

# Pourquoi intégrer **Senso'CORK®** dans vos contrôles qualité des bouchons ?

Depuis 7 ans, nous proposons **Senso'CORK®**, méthode unique permettant une cartographie précise du risque sensoriel des bouchons, issue de nos travaux exclusifs de recherche et développement.

Détection unitaire non destructive, fiable et éprouvée, cette méthodologie est aujourd'hui adoptée par de nombreux acteurs clés du secteur vitivinicole et constitue un véritable pilier des contrôles qualité sur bouchons bruts et marqués.

Dans le cadre de notre démarche d'amélioration continue, cette méthodologie fait constamment l'objet de travaux de recherche et de développement afin d'approfondir les connaissances sur **Senso'CORK®** et renforcer l'intérêt de sa mise en place dans les contrôles des bouchons en liège. Ce document présente les résultats des 3 expérimentations menées au laboratoire sur ce sujet.

## 1. Méthodologie **Senso'CORK®** : détection & classification

### 1.1 Protocole de travail

Les bouchons utilisés sont des bouchons de liège naturels, bruts ou marqués, écartés via **Senso'CORK®** au cours de nos diverses campagnes de tests. La population totale est constituée de 73 bouchons.

Chacun des échantillons est soumis de nouveau à **Senso'CORK®**. A chacun des échantillons est attribuée une "note" de 1 à 4 correspondant à un caractère "moisi" de plus en plus élevé quand la note augmente.

Chaque bouchon est alors mis à macérer selon NF ISO 20752:2023. La teneur en TCA relargable a été analysée en triplicat selon la norme NF ISO 20752:2023, avec dosage par SBSE-TD-GC-MS.

## 1.2 Résultats

- 73 % des bouchons présentaient une teneur en TCA relargable supérieure à 0,5 ng/L.
- Les 27 % restants, bien que faiblement dosés en TCA, feront l'objet d'analyses complémentaires pour identifier d'autres composés responsables de la mise à l'écart des bouchons via **Senso'CORK®**.

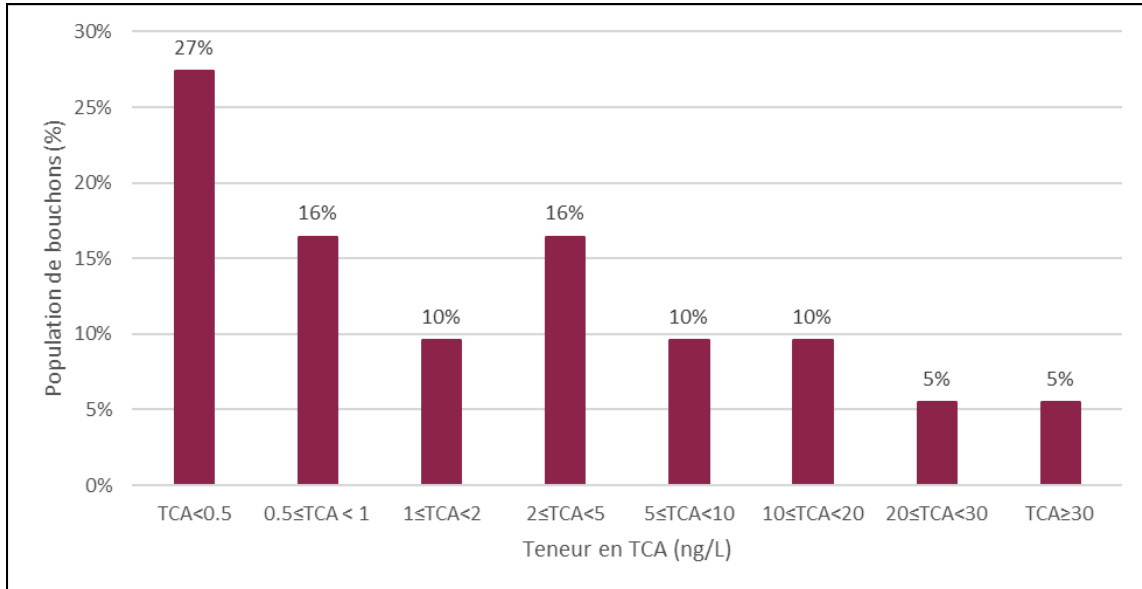


Figure 1 : teneurs en TCA des bouchons écartés via **Senso'CORK®**

Ces résultats confirment la capacité unique de **Senso'CORK®** à identifier les bouchons présentant un risque sensoriel de type « moisi » imputable ou non au TCA.

De la classe 1 à la classe 4 les teneurs moyennes et maximales en TCA relargable augmentent.

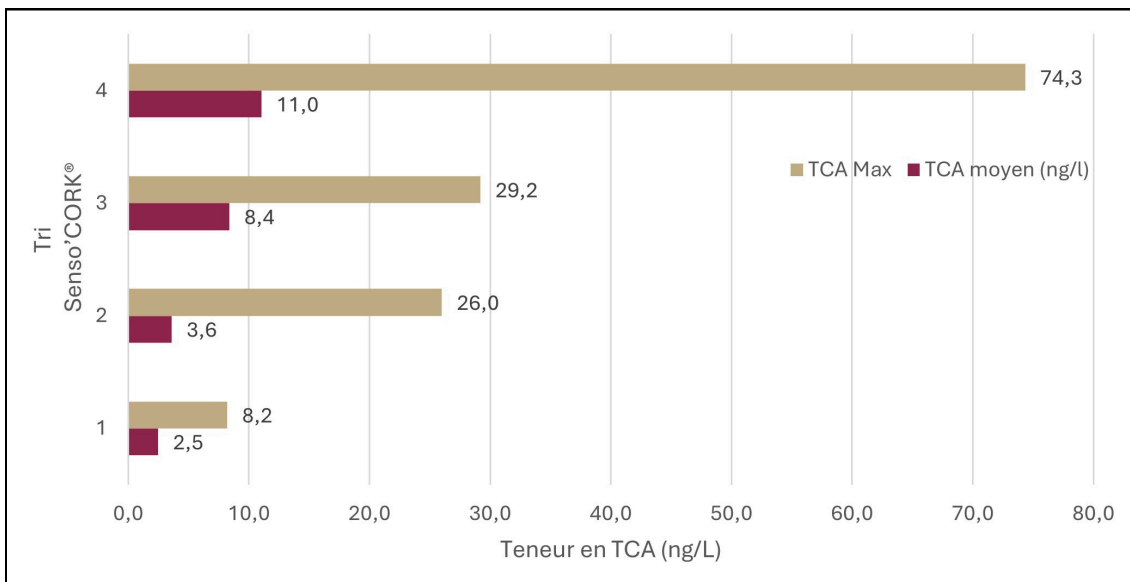


Figure 2 : teneur moyenne et maximale en TCA des bouchons en fonction de leur classification **Senso'CORK®**

La classification **Senso'CORK®** est donc cohérente.

Ces premiers résultats permettent de renforcer l'intérêt d'intégrer **Senso'CORK®** aux contrôles qualité des bouchons.

## 2. Objectiver le taux de transfert du TCA en phase liquide ou comment interpréter un résultat analytique de TCA relargable sur macérât de bouchons.

Nous avons mené une étude à partir de 8 bouchons de liège naturels (B1 à B8) écartés via **Senso'CORK®**. Ces bouchons sont donc naturellement contaminés par le TCA. L'objectif de l'étude est d'appréhender le taux de transfert du TCA en phase liquide pour mieux interpréter un résultat analytique de TCA relargable sur macérât de bouchons.

### 2.1 Protocole expérimental

Le protocole suivant est appliqué pour chacun des 8 bouchons :

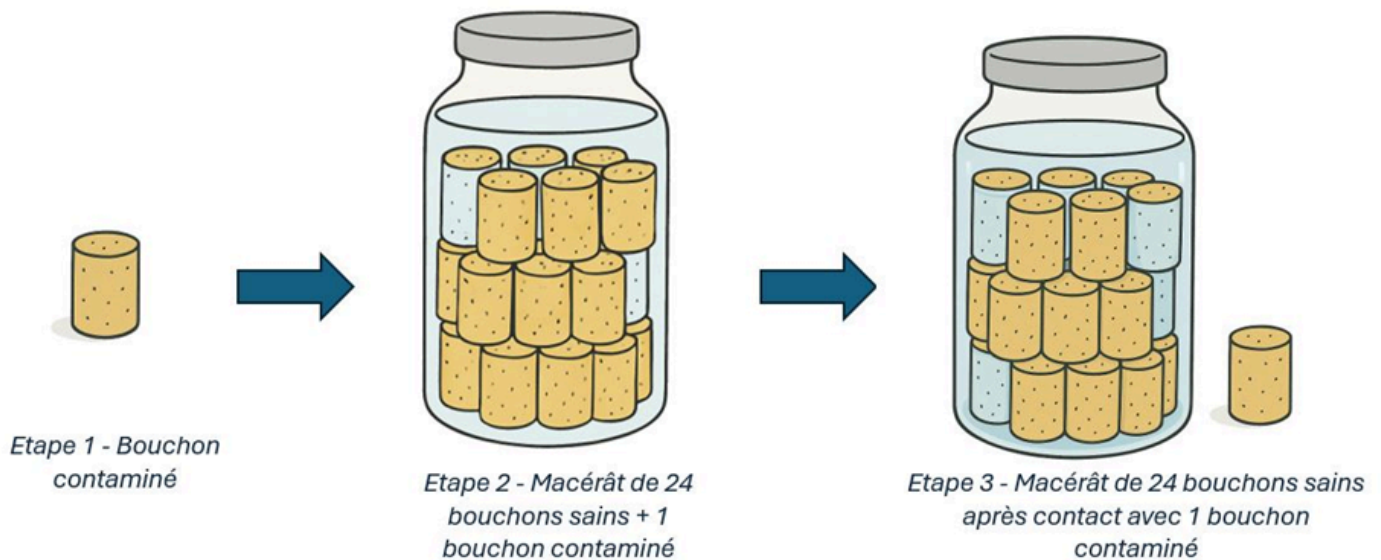


Figure 3 : protocole expérimental

Etape 1 : analyse unitaire selon la norme **NF ISO 20752:2023**, avec dosage par **SBSE-TD-GC-MS** des 8 bouchons naturellement contaminés (tableau 1).

Etape 2 : chaque bouchon est mis à macérer avec 24 bouchons sains. Le TCA relargable du macérât est analysé après 24h de macération (tableau 2).

Etape 3 : le bouchon contaminé est éliminé ; la solution de macération est renouvelée pour la mise en macération des 24 bouchons restant. Le TCA relargable du macérât est analysé après 24h de macération (tableau 3).

## 2.2 Résultats et interprétations

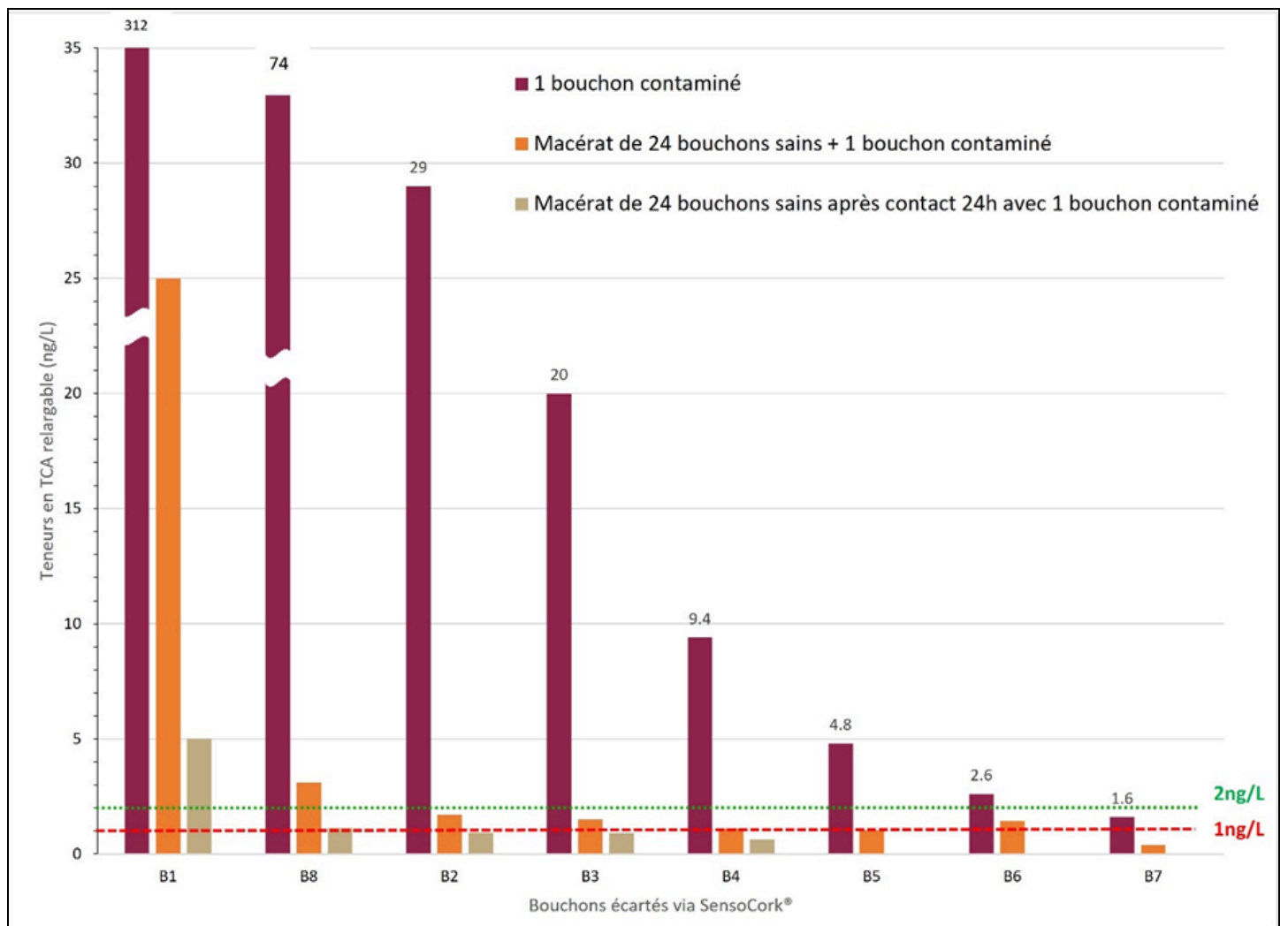


Figure 4 : teneurs en TCA des différentes modalités

### Etape 1

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Teneur TCA (ng/L)	312.0	29.0	20.0	9.4	4.8	2.6	1.6	74.0

Tableau 1 : teneurs en TCA (ng/L) des bouchons écartés via **Senso'CORK®** (étape 1)

La teneur en TCA relargable des 8 bouchons écartés via **Senso'CORK®** (B1 à B8) varie de 1.6 à 312.0 ng/L (Tableau 1). Ces résultats mettent en évidence une forte variabilité de la teneur en TCA relargable entre les bouchons analysés. Cette dispersion importante suggère que certains bouchons présentent un risque significatif de contamination organoleptique, tandis que d'autres restent à des niveaux plus faibles. **Ainsi, le tri réalisé par **Senso'CORK®** apparaît pertinent pour identifier et écarter les bouchons les plus contaminés, contribuant à limiter le risque de "goût de bouchon" dans les vins.**

## Etape 2

	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>B4</b>	<b>B5</b>	<b>B6</b>	<b>B7</b>	<b>B8</b>
Bouchon contaminé	312.0	29.0	20.0	9.4	4.8	2.6	1.6	74.0
Macérât de 24 bouchons sains + 1 bouchon contaminé	25.0	1.7	1.5	1.1	1.0	1.5	0.4	3.1
Taux de transfert du TCA dans la solution	8%	6%	7%	12%	21%	56%	24%	4%

Tableau 2 : teneurs en TCA (ng/L) du macérât 24 bouchons sains + 1 bouchon contaminé (étape 2)

La teneur en TCA des huit modalités (macérât des 24 bouchons sains + 1 bouchon contaminé), varie de 0.4 à 25.0 ng/L.

Lorsque l'on met à macérer un bouchon dont la teneur en TCA est supérieure à 2ng/L avec 24 bouchons sains (**modalités B1, B2, B3, B4, B5, B6 et B8**), la teneur en TCA du mélange est supérieure ou égale à 1 ng/L. Seule la solution contenant 24 bouchons sains + un bouchon à 1.6 ng/L de TCA (**modalité B7**) présente une teneur inférieure à 1ng/L.

Le taux de transfert du TCA dans la solution de macération varie de 4 à 56% ; il n'est donc pas en relation directe avec la teneur initiale de TCA dans le bouchon contaminé. **On peut donc supposer que la lixiviation du TCA est fonction de la matière intrinsèque du bouchon et de la localisation du TCA dans cette matière.**

## Etape 3

	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>B4</b>	<b>B5</b>	<b>B6</b>	<b>B7</b>	<b>B8</b>
Bouchon contaminé	312.0	29.0	20.0	9.4	4.8	2.6	1.6	74.0
Macérât de 24 bouchons initialement sains après contact 24h avec 1 bouchon contaminé	5.0	0.9	0.9	0.6	<LQ	<LQ	<LQ	1.1
Taux de transfert du TCA de bouchon à bouchon	2%	3%	5%	7%				2%

Tableau 3 : teneurs en TCA (ng/L) du macérât de 24 bouchons sains après contact 24h avec 1 bouchon contaminé (étape 3)

A T+24H, le bouchon contaminé est éliminé et la solution de macération est renouvelée pour la mise en macération des 24 bouchons restant. Le TCA relargable du macérât est analysé après 24h de macération (tableau 3). Les valeurs quantifiées variant de <LQ à 5.0ng/L témoignent d'un **transfert du TCA de bouchon à bouchon** en phase liquide, ce transfert demeurant < 10%.

## 2.3 Conclusion

Le tri réalisé par **Senso'CORK®** apparaît pertinent pour identifier et écarter les bouchons contaminés par le TCA, contribuant à limiter le risque de goût de moisi dans les vins.

Dans le cadre de l'analyse du TCA relargable selon la norme **NF ISO 20752:2023**, cette étude met en évidence **qu'une teneur en TCA relargable d'un macérât de 25 bouchons supérieure à 1ng/L trace potentiellement la présence de 1 bouchon contenant unitairement plus de 2ng/L, bouchon considéré donc à risque.** Le transfert du TCA en phase liquide est

systematique mais très variable, sans corrélation directe avec la teneur initiale du bouchon, suggérant une forte influence des caractéristiques intrinsèques du liège et de la localisation du contaminant.

Par ailleurs, un transfert de TCA entre bouchons, bien que limité (< 10%), est observé, confirmant la possibilité de contamination croisée.

**Ces résultats renforcent l'intérêt d'intégrer la méthode **Senso'CORK®** dans le contrôle qualité des bouchons, afin d'affiner l'appréciation du risque de contamination à l'échelle d'un lot.**

### **3. Objectiver le taux de transfert du TCA en phase gazeuse, à température ambiante et à chaud.**

Au cours de cette expérimentation nous avons utilisé des bouchons de liège sains et des bouchons naturellement contaminé par le TCA, ces individus ayant été triés via **Senso'CORK®** au cours de nos diverses campagnes de contrôle qualité.

**L'objectif de ce travail est d'objectiver le transfert du TCA d'un bouchon contaminé au cours de son stockage avec d'autres bouchons.** Nos expérimentations ont été menées à **température ambiante** dans le but de simuler les conditions de stockage des bouchons à la propriété ou chez un fournisseur. Dans un second temps nous avons travaillé à **50°C** pour représenter de potentielles conditions au cours du transport, notamment en environnement chaud (containers, périodes estivales...).

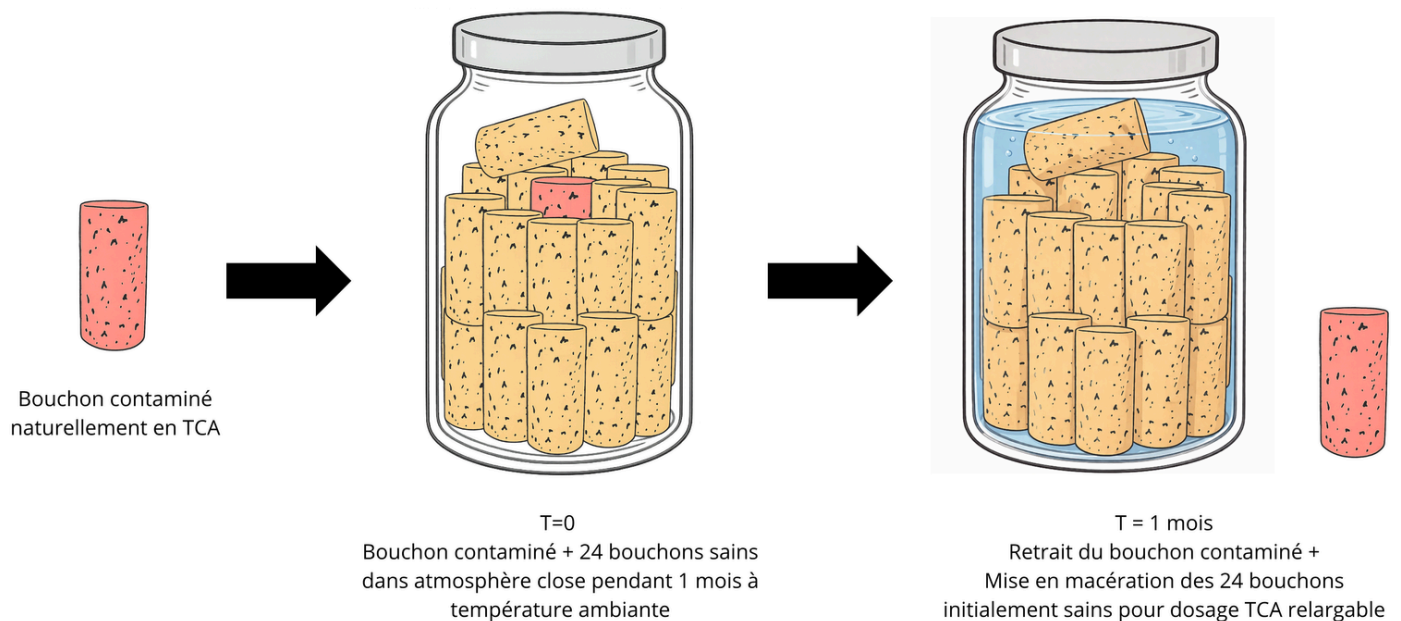
#### **3.1 Protocole expérimental**

Le protocole expérimental mis en œuvre vise à évaluer le transfert du TCA en phase gazeuse à partir d'un bouchon de liège naturellement contaminé vers des bouchons sains, dans des conditions contrôlées.

Un bouchon initialement écarté par la méthode **Senso'CORK®** est caractérisé selon la norme NF ISO 20752:2023, avec un dosage du TCA relargable par SBSE-TD-GC-MS. La teneur quantifiée de 300 ng/L classe cet échantillon comme fortement contaminé. Ce bouchon est ensuite placé en contact avec des bouchons de liège sains (teneur en TCA < limite de quantification) au sein d'une enceinte hermétiquement fermée pendant une durée de 1 mois. Les expérimentations sont conduites à température ambiante puis à 50°C afin de simuler différentes conditions de stockage et de transport.

### 3.1.1 À température ambiante : expérimentation 1 (Figure 5)

Un bouchon fortement contaminé (confirmé par **Senso'CORK®** et dosage du TCA relargable) est placé avec 24 bouchons sains dans un flacon en verre fermé, maintenu à température ambiante pendant 1 mois. A l'issue de cette période, le bouchon contaminé est retiré. Les 24 bouchons restants sont mis en macération, puis analysés selon la norme NF ISO 20752:2023 afin de déterminer leur teneur en TCA relargable par SBSE-TD-GC-MS.



*Figure 5 : protocole expérimental*

### 3.1.2 À température ambiante : expérimentation 2 (Figure 6)

Un bouchon contaminé est mis en contact avec 24 bouchons sains pendant 1 mois à température ambiante. A l'issue de cette période, l'analyse du TCA relargable est réalisée de manière ciblée sur **5 bouchons adjacents** au bouchon contaminé, sélectionnés selon leur position relative : un bouchon situé au-dessus, deux à proximité latérale et deux en position inférieure. Cette approche permet d'évaluer l'influence de la proximité spatiale sur le transfert de TCA.

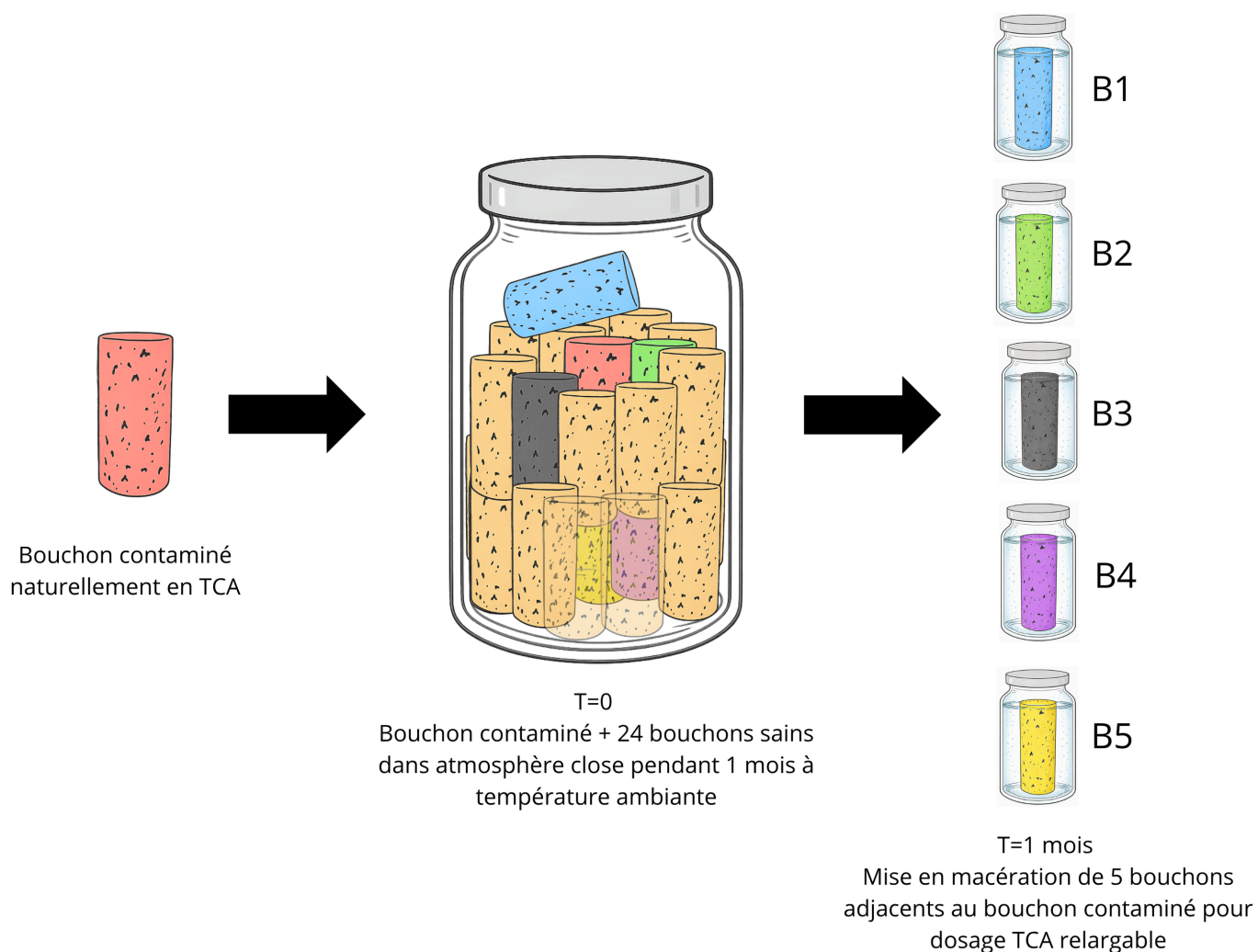


Figure 6 : protocole expérimental

### 3.1.3 À 50°C : expérimentation 3 (Figure 7)

Un bouchon fortement contaminé est placé avec 24 bouchons sains dans un flacon en verre fermé, puis stocké pendant 1 mois dans une enceinte thermorégulée à 50°C. A l'issue de l'incubation, le TCA relargable est dosé individuellement sur **8 bouchons sélectionnés en fonction de leur position** : deux situés au-dessus du bouchon contaminé, quatre en contact latéral direct et deux en seconde couronne. Cette configuration permet d'évaluer l'impact de la température sur la cinétique de transfert en phase gazeuse et l'influence de la proximité spatiale.

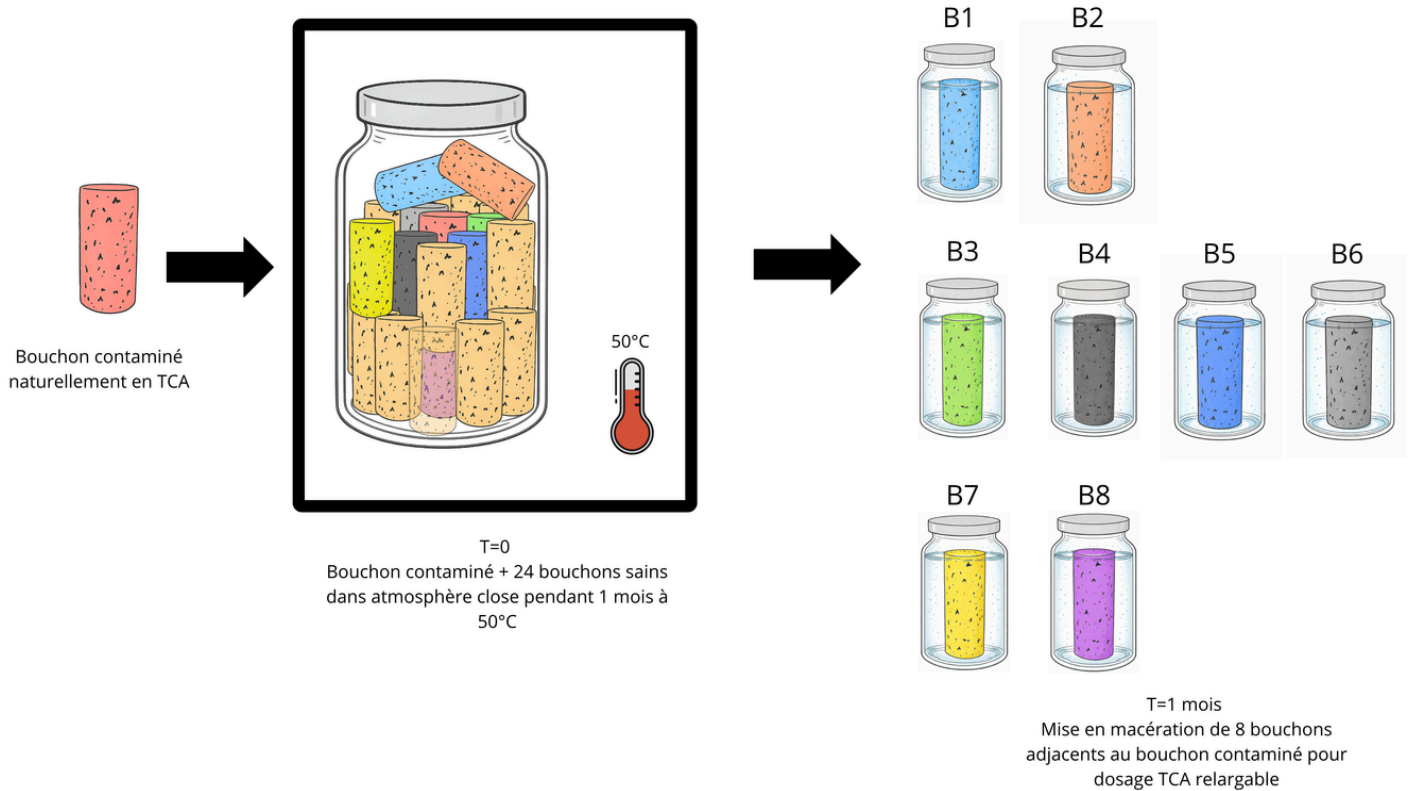


Figure 7 : protocole expérimental

## 3.2 Résultats et interprétations

### 3.2.1 Température ambiante : expérimentation 1

	T=0	T = 1 mois
Teneur TCA (ng/L)	< LQ	0.7

Tableau 4 : teneur en TCA (ng/L) de 24 bouchons (sains) avant et après stockage 1 mois à température ambiante avec 1 bouchon contaminé par le TCA.

Après un mois de stockage en système fermé, en présence d'un bouchon fortement contaminé, le macérat des 24 bouchons initialement sains présente une augmentation de la concentration

en TCA relargable. Cette dernière passe de < LQ à 0.7 ng/L. Ceci met en évidence un transfert de TCA en phase gazeuse, à température ambiante.

Bien que d'intensité limitée, ces résultats confirment qu'une contamination croisée est possible dans des conditions de stockage usuelles des bouchons de liège.

### 3.2.2 Température ambiante : expérimentation 2 (approche spatiale)

Bouchon	Position par rapport au bouchon contaminé	Teneur TCA (ng/L)	
		T = 0	T = 1 mois
B1	Dessus	< LQ	0.7
B2	A côté	< LQ	0.5
B3	A côté	< LQ	0.6
B4	Dessous	< LQ	0.7
B5	Dessous	< LQ	0.6

Tableau 5 : teneur en TCA unitaire (ng/L) de 5 bouchons (initialement sains) avant et après stockage 1 mois à température ambiante avec 1 bouchon contaminé par le TCA.

L'analyse ciblée de 5 bouchons parmi les 24, situés à proximité immédiate du bouchon contaminé montre des teneurs comprises entre 0,5 et 0,7 ng/L après 1 mois, contre < LQ initialement.

Ces résultats indiquent que :

- le transfert de TCA en phase gazeuse est effectif et témoigne d'une contamination croisée,
- le taux de transfert en TCA reste faible ( $\approx 0,2\%$ ),
- aucune influence significative de la position (au-dessus, à côté, en dessous) n'est observée dans les conditions étudiées.

Ainsi, à température ambiante et sur une durée limitée, la diffusion du TCA apparaît homogène dans l'enceinte, avec un impact modéré sur les bouchons environnants.

### 3.2.3 A 50°C : expérimentation 3

Bouchon	Position par rapport au bouchon contaminé	Teneur TCA (ng/L)	
		T = 0	T = 1 mois
B1	Dessus	< LQ	17.0
B2	Dessus	< LQ	26.0
B3	A côté	< LQ	28.0
B4	A côté	< LQ	19.0
B5	A côté	< LQ	25.0
B6	A côté	< LQ	23.0
B7	2ème couronne	< LQ	17.0
B8	2ème couronne	< LQ	21.0

Tableau 6 : teneur en TCA unitaire (ng/L) de 8 bouchons (initialement sains) avant et après stockage 1 mois à 50°C avec 1 bouchon contaminé par le TCA.

À 50°C, une augmentation significative du transfert de TCA est observée. Après un mois, les bouchons initialement sains présentent des teneurs comprises entre 17 et 28 ng/L, avec une moyenne de 22 ng/L, faisant de ces individus des bouchons fortement contaminés.

Ces niveaux traduisent :

- une contamination croisée importante des bouchons exposés avec un taux de transfert du TCA significativement plus élevé à chaud qu'à température ambiante ( $\approx 7\%$ ).
- une diffusion du TCA de bouchon à bouchon et au-delà du contact direct (en seconde couronne) mettant en évidence le phénomène d'aérocontamination.

### 3.3 Conclusion

Cette étude met clairement en évidence la capacité du TCA à se transférer en phase gazeuse d'un bouchon contaminé vers des bouchons sains lors de conditions de stockage simulées. À température ambiante, ce transfert existe mais reste limité : après un mois, les niveaux de TCA détectés dans les bouchons sains demeurent faibles, correspondant à un taux de transfert d'environ 0,2 %. De plus, la position des bouchons par rapport à la source contaminante

n'influence pas significativement ce phénomène, suggérant une **diffusion homogène du TCA dans l'atmosphère confinée**.

En revanche, **l'élévation de la température à 50°C entraîne une augmentation marquée du transfert de TCA**. Les bouchons initialement sains présentent alors des niveaux moyens d'environ 22 ng/L, soit un taux de transfert proche de 7 %. Dans ces conditions, les bouchons deviennent significativement contaminés, indépendamment de leur position, y compris au-delà du contact direct.

Ces résultats démontrent que la contamination croisée par le TCA est un risque réel au sein d'un lot de bouchons dès lors qu'un individu contaminé est présent. Ce risque est fortement amplifié par des conditions thermiques élevées, comme celles pouvant être rencontrées lors du transport ou d'un stockage inadapté.

Ainsi, cette étude souligne l'importance :

- du tri qualitatif rigoureux des bouchons via une détection unitaire chez les fournisseurs, cette dernière étant validée en contrôle qualité chez SOVIVINS ANALYTIQUE via **Senso'CORK®**,
- du contrôle des conditions de stockage (température, atmosphère),
- et de la maîtrise des conditions de transport.

La prévention de la contamination atmosphérique apparaît comme un levier essentiel pour garantir la qualité sensorielle des bouchons et, par extension, celle des vins conditionnés.

## 4. Conclusion générale

Les enseignements clés de ces 3 expérimentations pour intégrer **Senso'CORK®** dans vos contrôles qualité bouchons :

- La méthodologie **Senso'CORK®** propose une **classification cohérente** et permet **d'identifier les bouchons présentant un risque sensoriel de type « moisi »** imputable ou non au TCA.
- Une teneur en TCA relargable d'un macérât de 25 bouchons **supérieure à 1ng/L** trace potentiellement **la présence de 1 bouchon contenant unitairement plus de 2ng/L**, bouchon considéré donc à risque.
- La diffusion du TCA **est homogène** dans l'atmosphère confinée. **Le transfert du TCA est d'autant plus important que la température est élevée** d'où la nécessité du **contrôle des conditions de stockage et de transport des bouchons**.

**L'équipe SOVIVINS ANALYTIQUE**

Références bibliographiques :

- ISO 20752:2023 Bouchons en liège - Dosage du 2,4,6-trichloroanisole (TCA) relargable.
- J. Agric. Food Chem. 2022, 70, 22, 6747-6754  
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.2c02493>