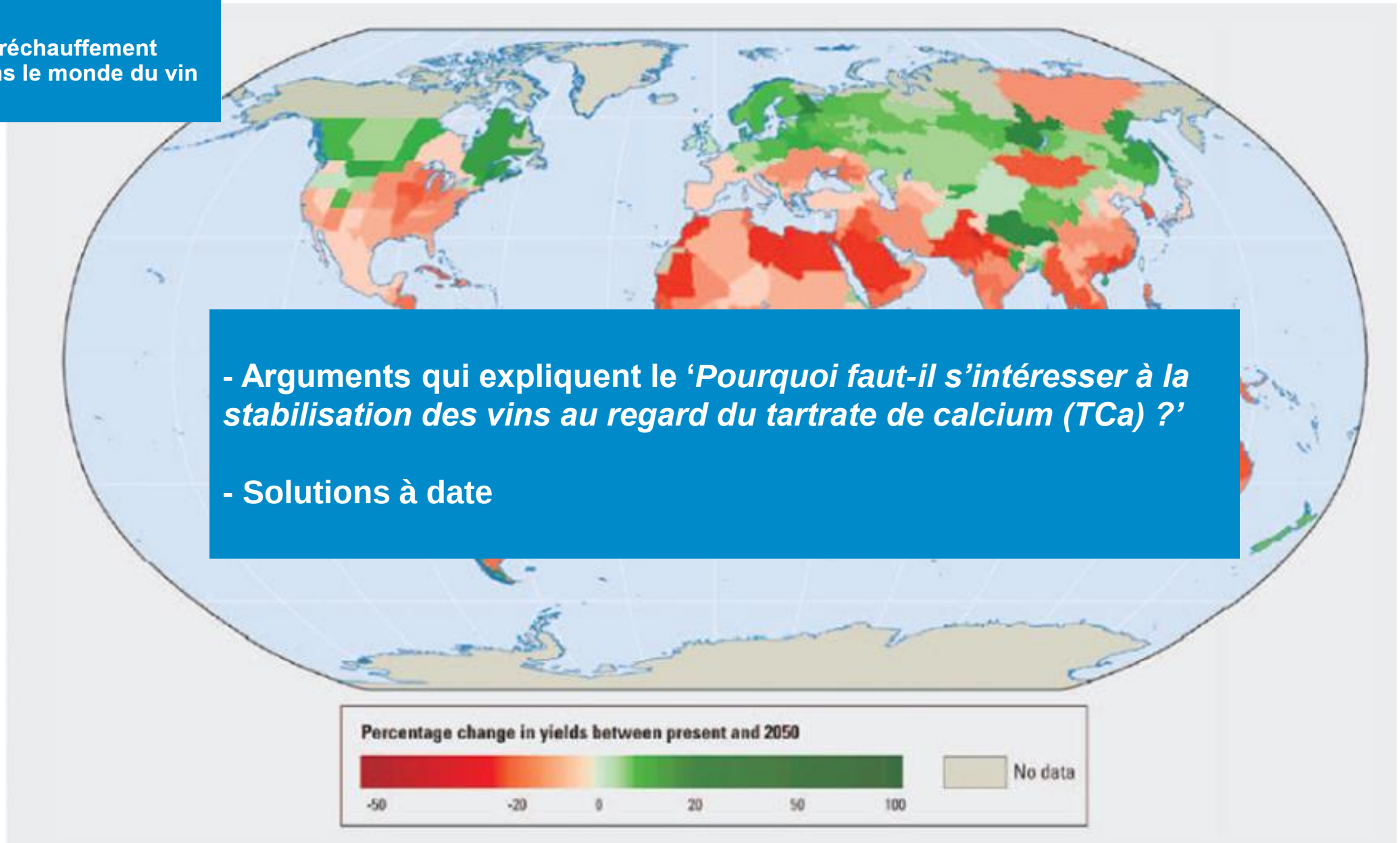
Impact du réchauffement climatique dans le monde du vin ... et stabilité au tartrate de calcium

Bertrand ROBILLARD, consultant

b-robillard-consult@orange.fr

Rond Point Technique, le 09 avril 2024

Impact du réchauffement climatique dans le monde du vin

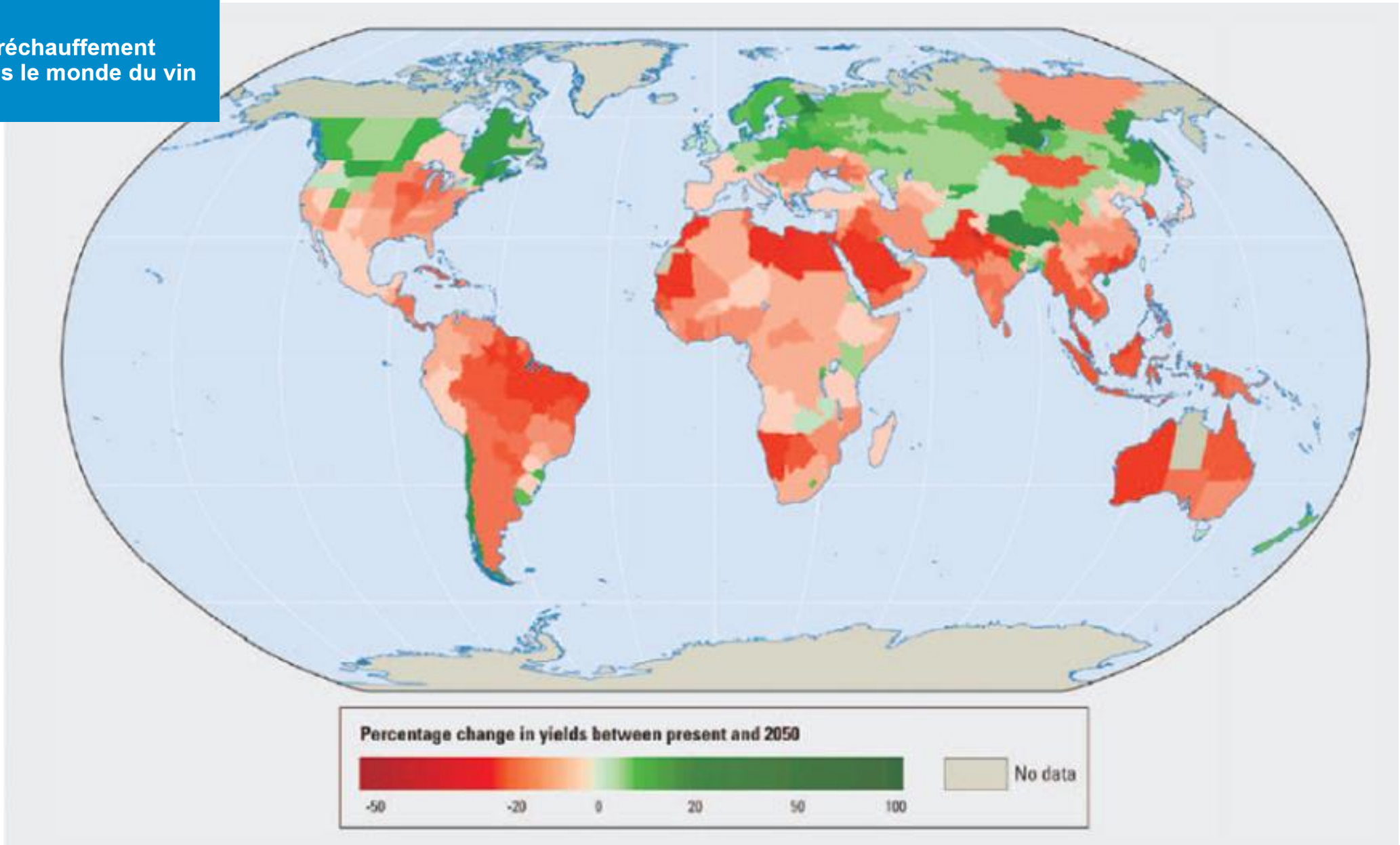


- Arguments qui expliquent le ‘*Pourquoi faut-il s’intéresser à la stabilisation des vins au regard du tartrate de calcium (TCa) ?*’

- Solutions à date

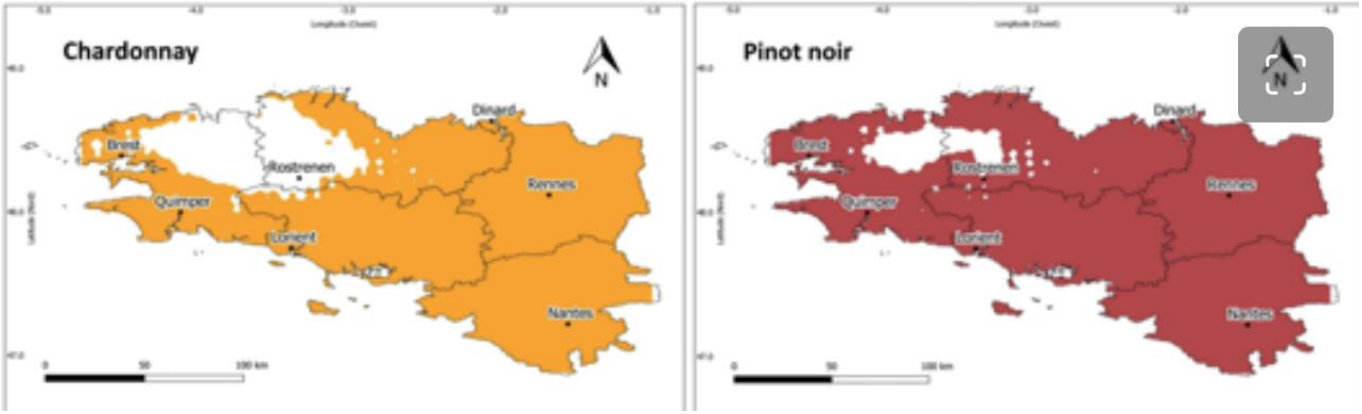
Projection / 2050 des rendements agricoles (ttes cultures confondues)

Impact du réchauffement climatique dans le monde du vin



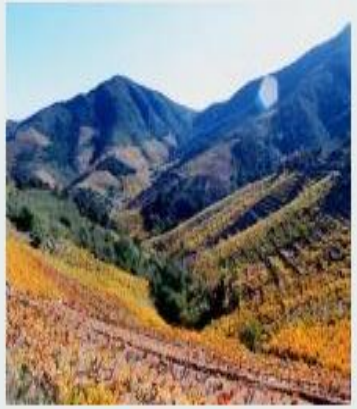
Projection / 2050 des rendements agricoles (ttes cultures confondues)

Impact du réchauffement climatique dans le monde du vin



M Zavlyanova et coll., 2023

Le Banyuls est le vignoble le plus au sud de la France, avec des rendements en baisse, mais qui se maintient grâce à l'oenotourisme. Replanter les vignes plus en altitude est une alternative face au changement climatique, mais il faut pour cela gérer collectivement l'évolution du paysage



Des milliers de projets, congrès, forums, articles, ateliers...

Rapport sur les ateliers *"Déclinaison de la stratégie de la filière vigne & vin face au changement climatique au vignoble méditerranéen"* du SITEVI

30 novembre, 1er & 2 décembre 2021

Nina Graveline, Claire Gouty-Borges, Maddy Tintinger, Jean-Marc Touzard

Version du 17 février 2022

Projet MEDCLIV

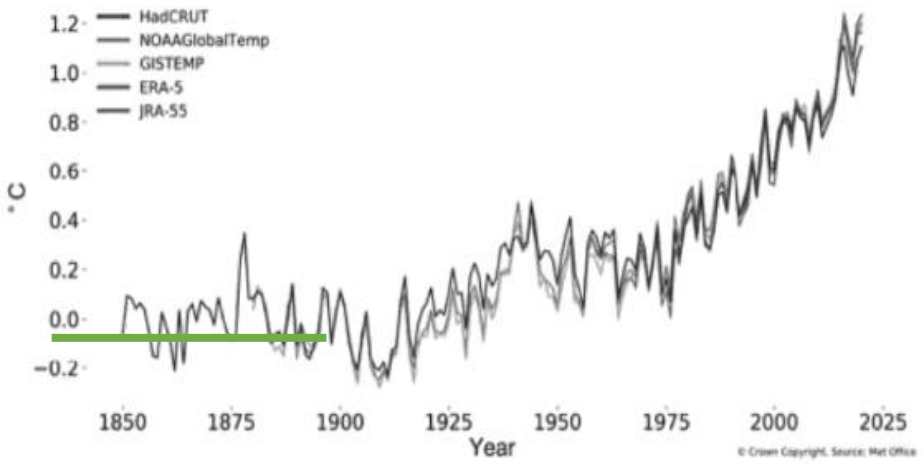
3.3 Atelier 1

Domaine 1 - Améliorer la connaissance des zones viticoles

Id	Famille de solutions	Solution / Action	Type d'action
1.1	Cartographie	Cartographier les zones viticoles, elles doivent inclure : 1) Corse, Drome, Ardèche ; 2) Tous les terrains (hors forêts) jusqu'à 1 200 m d'altitude (comme les catalans espagnols dont Torrés)	Connaissance
1.2		Recenser les éléments de paysages (haies, bosquets) qui ont un rôle "protecteur" face aux extrêmes climatiques (gel)	Connaissance
1.3		Développer un outil cartographique à l'échelle parcellaire sur la qualité des sols (profondeur et réserve hydrique)	Outils

Synthèse (oct. 2022) - Projet INRAE LACCAVE / 2012

Impact du réchauffement climatique dans le monde du vin



Source : © British Crown copyright, Met Office

Les causes	Les conséquences (vigne et vin)	Les solutions
Modification du bilan énergétique de la Terre pour des raisons anthropiques (essentiel. gaz à effet de serre) **=>** - **Réchauffement de l'atmosphère, des océans**, - Déforestation, modification de l'occupation des sols et des pratiques culturales de grandes ampleurs, etc...	- Des cépages ne s(er)ont plus à leur place... - Augmentation des teneurs en alcool	- Remplacer les cépages actuels (adaptation / ex: Mourvèdre, Grenache à la place du P Noir ou du Merlot) + hybrides - Équilibre sucre/acidité des raisins (perception aromatique / ex/ vin 'fin et délicat' pourrait devenir + 'gras et aromatique' ou un vin tannique pourrait devenir + fruité) => changer les objectifs-produits ?!... - Diminuer la teneur en EtOH...

Risque élevé de produire des vins non spécifiques de leur terroir (quelle sera la représentation d'une IGP dans 20 ans ?)

TECHNIQUE NUMÉRO SPÉCIAL

Les principaux défauts émergents pour les vins effervescents

Partie 1/2 : description, facteurs accélérateurs et conséquences

Jacques-Emmanuel Barbier[1], Michel Dumoulin[2], Richard Marchal[3], Bertrand Robillard[1,4]
[1] *Institut œnologique de Champagne – Épernay – France.*
[2] *AgroOenoConseil - La Roche Vineuse - France.*
[3] *Unité de recherche universitaire Vigne & Œnologie – Université de Reims Champagne – Haute-Alsace – Colmar – France.*
[4] *Consultant – Épernay - France.*

Un exemple ... champenois, on observe :

- Depuis 2000 : VD : 20jours d'avance (en moy.) / années 70
- Amplification des maladies cryptogamiques : ACF, pourriture acide,
- Augmentation de 1° (v/v) d'alcool
- Chute de l'acidité totale de 1,5g/L (H_2SO_4)
- Difficulté fermentaire (carence azotée)
- **Instabilité tartrique accrue**
- Instabilité colloïdale accrue

Les principaux défauts émergents pour les vins effervescents

Partie 2/2 : diagnostiquer et corriger des défauts des vins effervescents (de la compréhension à la prévention des phénomènes)

Jacques-Emmanuel Barbier[1], Michel Dumoulin[2], Richard Marchal[3], Bertrand Robillard[1,4]
[1] *Institut œnologique de Champagne – Épernay – France.*
[2] *AgroOenoConseil – La Roche Vineuse – France.*
[3] *Unité de recherche universitaire Vigne & Œnologie – Université de Reims Champagne – Haute-Alsace – Colmar – France.*
[4] *Consultant – Épernay – France.*

TECHNIQUE

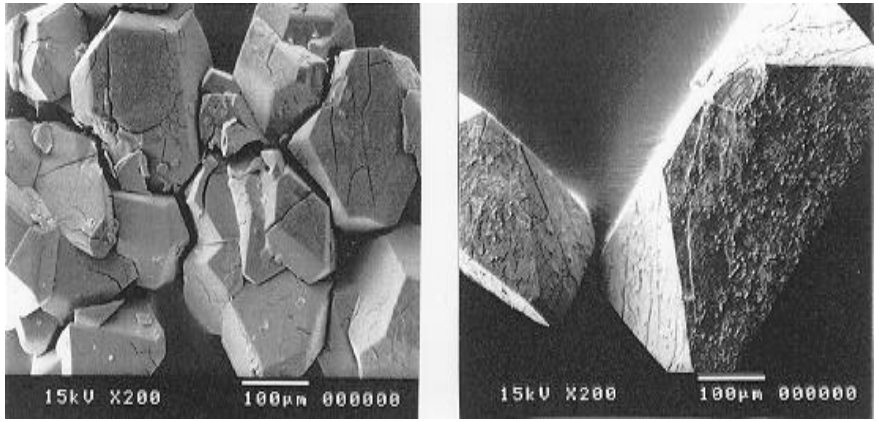
Pourquoi il est particulièrement important de *stabiliser* les vins au TCa pour les effervescents

- 'surchaptalisation': *problème législatif,*
- 'presence de verre' : *préjudice sanitaire,*

....consommateur

- **<u>Effervescents</u> : *gerbage : problème de production (volume, temps, qualité) …. jusque la perte d'image.***

...producteur



TCa / MEB

photo : collection C.I.V.C.

Une recrudescence des précipitations calciques dans les vins

Le tartrate neutre de calcium provoque un trouble blanc dans les vins blancs et rosés si les cuvées ne sont pas stabilisées

Vitisphere, 2021

Comment expliquer cet accroissement d'instabilité ..?

Si PC > PS

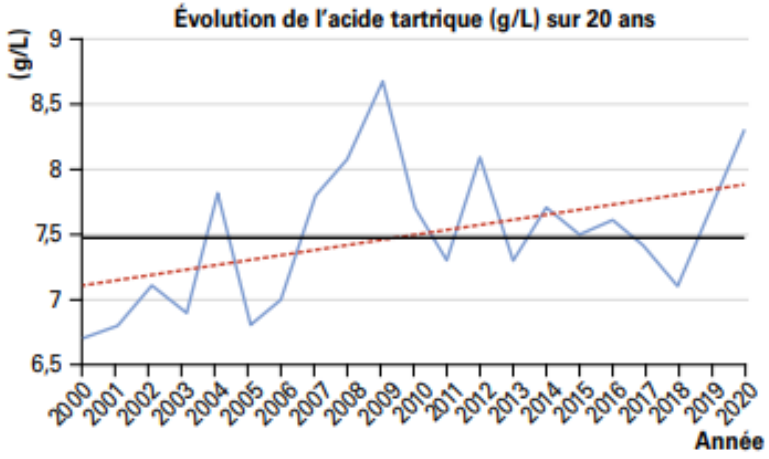
$T^{2-} + Ca^{2+} \rightarrow (TCa)_{soluble} \dashrightarrow TCa$ cristallisé

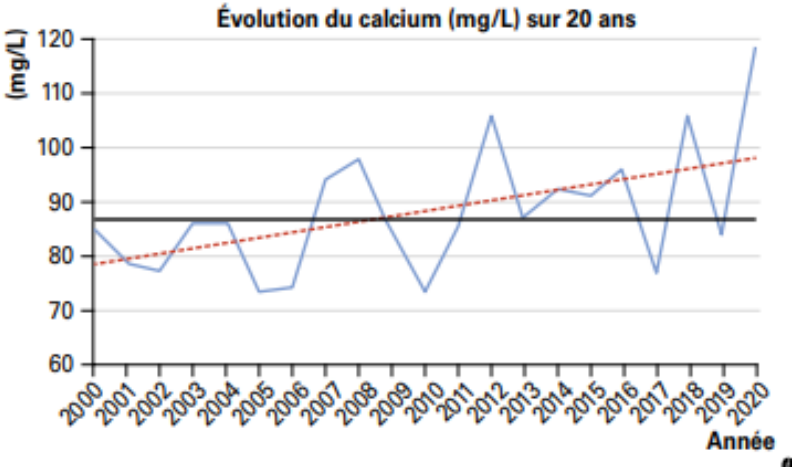
avec : $TH_2 \rightleftharpoons TH^- \rightleftharpoons T^{2-} + H^+$

Impact du réchauf. climatique

- Augmentation des teneurs en Ca^{2+} dans les moûts,
- Augmentation de la conc. en acide tartrique,
- Augmentation du pH (non-visible en Champagne)
- Diminution de la teneur en MH_2 (- 20% en Champagne)

Figure 1 : Évolution des teneurs en calcium et acide tartrique des moûts champenois sur 20 ans d'observation. La moyenne est signifiée par un trait plein et le trait pointillé rouge représente la courbe de tendance *(d'après le Vigneron Champenois, compilation de 2001 à 2021).*





J-E. Barbier et coll, 2022

Comment expliquer cet accroissement d'instabilité ..?

Si PC > PS

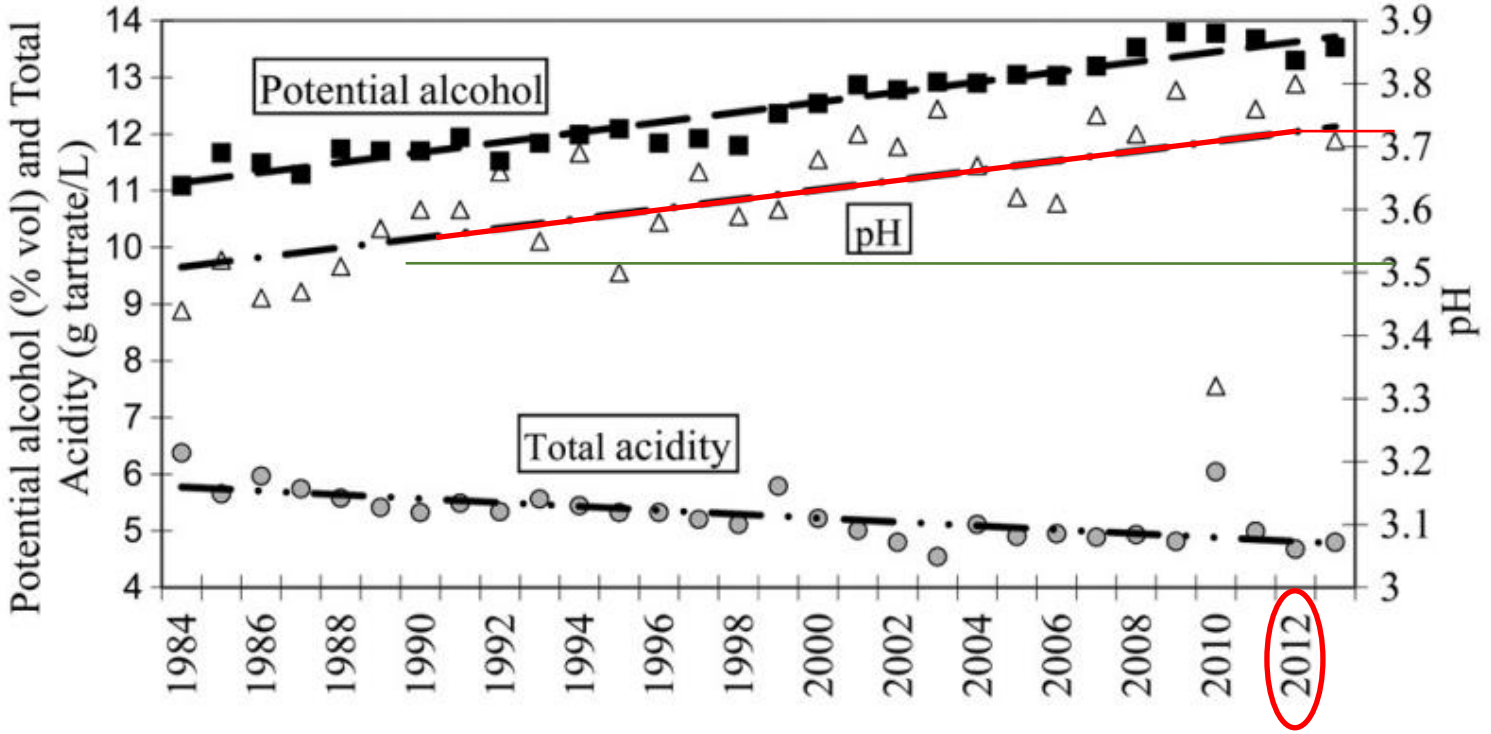
$T^{2-} + Ca^{2+} \longrightarrow (TCa)_{soluble} \dashrightarrow TCa$ cristallisé

avec : $TH_2 \rightleftharpoons TH^- \rightleftharpoons T^{2-} + H^+$

Impact du réchauf. climatique

- Augmentation des teneurs en Ca^{2+} dans les moûts,
- Augmentation de la conc. en acide tartrique,
- Augmentation du pH (non-visible en Champagne)
- Diminution de la teneur en MH_2 (- 20% en Champagne)

Teneur en EtOH, AT et pH du jus de raisin ds la région Languedoc (C. van Leeuwen, 2016)



Comment expliquer cet accroissement d'instabilité ..?

Si PC > PS

$T^{2-} + Ca^{2+} \rightarrow (TCa)_{soluble} \dashrightarrow TCa$ cristallisé

avec : $TH_2 \rightleftharpoons TH^- \rightleftharpoons T^{2-} + H^+$

Impact du réchauf. climatique

- Augmentation des teneurs en Ca^{2+} dans les moûts,
- Augmentation de la conc. en acide tartrique,
- Augmentation du pH
- Diminution de la teneur en MH_2 (- 20% en Champagne)

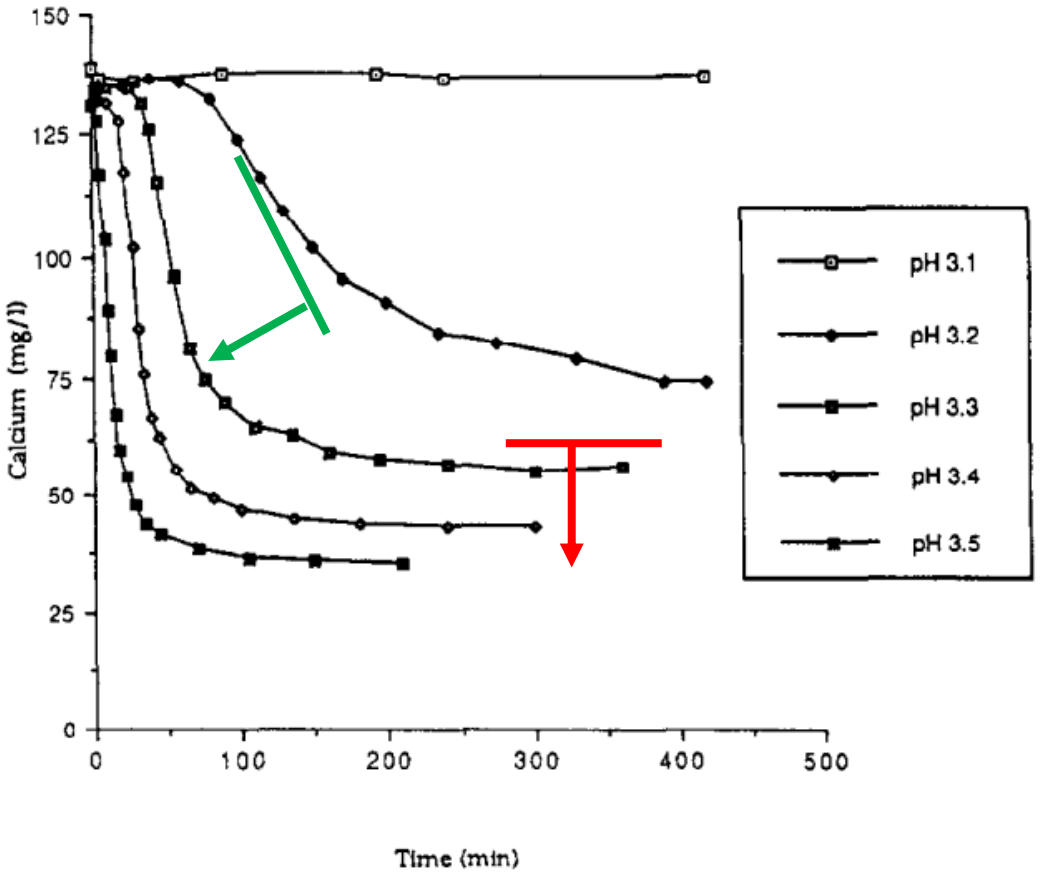


Fig. 1. Crystallization diagrams showing the kinetic evolution of calcium tartrate precipitation in the model wine solution at various initial pH values.

A.J. McKinnon et coll., 1994

Comment expliquer cet accroissement d'instabilité ..?

Si PC > PS

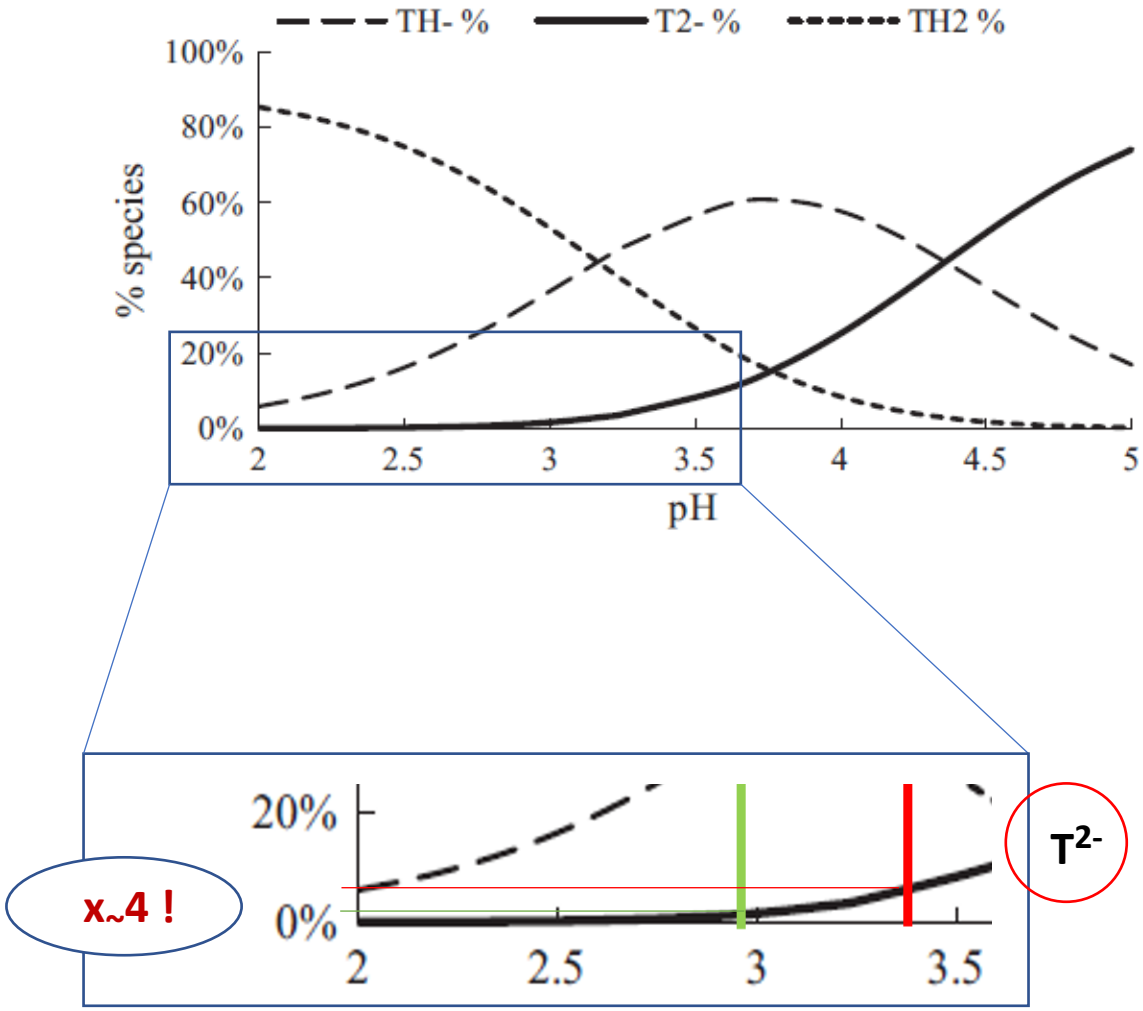
$T^{2-} + Ca^{2+} \rightarrow (TCa)_{soluble} \dashrightarrow TCa$ cristallisé

avec : $TH_2 \rightleftharpoons TH^- \rightleftharpoons T^{2-} + H^+$

Impact du réchauf. climatique

- Augmentation des teneurs en Ca^{2+} dans les moûts,
- Augmentation de la conc. en acide tartrique,
- Augmentation du pH
- Diminution de la teneur en MH_2 (- 20% en Champagne)

A. Bajul et coll., 2017



Comment expliquer cet accroissement d'instabilité ..?

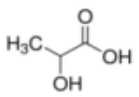
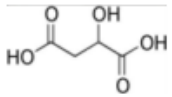
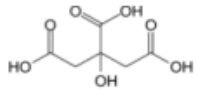
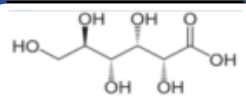
Si PC > PS

$T^{2-} + Ca^{2+} \rightarrow (TCa)_{soluble} \dashrightarrow TCa$ cristallisé

avec : $TH_2 \rightleftharpoons TH^- \rightleftharpoons T^{2-} + H^+$

Impact du réchauf. climatique

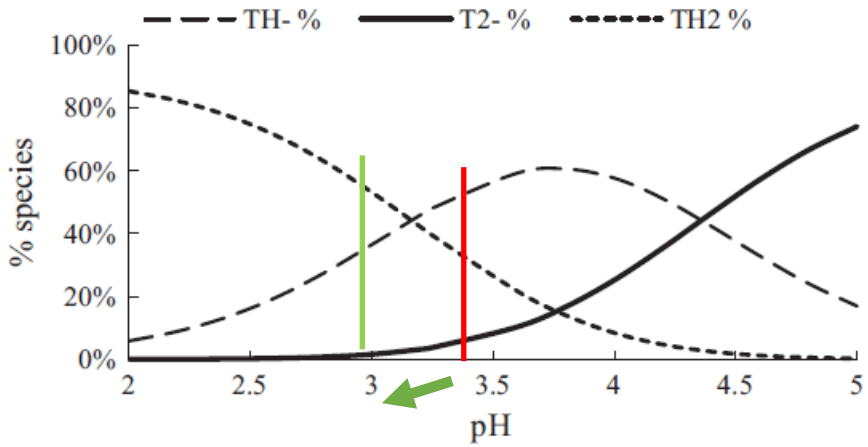
- Augmentation des teneurs en Ca^{2+} dans les moûts,
- Augmentation de la conc. en acide tartrique,
- Augmentation du pH
- Diminution de la teneur en MH_2 (- 20% en Champagne)
- ... ?

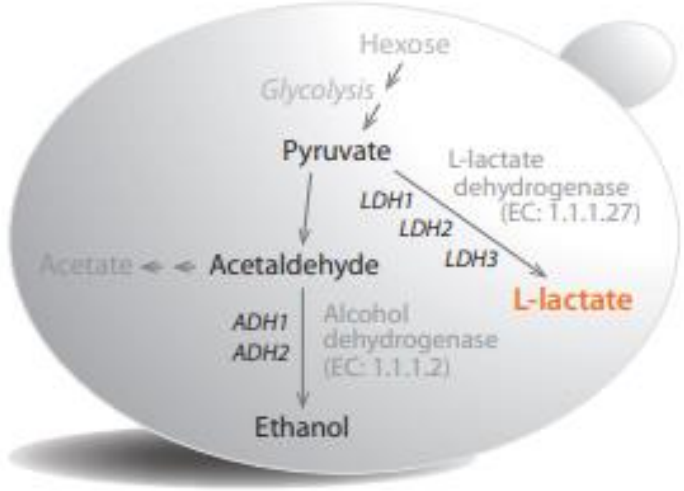
Model Solution	Additive structure	Additive concentration g/L (M)	Induction time (min)	Ionic Strenght (M)
Without additive	———	0 g/L	13	0,038
With lactic acid		2,3 g/L (0,026 M)	15	0,046
		3,1 g/L (0,035 M)	18	0,049
With malic acid		1,4 g/L (0,01 M)	26	0,044
		3 g/L (0,02 M)	93	0,050
With citric acid		0,3 g/L (0,0013 M)	15	0,039
		1,4 g/L (0,0067 M)	27	0,044
		3,8 g/L (0,02 M)	67	0,054
With gluconic acid		1,1 g/L (0,005 M)	>107	0,040
		2 g/L (0,009 M)	>162	0,041

MdF. Gonçalves Marques, 2014 et A.J. McKinnon et coll., 1995

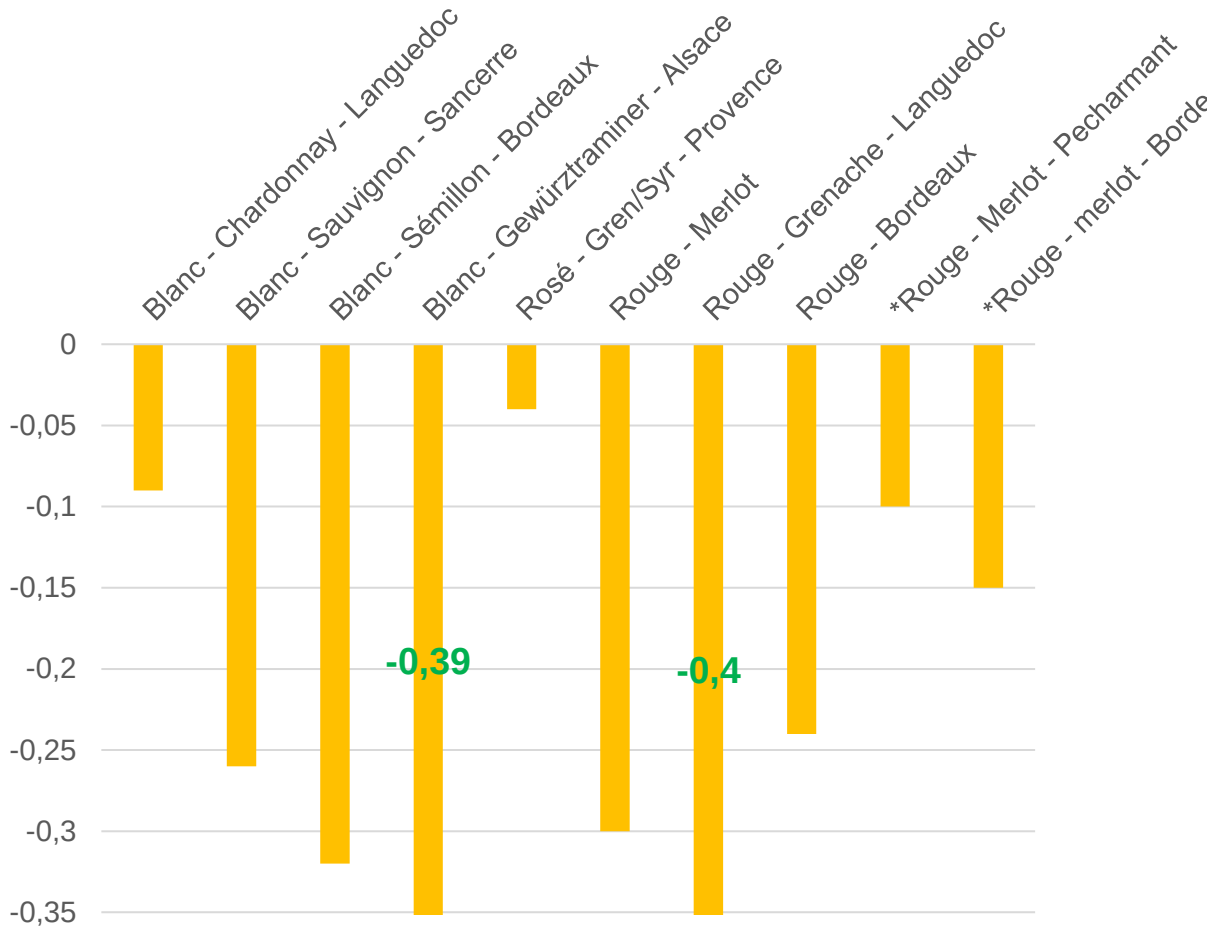
Les paramètres influents	Les solutions		Label	Bio
- Teneurs en Ca^{2+} dans les moûts/vin, - Concentration en acide tartrique, - Variation de pH, - Teneur en MH_2, - ...?	**TECHNIQUES SOUSTRACTIVES :**			
	- TCa	initie la cristallisation du TCa	-	-
	- Duostab	Initie la cristallisation du TCa et du THK	-	-
	- d,ITH2	baisse du Ca	-	-
	- Electrodialyse	baisse du pH baisse des teneurs en TH_2 et Ca^{2+} ou Ca^{2+}	-	-
	- Résines échangeuses de cations		-	-
	- Acidification biologique		-	+
	TECHNIQUES ADDITIVES :			
	- MTA, CMC, KPA, mannoprotéines ...		+	-

Production d'acide lactique et diminution du pH par des levures





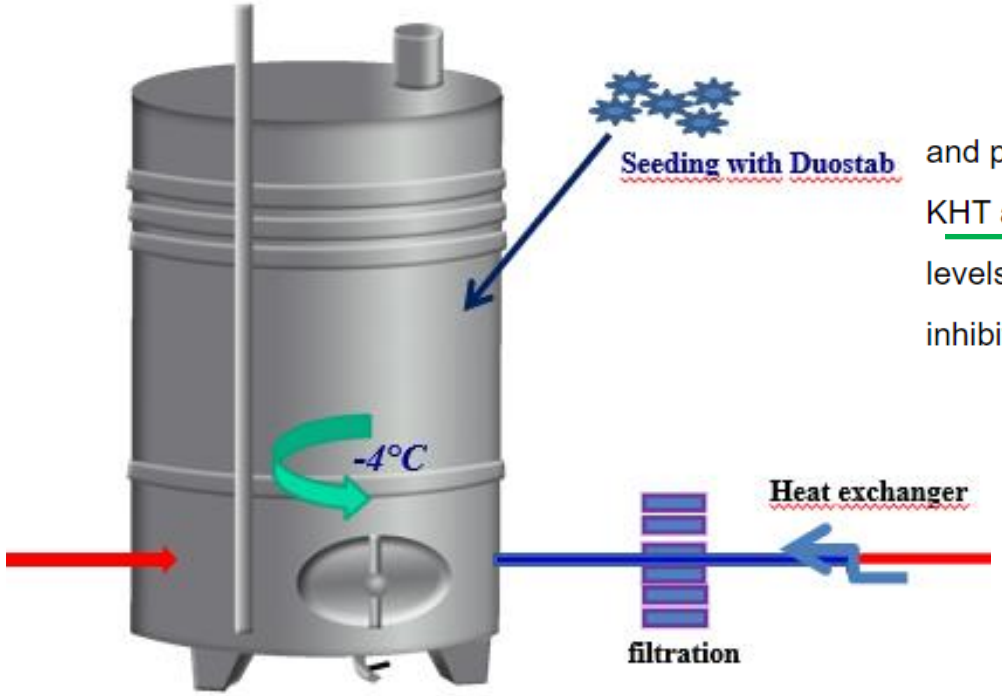
Métabolisme fermentaire des sucres chez *Lachancea thermotolerans*.
(Sgouros et coll., 2020)



Diminutions de pH obtenues dans différentes matrices grâce à l'intervention pré-fermentaire de la souche *L. thermotolerans* **Level² LAKTIA** ™ vs témoins sans inoculation de cette levure – valeurs post-FA.

Stabilisation par ensemencement par le TCa ou sel ‘double’ : THK et TCa

Duostab : mixe de THK et TCa micronisé (entre 1,5 à 4g/L) **pour stabiliser le vin vis-vis des 2 sels tartriques en 1 étape.**



and pH and potassium and calcium levels. Results show that L(+)-CaT acts as an inductor of the KHT and CaT crystallization, while KHT seeding only induced KHT crystallization, and therefore, Ca levels in wine are not reduced. In another test, L(+)-tartaric acid (H_2T) was added, leading to some inhibition in the CaT crystallization.

S. Minguez et coll., 1998

Stabilisation par ensemencement par le TCa ou sel ‘double’ : THK et TCa

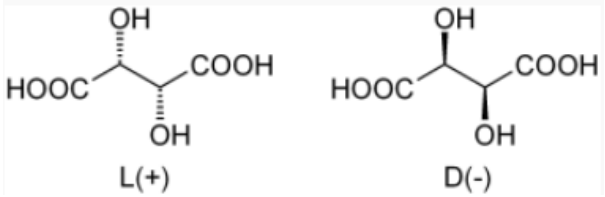
Essai sur un vin de base champenois (300hL) avec 1,5g/L at -3°C durant 3 jours batch.

Données après filtration

	Vin avant traitement	Vin sans ensemencement	Ensemencement par Duostab
Ca (mg/L)	109	113	58
K (mg/L)	576	222	245
TH_2 (g/L)	4.31	2.81	2.72
TA (g/L)	5.1	4.7	4.7
pH	3.12	2.98	2.98
TS (°C)	19.9	7.7	7.9

Stabilisation par l'acide tartrique racémique, d,l-TH_2 (ou d,l-TK2)

$$d,l\text{-}T^{2-} + Ca^{2+} \longrightarrow (d,l\text{-}TCa)_{soluble} \xrightarrow{\text{Si PC > PS}} d,l\text{-}TCa \text{ cristallisé}$$

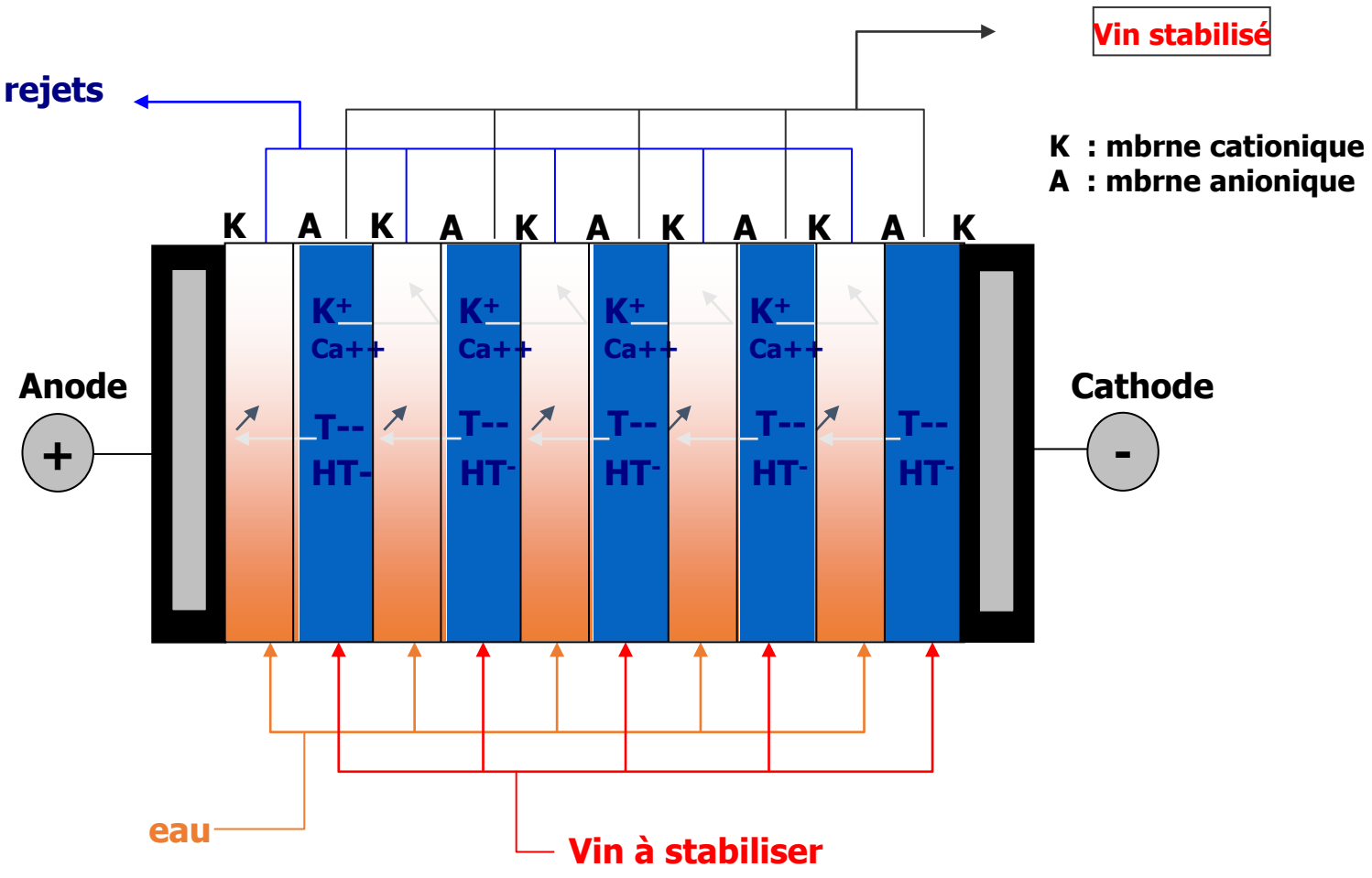


- **5g/hL d'acide tartrique racémique éliminent env. 10mg/L de Ca**
- **utilisable à temp. de cuverie …**
- **utilisé pour éliminer au moins 15/20mg/L de Ca** (sinon stabilisation par le froid via le couple THK/TCa)
- **si la dose de Ca à éliminer est >40mg/L, l'opération est à faire en 2 temps,**
- **le succès de ce traitement est fonction :**
  - *** de la durée du traitement** (vérification par dosage de la diminution du Ca)**,**
  - *** de la temp. à laquelle est effectuée le traitement,**
  - *** du pH du vin**

Electrodialyse

- Migration de cations/anions par champ électrique
- Traitement maitrisé par la conductivité
- Chaque vin est traité selon son degré d'instabilité initial
- Système totalement automatisable
- consommation d'eau de 2 à 5% du volume de vin à traiter

- L'abaissement de pH peut être maitrisé (*compromis* désionisation/baisse de pH)
- Permet une stabilisation des vins au THK et au TCa



Electrodialyse

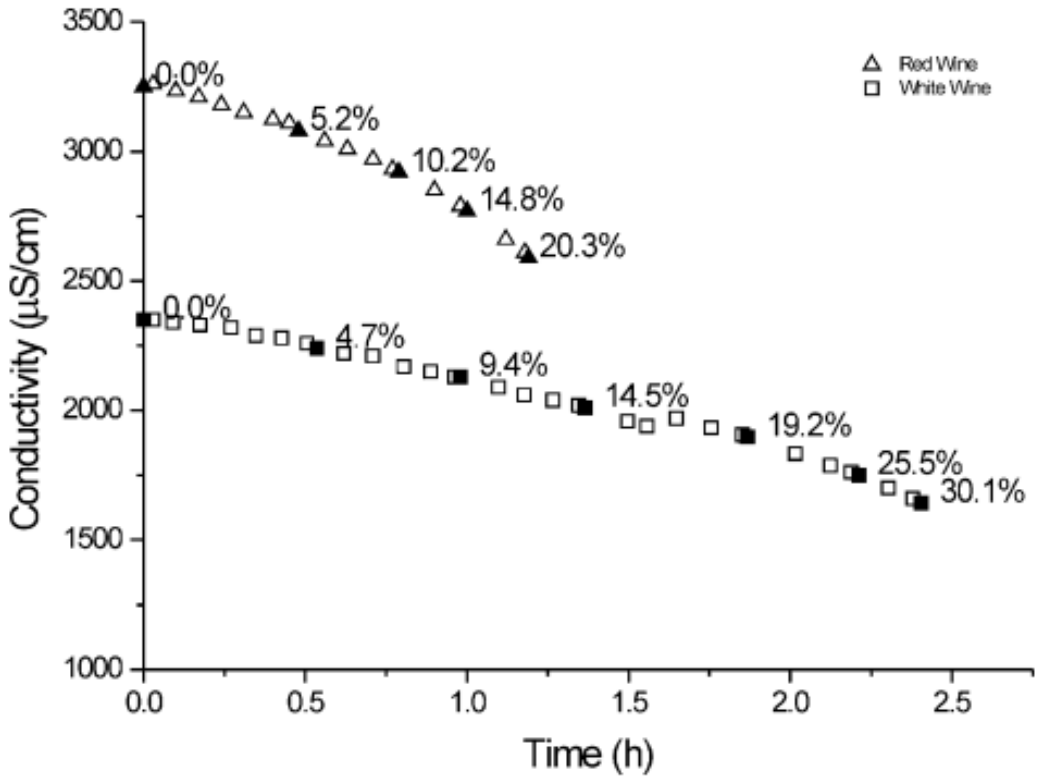


Fig. 4. Influence of electrodialysis operating time on the wine conductivity. Full squares and full triangles represent the points where samples were collected. The corresponding deionization rates are assigned.

Evolution of wine ion composition with ED deionization degrees

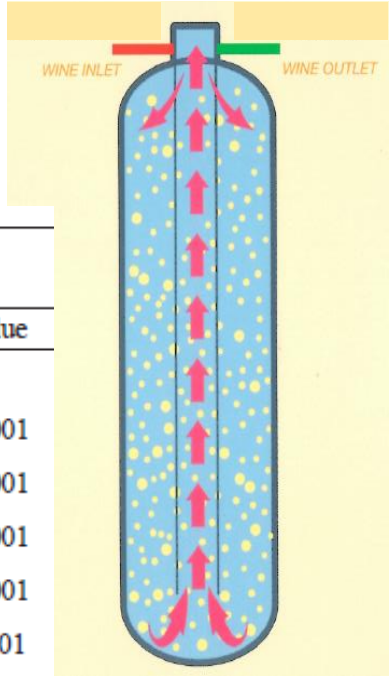
Deionization degree (%)	White wine					
	4.7	9.4	14.5	19.2	25.5	30.1
Anions (g/l)						
Tartaric	3.7	3.5	3.4	3.3	3.1	2.7
Malic	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6
Lactic	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Cations (mg/l)						
K^+	810.6	756.6	697.8	623.6	539.8	487.6
Na^+	35.0	31.2	30.8	28.6	25.0	24.2
Ca^{2+}	74.3	62.6	50.8	37.8	29.9	19.7
Mg^{2+}	67.3	58.6	50.9	41.2	31.9	25.6

F. Gonçalves et coll., 2003

Résines échangeuses de cations

- Utilisation de résines de type R-SO_3^-,H^+
- modification profonde du pool cationique des vins
- Traitement partiel des vins (respect des contraintes OIV), entre 15 et 25%
-

H. Mira et coll., 2006



Wine type & composition	Percentage of wine treated with cation exchange resins as part of a blend with untreated wine (%)										
	0 (T0)		5 (T1)		10 (T2)		20 (T3)		100 (T4)		*p* value
(A) Sauvignon blanc											
pH	3.25±0.01	d	3.21±0.02	cd	3.17±0.02	c	3.05±0.03	b	2.13±0.01	a	< 0.001
TA (g/L H2SO4)	3.39±0.04	a	3.45±0.05	ab	3.52±0.04	b	3.72±0.05	c	4.44±0.04	d	< 0.001
E.C. (µS/cm)	1861.33±1.53	d	1816.67±3.51	c	1779.33±2.08	b	1714.67±5.03	a	2496.33±4.04	e	< 0.001
Tartrates (mg/100 mL of wine)	0.26±0.01	d	0.25±0.006	d	0.21±0.02	c	0.18±0.004	b	0.00±0.00	a	< 0.001
K (mg/L)	707.30±4.37	d	658.20±26.27	c	643.56±4.54	c	577.37±4.92	b	41.90±8.14	a	<0.001
Ca (mg/L)	58.60±4.87	c	57.27±3.07	bc	55.47±1.90	bc	49.90±0.78	b	1.93±0.65	a	<0.001
Fe (mg/L)	1.14±0.03	a	1.06±0.25	a	0.92±0.08	a	0.81±0.37	a	0.61±0.47	a	0.27
Cu (mg/L)	0.50±0.14	b	0.17±0.14	a	0.14±0.12	a	0.12±0.03	a	0.04±0.03	a	0.003
Na (mg/L)	12.63±0.55	d	10.17±0.72	c	8.33±0.93	bc	7.10±0.56	b	2.38±0.3	a	<0.001
Mg (mg/L)	72.20±0.10	e	69±0.35	d	64.83±0.76	c	58.73±0.64	b	0.66±0.38	a	<0.001
Mn (mg/L)	0.81±0.06	c	0.73±0.01	bc	0.36±0.31	ac	0.34±0.08	ab	0.21±0.20	a	0.005
Zn (mg/L)	0.61±0.11	c	0.51±0.01	bc	0.47±0.03	b	0.4±0.01	b	0.02±0.02	a	<0.001

F. Ponce et coll., 2018

Efficacité du MTA, CMC, KPA, mannoprotéines ... vs TCa

précipitation, il faut doser le calcium dans les vins. *« Nous considérons qu'il y a un risque si la concentration est supérieure à 60 mg/L dans les rouges et 80 mg/L dans les blancs et les rosés ».*

... ceci : en règle générale...

- **MTA : n'ai pas connu pour stabliser les vins au TCa, et si le MTA est efficace, cette efficacité est limitée dans le temps** (*cf.* C. Philip et coll., 2022).

- **CMC :**

concentration. Another point to consider it that CMC is not recommended for the stabilization of calcium tartrate. The difference lies in the surface charge of calcium tartrate crystals and potassium bitartrate crystals; they do not produce the same desired results.

Recos Iowa State Univ., 2020

CALCIUM TARTRATE

Suppliers of CMC do not generally recommend its use for wines with potential calcium tartrate instabilities. Due to the different surface charge of calcium tartrate crystals compared to potassium bitartrate crystals, the effectiveness of the interaction with CMC is altered. Therefore, winemakers should not rely on CMC to stabilise a wine with respect to calcium tartrate instability.

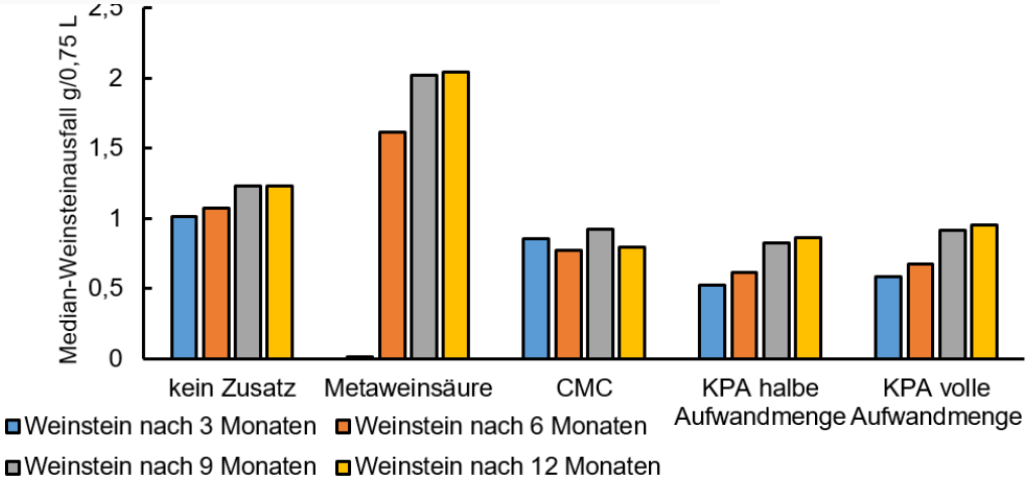
Recos AWRI, 2023

Efficacité du MTA, CMC, KPA, mannoprotéines ... vs TCa

- **KPA :**

Stabilisierung von unechtem weinstein (Calciumtartrat) mittels kaliumpolyaspartat im vergleich zur stabilisierung mit metaweinsaure und carboxymethylcellulose in osterreichischen weiß- und rotweinen.

C. Philip et coll., 2022



Effet paradoxal du KPA ?

- **Mannoprotéines :**

MANNOSTAB® ne prévient pas la précipitation des sels de tartrate neutre de calcium.

P.P. Lankhorst et coll., 2017

Claristar® MANNOPROTEINS n'empêche pas la précipitation du tartrate de calcium.

C O N C L U S I O N

- **L'augmentation de l'instabilité des vins blancs vis-à-vis du TCa est une réalité, vérifiée *tous les jours.* Ce constat ne concerne pas que la France, l'EU ou l'Océanie et la Californie sont particulièrement touchés.**

- **Des solutions existent …. pas pour les *bios* ?**

- **Le manque de determination du risque est un souci majeur *('Faut-il traiter ou non mon vin ?')***
  ➡ **le développement de tests prédictifs 'rapides' est nécessaire.**

Merci de votre attention !

Bertrand ROBILLARD, consultant

b-robillard-consult@orange.fr

Rond Point Technique, le 09 avril 2024