

- pépiniéristes
- propriétaires
- entreprises de plantation
- gestionnaires, conseillers

## Intérêt des chambres froides à très froides dans la conservation des plançons de Peuplier

### Le problème

Depuis plusieurs années, la durée de la période de plantation se raccourcit :

- la chute des feuilles est plus tardive, ce qui conduit à commencer la récolte des plançons plus tardivement en pépinière,
- le débourrement est plus précoce, ce qui réduit la saison de plantation,
- de plus, les inondations hivernales ont tendance à être plus fréquentes dans certaines régions, ce qui pousse à des décalages de plantation.

Parallèlement, on constate une augmentation du besoin de plantation.

En conséquence :

1. la période de plantation est parfois surchargée, avec des conditions de travail plus tendues,
2. le nombre de plantations trop tardives (avril-juin) augmente
3. des plantations doivent être reportées plus fréquemment.

Ces conséquences ont des impacts négatifs pour le propriétaire, le pépiniériste, l'entreprise de plantation, et à terme la filière.

### L'objectif : évaluer l'intérêt de la conservation en chambre froide positive et négative face au raccourcissement de la période de plantation

Même si quelques rares pépiniéristes utilisent déjà des chambres froides pour conserver des plançons de peuplier avec de bons résultats sur des plantations tardives, il restait à en confirmer l'intérêt et à identifier des réponses solides aux questions de tous les pépiniéristes :

- jusqu'à combien de temps peut-on gagner par rapport à la conservation en jauge extérieure ?
- y a-t-il un intérêt à conserver en froid négatif (entre 0 et -4°C) par rapport au froid positif (0 à +4°C) ?
- y a-t-il des différences de taux de reprise après conservation au froid, selon les régions ?
- quels sont les impacts des différents modes de conservation en fonction des cultivars ?

**Une expérimentation avec un protocole rigoureux conçu par le FCBA et le CNPF-IDF a été réalisée en 2023, dont les résultats clairs sont présentés ci-après.**

Cette action du CNP a bénéficié d'un financement de la part de :

France Bois Forêt, MASA, Région Nouvelle-Aquitaine, Région Grand-Est, Région Pays de la Loire.



Le présent document peut être téléchargé depuis la Bibliothèque technique du site Peupliers de France. <https://www.peupliersdefrance.org/fr/bibliotheque-technique>

## Quelques mots sur l'expérimentation

- Trois modalités de conservation testées : jauge extérieure (témoin), chambre en froid positif, chambre en froid négatif.
- Trois sites expérimentaux pour trois zones climatiques : Grand-Est, Pays de la Loire, Sud-Ouest.
- Cinq cultivars testés pour représenter l'éventail des périodes de débourrement.
- 4 dates de plantation pour pouvoir identifier la période limite de plantation.
- Pour chacun des trois sites expérimentaux : 1620 plants suivis répartis sur trois répétitions, 6 dates de mesures.
- Un protocole rigoureux pour maximiser les chances de disposer de résultats fiables.

Le comité de pilotage a été constitué de spécialistes peupliers issus du CNP, du syndicat des pépiniéristes, du FCBA, du CNPF-IDF, de la FNEDT, et des opérateurs associés Forelite, CNPF Grand-Est, CNPF Pays de la Loire, CNPF Nouvelle-Aquitaine.

Après une phase de préparation en 2020-2021, la recherche des sites, la définition précise du protocole, la sélection des entreprises de plantation, la commande des plants, la préparation des terrains etc. ont été réalisés en 2022. L'expérimentation a démarré début février 2023 avec la mise en stockage des 4860 plants dans les deux chambres froides et la jauge extérieure témoin. Le regroupement préalable des plants, issus de plusieurs pépiniéristes pour disposer des cultivars nécessaires, a été réalisé sur le site de Forelite qui disposait des chambres froides et de la logistique nécessaires. Les plantations se sont espacées du 20 février au 1<sup>er</sup> juin 2023. Les mesures ont été réalisées de fin février jusqu'à fin octobre 2023.

## Les principaux résultats de cette expérimentation 2023

**Les résultats sont similaires pour les trois sites, seul un décalage de date de débourrement est observable essentiellement entre le nord et le sud.**

L'expérimentation n'a pas montré de différence significative entre les Pays de la Loire et le Grand-Est. Un décalage d'environ un mois a été confirmé entre ces deux sites du nord de la France et celui du Sud-Ouest.

**La conservation au froid permet d'allonger la période de plantation, en conservant un excellent taux de reprise.**

Usuellement, après février/mars selon les régions, le risque augmente rapidement de voir apparaître une moins bonne reprise des plants avec des mortalités inacceptables par le populi-culteur.

La conservation en chambre froide permet de gagner au moins 8 semaines par rapport à la date maximale observée habituellement pour un stockage en jauge extérieure, donc en allant jusqu'à fin avril ou fin mai selon les régions, et cela en conservant un excellent taux de reprise. Comme toujours, le planteur devra nuancer ce gain selon les années en fonction de la météo.

**Les résultats semblent plutôt meilleurs pour la modalité Froid négatif, avec un avantage qui paraît léger par rapport à la modalité Froid positif.** Pour la date de plantation la plus tardive (date 4), un écart significatif existe dans deux sites sur trois sur la mortalité, et dans un site sur trois pour l'accroissement.

En revanche, des observations pratiques hors de ce dispositif d'essai semblent montrer que le stockage en chambre à froid négatif bloque mieux le débourrement que le stockage en chambre à froid positif, et de manière particulièrement nette pour les variétés précoces et lorsque la saison

s'avance. Le comité de pilotage estime que le stockage en froid négatif apporte un effet de sécurité en limitant les risques de débourrement trop rapide après la sortie de la chambre froide et donne du temps pour la logistique avant plantation.

**Plus un cultivar débourre précocement, plus l'intérêt est grand de le conserver en chambre froide.** Ce résultat était attendu et il est clairement confirmé.

**Le passage au froid permet d'espérer un léger gain de croissance en première année malgré une plantation tardive**, bien évidemment à la condition que le travail du sol nécessaire soit réalisé. Ce résultat était inattendu, mais les résultats des mesures sont nets. Ils sont cohérents avec des résultats d'autres dispositifs, qui montrent par exemple que la rhizogénèse (formation des racines) est meilleure quand le plançon est passé par une période de froid marqué.

**Le rallongement de la période de plantation par l'utilisation de plançons stockés en chambre froide permet au populteur d'éviter de reporter une plantation qui s'annonce tardive et de perdre un an** (avec de surcroît des surcoûts potentiels). A un niveau plus global, il est également positif pour la filière d'éviter les reports de plantation dès lors que la qualité de plantation reste maintenue.

### Les principales règles de bon sens à respecter pour obtenir de bons résultats

- La mise en chambre froide doit être réalisée impérativement avant début février, en repos complet de végétation et bien avant que les plants ne commencent à démarrer.
- En particulier en fin de période de plantation, rester vigilant sur les conditions météo et l'état hydrique des sols : le passage en chambre froide permet de gagner des semaines de plantation, mais l'application du savoir-faire habituel reste impérative.
- Le stockage des plançons ne doit pas être réalisé dans des chambres froides où sont (ou ont été) également stockées des denrées non compatibles avec nos objectifs de conservation. On pense notamment aux effets de l'éthylène (par ex. stockage de pommes) qui provoque le débourrement des plançons en chambre froide.
- Dans les chambres à froid positif, la conservation d'un taux d'hygrométrie élevé permet de maintenir les plançons dans un bon état hydrique et éviter leur dessèchement. Ceci dépend de diverses conditions, dont la fréquence et la durée d'ouverture des portes. Par exemple, compte-tenu des besoins de cette expérimentation, une chambre froide mobile de faible dimension a été louée, rarement ouverte, et aucun apport d'eau n'a été nécessaire.

### Conclusion

**Il est confirmé que le stockage de plançons en chambre froide permet d'allonger de manière significative et sécurisée la période habituelle de plantation.**

La différence de coût de fonctionnement entre froid positif et négatif semble mineure par rapport aux impacts de la gestion des chambres froides : ouverture des portes, inertie liée à la masse stockée...

Il appartient à présent aux pépiniéristes d'évaluer l'intérêt des différentes options qui se présentent à eux, au regard des résultats exposés ci-dessus et des situations locales de chacun.

## Adapter les conditions de plantation et de reprise des plants de peuplier au changement climatique grâce à un stockage au froid adapté

### Bilan de l'expérimentation – Document de diffusion 2024

Cette action a bénéficié d'un financement de la part de :

France Bois Forêt, MASA, Région Nouvelle-Aquitaine, Région Grand-Est, Région Pays de la Loire.



RÉGION  
**Nouvelle-  
Aquitaine**



Région  
**PAYS DE LA LOIRE**

## Table des matières

Chronologie – déroulement global.....	1
Réunions du Comité de pilotage .....	3
Dispositif expérimental terrain .....	3
Chambres froides et jauges.....	6
Planning de livraison .....	7
Mesures réalisées.....	8
Principaux résultats .....	9
1) Résultats de l'étude.....	9
2) Informations utiles complémentaires.....	9
Annexe 1 - Convention type entre le CNP et les populteurs .....	11
Annexe 2 : rapport FCBA pages suivantes.....	13

## Chronologie – déroulement global

Les premières demandes de financement de septembre 2020 visaient un démarrage du programme en 2021 (recherche des parcelles, construction du protocole, commande des plants, préparation logistique) pour une mise en place des dispositifs expérimentaux sur le terrain au premier semestre 2022 et une analyse des résultats fin 2022.

L'ensemble des financements nécessaire au programme n'a pu être confirmé que fin 2021 et début 2022, décalant l'ensemble du programme d'un an. Nous remercions les différents financeurs pour la compréhension dont ils ont fait preuve.

Déroulement des opérations :

fin 2020 à fin 2022	Réunions du Comité de pilotage pour définir la totalité de la logistique, définition précis du protocole expérimental et des implantations sur les parcelles.
début 2022	Finalisation des conventions de financement.
2° et 3° trimestres 2022	<b>Recherche et validation des trois sites. Les trois sites retenus sont :</b> - <b>49160 Longué-Jumelles</b> (indiqué « Beaufort-en-Vallée » dans le rapport FCBA) ; - <b>10240 Vaucogne</b> ; - <b>47400 Villeton</b> .
mai 2022	Commande des plants et règlement des acomptes.
fin 2022 / début 2023	Signature des conventions avec les organismes chargés de la mise en place terrain et de la recherche (CRPF GE, CRPF PDL, CRPF NA, CNPF IDF et FCBA) Signature des conventions avec les propriétaires des terrains Signature des devis avec les entreprises de plantation.
7 février 2023	<b>Etiquetage individuel de chacun des 4860 plants.</b> <b>Installation de 3240 plants dans les deux chambres froides.</b>
Septembre 2022 - Février 2023	Préparation du sol des parcelles Réalisation des plans d'implantation pour chaque site Piquetage des dispositifs
23 février au 1 <sup>er</sup> juin 2023	<b>Expéditions des plants et plantations</b> , de manière échelonnée et selon le protocole et le planning définis <b>Mesures et notation</b> des plants selon le protocole défini
juillet – octobre 2023	dernières mesures
octobre 2023	Saisie des données mesurées et des notations réalisées sur les plans Récupération des données de températures Transmission de ces données au FCBA pour analyse
novembre 2023	<b>Analyse des données par FCBA</b> <b>Règlement de l'ensemble des factures et gestion comptable</b> Clôture des conventions organismes et propriétaires <b>Rédaction du bilan de l'opération</b> <b>FIN DE L'ACTION</b>
décembre 2023 à février 2024	Derniers échanges sur les résultats et leur analyse Gestion administrative, comptable, écriture des bilans

La clôture administrative et comptable s'est achevée au second trimestre 2024.

Les modalités de diffusion ont été actées en juin 2024.

La synthèse a été créée puis validée en août septembre 2024.

## Réunions du Comité de pilotage

*Participants techniques du Comité de pilotage :*

**Gabriel Chazallon** (CNP), **Eric Paillassa** (CNPf-IDF), **Hervé Lemaire** (CRPF Nouvelle-Aquitaine), **Patrick Blanchard** (CRPF Bretagne-Pays de Loire), **Nicolas Vanderheeren** ou **Yago Pereira da Silva** (CRPF Grand-Est), **Alain Rousset** (CRPF NA), **Eric Vandromme** (pépiniériste), **Loïc Iffat** et **Olivier Morraglia** (Forelite), **Alain Berthelot** (FCBA/GIS peuplier), **Martin Poupart** (FNEDT), **Emmanuel Naudin** (CNP).

	Sujets et décisions
7 mars 2022	<ul style="list-style-type: none"><li>• Information sur les éléments de contexte et financement</li><li>• Organisation de la recherche de sites et des entrepreneurs</li><li>• Définition d'un cahier des charges pour les sites et entrepreneurs</li><li>• Réflexion sur les implantations et Gestion des risques (inondations, grand gibier)</li><li>• Choix relatifs au type de transport des plants</li><li>• Calendrier prévisionnel</li></ul>
18 mai 2022	<ul style="list-style-type: none"><li>• Etat d'avancement de la recherche de site, premières décisions</li><li>• Principes retenus pour le dispositif d'implantation, comment prendre en compte la mortalité prévisible dans le dispositif final post-expérimentation.</li><li>• Identification des fournisseurs de plants selon les cultivars du protocole</li><li>• Comment identifier et tracer les plants</li><li>• Cadrage des futures conventions avec les propriétaires</li><li>• Logistique de plantation (délais de livraison, affinage des dates, cadrage de la répartition des tâches entre ETF et CRPF)</li><li>• Cadrage pour devis organismes, ETF, fournisseurs, conventions organismes</li><li>• Calendrier</li></ul>
30 juin 2022	<ul style="list-style-type: none"><li>• Définition des deux premiers sites</li><li>• Réévaluation des coûts compte tenu de la complexité de plantation et surtout des impacts sur le coût des chambres froides de la hausse du prix de l'énergie</li><li>• Ajustements avec France Bois Forêt</li><li>• Décisions finales sur le marquage des plants, la mise en bottes, le suivi</li></ul>
19 février 2024	<ul style="list-style-type: none"><li>• Examen et validation du rapport technique, précisions pour le rapport final.</li></ul>

Au-delà de ces réunions, de nombreux échanges ont eu lieu avec les différents partenaires et intervenants pour affiner la logistique et le protocole, et valider les documents produits.

## Dispositif expérimental terrain

Il est conforme aux dispositions générales prévues, avec 3 modalités testées (témoin, froid positif, froid négatif), 5 cultivars représentant l'éventail des types de débourrement), 3 répétitions et 9 plants par répétition, 4 dates de plantation, et le tout dupliqué sur trois sites. Soit un total de 4860 plants, avec 1620 plants par site.

L'espacement de plantation retenu est de 3.5 x 3.5 m (816 plants/ha) pour pouvoir trouver des sites de surface raisonnable (2 ha), et pour remettre facilement la plantation à 204 t/ha si le propriétaire le souhaitait.

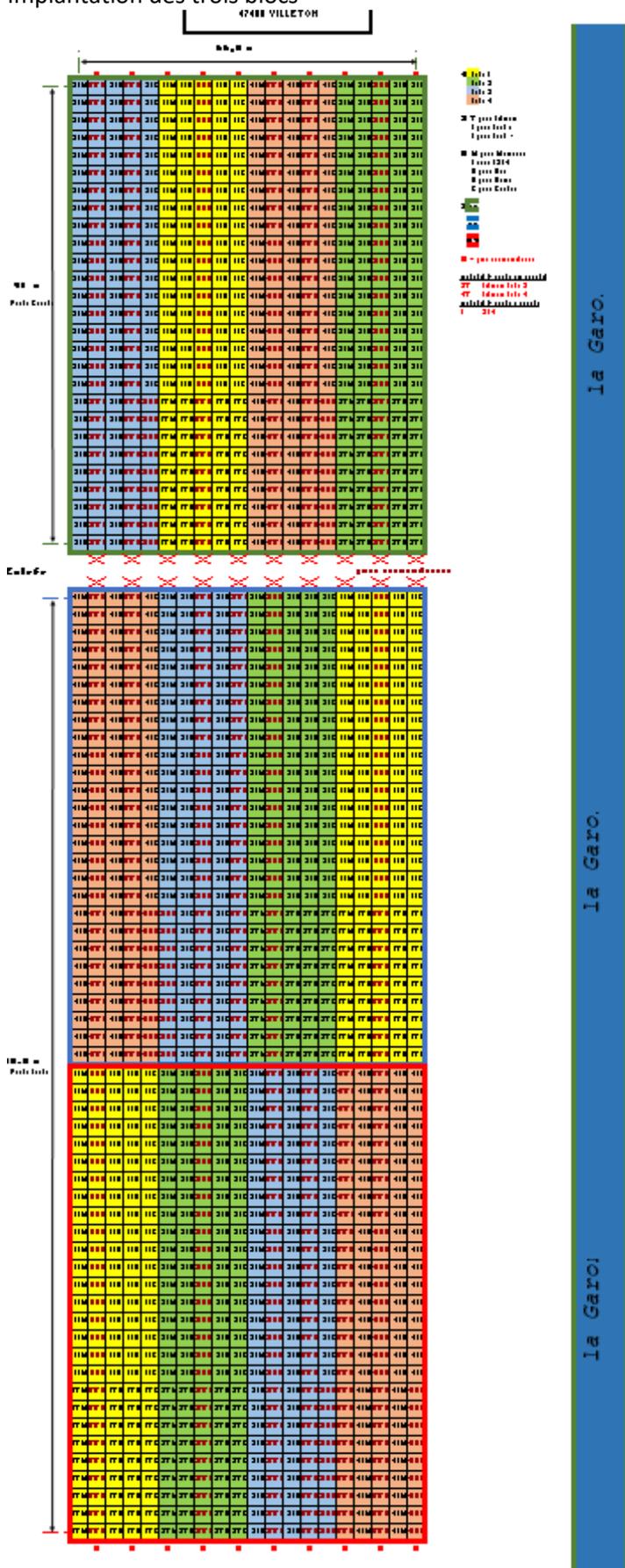
L'implantation des modalités a pris en compte la mortalité prévisible, pour laisser au propriétaire une parcelle viable à densité finale, et bien sûr la forme des parcelles.

Le protocole a été conçu par le CNPF IDF et le FCBA avec l'appui du comité de pilotage.

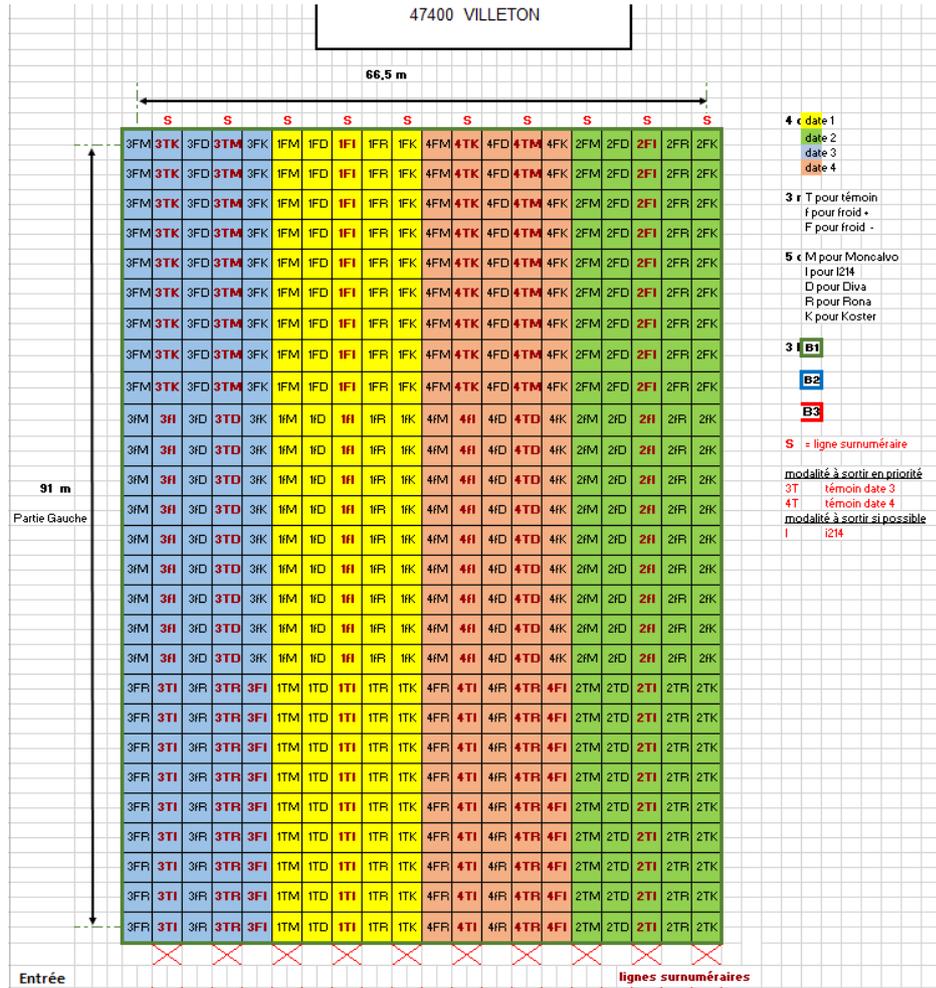
Les plans d'essais ont été conçus par le CNPF IDF à partir des informations fournies par les CRPF.

L'implantation sur le terrain a été réalisée par les trois CRPF, sous la supervision du CNPF IDF.

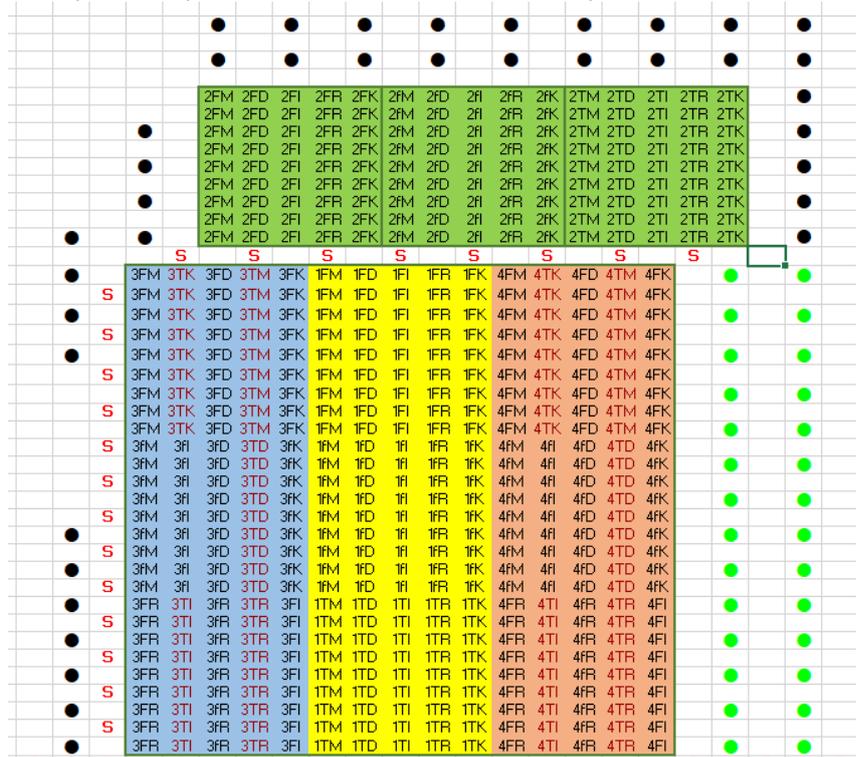
Exemple d'implantation sur la parcelle de 47-Villemont (similaire pour 49-Longué-Jumelles) :  
implantation des trois blocs



### Détail du bloc 1 à 47 - Villetton



### Exemple d'adaptation du bloc 1 à la forme de la parcelle à 10 – Vaucogne



## Chambres froides et jauges

Forelité, qui est partenaire de l'étude, a sur son site de la Dive à Curçay-sur-Dive une grande chambre froide négative. Forelité a mis à disposition de l'étude une partie de cette chambre.

De manière à simplifier la logistique, la chambre froide positive a été louée le temps nécessaire et mise en place sur ce même site de la Dive, chez Forelité qui en a assuré la mise en place et la gestion.

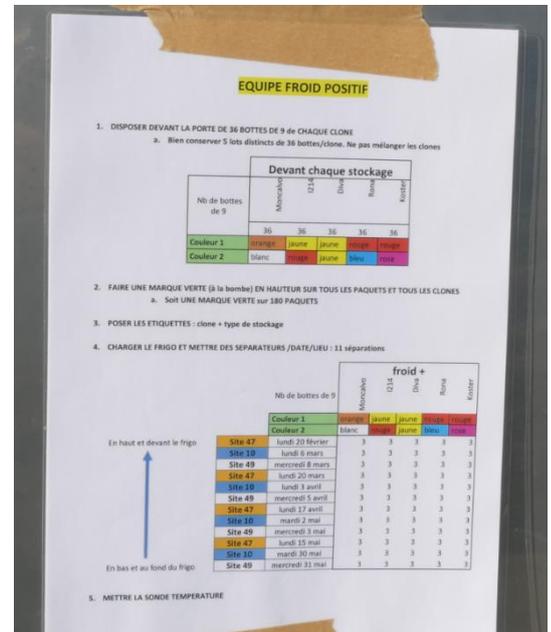
Les 4860 plants ont été individuellement étiquetés et ont reçu chacun un code peinture spécifique, permettant d'identifier le cultivar et la modalité. Des paquets de 9 plants du même cultivar ont été préparés.

Ils ont été répartis selon les trois modalités (témoin, froid+, froid-), par site, et par date d'expédition. Ce travail a été réalisé le 7 février 2023 par Forelité avec l'appui d'Eric Paillassa (CNPf IDF) et d'Emmanuel Naudin (CNP), le jour de la mise en chambre froide pour les deux modalités testées.

Tous les plants témoins ont d'abord été stockés en jauge chez Forélité, puis expédiés sur chacun des 3 sites dans les jauges en plein air prévues à proximité immédiate des dispositifs.

Afin de s'assurer du respect des températures dans les chambres froides, le CNP y a placé des sondes enregistreuses de température pendant toute la durée de stockage. Trois autres sondes ont été implantées au niveau des jauges en plein air pour les témoins pendant le stockage, puis au niveau des parcelles une fois tous les plançons plantés.

L'analyse des données de température des chambres froides (une mesure toutes les 5 mn), montre que le cahier des charges a été respecté dans chacune (cf. rapport FCBA annexé).



### Etiquetage



### Code couleur pour chaque plant



### Stockage en chambre Froid positif



Stockage Chambre froid négatif



Enregistreur de température



## Planning de livraison

Compte tenu du protocole nécessitant de réaliser les plantations à différentes dates, un travail conséquent a été réalisé pour assurer la synchronisation entre :

- la logistique d'expédition et livraison des plants (Forelite + transporteur),
- réception des plants et mise en jauge des témoins (entrepreneur, personnel CRPF pour les mesures et notations),
- entreprise de plantation.

Le tout devant respecter un cahier des charges assurant 3 jours grand maximum entre l'expédition et la plantation.

A titre indicatif, voici le calendrier avec les dates et le nombre de plants livrés à chaque fois par modalité.

				Contenu des livraisons						Site 47						site 49					site 10					Totaux GE
Date limite date de récoltes des plants				en nombre de plants à livrer				Moncalvo	I 214	Diwa	Rona	Koster	Totaux 47	Moncalvo	I 214	Diwa	Rona	Koster	Totaux 49	Moncalvo	I 214	Diwa	Rona	Koster	Totaux GE	
Date limite date de récoltes des plants				lundi 16 janvier																						
Date de mise au froid				positif mardi 7 février																						
				négatif mardi 7 février																						
Date de départ Curçay sur Dive				Site 47	Site 49	Site 10																				
				Villetton	Le Breil	Vaucogne																				
				377 km	60 Km	434 km																				
Date février				lundi 20 février	-	-																				
Date mars				lundi 20 mars	mercredi 8 mars	lundi 6 mars																				
Date avril				mardi 18 avril	mercredi 5 avril	lundi 3 avril																				
Date mai				lundi 15 mai	mercredi 3 mai	mardi 2 mai																				
Date juin				-	mercredi 31 mai	mardi 30 mai																				
Livraison sur site au plus tard mercredi en début d'après midi, veille de la plantation																										
Date de plantation				Site 47	site 49	site GE																				
Date février				jeudi 23 février	-	-																				
Date mars				jeudi 23 mars	ven 10 mars (au lieu du 4)	jeudi 9 mars																				
Date avril				jeudi 20 avril	-	jeudi 6 avril																				
Date mai				mercredi 17 mai	jeudi 4 mai	jeudi 4 mai																				
Date juin				-	jeudi 1 juin	jeudi 1 juin																				
Marquage Cultivar																										
				Cultivar	Couleur 1	Couleur 2																				
				Moncalvo	orange	blanc																				
				I 214	jaune	rouge																				
				Diwa	jaune	jaune																				
				Rona	rouge	bleu																				
				Koster	rouge	rose																				

## Mesures réalisées

Le jour de plantation et avant plantation, une notation de la sortie éventuelle de racines a été réalisée sur les paquets de plants prévus pour la plantation du jour.

Réception des plants, tri, et notation



Le jour de plantation et après plantation, des mesures et notations ont été réalisées sur chaque plant individuellement, selon un protocole précis:

- sur les plants plantés le jour même : état, stade de débourrement, circonférence à 1,30 m.
- sur les plants plantés aux dates antérieures : état et stade de débourrement.

Après la dernière date de plantation (D4), un passage complémentaire (D5) a été réalisé un mois après pour noter l'état et le stade de débourrement de chaque plant.

En fin de saison de végétation, une notation de l'état et une mesure de la circonférence à 1,30 m ont été faites sur chaque plant (D6).

Les mesures ont été réalisées par les trois CRPF sous la responsabilité du CNPF IDF.

Plantation selon le schéma précis d'implantation



Mesures



## Principaux résultats

### 1) Résultats de l'étude

L'analyse des données a été réalisée par le FCBA, les premiers résultats ont été discutés en visioconférence FCBA – CNPF IDF – CNP, et le document final résultant figure en annexe.



Principaux enseignements de l'expérimentation :

- **Les trois essais mettent clairement en évidence l'effet bénéfique d'une conservation au froid des plants de peuplier** dès lors que l'on s'éloigne d'une date de plantation « idéale », soit à partir de février ou mars. Rappel : mise en chambre froide tout début février.
- Après ces dates, en l'absence de conservation au froid, le risque augmente rapidement de voir apparaître une mortalité insupportable pour le populiculteur, d'autant plus sévère que les conditions de milieu (profondeur de la nappe, climat) seront sévères ou que les opérations de plantation et d'entretien ne seront pas optimales.
- **Le passage en chambre froide permet alors d'allonger la période de plantation d'au-moins deux mois par rapport aux dates habituelles et selon les régions (jusqu'à fin avril ou fin mai).**
- **Le passage au froid permet même d'espérer un léger gain de croissance en première année**, sans doute à la condition que les entretiens soient bien réalisés au pied des plants et qu'on évite les dates de plantation les plus tardives.
- La différence entre les deux méthodes de conservation au froid (Froid positif et Froid négatif) est moins évidente. Pour la date de plantation la plus tardive (date 4), un écart significatif existe dans deux sites sur trois sur la mortalité, et dans un site sur trois pour l'accroissement. **Globalement, les résultats semblent plutôt meilleurs pour la modalité Froid négatif, avec un avantage qui paraît léger par rapport à la modalité Froid positif.** Ces résultats ouvrent par ailleurs la porte à des réflexions relatives à la compréhension des mécanismes physiologiques de débourrement et de croissance en fonction du niveau de froid.
- **L'intérêt d'une conservation au froid est évidemment plus pertinent pour les variétés les plus précoces.**

### 2) Informations utiles complémentaires

Les Comités de pilotage ont permis de partager des expériences de terrain, s'ajoutant aux résultats d'expérimentation ci-dessus.

- Les conclusions de cette expérimentation sur le débourrement et la sortie des racines pourraient être perturbées en cas de stockage des plants dans des chambres froides où sont entreposées des denrées non compatibles avec nos objectifs. On pense notamment aux effets de l'éthylène (par ex. stockage de pommes) qui accélère le débourrement des plançons. **En cas de partage de la chambre froide, les autres denrées stockées doivent être compatibles avec la bonne conservation des plançons de peuplier.**
- **La différence de coût de fonctionnement entre froid positif et négatif est mineure par rapport aux impacts de la gestion des chambres froides** : ouverture des portes, inertie liée à la masse stockée...

- **Le stockage en chambre froide à froid négatif bloque mieux le débourrement** que le stockage en chambre froide à froid positif. C'est particulièrement net pour les plants de variétés précoces et lorsque la saison s'avance.
- **Le stockage en froid négatif apporte un effet de sécurité** en limitant les risques d'accidents thermiques.
- Pour de bons résultats, **les plançons doivent être mis en chambre froide impérativement avant début février.**
- **Le stockage en chambre froide, en allongeant la durée de plantation de manière sécurisée, peut permettre au populteur et à la filière d'éviter de perdre un an an** (avec de surcroit des surcoûts potentiels). A un niveau plus global, il est également positif pour la filière d'éviter les reports de plantation dès lors que la qualité de plantation reste maintenue.

===== FIN DU RAPPORT TECHNIQUE CNP =====

Le rapport d'analyse du FCBA figure pages suivantes.

## Annexe 1 - Convention type entre le CNP et les populteurs



### Convention d'expérimentation

Entre

le Conseil National du Peuplier (dénommé ci-dessous « CNP »)  
siège social : CNP - c/o CNPF – 47 rue de Chaillot – 75116 PARIS  
adresse de correspondance : CNP – c/o Gabriel Chazallon – Sabathé Bas – 47600 Nérac  
représenté par son président Gabriel Chazallon  
d'une part,

et

XXX

XXX

dénommé ci-dessous « le propriétaire »  
d'autre part,

il est convenu ce qui suit :

#### Article 1 – Objet

Le CNP porte un projet de filière « Adapter les conditions de plantation et de reprise au changement climatique grâce à un stockage au froid des plants avant plantation », dont l'évaluation repose sur la mise en place de 3 expérimentations. Cette convention porte sur l'installation d'une de ces 3 expérimentations sur une parcelle ou partie de parcelle du propriétaire.

L'installation du dispositif et son suivi seront réalisés par le CRPF xxxxxxxx.

#### Article 2 – Particularités de l'expérimentation

Le populteur est informé des caractéristiques générales de l'expérimentation :

- Les plants seront issus de trois pépinières différentes, les deux tiers d'entre eux auront été conservés en chambre froide ou très froide.
- La plantation sera réalisée en 4 fois (4 dates de plantation) entre mars et juin 2023.
- Le peuplement final, sur la surface de l'essai, sera constitué d'un mélange des 5 cultivars étudiés : Moncalvo, I214, Diva, Rona, Koster.
- La plantation initiale sera réalisée avec une densité double de la densité normale. Il est prévu que les plants et lignes surnuméraires seront supprimés et leurs protections enlevées, sauf si le propriétaire souhaite les conserver.
- Pour les dates de plantation tardives et les plants non conservés au froid, une part de mortalité est prévisible car l'expérimentation doit déterminer des limites d'utilisation. Compte tenu de la mortalité prévisible d'une partie des plants, ceux-ci seront autant que possible regroupés sur les lignes qu'il est prévu de supprimer en fin d'expérimentation. Il est prévu de regarnir les plants morts aux emplacements normaux du schéma de plantation à densité standard.

Modalités pratiques pour le site :

- Densité ou espacement de plantation expérimentale :  
Densité normale ou espacements normaux :

- Le propriétaire souhaite que les plants surnuméraires soient supprimés.  
**OU**  
Le propriétaire demande à conserver les plants surnuméraires.
- Le propriétaire souhaite que les regarnis soient prévus. Le CNP prendra en charge la fourniture des plants manquants ou indemnisera le propriétaire sur production de facture, dans la limite de 5 € ttc/plant.  
**OU**  
Le propriétaire ne souhaite pas prévoir de regarni.
- Devenir des protections surnuméraires : **à préciser**

### Article 3 – Répartition des responsabilités et des frais sur le dispositif expérimental

Le propriétaire met à disposition la surface nécessaire à l'expérimentation sur la parcelle désignée ci-après, à titre gracieux. A l'issue de la convention, les plants seront la pleine propriété du propriétaire.

Le CNP prendra en charge sur la zone d'essai, l'organisation et les coûts :

- du piquetage,
- de la fourniture des plants avec protections individuelles,
- de la plantation expérimentale,
- de la suppression des plants surnuméraires (sauf avis contraire du propriétaire)
- du prix des plants regarnis dans la limite de 5 € ttc/plant.

Le propriétaire :

- garantit la mise à disposition du terrain et son libre accès aux personnes chargées des travaux et du suivi de l'expérimentation,
- prépare le terrain si nécessaire (broyage, travail du sol) [**préciser dans la convention le type de travail et la période**] en lien avec le CRPF
- réalise et prend en charge le travail du sol après plantation, en concertation avec le CRPF,
- à réaliser ces travaux de manière identique sur l'ensemble de la zone de l'essai, s'engage à ne pas intervenir sur les plants du dispositif (pas de taille), et à veiller à l'intégrité des plants (pas de pâturage).
- s'engage à prévenir le référent du CRPF au cas où il constaterait une possible anomalie,
- prend en charge le coût de plantation des regarnis (sauf s'il ne souhaite pas de regarni),
- ne sera pas tenu responsable en cas d'accident climatique ou lié à la faune sauvage.

Par ailleurs, le propriétaire s'engage à ne faire aucun prélèvement de matériel végétal (partie de branche) à des fins de multiplication pour son compte ou pour celui de tiers.

### Article 5 – Localisation du site d'expérimentation

Référence des parcelles ou parties de parcelles mise à disposition par le propriétaire :

Département :

Commune :

Lieu-dit :

Références cadastrales :

Surface : ha

### Article 6 – Durée de la convention

La parcelle sera mise à disposition par le propriétaire [**à adapter**]

- à partir du 1<sup>er</sup> octobre 2022 et jusqu'au 30 novembre 2023.
- elle devra rester accessible au CRPF jusqu'au 30 juin 2024 pour la réalisation de mesures complémentaires.

Pour le CNP  
Le Président,

Gabriel Chazallon.

Le propriétaire,

XXXXXXXXXX

Annexe 2 : rapport FCBA pages suivantes

# Analyse des résultats des essais « Conservation au froid des plançons de peuplier » installés par le Conseil National du Peuplier

Convention CNP / FCBA, signée le 04 février 2023  
Rapport technique

A. Berthelot  
A. Décheneaux

27 novembre 2023  
Validé par le Copil du 19/02/2024

Action réalisée grâce au soutien financier de :



## SOMMAIRE

---

<b>1.</b>	<b>Contexte de l'étude .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Méthodologie .....</b>	<b>3</b>
	2.1 Protocole.....	3
	2.2 Mesures et observations réalisées .....	4
<b>3.</b>	<b>Résultats .....</b>	<b>5</b>
	3.1 Températures enregistrées .....	5
	3.2 Observations racinaires à la plantation.....	6
	3.3 Notations du stade débourrement .....	7
	3.4 Evolution des effectifs et taux de mortalité en fin d'année .....	12
	3.5 Accroissements en circonférence.....	19
<b>4.</b>	<b>Discussion .....</b>	<b>21</b>
<b>5.</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>21</b>

# 1. Contexte de l'étude

Le CNP porte un projet de filière intitulé « Adapter les conditions de plantation et de reprise face au changement climatique grâce à un stockage au froid adapté », qui repose sur l'installation de trois essais sur le terrain. Ce projet a été élaboré entre les différents acteurs de la filière membres du CNP, dont FCBA et le CNPF-IDF pour la partie protocole et analyse, et la mise en place et les mesures ont été réalisées par les CRPF des régions concernées.

## 2. Méthodologie

### 2.1 Protocole

Le protocole utilisé correspond à la combinaison factorielle de plusieurs facteurs testés.

- **Facteur 1** : Mode de conservation des plançons de peuplier après façonnage, selon 3 niveaux :
  - Témoin : conservation pieds dans l'eau à l'extérieur
  - Froid positif : conservation en chambre froide 0°C à +4°C
  - Froid négatif : conservation en chambre froide -4°C à 0°C
- **Facteur 2** : Date de plantation, selon 4 niveaux (espacée d'un mois d'intervalle, variable selon les sites) :
  - Date 1 : « normale »
  - Date 2 : « limite »
  - Date 3 : « tardive »
  - Date 4 : « très tardive »
- **Facteur 3** : Cultivar euraméricain, selon 5 niveaux (précocité débourrement variable) :
  - Moncalvo (assez précoce) pépinière FORELITE
  - I-214 (standard *P. Italica*) pépinière MILLON
  - Diva (assez tardif) pépinière FORELITE
  - Rona (tardif) pépinière CHAZALLON
  - Koster (très tardif) pépinière CHAZALLON

Soit 60 combinaisons factorielles des trois facteurs. Les dispositifs sur le terrain sont composés de trois blocs complets. Chaque parcelle unitaire (PU) comporte 9 plants, soit 27 plants d'un même cultivar par date, mode de stockage et site.

Les plants provenaient de 3 pépinières différentes. Ils ont été façonnés en janvier 2023 et placés en chambres froides<sup>1</sup> dès le début de février. Les plants nécessaires pour chaque modalité de plantation ont été expédiés immédiatement (3 jours) avant la plantation, sauf pour les témoins conservés à l'extérieur, qui ont pu être livrés tous ensemble sur les sites et maintenu dans des jauges temporaires sur la période de plantation. Trois essais ont été installés au printemps 2023.

Tableau 1 : Caractéristiques des 3 essais

Nom	Département	Dates de plantation
Beaufort en Vallée (Longué-Jumelles)	49	Date 1 : 10/03/2023 Date 2 : 06/04/2023 Date 3 : 04/05/2023 Date 4 : 01/06/2023
Vaucogne	10	Date 1 : 09/03/2023 Date 2 : 06/04/2023 Date 3 : 04/05/2023 Date 4 : 01/06/2023
Villeton	47	Date 1 : 23/02/2023 Date 2 : 23/03/2023 Date 3 : 20/04/2023 Date 4 : 17/05/2023

<sup>1</sup> Les chambres froides étaient situées sur le site de la Dive, pépinière FORELITE à Curçay-sur-Dive (86)  
FCBA – Analyse des résultats de l'expérimentation « stockage au froid » du CNP

## 2.2 Mesures et observations réalisées

Des enregistreurs de température ont été installés dès le façonnage des plants dans les deux chambres froides ainsi qu'à l'extérieur (1 appareil / modalité de stockage), afin de vérifier la variation des températures autour de l'objectif visé. Des sondes de température ont également été posées sur les 3 sites expérimentaux, pour l'ensemble de la saison de végétation.

Sur chaque site, à chaque date de plantation et à chaque date d'observation, les notations suivantes ont été réalisées :

- Sur chaque paquet de 27 plants, par clone : notation globale de l'état racinaire, selon le barème suivant :
  - 0 = aucune racine apparente
  - 1 = quelques sorties de racines sur quelques plants
  - 2 = des sorties de racines sur 50% des plants
  - 3 = des sorties de racines sur 75% des plants
  - 4 = des sorties de racines sur tous les plants
  - 5 = des racines largement sorties
  
- Sur chaque tige mise en place :
  - Etat : Vivant, Cassé, Cime sèche, Dépérissant, Feuilles sèches, Mort
  - Mesure de circonférence à 1,30 m initiale à la plantation, en cm
  - Notation du débourrement végétatif :
    - 0 = bourgeon dormant
    - 7 = début d'éclatement des bourgeons
    - 9 = bouts des feuilles sorties des bourgeons
    - 11 = environ 10% des feuilles étalées sur l'arbre
    - 15 = environ 50% des feuilles étalées sur l'arbre
    - 20 = 100% des feuilles étalées sur l'arbre
  - Mesure de circonférence à 1,30 m en fin d'année, en cm

Les observations aux dates 1 à 4 ont été réalisées aux dates de plantation. Les mesures réalisées aux dates 5 et 6 ont été réalisées ensuite, en juillet (date 5) puis en octobre/novembre (date 6).

Tableau 2 : Calendrier des mesures et des observations sur chacun des sites

	Date 1 (Obs.)	Date 2 (Obs.)	Date 3 (Obs.)	Date 4 (Obs.)	Date 5 Juillet (Obs.)	Date 6 Fin d'année (Obs.)
<b>Date 1 (plantation)</b>	Etat, Débour., C130 cm	Etat, Débour.	Etat, Débour.	Etat, Débour.	Etat, Débour.	Etat, C130 en cm
<b>Date 2 (plantation)</b>		Etat, Débour., C130 cm	Etat, Débour.	Etat, Débour.	Etat, Débour.	Etat, C130 en cm
<b>Date 3 (plantation)</b>			Etat, Débour., C130 cm	Etat, Débour.	Etat, Débour.	Etat, C130 en cm
<b>Date 4 (plantation)</b>				Etat, Débour., C130 cm	Etat, Débour.	Etat, C130 en cm

Tableau 3 : Dates des mesures et observations pour chacune des parcelles

Numéro de date	Beaufort/Longué-J (49)	Vaucogne (10)	Villeton (46)
Date 1	10/03/2023	09/03/2023	23/02/2023
Date 2	06/04/2023	06/04/2023	23/03/2023
Date 3	04/05/2023	04/05/2023	20/04/2023
Date 4	01/06/2023	01/06/2023	17/05/2023
Date 5 Juillet	05/07/2023	03/07/2023	20/06/2023
Date 6 Fin d'année	12/10/2023	12/10/2023	19/10/2023

Les dates de plantation à Villeton (bleu clair) sont décalées par rapport aux deux autres sites (vert clair) pour prendre en compte la différence géographique marquée dans les saisons de végétation.

## 3. Résultats

### 3.1 Températures enregistrées

#### 3.1.1 Températures en chambre froide

La figure 1 illustre les températures moyennes, minimales et maximales enregistrées quotidiennement dans les chambres froides de février à mai 2023. Sur la jauge extérieure sur le site de la Dive, l'enregistrement a été arrêté début avril.

Les sondes de température dans les chambres froides et dans les jauges extérieures ont été installées directement au niveau des plants, ce qui permet de disposer de mesures représentatives.

Les données nous permettent de constater la validité des modes de conservation envisagés.

**La modalité Froid négatif est bien restée en dessous de 0°C et la modalité Froid positif légèrement au-dessus de 0°C.**

On observe une légère augmentation de la température moyenne tout au long de la période, mais les écarts (min et max) autour de cette moyenne restent très faibles. Pour le Froid négatif la température moyenne passe ainsi de -2,6°C à 0,4°C entre février et mai, tandis que pour le Froid positif la température moyenne passe de +1,7°C à +2,9°C.

On remarque également une petite variation anormale autour du 22 mars 2023 pour le Froid négatif mais extrêmement ponctuelle et donc sans impact sur le dispositif.

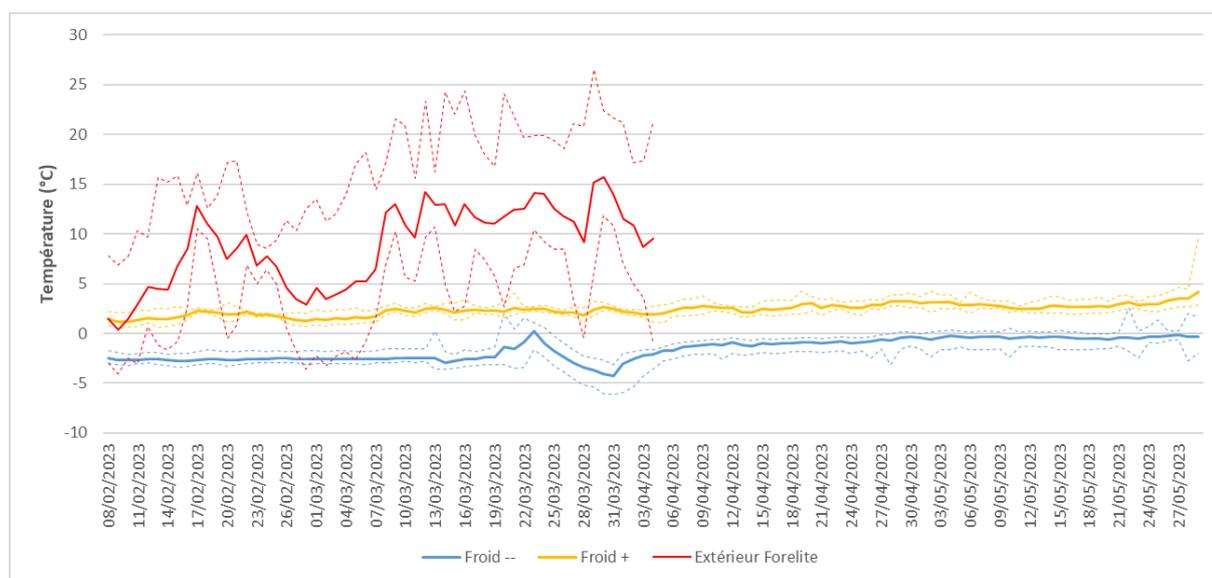


Figure 1 : Evolution des températures enregistrées dans les 2 chambres froides et à l'extérieur (site de la Dive, pépinière FORELITE)

### 3.1.2 Températures mesurées sur les parcelles

Les températures moyennes relevées sur les trois sites d'expérimentation sont illustrées dans la figure 2. Les valeurs moyennes, maximales et minimales sont fournies en annexe 1. Sur les trois sites on observe une nette augmentation des températures à partir du 25 mai. Si les deux sites de Beaufort et de Vaucogne apparaissent assez proches, ce n'est pas le cas du site de Villeton, qui apparaît beaucoup plus chaud. Cependant, sur ce dernier site, les températures maximales journalières semblent très « décalées » des températures moyennes, ce qui laisse penser que l'enregistreur était exposé directement aux rayons du soleil au moins une partie de la journée. En effet on a régulièrement enregistré des températures maximales supérieures à 50°C entre juin et août. Ces températures extrêmes, sans doute surestimées, ont influencé les valeurs moyennes sur ce site.

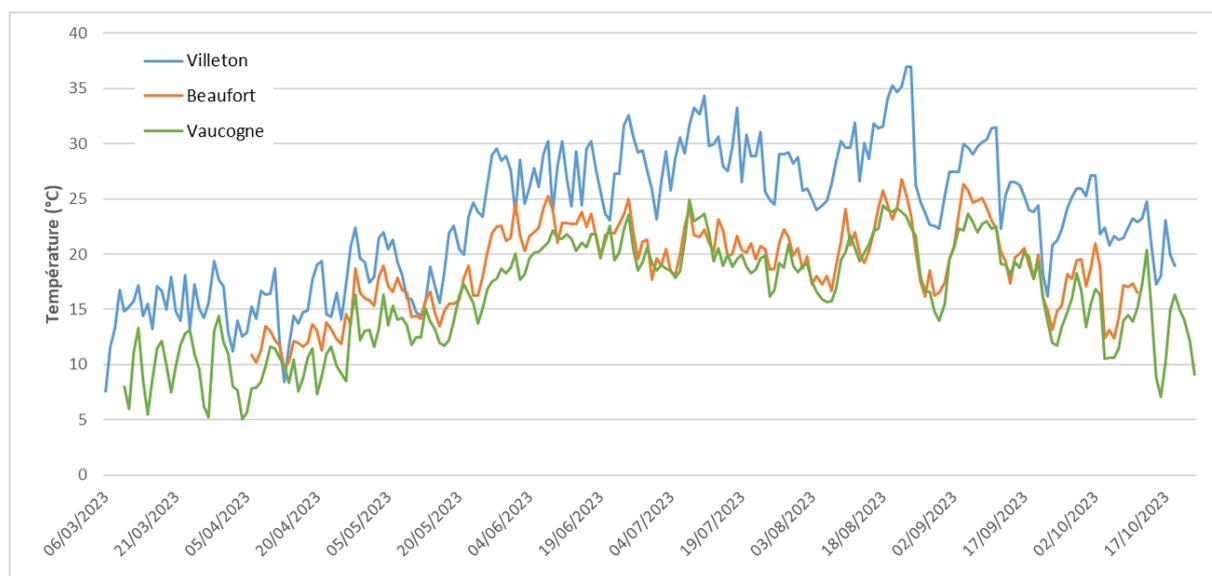


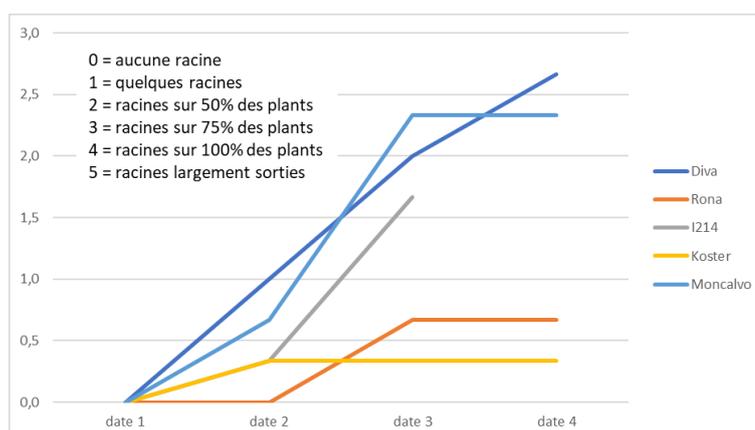
Figure 2 : Evolution des températures moyennes quotidiennes sur les 3 sites d'expérimentation. Les valeurs de température sont assez proches, sur les sites de Vaucogne et de Beaufort, mais restent presque toujours un peu plus chaudes à Beaufort, en particulier sur les mois d'avril et mai. Par contre les valeurs du site de Villeton sont bien supérieures, voire atteignent souvent les +30°C en moyenne journalière.

### 3.2 Observations racinaires à la plantation

A la plantation, une note a été attribuée globalement, par cultivar, concernant le stade de sortie des racines, selon un barème à 6 niveaux. Sur les 3 sites, et à partir de la date 2, seuls les plants de la modalité témoin (conservés à l'extérieur) avaient émis des racines au moment de la plantation, **tous les plants conservés en chambre froide avaient une note 0 (pas de racines)**. La figure 3 illustre la dynamique d'émission des racines selon les cultivars. Diva et Moncalvo sont les plus précoces, Koster et Rona les plus tardifs tandis que I-214 occupe une position intermédiaire.

Figure 3 : Résultats moyens de la notation d'émission des racines pour la modalité témoin, par cultivar (3 parcelles confondues).

Pour le cultivar I-214, en date 4 : le faible nombre de données nous conduit à ne pas présenter la donnée moyenne pour ce cultivar en date 4 (moyenne non représentative).



### 3.3 Notations du stade débourrement

Les stades de débourrement végétatif des plants ont été évalués individuellement depuis la plantation jusqu'à la 5<sup>ème</sup> date d'observation (juillet). La figure 4 illustre bien la précocité différente des 5 cultivars testés (Parcelle de Villeton, Témoin, date de plantation 1). I-214 et Moncalvo sont les deux plus précoces. Koster et Rona sont les plus tardifs, tandis que Diva occupe une position intermédiaire. Nous pouvons remarquer que ce classement est légèrement différent de celui obtenu sur l'émission des racines (cf. § 3.2).

L'évolution des notations, par cultivar et par parcelle, est présentée sur les figures 6 à 8.

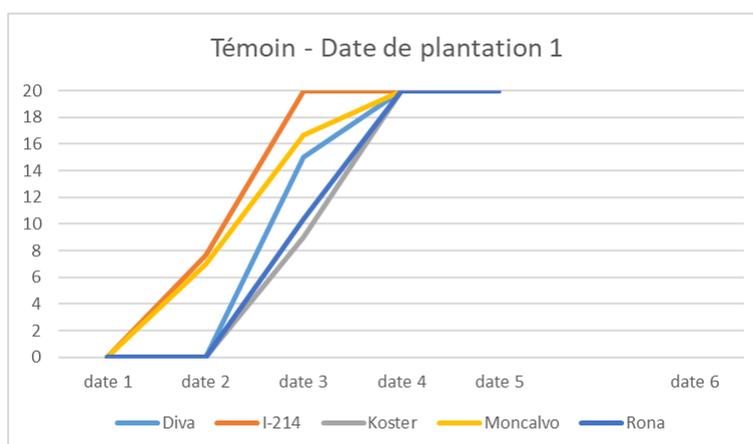


Figure 4 : Résultats moyens de la notation de débourrement par cultivar, à Villeton, pour la 1<sup>ère</sup> date de plantation et le mode de conservation témoin (Compte-tenu de l'échelle non linéaire de notation du débourrement, l'observation des moyennes de note n'est qu'une approximation destinée à faciliter la lecture des résultats)

Nous pouvons comparer les profils de débourrement selon le mode de conservation pour deux cultivars de phénologie très différente : I-214 et Koster sur la figure 5 page suivante (exemple de la parcelle de Villeton).

Pour la 1<sup>ère</sup> date de plantation le mode de conservation n'intervient pas sur la dynamique du débourrement (les trois modes de conservation sont identiques).

**L'effet devient visible pour la 2<sup>ème</sup> date de plantation pour le cultivar précoce** tandis qu'il ne l'est pas encore pour le cultivar tardif.

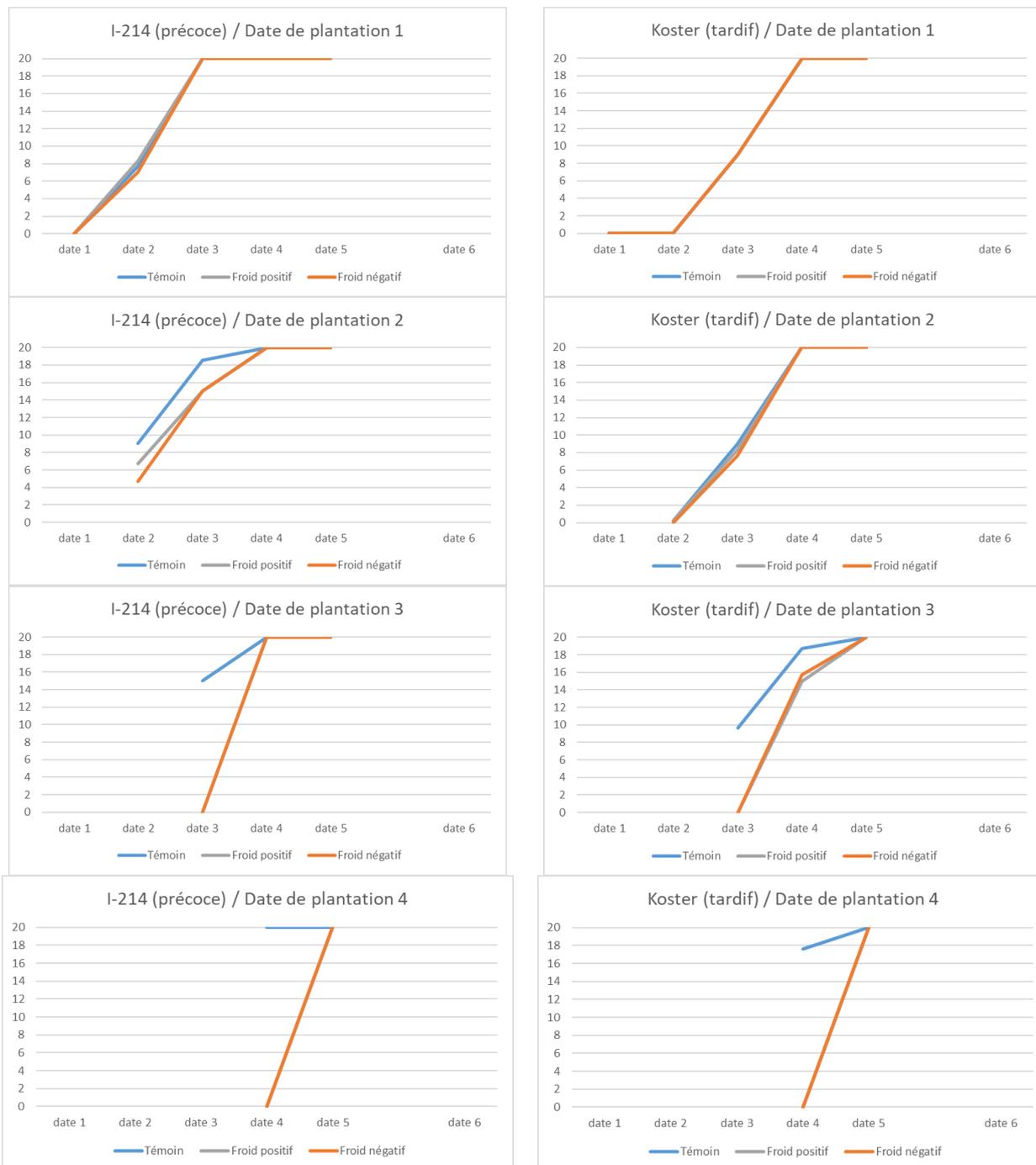
Pour les 2 dates de plantation les plus tardives (n° 3 et 4) **l'effet de la conservation au froid devient très net** pour les 2 cultivars et la dynamique du débourrement s'accélère puisqu'on passe au score max (20) en moins d'un mois. Il n'est pas observé d'écart sur ce critère entre les 2 modalités de stockage au froid.

Les profils de débourrement évoluent approximativement de la même façon sur les autres sites. Il convient de garder à l'esprit qu'à ce niveau de détail les effectifs installés sont faibles (27 arbres), et qu'en cas de mortalité importante, les observations sont réalisées sur un nombre réduit de tiges.

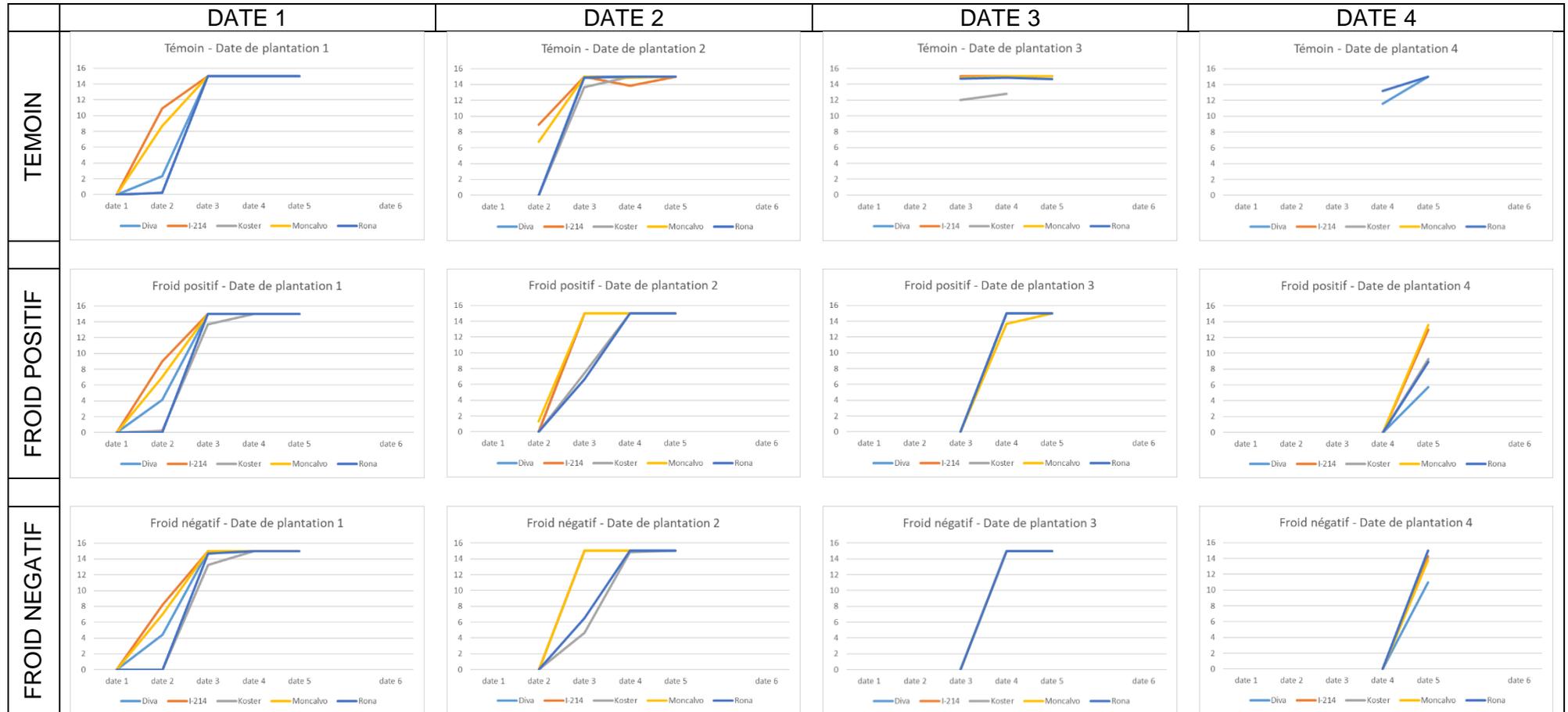
Ces observations ont surtout permis de confirmer la place attendue des différents cultivars testés, de précocité variable.

La conservation au froid est naturellement la plus utile pour les cultivars les plus précoces car c'est pour eux que la saison de plantation est la plus courte en début d'année, avant leur débourrement.

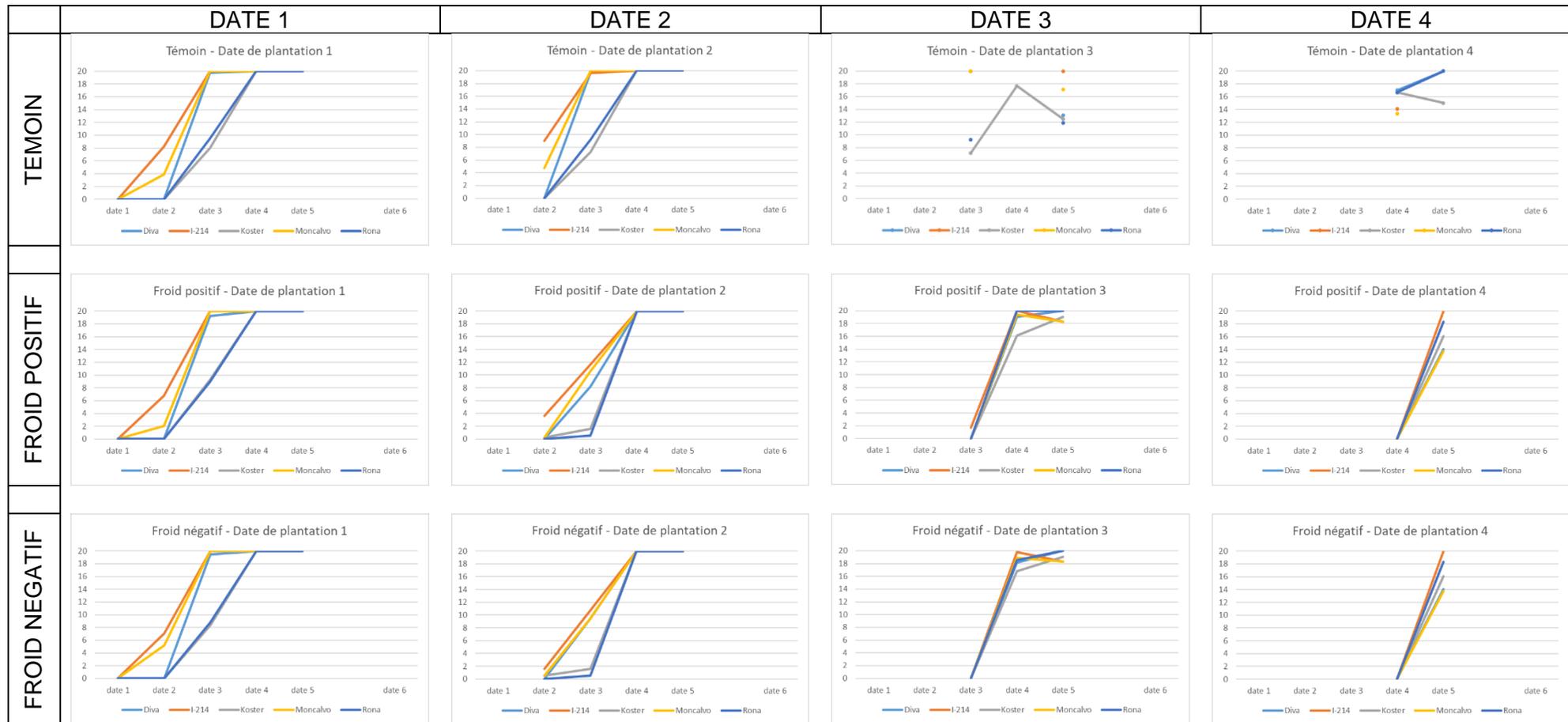
**Figure 5 : Evolution du débourrement, à Villeton, pour un cultivar précoce (I-214) et un cultivar tardif (Koster), pour chaque date de plantation et par mode de conservation**



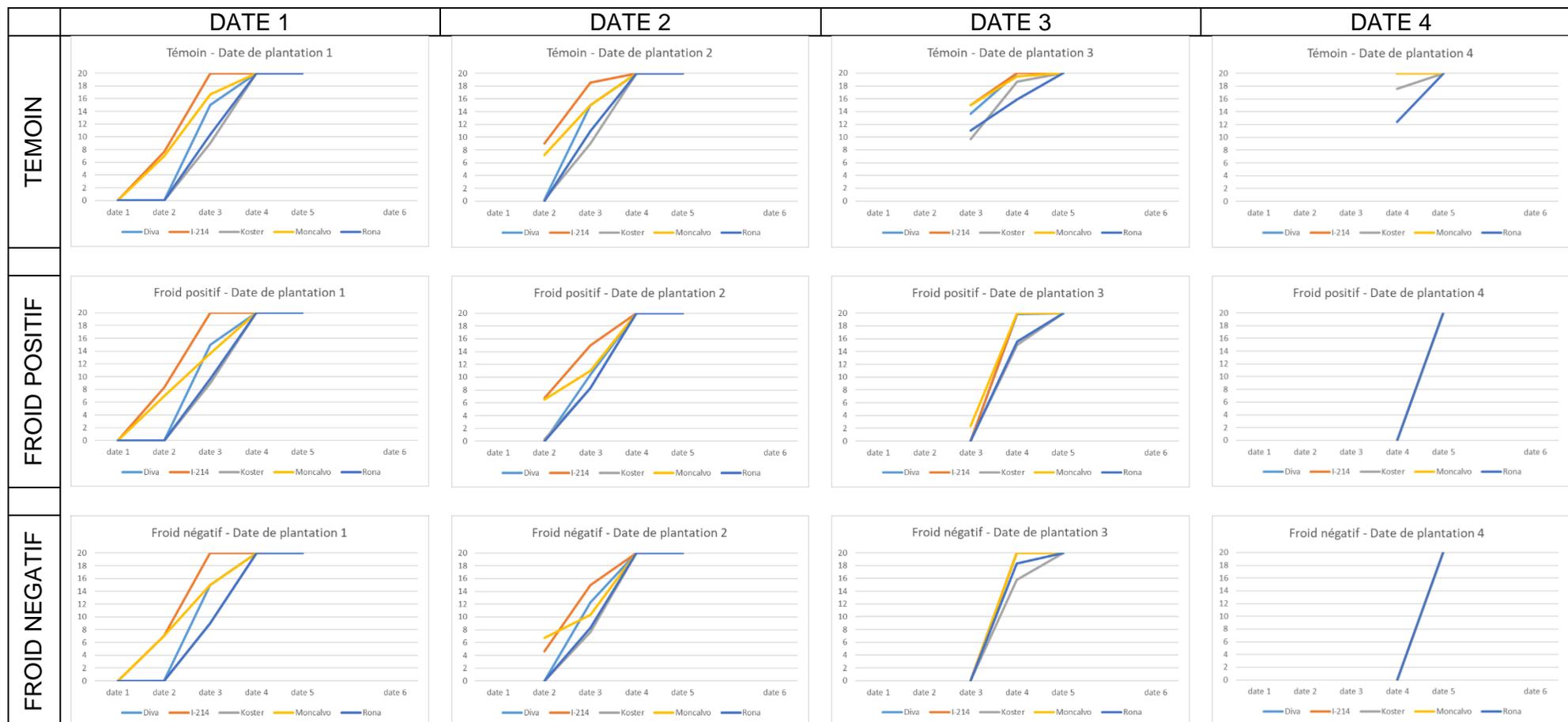
**Figure 6 : Evolution du débourrement par modalités de conservation, par cultivar et par date de plantation sur la parcelle de Beaufort (Longué-Jumelles). Si en date 1 le débourrement de chaque cultivar est variable et conforme à sa physiologie pour les 3 modes de stockage, à partir de la date 2 il apparait un début de désynchronisation du débourrement pour certains cultivars (courbes confondues) sur les stockages au froid par rapport au témoin. Cette désynchronisation est évidemment **plus marquée sur les dates 3 et 4**, traduisant l'efficacité du stockage au froid pour différer le débourrement.**



**Figure 7 : Evolution du débourrement par modalités de conservation, par cultivar et par date de plantation sur la parcelle de Vaucogne.**  
 Si en date 1 le débourrement de chaque cultivar est variable et conforme à sa physiologie pour les 3 modes de stockage, à partir de la date 2 il apparaît un début de désynchronisation du débourrement pour certains cultivars (courbes confondues) sur les stockages au froid par rapport au témoin. Cette désynchronisation est évidemment **plus marquée sur les dates 3 et 4, traduisant l'efficacité du stockage au froid pour différer le débourrement.**



**Figure 8 : Evolution du débourrement par modalités de conservation, par cultivar et par date de plantation sur la parcelle de Villeton. Si en date 1 le débourrement de chaque cultivar est variable et conforme sa physiologie pour les 3 modes de stockage, à partir de la date 2 il apparait un début de désynchronisation du débourrement pour certains cultivars sur les stockages au froid par rapport au témoin. Cette désynchronisation (courbes confondues) est très marquée sur la date 3, et totale sur la date 4, traduisant l'efficacité du stockage au froid pour différer le débourrement.**



### 3.4 Evolution des effectifs et taux de mortalité en fin d'année

Les états des arbres ont été observés individuellement tout au long de l'année (6 dates) sur les différentes parcelles. Les états « divers » (cime sèche, feuillage sec, descente de cime, arbre cassé, dépérissant) ont été regroupés sous le terme « accidentés ». Les arbres vivants et les arbres morts sont les deux états qui complètent ces observations.

Le tableau 4 et les figures 9, 10 et 11 présentent la répartition des effectifs plantés entre ces trois catégories.

Nous constatons ainsi de très bons taux de reprise pour la première date de plantation, quel que soit le mode de conservation. **Pour les dates suivantes, nous voyons apparaître de plus en plus des arbres accidentés, essentiellement pour le mode de conservation témoin** (à l'extérieur), **qui évoluent le plus souvent vers de la mortalité en fin d'année**. Même si ce n'est pas le cas le plus fréquent, il est possible que des arbres accidentés en cours d'année puissent être considérés comme vivants en fin d'année (c'est le cas à Vaucogne, par exemple) car des cimes sèches observées durant l'été peuvent évoluer favorablement en fin d'année (les états « accidentés » sont appréciés assez diversement selon les opérateurs).

**La figure 12 nous indique clairement que la mortalité évolue très défavorablement pour la modalité témoin entre la première date de plantation et la dernière, ce qui correspond à l'effet attendu.** Ainsi en fin d'année la mortalité du témoin s'élève à 7% à Beaufort, 1% à Vaucogne et 1% à Villeton pour la première date de plantation (en saison) tandis qu'elle atteint 99% à Beaufort, 88% à Vaucogne et 85% à Villeton pour la dernière date de plantation (très tardive).

**La conservation au froid permet de limiter cette mortalité, au moins pour les deux premières dates à Beaufort, pour les trois premières dates à Vaucogne et pour les quatre dates à Villeton.** Il est plus difficile de déceler des différences entre les 2 modes de conservation au froid, même si le froid négatif semble être un peu supérieur au froid positif (tableau 5).

Le détail de la mortalité par cultivar (figure 13) ne nous permet pas de conclure à d'éventuelles interactions avec les modalités de conservation, car selon les sites, la mortalité ne concerne pas toujours les mêmes cultivars ni les mêmes modes de conservation.

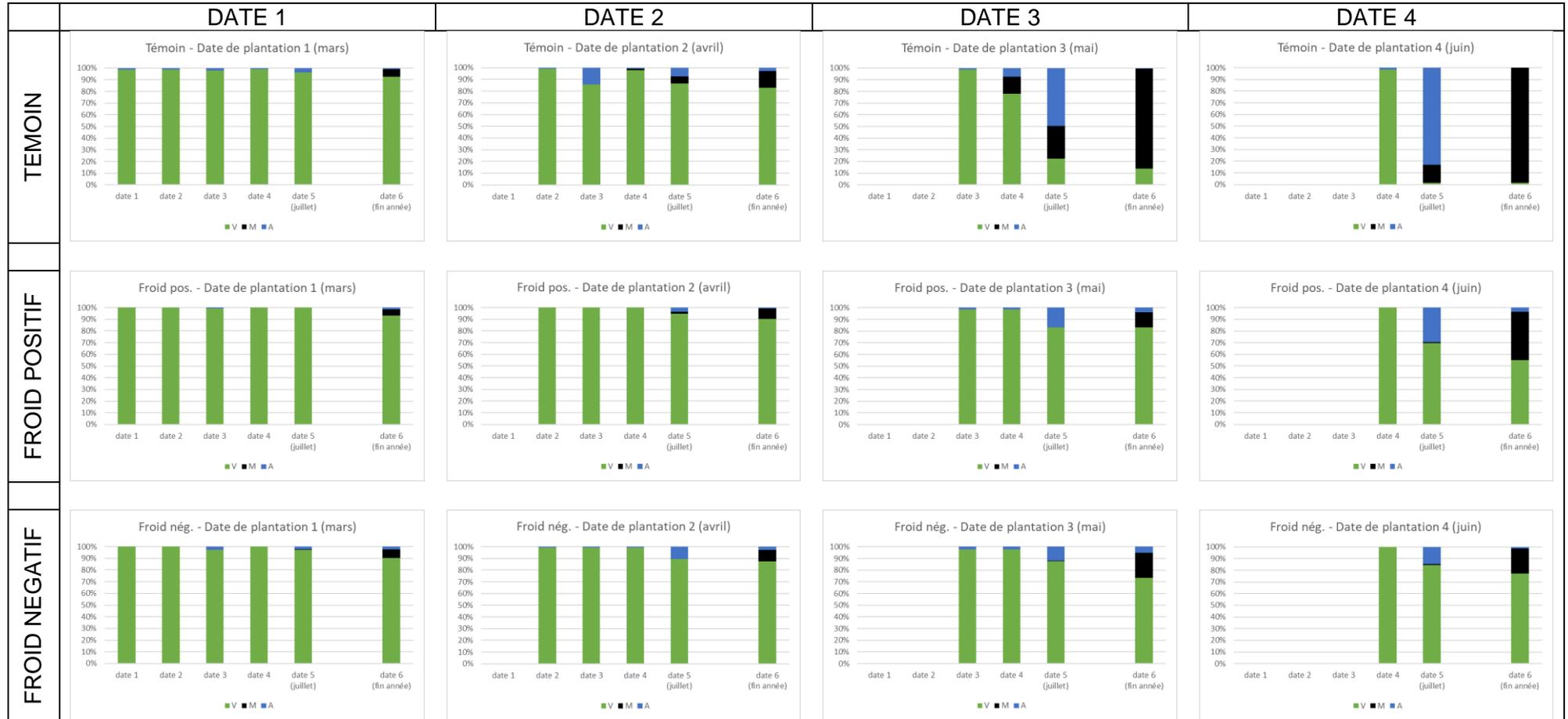
- Ainsi nous observons une mortalité assez importante pour les 2 dates de plantation les plus tardives et pour de nombreux cultivars à Beaufort en Vallée, y compris pour les modalités conservées au froid.
- En revanche, à Vaucogne, la mortalité « Froid positif » ne concerne que 2 clones sur 5 (Koster et Diva) tandis que la mortalité « Froid négatif » reste très faible pour tous les cultivars.
- Enfin, à Villeton, la mortalité reste très faible pour l'ensemble des modalités de conservation au froid et pour tous les cultivars.

Globalement, toutes modalités confondues, c'est Moncalvo qui présente la mortalité la plus faible (11%), suivi de Rona (15%), I-214 (18%), Diva (20%) et enfin Koster (22%).

Tableau 4 : Répartition des effectifs en fin d'année par parcelle (et regroupement des 3 parcelles), mode de conservation et date de plantation

Parcelle	Date de plantation	Conservation	% mort	% accid.	% vivants
Beaufort	1	Témoin	7%	0%	93%
Beaufort	2	Témoin	17%	0%	83%
Beaufort	3	Témoin	86%	0%	14%
Beaufort	4	Témoin	99%	0%	1%
Beaufort	1	Froid positif	5%	1%	93%
Beaufort	2	Froid positif	10%	0%	90%
Beaufort	3	Froid positif	16%	1%	83%
Beaufort	4	Froid positif	41%	4%	54%
Beaufort	1	Froid négatif	7%	2%	90%
Beaufort	2	Froid négatif	10%	2%	87%
Beaufort	3	Froid négatif	24%	2%	74%
Beaufort	4	Froid négatif	21%	1%	77%
Vaucogne	1	Témoin	1%	1%	99%
Vaucogne	2	Témoin	1%	2%	96%
Vaucogne	3	Témoin	33%	23%	44%
Vaucogne	4	Témoin	88%	11%	1%
Vaucogne	1	Froid positif	0%	0%	100%
Vaucogne	2	Froid positif	1%	0%	99%
Vaucogne	3	Froid positif	1%	0%	99%
Vaucogne	4	Froid positif	31%	1%	68%
Vaucogne	1	Froid négatif	0%	0%	100%
Vaucogne	2	Froid négatif	1%	0%	99%
Vaucogne	3	Froid négatif	1%	0%	99%
Vaucogne	4	Froid négatif	3%	4%	93%
Villeton	1	Témoin	1%	2%	97%
Villeton	2	Témoin	7%	3%	90%
Villeton	3	Témoin	21%	8%	70%
Villeton	4	Témoin	85%	10%	4%
Villeton	1	Froid positif	1%	1%	99%
Villeton	2	Froid positif	3%	2%	95%
Villeton	3	Froid positif	1%	2%	96%
Villeton	4	Froid positif	3%	1%	96%
Villeton	1	Froid négatif	1%	1%	97%
Villeton	2	Froid négatif	2%	1%	97%
Villeton	3	Froid négatif	1%	1%	99%
Villeton	4	Froid négatif	4%	1%	93%
3 parcelles	1	Témoin	3%	1%	96%
3 parcelles	2	Témoin	9%	2%	90%
3 parcelles	3	Témoin	47%	10%	43%
3 parcelles	4	Témoin	91%	7%	2%
3 parcelles	1	Froid positif	2%	1%	97%
3 parcelles	2	Froid positif	4%	1%	95%
3 parcelles	3	Froid positif	6%	1%	93%
3 parcelles	4	Froid positif	25%	2%	73%
3 parcelles	1	Froid négatif	3%	1%	96%
3 parcelles	2	Froid négatif	5%	1%	94%
3 parcelles	3	Froid négatif	9%	1%	90%
3 parcelles	4	Froid négatif	10%	2%	88%

**Figure 9 : Evolution des effectifs (en %) par états observés tout au long de l'année par modalités de conservation et date de plantation sur la parcelle de Beaufort-en-Vallée (Longué-Jumelles) (Vivants, Morts, Accidentés). Sur ce site les mortalités du témoin interviennent dès la date 2 et s'accroissent nettement sur les dates suivantes. Sur les stockages au froid, les accidentés (bleu) se transforment quasi systématiquement en mortalité. La mortalité en froid négatif est moitié moindre qu'en froid positif. Les mortalités sur les deux stockages au froid sont nettement inférieures à celles du témoin. Les nombreuses mortalités sur ce site semblent mettre en évidence un défaut de plantation ou d'entretien en année 1, nécessaire sur la station de ce site.**



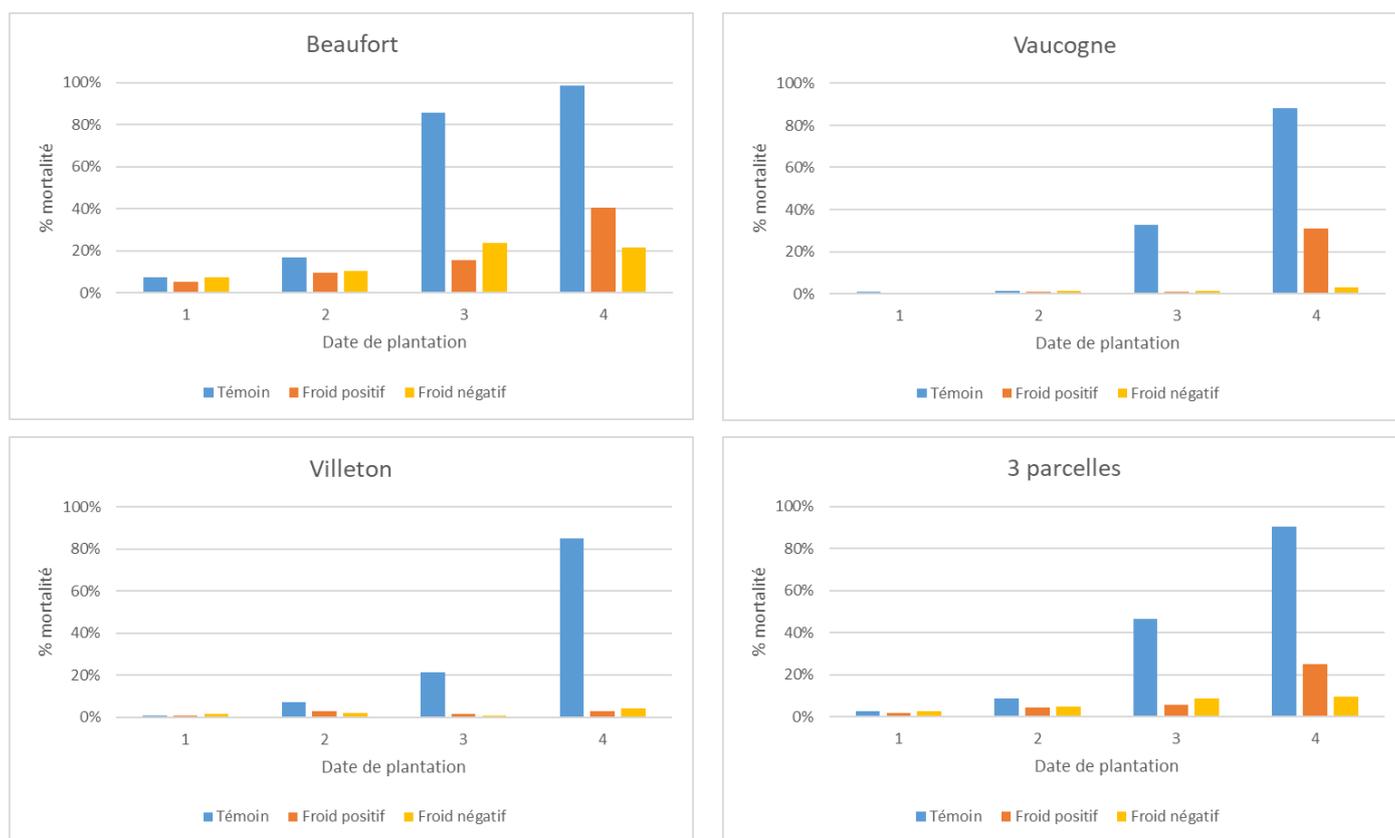
**Figure 10 : Evolution des effectifs (en %) par états observés tout au long de l'année par modalités de conservation et date de plantation sur la parcelle de Vaucogne (Vivants, Morts, Accidentés). Sur ce site les mortalités du témoin interviennent seulement à la date 3 et s'accroissent nettement sur la date 4. Sur le stockage au froid positif, seule la date 4 présente une mortalité moyenne de plants notés accidentés (bleu). Pour le stockage en froid négatif, la mortalité est quasi nulle sur toutes les dates.**



**Figure 11 : Evolution des effectifs (en %) par états observés tout au long de l'année par modalités de conservation et date de plantation sur la parcelle de Villetton (Vivants, Morts, Accidentés). Sur ce site les mortalités du témoin interviennent seulement à la date 3 et s'accroissent nettement sur la date 4. Sur les stockages au froid positif et négatif, la mortalité est quasi nulle sur toutes les dates.**



**Figure 12 : Mortalité en fin d'année par parcelle (et regroupement des 3 parcelles), modalité de conservation et par date de plantation**

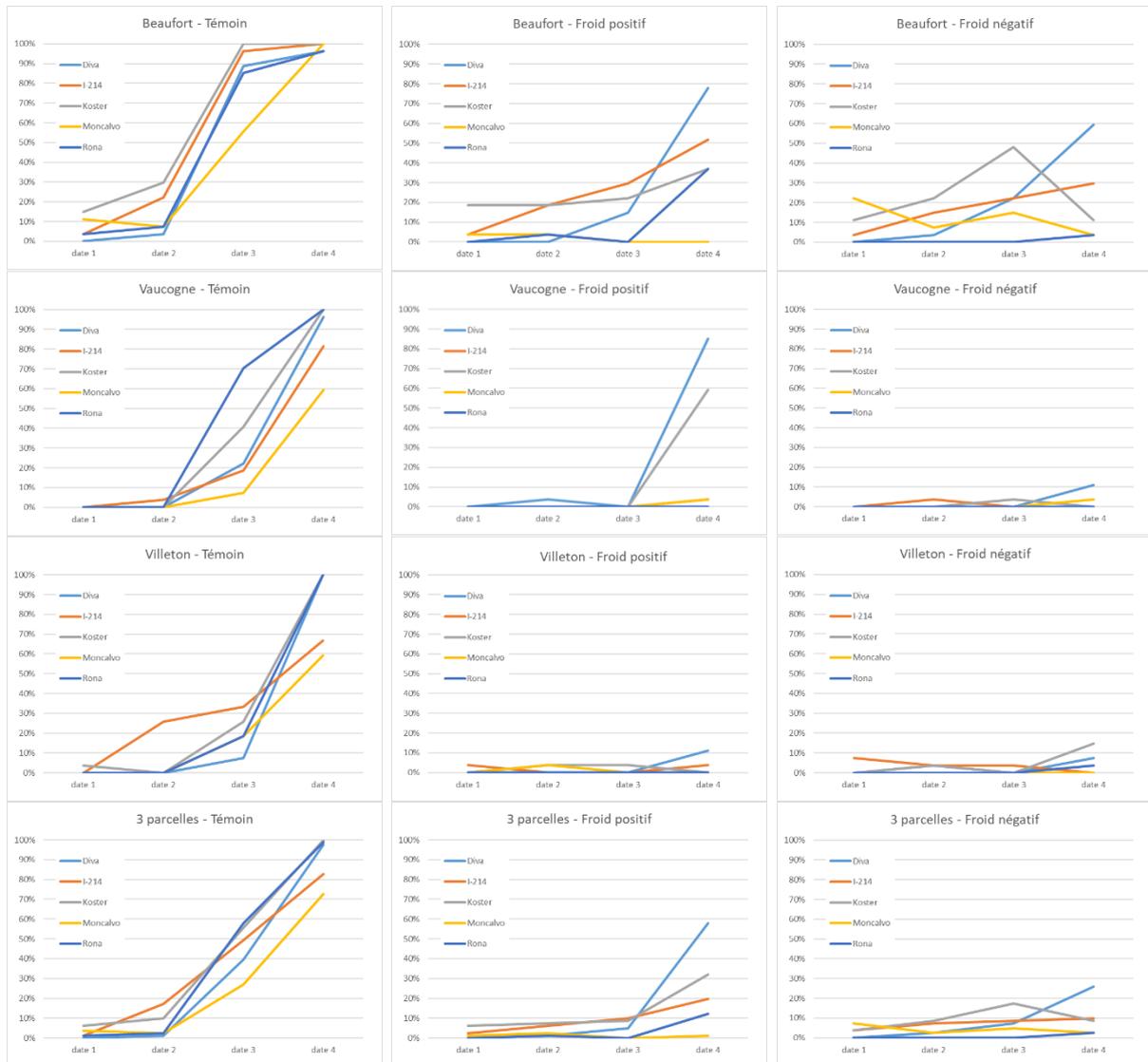


**Tableau 5 : Mortalité moyenne (et groupes homogènes statistiquement) en fin d'année par parcelle (et regroupement des 3 parcelles), mode de conservation et date de plantation. Pour chaque site (et regroupement des 3 parcelles), les modalités présentant les mêmes lettres (a, b, c, etc.) ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%**

Plantation	Conservation	Beaufort	Vaucogne	Villeton	3 parcelles
Date 1	Témoin	7% a	1% ab	1% a	3% ab
Date 1	Froid positif	5% a	0% a	1% a	2% a
Date 1	Froid négatif	7% a	0% a	1% a	3% ab
Date 2	Témoin	17% bc	1% ab	7% b	9% cd
Date 2	Froid positif	10% ab	1% ab	3% a	4% bc
Date 2	Froid négatif	10% ab	1% ab	2% a	5% bc
Date 3	Témoin	86% e	33% c	21% c	47% f
Date 3	Froid positif	16% bc	1% ab	1% a	6% c
Date 3	Froid négatif	24% c	1% ab	1% a	9% cd
Date 4	Témoin	99% f	88% d	85% d	91% g
Date 4	Froid positif	41% d	31% c	3% ab	25% e
Date 4	Froid négatif	21% c	3% b	4% ab	10% d

Compte tenu de l'hétérogénéité observée sur certains résultats, la moyenne des trois parcelles doit être appréciée uniquement en regard de chacun des trois sites.

**Figure 13 : Mortalité en fin d'année par parcelle, par cultivar et modalité de conservation.** Sur les 3 graphiques Témoin, les cultivars Koster, Rona et Diva présentent à chaque fois des mortalités plus fortes que les cultivars I-214 et Moncalvo. Sur les modalités de stockage au froid positif ou négatif les fortes mortalités relevées sont plutôt sur Diva.



### 3.1 Accroissements en circonférence

Le tableau 6 présente les accroissements moyens en circonférence mesurés en fin d'année. Nous observons un gros écart entre la parcelle de Beaufort en Vallée avec un accroissement moyen de seulement 0,33 cm et les deux autres parcelles, avec respectivement des accroissements de 1,57 cm pour Vaucogne et 1,61 cm pour Villeton.

Globalement, pour la modalité de conservation témoin, l'accroissement décroît avec la date de plantation et donc inversement à la mortalité, qui - elle - augmente avec le temps. **Pour les modalités conservées au froid, il est intéressant de noter une légère augmentation des accroissements pour les dates de plantation 2 et 3, ce qui correspond sans doute à l'effet positif du froid sur la rhizogénèse.** En effet, la durée de passage au froid a été très courte pour les premières dates de plantation (de l'ordre de 2/3 semaines pour Villeton et 4/5 semaines pour les deux autres parcelles) et beaucoup plus longues pour les dates 2 et 3 (1 mois de plus à chaque date). Pour la date 4 de plantation (très tardive) c'est moins net et variable selon les parcelles. **Ainsi, il est remarquable de constater que même avec une durée de végétation raccourcie, la conservation au froid ne pénalise pas la croissance, bien au contraire, la croissance de première année paraît stimulée.**

Tableau 6 : Accroissement en circonférence moyen en fin d'année (et groupes homogènes statistiquement) par parcelle (et regroupement des 3 parcelles), mode de conservation et date de plantation. Pour chaque site (et regroupement des 3 parcelles), les modalités présentant les mêmes lettres (a, b, c, etc.) ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

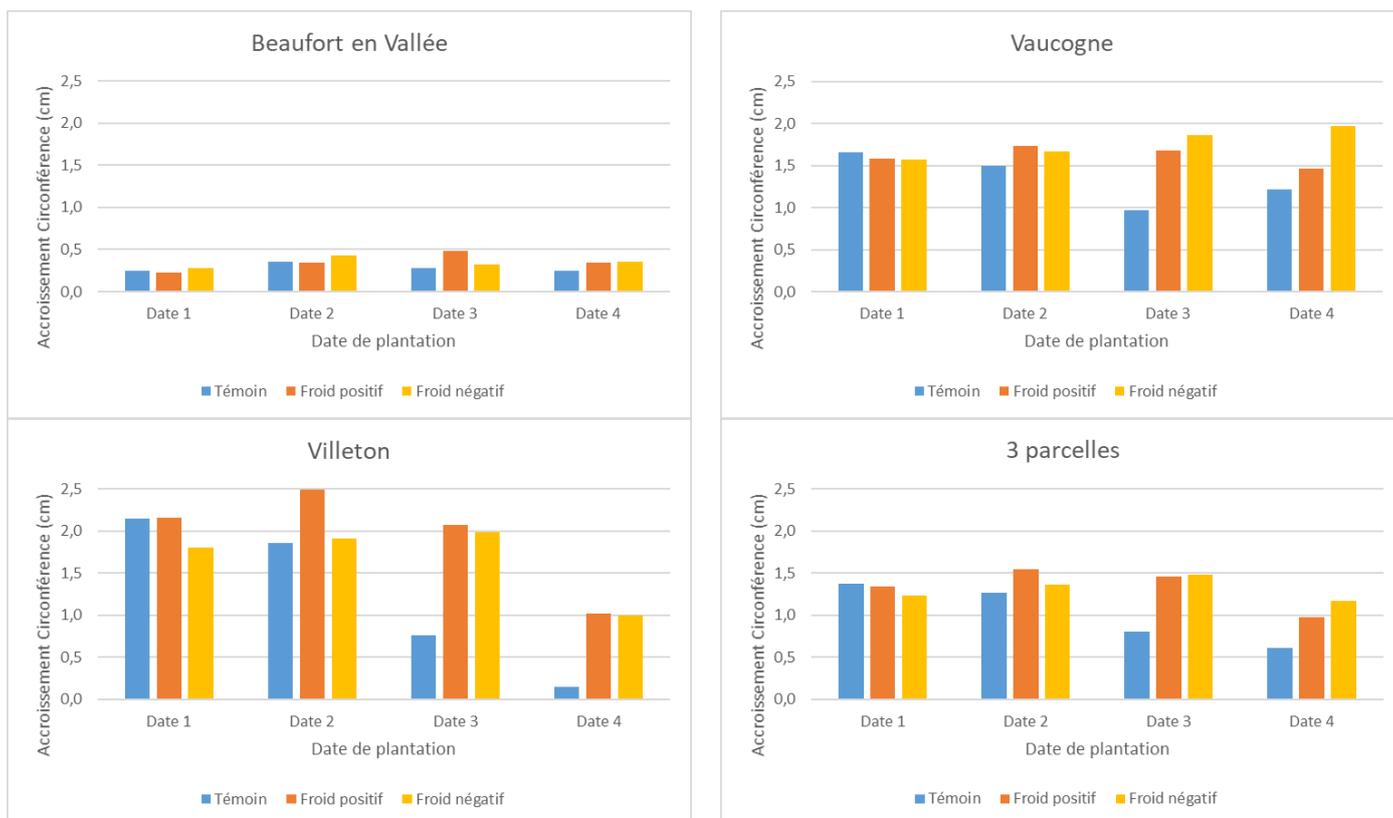
Plantation	Conservation	Beaufort		Vaucogne		Villeton		3 parcelles	
Date 1	Témoin	0,24	c	1,66	ab	2,15	ab	1,37	abc
Date 1	Froid positif	0,23	c	1,58	ab	2,16	ab	1,33	abc
Date 1	Froid négatif	0,28	bc	1,57	b	1,80	b	1,24	bcd
Date 2	Témoin	0,36	abc	1,49	b	1,86	b	1,26	bc
Date 2	Froid positif	0,34	abc	1,73	ab	2,50	a	1,55	a
Date 2	Froid négatif	0,43	ab	1,67	ab	1,92	b	1,36	abc
Date 3	Témoin	0,28	bc	0,97	c	0,76	cd	0,80	e
Date 3	Froid positif	0,48	a	1,68	ab	2,08	b	1,45	ab
Date 3	Froid négatif	0,32	abc	1,87	ab	1,99	b	1,48	ab
Date 4	Témoin	0,25	bc	1,21	bc	0,15	d	0,61	e
Date 4	Froid positif	0,34	abc	1,47	b	1,02	c	0,98	de
Date 4	Froid négatif	0,35	abc	1,97	a	1,00	c	1,17	cd

**Figure 14 : Accroissement en circonférence en fin d'année par parcelle (et regroupement des 3 parcelles), modalité de conservation et par date de plantation.**

Les faibles accroissements sur le site de Beaufort ne permettent pas de distinguer de différence entre les modes de stockage.

Sur le site de Vaucogne et pour les stockages au froid, les accroissements sont le plus souvent supérieurs au témoin sur toutes les dates.

Sur le site de Villeton, les accroissements des modalités de stockage au froid sont plutôt égaux ou supérieurs au témoin aux dates 1, 2, et 3. Pour la date 4, les moindres accroissements des modalités de stockage (par rapport aux dates 1, 2 et 3) peuvent s'expliquer par les fortes chaleurs enregistrées dès fin mai (cf. figure 2), avec des moyennes journalières de l'ordre de 30°C, et des maximums dépassant régulièrement les 40°C (cf. annexe 1).



## 4. Discussion

Plusieurs phénomènes rendent complexe l'analyse de ces trois expérimentations. Malgré un protocole rigoureux, il existe un effet parcelle très fort aussi bien sur la mortalité que sur les accroissements. Les travaux de plantation et d'entretiens, de même que les observations et les notations n'ont évidemment pas été réalisés par les mêmes équipes, ce qui peut induire de l'hétérogénéité dans l'étude. Ainsi, le site de Beaufort-en Vallée (Longué-Jumelles) est très nettement différent des deux autres parcelles (plus forte mortalité globale et plus faibles accroissements). Les explications peuvent être liées au sol, au type et à la qualité de la plantation et du rebouchage, à la préparation du sol ou aux entretiens. Ce constat renforce l'intérêt d'avoir disposé des trois sites.

Des comportements spécifiques de certains clones sur certains sites peuvent aussi influencer les résultats comme c'est le cas pour Diva et Koster à Vaucogne, pour la modalité Froid positif, qui présentent une forte mortalité, alors qu'elle reste très faible pour les autres cultivars.

Toutefois, au vu de la complexité du dispositif expérimental, et de quelques difficultés rencontrées (mortalité Beaufort), le résultat de l'ensemble permet d'apporter les informations recherchées.

## 5. Conclusion

Malgré ces quelques limites, les trois essais mettent clairement en évidence l'effet bénéfique d'une conservation au froid des plants de peuplier dès lors que l'on s'éloigne d'une date de plantation « idéale », soit à partir de février ou mars.

Après ces dates, en l'absence de conservation au froid, le risque augmente rapidement de voir apparaître une mortalité insupportable pour le populteur, d'autant plus sévère que les conditions de milieu (profondeur de la nappe, climat) seront sévères ou que les opérations de plantation et d'entretien ne seront pas optimales.

Le passage en chambre froide permet alors d'allonger la période de plantation d'au-moins deux mois par rapport aux dates habituelles et selon les régions (jusqu'à fin avril ou fin mai).

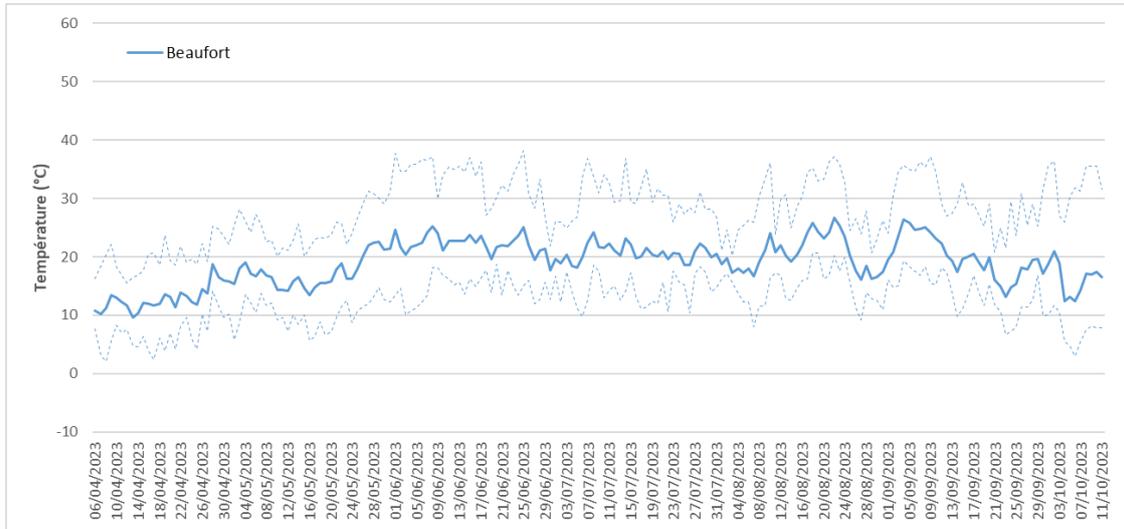
Le passage au froid permet même d'espérer un léger gain de croissance en première année, sans doute à la condition que les entretiens soient bien réalisés au pied des plants et qu'on évite les dates de plantation les plus tardives.

La différence entre les deux méthodes de conservation au froid (Froid positif et Froid négatif) est moins évidente. Pour la date de plantation la plus tardive (date 4), un écart significatif existe dans deux sites sur trois sur la mortalité, et dans un site sur trois pour l'accroissement. Globalement, les résultats semblent plutôt meilleurs pour la modalité Froid négatif, avec un avantage qui paraît léger par rapport à la modalité Froid positif. Ces résultats ouvrent par ailleurs la porte à des réflexions relatives à la compréhension des mécanismes physiologiques de débourrement et de croissance en fonction du niveau de froid.

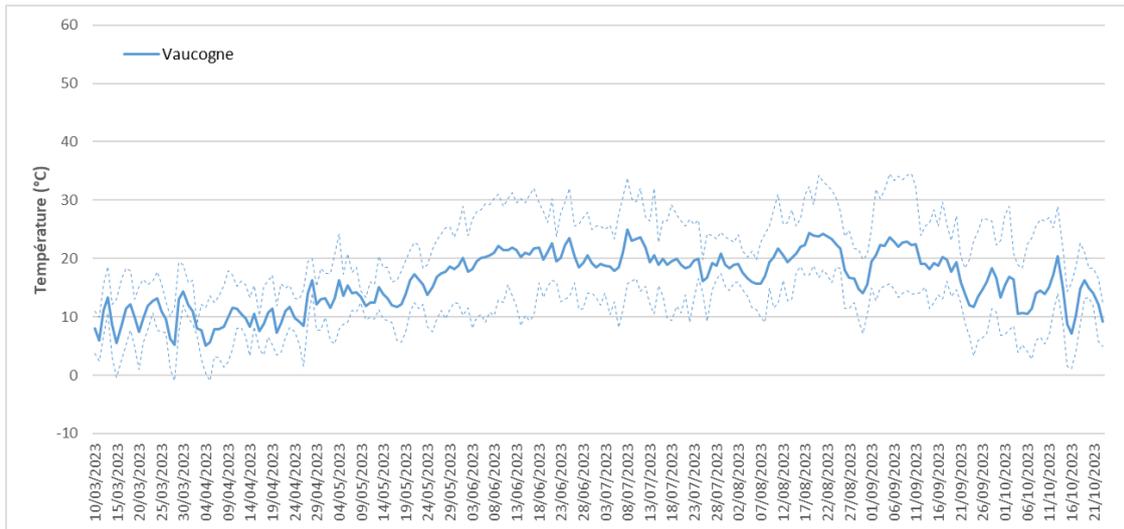
Les cultivars utilisés dans cette expérimentation offrent une bonne variabilité dans les dates de débourrement. L'intérêt d'une conservation au froid est net, et d'autant plus pour les variétés les plus précoces.

=====

## Annexe 1 : Températures moyennes, max et min enregistrées sur chacun des sites d'expérimentation



Beaufort en Vallée (Longué-Jumelles)



Vaucogne

