TRAITEMENT A L'EAU CHAUDE DES PLANTS ET DES BOIS :

Quels effets sur la réussite, le débourrement et la vigueur ?

COLLECTION

• DURABILITE DE LA PEPINIERE •

TRAITEMENT A L'EAU CHAUDE DES PLANTS ET DES BOIS :
Quels effets sur la réussite, le débourrement et la vigueur ?

• A retenir •

Quels sont les principaux résultats ?

Le **TEC de référence** (50 °C – 45 min), si réalisé dans des **conditions optimales**, n'affecte pas significativement les **taux de réussite** des plants.

Des **retards au débourrement** peuvent être **observés**, en particulier pour les **plants traités**, mais sont globalement **rattrapés dans le temps**.

Le **TEC** n'est cependant **pas anodin**. Pour assurer un bon développement des plants, **certains facteurs** sont à prendre en compte :

- le respect du **cahier des charges** ;
- le respect du **couple température-temps** ;
- le choix de la **période** de réalisation ;
- le bon **état physiologique initial** du matériel végétal (réserves, hydratation, etc.) et son bon **conditionnement**.

Figure 1 : Fagots après traitement à l'eau chaude (© Grégoire Edouard, FFPV, Vitipep's).

• Recommandations •

Quelles sont les préconisations ?

S'assurer de la qualité du matériel à traiter

Acclimater les bois et plants 12 à 24 heures avant et après TEC

Changer l'eau quotidiennement

Remettre les plants ou bois pendant une durée d'au moins 7 jours en chambre froide après traitement

Eviter les plantations tardives des plants TEC

Ne pas traiter les plants de frigo

Guide des bonnes pratiques du traitement à l'eau chaude 2023

Pour plus de recommandations sur le TEC, scanner le QR Code.

• Contexte •

Depuis plus de vingt ans, le **traitement à l'eau chaude (TEC)** des **bois** et des **plants** de vigne démontre son efficacité dans la lutte contre les phytoplasmes responsables de la **Flavescence dorée**. Toutefois, plusieurs pépiniéristes ont rapporté des effets potentiellement négatifs de cette pratique sur le matériel végétal. Afin d'évaluer objectivement ces impacts, l'**Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV)** a conduit entre **2010 et 2012**, une série d'essais visant à mesurer les conséquences réelles du TEC sur les bois et les plants de vigne. À l'époque, ces travaux avaient permis de préciser les conditions de mise en œuvre du TEC, contribuant ainsi à l'**élaboration des protocoles** et des cahiers des charges des appareils. À la demande des professionnels, les résultats de ces essais sont aujourd'hui rassemblés et synthétisés dans un unique document.

Ces essais explorent les effets :

- du **site de réalisation et du protocole du TEC :** le matériel végétal a été partagé et échangé entre plusieurs sites avant d'être traité ;
- des modalités du **TEC sur plants** ;
- des modalités du **TEC sur bois**.

• Dispositif d'essai •

• Matériel végétal et protocole

Pour l'ensemble de ces essais, le matériel végétal utilisé est **sain** vis à vis des phytoplasmes. Les plants sont conditionnés en **sacs microperforés**, stockés dans une chambre froide à 2 °C et 80 % d'humidité. La veille des traitements, ils sont entreposés dans un local fermé à température ambiante et à nouveau stockés en chambre froide le lendemain des trempages. Excepté pour l'essai réhydratation, avant plantation les plants sont immergés dans de l'eau à température ambiante pendant 24 heures afin de les réhydrater.

• Variables étudiées

L'effet du TEC est estimé à partir de l'observation de la **vitesse de débourrement**, de la **vigueur de la végétation**, du **taux de reprise** et du **taux de réussite**, obtenu après arrachage de la pépinière (plants retenus : vivants, bon aoûtement, soudures testées et système racinaire régulier).

$$taux\ de\ reprise\ \text{à}\ un\ temps\ t\ (en\ \%) = \frac{nombre\ de\ plants\ ayant\ repris\ \text{à}\ un\ temps\ t}{nombre\ de\ plants\ plantés} * 100$$

$$taux\ de\ réussite\ (en\ \%) = \frac{nombre\ de\ plants\ commercialisables}{nombre\ de\ plants\ plantés} * 100$$

Partie I – Influence du site de production et du protocole

Ces essais s'intéressent à l'**influence du site de production** et du **protocole du TEC** sur les **taux de réussite** des plants. Ces expérimentations ont été réalisées durant deux campagnes directement chez des pépiniéristes, dans leurs propres installations de traitement. Des lots de plants greffés-soudés ont été partagés et échangés entre les **différents sites**. La première année, en **2011**, le protocole employé était celui utilisé en **interne** par les différents pépiniéristes. La deuxième année, en **2012**, les protocoles ont été **harmonisés** et suivaient les préconisations de l'IFV.

• Protocole du TEC propre à chaque site

Quatre sites de production situés dans quatre zones géographiques différentes sont concernés. Chacun des sites propose un **assemblage** qui lui est propre, composé de 800 plants : 200 restent sur place et 600 sont expédiés et répartis entre les trois autres lieux (**Tableau 1**). Seul le site de l'IFV au Grau-du-Roi ne réceptionne pas les lots **témoins non traités** des trois autres sites, pour des précautions sanitaires liées à son statut de centre de sélection.

Les greffés-soudés sont conditionnés par paquets de 25 plants racines entières. Une fois le matériel végétal réceptionné par les différents sites, **deux modalités** sont testées sur les plants greffés-soudés :

- Témoin non traité (TNT) ;
- Traitement à 50 °C – 45 minutes (TEC).

Après traitement, les plants ont été repiqués en pépinière dans les différents sites afin de mesurer leur taux de réussite.

Tableau 1 : Détail des zones géographiques et assemblages de l'expérimentation multisites.

Site	Région	Assemblage	Modalités testées	
			TNT (Témoin non traité)	TEC (50 °C – 45 min)
1	Alsace	Gewurztraminer Rs / 161-49C	✓	✓
2	Vendée *	Sauvignon cl.108 / SO4 cl.203	✓	✓
3	Aude	Macabeu cl.63 / SO4 cl.203	✓	✓
4	Gard (IFV)	Chardonnay cl.96 / R110 cl.756	- **	✓

* plants fabriqués en Vendée mais TEC et plantation réalisés dans l'Aude
** modalité testée que sur son propre assemblage

- Taux de réussite

Indépendamment du site et de l'assemblage considéré, les **lots témoins non traités** présentent de très bons **taux de réussite** avec une moyenne à **95,6 %** contre 67,4 % pour les **lots de plants traités** (**Figure 2**).

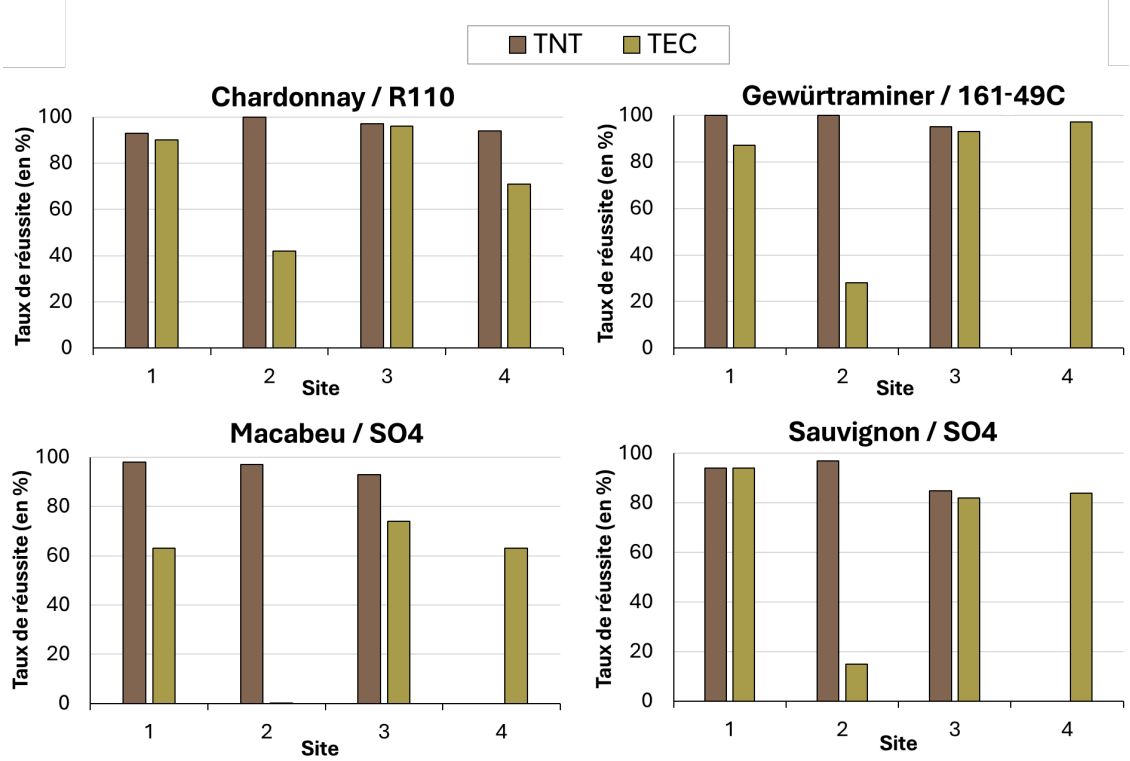

Figure 2 : Taux de réussite (en %) des greffés-soudés en fonction de l'assemblage, la modalité de traitement (TNT : témoin non traité, TEC : 50 °C – 45 min) et du site (1 : Alsace, 2 : Vendée, 3 : Aude et 4 : Grau-du-Roi).

Les **différences de réussite** entre les **lots traités** et **non traités** varient de manière considérable entre les sites pour un même assemblage (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Ecart (en %) du taux de réussite entre les plants de la modalité TEC et les plants témoins non traités, selon l'assemblage et le site (1 : Alsace, 2 : Vendée, 3 : Aude et 4 : Grau-du-Roi).

Assemblage	Site			
	1	2	3	4
Chardonnay cl.96 / R110 cl.756	-3	-58	-1	-24
Gewurztraminer Rs / 161-49C	-13	-72	-2	-
Macabeu cl.63 / SO4 cl.203	-35	-97	-19	-
Sauvignon cl.108 / SO4 cl.203	0	-82	-3	-

L'assemblage **Macabeu / SO4** présente la plus grande sensibilité aux conditions du TEC. Il faut signaler que ce lot de plants paraissait plus **fragile** avant traitement (pousses chétives). Pour les autres assemblages, les différences observées sont très **variables** d'un site à l'autre, le **site 2** présentant en moyenne les plus grands écarts de réussite. Sur ce site, la grande majorité des plants traités n'a **jamais débourré**.

Pour expliquer ces résultats, les conditions du TEC des différents sites ont été étudiées. **Lors des traitements**, aucun incident n'a été relevé : les températures sont restées homogènes, proches de la consigne donnée (en moyenne 49,3 °C) et les appareils de mesure utilisés sont identiques entre les sites.

Après les traitements, les **conditions de stockage et de plantation** des plants sur les différents sites ont été comparées (**Tableau 3**). Les opérations réalisées sur les plants sont globalement assez semblables, excepté pour le **site 2** qui présente un mode opératoire **assez différent** : refroidissement des plants après le TEC, délai plus court entre le TEC et la chambre froide et délai plus long entre la chambre froide et la plantation. Il serait intéressant de pouvoir comparer les données relatives à l'**hydratation**, la **date de plantation** et le **délai TEC-plantation**, mais elles ne sont pas disponibles pour le site 2.

Tableau 3 : Conditions de stockage et de plantation par site (1 : Alsace, 2 : Vendée, 3 : Aude et 4 : Grau-du-Roi).

Site	Conditions de stockage				Conditions de plantation					
	Après TEC	Délai avant chambre froide	Conditionnement en chambre froide	Température et taux d' humidité de la chambre froide	Sortie avant plantation	Hydratation	Date de plantation	Délai TEC - plantation	Modalités de plantation	Conditions météorologiques
1		24 h	Palettes avec sciures	4 °C, 90 % d'humidité	48 h	48 h	27 mai	72 j	Racines coupées	Favorable 25 °C
2	Aspersion des plants	< 12 h	Sacs microperforés ou palettes	4 °C	Quelques jours				Racines coupées	Temps et sol secs
3		24 h	Sacs microperforés	2 °C, 100 % d'humidité	48 h	48 h	1 juin	69 j	Racines coupées 10 cm	
4		24 h	Sacs microperforés	2 °C, 80 % d'humidité	24 h	24 h	5 mai	41 j	Plantés tel quels	Temps chaud

→ Dans cet essai, les lots traités et les lots témoins non traités présentent des **écarts de réussite** importants. Le contrôle de la température ayant fait l'objet d'un suivi rigoureux, la mortalité observée semble davantage associée aux **conditions de stockage et de plantation** des plants après le TEC.

- **Protocole du TEC harmonisé et standardisé par l'IFV**

Compte–tenu des résultats acquis en 2011, il a été décidé de renouveler les essais multisites mais en augmentant le **nombre de sites** de traitement, et en adoptant un **protocole harmonisé** et un contrôle strict des conditions du TEC.

Au total, les essais se sont déroulés sur **sept sites de production**, avec pour chaque lieu un assemblage produit dans la région (**Tableau 4**). Chacun de ces assemblages est composé de 800 plants, dont 200 qui restent sur place et 600 qui sont répartis entre les autres sites. Le traitement des plants a été réalisé sur chaque site à réception des plants.

Les TEC sont réalisés sur les **plants** greffés-soudés, avec **deux modalités** de traitement :
- Témoin non traité (TNT) ;
- Traitement à 50 °C – 45 minutes (TEC).

Tableau 4 : Détail des zones géographiques et assemblages de l'expérimentation multisites.

Site	Région	Assemblage	Modalités testées	
			TNT	TEC
1	Alsace	Gewurztraminer cl.1048 / SO4 cl.762	✓	✓
2	Aude	Chardonnay cl.130 / R110 cl.152	✓	✓
3	Vendée	Colombard / SO4 cl.203	✓	✓
4	Gironde	Cabernet Sauvignon cl.169 / 101-14 cl.3	✓	✓
5	Saône et Loire	Chardonnay cl.95 / SO4 cl.102	✓	✓
6	Savoie	Aligoté cl.264 / 41B cl.194	✓	✓
7	Gard (IFV)	Chardonnay cl.1066 / SO4 cl.762	- **	✓

** modalité testée que sur son propre assemblage

Les conditions du TEC ont été monitorées de la façon suivante :

- Avant le TEC :
  - la date, l'heure et la température extérieure à chaque sortie de chambre froide ;
  - les conditions climatiques lors de chaque transport vers le site concerné ;
  - la durée entre la sortie des plants de chambre froide et l'heure du TEC.
- Pendant le TEC :
  - la température du bain : a été enregistrée par le thermomètre Testo (précision à 0,2 °C, fréquence 1 min)
  - la température à l'intérieur des paquets de plants : ajout d'une puce Progès+ disposée à l'intérieur des paquets (précision 0,5 °C, fréquence 5 min) ;
  - les conditions climatiques environnantes pendant le traitement ;
  - les principales différences entre les machines (couvercle, étalonnage, etc.).
- Après le traitement :
  - la température : la puce Progès+ a été laissée à l'intérieur des paquets de plants pendant 2 à 3 heures après la fin du TEC ;
  - les conditions d'acclimatation des plants : disposés sur une palette, laissés dans la cage de traitement, etc.

Chacun des partenaires devait renseigner un fichier afin d'enregistrer les **différentes variables** (stockage, réhydratation, plantation, etc.). Dans un souci d'uniformisation des essais, les plants devaient être repiqués en pépinière, sous plastique et avec les racines coupées. L'enregistrement des **températures de traitement** par **les deux sondes** a montré une bonne correspondance avec la **consigne donnée**. En moyenne, l'eau du bain se situe à 49,4 °C et l'intérieur des paquets à 49,6 °C. Seul le site 3 montre des valeurs insuffisantes (47,3 °C et 47,8 °C respectivement).

- Taux de réussite

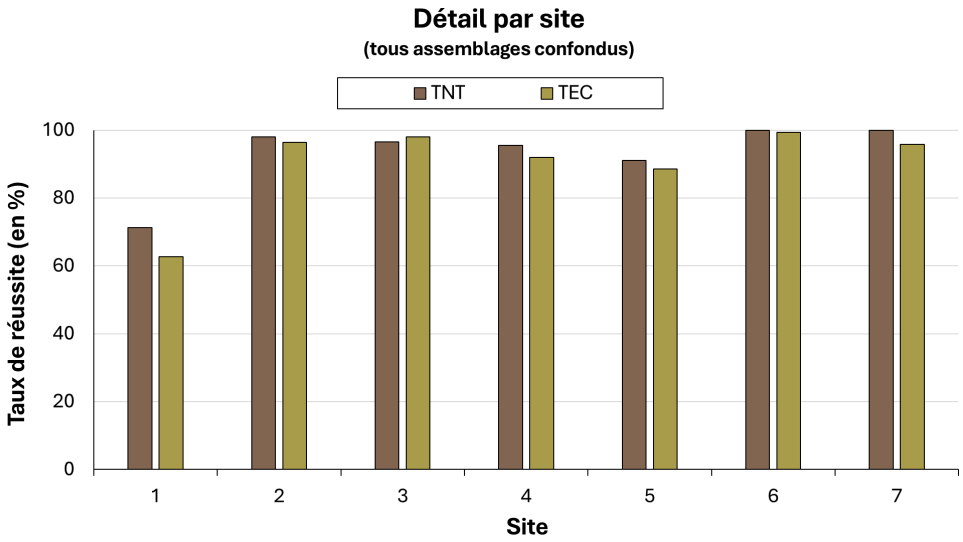

Figure 3 : Taux de réussite (en %) des greffés-soudés en fonction du site et de la modalité de traitement (TNT : témoin non traité, TEC : 50 °C – 45 min).

Quel que soit le **site**, il y a **peu de différence** entre le **lot traité (TEC)** et **non traité (TNT)** : en **harmonisant** les conditions liées au TEC, l'écart est constant et faible entre ces deux modalités (**Figure 3**).

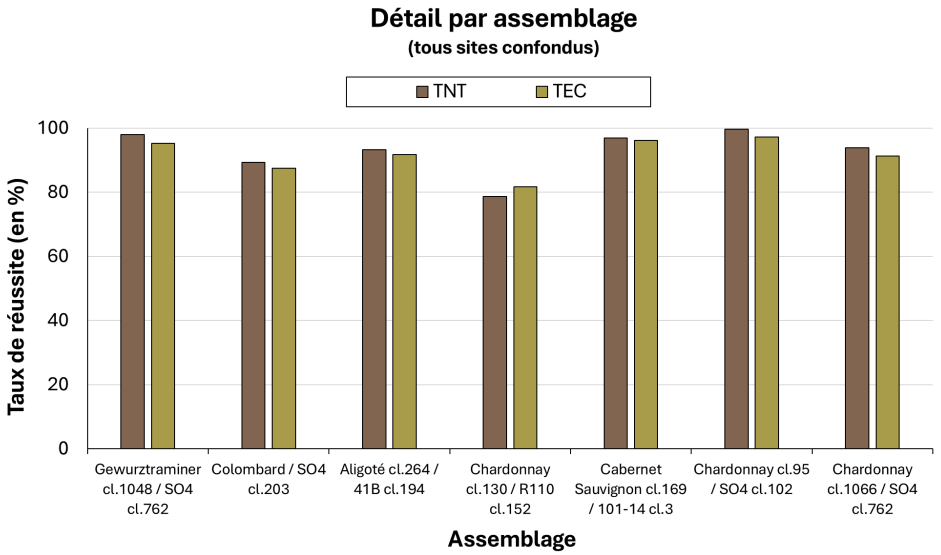

Figure 4 : Taux de réussite (en %) des greffés-soudés en fonction de l'assemblage et de la modalité de traitement (TNT : témoin non traité, TEC : 50 °C – 45 min).

Quel que soit l'assemblage, les **taux de réussite** sont proches : pour cinq des sept sites, les **différences de réussite** entre les lots traités et non traités sont **inférieures** ou **égales à 2 %** (**Figure 4**). Pour les sites **1 et 4**, la modalité TEC a décroché davantage par rapport au témoin non traité, **-9 %** et **-4 %**. Les résultats du **site 1** (71 % de réussite pour les témoins non traités contre 63 % pour les lots traités) pourraient peut-être s'expliquer en partie par une plus **longue période entre le traitement** et la **plantation** ainsi que par de mauvaises conditions lors de la plantation.

→ Contrairement aux essais conduits en 2011, on remarque que les **taux de réussite** entre les lots témoins et les lots traités sont **proches**, avec un écart moyen de seulement **2,4 %**.

Conclusion – Influence du site de production

Les **expérimentations multisites** visaient à évaluer l'effet d'un TEC réalisé à partir de machines différentes et sur des plants de diverses origines. En première année d'expérimentation, en **2011**, le taux de réussite avait nettement décroché pour un site de traitement et un lot de plants. Pour les autres sites de traitement et les autres lots de plants, le TEC n'avait pas altéré la qualité du matériel traité de manière significative, même si les taux de réussite étaient en moyenne inférieurs par rapport aux témoins non traités. Ces expérimentations ont été **reconduites en 2012** en **harmonisant** les **modes opératoires** et en respectant au mieux les préconisations pour les conditions liées au TEC. Le nombre de sites de traitements et d'assemblages ont été augmentés. Les résultats se sont ainsi avérés plus homogènes.

Dans la grande majorité des cas, les TEC, s'ils sont réalisés dans des **conditions optimales** et sur du **matériel végétal de qualité** (réserves suffisantes, bon aoûtement, bonnes conditions de conservation), **n'affectent pas** de manière importante les **taux de réussite** des plants. En revanche, en cas de plants de qualité moindre, de mauvaises conditions de conservation ou de plantation, et à fortiori de mauvaises conditions de traitement, les conséquences peuvent s'avérer beaucoup plus préjudiciables.

Pour **minimiser les risques**, il convient de prendre le **maximum de précautions** avant et pendant le traitement mais aussi après ce traitement, jusqu'à la plantation effective des plants. Cela engage donc également le viticulteur qui doit veiller à planter ce matériel à des dates compatibles et dans les meilleures conditions possibles.

Partie II – TEC sur plants

- **TEC de référence**

L'influence des paramètres du **TEC** sur la qualité du matériel végétal a été étudiée selon deux modalités :
- Témoin non traité (TNT) ;
- Traitement à 50 °C – 45 minutes (TEC).

On utilise des **plants greffés-soudés** Chardonnay cl.95 / SO4 cl.762. Pour chacune des modalités, 150 plants sont traités (trois répétitions de 50 plants). Les traitements ont eu lieu le 17 mars 2011 et la plantation en pépinière le 27 avril, soit 40 jours plus tard.

- Vitesse de débourrement

Deux semaines après la plantation, 96 à 99 % **des bourgeons** ont **débourré**, dont environ 70 % sont au stade E. Après trois semaines, l'ensemble des plants a débourré et a atteint le même stade phénologique (**Figure 5**).

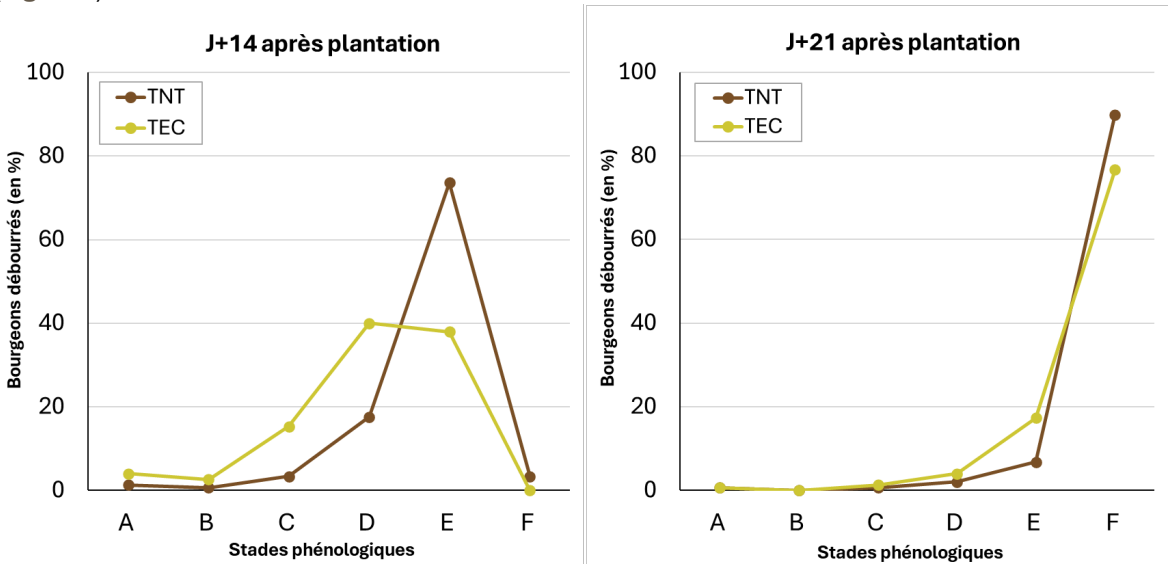

Figure 5 : Pourcentage de bourgeons débourrés par stade phénologique (échelle de Baggiolini) 14 et 21 jours après plantation selon deux modalités de traitement (TNT : témoin non traité, TEC : 50 °C – 45 min).

Des **différences d'avancement phénologique** sont toutefois observées entre les deux **modalités** : 14 jours après la plantation, 80 % des bourgeons du lot TNT sont au stade E contre 40 % pour le lot TEC.

→ Ces résultats mettent en évidence un **retard au débourrement** chez les lots traités. Ce retard reste néanmoins **transitoire**, puisqu'après trois à quatre semaines, plus aucune différence phénologique n'est observable entre les modalités.

- Taux de réussite

Le **taux de réussite** moyen des greffés-soudés après plantation est de **93,25** % (**Tableau 5**).

→ **Pas de différence** entre les lots : le TEC n'a pas influencé la réussite des greffés-soudés.

Tableau 5 : Taux de réussite (en %) des greffés-soudés selon deux modalités de traitement (TNT : témoin non traité, TEC : 50 °C – 45 min). Moyenne des trois répétitions.

	Taux de réussite (en %)	**Ecart-type**
TNT	93,2	4,00
TEC	93,3	2,31

- Vigueur de la végétation

Le **poids moyen** des greffés-soudés mesuré après arrachage varie entre **12,5** et **13 grammes** (Tableau 6).

→ Dans les conditions de cet essai, il ne semble **pas** y avoir d'effet du TEC sur **le poids des bois**.

Tableau 6 : Poids (en grammes) des greffés-soudés selon deux modalités de traitement (TNT : témoin non traité, TEC : 50 °C – 45 min). Moyenne de deux répétitions, à la suite d'un problème de données manquantes.

	Poids (en grammes)	**Ecart-type**
TNT	13	1,41
TEC	12,5	0,71

• Gradient de température

L'influence de **la température** a été étudiée selon un gradient de **10 modalités** allant de **48 à 52 °C** par paliers de **0,5 °C**. La durée du traitement est fixée à **45 minutes**. Le TEC est réalisé sur des **plants greffés-soudés repiqués** Italia rubi cl.1122 / R110 cl.152 (100 plants par modalité). Les traitements ont été réalisés le 31 mars 2011 et la plantation a eu lieu le 27 avril, soit 27 jours plus tard.

Remarque : lors des traitements, les enregistrements de température ont donné la même moyenne pour les modalités à 49 °C et 49,5 °C, à savoir 49,2 °C. Elles sont ici considérées toutes deux comme une répétition d'un même traitement.

- Vitesse de débourrement

Les **plants témoins non traités** présentent la dynamique de **développement** la plus **rapide** : deux semaines après la plantation, **100 % des bourgeons** ont déjà débourré (Figure 6). Chez les **lots traités,** on observe à l'inverse un **gradient très marqué** et régulier entre la température du TEC et le pourcentage de bourgeons débourrés. Ainsi, à un même délai après plantation, la proportion de bourgeons débourrés diminue avec l'élévation de la température du TEC. Cet effet est particulièrement marqué pour des délais **inférieurs à 28 jours**.

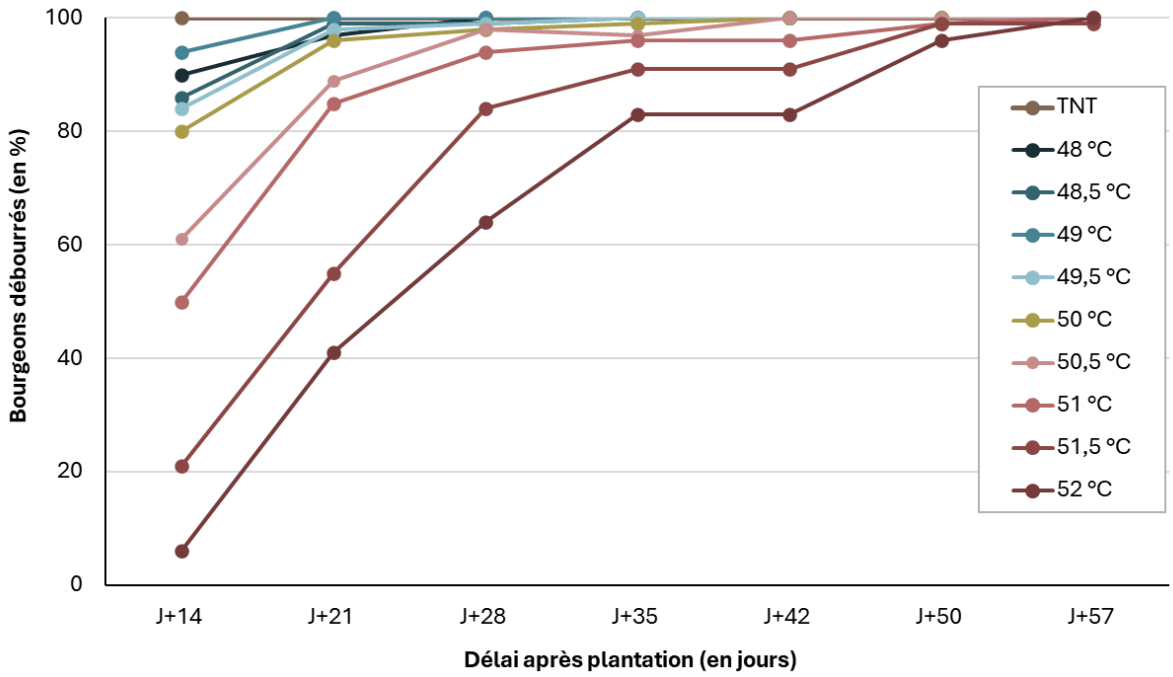

Figure 6 : Pourcentage de bourgeons débourrés en fonction du délai après plantation et de la modalité de traitement (TNT : témoin non traité et TEC selon le gradient de température).

Quatre profils de réponse peuvent ainsi être distingués selon la **température de traitement** :

- jusqu'à 50 °C inclus : deux semaines après la plantation environ 80 % des bourgeons ont débourré, dont 50 % ont dépassé le stade D ;
- 50,5 et 51 °C : trois semaines sont nécessaires pour atteindre un niveau de développement comparable ;
- 51,5 °C : ce niveau est atteint après quatre semaines ;
- 52 °C : cinq semaines sont nécessaires pour atteindre un niveau de développement similaire.

50 jours après la plantation, la quasi-totalité des plants a débourré, quelle que soit la température de traitement. Par ailleurs, le développement végétatif devient progressivement **homogène** entre les différents lots, indiquant que le retard initial est résorbé.

→ On observe un **retard au débourrement** d'autant plus marqué que les températures sont **élevées**.

- Taux de réussite

En moyenne, les **taux de réussite** des plants sont **supérieurs à 90 %** excepté pour le lot traité à **52 °C** qui présente un taux de réussite de **65 %** (**Tableau 7**).

Tableau 7 : Taux de réussite (en %) des greffés-soudés selon la modalité de traitement (TNT : témoin non traité et TEC selon le gradient de température).

	TNT (Témoin non traité)	**Température du TEC** (en °C)								
		48	**48,5**	**49**	**49,5**	**50**	**50,5**	**51**	**51,5**	**52**
Taux de réussite (en %)	100	94	96	99	95	97	97	93	95	65

Par le passé, des observations similaires avaient déjà été réalisées sur un lot **Syrah / SO4**, où un TEC à **52 °C** avait entrainé une **mortalité de 25 %**. Concernant les **autres modalités**, elles présentent une **légère variabilité** par rapport au témoin. En l'absence de répétitions, il est difficile de déterminer la significativité de ces différences mais cela semble peu probable : les lots 49 °C et 49,5 °C, considérés comme identiques dans notre essai, présentent également une variabilité.

→ Dans les conditions de cet essai, seule une **température de 52 °C** lors du TEC semble **préjudiciable** sur le **taux de réussite** des greffés-soudés.

• Délai avant plantation

Le **TEC** peut intervenir à différents moments tout au long du processus de fabrication et de conservation des plants. Dans ces essais, on étudie l'effet de **l'allongement du délai** entre le **TEC** et la **plantation** sur les taux de réussite.

Le TEC est réalisé sur des **plants greffés-soudés** (Gewürztraminer cl.48 / SO4 cl.762). Les traitements ont eu lieu le 24 février 2011 et les plants sont conservés ensuite en chambre froide à 2 °C.

L'effet de **trois délais TEC – plantation** sont étudiés :

- 40 jours, soit une plantation le 5 avril ;
- 70 jours, soit une plantation le 5 mai ;
- 100 jours, soit une plantation le 6 juin.

En parallèle, pour chacune des dates de plantation, on ajoute un lot de plants **traités juste avant plantation** (délai de 5 à 6 jours entre le TEC et la plantation) et un lot de plants **témoins non traités**.

- Taux de réussite

Pour les lots **témoins non traités**, la date de plantation n'a **pas eu d'impact** sur la **réussite** des plants (95 % en juin contre 94 % en avril) (**Figure 7**). Pour les lots **traités**, on observe un **taux de réussite** en moyenne plus **faible** pour les lots plantés en **juin** qu'en avril (88 % en juin contre 95 % en avril, tous délais avant TEC confondus).

Remarque **:** Les lots plantés en mai montrent des taux de réussite particulièrement faibles. Ceci est dû à un problème lié à l'arrosage à un endroit particulier du rang où se trouvaient ces modalités.

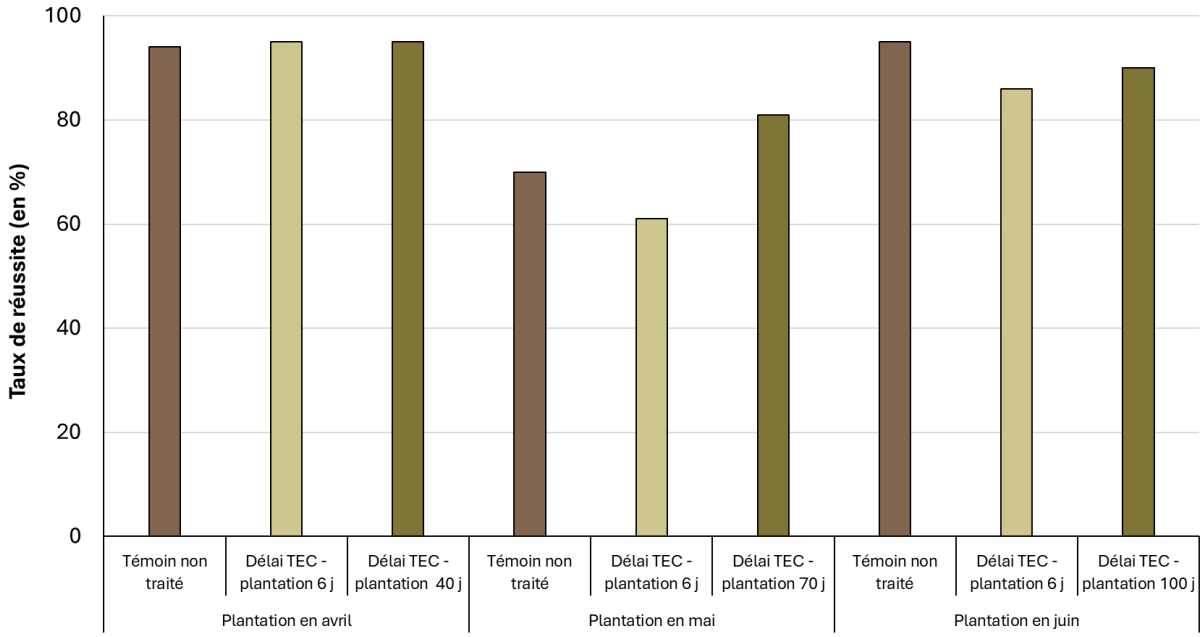

Figure 7 : Taux de réussite (en %) des greffés-soudés selon le mois de plantation (avril, mai et juin) et selon cinq modalités (témoin non traité, délai TEC-plantation de 6 jours, de 40 jours, de 70 jours ou de 100 jours ; TEC : 50 °C – 45 min).

De façon générale, un long délai entre la date du TEC et la date de plantation n'impacte pas le taux de réussite et le débourrement. A contrario, **les lots traités juste avant plantation** (modalité TEC 6 jours) ont tous présenté des **retards importants** au **débourrement** (résultats non montrés). Plus la plantation est tardive dans l'année, plus le retard est prononcé. Cependant ces retards ont été rattrapés au cours de l'été. Les lots présentant la **végétation** la plus **homogène** sont ceux qui ont été plantés en **avril**.

→ Afin d'éviter des retards au débourrement trop importants après la plantation, il est préférable **d'attendre au moins une semaine** entre le **TEC** et la **plantation**, et de **conserver les plants** au **froid** durant cette période.

- **Période de réalisation du TEC**

Cet essai se focalise sur l'effet de la **période de réalisation** du TEC sur le taux de réussite et le débourrement des **plants** greffés-soudés. Des lots Exalta cl.969 / SO4 cl.762 sont traités à 50 °C pendant 45 minutes à **trois périodes** de l'année 2011 :

- Février ;
- Avril ;
- Mai.

Le délai entre le TEC et la plantation est **fixé à 45 jours** pour l'ensemble des lots. Ils sont conservés en chambre froide jusqu'à la plantation.

- Vitesse de débourrement

La **vitesse de débourrement des bourgeons** est estimée par le nombre de jours nécessaires pour atteindre le palier de 80 % de bourgeons débourrés (**Figure 8**).

Les **lots non traités** atteignent systématiquement 80 % de bourgeons débourrés en **8 jours** : une plantation tardive n'influence pas la vitesse de débourrement.

Pour les lots traités, plus la **période de réalisation** du TEC est **tardive**, plus le **nombre de jours** nécessaires pour atteindre le palier **augmente**.

→ Dans les conditions de cet essai, un **TEC tardif** associé à une plantation tardive **diminue** la **vitesse de débourrement** des greffés-soudés.

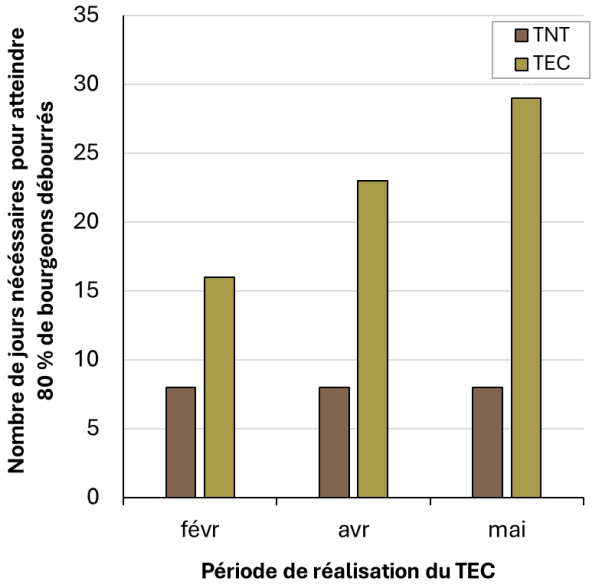

Figure 8 : Nombre de jours nécessaires pour atteindre 80 % de bourgeons débourrés des greffés-soudés selon deux modalités de traitement (TNT : témoin non traité, TEC : 50 °C – 45 min) et la période de réalisation du TEC (février, avril ou mai).

- Taux de réussite

Les taux de réussite se situent en moyenne entre **90** et **96 %**, excepté pour les lots plantés en **mai** (**Tableau 8**). En traitant en mai et en plantant fin juin, on se situe dans un cas de **plantation tardive**, potentiellement défavorable pour la viabilité des plants. Cet effet semble **renforcé par le TEC**.

→ Un **TEC** réalisé tardivement entraine une **diminution du taux de réussite**.

Tableau 8 : Taux de réussite (en %) des greffés-soudés selon deux modalités de traitement (TNT : témoin non traité, TEC : 50 °C – 45 min) et la période de réalisation du TEC (février, avril ou mai).

	Taux de réussite (en %)	
Période de réalisation du TEC	**TNT**	**TEC**
Février	96	90
Avril	93	93
Mai	85	79

• Type de plants

Dans cet essai, l'effet du TEC (50 °C – 45 min) est comparé sur des **repiqués** (plants de 2 ans) et des **plants de frigo** (repiqués restés une année entière en chambre froide, plants de 3 ans).

Les assemblages sont les suivants :
Repiqués :
- Lot R1 : Italia Rubi cl.1122 / R110 cl.152
- Lot R2 : Cabernet Sauvignon cl.412 / SO4 cl.762

Frigo :
- Lot F1 : Cinsault cl.92 / R110 cl.152
- Lot F2 : Cabernet Sauvignon cl.412 / SO4 cl.762

Les traitements ont eu lieu le 17 mars 2011, la plantation en pépinière le 27 avril, soit 40 jours plus tard. Le suivi de la vitesse de débourrement a commencé 14 jours après la plantation, à raison d'une notation par semaine. Après arrachage, l'ensemble des bois a été pesé.

○ Vitesse de débourrement

Deux semaines après plantation, les **plants repiqués** traités présentent un léger retard au débourrement en comparaison des témoins non traités. Ce retard est surtout marqué pour le Lot R2 (Cabernet Sauvignon / SO4) avec 55 % de bourgeons débourrés contre 97 % pour le témoin (**Figure 9A** et **9B**).

Les **plants de frigo** traités présentent un retard au débourrement beaucoup plus marqué sur l'ensemble des lots (**Figure 9A** et **9C**). Les bourgeons ont démarré seulement 35 jours après plantation, c'est-à-dire fin mai, et il faut attendre 50 jours et plus pour retrouver une végétation homogène entre les lots traités et non traités.

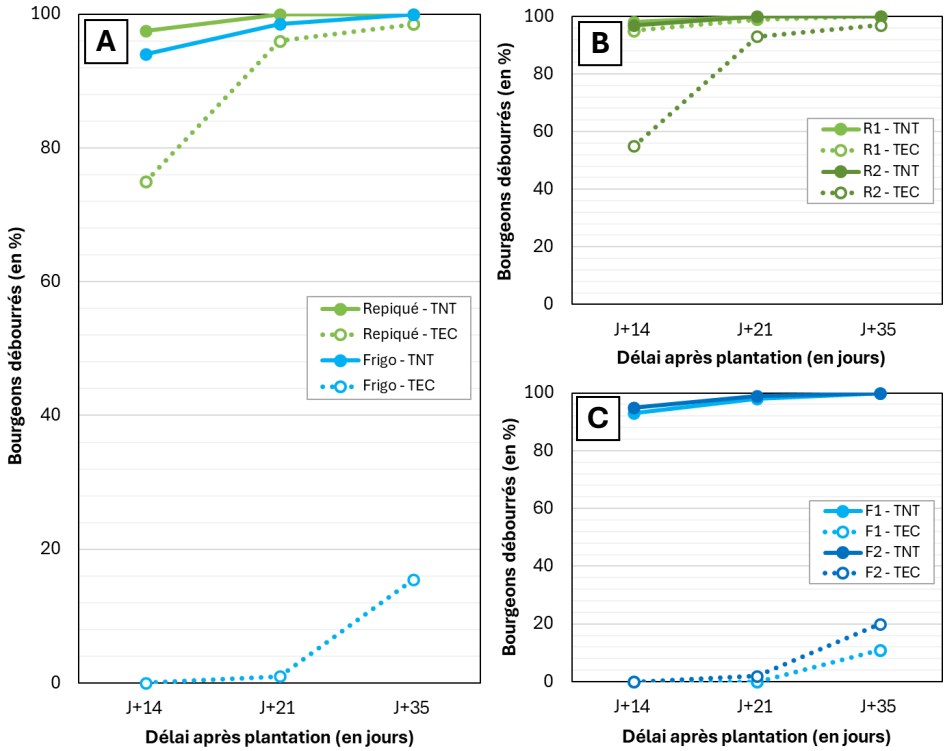

Figure 9 : Effet de deux modalités de traitement (TNT : témoin non traité, TEC : 50 °C – 45 min) sur le pourcentage de bourgeons débourrés à 14, 21 et 35 jours après plantation sur : **A**, les plants repiqués et plants de frigo (moyenne des lots, effet du type de plants) ; **B**, les plants repiqués uniquement (lots R1 et R2, effet de l'assemblage) et **C**, les plants de frigo uniquement (lots F1 et F2, effet de l'assemblage).

○ Taux de réussite et vigueur de la végétation

A l'exception du **lot F2**, il n'y a **pas d'effet du TEC** sur le **taux de réussite** des plants repiqués et plants de frigo. Les **pesées** ont des valeurs **équivalentes** ou légèrement plus élevées pour les témoins que pour les lots traités (**Tableau 9**).

Tableau 9 : Taux de réussite (en %) et poids moyen (en grammes) des plants repiqués et plants de frigo selon deux modalités de traitement (TNT : témoin non traité, TEC : 50 °C – 45 min).

Type	Lots	Modalité	Taux de réussite (en %)	Poids moyen d'un plant (en g)
Repiqués	R1	TNT	94	17
		TEC	95	13
	R2	TNT	97	22
		TEC	96	27
Plants Frigo	F1	TNT	93	17
		TEC	96	12
	F2	TNT	96	-
		TEC	89	-

→ Les **plants repiqués traités** ont présenté un léger retard au débourrement mais un taux de réussite équivalent aux lots non traités. Les **plants de frigo traités** par contre, ont présenté un **retard** au débourrement plus important et un taux de réussite plus faible que les lots non traités (de 7 % pour le lot F2).

- **Réhydratation**

Dans cet essai, on s'intéresse à l'effet de la **réhydratation** juste avant la plantation sur des plants **greffés-soudés** (Chardonnay 1068 / SO4) et des **racinés** de porte-greffe repiqués (Riparia cl.1030).

Le matériel végétal est soit **traité à l'eau chaude** (TEC : 50°C – 45 min) soit **non traité** (TNT : témoin non traité). Après le TEC, les plants sont conservés en sacs microperforés et en chambre froide pourvue d'humidificateurs. L'effet de la réhydratation est testé selon **quatre modalités** :

- Pas de réhydratation ;
- Réhydratation pendant 24 heures ;
- Réhydratation pendant 24 heures (racines) ;
- Réhydratation pendant 48 heures.

Les plants sont réhydratés par immersion totale, excepté pour une modalité, où seules les racines sont trempées. Les plants du lot sans réhydratation ont été plantés tels quels après leur sortie de chambre froide.

  - Taux de reprise

Les **taux de reprise** toutes modalités confondues sont compris entre **96 et 100 %,** le plus haut taux étant enregistré pour le lot Chardonnay cl.1068 / SO4 non réhydraté et non traité (**Tableau 10**).

Tableau 10 : Taux de reprise (en %) des plants selon quatre modalités de réhydratation (Pas de réhydratation, réhydratation pendant 24h, 24h uniquement racines et 48h) et deux modalités de traitement (TNT : témoin non traité, TEC : 50 °C – 45 min).

Modalités		Pas de réhydratation		Réhydratation 24h		Réhydratation 24h (racines)		Réhydratation 48h	
		TNT	TEC	TNT	TEC	TNT	TEC	TNT	TEC
Chardonnay cl.1068 / SO4	Nombre de plants	5 x 50	5 x 50	5 x 50	5 x 50	5 x 50	5 x 50	5 x 50	5 x 50
	Taux de reprise (en %)	100	98	99,2	100	98,8	98,8	98,8	98
Riparia cl.1030	Nombre de plants	5 x 50	5 x 50	5 x 50	5 x 50	-	-	5 x 50	5 x 50
	Taux de reprise (en %)	98	96	99,6	97,6	-	-	98,4	98,4

→ Les **taux de reprise** obtenus entre les différentes modalités sont **très proches** et montrent une absence d'effet de la réhydratation. Le **TEC ne déshydrate donc pas les plants** et ne nécessite pas une réhydratation systématique. Cependant, il est important de s'assurer de **conserver** les plants traités dans des **conditions optimales**.

- **Coupe des racines**

L'impact de la **coupe des racines des plants** avant TEC a été étudié sur **deux assemblages** (Chardonnay cl.1068 / SO4 cl.762 B2 et Grenache B cl.141 / 3309C) selon deux modalités de coupe :

- Racines entières ;
- Racines coupées.

Les plants sont ensuite soit **traités à l'eau chaude** (TEC : 50°C – 45 min) soit **non traités** (TNT : témoin non traité).

- Taux de reprise

Les **taux de reprise** des greffés-soudés sont compris entre **96 et 100 %**, toutes modalités confondues (**Tableau 11**).

Tableau 11 : Taux de reprise (en %) des greffés-soudés selon deux modalités de coupe (racines entières ou racines coupées) et deux modalités de traitement (TNT : témoin non traité, TEC : 50 °C – 45 min).

Assemblage	Modalité de traitement	Racines	Nombre de plants	Taux de reprise (en %)
Chardonnay cl.1068 / SO4 cl.762 B2	TNT	Entières	50	100
		Coupées	50	100
	TEC	Entières	50	100
		Coupées	50	100
Grenache B cl.141 / 3309C	TNT	Entières	100	100
		Coupées	100	99
	TEC	Entières	100	96
		Coupées	100	96

→ Il n'y a **pas d'impact** de la **coupe des racines** sur les **taux de reprise** des plants, qu'ils soient traités ou non traités.

Conclusion – TEC sur plants

Ces essais visaient à étudier l'effet des différentes modalités du **TEC** réalisé sur des plants.

Le **TEC de référence** (50 °C – 45 min) provoque un retard au débourrement des greffés-soudés. Ce retard est néanmoins transitoire, et n'est pas accompagné d'effet négatif sur le taux de réussite ou la vigueur des plants.

Afin de préciser l'effet observé, la **température** a été augmentée par **palier de 0,5 °C** pour une même durée de TEC. Jusqu'à 50 °C, l'impact sur la vitesse de débourrement des greffés-soudés reste relativement faible. Au-delà, le pourcentage de bourgeons débourrés diminue fortement avec l'augmentation de la température. Pour autant, ce retard de développement est rapidement résorbé et seule une température de **52 °C** entraine un **effet négatif** sur le taux de réussite.

Les essais sur le **délai** entre le **TEC** et la **plantation** ont permis d'établir qu'il était préférable d'**espacer** les deux opérations d'au moins **une semaine** pour éviter des retards au débourrement trop importants.

L'étude de l'impact de la **période de réalisation** du TEC a montré qu'un **TEC trop tardif** dans l'année pouvait entraîner une baisse de la vitesse de débourrement et du taux de réussite des greffés-soudés.

Les essais sur le **type de plants** (greffés-soudés repiqués ou repiqués de frigo) ont mis en évidence la grande sensibilité des **plants de frigo** au TEC. Ces derniers ne doivent donc pas être traités.

Enfin, ni la **réhydratation des plants** ni la **coupe des racines** avant le TEC n'a démontré d'effet sur les taux de reprise des plants.

Partie III – TEC sur bois

- **TEC de référence**

L'influence du **TEC sur bois** a été étudiée sur des **boutures greffons** (Viognier cl.642) et **porte-greffes** (Fercal cl.242 B3) selon deux modalités :

- Témoin non traité (TNT) ;
- Traitement à 50 °C – 45 minutes (TEC).

Après traitement des bois, les boutures sont stockées en chambre froide jusqu'au moment du greffage. Quatre répétitions de 150 plants ont été réalisées par modalité de traitement, soit un total de 1200 plants.

- Taux de réussite

Les greffés-soudés issus de **boutures non traitées** présentent un taux de réussite moyen de **66 %** contre **59 %** pour les greffés-soudés issus de **boutures traitées** (**Figure 10**). Cette différence n'est pas significative statistiquement.

→ Le TEC réalisé sur boutures n'entraîne **pas d'effet significatif** sur le **taux de réussite** des plants.
→ Bien que non négligeable, l'écart de 7 % reste **inférieur** à la **variabilité** observée chez les témoins non traités (écart-type de 12,7 %).

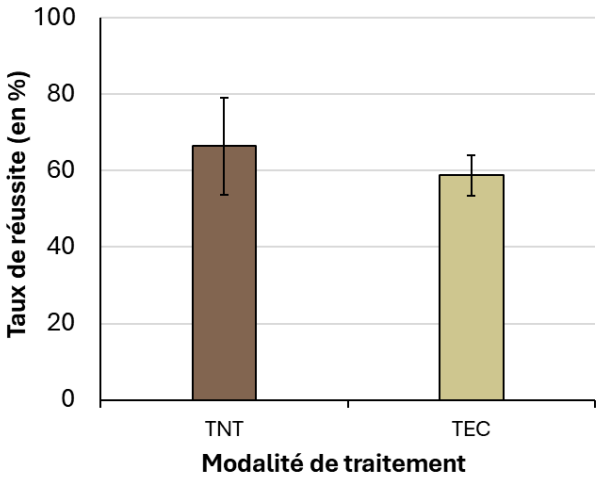

Figure 10 : Taux de réussite (en %) selon deux modalités de traitement (TNT : témoin non traité, TEC : 50 °C – 45 min). Moyenne des quatre répétitions, les barres verticales représentent l'écart-type.

- **Gradient de température**

L'influence de **la température** a été étudiée selon **un gradient** de **10 modalités**, allant de **48 à 52 °C** par paliers de **0,5 °C**. La durée du traitement est fixée à 45 minutes.

Le **TEC** est réalisé sur des **boutures greffons** (Viognier cl.642) et **porte-greffes** (Fercal cl.242), traitées avant assemblage (200 plants greffés par traitement). Les traitements ont été réalisés le 31 mars 2011 et les boutures sont stockées en chambre froide jusqu'au moment du greffage, le 11 avril. La plantation a eu lieu le 4 mai.

Remarque : lors des traitements, les enregistrements de température ont donné la même moyenne pour les modalités à 49 °C et à 49,5 °C, à savoir 49,2 °C. Elles sont ici considérées toutes deux comme une répétition d'un même traitement.

- Taux de réussite

Les taux de réussite sont compris entre **46 et 71 %** (**Tableau 12**). Les différences observées entre les modalités semblent davantage s'expliquer par la **variabilité expérimentale** que par un effet du TEC. En effet, l'écart observé entre les valeurs extrêmes (témoin et 52 °C) est du même ordre de grandeur que celui mesuré entre les deux modalités proches (49 et 49,5 °C).

Tableau 12 : Taux de réussite (en %) selon la modalité de traitement (TNT : témoin non traité et TEC selon le gradient de température).

	TNT	Température du TEC (en °C)								
		48	48,5	49	49,5	50	50,5	51	51,5	52
Taux de réussite (en %)	71	63	57	64	59	54	46	59	62	66

→ Les boutures semblent **moins sensibles** à l'augmentation de la température du TEC que les plants.

- ## Délai avant greffage

Le **TEC** peut intervenir à différents moments tout au long du processus de fabrication et de conservation des plants. Dans cet essai, on étudie **l'effet de l'allongement du délai** entre le TEC et le **greffage**.

Le matériel végétal est **traité** sous forme de **boutures greffons** (Chardonnay cl.76) et **porte-greffes** (SO4 cl.762) puis stocké en chambre froide après le traitement selon deux délais :

- 5 jours ;
- 26 jours.

24 heures avant le greffage, les bois sont débités en yeux prêts à greffer et en fractions et mis à tremper dans de l'eau à température ambiante afin de les réhydrater. Les greffages ont été réalisés le 12 avril 2011, la plantation le 10 mai.

○ Taux de réussite

Les **taux de réussite** sont compris entre **59** et **63 %** (**Figure 11**). Le meilleur résultat a été obtenu pour le **lot traité** et **conservé près d'un mois** avant greffage en chambre froide. En l'absence de répétitions, il est difficile de dire si ces différences sont significatives ou pas.

→ Dans cet essai, les **boutures** n'ont pas montré de sensibilité au TEC.

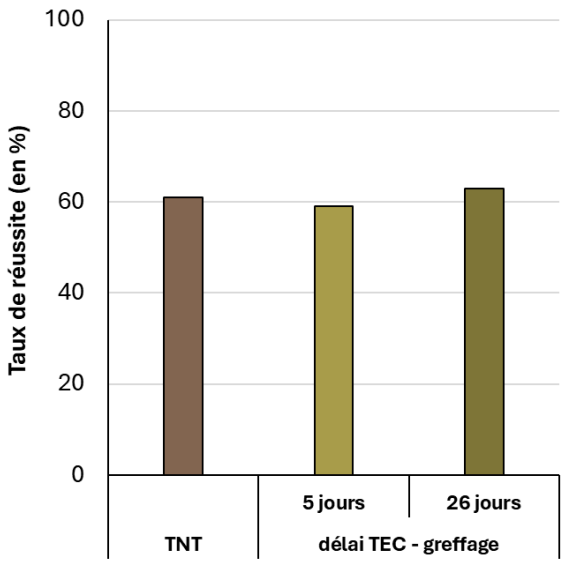

Figure 11 : Taux de réussite (en %) des greffés-soudés selon trois modalités de traitement (TNT : témoin non traité, délai TEC-greffage de 5 et 26 jours ; TEC : 50 °C – 45 min).

- ## Porte-greffe

Afin d'étudier l'impact du **TEC** sur **deux variétés** de porte-greffe, SO4 et Fercal, on réalise deux assemblages : Chardonnay cl.76 / SO4 cl.762 et Ugni B cl.638 / Fercal cl.242.

Les bois sont **traités** sous forme de **boutures greffons** et **porte-greffes** non débitées le 17 mars 2011, puis stockés en chambre froide jusqu'au moment du greffage le 12 avril, soit 26 jours plus tard. La plantation a lieu le 4 mai pour le Fercal, le 10 mai pour le SO4.

600 plants par assemblage ont été greffés, à raison de **trois répétitions** de 200 plants. À la suite d'un problème lié au greffage, les résultats suivants sont issus de la moyenne des deux premières répétitions.

- Taux de réussite

Les **écarts observés** entre les taux de réussite des **lots traités** et **non traités** sont **faibles**. De la même façon, il n'y a pas de différence majeure entre les assemblages (**Tableau 13**).

→ Il n'y a **pas de différence significative** entre les variétés de porte-greffe. Il serait cependant intéressant de reprendre cet essai avec des quantités de plants plus importantes permettant de réaliser une analyse statistique, et d'étendre l'étude à d'autres variétés.

Tableau 13 : Taux de réussite (en %) des deux assemblages de greffés-soudés selon deux modalités de traitement (TNT : témoin non traité, TEC : 50 °C – 45 min). Moyenne de deux répétitions.

	Taux de réussite (en %)	
Modalité de traitement	Chardonnay / SO4	Ugni B / Fercal
TNT	61	61
TEC	63	59

Conclusion – TEC sur bois

Ces essais visaient à étudier l'effet des différentes modalités du **TEC** réalisé sur des **boutures greffons** et **porte-greffes**.

Globalement, les **boutures** apparaissent beaucoup plus **tolérantes aux conditions du TEC** que les plants : ni le TEC de référence (50 °C – 45 minutes) ni l'augmentation graduelle de la température du TEC n'ont eu d'impact significatif sur le taux de réussite des plants.

L'**allongement du délai** entre le **TEC** et le **greffage** n'a pas eu de conséquence sur le taux de réussite.

Enfin, le **choix du porte-greffe** (dans nos conditions, SO4 ou Fercal) ne semble pas non plus être déterminant.

• Tableau récapitulatif •

		Effet du TEC sur plants * (plants de l'année, repiqués et/ou frigo)
Site de réalisation	Protocole propre à chaque site	**Sans bonnes pratiques du TEC :** Taux de réussite : diminution chez les lots traités et forte hétérogénéité entre les sites
	Protocole standardisé IFV	**Avec bonnes pratiques du TEC :** Taux de réussite : proches entre lots traités et non traités et entre les sites
Modalités du TEC	TEC de référence 50 °C - 45 min	Vitesse de débourrement : diminution mais transitoire Taux de réussite : pas d'effet Vigueur : pas d'effet
	Gradient de T °C	Vitesse de débourrement : diminution avec la hausse de la T °C, mais transitoire Taux de réussite : pas d'effet sauf à 52 °C
	Délai TEC - plantation	Vitesse de débourrement : diminution si délai inférieur à 6 jours Taux de réussite : pas d'effet
	Période de réalisation	Vitesse de débourrement : diminution pour un TEC tardif (mai) Taux de réussite : diminution pour un TEC tardif (mai)
Matériel végétal	Type de plants	**Plants repiqués vs plants de frigo :** Vitesse de débourrement : diminution marquée chez plants de frigo Taux de réussite : diminution marquée chez plants de frigo
	Réhydratation	Taux de reprise : pas d'effet
	Coupe des racines	Taux de reprise : pas d'effet

		Effet du TEC sur bois * (greffons et/ou porte-greffes)
Modalités du TEC	TEC de référence 50 °C - 45 min	Taux de réussite : pas d'effet
	Gradient de T °C	Taux de réussite : pas d'effet
	Délai TEC - greffage	Taux de réussite : pas d'effet
Matériel végétal	Porte-greffe	Taux de réussite : pas d'effet

* Les bonnes pratiques du TEC sont respectées et le matériel ne présente pas de défaut particulier (aoûtement et mise en réserve)

• Financements •

Ces essais ont été co-financés par FranceAgriMer et la Fédération Française de la Pépinière Viticole (FFPV)

• Date de publication •

Octobre 2026

• Contributeurs •

Essais menés par :

Véronique TASSART-SUBIRATS
Pascal BLOY
Cédric STESSELS
cedric.stessels@vignevin.com

Rédaction :

Véronique TASSART-SUBIRATS
Juliane DAUSSY

Relecture :

Coraline DAMASIO
Olivier YOBREGAT
Cédric STESSELS
Anastasia ROCQUE
Marion IVALDI

• Crédit photo •

Grégoire Edouard, FFPV, Vitipep's

Institut Français de la Vigne et du Vin

Route de l'Espiguette
30240 Le Grau-du Roi

www.vignevin.com

Membre de :