

# Résultats des essais variétaux de houblon bio en PACA – 2020

Dans le cadre du FEADER 16.2 « *Expérimentation et évaluation participatives et multisites de culture de houblons en climat méditerranéen à destination des brasseries artisanales de la région SUD* » - 2018 à 2021



5 JANVIER

LA BIÈRE DE PROVENCE - AGRIBIO04

Créé par : Mégane VECHAMBRE, Lucie ZGAINSKY



A.	Le projet FEADER : contexte et objectif .....	3
B.	Les conditions de déroulement de l'expérimentation de l'essai du lycée agricole de Valabre .....	4
1.	La parcelle .....	4
2.	L'itinéraire technique .....	5
3.	L'essai .....	6
C.	Les conditions de déroulement de l'expérimentation de l'essai sur les « parcelles supports » .....	1
D.	Protocole .....	1
1.	Mesures de la croissance .....	1
	<b>Mortalité.....</b>	<b>1</b>
	<b>Gestion de l'eau .....</b>	<b>1</b>
	<b>Croissance et stade phénologique .....</b>	<b>1</b>
	<b>Etat sanitaire.....</b>	<b>1</b>
2.	Mesures du rendement.....	2
	<b>Taux d'humidité à la récolte.....</b>	<b>2</b>
	<b>Autres mesures .....</b>	<b>2</b>
3.	Analyses de laboratoire.....	3
E.	Résultats.....	4
1.	La croissance - Elongation .....	4
2.	La croissance – Stades BBCH .....	9
3.	La récolte & les rendements .....	16
	<b>Hauteur de début de floraison .....</b>	<b>1</b>
	<b>Rendements.....</b>	<b>1</b>
	<b>Corrélation entre hauteur de début de floraison et rendement ? .....</b>	<b>2</b>
4.	Tableau de synthèse .....	1
5.	Analyses de laboratoire.....	2

---

## **A. Le projet FEADER : contexte et objectif**

La filière houblon démarre en région PACA. Quelques personnes commencent à explorer cette voie avec comme références les techniques culturelles de l'Est de la France et d'un houblonnier de Gérone, en Catalogne, au Nord-Est de l'Espagne. Les conditions pédoclimatiques de PACA nécessitent d'adapter ces techniques culturelles, notamment vis-à-vis du vent et de la sécheresse estivale, et d'y évaluer les variétés pour mieux cerner leur potentiel dans ce contexte.

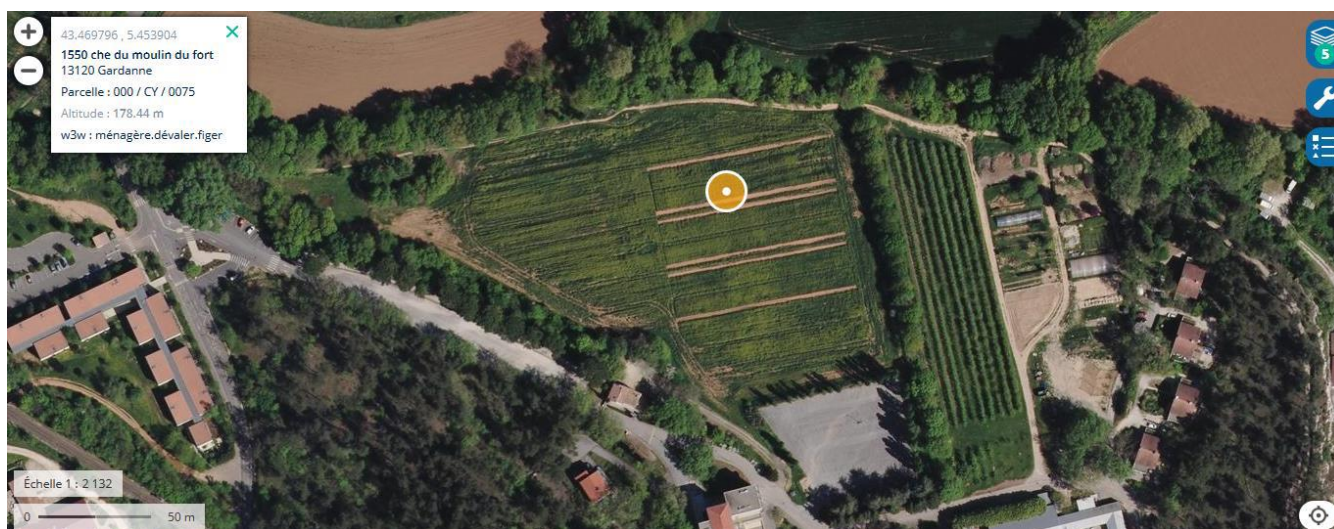
Cette étude s'intègre dans le cadre du projet FEADER (« Projets expérimentaux et nouveaux produits dans les secteurs de l'agriculture et de l'alimentation », 2014-2020) « Expérimentation et évaluation participatives et multisites de culture de houblon en climat méditerranéen à destination des brasseries artisanales de la région PACA », porté par l'associations Bière de Provence, en partenariat avec Agribio04, et faisant intervenir le GRAB, le lycée agricole de Valabre et la houblonnière Lupulina.

L'objectif visé est d'évaluer le potentiel qualitatif et le comportement de plusieurs variétés de houblon sous nos conditions pédoclimatiques de PACA.

## B. Les conditions de déroulement de l'expérimentation de l'essai du lycée agricole de Valabre

### 1. La parcelle

Un essai est mis en place sur une parcelle du Lycée Agricole d'Aix-Valabre, en précédent maïs conventionnel (2019), bordée à l'Est d'un verger de pommiers, à l'Ouest d'une parcelle de maïs (conventionnelle), au Nord d'un ruisseau. Elle est quasiment plane.



Vue aérienne de la parcelle (source : Géoportail)

Une analyse de sol réalisée en avril 2020 indique les éléments suivants :

Texture	<b>Lsa, moyenne sableuse de limon sablo-argileux (17% argiles, 52% limons, 31% sables), faible aptitude à la fissuration, structure dite instable, risque moyen d'asphyxie</b>
pH et calcaire	<b>pH eau = 8,5, 33% calcaire total, 6% calcaire actif</b>
Matière organique	<b>1,43%, faible (moyenne de 2% en région)</b>
Azote organique	<b>873 mg/kg, plutôt faible</b>
Rapport C/N	<b>9,5, moyen (taux optimal de 10)</b>
K2	<b>0,68%, normal</b>
CEC	<b>9,2 meg/100g, plutôt faible, conseiller de fractionner les apports</b>
Nutriments majeurs	<b>Ca élevé, Mg élevé, K normal, P faible</b>
Oligoéléments	<b>Disponibilités correctes, sauf Bore faible</b>

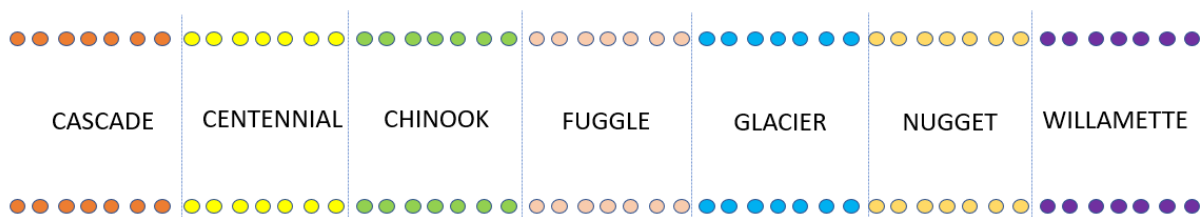
On est donc sur un sol à texture majoritairement limoneuse, présentant une structure naturellement assez instable, avec un risque d'asphyxie toutefois moyen (dû à une proportion importante de sables), ce qui est plutôt favorable à la culture du houblon. Le pH est largement basique, ce qui est classique en région, avec un taux de calcaire actif cependant correct, et qui ne pénalisera pas la culture a priori. Le taux de matière organique est plutôt faible, du moins inférieur à la moyenne régionale. Le CEC (capacité



du sol à retenir les éléments minéraux) est plutôt faible, et le C/N moyen, ce qui indique un sol avec une activité de minéralisation moyenne. Toutefois, les éléments nutritifs majeurs sont présents, excepté le phosphore en trop faible quantité.

## 2. L'itinéraire technique

La préparation du sol a lieu en mars 2020. La plantation est réalisée le 5 mai 2020 (retard de plus d'un mois dû au confinement lié au Covid-19), sur 2 lignes de 130 m de long et écartées de 3,5 m, orientées Nord-Sud. 7 variétés sont implantées, avec 28 plants de chaque (14 sur une ligne, 14 sur l'autre ligne, en fac à face) : **Cascade, Centennial, Chinook, Fuggle, Glacier, Willamette et Nugget**. L'écartement entre les plants est de 1 m, sur le rang. Chaque ligne comporte donc 98 plants. Des tournières sont conservées en bouts de ligne (16,5 m au total).



*Schéma du dispositif expérimental – Lycée agricole de Valabre*

De l'engrais organique azoté (2,8%) est apporté à la plantation (manuellement dans les trous de plantation) à hauteur de 14,3 g/pied, soit 0,4 unités d'azote par pied. Du BRF<sup>1</sup> issu de l'exploitation agricole du lycée est ajouté après la plantation à chaque pied. L'opération est renouvelée 1 mois environ après la plantation.

Un système d'irrigation par goutte-à-goutte en surface est installé, 2 tuyaux de goutte-à-goutte encadrant chaque ligne de plantation. L'irrigation est pilotée à l'aide de tensiomètres ; 1 lots de 3 sondes tensiométriques est installé sur chaque ligne (soit 6 tensiomètres au total). Les 3 sondes sont disposées à 20, 40 et 60 cm de profondeur. A noter que les racines des houblons peuvent, dans un sol sans cailloux, atteindre 1 m de profondeur. La sonde placée à 40 cm permettra plus particulièrement de garantir l'état de confort hydrique ; Jordi indique qu'il faut un minimum de 50 % de la Réserve Utile. Toujours sur les conseils de Jordi et d'après ce qu'indique la littérature, on apporte 12 litres d'eau par pied à partir de

### Choix des variétés

Les variétés ont été choisies au sein du Comité de Pilotage de La Bière de Provence pour le projet houblon, et en fonction de celles disponibles chez le pépiniériste (Lupulina). Elles sont de deux types :

Variétés dites « **amérisantes** » :  
Magnum (All), Nugget ;

Variétés dites « **aromatiques** » :  
Cascade (US), Centennial (US),  
Chinook (US), Glacier (US),  
Fuggle (UK).

<sup>1</sup> Compléments d'informations concernant le BRF : il est obtenu à partir de déchets verts de type copeaux de branches de platane et <20% de pin. Nous ne disposons malheureusement pas du C/N du BRF.

---

15 jours après la plantation et jusqu'à la récolte. Les tensiomètres indiquent qu'il n'y a pas de stress hydrique, à aucun moment, du début de l'irrigation à la récolte. En 2021, le lien sera fait avec la station météo du lycée.

L'entretien de la culture est manuel (désherbage sur le rang). Il n'y a pas de taille pour cette première année de plantation, elle sera effectuée en 2021.

Il n'y a eu aucun traitement sur l'année 2020.

On constate dès les premières mesures de croissance (courant mai) un pourcentage non négligeable de mortalité, avec 62 plants manquants sur les 196 plantés, soit environ 32%. Cela concerne surtout les variétés Chinook, Fuggle et Glacier, les autres n'étant pas non plus épargnées de quelques pertes. Ceci est très certainement dû à la trop longue conservation des rhizomes du fait d'un retard sur la plantation (rhizomes livrés en mars et conservés environ 1,5 mois au frigo), ce qui a provoqué de potentielles moisissures (difficile à voir à l'œil nu) compliquant la reprise du plant une fois en terre, la plantation tardive ne l'ayant pas facilité non plus.

La récolte et l'émondage sont manuels, ils sont réalisés par les salariés-stagiaires d'Agribio04, La Bière de Provence et du lycée agricole. Le séchage est réalisé dans le séchoir à gaz du CRIEPPAM, à Manosque, à une température moyenne de 40°. Les durées de séchage sont divergentes en fonction des variétés.

### 3. L'essai

Il s'agit ici d'un essai de comparaison variétale, entre les 7 variétés sélectionnées, toutes étant conduites sur la même parcelle, dans les mêmes conditions (climat, arrosage, etc.) et avec le même itinéraire technique.

Il avait été envisagé au départ de réaliser, parallèlement à la comparaison variétale, une évaluation du comportement de ces mêmes variétés sous restriction hydrique, avec : 1 ligne de plantation conduite en « confort hydrique » et l'autre ligne (mêmes variétés) conduite en régime de « restriction hydrique ». Cette évaluation n'a pas été réalisée compte-tenu du fait que la plantation a été tardive et que des conditions de restriction hydrique aurait trop risqué de mettre à mal la pérennité de la culture sur la ligne de plantation concernée.

## C. Les conditions de déroulement de l'expérimentation de l'essai sur les « parcelles supports »

Les « parcelles supports » correspondent aux parcelles implantées par et chez des producteurs, dans différents départements de PACA. Les détails concernant les variétés implantées et les itinéraires techniques sont renseignés dans le tableur ci-après.

	Contexte sol / climat	Plantation	Variétés (nb de plants)	Avant 2020	Itinéraire technique 2020									
					Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	
<b>Karl</b>	Forcalquier (04), altitude 500m, pente 5%, "argilo-limono-sableux" (environ 15% d'argiles, le reste en limons et sables fins), précédent prairie permanente (luzerne)	avril 2018, manuelle	Cascade (20), Centennial (20), Chinook (20), Fuggle (20), Glacier (20), Magnum (20), Nugget (20), Saaz (20), Willamette (20)	Avant plantation : fumier de cheval frais en mars 2018, semis de sainfoin en mars 2019 (n'a pas levé mais a levé au printemps 2020)		Epandage (manuel) <b>compost</b> Biotech en février 2020 (600 kg pour 200 plants)		<b>Taille</b> (cascade), 08/04 / 1 arrosage 10 L/pied 15/04 / 2 passages de désherbage manuel	<b>Mise au fil</b> autour du 10/05				<b>Récolte</b> du 7 au 26 août	
<b>Ghislain</b>	Entraigues (84), précédent prairie permanente	avril 2019, manuelle	Cascade (10), Centennial (10), Chinook (10), Fuggle (10), Glacier (10), Magnum (10), Nugget (10), Saaz (10), Willamette (10)	Avant plantation : 1 passage de rotovator à 5 cm sur le rang, épandage fumier de poules (auto-produit)		Mi-février : épandage <b>fumier</b> de poules, intégralité des 2 poulaillers (20 cm d'épaisseur sur 120 m <sup>2</sup> ), épandu dans l'inter-rang seulement puis 1 passage de <b>rotavator</b> (mais pas enfoui)	1 passage de <b>disques</b> mi-mars (pour couper les jets déjà longs)						<b>Récolte</b> du 17 août au 13 septembre	
<b>Cindy</b>	Chorges (05)	nov-19	Cascade (80), Chinook (80), Golding (80), Magnum (80), Perle (25), Saaz (25)	Avant plantation : épandage de fumier de vache et cheval composté	Epandage <b>mélange broyat de déchets verts et fumier composté</b> sur la ligne de plantation				<b>Mise au fil</b> autour du 22/05	3 tontes dans les inter-rangs enherbés en mai-juin	1 passage (3h) de <b>désherbage</b> manuel sur le rang mi-juillet + 1 tonte dans les	<b>Récolte</b> le 20 août		





---

## D. Protocole

### 1. Mesures de la croissance

Plusieurs indicateurs sont mesurés au cours de la croissance du houblon, pour évaluer le comportement de chaque variété. Ils sont décrits ci-dessous. Chaque indicateur est relevé lors de chaque visite sur les parcelles sur un nombre choisi de plants par variété (correspondant au nombre de répétitions) :

- 8 à 12 plants par variété pour la parcelle de Valabre
- 3 à 8 plants par variété pour les parcelles supports

Ces chiffres dépendent du nombre de plants total par variété sur chaque parcelle, et de la mortalité sur certaines variétés (notamment de la variété Glacier à Valabre).

Les visites ont lieu toutes les deux à trois semaines environ.

#### Mortalité

A partir de la plantation, le nombre de plants morts est noté (exactement pour Valabre, en % pour les parcelles supports), en principe 1 fois par mois mais principalement au moment de la récolte. Quand c'est possible, la cause de la mortalité est notée (manque d'eau, maladie, ravageur, etc.).

#### Gestion de l'eau

Les tensiomètres seront relevés :

- Une fois par semaine de la mise en route de l'irrigation à début juin ;
- Deux fois par semaine de début juin jusqu'à la récolte.

#### Croissance et stade phénologique

Plusieurs indicateurs sont mesurés pour caractériser le rythme de croissance de la plante :

- Nombre de bourgeons sortants ; une seule fois, le jour de la mise au fil ;
- Stade phénologique selon l'échelle BBCH, de la mise au fil à la récolte ;
- Hauteur de la liane la plus haute (en cm), de la mise au fil à la récolte ;
- Date d'arrivée de la plante en haut de l'échafaudage ; une seule fois.

#### Etat sanitaire

Plusieurs indicateurs sont mesurés pour caractériser la pression en maladies et ravageurs sur la parcelle, pour chaque variété évaluée :

- Mildiou (*Pseudoperonospora humuli*) :
  - o Observation de l'ensemble du plant et comptage du nombre de bourgeons/lianes infectés
  - o Quand c'est possible, on choisit un bourgeon infecté pour y observer 10 feuilles prises au hasard afin d'estimer à l'oeil nu la surface touchée (de 0 à 100% de la feuille)
- Oïdium :

- 
- Observation de l'ensemble du plant et comptage du nombre de bourgeons/lianes infectés
  - Quand c'est possible, on choisit un bourgeon infecté pour y observer 10 feuilles prises au hasard afin d'estimer à l'oeil nu la surface touchée (de 0 à 100% de la feuille)
  
  - Tétranyques tisserands (araignées rouges) :
    - Observation de l'ensemble du plant et comptage du nombre de bourgeons/lianes présentant des dégâts liés aux attaques de cet acarien (décoloration par points, aspect moucheté)
    - Quand c'est possible, on choisit un bourgeon infecté pour y observer 10 feuilles prises au hasard afin d'estimer à l'oeil nu la surface touchée (de 0 à 100% de la feuille)
  
  - Puceron vert (Phorodon humuli) :
    - Observation de l'ensemble du plant et comptage du nombre de bourgeons/lianes présentant des dégâts liés aux attaques de ce puceron
    - Quand c'est possible, on choisit un bourgeon infecté pour y observer 10 feuilles prises au hasard afin d'estimer à l'oeil nu la surface touchée (de 0 à 100% de la feuille)

C'est une espèce migrante. Il serait présent sur houblon surtout en mai et juin. Les feuilles accueillant ce puceron jaunissent, s'enroulent et deviennent cassantes (impossible de faire une observation en déroulant les feuilles).

## 2. Mesures du rendement

### Taux d'humidité à la récolte

Dans la mesure du possible, on mesure le taux d'humidité des cônes au moment de la récolte (ou juste après), sachant que l'on vise idéalement un taux de matière sèche d'environ 23% (et donc un taux d'humidité de 77%).

Pour cela, on prélève aléatoirement un échantillon représentatif parmi les cônes frais récoltés et émondés, pour lesquels on note le poids frais. On les passe ensuite au micro-onde en plusieurs sessions de 30 secondes environ, jusqu'à atteindre le poids souhaité correspondant aux 23% de matière sèche. La différence entre le poids final et le poids initial (poids frais) nous indique le taux d'humidité du houblon frais. On s'aide pour cela du tableur de calculs proposé par Houblons de France : <https://houblonsdefrance.fr/calculateurs-pour-la-recolte-du-houblon/>.

### Autres mesures

D'autres indicateurs sont mesurés pour caractériser les récoltes, par variété, pour chaque plant suivi :

- Diamètre de la tige à 1m du sol (en cm) ;
- Hauteur de début de floraison : hauteur à laquelle est identifié le passage 'branches sèches sans fleurs' à 'fleurs saines' (en cm) ;
- Poids frais de la plante entière (avec toutes les lianes d'un même pied et les fils coco) ;

- 
- Poids frais de l'ensemble des cônes d'une plante, après séparation des cônes de leur liane (en re-notant le nombre de lianes pour vérifier qu'on a bien le même nombre de lianes que compté initialement lors de la mise au fil) ;
  - Poids frais de 20 cônes pris aléatoirement sur un plant et déduction du nombre de cônes totaux/plante.
  - Poids sec de l'ensemble des cônes récoltés ou d'un échantillon de cônes mis au séchoir (par variété), nous permettant ensuite de calculer le poids sec par pied (en g), qui sera notre principal indicateur de rendement.

### 3. Analyses de laboratoire

Un échantillon de cônes secs de chaque variété est conservé pour être envoyé au laboratoire SAI Chimie afin de mesurer notamment le taux d'humidité (post-séchage), le taux d'acides alpha et les taux d'huiles essentielles.

## E. Résultats

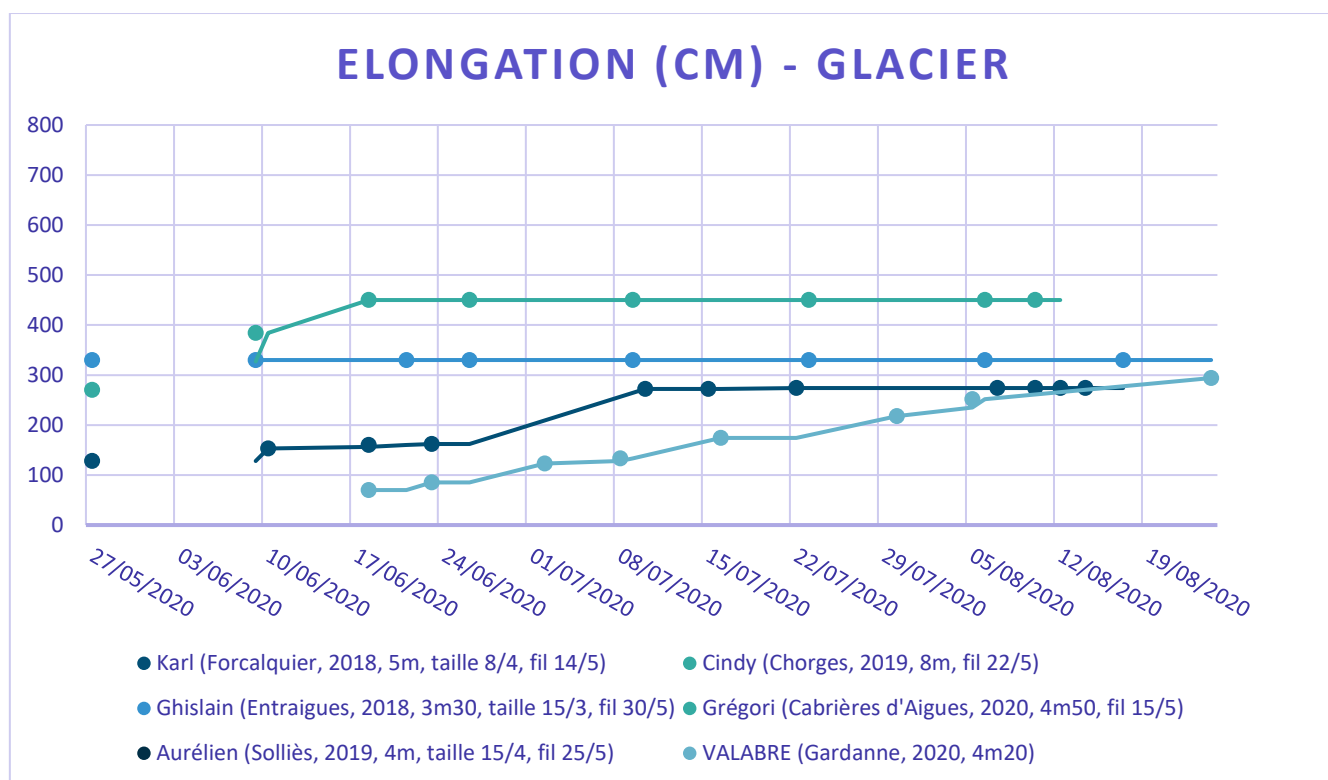
### 1. La croissance - Elongation

Les deux indicateurs conservés pour caractériser la croissance des plantes, par variété, sont :

- L'élongation des lianes au fil du temps ;
- Les stades BBCH au fil du temps, avec un focus plus particulier sur la date correspondant au stade 50 (bourgeons apparents – début de floraison), qui ne doit pas idéalement pas se dérouler avant le 21 juin.

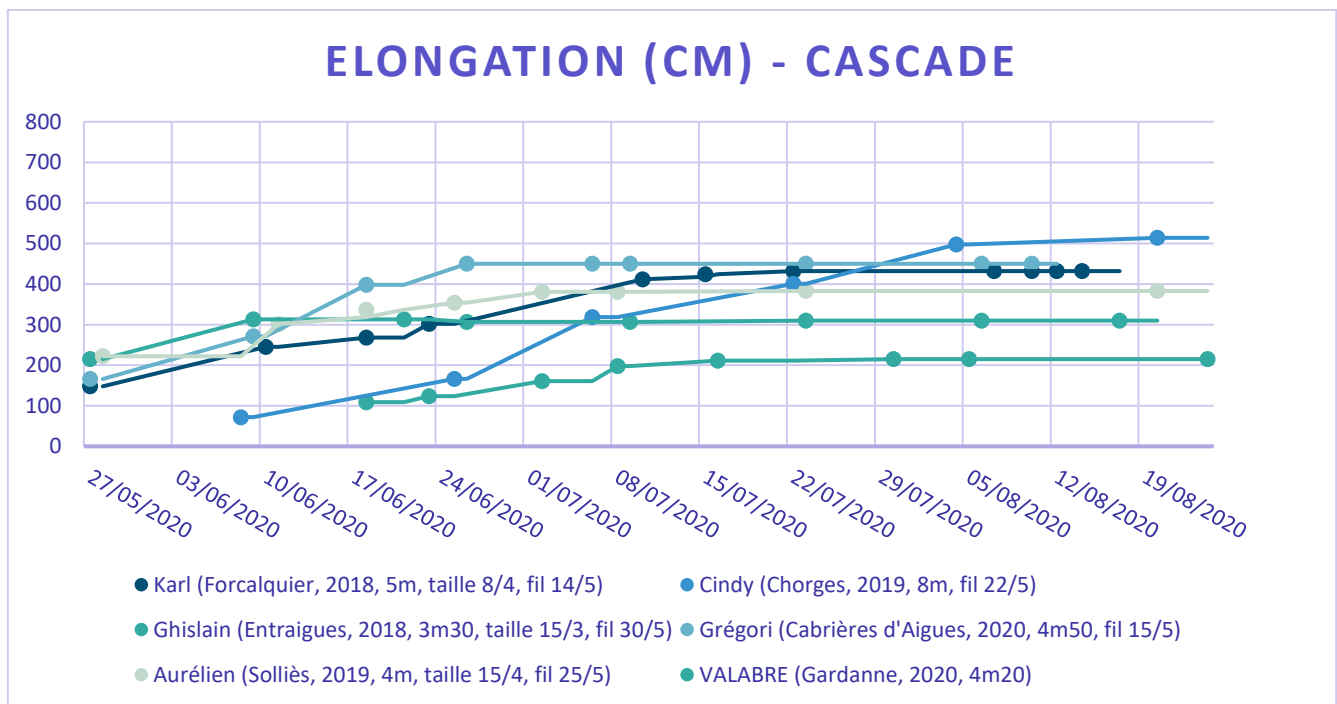
Les points sur les graphiques correspondent aux relevés réalisés sur le terrain, les courbes sont des « courbes de moyennes mobiles » générées par Excel.

#### Glacier



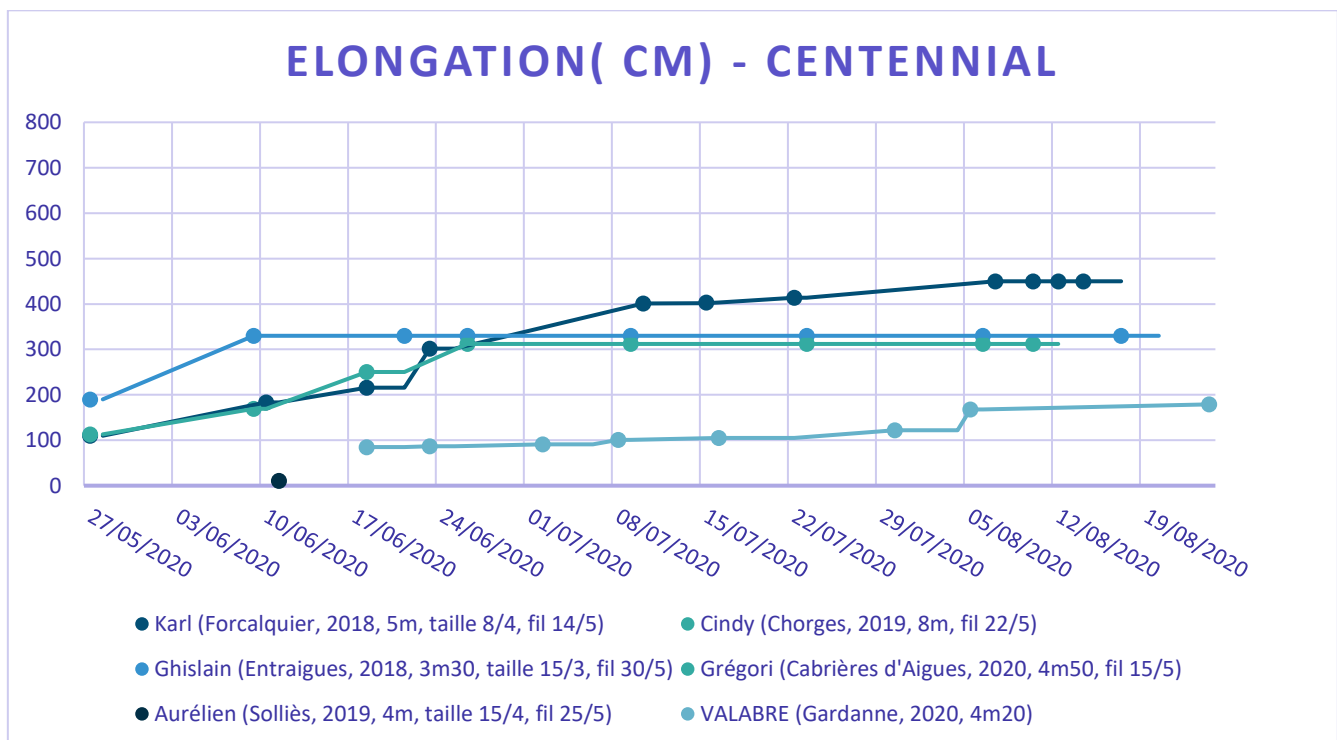
Observations : c'est chez Grégori (1<sup>ère</sup> année) et Ghislain (3<sup>ème</sup> année), donc dans le Vaucluse, que la variété Glacier s'en sort la mieux, en atteignant la hauteur du faîtage.

## Cascade



Observations : le Cascade atteint la hauteur maximale du faîtage chez Ghislain, Aurélien (2<sup>ème</sup> année) et Grégori, te quasiment pour Karl (3<sup>ème</sup> année), avec 4m20 (pour un faîtage à 5m). Il ne l'atteint pas chez Cindy (1<sup>ère</sup> année) mais qui représente toutefois l'élongation la plus importante (5m, pour un faîtage à 8m).

## Centennial

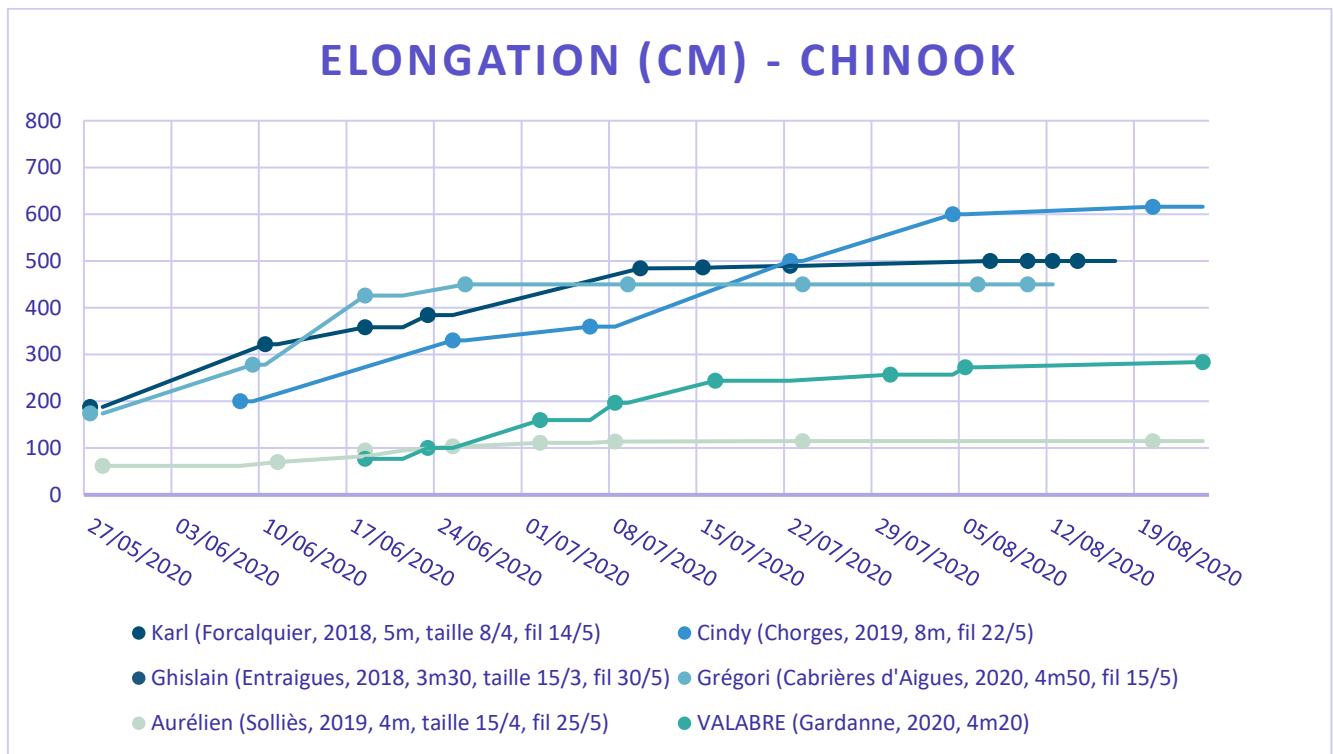


Observations : C'est chez Ghislain et Karl que le Centennial se comporte le mieux, en atteignant la hauteur maximale du faîtage (presque pour Karl). C'est moins intéressant en termes d'élongation chez



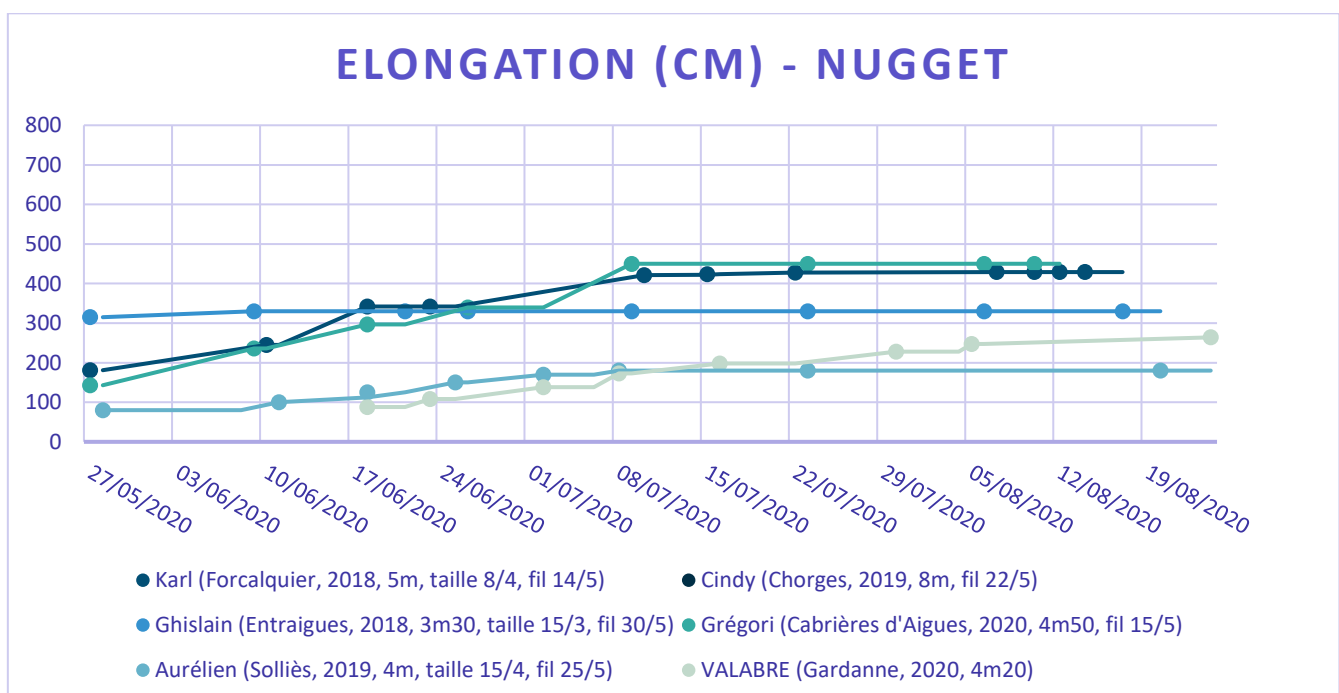
Grégori, à Valabre (1<sup>ère</sup> année) ou encore chez Aurélien chez qui les plants ne sont quasiment pas développés (peut-être faute d'avoir été suffisamment entretenus toutefois).

### Chinook



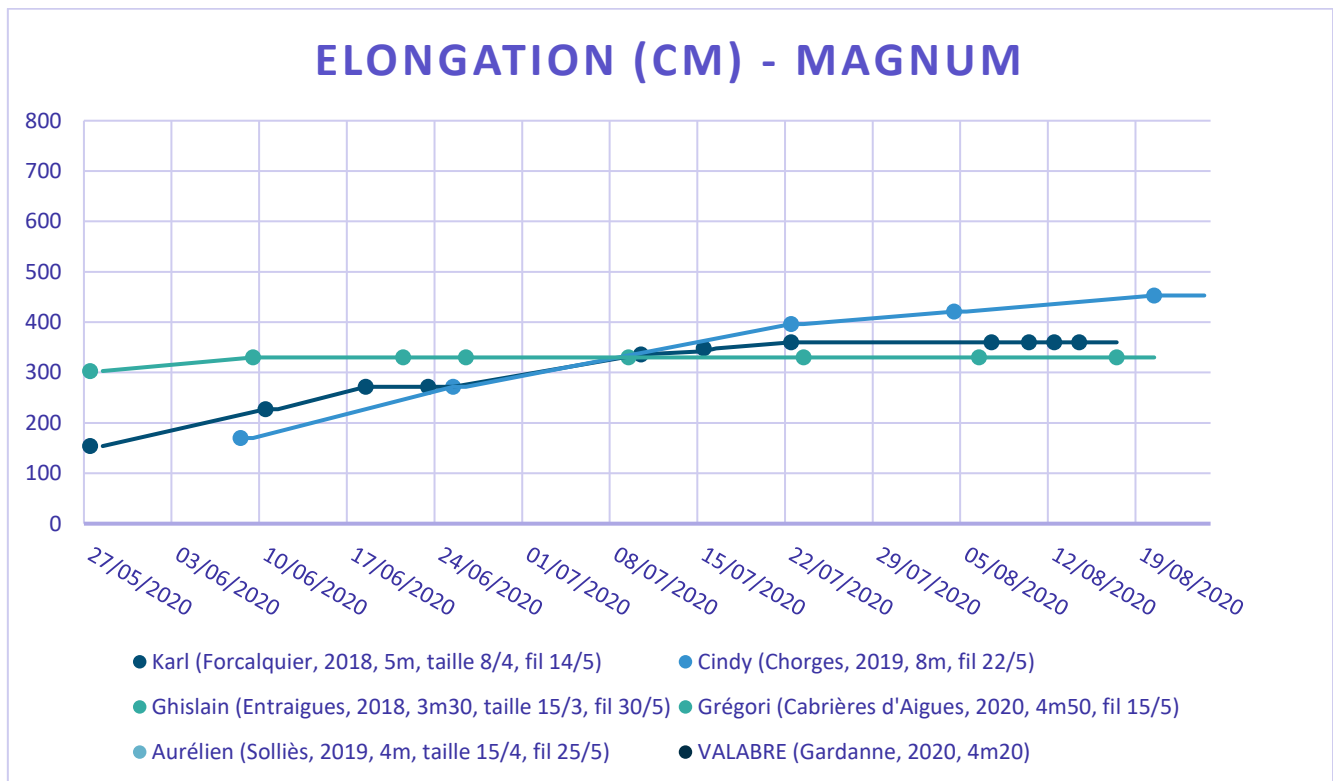
Observations : Le Chinook a atteint la hauteur maximale sur presque toutes les parcelles, exceptées Valabre (1<sup>ère</sup> année) et Aurélien. Il atteint les 6m chez Cindy, bien que ce ne soit pas encore la hauteur du faîtage (1<sup>ère</sup> récolte).

### Nugget



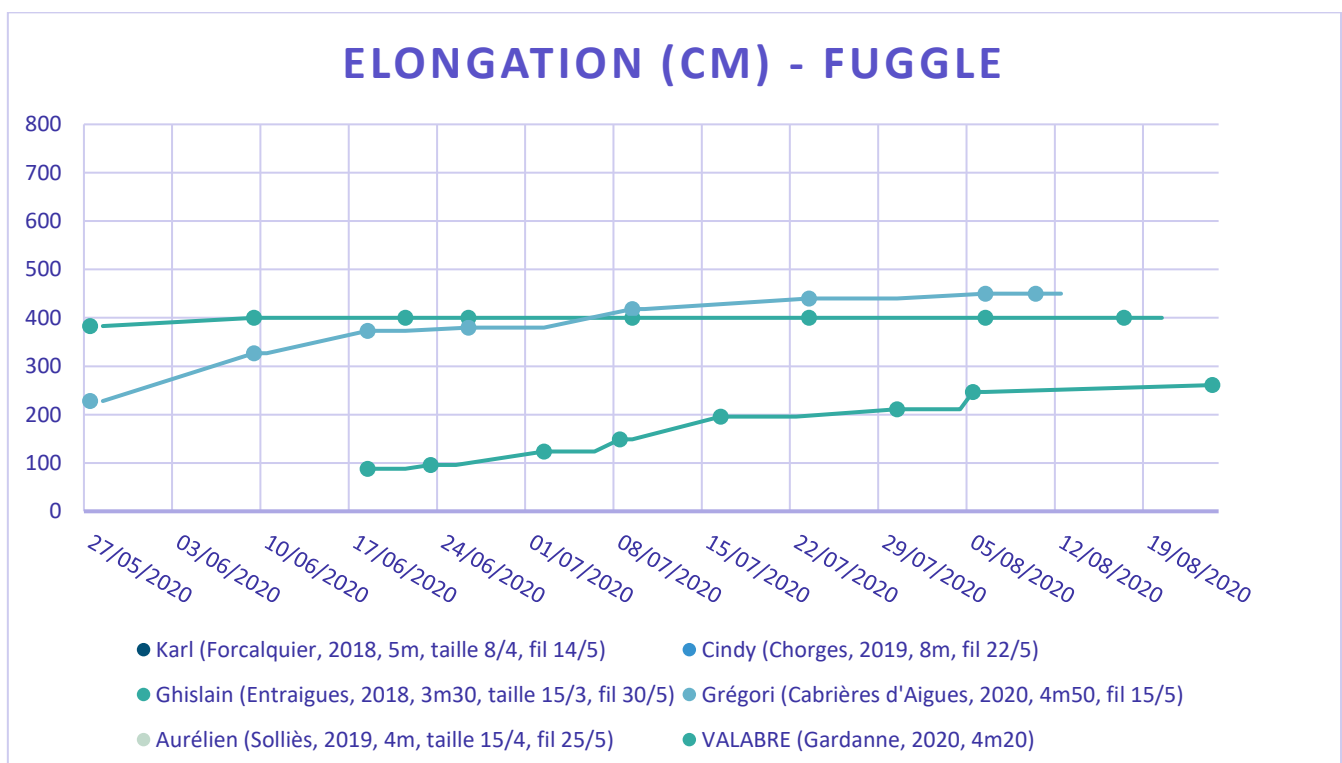
Observations : Le Nugget atteint le haut du faîtage chez Ghislain, Grégori et (presque) chez Karl. Ce n'est pas le cas chez Aurélien et à Valabre.

### Magnum



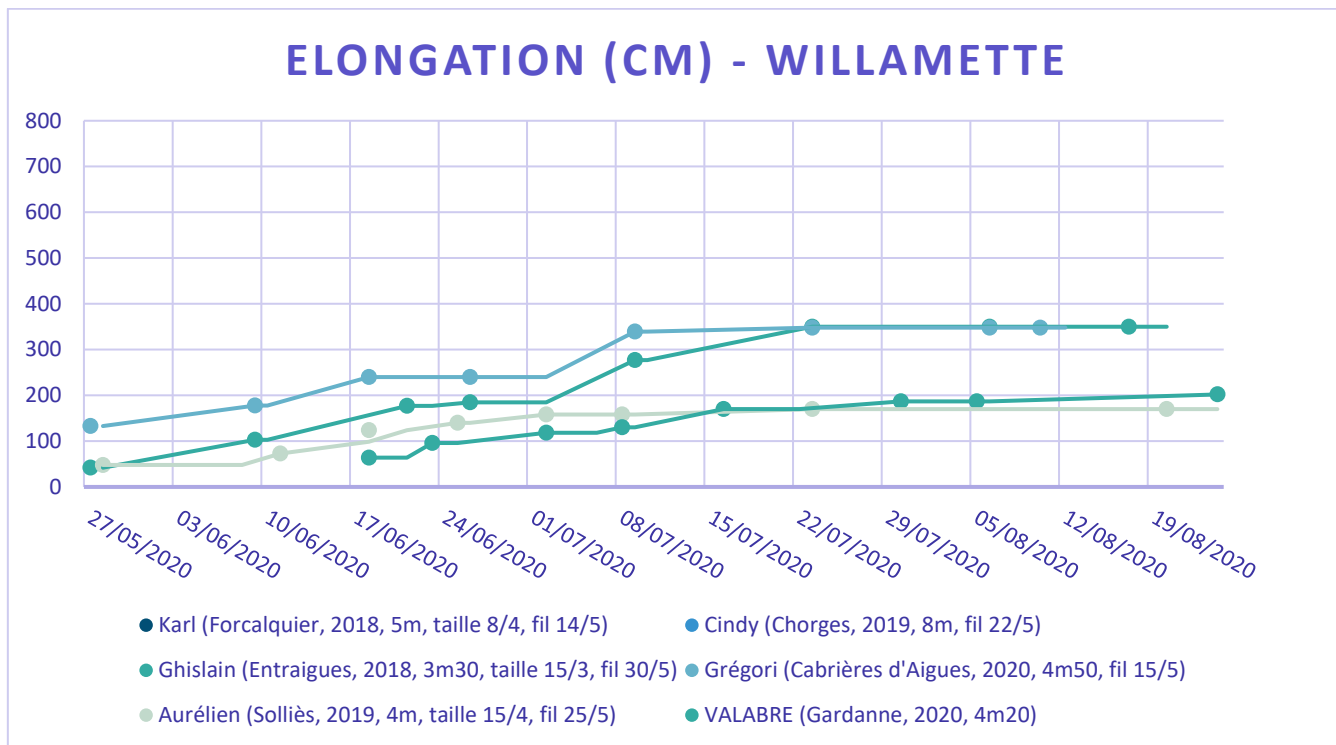
Observations : Le Magnum atteint la hauteur maximale chez Ghislain, presque chez Karl, mais pas chez Cindy bien qu'il atteigne les 4m50.

### Fuggle



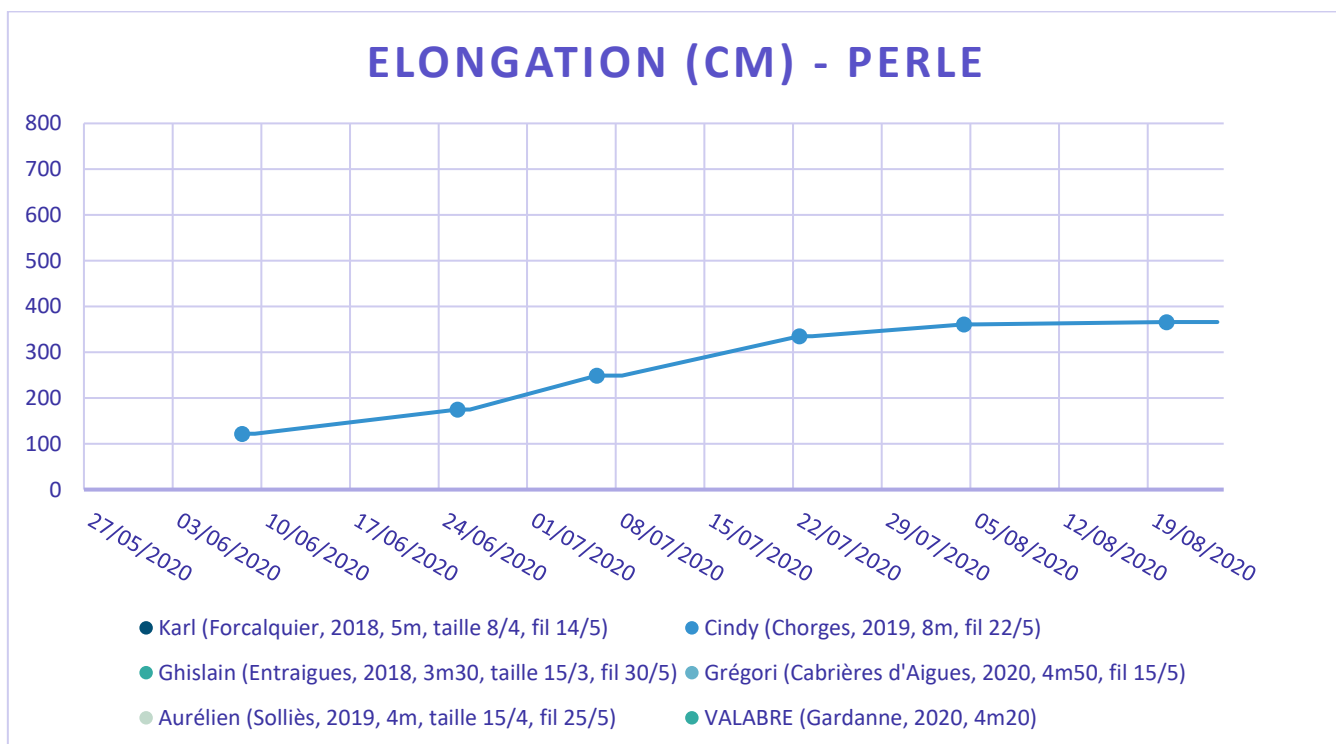
Observations : L'élongation du Fuggle est maximale chez Ghislain et Grégori.

### Willamette



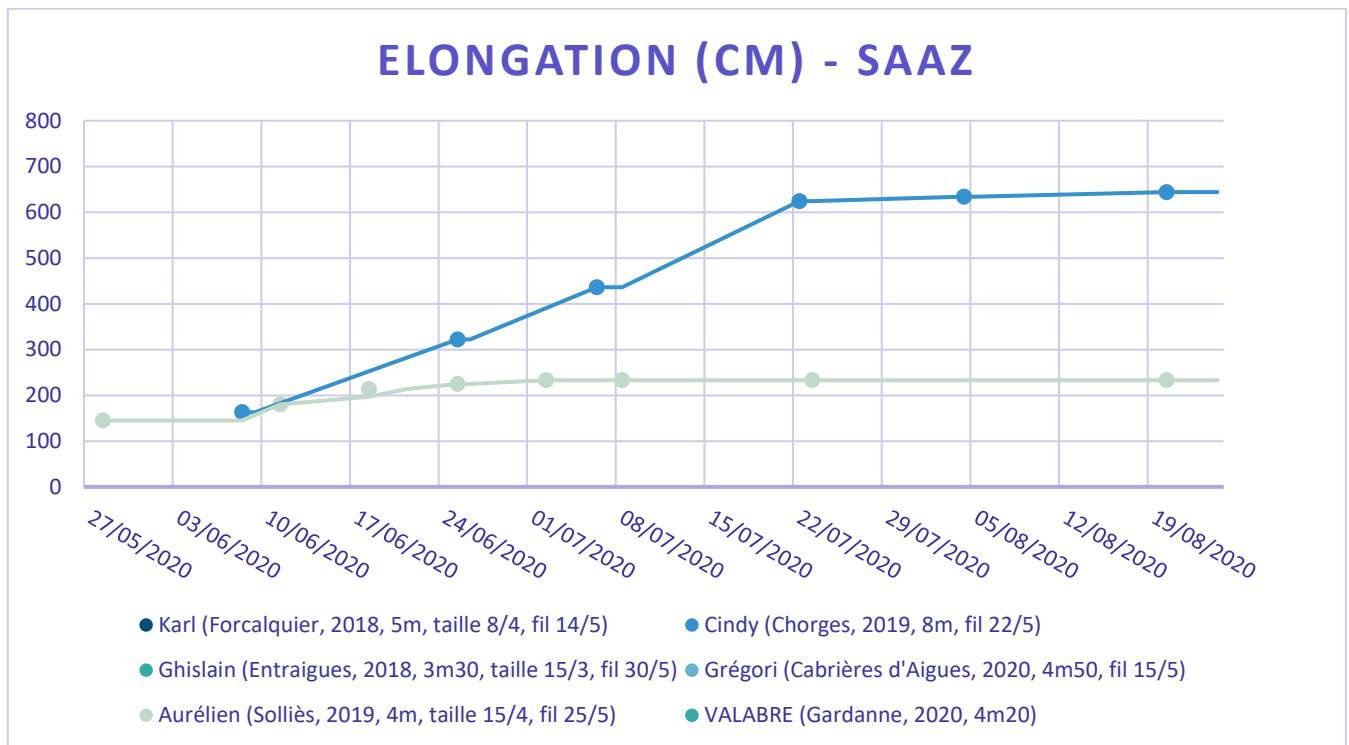
Observations : Les plants de Willamette n'attendent le haut du faîtage que chez Ghislain, et reste 1m en-dessous environ chez Grégori. Leur élongation reste faible chez Aurélien et à Valabre.

### Perle



Observations : Cette variété est uniquement cultivée chez Cindy, elle atteint à peine la moitié de la hauteur du faîtage au moment de la récolte.

## Saaz



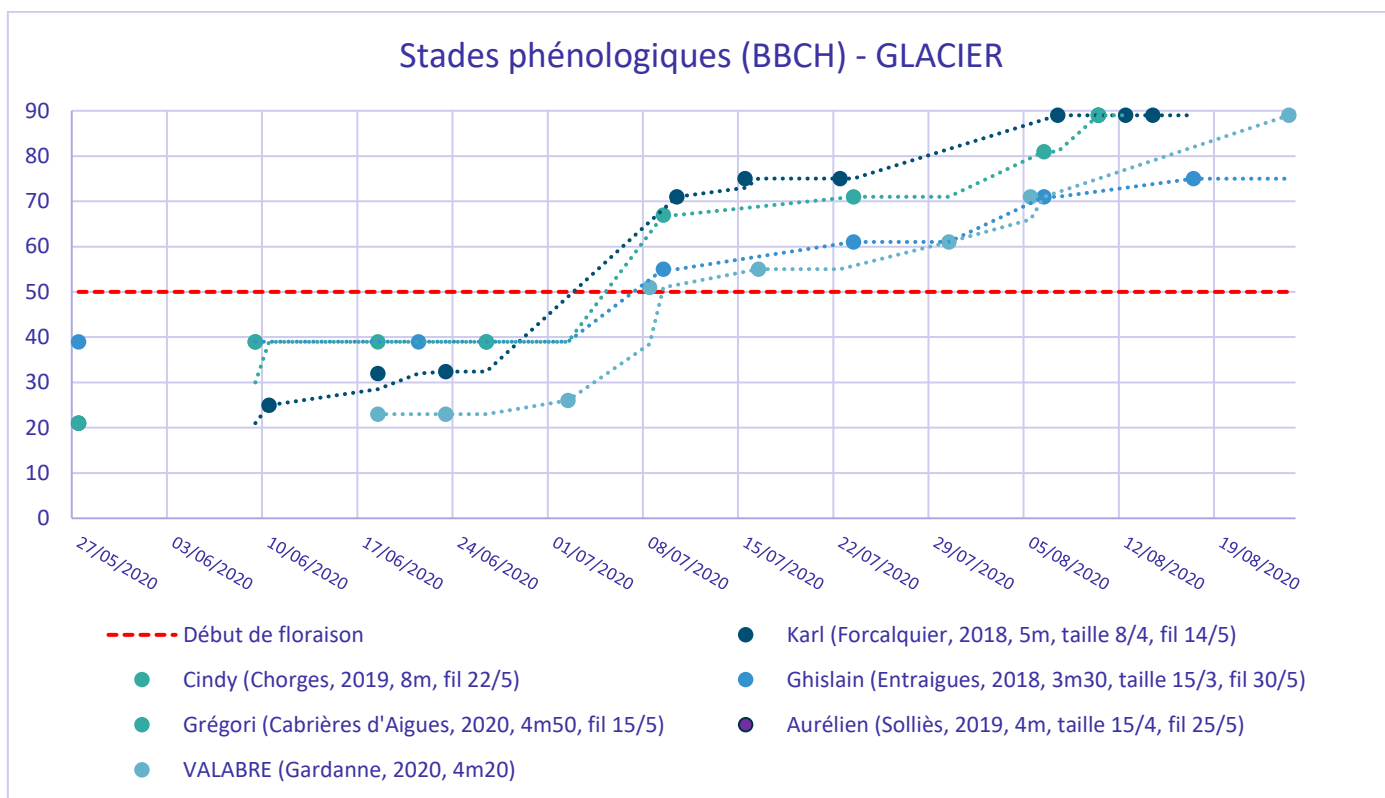
Observations : Les plants de Saaz se sont bien développés chez Cindy pour atteindre plus de 6m, soit 2m en-dessous de la hauteur du faîtage. Ça n'a pas été le cas chez Aurélien chez qui les plants ont stagné à un peu plus de 2m.

## 2. La croissance – Stades BBCH

Les stades BBCH ont été relevés à chaque mesure. Le stade 50, correspondant au début de floraison, est mis en avant sur les graphiques, afin de bien visualiser cette la date correspondante qui ne doit pas arriver avant le 21 juin idéalement.

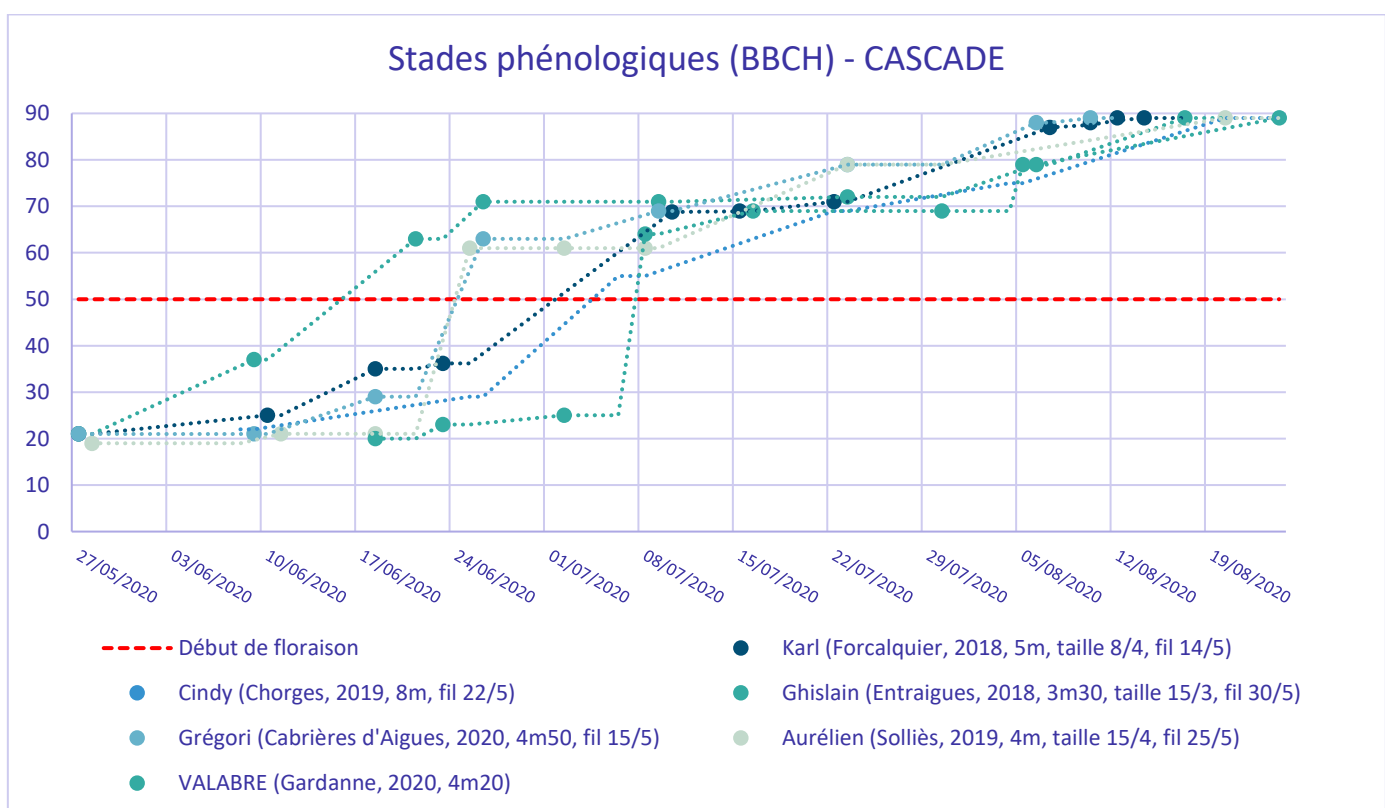
De la même manière que précédemment, les points sur les graphiques correspondent aux relevés réalisés sur le terrain, les courbes sont des « courbes de moyennes mobiles » générées par Excel.

## Glacier



Observations : Glacier atteint le début de floraison (stade 50) passé le 21 juin. Les plants de cette variété atteignent le stade de récolte optimal (stade 89) chez tous les houblonniers, hormis Ghislain où ils restent au stade 75 (cônes développés mais stigmates encore apparents).

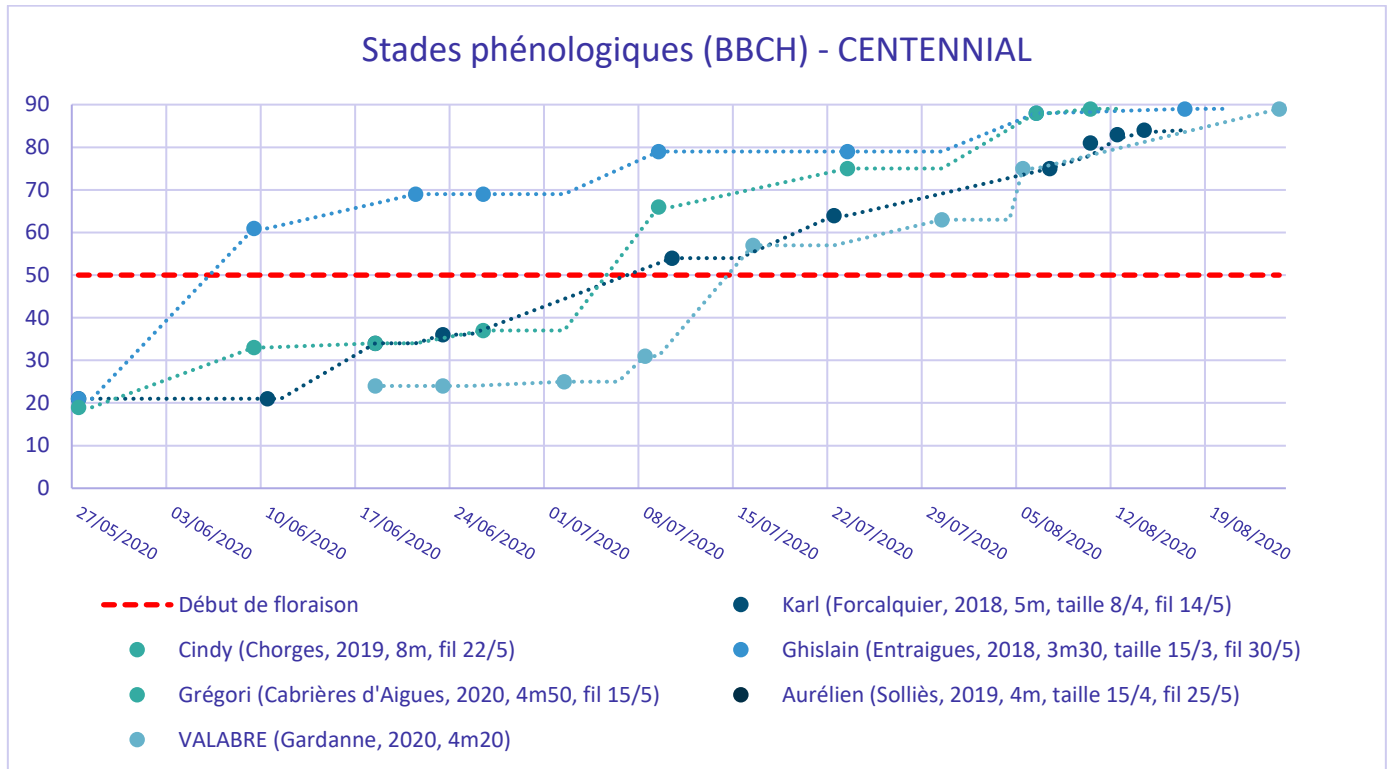
## Cascade





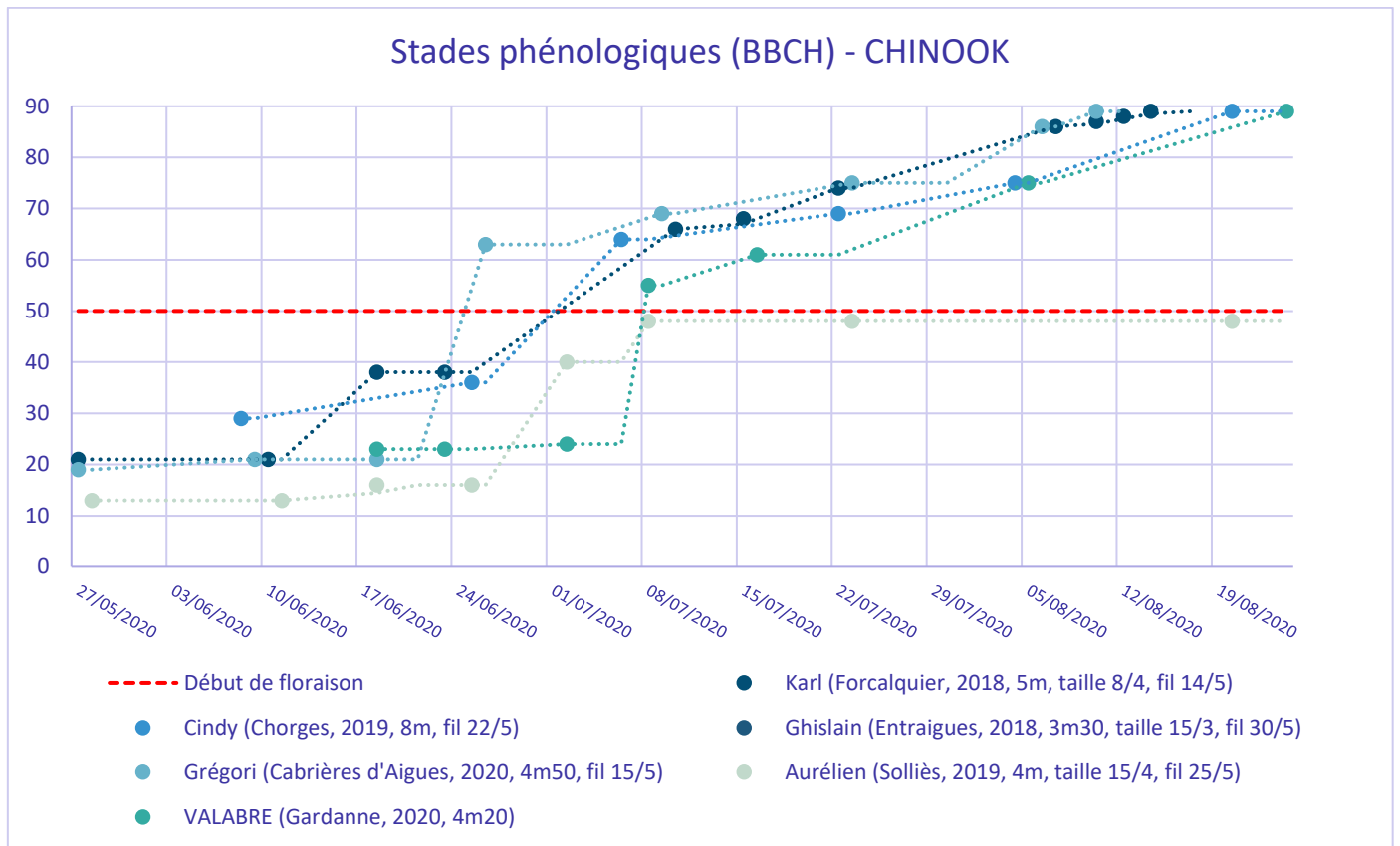
Observations : Tous les plants de Cascade atteignent le stade de récolte optimal. Cependant, Ghislain est trop en avance, avec un stade 50 passé au 17 juin, ce qui indique un choix de jets et mise au fil trop précoce.

### Centennial



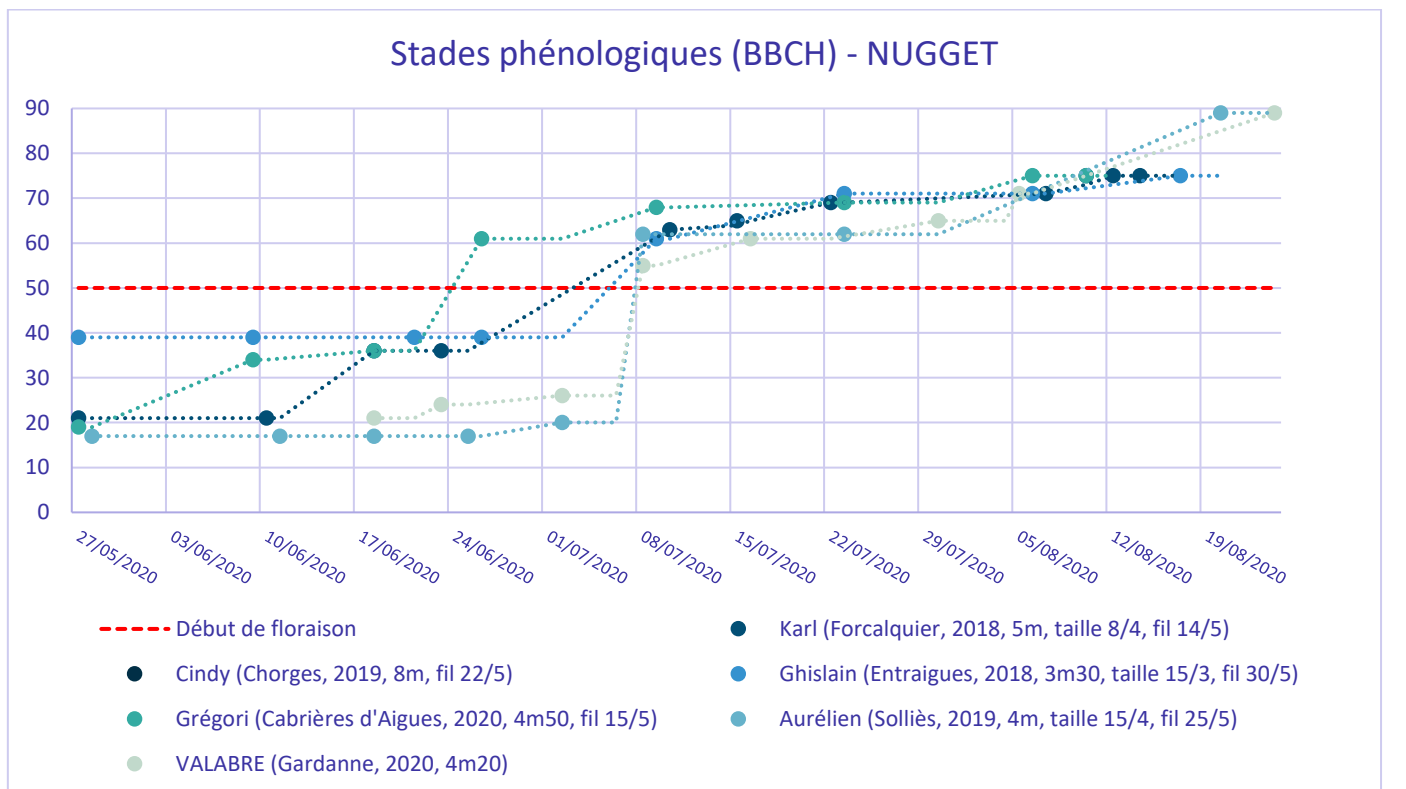
Observations : Pour les plants de Centennial, l'observation est très similaire à celle du Cascade, avec un stade 50 passé début juin déjà chez Ghislain, donc de nouveau une mise au fil trop précoce.

## Chinook



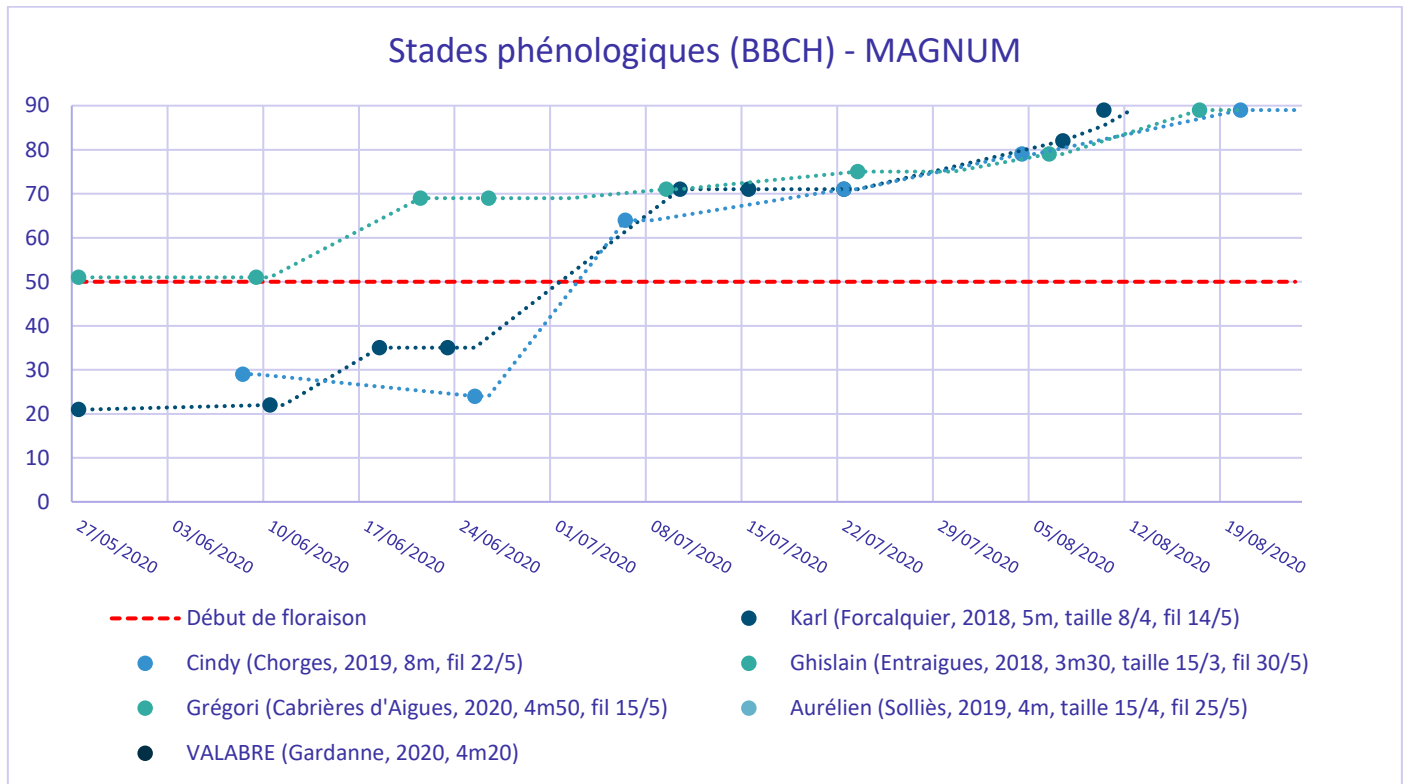
Observations : Tous les plants de Chinook atteignent le stade optimal de récolte, excepté chez Aurélien où ils stagnent au stade 48 (fin de l'élongation, bourgeons pas encore apparents).

## Nugget



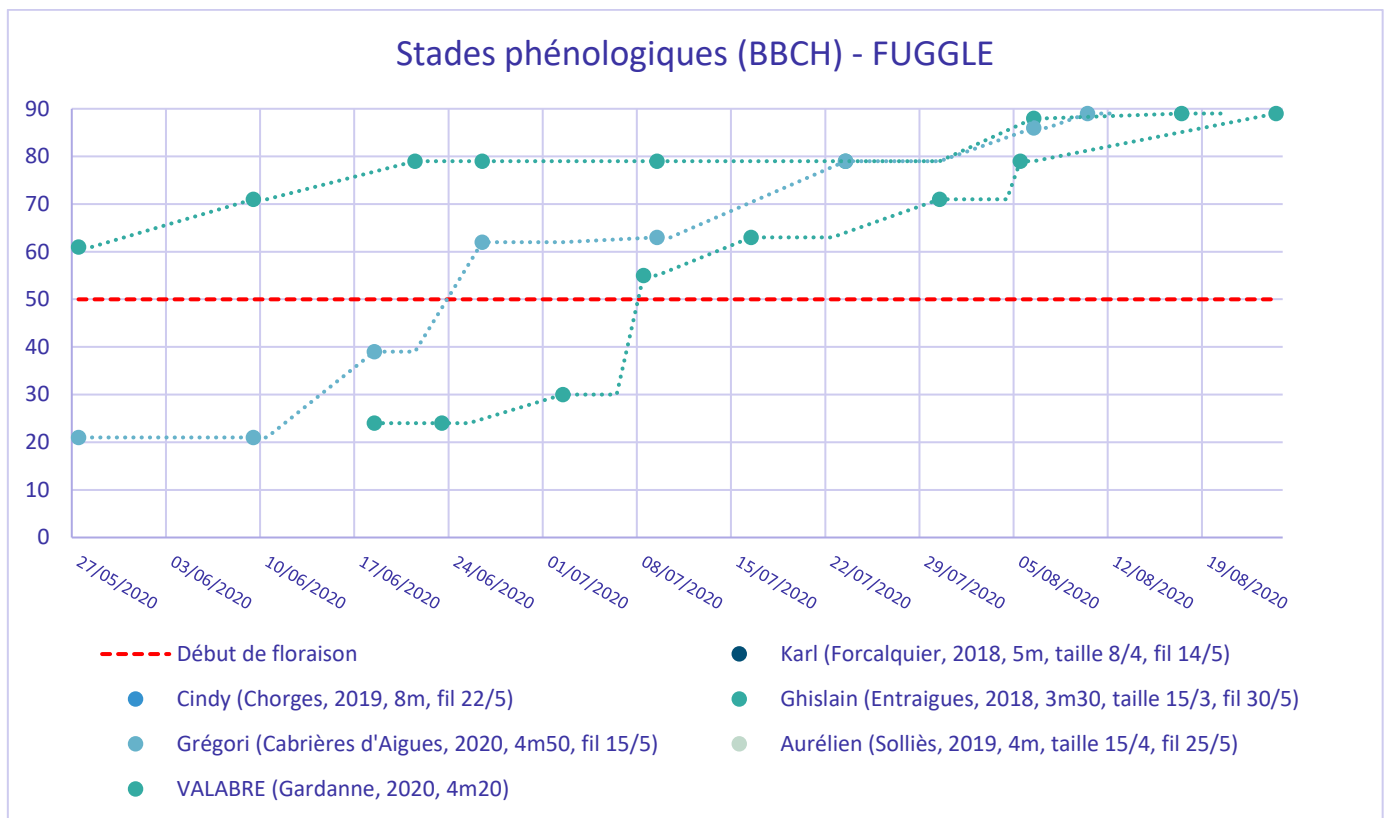
Observations : Pour Nugget, il n'y a que chez Aurélien et à Valabre que les plants atteignent le stade de récolte, alors qu'ils stagnent au stade 75 chez les autres.

## Magnum



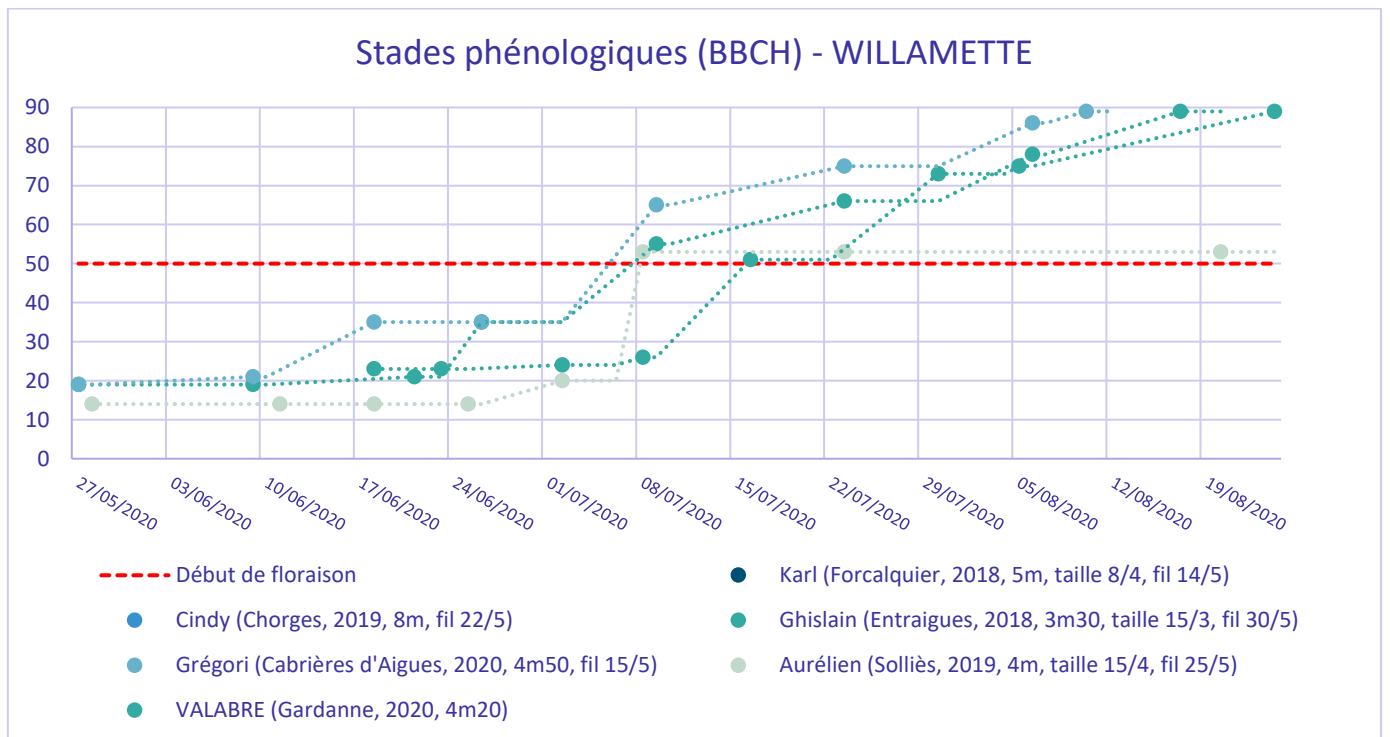
Observations : Les plants de Magnum atteignent tous le stade optimal de récolte. On observe de nouveau chez Ghislain une mise au fil trop précoce.

## Fuggle



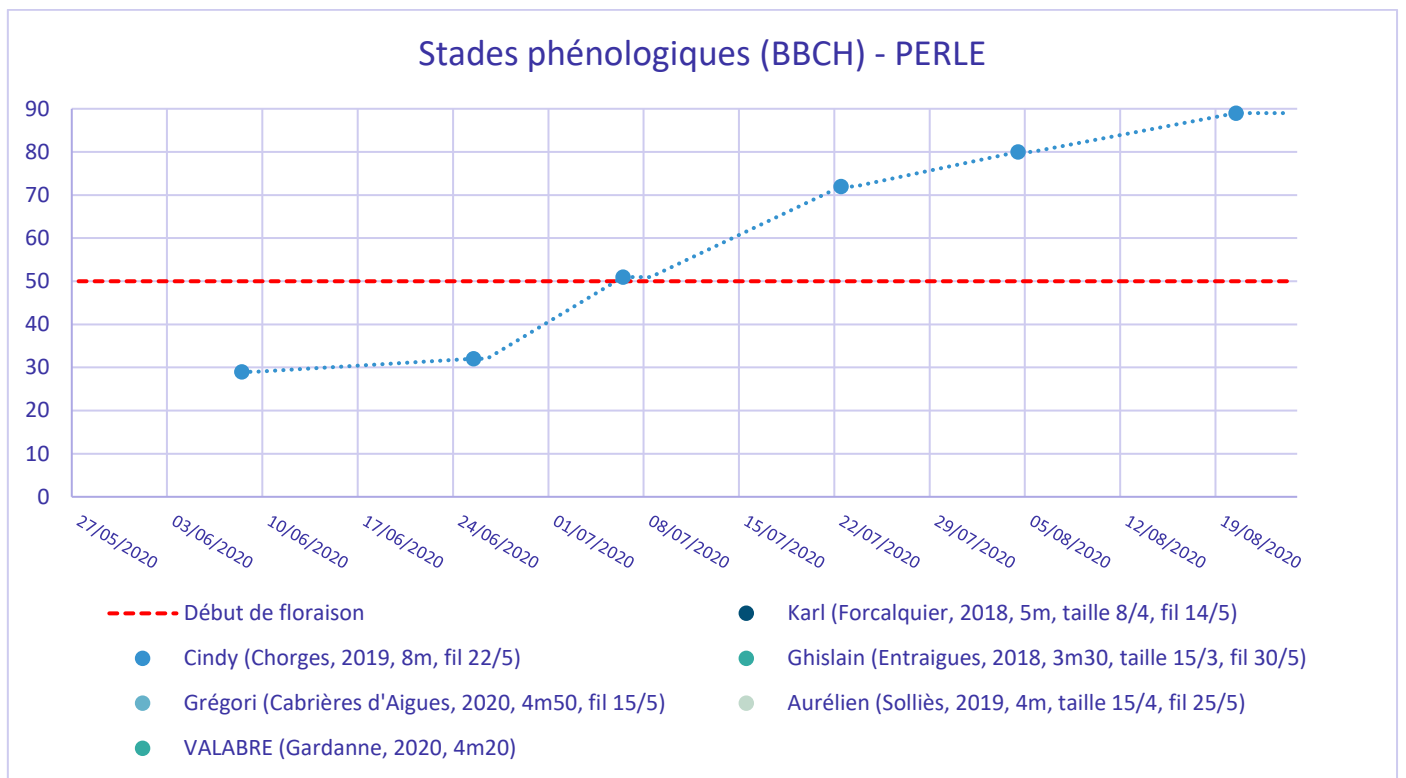
Observations : Mêmes observations que précédemment.

## Willamette



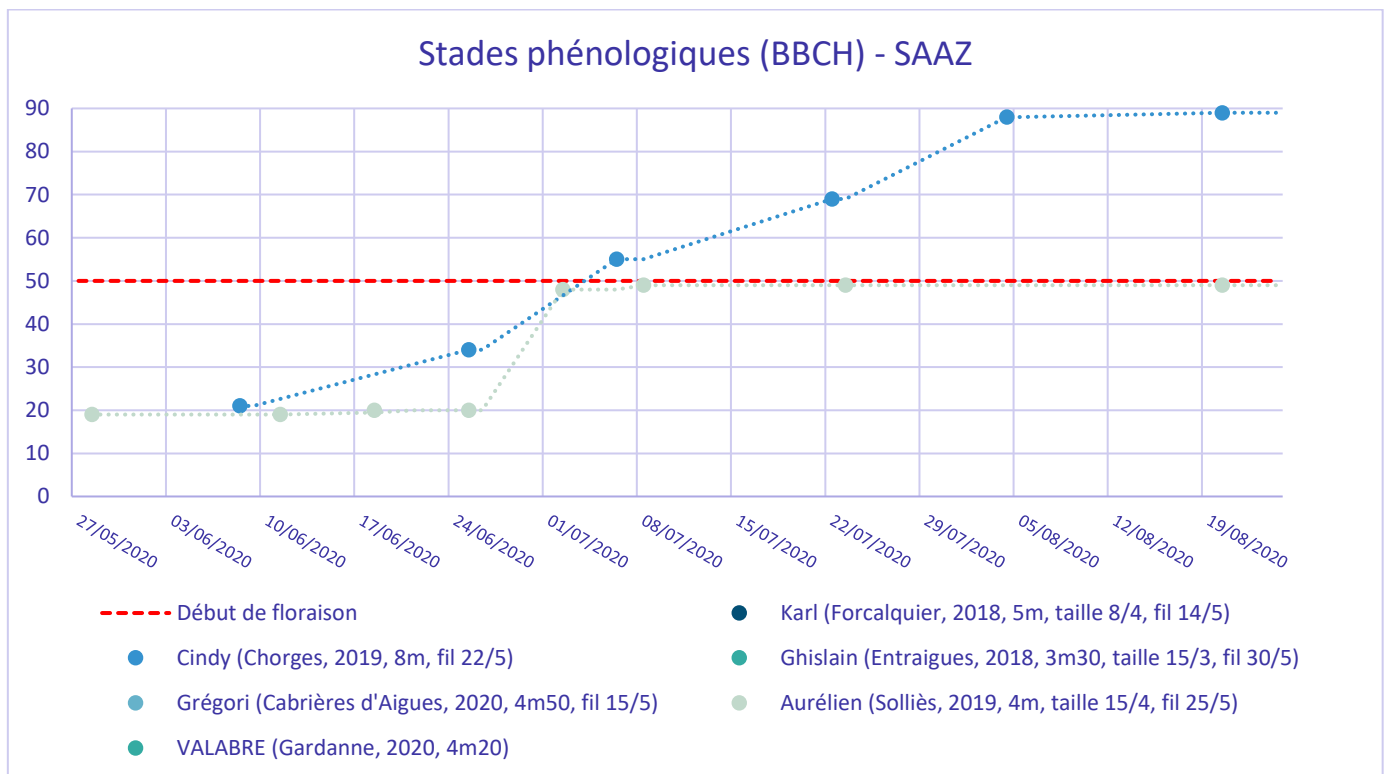
Observations : Les plants atteignent le stade de récolte, excepté chez Aurélien chez qui ils stagnent au stade 53 (bourgeons des inflorescences visibles).

## Perle



Observations : Les plants de Perle chez Cindy atteignent le stade de récolte, avec un passage du stade de floraison à une date adaptée.

## Saaz



Observations : Le stade de récolte optimal est atteint chez Cindy, il ne l'est pas chez Aurélien (stade 49).



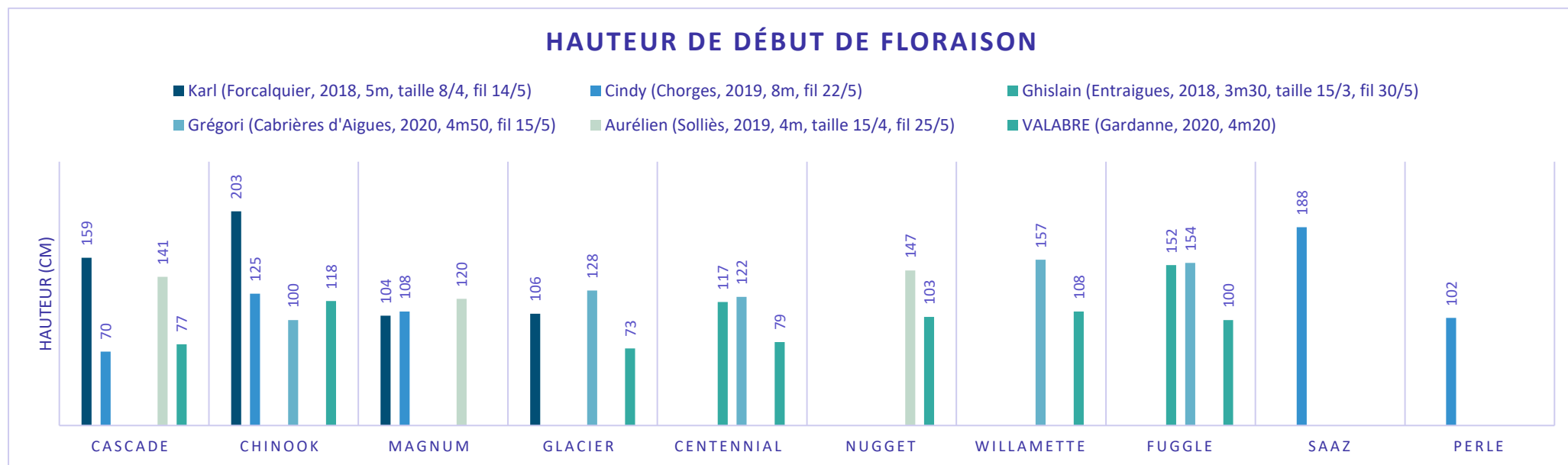
---

### 3. La récolte & les rendements

Les indicateurs conservés ici pour illustrer les résultats des récoltes sont :

- La hauteur de floraison (en cm) : elle correspond à la hauteur à laquelle les premiers cônes sont visibles, elle donne une indication sur le « potentiel fertile » des plants ; plus cette mesure est faible, meilleur est le potentiel de rendement (plus de longueur de lianes sur laquelle il y a des ramifications secondaires portant des cônes) ;
- Le rendement moyen en poids de cônes séchés par pied (en g).

## Hauteur de début de floraison

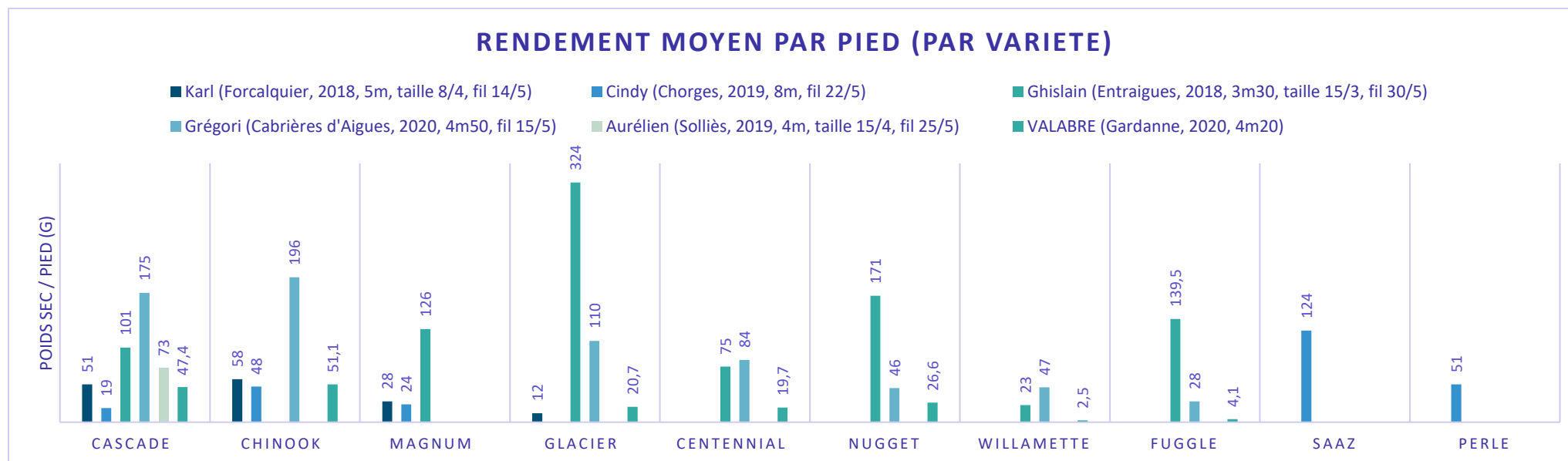


Observations : Habituellement, pour le Cascade, on attend une hauteur de début de floraison (= cônes) à environ 1 m du sol. Nous n'avons pas de données précises concernant les autres variétés, mais pouvons partir sur le principe que 1 m est la hauteur moyenne attendue. Or on constate ici que ce n'est pas toujours le cas ;

- Chez Karl : Cascade et Chinook font débuter leur floraison respectivement à 1,60 m et 2 m
- Chez Cindy c'est le Saaz qui présente un début de floraison à presque 1,90 m
- Chez Ghislain le Fuggle démarre sa floraison à 1,50 m (pas ou presque de données sur les autres variétés qu'il cultive)
- Chez Grégori ce sont les variétés Willamette et Fuggle qui montrent un début de floraison à une hauteur alentour à 1,55 m
- Chez Aurélien ce sont cette fois-ci Cascade et Nugget qui ont un début de floraison à 1,45 m
- A Valabre on est plutôt dans une moyenne basse et inférieure à 1 m, mais ce qui s'explique par des lianes avec peu d'élongation au moment de la récolte.

Il est donc assez difficile d'interpréter les résultats donnés par l'observation de cet indicateur, sans qu'une variété ne se différencie vraiment des autres.

## Rendements

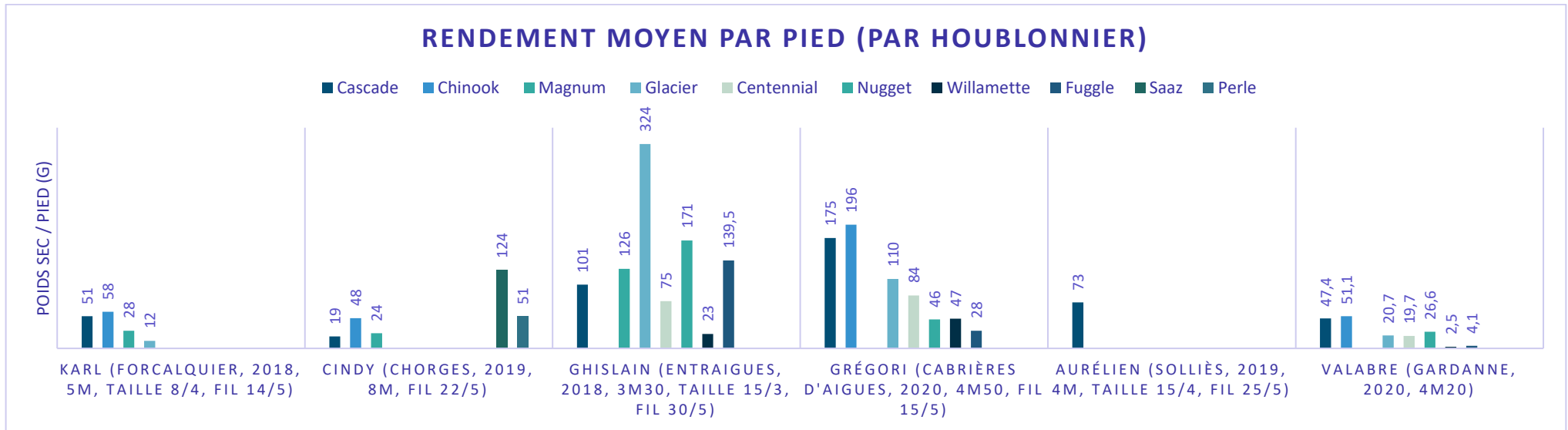


Observations : En phase croisière (à partir de 3-4 années de culture), on estime qu'un plant de houblon bio produit 400 g de cônes secs, soit 1,2 T/ha. On observe que l'on se situe ici systématiquement en-dessous de cette valeur, ce qui s'explique d'abord par le fait qu'aucune des parcelles suivies n'est en 4<sup>ème</sup> année, même si Karl et Ghislain s'en approche. D'ailleurs, c'est chez Ghislain que le rendement record est atteint avec un Glacier à 324 g/plant. Pour les autres variétés :

- Cascade : meilleur rendement chez Grégori (1<sup>ère</sup> année) avec 175 g/plant
- Chinook : meilleur rendement chez Grégori (1<sup>ère</sup> année) également avec presque 200 g/plant
- Magnum : meilleur rendement chez Ghislain (3<sup>ème</sup> année) avec 130 g/plant

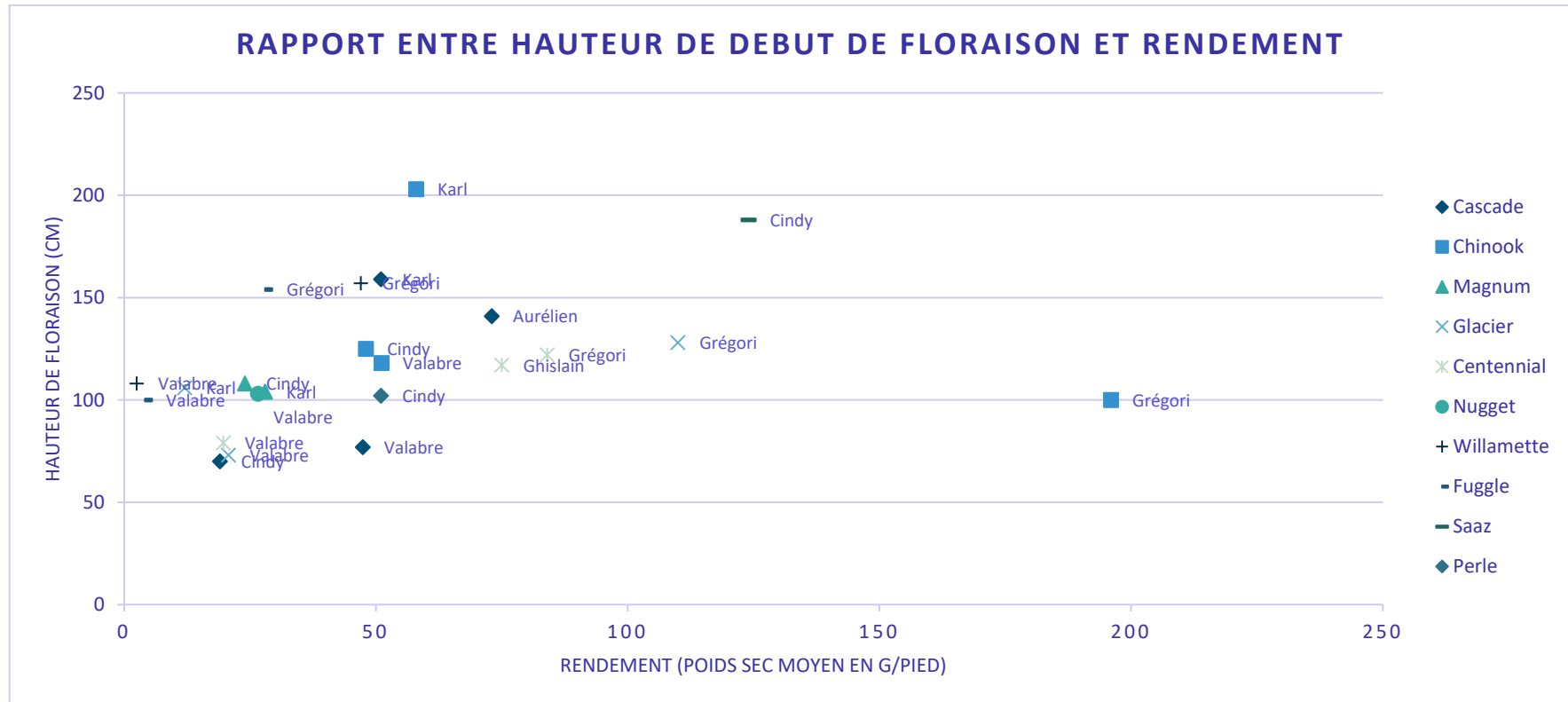
- Centennial : faibles rendements généralement, autour de 80 g/plant
- Nugget : meilleur rendement chez Ghislain (3<sup>ème</sup> année) avec 170 g/plant
- Willamette : faibles rendements généralement,
- Fuggle : meilleur rendement chez Ghislain (3<sup>ème</sup> année) avec 140g/plant
- Saaz : rendement moyen chez Cindy avec 125 g/plant
- Perle : rendement faible chez Cindy avec 50g/plant.

Il également intéressant de regarder les rendements, non par au regard de la variété, mais du producteur, et donc du lieu et des conditions de plantation.



Observations : Il n'est pas évident d'interpréter cette figure car on constate que les rendements ne dépendent a priori pas de l'année de plantation (cf. écarts de rendements entre Karl et Ghislain, qui ont tous deux plantés en 2018, et avec Grégori, qui a planté en 2020), et ne dépendent pas non plus à première vue de la localisation géographique, les meilleurs rendements de Cascade étant observés à des endroits assez différents (Entraigues, 84 et Chorges, 05) en termes d'altitude, de pluviométrie et de type de sol. L'hypothèse la plus acceptable est que ces résultats sont principalement dus à des choix différents en termes d'itinéraires techniques (amendements et fertilisation, irrigation, désherbage). A bien noter que, quelle que soit la parcelle, ce sont des cultures récentes (3 ans au maximum).

## Corrélation entre hauteur de début de floraison et rendement ?



En théorie, on devrait observer que plus la hauteur de début de floraison est élevée (c'est-à-dire plus les cônes apparaissent haut sur les lianes), plus le rendement est faible. En effet, si la sélection des lianes et la mise au fil sont réalisées trop tôt en saison, alors les lianes grimpent sur le fil coco à une saison très poussante, et la floraison démarrent alors qu'elles sont déjà hautes sur les fils, ce qui impactent le potentiel de rendement puisque, une fois en haut du faîtage, les lianes stoppent leur croissance en longueur. Or, cela n'apparaît pas franchement sur le graphique ci-contre avec l'ensemble des points ; les points présentant les hauteurs de floraison les plus basses ne sont pas ceux dont les rendements sont les meilleurs, et inversement. C'est également vrai à l'échelle individuelle, parcelle par parcelle (excepté Valabre où cela se vérifie). On peut supposer que dans la plupart des cas, les parcelles présentant des lianes dont les hauteurs de floraison sont basses correspondent en fait à des lianes s'étant peu développées (n'ayant pas atteint la hauteur du faîtage), d'où un rendement faible également.



#### 4. Tableau de synthèse

	Karl (04)	Cindy (05)	Ghislain (84)	Grégori (84)	Aurélien (83)	VALABRE (13)
Glacier	- / ++ 12		++ / + 324	++ / ++ 110		- / ++ 21
Cascade	+ / ++ 51	+ / ++ 19	++ / ++ 101	++ / ++ 175	++ / ++ 73	++ / ++ 47
Centennial	++ / ++ ?		++ / ++ 75	+ / ++ 84	- / ++ ?	+ / ++ 20
Chinook	++ / ++ 58	++ / ++ 48		++ / ++ 196	- / - ?	+ / ++ 51
Nugget	++ / - ?		++ / - 171	++ / - 46	- / ++ ?	- / ++ 27
Magnum	++ / ++ 28	+ / + 24	++ / ++ 126		- / - ?	
Fuggle			++ / ++ 140	++ / ++ 28		+ / + 4
Willamette			++ / ++ 23	++ / ++ 47	- / - ?	- / ++ 2,5
Perle		- / ++ 51				
Saaz		+ / ++ 124			- / - ?	

Tableau récapitulatif des résultats sur l'**élongation**, le **stade BBCH** et le rendement en poids sec de cônes secs par plant, par variété

Légende :

++ : atteint la hauteur maximale du façtage / atteint le stade de récolte optimal, + : n'atteint pas tout à fait la hauteur max. du façtage mais presque / atteint presque le stade de récolte optimal, - : s'est développé à hauteur de la moitié ou moins de la hauteur max. du façtage / n'atteint pas du tout le stade de récolte optimal. Chiffre : rendement en poids moyen de cônes sec par plant (moyenne des pieds suivis). **Surligné en jaune : meilleurs résultats (élongation, stade de récolte optimal atteint, rendement supérieur à 100 g/plant).**

---

Les cases complètement surlignées de jaune indiquent a priori la variété la plus intéressante en termes de développement et de rendement, pour un houblonnier donné.

On note :

- Dans les **Bouches-du-Rhône**, sur la parcelle expérimentale de **Valabre** : **Cascade, Centennial et Chinook** se démarquent en termes de croissance, avec cependant des rendements très faibles (1<sup>ère</sup> année et plantation tardive) ;
- Dans les **Alpes de Haute-Provence**, chez **Karl** : **Cascade, Centennial, Chinook et Magnum** intéressantes, mais avec des rendements globalement assez faibles pour une 3<sup>ème</sup> année ;
- Dans les **Hautes-Alpes**, chez **Cindy** : **Chinook et Saaz** sont particulièrement intéressantes, avec un rendement relativement élevé pour Saaz pour une première année ;
- Dans le **Vaucluse** :
  - o Chez **Ghislain** : de nombreuses variétés sont intéressantes en termes de croissance et de rendement, avec **Glacier** (loin devant en rendement), **Nugget, Fuggle, Magnum et Cascade** ;
  - o Chez **Grégori** : **Chinook, Cascade et Glacier** présentent des résultats de rendement intéressants, d'autant plus pour une 1<sup>ère</sup> année, en notant aussi Fuggle et Willamette bien que les rendements soient de loin inférieurs ;
- Dans le **Var**, chez **Aurélien** : **Cascade** est en tête, de loin.

**Les variétés les plus intéressantes, en croisant ces observations, sont donc : Cascade, Centennial, Chinook, Glacier, Fuggle et Magnum.**

**Nugget semble assez peu intéressante quelle que soit la parcelle (excepté peut-être chez Ghislain), il en est de même pour Willamette. Pour Saaz et Perle, cela nécessiterait qu'elles soient testées sur d'autres parcelles.**

## 5. Analyses de laboratoire

Un certain nombre d'échantillons de cônes séchés, récoltés à la fois sur la parcelle expérimentale de Valabre et sur les « parcelles supports », a été envoyé en laboratoire (SAI Chimie) pour une analyse complète en termes de teneur en eau, de taux d'acides alpha et bêta, de rendement en essence et de taux d'huiles essentielles (celles renseignées dans le tableau sont les plus intéressantes en termes de potentiel aromatique). Les résultats sont intégralement renseignés dans le tableau ci-dessous.

*Légende :*

- *Pour la colonne « teneur en eau » :*
  - o *En vert : les teneurs en eau estimées correctes, c'est-à-dire comprises entre 8 et 12 %. En-dessous de 8 %, le risque est d'abîmer les acides alpha, et au-dessus de 12 %, la teneur est trop élevée pour une transformation en pellets ;*
  - o *En rouge : les teneurs en eau estimées trop faibles (< 8 %) ;*
  - o *En bleu : les teneurs en eau estimées trop élevées (> 12 %).*
- *Pour les lignes « référentiel variété » : il s'agit de références tirées de catalogues professionnels (Yakima, Charles Faram, etc.).*

Variété	Lieu de plantation / Personne en charge	Date de récolte	Teneur en eau (%)	Acide alpha (%)	Acide beta (%)	Rendement en essence hydrodistillée (ml/100g)	myrcène (%)	linalol (%)	(E)beta- caryophyllène (%)	(E)beta- farnésène (%)	alpha- humulène (%)
CASCADE	Référentiel variété			5-9	5-6	0,8-2,5	45-60	0,3-0,6	5-9	6-9	12-55
	Valabre	24/08/20	11,2	5,6	4,8	1,5	63,2	0,37	6,3	4,9	11,9
	Grégori	08/08/20	9,8	4,9	6,7	1	59,4	0,32	6	3,8	17,2
	Aurélien	20/08/20	7,1	5,9	7,5	2,2	57,6	0,36	7,8	4,6	16,4
	Karl	12/08/20	10,5	7,5	6,1	1,7	50,2	0,43	8	7,4	19,6
	Ghislain	19/08/20	12,8	4,9	7,6	1,3	60,5	0,33	6,7	4,4	16,7
	Cindy	20/08/20	7,6	6,8	6	0,68	47,2	0,24	7,5	7,2	22,2
CENTENNIAL	Référentiel variété			7-12	3,3-9	1-3	40-70	0,4-0,8	3-7	>1	8-20
	Valabre	24/08/20	9,9	7,6	2,6	2,3	75,1	0,51	3,6	0,12	7,5
	Ghislain	17/08/20	11,1	8,4	3	3,1	75,1	0,49	4,4		7,8
	Karl	21/08/20	11	3	4,1	0,94	21,3	0,38	13,7		45,7
CHINOOK	Référentiel variété			11-15	3-4	1-2,5	20-50	0,3-0,6	6-10	>1	13-25
	Valabre	24/08/20	9,6	10,8	2,7	1,1	26,2	0,19	10,7	0,1	24,5
	Grégori	10/08/20	8,3	8	2,7	1,1	36,1	0,18	9,9	0,11	24
	Karl	14/08/20	11,3	9,1	2,3	1,8	33,2	0,26	9,7		24
	Cindy	20/08/20	9,7	10,7	3,4	1,5	30,8	0,18	10,9	0,08	24,7
NUGGET	Référentiel variété			10-14	4-6	1-3	40-59			>1	12-22
	Valabre	24/08/20	13,6	8	3	0,37	24,9	0,68	12,9	0,32	29
	Karl	26/08/20	16,1	8,2	2,3	1	35,4	0,78	14,7	0,12	28,6
	Ghislain	12/09/20	10	11	3	1,5	53,9	0,8	8,8	0,12	18,1
WILLAMETTE	Référentiel variété			4-7	3-4,5	0,6-1,6	45			5-10	30-55
	Valabre	02/09/20	7,1	9,1	2,9	1,2	54,4	0,82	8,4	0,1	18,7
GLACIER	Référentiel variété			5-6	5,4-10	0,8-1	33-62			>1	24-36
	Valabre	24/08/20	10,6	3,2	4,2	1,1	36,1	0,52	9,3	0,1	34
	Karl	07/08/20	9,7	8,8	3	2,1	71,5	0,52	5,6		11,4
	Ghislain	05/09/20	10,5	3,8	6	2	61,7	0,96	6,6	0,05	21,2

	Karl	01/09/20	23,6	2,2	3,5	1,1	41,8	0,76	8,6	0,12	31
LATE CLUSTER	Référentiel variété			5-9	4-6	0,5-1	38-55			>1	15-20
	Emmaüs Callians	24/08/20	12,4	6,5	7,6	2,3	70,1	0,47	5,2	3,3	10,7
MAGNUM	Référentiel variété			11-15	4,5-7	2-3	30-45			>1	30-45
	Karl	10/08/20	24,8	9,7	4,4	1,1	45	0,35	9,3		31,9
	Cindy	20/08/20	8,9	9,9	4,7	1	57,2	0,14	8,1	0,05	20,2
	Ghislain	18/08/20	13	9,1	5,9	1,5	40	0,17	11	0,06	37,3
GOLDING	Référentiel variété			4-6	3-4,1	0,4-0,8	20-35			>1	35-48
	Cindy	17/09/20	10,1	3,8	2,4	2	63,2	0,6	6,2	3,6	16,3
PERLE	Référentiel variété			6-9	3-5,5	0,5-1,5	12-23			>1	30-36
	Cindy	20/08/20	8,9	3,8	1,9	1,1	29,6	0,14	14,5		41,8
SAAZ	Référentiel variété			2-5	4-6	0,4-0,8	25-40			14-20	15-30
	Cindy	20/08/20	9,3	3,6	3,8	0,8	63,1	0,39	3,5	9,6	11,6
FUGGLE	Référentiel variété			4-7	2,2-3,1	0,7-1,4	24-30			5-8	30-38
	Ghislain	17/08/20	9,4	3,4	2	0,67	36,1	0,4	11,3	4,1	33,2

Concernant les teneurs en eau, on constate que la majorité des échantillons analysés montre une teneur en eau correcte (en vert), comprise entre 8 et 12 %, preuve d'un séchage correct, bien que les séchoirs des producteurs soient encore perfectibles dans l'ensemble. On observe quelques cas de « sur-séchage » (rouge) pour du Cascade et du Willamette, et à l'inverse du « sous-séchage » (bleu), notamment pour les variétés Nugget et Magnum qui sont connues pour avoir des cônes plus denses et difficiles à sécher.

Les acides alpha, indicateurs de l'amertume « court terme », sont corrects dans l'ensemble, sauf quelques exceptions :

- Très élevés pour le Glacier de Karl (9, alors qu'habituellement pas > à 6) ;
- Très élevés pour le Willamette à Valabre (9,1, alors qu'habituellement pas > à 7) ;
- Assez bas pour les échantillons de Centennial et Chinook, notamment le Centennial de Karl et le Chinook de Grégori.

Les acides bêta, eux, sont des indicateurs de l'amertume « long terme », si la bière est vieillie. Ils sont dans l'ensemble plutôt bas, comparés aux références indiquées.

---

Concernant les huiles essentielles, les rendements (concentration en huiles essentielles dans les cônes exprimée en ml pour 100g de cônes secs) sont plutôt corrects vis-à-vis des références, à quelques exceptions près :

- Trop bas : Cascade chez Cindy, Centennial chez Karl, Nugget à Valabre, Magnum chez tous
- Trop haut : Golding chez Cindy.

Pour ne parler que d'un composé d'huile essentielle, le myrcène est typique des variétés américaines (Cascade, Centennial, Chinook, Glacier), ayant la particularité de s'évaporer à une t°C > à 30°C, favorisant le dry hopping. Ici, les taux sont corrects pour Cascade, Centennial et Glacier, mais plutôt bas pour Chinook (chez tous les producteurs).

A noter que le potentiel aromatique des variétés ici cultivées n'est pas encore tout à fait visible étant donné que les cultures sont récentes.