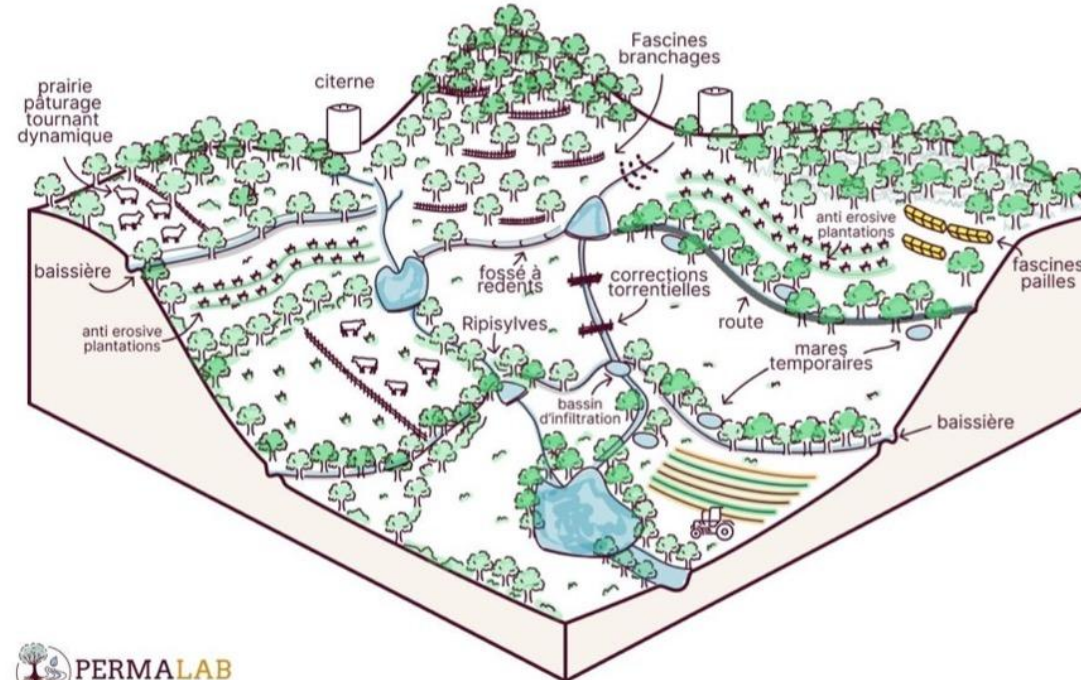
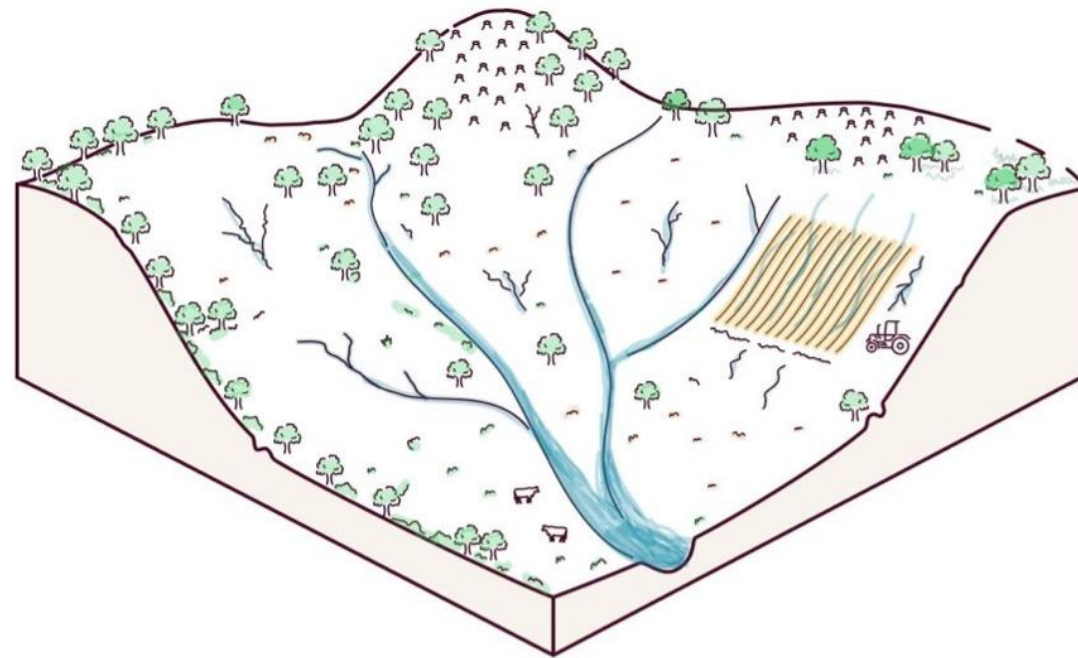
Gestion du paysage

Le paysage et hydrologie
régénérative.

4 principes de l'eau :

Ralentir
Répartir
Infiltrer
Stocker

On parle de « culture de l'eau ».







This is the end !

Merci !

L'agrivoltaïsme, de quoi parle-t-on ?



Christian Dupraz,

Chercheur à l'INRAE et pionnier de
l'agrivoltaïsme



L'Agrivoltaïsme

- Innovation majeure
- Invention franco-japonaise
- Défini par la loi APER comme une installation PV qui rend service à la production agricole







Poisy- Haute-Savoie



Nissan - Hérault

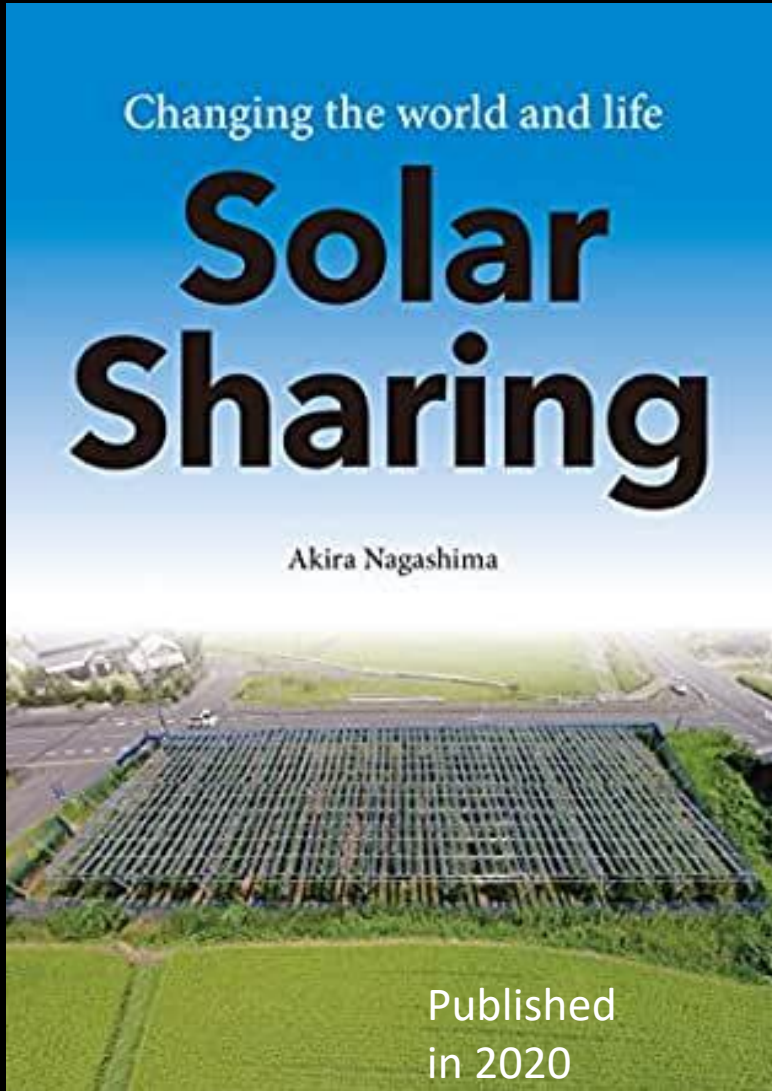


Eppelborn-Dirmingen, Saarland



Monticelli d'Ongina, Piacenza

Japon



Arbres et Cultures



Agroforesterie

Panneaux PV et cultures

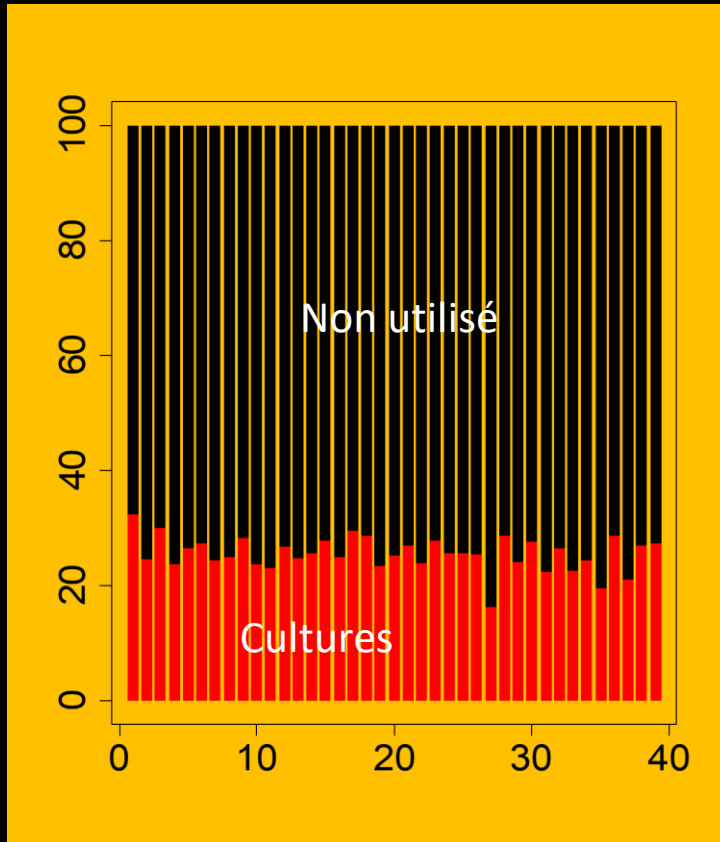


AgriVoltaïsme

Les cultures et pâtures utilisent moins de 30% du rayonnement annuel incident

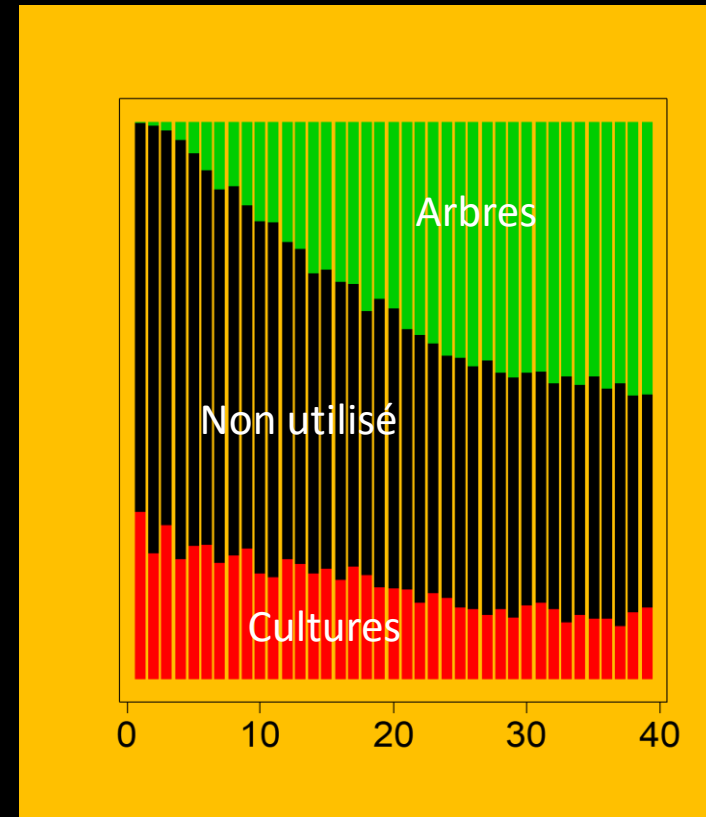
Agriculture

% du rayonnement
incident intercepté



Années

Agroforesterie



Années

INRAE-Sun'R

Premier prototype expérimental mondial (Montpellier, 2010)



2019



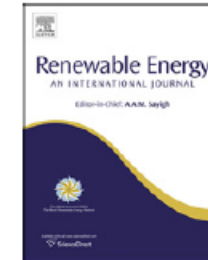
2011-2013



Contents lists available at ScienceDirect

Renewable Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/renene



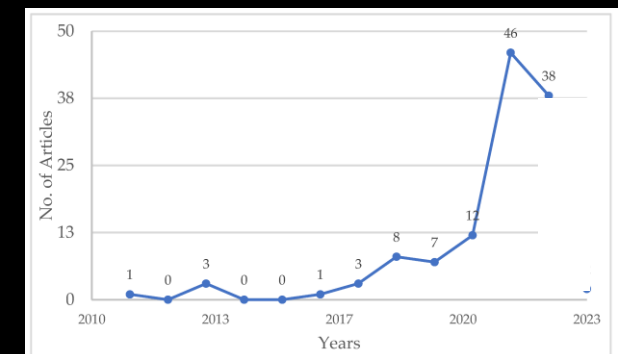
Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes

C. Dupraz^{a,*}, H. Marrou^a, G. Talbot^a, L. Dufour^a, A. Nogier^b, Y. Ferard^b

^a INRA, UMR System, 2, Place Viala, 34060 Montpellier Cedex, France

^b Sun'R SAS, 7 rue de Clichy, 75009 Paris, France

Renewable Energy 2011. 36: 2725-2732

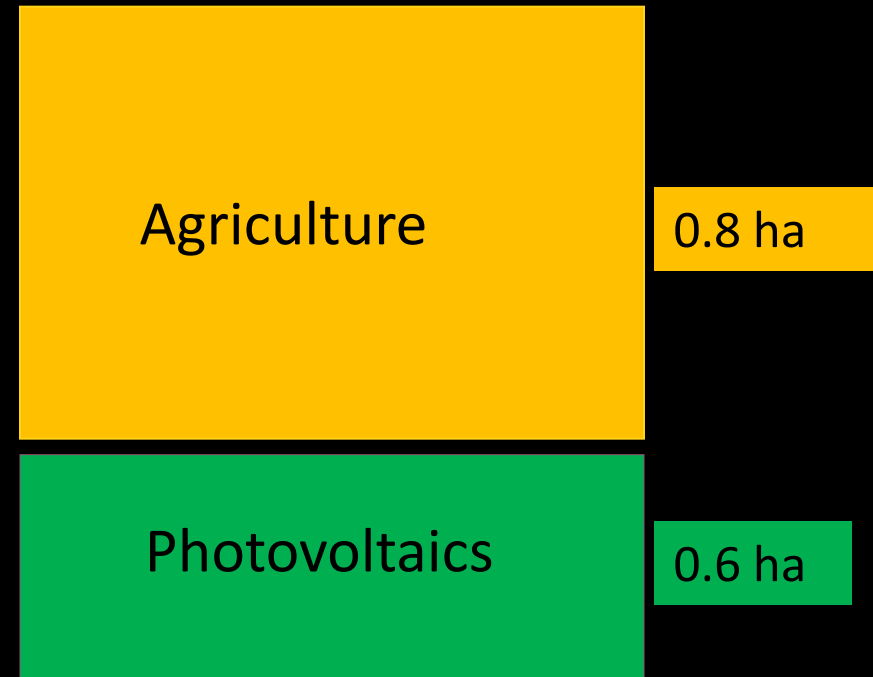


Système mixte



1 ha

Assolement de systèmes simples



LER = 1.4 ha

Land Equivalent Ratio (LER) (Mead and Willey, 1980)

Land
Equivalent
Ratio

1.2 to 1.6

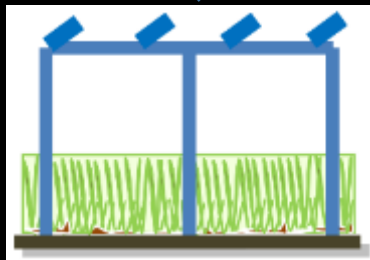
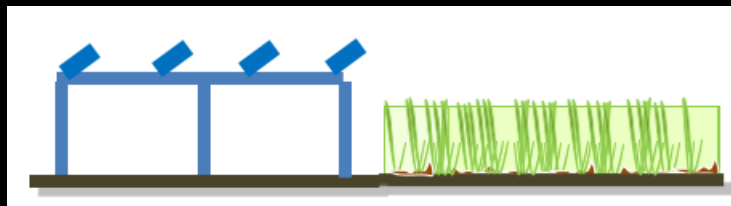
Poplars-cereals

14 years



Quel LER en Agrivoltaïsme?

- Si les cultures étaient indifférentes à l'ombre...



Maximum LER = 2

- Mais ce n'est pas le cas!

Density of PV panels	% PV panels	% Crop yield	LER
Standard	100%	73%	1,73
Reduced	52%	83%	1,35

Marrou (2012)

De forts LERS peuvent être obtenus avec de faibles rendements agricoles



Land Equivalent Ratio agrivoltaïque

1.3 à 1.7



Un LER de **1.5** signifie,

qu'une ferme agrivoltaïque de **100** ha

produit autant d'électricité et de nourriture

Qu'une ferme de **150** ha où les cultures et les panneaux photovoltaïques sont séparés

Protéger les cultures du changement climatique en agrivoltaïsme?

C'est un des avantages décisifs revendiqués:

- Compensation de la compétition pour la lumière
- Dans certains cas permet même des rendements plus élevés qu'en plein soleil
- Peut aussi réduire les coûts de production

Cependant :

- Une protection significative nécessite un taux de couverture élevé
- Un taux de couverture élevé réduit fortement la photosynthèse

Conclusion: avantage majeur aux systèmes mobiles à fort taux de couverture ET avec effacement agronomique

Agrivoltaïsme viticole



Piolenc (84)



- Les vignes abritées résistent mieux aux canicules
- Besoin en eau réduit (de 12% à 34%)
- Profil aromatique amélioré :
 - +13% d'anthocyanes
 - + 9% à 14% d'acidité
- Degré d'alcool réduit et vendanges retardées
- Utilisation de la structure pour divers services à la vigne (irrigation, filets antigrêle, palissage)

Impact sur la qualité des cultures

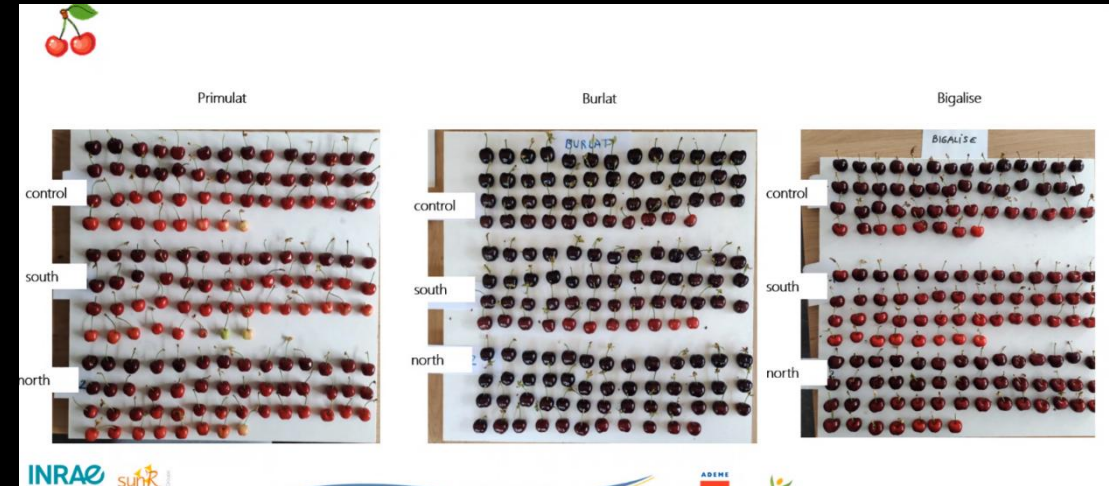
Effet très positif en viticulture

Qualité des raisins

Maturité retardée

Effet négligeable sur beaucoup de productions maraichères ou fruitières

Quelques effets rares sur la qualité des grandes cultures (taux de protéines plus élevés)



Gestion du microclimat en AV

- La température de l'air est très peu modifiée dans les systèmes AV ouverts

Même température moyenne quotidienne en plein soleil et sous les panneaux

Mais les températures extrêmes sont moins extrêmes (peut être un problème en viticulture)

- Impact très fort sur la température du sol

- Sols plus froids au printemps
- Sols plus chauds en automne

- Les températures des organes sont fortement modifiées (fort impact sur la morphogénèse, le temps thermique, les stress)

Contrôle des gelées en AV



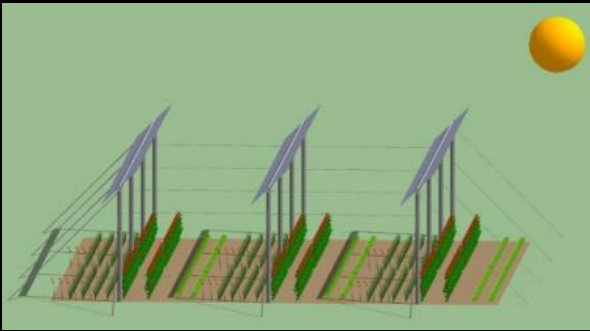
Figure 7: No white frost under the Fruitvoltaics Apple Research Project in Haidegg, Graz, Austria, as a consequence of a higher soil and plant temperature under the protection of the panels.

Efficiencia de l'au en AV

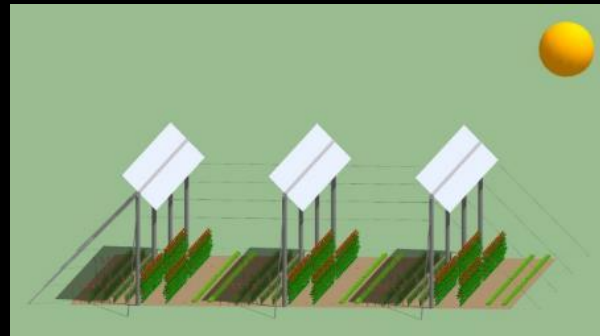
- De nombreuses études annoncent une réduction de 30% des besoins en eau d'irrigation
 - Mais avec une baisse du rendement.
 - L'efficacité de l'eau augmente généralement (effet réduction de l'évaporation du sol)
- L'ombre est-elle meilleure l'après-midi?
 - Les cultures qui ont du stress hydrique ferment leurs stomates l'après-midi
 - Les cultures à l'ombre ferment leurs stomates à cause de l'ombre
- Des cultures moins stressées peuvent tirer partie du soleil de l'après-midi.
- Processus difficiles à modéliser et à séparer

Agrivoltaïsme dynamique

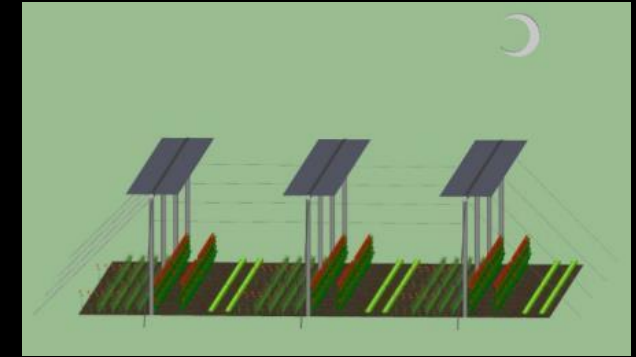
Cas 1 : La culture a besoin de beaucoup de lumière
(effacement = tracking inversé)



Cas 2 : La culture a besoin de protection contre l'excès de rayonnement ou la chaleur
(tracking solaire)



Cas 3 : Reduction des pertes d'énergie nocturne pour réduire les risques de gel ou réchauffer le sol



Les panneaux photovoltaïques mobiles pour s'adapter au changement climatique

Production électrique réduite de 30% en tracking inversé.



Agrivoltaïsme ?

Revenus électriques > 100 fois le revenu ovin

Les ovins ne remplaceront pas tous les systèmes de production

Joyeux rentiers?

Gros problèmes de voisinage et d'acceptabilité sociale



Le risque de l'abandon de l'agriculture

Les revenus électriques écrasent les revenus agricoles

Sans régulation...

- La production agricole deviendra anecdotique (moutons, ruches, service écosystémiques)

- Les taux de couverture se rapprocheront des standard de PV au sol

- L'abandon de l'agriculture est probable

- Les loyers agrivoltaïques ne justifieront jamais de faire des cultures déficitaires

Partager le gâteau agrivoltaïque

- Des objectifs cohérents avec la planification énergétique
- Pour la France:
 - Ni trop peu : > 10 000 ha
 - Ni trop : < 1 Mha
 - 100 000 – 200 000 ha est un objectif réaliste (50 à 100 GWc)
- Le gâteau est donc limité
- Actuellement, plus d'un million d'hectares sont pré-contractualisés!
- Il y aura beaucoup de déçus, frustrés, jaloux
- 85% du territoire métropolitain est à plus de 10 km d'un poste source RTE

Comment améliorer l'acceptabilité des projets?

- Limiter la dimension des projets pour en faire bénéficier plus d'agriculteurs? (1ha? 5 Ha? 10 ha? 100 ha?)
- 100 000 ha d'AV peuvent être 100 projets de 1000 ha ou... 100 000 projets de 1 ha (modèle Japonais)
- Mutualiser la rente agrivoltaïque
- Limiter le montant des loyers agrivoltaïques pour casser la spéculation foncière
- Financements participatifs

Une variété de systèmes agrivoltaïques

- Grandes centrales

- Peu nombreuses, peu de bénéficiaires
- Proches des postes sources du réseau RTE
- Electricité très compétitive
- Production électrique de masse

- Petites centrales

- Nombreuses, sur tout le territoire
- Peuvent être loin des postes sources
- Electricité plus chère
- Soutien la stabilité du réseau en injectant des électrons en aval du réseau
- Auto-consommation possible (tracteurs électriques, production d'engrais azoté à la ferme)

Le cadre réglementaire spécifique de l'agrivoltaïsme



Grégoire Gautier,

Adjoint au Directeur de la Direction
Départementale des Territoires de Haute-
Garonne



Direction départementale
des territoires
de la Haute-Garonne



CADRE RÉGLEMENTAIRE DE L'AGRIVOLTAÏSME

GRÉGOIRE GAUTIER

ADJOINT AU DIRECTEUR DÉPARTEMENTAL DES

TERRITOIRES DE LA HAUTE GARONNE

Date : 10 juin 2026

CONCEPTS & CADRE RÉGLEMENTAIRE

Loi du 8 mars 2023

d'accélération de la
production d'énergies
renouvelables

Décret du 8 avril 2024

sur le développement de l'agrivoltaïsme (AgriPV) et les conditions
d'implantation des installations photovoltaïques (PV) sur des
terrains agricoles, naturels et forestiers (ENAF)

☒ Définition législative de l'agrivoltaïsme dans le code de l'énergie (L.314-36)

- Introduction de deux notions distinctes pour l'installation du photovoltaïque sur terrains agricoles et forestiers

1) Installations nécessaires à l'activité agricole

2) Installations compatibles avec l'exercice d'une activité agricole

☒ Encadrement des types d'installations PV autorisables en ENAF par le code de l'urbanisme (CU) en fonction des typologies de projet

3 TYPOLOGIES DE PROJET

La loi distingue :

- **les serres, hangars, ombrières** à usage agricole pouvant supporter des panneaux qui doivent être nécessaires à l'exercice effectif d'une activité agricole
- **les centrales photovoltaïques** compatibles avec une activité agricole
- **les projets agrivoltaïques** qui doivent apporter un service à l'activité agricole et sont considérés comme nécessaires à l'exploitation agricole



LES ATTENDUS RÉGLEMENTAIRES AUTOUR DE L'AGRIVOLTAÏSME

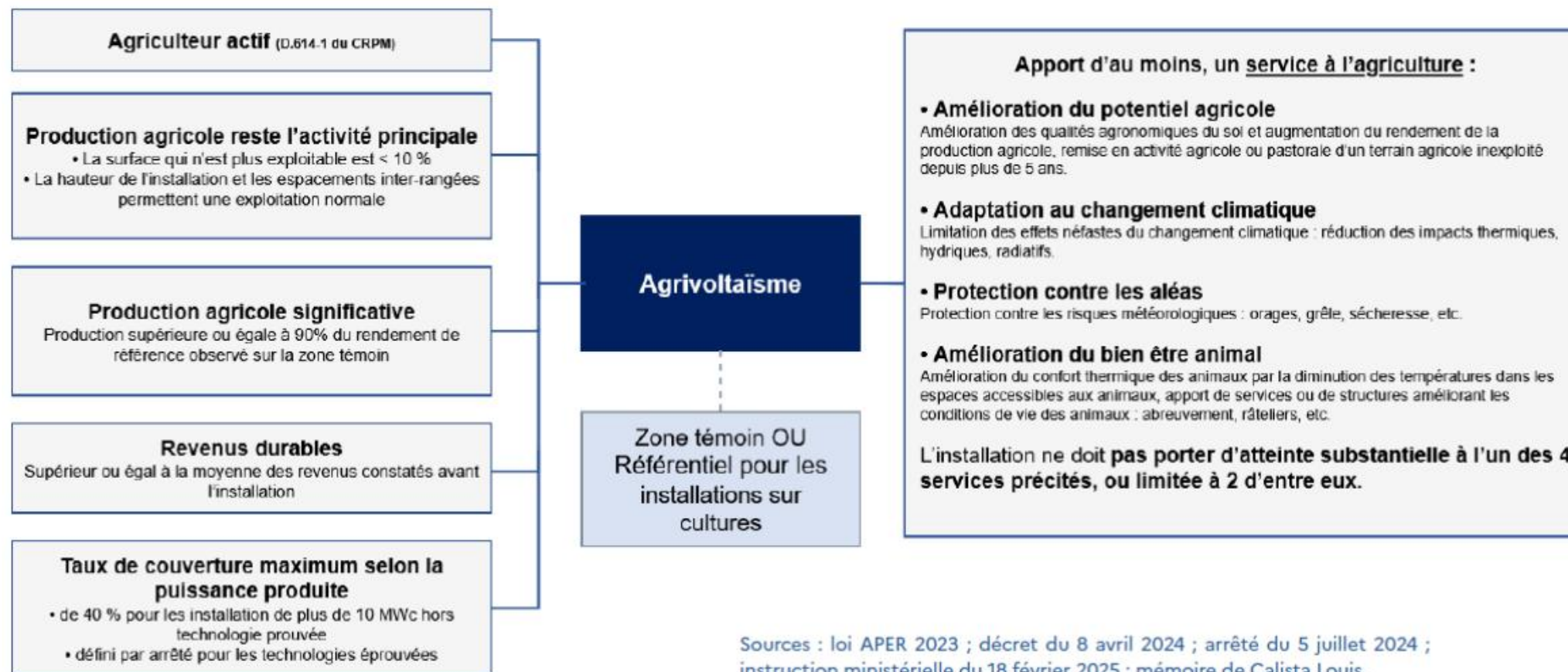
Conditions cumulatives

- Contribution durable à l'installation, au maintien ou au développement d'une production agricole à l'échelle d'une **parcelle agricole**
- Apport direct d'au moins un des services suivants :
 - **amélioration du potentiel et de l'impact agronomiques**
 - **adaptation au changement climatique**
 - **protection contre les aléas**
 - **amélioration du bien-être animal**
- Garantie d'une **production agricole significative** et d'un **revenu durable** à un **agriculteur actif** ou à une exploitation agricole à vocation pédagogique

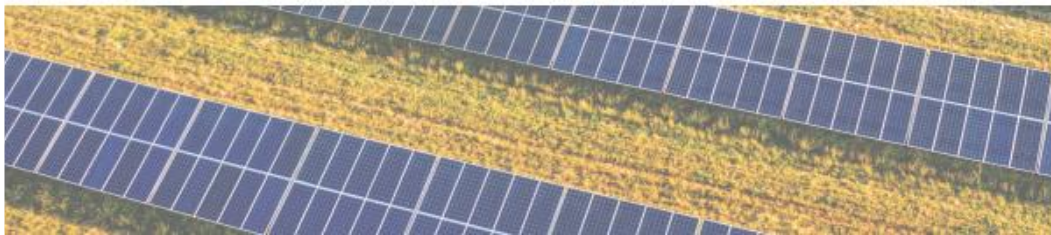
Conditions d'exclusion

- Porte une atteinte substantielle à l'un des services ou une atteinte limitée à deux
- Ne permet pas à la production agricole d'être **l'activité principale** de la parcelle agricole
- N'est pas réversible

LES ATTENDUS RÉGLEMENTAIRES AUTOUR DE L'AGRIVOLTAÏSME



Sources : loi APER 2023 ; décret du 8 avril 2024 ; arrêté du 5 juillet 2024 ; instruction ministérielle du 18 février 2025 ; mémoire de Calista Louis.



PRODUIRE DE L'ÉNERGIE SANS PERDRE LA VOCATION AGRICOLE DES TERRES, RÉPONDRE AUX CRITÈRES DE LA LOI APER



PRODUIRE DE L'ÉNERGIE SANS PERDRE LA VOCATION AGRICOLE DES TERRES, RÉPONDRE AUX CRITÈRES DE LA LOI APER



PRODUIRE DE L'ÉNERGIE SANS PERDRE LA VOCATION AGRICOLE DES TERRES, RÉPONDRE AUX CRITÈRES DE LA LOI APER



PRODUIRE DE L'ÉNERGIE SANS PERDRE LA VOCATION AGRICOLE DES TERRES, RÉPONDRE AUX CRITÈRES DE LA LOI APER



Bénéfices recherchés et retours d'expérience agrivoltaïques



Serge Zaka,
Agronome et Docteur en agroclimatologie

Christian Dupraz,
Chercheur à l'INRAE
et pionnier de l'agrivoltaïsme



Différentes qualités d'ombrage

Ombre des arbres



Agroforesterie

Ombre des Panneaux PV



AgriVoltaïsme

Filets / blanchiment



Agriculture

Tolérance et adaptation à l'ombre

- Feuilles d'ombre et de lumière
- Les filets d'ombrage font une ombre homogène
- Ne pas extrapoler les experimentations avec filets d'ombrage à l'agrivoltaïsme
 - L'adaptation à l'ombre est difficile sous les systèmes agrivoltaïques
 - Les plantes subissent le plein soleil de manière intermittente

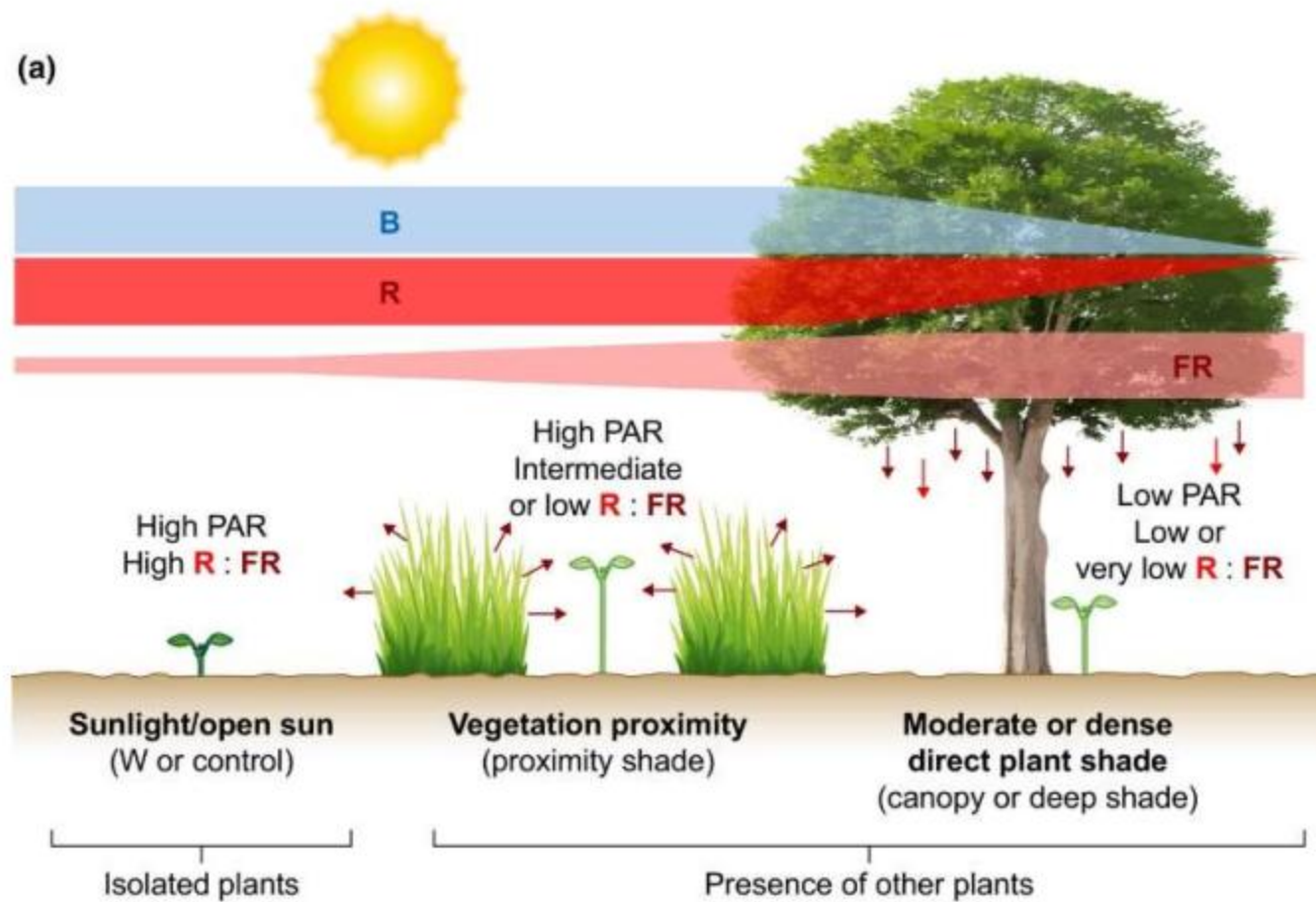
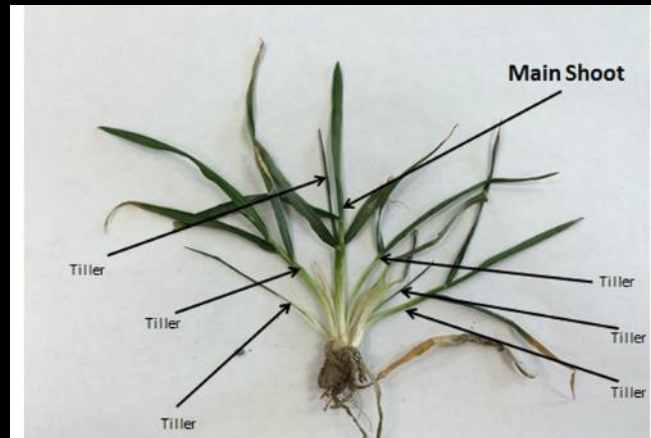


Figure 3 : Impact of trees on the light availability for crops in Agroforestry Systems [5]

Exemple du tallage des céréales

- Le tallage est une étape clef du rendement des céréales (1 graine = 3-6 talles = 3-6 épis)
- Le tallage se passe en hiver quand le soleil est très bas et faible
- Le tallage nécessite de l'énergie et du carbone
- Le tallage est très problématique sous les systèmes agrivoltaïques



L'ombre étrange des systèmes agrivoltaïques

- Alternances de plein soleil et d'ombre portée
- Les plantes subissent ces transitions brutales
- Le nombre de transitions par jour dépend de la structure de l'installation
- La transition ombre -> soleil est la plus délicate
- L'option japonaise...



L'adaptation des feuilles à l'ombre est-elle un avantage en agrivoltaïsme?

- Feuilles d'ombre = feuilles fines et grandes, avec un taux de photosynthèse surfacique réduit
- Ces feuilles ne sont pas efficaces pendant les moments de plein soleil
- Conclusion contre-intuitive : bien éclairer les plantes pendant la formation des feuilles
- La durée du cycle des cultures impacte beaucoup (2 mois pour radis, 12 mois pour pâtures)
- Ref : Juillion, P., et al. Specific Leaf Area and Photosynthesis of Apple Trees Under a Dynamic Agrivoltaic System in Agrivoltaics2023. 2023. Daegu, South Korea.



Améliorer l'homogénéité de l'ombre?

- Panneaux fixes non alignés sur le sud (Heggelbach)
 - Améliore l'homogénéité du rayonnement reçu par les cultures sous le système.
 - Mais réduit la production électrique
 - Rejeté par les électriciens
- Systèmes semi-transparents
- Dispositions en quinconce, en damier



Conséquences pour le design des systèmes agrivoltaïques

- Plus les panneaux sont hauts, plus il y a de transitions soleil/ombre chaque jour
- Mais cela rend les structures plus coûteuses
- Le facteur limitant majeur pour les cultures en AV est la quantité de lumière disponible
- De forts ombrages réduisent à la fois la photosynthèse et la croissance; des ombrages modérés peuvent être efficaces.

Le dilemme du taux de couverture

- $\text{GCR} = \text{surface de panneaux} / \text{surface au sol}$
- De faibles GCR permettent une production agricole « presque normale »
- De faibles GCR induisent une électricité plus chère
- Des structures de support « low cost » seront peut-être la clef du succès



Le précédent fâcheux des serres photovoltaïques

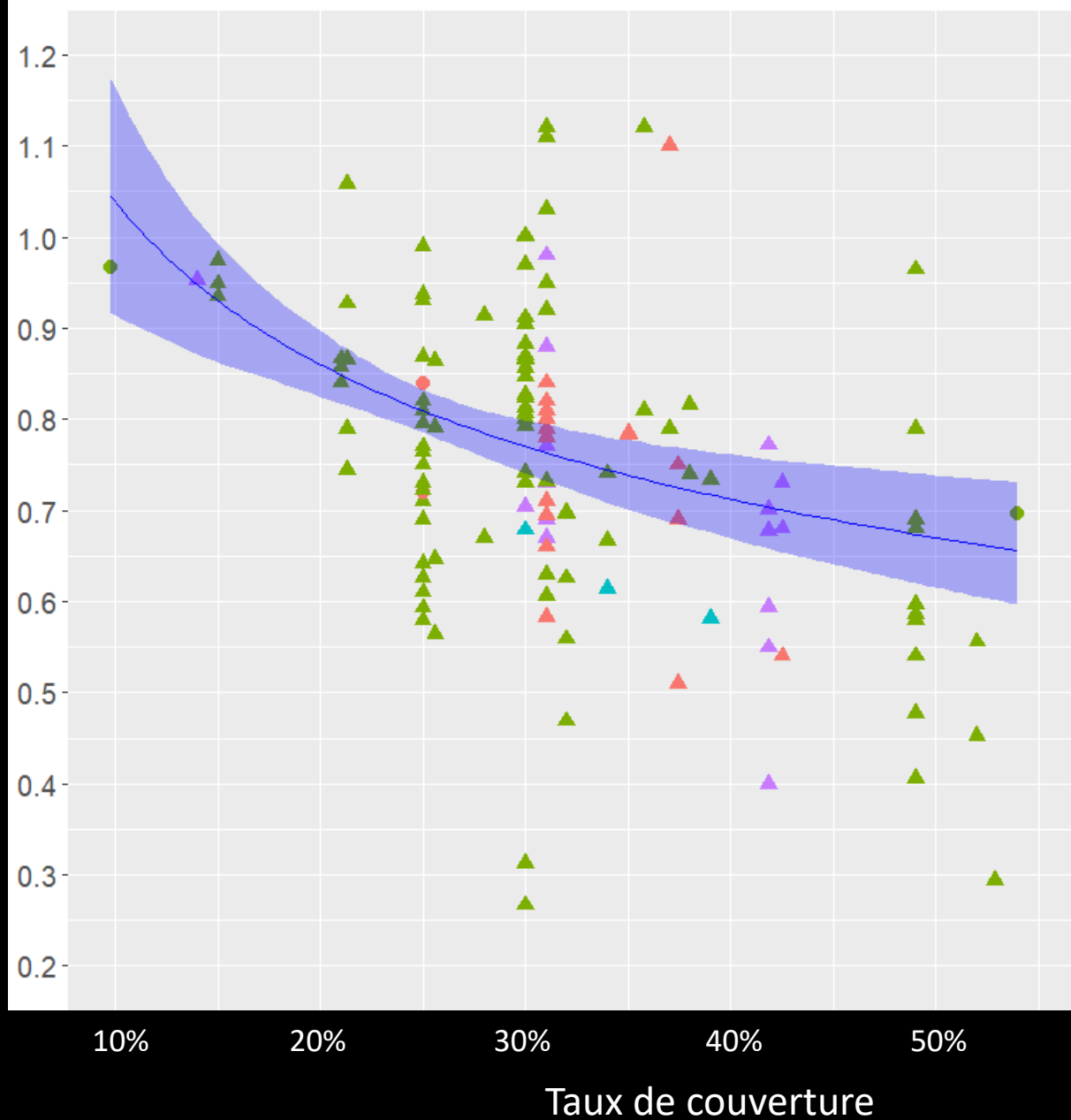


- 50% GCR = trop sombre pour la plupart des cultures

Panneaux semi-transparents et voile mobile réflecteur (Insolight)



Rendement
relatif
de la zone
cultivée



Type of System

- Greenhouse
- ▲ Open Field

Type of Panels

- Agr. Tracking
- Fixed
- Fixed but tilt modified each month
- Solar Tracking



Lizuka, Sosa, Chiba, Japan

Blé

Distance entre les rangées de poteaux : 4 m

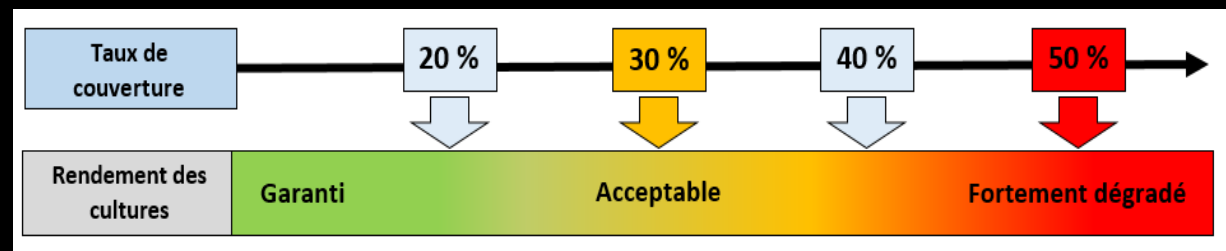
Surface cultivée : 75 %

Taux de couverture : 33%

80% au Japon
66% en Allemagne
90% en France

Exemple de site japonais où il est impossible de respecter la loi (rendement relatif exigé : 80%)

- Les centrales PV au sol classiques ne sont pas compatibles avec l'agriculture
- Le graal en AV : maintenir 100% du rendement agricole
- Taux de couverture divisé par deux x surface double = même production électrique (mais coût plus élevé de l'électricité)
- Certaines cultures peut-être plus compatibles avec l'ombre (arbres fruitiers, vignes, petits fruits, prairies sèches)



Le regard de la Chambre d'Agriculture



Bertrand Loup,

Agriculteur et Vice-Président à la Chambre
d'Agriculture de Haute-Garonne





Agrivoltaïsme et Partage de Valeur Territoriale

Chambre d'agriculture de la Haute-Garonne

10 juin 2026 - Bertrand LOUP - vice-président



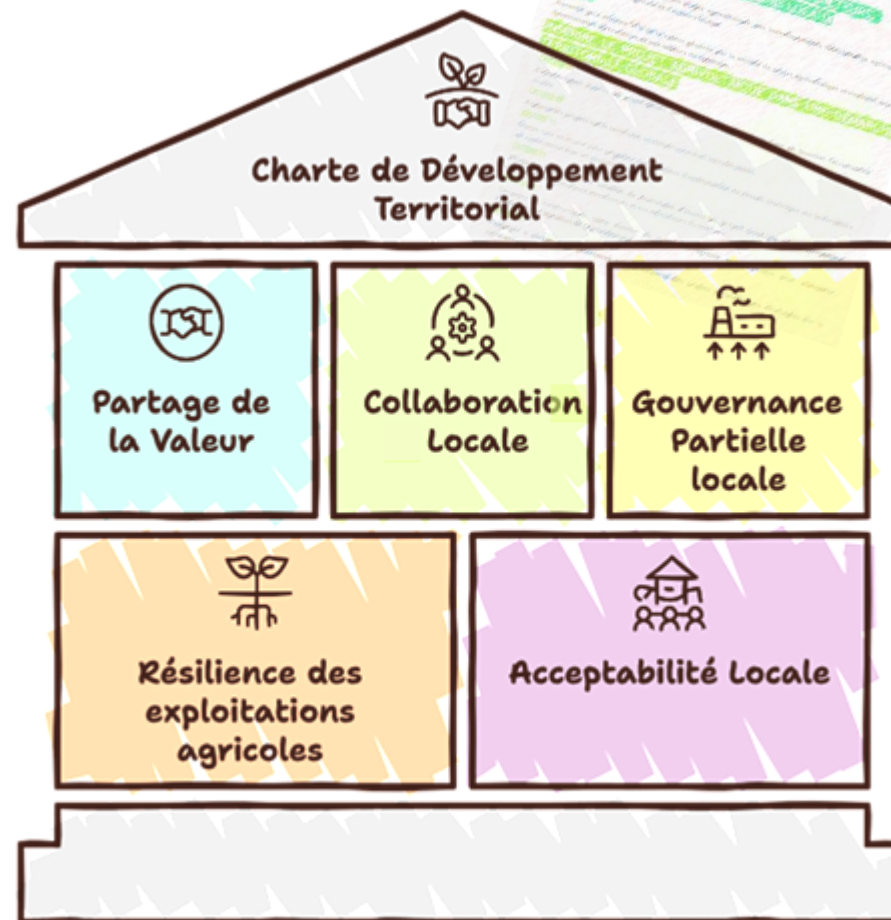
➤ Agrivoltaïsme & Territoires

OBJECTI DE LA CHARTES

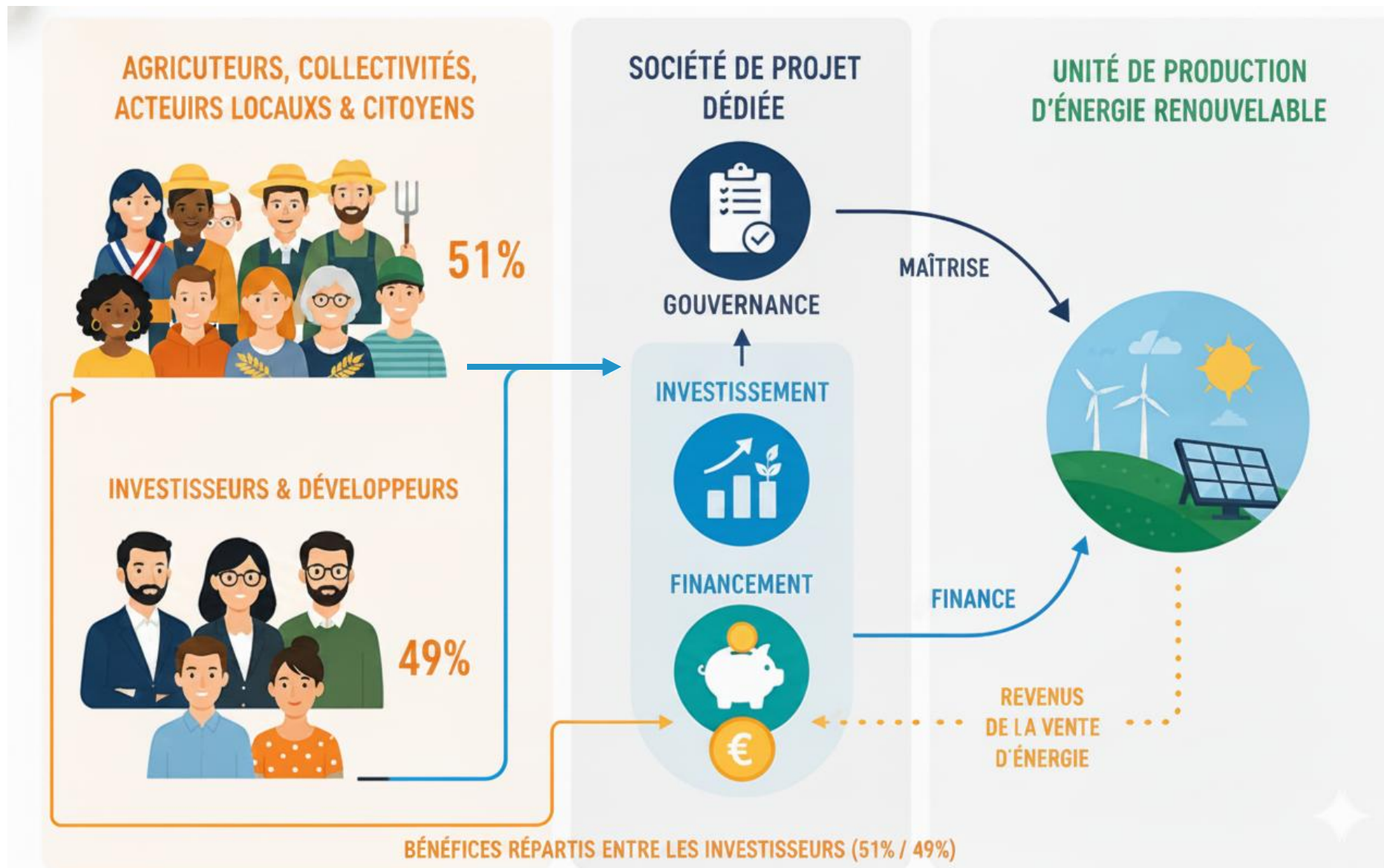
Encadrer le développement de l'agrivoltaïsme sur le territoire haut-garonnais, dans le respect du foncier et des activités agricoles.

À travers cette charte, l'objectif est que les projets génèrent des retombées locales et que le territoire conserve une part importante de la valeur créée

- **Mettre** les agriculteurs et le territoire au cœur des projets.
- **Favoriser** un ancrage territorial fort des projets
- **Associer** les acteurs du territoire au sein d'une SAS afin d'investir dans les projets à hauteur de plus de 51 %
- **Diversifier** les revenus agricoles et **renforcer** résilience des exploitations.



Partage de la valeur & le territoire



Le rôle des services de l'État

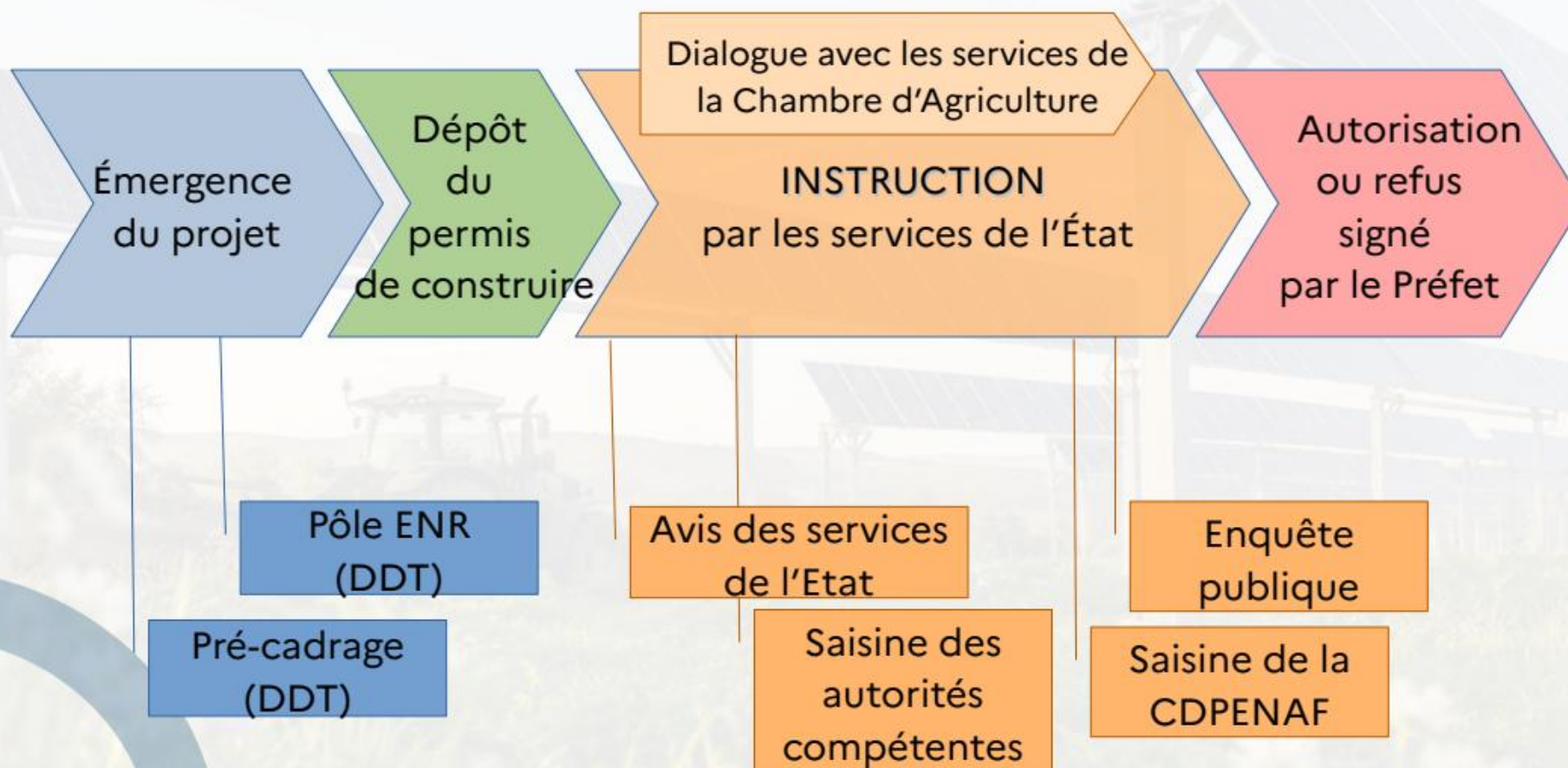


Grégoire Gautier,

Adjoint au Directeur de la Direction
Départementale des Territoires de Haute-
Garonne



LE RÔLE DE L'ADMINISTRATION DANS L'INSTRUCTION DES PROJETS

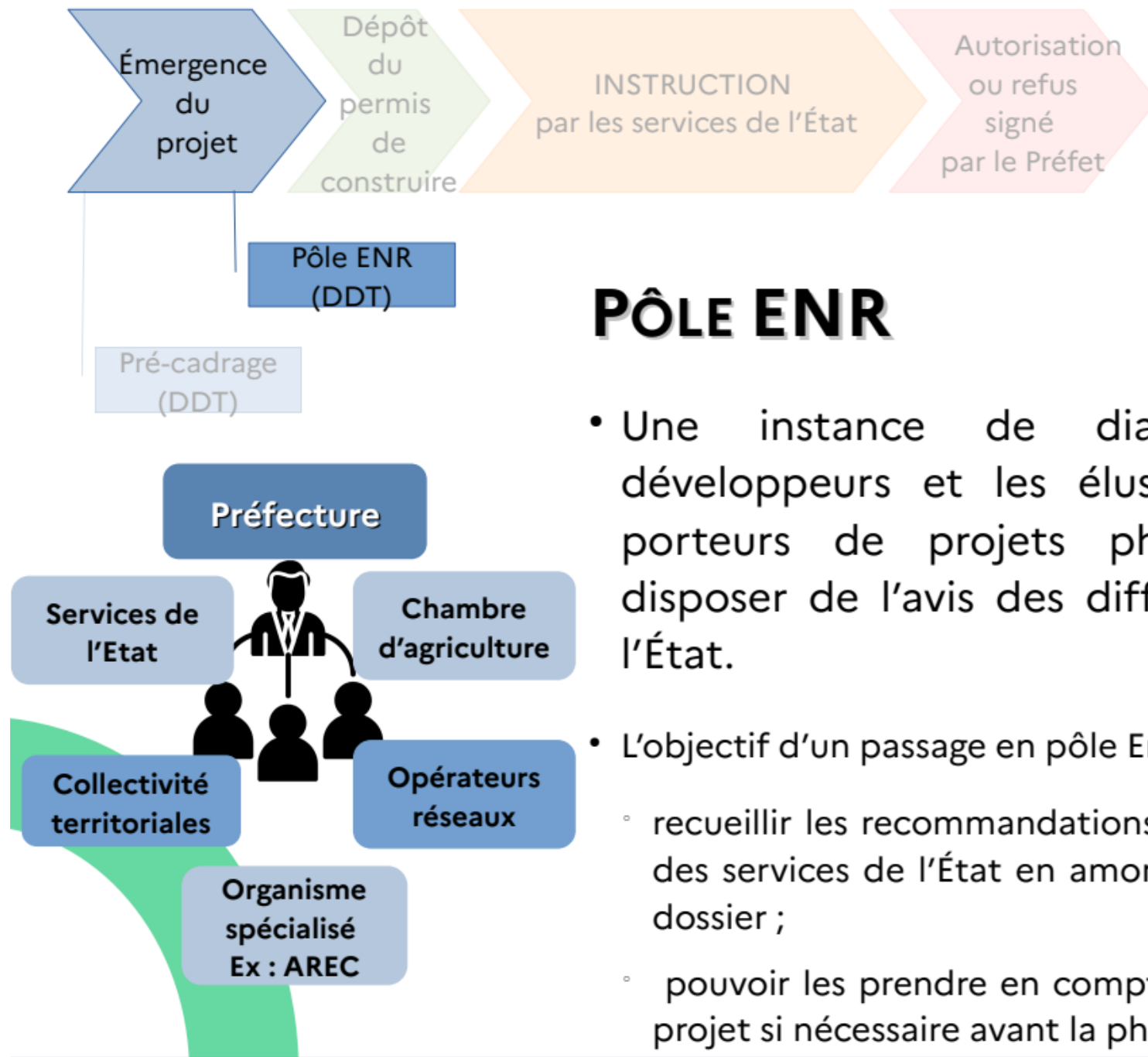




PRÉ-CADRAGE

= une première prise de contact par le porteur de projet doit avoir lieu dans le cadre d'une phase de pré-cadrage, dans l'objectif de leur permettre d'obtenir au plus tôt de sa démarche, des éléments de cadrage nécessaires au développement du projet notamment en termes de localisation et de méthode d'approche des enjeux.

Le pré-cadrage permet d'organiser le passage en **PÔLE ENR.**



PÔLE ENR

- Une instance de dialogue avec les développeurs et les élus qui permet aux porteurs de projets photovoltaïques de disposer de l'avis des différents services de l'État.
- L'objectif d'un passage en pôle EnR est de :
 - recueillir les recommandations et points de vigilance des services de l'État en amont du dépôt officiel du dossier ;
 - pouvoir les prendre en compte pour faire évoluer le projet si nécessaire avant la phase d'instruction.



Saisine de la
CDPENAF

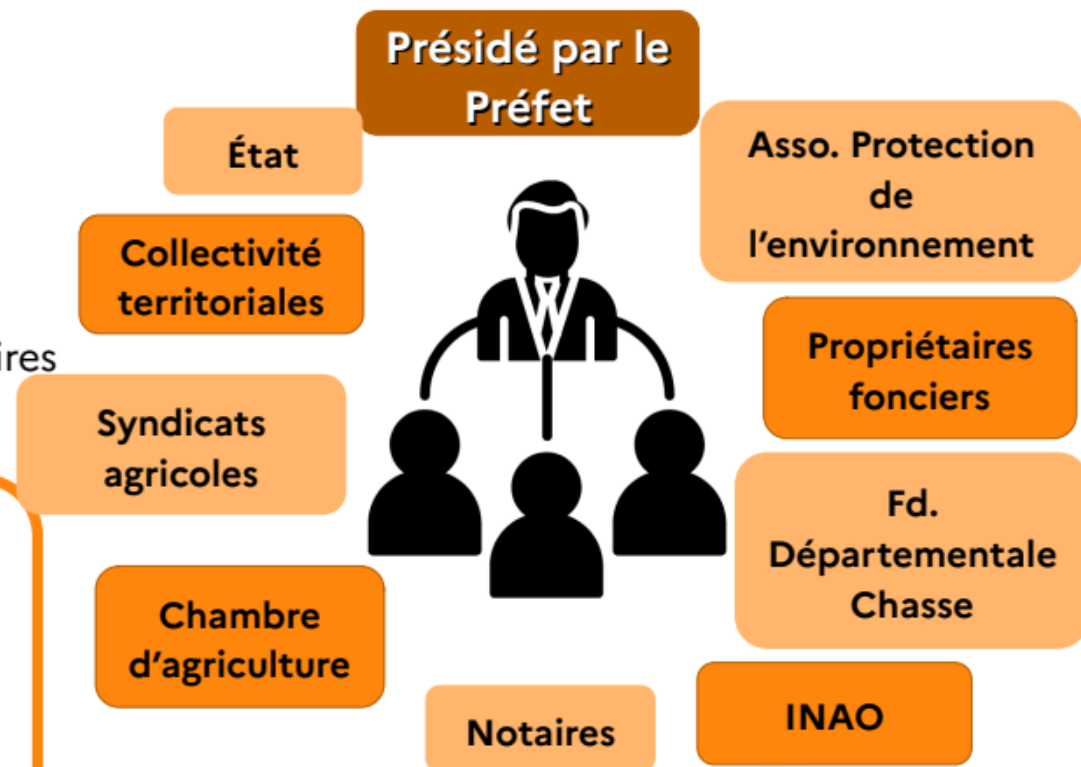
LA CDPENAF

La Commission départementale de préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers se réunit tous les mois afin de traiter différents types de dossiers dont les projets agrivoltaïques.

Ses objectifs sont :

- Maintenir une agriculture durable
- Préserver les espaces naturels et forestiers
- Préserver le foncier agricole
- Assurer le développement équilibré des territoires
- Protéger les continuités écologiques

Un **avis conforme** sur le projet en se prononçant sur le respect de la loi APER et la prise en compte des enjeux de préservation des ENAF.



EN HAUTE-GARONNE

- 2 projets ont fait l'objet d'un accord sur le permis de construire
- Une trentaine de projets déposés depuis le 8 avril 2024 (36)
- Une vingtaine en cours d'instruction (24)

➤ Une difficulté à voir émerger des projets avec une réelle dimension agricole permettant de venir répondre à un besoin chez les agriculteurs et garantissant une production significative et un revenu durable

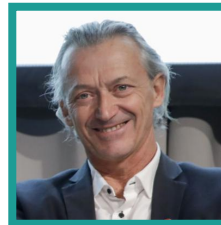
Temps d'échange



Changement climatique et agriculture

Serge Zaka

Agronome et Docteur en agroclimatologie



L'agrivoltaïsme, de quoi parle-t-on ?

Christian Dupraz

Chercheur à l'INRAE et pionnier de l'agrivoltaïsme



Le regard de la Chambre d'Agriculture

Bertrand Loup

Agriculteur et Vice-Président à la Chambre d'Agriculture de Haute-Garonne



Cadre réglementaire et rôle des services de l'État

Grégoire Gautier

Adjoint au Directeur de la Direction Départementale des Territoires de Haute- Garonne

AGRO CLIMAT

Modélisation
numérique
des impacts
météorologiques

