



Système de culture des amandiers adapté aux conditions suisses

Autrice et auteurs

Julien Kambor, Thomas Schwizer, Sonja Kay, Andreas Naef

Financement

Le projet a été réalisé avec le soutien financier de la Fondation Sur-la-Croix.

Impressum

Contact	Agroscope Müller-Thurgau-Strasse 29 8820 Wädenswil www.agroscope.ch
Renseignements	Andreas Naef andreas.naef@agroscope.admin.ch
Rédaction, conception	Julien Kambor
Photos	Agroscope, Dr Philipp Eisenbarth, Jean-Michel Montagnon
Photo de couverture	Fleurs d'amandier de Zurich au Breitenhof (BL)
Download	www.agroscope.ch/transfer/fr
Copyright	© Agroscope 2025
ISSN	2296-7230 (en ligne)

Exclusion de responsabilité:

Les informations contenues dans cette publication sont destinées uniquement à l'information des lectrices et lecteurs. Agroscope s'efforce de fournir des informations correctes, actuelles et complètes, mais décline toute responsabilité à cet égard. Nous déclinons toute responsabilité pour d'éventuels dommages en lien avec la mise en œuvre des informations contenues dans les publications. Les lois et dispositions légales en vigueur en Suisse s'appliquent aux lectrices et lecteurs; la jurisprudence actuelle est applicable.

Sommaire

Résumé4

1 Introduction.....5

2 Méthode8

2.1 Essais variétaux8

2.1.1 Essais variétaux au Centre pour les fruits à noyau de Breitenhof8

2.1.2 Essais variétaux à Wädenswil12

2.2 Réseau d'exploitations13

2.3 Plateforme d'acteurs.....15

3 Résultats16

3.1 Essai variétal16

3.1.1 Paramètres des variétés.....16

3.2 Facteurs liés au site et à l'environnement35

3.3 Maladies & ravageurs.....37

3.3.1 Maladies37

3.3.2 Ravageurs41

3.3.3 Cadre juridique44

3.4 Conduite des cultures.....45

3.5 Perspectives commerciales & rentabilité48

3.6 Prestations environnementales50

3.7 Intégration dans le paysage51

4 Conclusion52

4.1 Synthèse des résultats52

4.2 Système de culture des amandiers adapté aux conditions suisses.....53

4.3 Perspective et recommandations d'action.....54

4.4 Conclusion54

Remerciements55

Bibliographie56

Résumé

L'amandier (*Prunus dulcis*) est très apprécié en raison de la grande diversité de ses variétés: comme amande comestible à consommer directement, comme amande amère utilisée en pâtisserie ou encore pour la beauté de ses fleurs. En Suisse, l'intérêt pour la culture commerciale de l'amandier ne cesse de croître, notamment dans les régions au climat doux. Les premières études indiquent un certain potentiel, mais les défis sont nombreux, notamment en ce qui concerne le choix des variétés, la conduite des cultures et la rentabilité. Le présent projet (2021-2024) a testé différentes variétés, étudié les conditions de culture et encouragé la mise en réseau des acteurs et des exploitations. L'objectif était de développer un système cultural adapté aux conditions suisses.

Les essais menés au Centre pour les fruits à noyau de Breitenhof ont porté sur l'aptitude à la culture de 26 variétés d'amandiers dans les conditions suisses. L'évaluation incluait la floraison, la forme de croissance, la résistance aux maladies et la qualité du rendement. Un réseau d'exploitations a été mis en place afin de rassembler des observations pratiques issues de différentes régions. Ce réseau a permis d'acquérir des connaissances supplémentaires sur le choix des variétés, la résistance au gel, la conduite des cultures et le potentiel de rendement. Parallèlement, une plateforme d'acteurs a été mise en place pour favoriser le transfert de connaissances et encourager les échanges. Des séminaires spécialisés, des excursions et une newsletter ont accompagné les échanges entre les producteurs, les pépiniéristes et les chercheurs. Enfin, les premières dégustations ont permis d'analyser la qualité sensorielle de plusieurs variétés d'amandes.

D'après les résultats du projet, la culture de l'amandier en Suisse présente un certain potentiel, mais elle est confrontée à plusieurs défis. Les essais variétaux ont révélé une grande variabilité en ce qui concerne différents paramètres. Toutefois, les données à long terme font encore défaut. Des facteurs spécifiques au site tels que l'absence de gelées tardives sont décisifs pour la réussite de la culture. En revanche, une forte pluviométrie au printemps augmente le risque de maladies fongiques, dont la moniliose, qui représentent des risques importants, dans un contexte où aucun fongicide n'est actuellement autorisé. Les méthodes de récolte mécanisées nécessitent des investissements importants et la concurrence des prix sur le marché mondial rend la rentabilité économique incertaine.

Dans les conditions actuelles, une production d'amandes axée sur le rendement en Suisse comporte des risques. Sans protection phytosanitaire ciblée, ni irrigation, fertilisation ou autres soins, il n'est guère possible d'assurer des rendements constants. Les gelées tardives menacent particulièrement les variétés à floraison précoce, tandis que les années humides et fraîches entraînent des pertes importantes en l'absence actuellement de fongicides autorisés. Tant que l'on ne dispose pas de connaissances sûres sur les stratégies de culture spécifiques aux conditions locales, Agroscope recommande une approche prudente et déconseille la culture à grande échelle.

Compte tenu de ces incertitudes, un système de culture adapté à la pratique devrait mettre davantage l'accent sur une valorisation multifonctionnelle de l'amande. La floraison des amandiers pourrait être exploitée comme attraction touristique ou les branches fleuries pourraient être commercialisées. La vente d'amandes en tant que produit haut de gamme, associé à un label d'origine suisse pourrait permettre d'obtenir des prix plus élevés, mais elle reste limitée par les risques de maladie et la nécessité d'une récolte mécanisée. En revanche, l'agrotourisme et la commercialisation directe pourraient offrir des sources de revenus complémentaires intéressantes aux agricultrices et agriculteurs.

À l'avenir, les essais variétaux se poursuivront à une échelle réduite, tandis qu'un réseau autogéré d'exploitations permettra de collecter des données supplémentaires sur l'aptitude des sites à la culture de l'amandier. Les maladies fongiques causant des pertes de récolte considérables, l'autorisation de produits phytosanitaires efficaces est nécessaire pour que cette culture puisse être économiquement viable en Suisse. En cas d'intérêt, il serait important que la filière fruitière se coordonne afin d'exploiter le potentiel de la culture de l'amande en Suisse.

1 Introduction

L'amandier (*Prunus dulcis*) appartient au genre *Prunus* et à la famille des rosacées. Contrairement à d'autres fruits à noyau, l'amande est cultivée non pour sa pulpe, mais pour sa graine. D'un point de vue botanique, l'amande est un fruit à noyau (fig. 1), bien qu'elle soit souvent classée parmi les fruits à coque ou les fruits à coque dure. Les origines de la culture de l'amande sont anciennes et résultent de l'hybridation naturelle entre différentes espèces sauvages originaires d'Asie centrale (Socias i Company et al., 2017). Ces hybridations ont constitué les bases de la diversité actuelle des amandiers cultivés aujourd'hui. Les variétés modernes présentent une grande variabilité génétique, qui se reflète dans un large éventail de caractéristiques variétales (fig. 2). Cette diversité permet la sélection de variétés adaptées à des conditions climatiques et systèmes de culture variés. Dans les régions de culture traditionnelles telles que l'Europe du Sud, on privilégie désormais souvent des variétés à floraison tardive, mieux protégées contre le risque de gelées printanières tardives (Dicenta et al., 2017), tandis que dans d'autres régions comme la Californie, on préfère les variétés à floraison précoce afin de raccourcir la période de maturation avant l'arrivée des chaleurs estivales.

La morphologie de l'amandier joue également un rôle central dans son système de culture (Arquero & Jarvis-Shean, 2017). La structure racinaire, fortement influencée par le porte-greffe utilisé, conditionne la vigueur de croissance ainsi que la capacité d'adaptation de l'arbre à différents types de sols. La croissance de la couronne dépend quant à elle de la variété, de la taille pratiquée et de la stratégie culturale. Dans les cultures commerciales modernes où la récolte est mécanisée, les arbres sont souvent taillés en forme de «gobelet» ou de vase ouvert sans axe central, car la forme naturelle de l'amandier tend à être très verticale. Une caractéristique essentielle de l'amandier est sa biologie de reproduction. La plupart des variétés traditionnelles sont autostériles et nécessitent une pollinisation croisée, ce qui implique une sélection minutieuse et une répartition précise des variétés compatibles dans les vergers. Les nouvelles sélections misent de plus en plus sur des variétés autofertiles afin de réduire la dépendance à la pollinisation croisée et d'améliorer l'efficacité des cultures (Socias i Company, 2017). Dans l'ensemble, la culture de l'amandier présente une grande diversité de systèmes qui varient selon les régions et les conditions climatiques.



Figure 1: L'amande appartient à la famille des fruits à noyau et fleurit tôt dans l'année. À maturité, l'enveloppe verte du fruit s'ouvre pour libérer le noyau. C'est la graine contenue dans ce noyau, véritable cœur du fruit, qui constitue l'amande comestible.

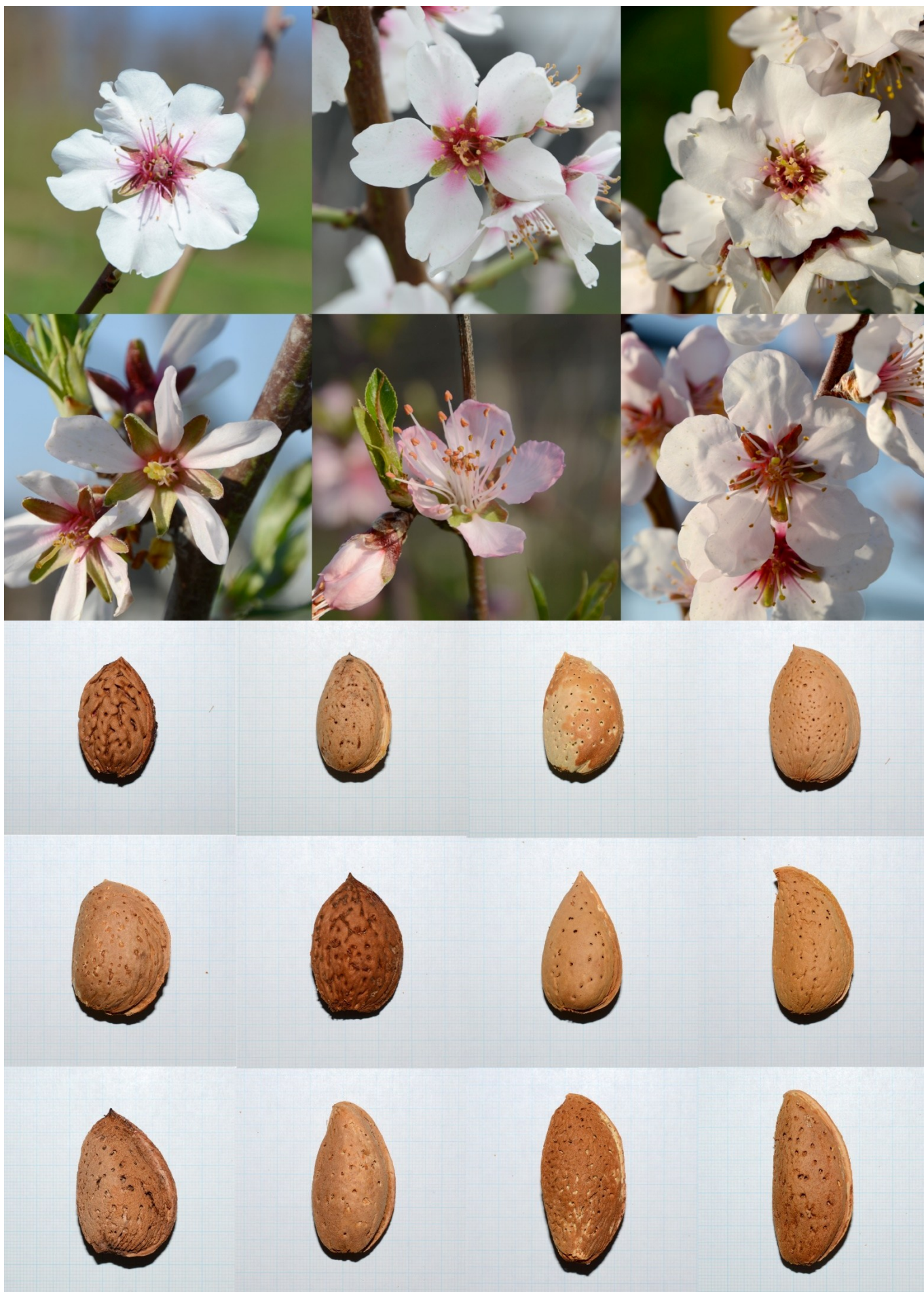


Figure 2: Les amandes se caractérisent par une grande variabilité génétique: fleurs et noyaux de différentes variétés.

En Suisse, les amandes sont considérées comme une culture prometteuse pour l'avenir, tant du point de vue agricole que du point de vue commercial. Une étude préliminaire a montré que les amandiers peuvent également bien se développer chez nous dans certaines conditions (Reutimann et al., 2020). Dans des régions tempérées telles que Weggis, au bord du lac des Quatre-Cantons, ou dans le Valais, il subsiste des traces d'une ancienne tradition de culture des amandiers, attestée par des noms de lieux-dits ou la présence d'arbres sauvages (fig. 3). Ces dernières années, ce fruit à noyau tombé dans l'oubli a été replanté et certaines exploitations ont déjà réalisé leurs premières récoltes. Des enquêtes auprès d'experts (Reutimann et al., 2020) ainsi que des simulations climatiques (Heinz et al., 2024) indiquent que la hausse des températures et la sécheresse croissante liées au changement climatique pourraient rendre la Suisse plus propice à la culture de l'amandier.



Figure 3: Amandier à Sion (VS). Outre quelques arbres isolés plantés dans les vignobles et les jardins, on rencontre ici et là, sur les versants arides de la vallée du Rhône, des amandiers sauvages, témoins d'une tradition ancienne de culture de l'amande en Valais.

Dans ce contexte, la réflexion s'est portée sur la manière de développer un système de culture adapté à l'amandier en Suisse. Malgré l'intérêt croissant pour la production d'amandes en Suisse, de nombreuses incertitudes subsistaient. Les principaux défis concernaient le choix de variétés adaptées, la gestion optimale de la culture et la maîtrise des risques agronomiques tels que les gelées tardives ou les maladies comme la moniliose. De plus, il restait à déterminer dans quelle mesure la production suisse pourrait être compétitive face aux amandes importées et quelles stratégies commerciales seraient viables à long terme. Pour répondre à ces questions et garantir des résultats fiables, des recherches ciblées ainsi que des essais pratiques étaient indispensables.

Le présent projet s'appuie sur les résultats de l'étude préliminaire et vise à développer, en collaboration avec différents acteurs, une production durable et adaptée aux conditions locales ainsi qu'à élaborer un guide pratique pour la culture de l'amandier en Suisse. Entre 2021 et 2024, les activités se sont concentrées sur la mise en place d'un programme de test de variétés d'amandes au Centre Agroscope pour les fruits à noyau de Breitenhof, la création d'un réseau d'exploitations visant à évaluer les conditions de culture locales et l'établissement d'une plateforme pour mettre en relation les différents acteurs du secteur.

2 Méthode

2.1 Essais variétaux

2.1.1 Essais variétaux au Centre pour les fruits à noyau de Breitenhof

Le projet s'est concentré sur l'examen de différentes variétés d'amandiers au Centre pour les fruits à noyau de Breitenhof. L'exploitation est située à Wintersingen (canton de Bâle-Campagne), à 550 m d'altitude, et s'étend sur une superficie totale de 13,5 ha. Actuellement, 3,5 hectares sont consacrés aux cerises, 2,5 hectares aux prunes et 1,5 hectare aux abricots, aux fruits sauvages et aux noix. Les précipitations annuelles moyennes sont de 1000 mm et la température annuelle moyenne est de 10,5°C (2011-2021). Les sols de l'exploitation d'essai sont limono-argileux, très calcaires, avec un pH compris entre 7,5 et 8. Dans la parcelle de démonstration BR30M (fig. 4), caractérisée par une forte pente de 29 % et une orientation sud-est, 26 variétés d'amandes ont été plantées (tabl. 1). L'objectif était d'acquérir de premières connaissances sur ces variétés et d'évaluer leur aptitude à la culture à long terme dans le nord-ouest de la Suisse.

Les amandiers plantés provenaient de différentes sources. Certaines variétés ont été achetées auprès de pépinières en Suisse et à l'étranger, tandis que d'autres ont été fournies par des particuliers engagés dans la culture des amandes. Afin de garantir la comparabilité des variétés, des greffons ont été greffés sur le porte-greffe GF677, réputé pour sa forte vigueur. Les 18 premières variétés ont été plantées en novembre 2021. En raison de difficultés de livraison, une deuxième plantation comprenant huit variétés supplémentaires n'a pu être réalisée qu'au printemps 2023. Par ailleurs, cinq variétés ont également été greffées sur le porte-greffe à faible vigueur Rootpac20. Des arbres de remplacement de 13 variétés ont été plantés sur une parcelle d'essai de la ZHAW à Wädenswil.

Deux arbres de chaque variété ont été plantés à une distance de 2,5 m les uns des autres, les rangées étant espacées de 5 m. Au Breitenhof, les arbres ont été taillés en fuseaux haute-tige, en raison de l'espace limité disponible pour les essais variétaux. Après une taille de plantation à l'automne 2021 et une taille de formation au printemps 2023, il a été décidé de ne pas procéder à une nouvelle taille au printemps 2024 afin de conserver un maximum de boutons floraux pour la dernière année du projet. Dans le cadre de l'essai, les amandiers faisaient partie d'un programme de protection phytosanitaire PI.

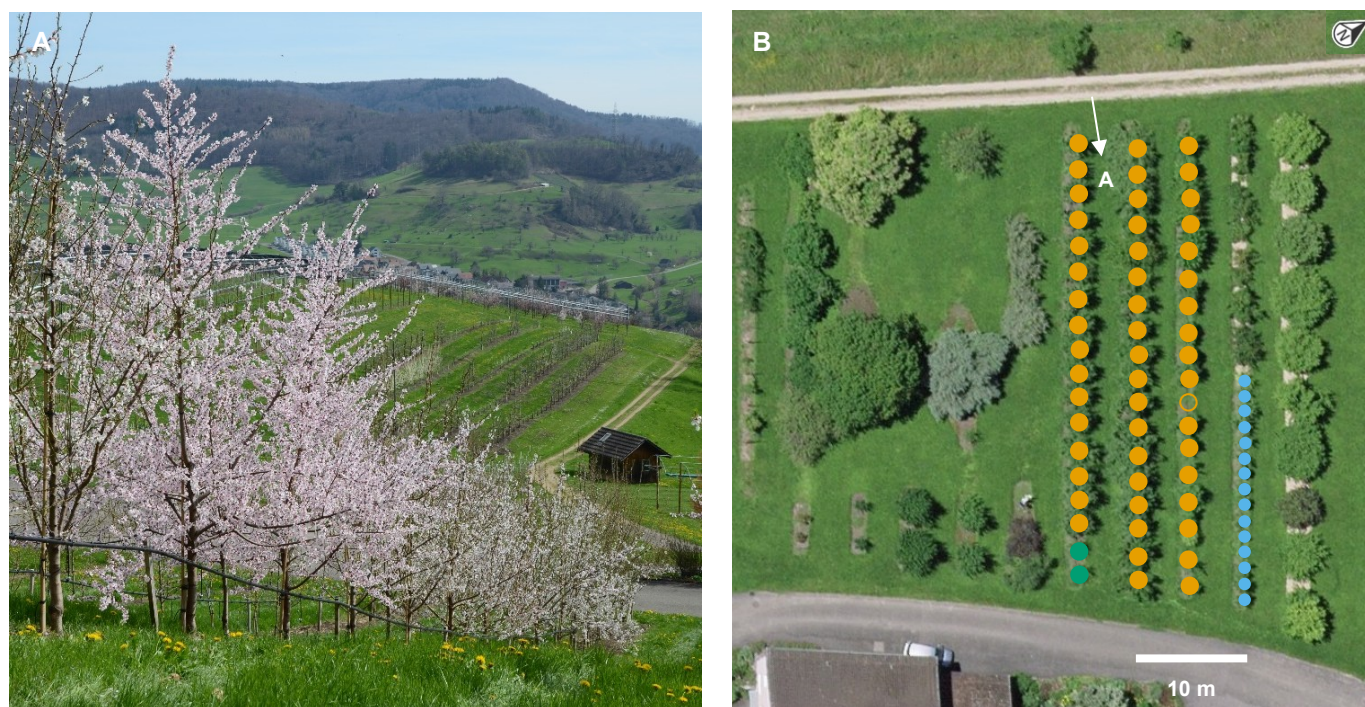


Figure 4: A) Vue de l'essai variétal sur les amandiers au Breitenhof au moment de la floraison au cours de la troisième année (mars 2024). B) Schéma de plantation de la parcelle de démonstration d'amandes douces (BR30M), présentant différentes variétés greffées sur trois porte-greffes: GF677 (en jaune), Rootpac20 (en bleu) et Wavit (en vert). La flèche indique le point de la prise de vue A.

Tableau 1: Variétés d'amandes cultivées au Centre pour les fruits à noyau de Breitenhof, avec indications sur le porte-greffe, l'origine de la variété (? = informations incertaines), l'autofertilité et l'année de plantation (A = automne, P = printemps). En outre, 13 variétés issues de la même livraison ont été testées, à raison d'un arbre par variété, dans une plantation de démonstration de fruits à noyau de la ZHAW à Wädenswil (parcelle WA94, voir chapitre 2.1.2).

Variété	Porte-greffe	Origine des variétés	Autofertile	Année de plantation	WA94
Amande de Sion	GF677	Suisse (Valais)	Non	A 2021	●
Amande valaisanne à coque pointue	GF677	Suisse (Valais)	Non	A 2021	●
Amande douce valaisanne à longue coque	GF677	Suisse (Valais)	Non	A 2021	●
Amande de Zurich	GF677	Suisse (Zurich)	Non	A 2021	●
Amande douce d'Ungstein	GF677	Allemagne	Non	A 2021	●
Keilmandel	GF677	Allemagne	Non	A 2021	●
Palatina	GF677	Allemagne	Non	A 2021	
Ungsteiner Süssmandel	GF677	Allemagne	Non	A 2021	●
Ferraduel	GF677	France	Non	A 2021	●
Ferragnes	GF677	France	Non	A 2021	
Ferrastar	GF677	France	Non	A 2021	●
Princesse	GF677	France	Non	A 2021	●
Aï	GF677	France	Non	P 2023	
Ardéchoise	GF677	France	Non	P 2023	
Lauranne / Avijor	GF677	France	Oui	P 2023	
Tenero	GF677	Italie (?)	Non	A 2021	
Robijn	GF677	Pays-Bas	Oui (?)	P 2023	
Ingrid	GF677	Scandinavie (?)	Oui (?)	P 2023	
Marcona	GF677	Espagne	Non	A 2021	●
Isabelona	GF677	Espagne	Oui	P 2023	
Pentacebas	GF677	Espagne	Oui	P 2023	
Soleta	GF677	Espagne	Oui	P 2023	
Vialfas	GF677	Espagne	Oui	P 2023	
Nonpareil	GF677	USA	Non	A 2021	●
Texas	GF677	USA	Non	A 2021	●
Lauranne / Avijor	Rootpac20	France	Oui	A 2021	
Isabelona	Rootpac20	Espagne	Oui	A 2021	
Pentacebas	Rootpac20	Espagne	Oui	A 2021	
Soleta	Rootpac20	Espagne	Oui	A 2021	
Vialfas	Rootpac20	Espagne	Oui	A 2021	
Papiersky	Wavit	Tchéquie (?)	Non	A 2021	

Les essais variétaux ont été menés selon les protocoles établis pour les essais sur les fruits à noyau qu'Agroscope réalise depuis de nombreuses années. Les connaissances issues de la littérature internationale spécialisée sur les variétés d'amandes ont également été prises en compte dans la planification (Gordon et al., 2020; Lampinen et al., 2020; Sideli et al., 2020; Socias i Company et al., 2017). La plupart des critères d'évaluation ont été relevés au niveau du groupe d'arbres. Un groupe d'arbres se compose de deux arbres de la même variété, plantés simultanément, greffés sur le même porte-greffe, provenant de la même pépinière et de la même livraison. Les notes d'évaluation sont généralement attribuées sur une échelle qualitative allant de 1 à 9. Elles décrivent l'évolution continue d'un critère, difficilement quantifiable sans effort de mesure considérable.

Tableau 2: Critères d'évaluation des amandiers dans le cadre des essais variétaux au Centre pour les fruits à noyau de Breitenhof. Les notes sans description explicite peuvent être utilisées pour représenter des valeurs intermédiaires ou extrêmes. La vigueur est par exemple décrite par les notes 3 = faible, 5 = moyenne et 7 = forte, 5 étant la valeur optimale. Une note de 4 signifie que la croissance est plutôt faible, mais encore acceptable, tandis qu'une note de 1 ou 2 signale une croissance quasi inexistante.

Période	Critère	Description (<i>Optimum</i>)	Type de données
Floraison	Début de floraison	5 % des fleurs ouvertes	Date
	Début de pleine floraison	50 % des fleurs ouvertes	Date
	Floraison	95 % des fleurs ouvertes	Date
	Monilia	1 = aucune infestation , 5 = moyenne, 9 = totale	Échelle de 1-9
	Intensité de la floraison	1 = absente, 9 = floraison généralisée	Échelle de 1-9
Été	Vigueur	3 = faible, 5 = moyenne , 7 = forte	Échelle de 1-9
	Forme de croissance	3 = érigée, 5 = étalée , 7 = retombante	Échelle de 1-9
	Ramification	3 = clairsemée, 5 = moyenne, 7 = dense	Échelle de 1-9
	Tendance à se dégarnir	3 = faible , 5 = moyenne, 7 = forte	Échelle de 1-9
	Densité du feuillage	3 = clairsemée, 5 = moyenne , 7 = dense	Échelle de 1-9
	Fruits après floraison	1 = absents , 5 = acceptables, 9 = très abondants	Échelle de 1-9
	Maladies, ravageurs	Descriptions qualitatives	-
Récolte	Début d'ouverture de l'enveloppe	5 % des fruits avec ouverture de l'enveloppe	Décade mensuelle
	Fin d'ouverture de l'enveloppe	95 % des fruits avec ouverture de l'enveloppe	Décade mensuelle
	Rendement	Poids brut par arbre (coque comprise)	Poids (kg)
	Maladies, ravageurs	Descriptions qualitatives	-



Figure 5: Évaluation des dégâts causés par le gel: fleurs d'amandier disséquées avec un ovaire brun et gelé (à gauche) et un ovaire sain (à droite).

En cas de gel pendant la floraison, une évaluation des dégâts a été effectuée la semaine suivante afin de déterminer la proportion d'ovaires gelés. L'évaluation n'a été effectuée que sur les variétés présentant un nombre suffisant de fleurs. Pour chaque variété, quarante fleurs ont été prélevées, puis disséquées. Les ovaires gelés, reconnaissables à leur couleur brune ou noire, se distinguaient aisément à l'œil nu des ovaires sains (fig. 5).

En 2023, les arbres ont produit quelques amandes qui ont été récoltées à la main, puis séchées pendant quelques jours à 30°C avec circulation d'air. La récolte 2024 s'est également faite à la main à l'aide d'échelles. De fin août à fin octobre, toutes les amandes dont l'enveloppe s'était ouverte ont été cueillies deux fois par semaine. L'enveloppe verte du fruit a également été retirée à la main. Contrairement à 2023, les amandes ont été séchées à l'air froid (fig. 6).



Figure 6: Armoire de séchage pour amandes et autres fruits à coque

Après la récolte, la qualité a été évaluée à partir d'un échantillon par variété (tabl. 3). Pour chaque groupe d'arbres, 40 coques ont été cassées et analysées, dans la mesure où leur nombre le permettait. Le «crackout» correspond au pourcentage du poids des amandes par rapport au poids total de la récolte, coques comprises, et est déterminant pour estimer la quantité commercialisable. Les rejets peuvent avoir des origines variées: ils peuvent être liés à la variété (amandes doubles, amandes jumelles), aux conditions culturales (amandes rabougries par le stress hydrique, dégâts causés par les champignons ou les insectes) ou à la transformation (amandes abîmées lors du cassage). Les résultats aident à identifier d'éventuelles erreurs dans la conduite des cultures ou à repérer les variétés présentant naturellement un taux de rejets élevé.

Tableau 3: Critères d'évaluation de la récolte dans les essais sur les variétés d'amandes

Période	Critère	Description	Type de données
Post-récolte	Taille de l'échantillon	Échantillon aléatoire de fruits récoltés	Nombre
	Poids total brut	Poids de l'échantillon avec la coque	Poids (g)
	Poids total des amandes	Poids de l'échantillon sans la coque	Poids (g)
	Poids total des amandes utilisables	Poids sans les rejets	Poids (g)
	Crackout total	Pourcentage du poids des amandes par rapport au poids total	Pourcentage (%)
	Crackout utilisable	Pourcentage du poids des amandes utilisables par rapport au poids total de l'échantillon	Pourcentage (%)
	Rejet total	Totalité des amandes inutilisables	Nombre
	Détruits par le cassage	Fissurées ou écrasées lors du cassage	Nombre
	Amendes doubles	Deux amandes dans une coque	Nombre
	Amendes jumelles	Deux coques soudées	Nombre
	Amendes rabougries	Amendes visiblement déformées	Nombre
	Dégâts causés par les champignons	Taches noires, spores visibles	Nombre
	Dégâts causés par les insectes	Présence de traces d'excréments, de morsures, etc.	Nombre
	Utilisable	Taille de l'échantillon moins les rejets	Nombre
	Dureté lors du cassage	1 = à la main sans pression, 3 = à la main avec pression, 5 = casse-noix normal, 7 = marteau, 9 = étou	Échelle 1-9

Les amandes cassées ont été photographiées, puis conservées au frais dans un emballage hermétique, en attendant la dégustation. Une première évaluation a permis de distinguer les amandes douces des éventuelles amandes amères. D'autres dégustations ont ensuite été organisées dans le cadre de la plateforme d'acteurs.

2.1.2 Essais variétaux à Wädenswil

Dans le verger de démonstration consacré aux fruits à noyau de la Haute école des sciences appliquées de Zurich (ZHAW) à Wädenswil, 13 variétés d'amandes ont également été testées (fig. 7, tabl. 4). La parcelle d'essai (WA94) est située à 515 m d'altitude, avec des précipitations annuelles de 1537 mm et une température moyenne annuelle de 10,3°C (2005-2021). Le sol profond et moyennement lourd du verger est un limon sableux avec un pH compris entre 5,9 et 7,6. L'objectif de l'essai à Wädenswil était de valider les observations faites au Breitenhof et de confirmer ou d'infirmer les différences entre les variétés.

Pour des raisons d'espace, un seul arbre a été planté par variété, avec un espacement de 2,4 m entre chaque arbre et de 3,8 m entre les rangées. Après la plantation, les arbres ont été taillés en drapeau, placés sur un treillis métallique incliné d'environ 45° afin de limiter la croissance au centre. L'ensemble de la plantation a été recouvert d'une bâche anti-pluie d'avril à août et protégé toute l'année par un filet anti-insectes sur les côtés. À des fins expérimentales, un programme réduit de protection phytosanitaire biologique a été appliqué dans la parcelle. Les notes attribuées correspondaient à celles du Breitenhof (tabl. 2, tabl. 3).



Figure 7: A) Vue de l'essai variétal d'amandiers à Wädenswil lors de la récolte de la troisième année (septembre 2024). B) Schéma de plantation de la parcelle d'essai de fruits à noyau (WA94) avec des variétés greffées sur GF677 (en jaune).

Tableau 4: Variétés d'amandes dans le verger de démonstration de Wädenswil (parcelle WA94) avec indications sur le porte-greffe, l'origine de la variété, l'autofertilité et l'année de plantation (P = printemps).

Variété	Porte-greffe	Origine de la variété	Autofertile	Année de plantation
Amande de Sion	GF677	Suisse (Valais)	Non	P 2022
Amande valaisanne à coque pointue	GF677	Suisse (Valais)	Non	P 2022
Amande douce valaisanne à longue coque	GF677	Suisse (Valais)	Non	P 2022
Amande de Zurich	GF677	Suisse (Zurich)	Non	P 2022
Dürkheimer Krachmandel	GF677	Allemagne	Non	P 2022
Keilmandel	GF677	Allemagne	Non	P 2022
Amande douce d'Ungstein	GF677	Allemagne	Non	P 2022
Ferraduel	GF677	France	Non	P 2022
Ferrastar	GF677	France	Non	P 2022
Princesse	GF677	France	Non	P 2022
Marcona	GF677	Espagne	Non	P 2022
Nonpareil	GF677	USA	Non	P 2022
Texas	GF677	USA	Non	P 2022

2.2 Réseau d'exploitations

En Suisse, les conditions climatiques et pédologiques varient considérablement selon les régions. C'est pourquoi les recommandations en matière de choix variétal et de pratiques culturales devraient être adaptées aux conditions climatiques et aux spécificités locales. L'objectif du projet était de mettre en place un réseau d'exploitations réparties sur le Plateau suisse, en Suisse romande, en Valais et dans les Grisons (fig. 8). Dans ce cadre, six exploitations ont planté des variétés d'amandiers disponibles dans le commerce, greffées sur des porte-greffes adaptés aux conditions locales. En outre, des exploitations agricoles déjà engagées dans la culture des amandiers ainsi que des pépinières cultivant des amandiers ont été intégrées au réseau, qui compte un total de 17 exploitations.

Au sein de ce réseau, des évaluations simplifiées ont été réalisées et un échange étroit avec les exploitants a permis de mieux cerner les enjeux liés à l'adéquation des sites, à la conduite des vergers, aux maladies et aux ravageurs ainsi qu'au potentiel de rendement. La floraison des différentes variétés a été observée et documentée par les exploitations participantes. En été et en automne, des relevés simplifiés sur le comportement végétatif, les maladies, les ravageurs, le rendement et la qualité des fruits ont été effectués dans les différentes plantations et comparés aux données issues des essais variétaux. Les quantités récoltées ont généralement été estimées visuellement plutôt que pesées. L'implication des exploitations dans le réseau et la fréquence des échanges variaient en fonction de la structure des exploitations et des ressources disponibles.

Un accompagnement technique a été proposé, notamment en matière de taille, de fertilisation et de lutte contre les ravageurs. En complément, certaines problématiques spécifiques liées aux maladies et aux ravageurs ont fait l'objet d'analyses approfondies. Ainsi, en 2023, un échantillon d'amandes a été analysé pour détecter la présence de mycotoxines. En 2024, une surveillance de la tordeuse orientale du pêcher et de la petite mineuse du pêcher a été effectuée à l'aide de pièges à phéromones. Ces résultats ont été intégrés à l'analyse globale, tout comme les recherches bibliographiques et les échanges au sein du réseau d'exploitations.

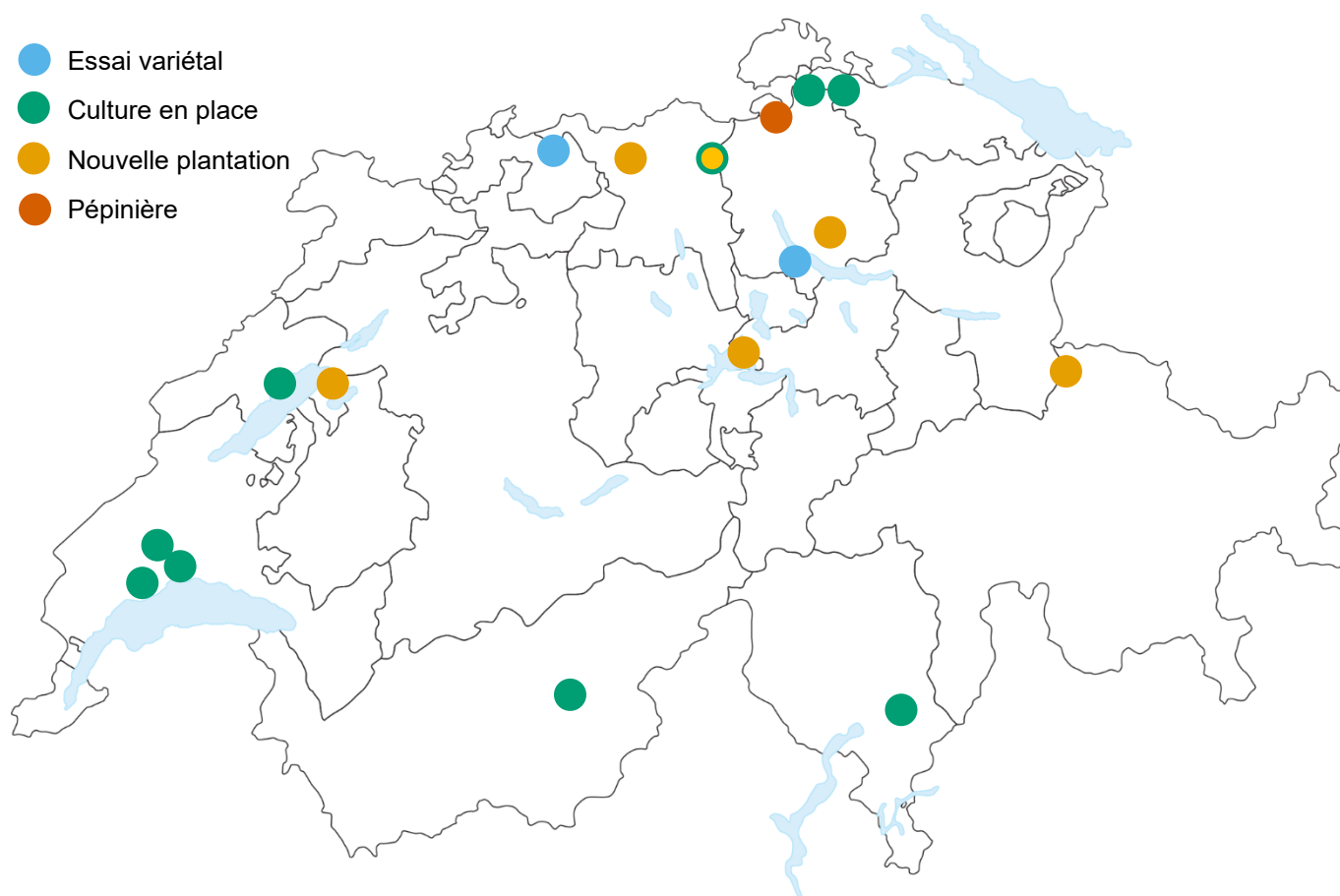


Figure 8: Carte du réseau suisse de production d'amandes. Elle indique les sites des essais variétaux au Breitenhof et à Wädenswil (en bleu), les cultures d'amandes déjà en place dans les exploitations (en vert), les nouvelles plantations réalisées dans le cadre du projet (en jaune) et les pépinières proposant des amandiers dans leur assortiment (en rouge).

Le réseau d'exploitations regroupait diverses structures agricoles. Les exploitations fruitières classiques et spécialisées n'y étaient pas représentées. Il s'agissait plutôt d'exploitations axées sur les cultures spéciales, d'exploitations mixtes combinant élevage et vergers d'arbres fruitiers haute tige ainsi que d'exploitations à temps partiel intéressées par des cultures alternatives. Le réseau incluait également des associations et des particuliers ayant planté seulement quelques amandiers. La figure 9 illustre la diversité des cultures d'amandiers.



Figure 9: Diversité des systèmes de culture des amandes dans le réseau d'exploitations. Le réseau comprenait des exploitations de cultures spéciales, des exploitations mixtes associant arbres fruitiers haute tige, élevage et grandes cultures ainsi que des exploitations à temps partiel.

2.3 Plateforme d'acteurs

L'étude préliminaire a révélé que différents acteurs issus de domaines variés travaillent déjà sur la thématique des «amandes». L'objectif était donc de regrouper ces connaissances et de permettre, via une plateforme, un échange régulier entre producteurs, pépiniéristes, services de conseil, acheteurs, associations et chercheurs (fig. 10). Cette plateforme visait à aborder des questions essentielles pour le développement d'une production locale de l'amande, mais qui n'ont pas pu être approfondies dans le cadre des plantations du projet. Il s'agissait notamment de l'aptitude des variétés à la transformation, par exemple en comparant les variétés à coque dure et à coque tendre, ainsi que de la qualité sensorielle des amandes. L'échange devait également aider à mieux contextualiser les observations réalisées sur le terrain en les mettant en lien avec la situation actuelle du marché et à identifier des débouchés et des opportunités commerciales pour une future production suisse d'amandes.

En hiver, le colloque sur les amandes a été organisé au Wallierhof à Riedholz (SO). Entre 2021 et 2024, dix [conférences](#) au total se sont tenues sur différents aspects de la culture des amandes. Les résultats du projet ont été présentés avec différentes thématiques chaque année. Parmi les temps forts figurent les interventions de Philipp Eisenbarth, pomologue dans le Palatinat rhénan (D), qui a donné un aperçu de la culture des amandes dans le sud-ouest de l'Allemagne, et de Jean-Michel Montagnon, conseiller spécialisé dans la culture des amandes dans le sud de la France, qui a présenté quant à lui les bonnes pratiques en matière de plantation et de taille des amandiers. Ces colloques ont offert aux participants de précieuses occasions d'échanger et de développer leur réseau. En complément, une newsletter régulière a permis de tenir les participants informés des dernières actualités concernant la culture des amandes en Suisse.

En plus des colloques, deux excursions sur le terrain ont été organisées dans des exploitations agricoles. En 2023, Claire Legrand, de l'Union fruitière lémanique, a proposé une visite de l'exploitation de Quentin Ducommun, situé sur les bords du lac de Neuchâtel, un pionnier de la culture des amandes en Suisse romande. À l'automne 2024, une seconde excursion a conduit les participants chez Brupbacher Spezialkulturen, l'exploitation qui possède actuellement les plus grandes plantations d'amandiers de Suisse. L'après-midi, les visiteurs ont pu découvrir l'essai variétal au Centre pour les fruits à noyau de Breitenhof et se faire une première idée des différentes variétés testées. La première récolte issue de l'essai variétal a ensuite été dégustée. Quatorze participants ont évalué subjectivement neuf variétés d'amandes en fonction de leur aspect, de leur texture et de leur goût.



Figure 10: Impressions des activités du projet consacrées au transfert de connaissances et à la mise en réseau: visites d'exploitations chez Quentin Ducommun (2023) et Marius Brupbacher (2024) ainsi que conférences dans le cadre des colloques sur les amandes 2021 et 2022 au centre de formation Wallierhof.

3 Résultats

3.1 Essai variétal

3.1.1 Paramètres des variétés

Ce chapitre présente un aperçu et une comparaison des paramètres observés pour les différentes variétés d'amandes. Le chapitre 3.1.2 propose ensuite des fiches détaillées des variétés, offrant une vue d'ensemble des caractéristiques propres à chacune d'elle.

Période de floraison

Les amandiers fleurissent tôt dans l'année, mais la période de floraison varie considérablement d'une variété à l'autre (fig. 11). En 2023, les variétés les plus précoces ont commencé à fleurir dès la mi-février. En 2024, la floraison a commencé plus tard, mais s'est déroulée plus rapidement. Selon les variétés, la pleine floraison s'est située entre début mars et mi-avril, la plupart des variétés fleurissant dans la deuxième quinzaine de mars. La floraison de la plupart des variétés d'amandiers se situe donc entre celle des abricotiers et celle des cerisiers. La figure 11 montre également, sur la base des observations réalisées jusqu'à présent, les variétés les plus adaptées à la pollinisation croisée.

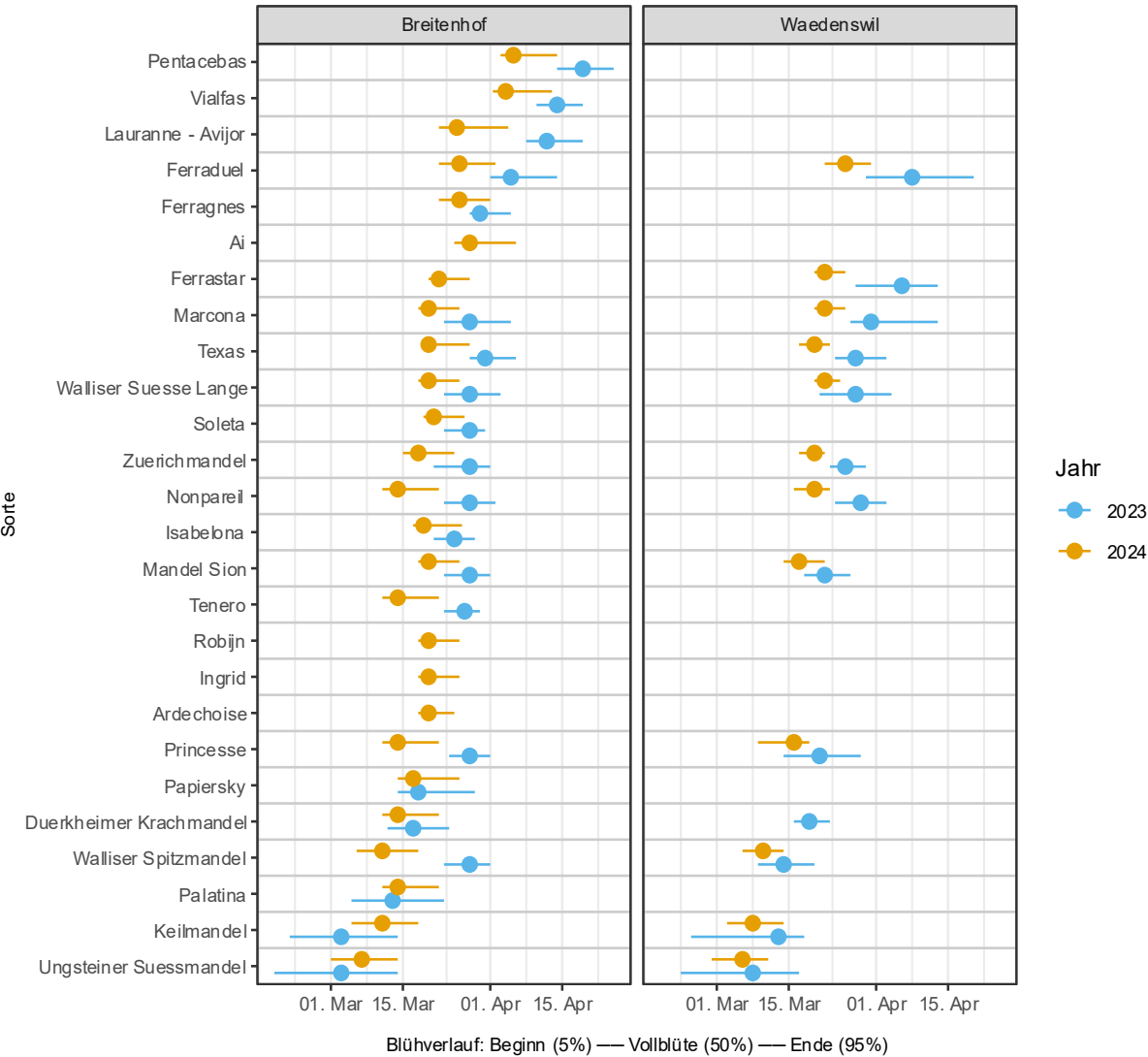


Figure 11: Déroulement de la floraison des variétés d'amandiers au Centre pour les fruits à noyau de Breitenhof et à Wädenswil en 2023 et 2024. Les observations menées sur les porte-greffes GF677 et Rootpac20 n'ont pas révélé de différences significatives en termes de floraison; les données ont donc été regroupées. Les variétés sont classées par date moyenne de pleine floraison, de la plus tardive à la plus précoce.

Intensité de la floraison

Selon des études californiennes, le rendement des amandiers dépend davantage du nombre total de fleurs que du taux de nouaison (Tombesi et al., 2017). Les arbres portant un plus grand nombre de fleurs ont tendance à produire des rendements plus élevés, indépendamment de la nouaison relative. Il est donc essentiel de disposer d'une grande quantité de bois fruitier sain et bien fleuri pour garantir un rendement élevé et durable en amandes.

L'intensité de floraison variait certes entre les différentes variétés d'amandiers, mais les données fiables restent encore limitées. Si certaines variétés fleurissent abondamment dès la deuxième année, d'autres privilégient une croissance végétative plus marquée. Les variétés précoces telles que l'amande Keilmandel ou l'amande douce d'Ungstein ont tendance à fleurir plus abondamment que les variétés tardives au cours des premières années. L'intensité de la floraison en pleine production à partir de la quatrième ou cinquième année n'est pas encore estimable à l'heure actuelle.

La différence entre les hybrides amandes-pêches (Ingrid, Robijn, amande de Zurich) et les amandes douces (fig. 12) était frappante. Les amandes-pêches ont fleuri abondamment sur le bois d'un an, dès la première année, avec des fleurs allant du rose foncé (Ingrid, Robijn) au rose pâle (amande de Zurich). Malgré le nombre de fleurs le plus élevé de toutes les variétés, l'amandier de Zurich n'a pratiquement pas donné de fruits, un constat confirmé par des observations dans une exploitation. Les résultats obtenus en Californie ne peuvent donc pas être transposés aux amandes-pêches.



Figure 12: L'intensité de la floraison des hybrides amandes-pêches était nettement supérieure à celle des amandes douces et se distinguait par la couleur des fleurs: Ingrid (en haut à gauche) et amande de Zurich (en haut à droite) avec des fleurs roses. À titre de comparaison, en bas, la variété Nonpareil avec les pétales blancs typiques des amandes douces.

Moniliose sur fleurs

La principale maladie des amandiers dans nos régions est le dépérissement des fleurs et des rameaux, causé par des champignons du genre *Monilia sp.* (Eisenbarth, 2020). Jusqu'à présent, les essais variétaux n'ont pas permis de mettre en évidence des différences fiables de sensibilité entre les variétés. En raison du jeune âge des arbres, une première infestation est apparue en 2024. À Wädenswil, des fongicides biologiques ont été appliqués. Au Breitenhof, les infections ont été nettement moins importantes (fig. 13), grâce à l'utilisation de fongicides chimiques de synthèse autorisés dans la culture des fruits à noyau, conformément aux directives PER. Les premières observations indiquent que les variétés à floraison précoce sont plus sensibles que celles à floraison tardive, mais cette tendance reste à confirmer.

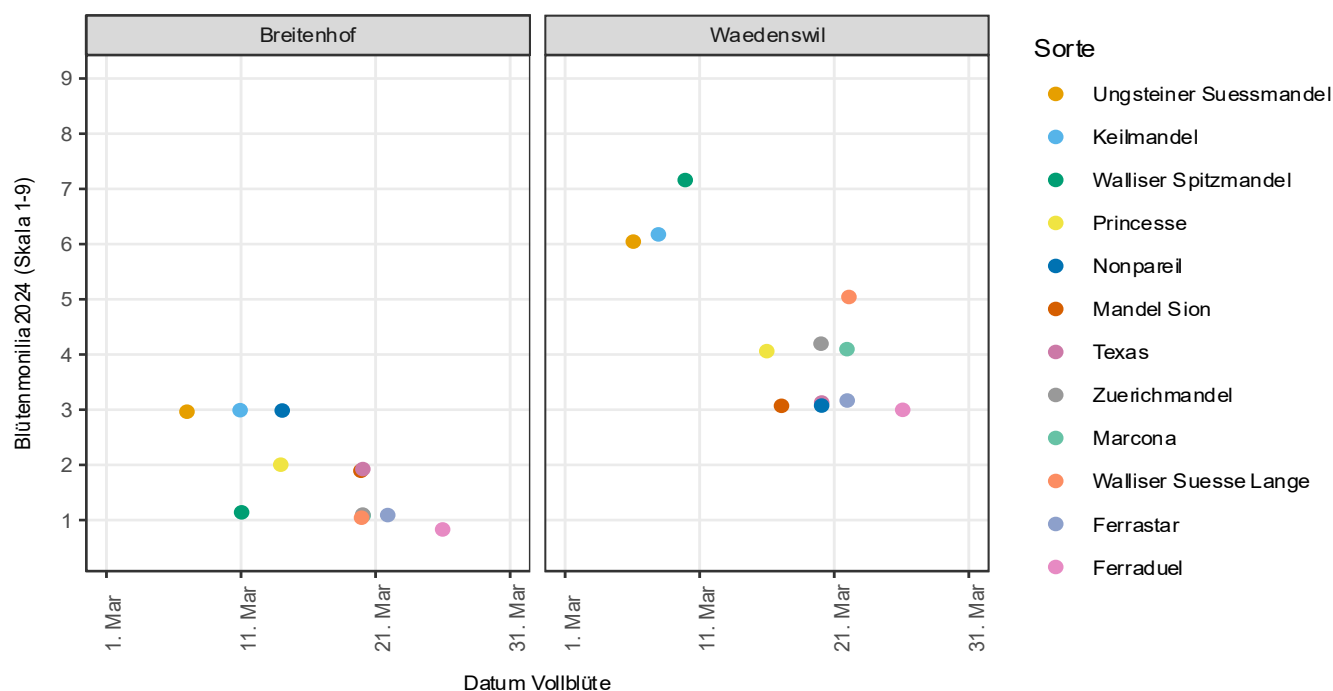


Figure 13: Infection par la moniliose sur fleurs lors des essais variétaux au Breitenhof et à Wädenswil en 2024 pour les variétés présentes sur les deux sites. L'échelle utilisée va de 1 (aucune ou très faible infection) à 3 (infection faible) et 9 (infection très forte).

Tolérance au gel

Ce n'est qu'en 2023 que les sites d'essais variétaux ont été touchés par des épisodes de gel pendant la floraison des amandiers. Au Breitenhof, il y a eu deux nuits de gel début avril, avec des températures minimales de $-2,0^{\circ}\text{C}$ et $-1,1^{\circ}\text{C}$, peu après la pleine floraison de la plupart des variétés. À Wädenswil, la température est descendue entre $-0,4^{\circ}\text{C}$ et $-0,7^{\circ}\text{C}$ pendant trois nuits consécutives. Bien que les températures aient été moins basses à Wädenswil qu'au Breitenhof, la topographie différente des sites a accentué les dégâts: alors que les amandiers du Breitenhof poussent sur un versant relativement raide, ceux de Wädenswil se trouvent dans une légère cuvette où le gel a causé des dégâts plus importants. Cinq des six variétés ont été nettement plus touchées à Wädenswil qu'au Breitenhof (fig. 14).

Les observations confirment que les variétés à floraison précoce, telles que l'amande douce d'Ungstein ou Keilmandel, sont plus sensibles au gel que les variétés à floraison tardive, telles que Ferraduel (fig. 14). Des différences ont également été observées entre des variétés à floraison simultanée: ainsi, la variété Texas s'est révélée plus sensible que la variété Marcona. Ces tendances doivent toutefois être vérifiées pour permettre des conclusions fiables sur la résistance relative au gel des différentes variétés. De plus, les variétés à floraison moyenne greffées sur le porte-greffe à faible vigueur Rootpac20 ont tendance à être plus touchées que celles greffées sur GF677, porte-greffe à forte croissance, car leurs fleurs sont plus proches du sol.

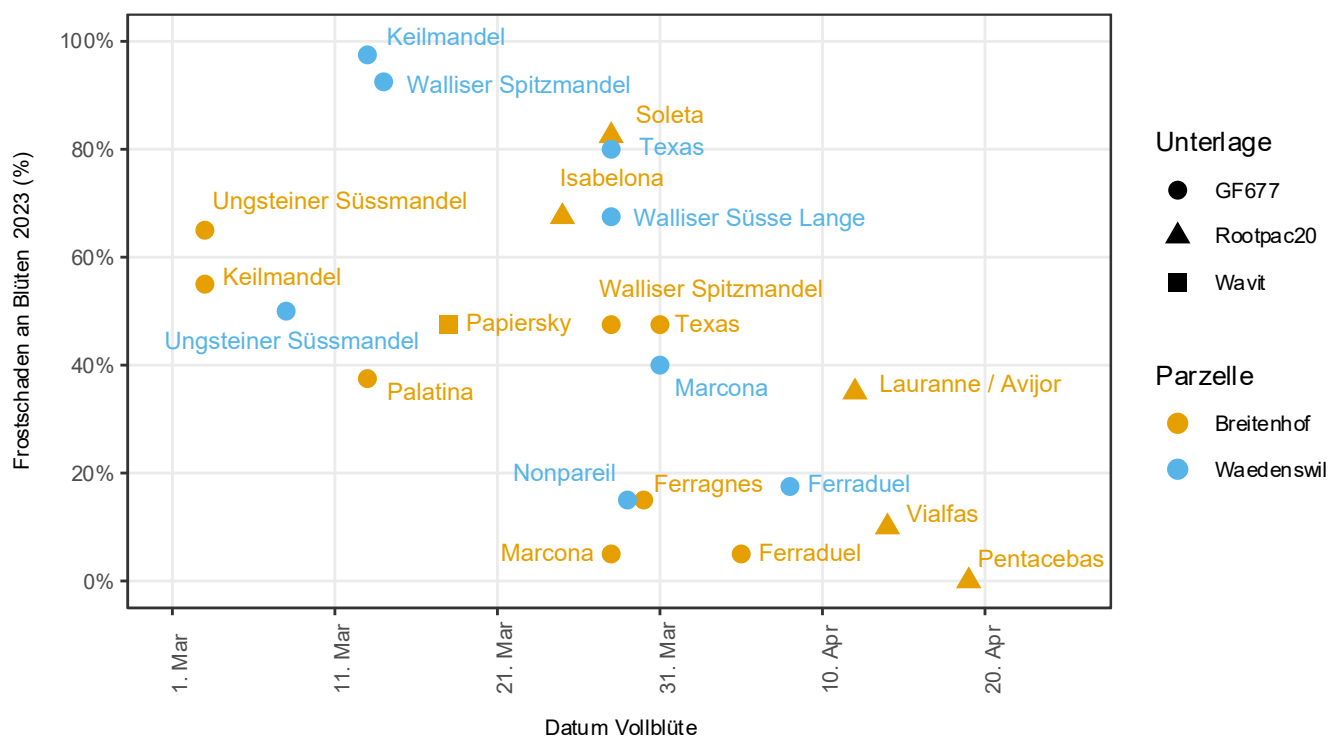


Figure 14: Proportion de fleurs endommagées par le gel en fonction de la date de pleine floraison au Breitenhof et à Wädenswil en 2023.

Chute des fruits après la floraison

Les causes de la chute des fruits après la floraison sont multiples: gel, défaut de fécondation, déséquilibre physiologique ou maladies telles que la moniliose, pour ne citer que quelques exemples. Lors des essais variétaux, la chute des fruits était généralement élevée, comme c'est le cas dans les exploitations suisses. En 2023, au Breitenhof, toutes les fleurs et tous les fruits ont été comptabilisés, révélant que plus de 90 % des fleurs de la plupart des variétés ne se sont pas développées en fruits. À ce jour, aucune différence significative entre les variétés n'a pu être quantifiée. Ces différences sont probablement moins marquées que les variations interannuelles liées aux gelées tardives fluctuantes et aux conditions de fécondation pendant la floraison.

Propriétés de l'arbre

La vigueur des arbres greffés sur le porte-greffe GF677 (tabl. 5) était très élevée et ne correspondait pas à la distance de plantation choisie dans l'essai variétal (fig. 15). Alors que Rootpac20 présentait une faible vigueur, Wavit affichait une croissance moyenne. Des différences entre les variétés greffées sur GF677 ont été observées, mais elles n'étaient pas particulièrement significatives. Les amandes- pêches (amande de Zurich, Ingrid, Robijn) se sont révélées parmi les plus vigoureuses dès la deuxième année, tandis que la Dürkheimer Krachmandel a connu une croissance nettement plus faible au cours de la première année, mais a rattrapé son retard par la suite. Des écarts plus marqués ont été notés entre les dates de plantation: les variétés plantées à l'automne 2021 ont globalement poussé plus vigoureusement que celles plantées au printemps 2023. Ces écarts pourraient s'expliquer par un labour préalable avant la plantation d'automne 2021, qui a mobilisé l'azote, moins disponible lors de la plantation au printemps 2023.



Figure 15: Amandiers greffés sur le porte-greffe GF677 au cours de la deuxième (!) année au Centre pour les fruits à noyau de Breitenhof en 2023



Figure 16: Port de différentes variétés d'amandiers greffées sur GF677 au Breitenhof après la deuxième année

À Wädenswil, les amandiers ont été cultivés en forme de drapeau, mais ce port s'est révélé peu adapté à leur croissance, les arbres ayant formé de nombreuses pousses verticales (fig. 17). Comparés aux cerisiers, les amandiers se ramifient davantage et présentent une dominance apicale plus marquée, c'est-à-dire une tendance à former une tige centrale dominante. Une forte croissance des gourmands entraîne donc une perte de vigueur des branches principales. Une taille estivale permettrait de contrôler la croissance de manière ciblée, mais elle n'a pas été effectuée, faute de temps. La densité du feuillage était globalement élevée et ne différait guère entre les variétés.



Figure 18: Amandier Sion sur un porte-greffe franc de pêcher en 10e année (Törbel, VS)

Contrairement à la vigueur, le port des arbres variait considérablement d'une variété à l'autre (fig. 16). Alors que de nombreuses variétés, dont les variétés françaises «Ferra» et Lauranne Avijor, présentaient un port très érigé, d'autres telles que l'amande valaisanne à coque pointue ou l'Aï formaient des pousses retombantes et poussaient en buisson. Les variétés à port érigé sont mieux adaptées à la culture en gobelet (voir chapitre 3.4). Quant aux variétés retombantes, elles sont moins compatibles avec la récolte mécanique à l'aide de secoueurs, mais pourraient présenter un intérêt pour d'autres systèmes de culture.



Figure 17: La vigueur importante du porte-greffe GF677 s'est révélée inadaptée à la culture des amandiers en forme de drapeau.

Certaines variétés ont montré une forte tendance à se dégarnir dans la partie basse de l'arbre, en particulier les variétés Sion, Tenero, Texas et la Dürkheimer Krachmandel. Dans les exploitations agricoles, on a également observé que les arbres plus âgés des variétés Sion (fig. 17) et Texas se dégarnissaient beaucoup et ne produisaient plus de bois fructifère dans leur partie inférieure. La tendance à se dégarnir semble être la caractéristique la plus critique des amandiers (tabl. 5). Seules des observations à long terme permettront de déterminer si d'autres caractéristiques rendent certaines variétés inadaptées.

Tableau 5: Caractéristiques des amandiers de différentes variétés au Breitenhof, relevées au cours de la deuxième année. La tendance à se dégarnir constitue le paramètre le plus important pour évaluer leur aptitude. Rouge = critique, jaune = éventuellement critique.

Catégorie	Variété	Porte-greffe	1ère année	Dégarnissement	Forme de croissance	Vigueur
Dégarnissement critique	Amande Sion	GF677	2022	7	4	8
	Tenero	GF677	2022	7	3	6
	Texas	GF677	2022	6	4	7
	Dürkheimer Krachmandel	GF677	2022	6	3	5
Forme de croissance critique	Amande valaisanne à coque pointue	GF677	2022	1	7	7
	Amande de Zurich	GF677	2022	2	6	9
	Aï	GF677	2023	1	6	8
Vigueur év. critique	Ingrid	GF677	2023	1	5	9
	Robijn	GF677	2023	1	5	9
Aucune	Ferragnes	GF677	2022	1	3	8
	Ferraduel	GF677	2022	1	3	8
	Palatina	GF677	2022	5	5	7
	Keilmandel	GF677	2022	3	4	7
	Ferrastar	GF677	2022	2	3	7
	Nonpareil	GF677	2022	1	5	7
	Amnde douce d'Ungstein	GF677	2022	1	5	7
	Isabelona	GF677	2023	1	5	7
	Marcona	GF677	2023	1	4	7
	Soleta	GF677	2023	1	4	7
	Princesse	GF677	2022	3	5	6
	Pentacebas	GF677	2023	2	4	6
	Vialfas	GF677	2023	1	4	6
	Amande douce valaisanne à longue coque	GF677	2022	1	3	6
	Lauranne Avijor	GF677	2023	1	3	5
	Ardéchoise	GF677	2023	3	4	4
	Papiersky	Wavit	2022	1	4	4

Maladies foliaires

En octobre 2023 et 2024, les maladies foliaires suivantes ont été observées sur des variétés d'amandiers cultivées au Breitenhof: la maladie criblée (fig. 19) et la rouille (voir chap. 3.3.1). Grâce à la stratégie phytosanitaire mise en place, les symptômes de la maladie criblée sont restés limités et sans conséquence pratique, mais des observations supplémentaires pourraient aider à mieux cerner la sensibilité des variétés. L'infestation par la rouille a révélé un effet manifeste lié à l'emplacement et n'était pas significative, tandis que celle due à la maladie criblée ne suivait aucun schéma reconnaissable. L'évaluation a permis une première estimation de la sensibilité à la maladie criblée de différentes variétés d'amandes dans le nord-ouest de la Suisse (fig. 20). Les amandes-pêches se sont révélées plutôt robustes au Breitenhof, tandis qu'une forte infestation a été observée sur la variété *Robijn* dans l'une des exploitations. *Ferraduel* s'est montrée plus sensible à la maladie criblée que *Ferragnes* et *Ferrastar*, tant au Breitenhof que dans les exploitations. Alors que l'amande valaisanne à coque pointue est restée presque exempte de symptômes au Breitenhof, elle a été classée comme sensible en Valais. Ces comparaisons montrent clairement que la sensibilité relative dépend du site et que les résultats ne peuvent être généralisés.



Figure 19: Forte infestation de la variété *Robijn* par la maladie criblée (Wettingen, ZH)

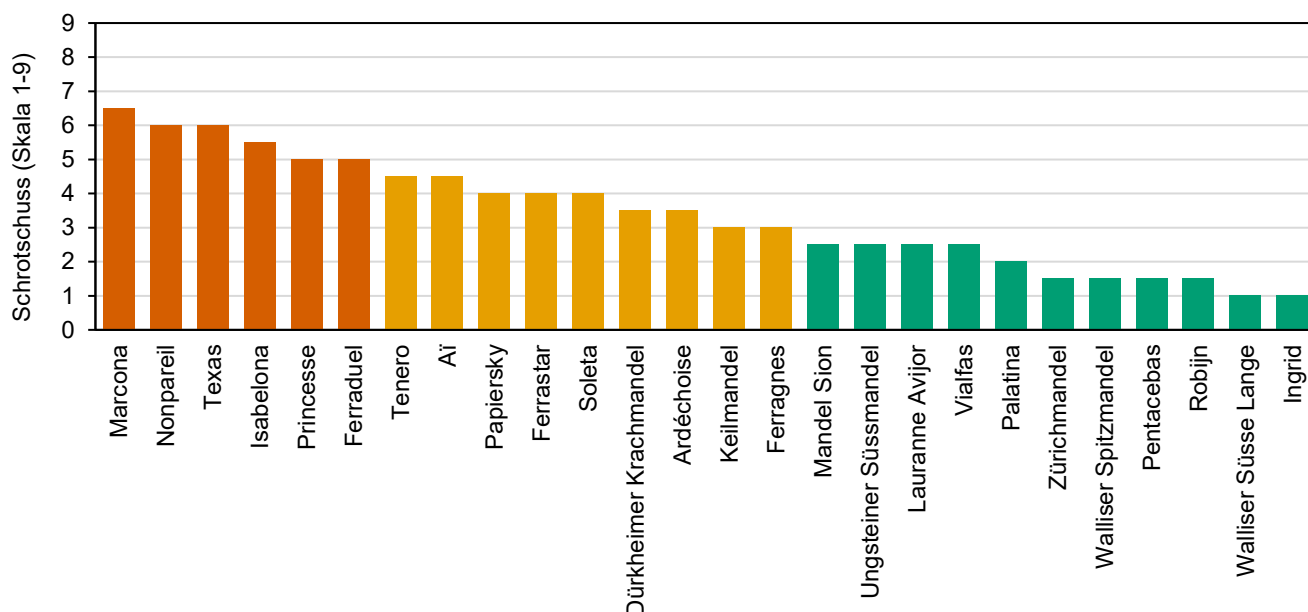


Figure 20: Évaluation moyenne de l'infestation par la maladie criblée de différentes variétés d'amandes au Breitenhof en 2023 et 2024. Rouge (≥ 5) = tendance à la sensibilité, jaune = incertain, vert (< 3) = tendance à la robustesse.

Paramètres de récolte

Les amandes mûres ont été récoltées régulièrement, séchées et analysées. La date de récolte a été relevée sur le terrain entre le début et la fin de l'ouverture de l'enveloppe (fig. 21) et répartie en trois périodes mensuelles (début, milieu et fin du mois). En 2024, les variétés Papiersky et Nonpareil ont été les premières à mûrir à partir de fin août, tandis que la variété Texas n'a commencé à mûrir qu'à la fin octobre et n'a pas pu arriver à pleine maturité. Sa durée de culture est trop longue pour la Suisse, comme c'est également le cas dans le Palatinat rhénan (communication orale de Philipp Eisenbarth). Les variétés greffées sur le porte-greffe Rootpac20, de faible vigueur, ont mûri plus rapidement que celles sur le porte-greffe GF677, ce qui s'explique par leur croissance plus clairsemée. De même, le moment de la récolte de Papiersky (sur Wavit) ne peut être comparé à celui des autres variétés.

La maturité des différentes variétés s'est révélée très variable. Palatina ainsi que les amandes-pêches Robijn, Ingrid et l'amande de Zurich ont mûri rapidement, ce qui est avantageux, car les fruits ouverts restent ainsi moins longtemps exposés sur l'arbre. À partir de fin septembre 2024, une vague de froid a fortement retardé la maturation des autres variétés, qui a été particulièrement longue pour Ferragnes, Ferrastar et Ferraduel. La variété Aï portait encore très peu de fruits, les données ne sont donc pas significatives. Lauranne Avijor n'avait pas encore de fruits sur le porte-greffe GF677.

La dureté des coques des variétés examinées variait considérablement (fig. 22). Les variétés Papiersky et Nonpareil pouvaient être ouvertes facilement à la main, mais étaient presque entièrement détruites par les oiseaux (voir chapitre 3.3.2). À l'autre extrémité du spectre, les variétés Ferraduel et les amandes-pêches ne pouvaient être cassées qu'au prix d'un effort important. Un casse-noix classique s'est avéré inefficace, seul un étau a permis d'ouvrir les coques. Les coques de dureté moyenne semblent offrir le compromis optimal. La plupart des coques se sont cassés de manière irrégulière, à l'exception d'Isabelona et Marcona, qui se sont divisés proprement en deux moitiés.

Le «crackout» désigne le pourcentage du poids de l'amande par rapport au poids total de la récolte, coque comprise, et constitue un indicateur clé pour estimer la quantité commercialisable. Les variétés Nonpareil, Papiersky et Princesse présentaient les coques les plus légères, d'où leur crackout le plus élevé. La corrélation négative entre la dureté des coques et le crackout est bien documentée (Socias i Company et al., 2017) et a été confirmée par les observations faites au Breitenhof. Toutefois, sans tenir compte des pertes de qualité, le crackout n'est pas très significatif. Dans tous les échantillons d'amandes cassées, la qualité a eu un impact considérable sur la part de la récolte réellement valorisable.

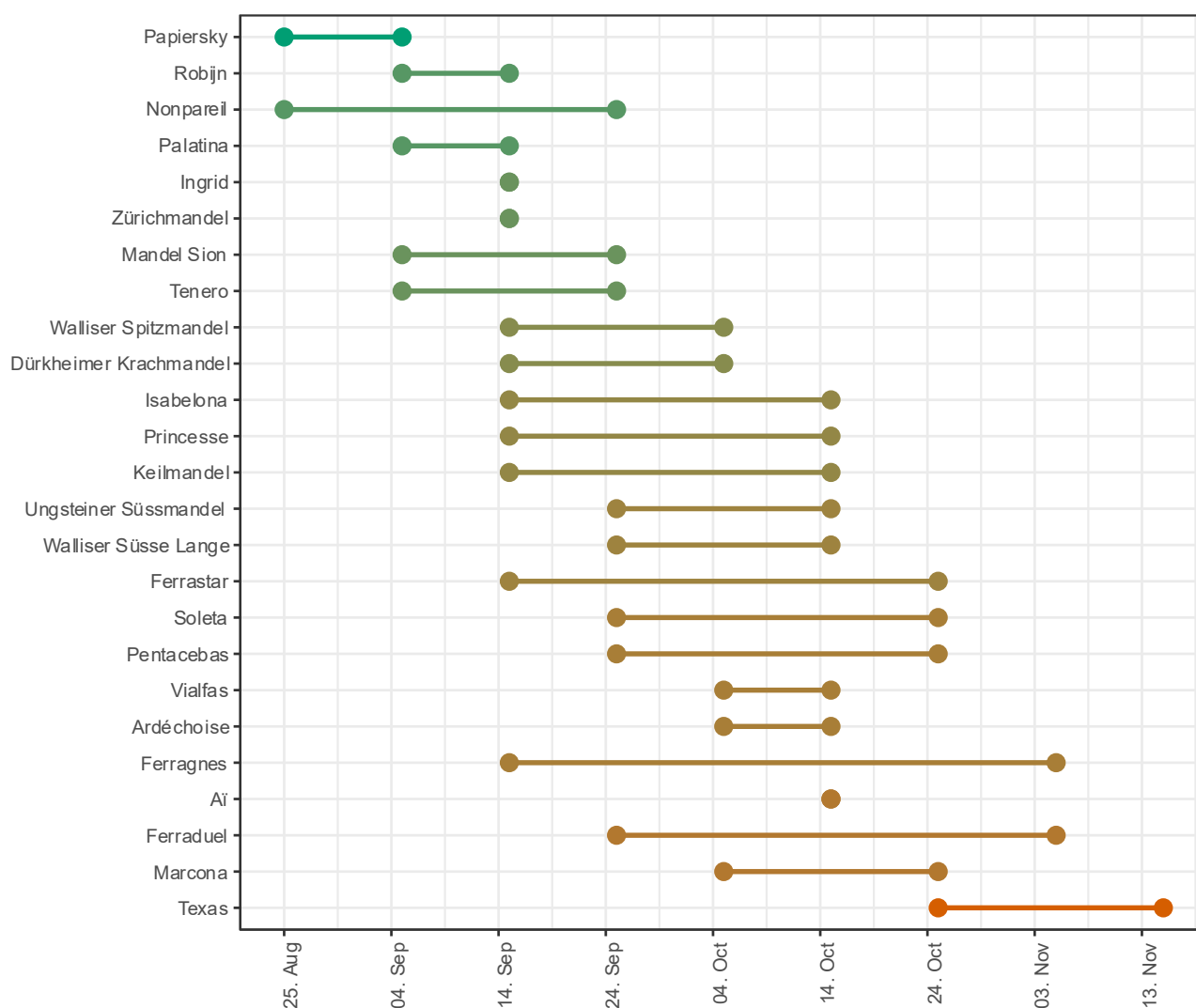


Figure 21: Représentation schématique de la date de récolte de différentes variétés d'amandes au Breitenhof en 2024. Les observations ont été consignées pour chaque tiers du mois (début, milieu, fin du mois). Exemple de lecture: date de récolte de l'amande de Zurich = mi-septembre, date de récolte de la variété Marcona = début à fin octobre.

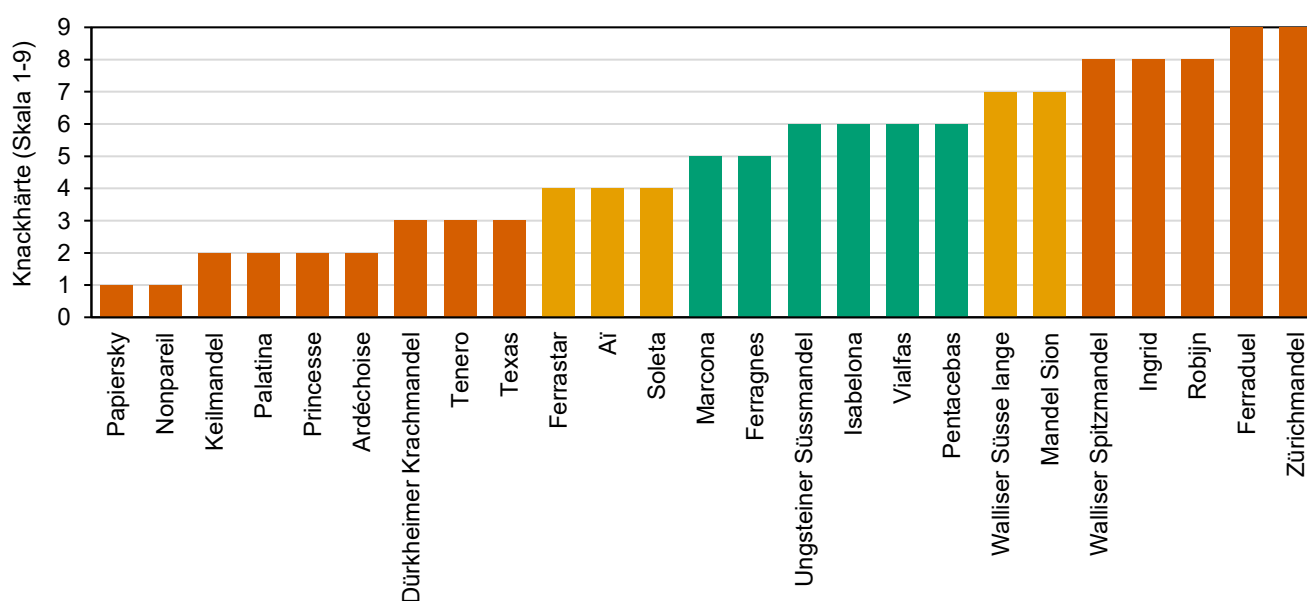


Figure 22: Dureté de la coque des variétés d'amandes sur une échelle qualitative de 1 à 9 (1 = à la main sans pression, 3 = à la main avec pression, 5 = casse-noix normal, 7 = marteau, 9 = étai)

La qualité des amandes, évaluée à partir de la proportion valorisable dans un échantillon d'amandes décortiquées, variait fortement selon les variétés (fig. 24). Les variétés Amande de Zurich, Princesse, Soleta, Pentacebas et Ferragnes présentaient la qualité la plus faible. Plus de 90 % des amandes de Zurich étaient rabougries. Les variétés Ingrid, Robijn, amande amère d'Ungstein et Vialfas présentaient également une forte proportion d'amandes rabougries. La Princesse comptait 90 % d'amandes doubles, ce qui a entraîné une déformation. Les amandes endommagées par les oiseaux ont été triées lors de la récolte, mais restaient néanmoins présentes dans les variétés ayant déjà généré un taux de rejet élevé dans les champs. Aucun dégât causé par les insectes n'a été observé au Breitenhof.

Les variétés Ferragnes, Pentacebas et Soleta présentaient une forte proportion d'amandes moisies, généralement reconnaissables à de petites taches noires. La présence de moisissures constitue un facteur particulièrement limitant (fig. 23). Dans le cadre d'une commercialisation directe d'amandes en coque, mode de valorisation actuellement privilégié par la plupart des exploitations, des critères de qualité irréprochables sont essentiels. Les variétés Marcona et Isabelona se sont distinguées par la qualité supérieure de leurs fruits. Leur coque, apparemment parfaitement « hermétique » se révélait également, comme mentionné, la plus facile à casser. Cette caractéristique pourrait expliquer l'absence quasi-totale d'infections fongiques ou d'autres altérations de la qualité.

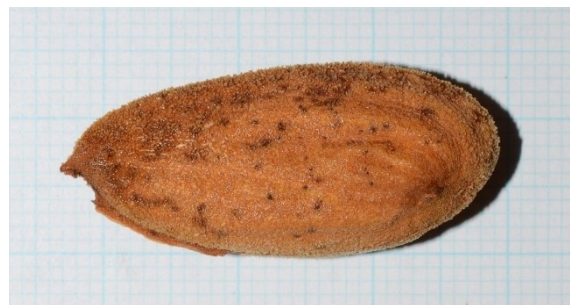


Figure 24: Infections fongiques sur une amande. Malgré un séchage rapide, des pertes de qualité sont apparues.

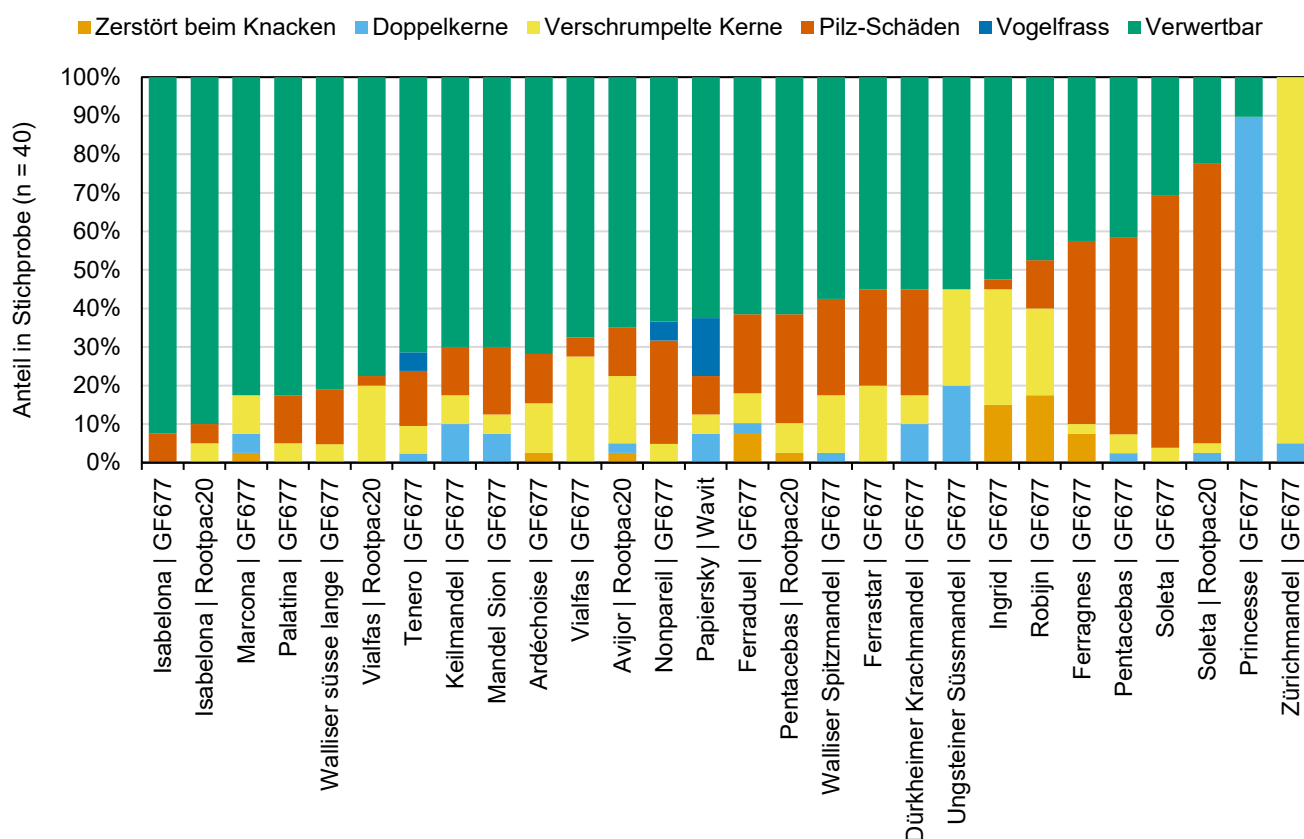


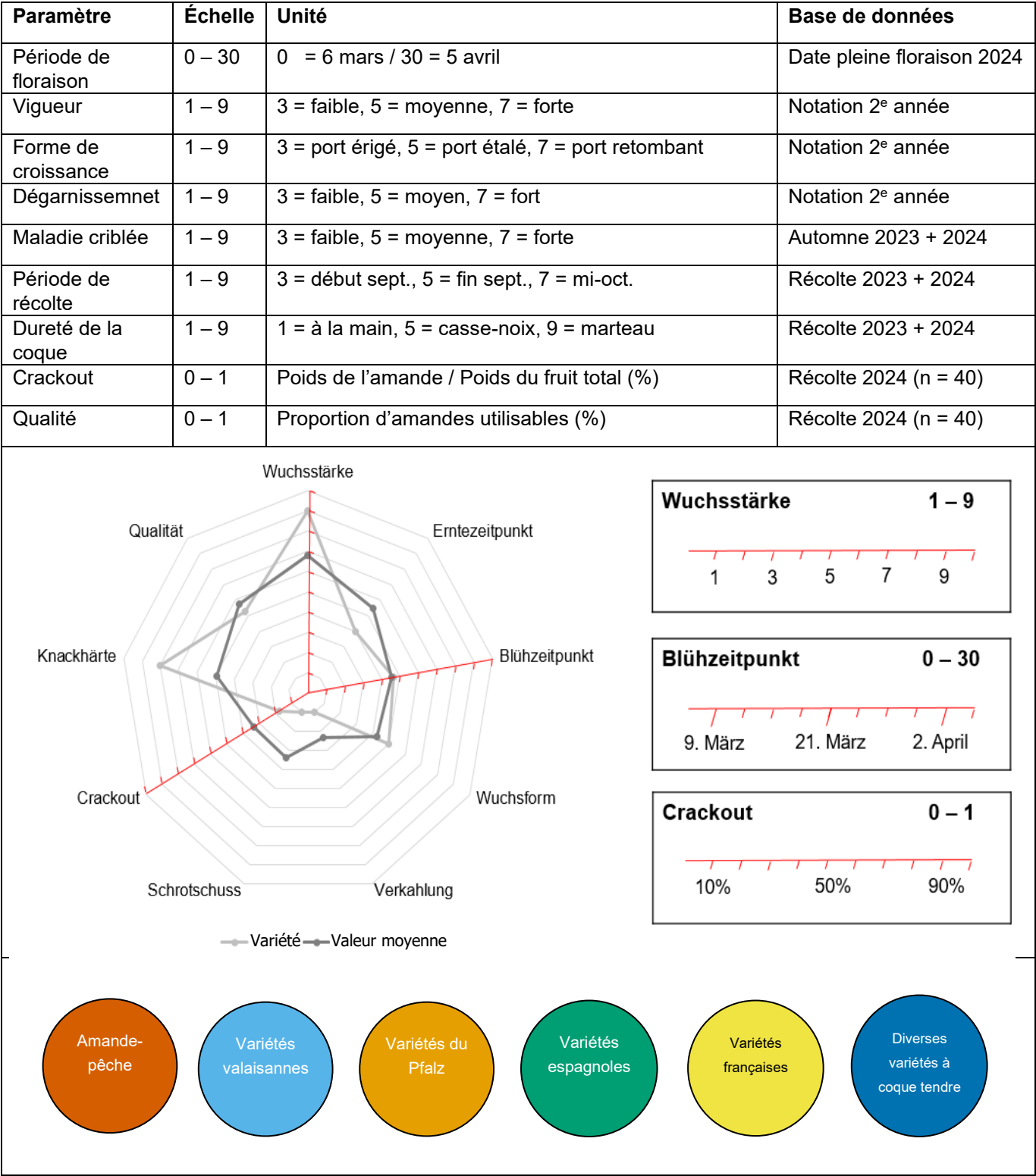
Figure 23: Qualité de la récolte d'amandes 2024 au Breitenhof, sur la base de la proportion d'amandes valorisables et de la classification des rejets (échantillon: 40 amandes par variété et par porte-greffe). Les variétés Texas et Ai ne présentaient pas suffisamment d'amandes pour une évaluation.

Marcona et Isabelona semblent être des candidates intéressantes pour une production axée sur la qualité en raison de leurs caractéristiques qualitatives, mais elles sont toutes deux sensibles à la maladie criblée. Marcona mûrit très tard en automne et pourrait ne pas arriver à maturité lors des années plus froides. Une évaluation définitive des variétés ne pourra être envisagée qu'après plusieurs années d'observation et ne devrait pas être effectuée pour l'instant.

3.1.2 Portrait des variétés

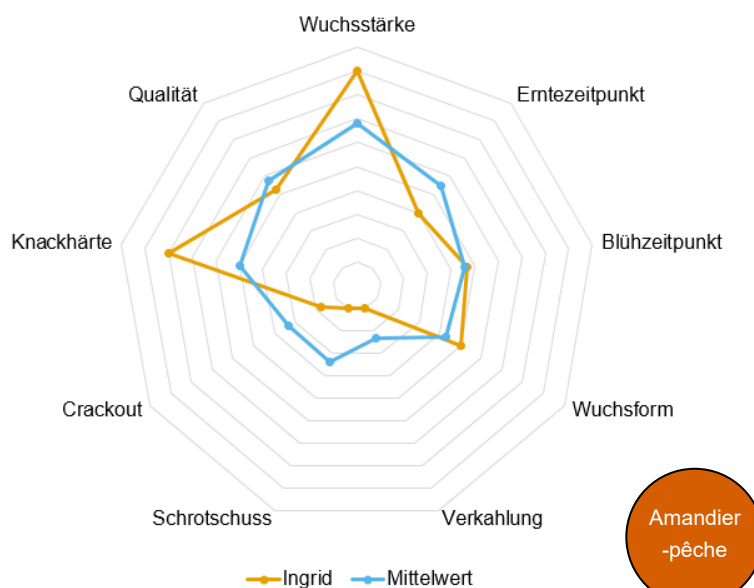
Ce chapitre donne un aperçu des caractéristiques des variétés d'amandes étudiées, en mettant l'accent sur les résultats obtenus par le Centre des fruits à noyau du Breitenhof. Certains paramètres sont comparés à la moyenne de toutes les variétés afin d'identifier les extrêmes. La forme de présentation choisie donne une impression générale de chaque variété (tabl. 6). Les portraits sont présentés dans les pages suivantes.

Tableau 6: Portraits des variétés d'amandes dressés par le Centre des fruits à noyau du Breitenhof (paramètres, échelle, unité, base de données). Le graphique au centre illustre schématiquement la façon d'interpréter la présentation des évaluations, et les regroupements des variétés sont répertoriés dans le graphique du bas. Les portraits des variétés sont présentés dans les pages suivantes.

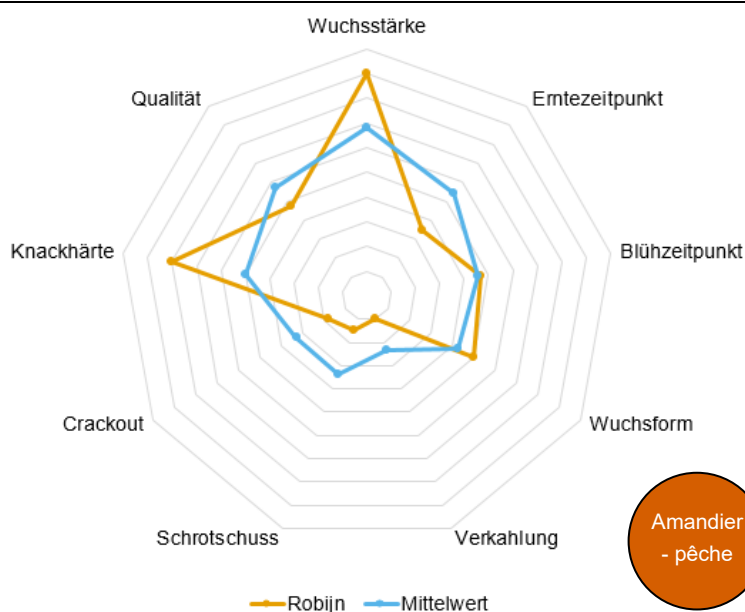


Ingrid

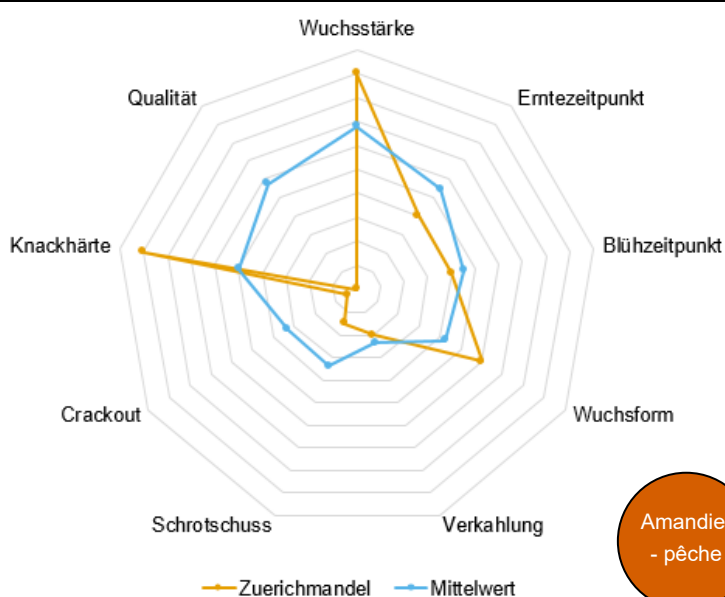
Origine: Scandinavie (?)
 Coques difficiles à ouvrir
 Amandier-pêche à noyau amer
 Floraison rose sombre (bois d'une année)
 Conclusion provisoire: arbre d'ornement

**Robijn**

Origine: Pays-Bas
 Coques difficiles à casser
 Amandier-pêche à noyau amer
 Floraison rose sombre (bois d'une année)
 Pratiquement identique à Ingrid

**Amande de Zurich**

Origine: Suisse (Zurich)
 Vigueur la plus forte à la floraison de toutes les variétés
 Nouaison très faible (amer)
 Floraison rose pâle (bois d'une année)
 Conclusion provisoire: arbre d'ornement



Amande douce valaisanne à longue coque

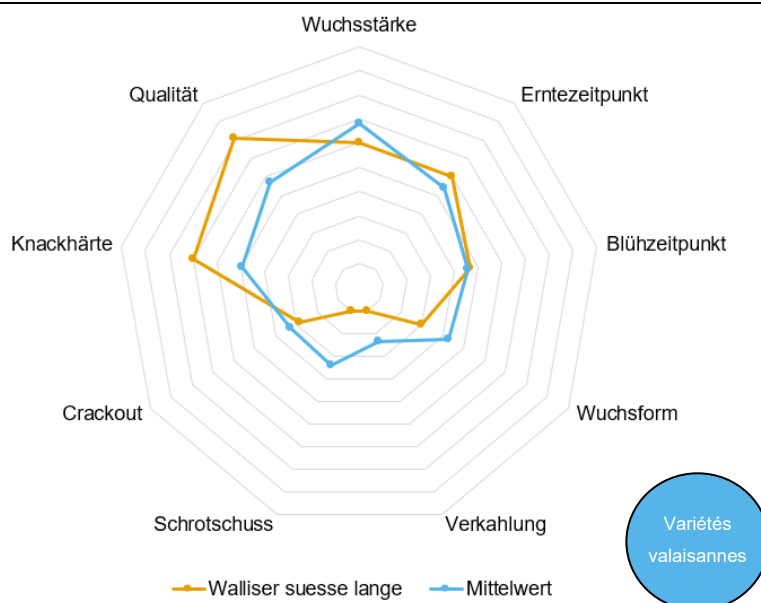
Origine: Suisse (Valais)

Jusqu'à présent, nouaison très faible

Coque plutôt petite et dure

Amande de bonne qualité

Arbre sain



Amande valaisane à coque pointue

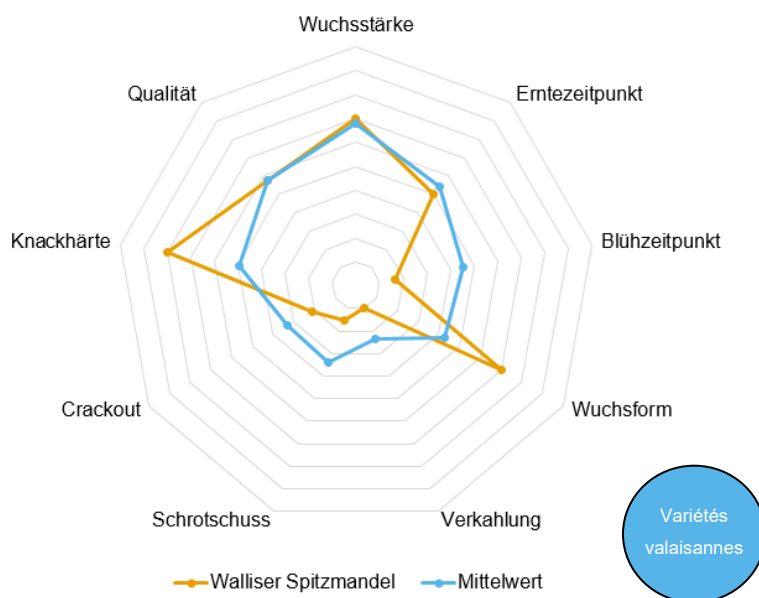
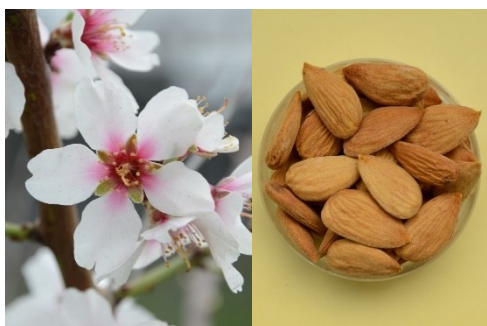
Origine: Suisse (Valais)

Croissance très buissonnante

Floraison précoce

Amande assez dure

Plutôt sensible à la rouille et à la moniliose



Amande de Sion

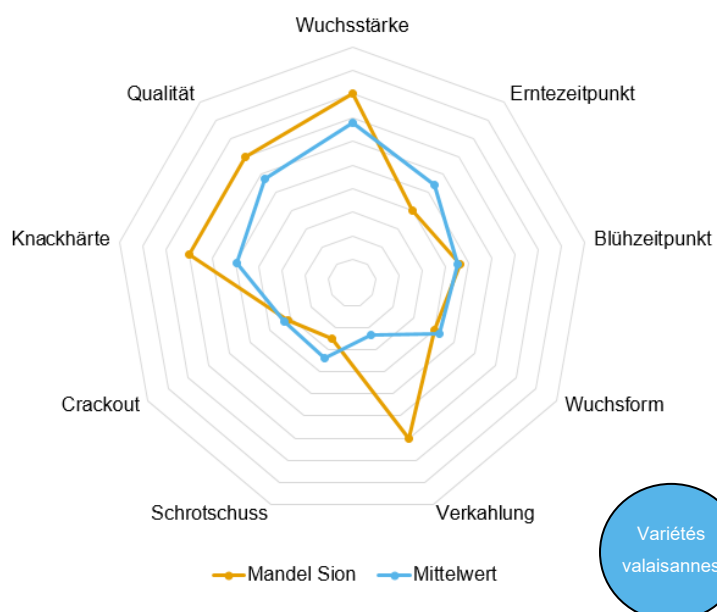
Origine: Suisse (Valais)

Forte tendance au dégarnissement

Arbre difficile à conduire

Se détache bien de l'enveloppe, récolte précoce

Bonne qualité



Amande douce d'Ungsteiner

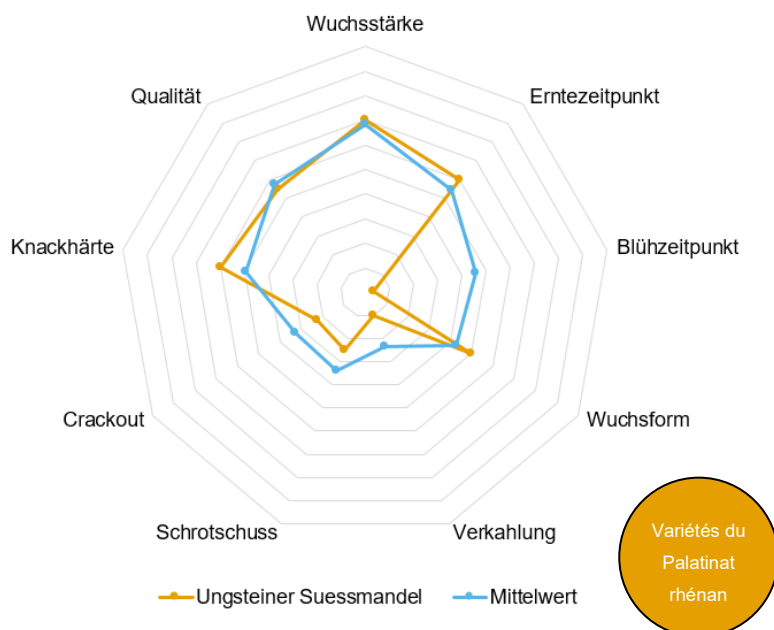
Origine: Allemagne (Palatinat rhénan)

Floraison la plus précoce de toutes les variétés

Sensible à la moniliose et à la rouille

Chute des feuilles en 2024 avant la maturité des fruits

Coque dure



Variétés du
Palatinat
rhénan

Keilmandel

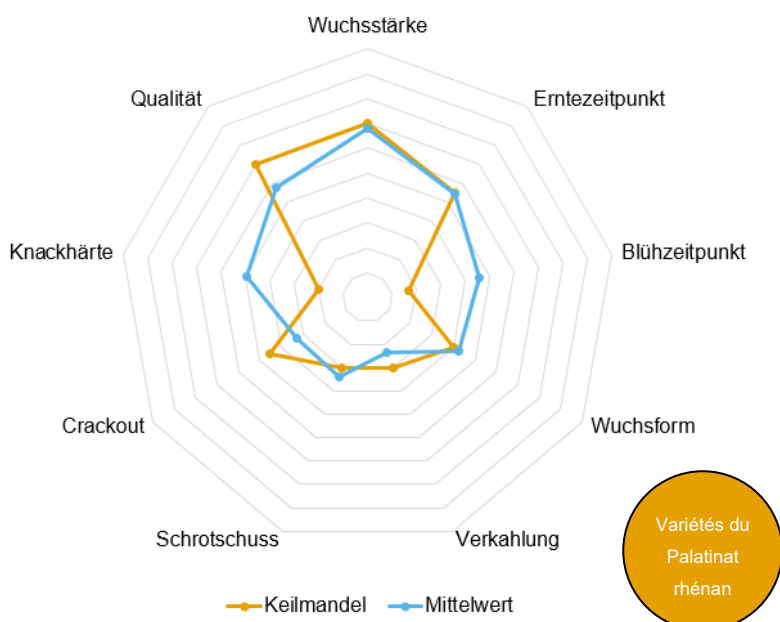
Origine: Allemagne (Palatinat rhénan)

Floraison très précoce (après la variété Ungsteiner)

Coque très fine

Sensible à la moniliose

Bonne qualité



Variétés du
Palatinat
rhénan

Palatina

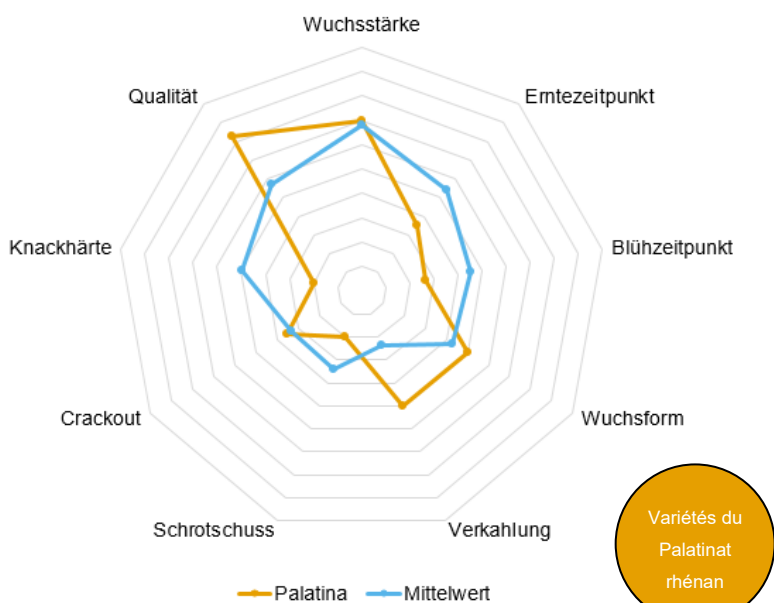
Origine: Allemagne (Palatinat rhénan)

Floraison mi-précoce

Récolte précoce, maturité régulière

Bonne qualité

Légère tendance à se dégarnir



Variétés du
Palatinat
rhénan

Dürkheimer Krachmandel

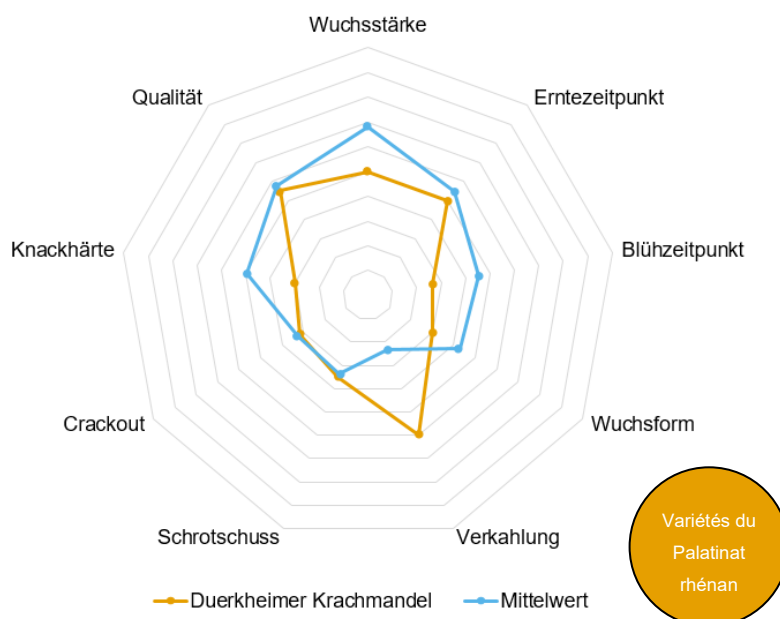
Origine: Allemagne (Palatinat rhénan)

Difficultés à l'implantation

Très grosses amandes

Tendance au dégarnissement

Valeur encore peu significative

**Pentacebas**

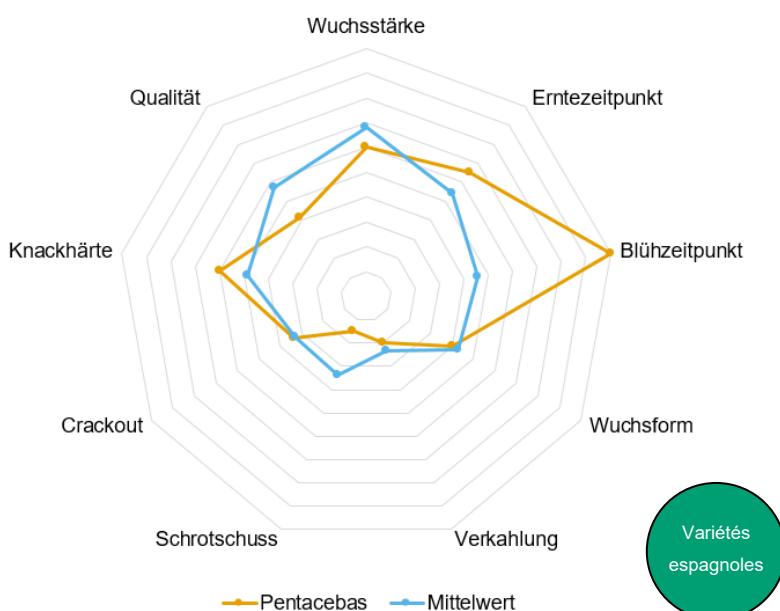
Origine: Espagne

Floraison très tardive (comme les cerises)

Coque dure

Mauvaise qualité (dommages dus aux champignons)

Amande de petite taille

**Vialfas**

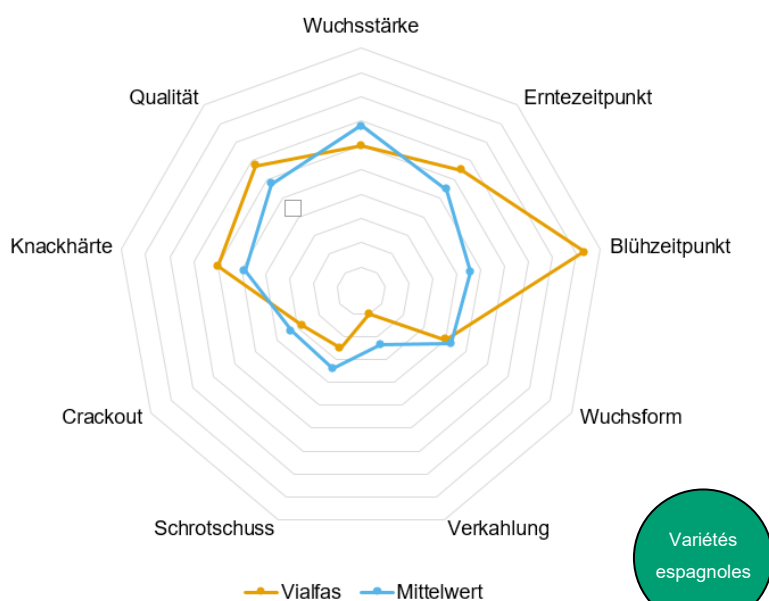
Origine: Espagne

Floraison très tardive, avant la variété Pentacebas

Récolte tardive

Meilleure qualité que la variété Pentacebas

Forme intéressante de l'amande



Soleta

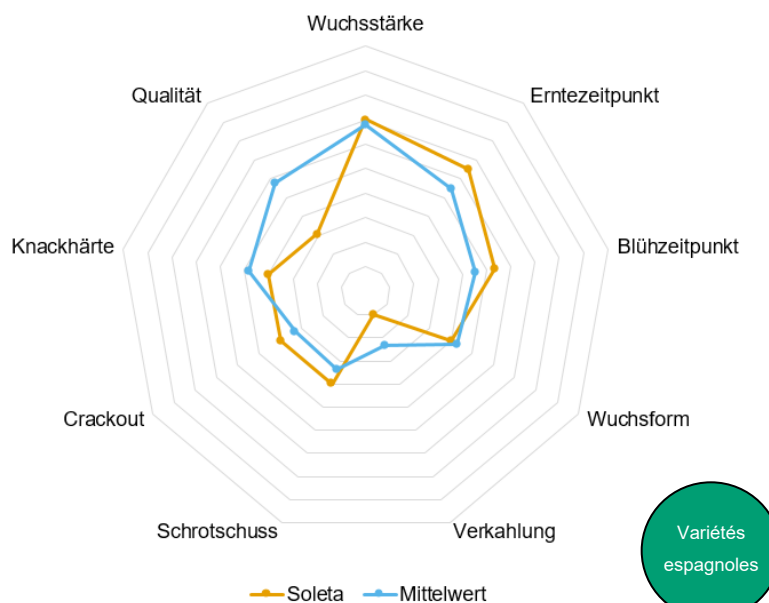
Origine: Espagne

Très mauvaise qualité (champignons)

Croissance dense

Chute des feuilles avant la récolte (rouille)

Fruits sans ouverture de l'enveloppe, restés immatures

**Isabelona**

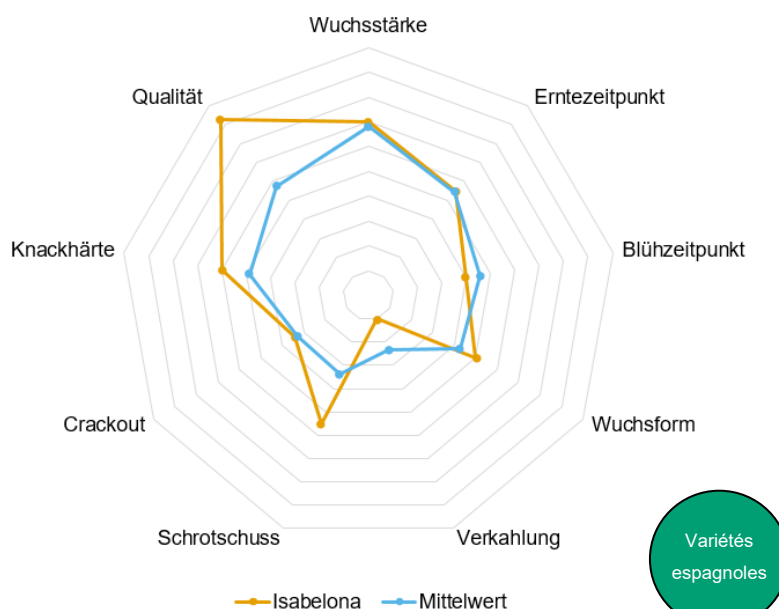
Origine: Espagne

Qualité élevée au Breitenhof

Bonne cassure (fracture nette)

Croissance dense, floraison mi-précoce

Sensible à la maladie criblée

**Marcona**

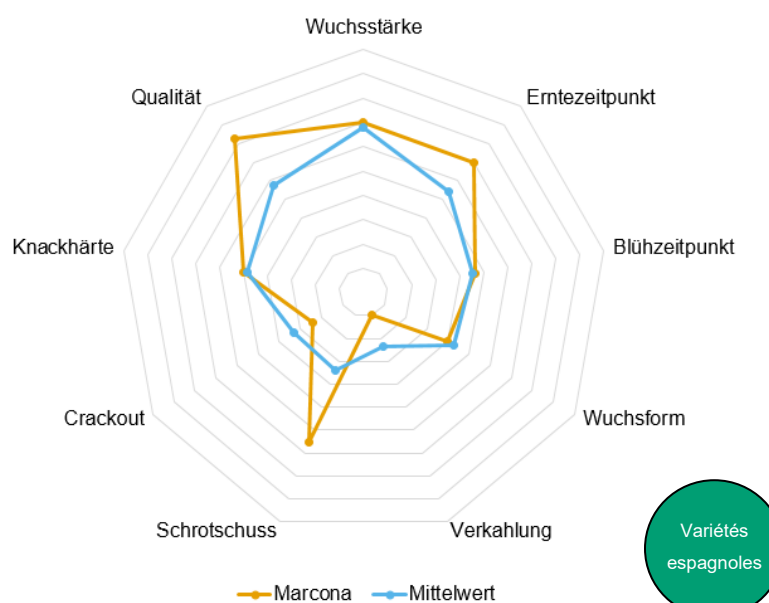
Origine: Espagne

Très bonne qualité

De manière générale, similaire à la variété Isabelona

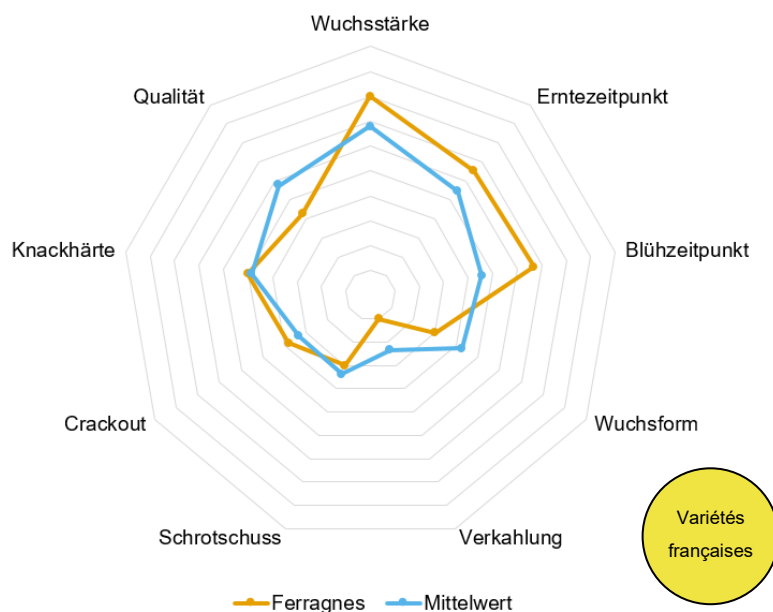
Pétales de forme particulière

Récolte tardive (mi-octobre, fin octobre)

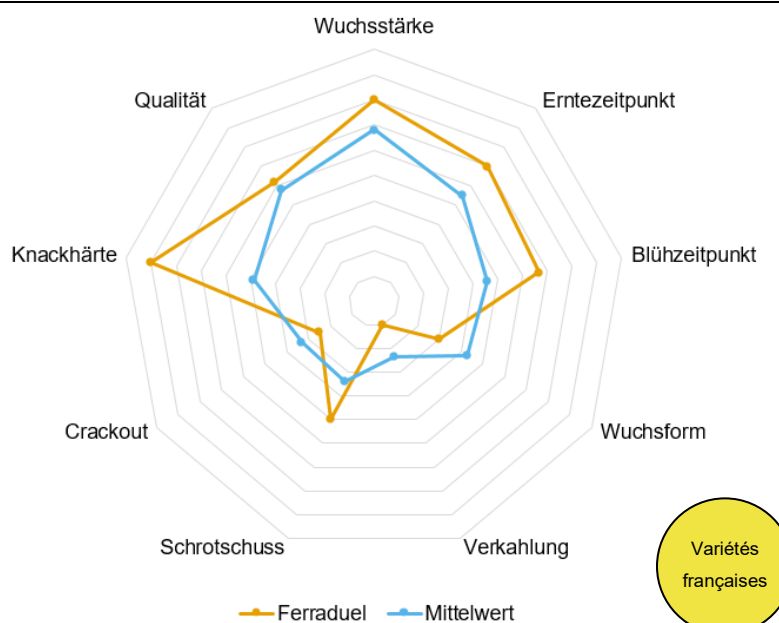


Ferragnes

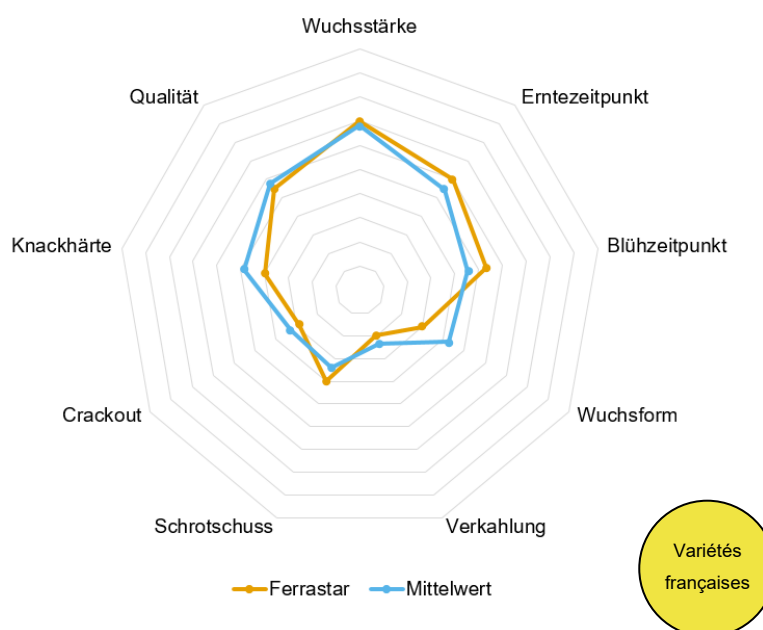
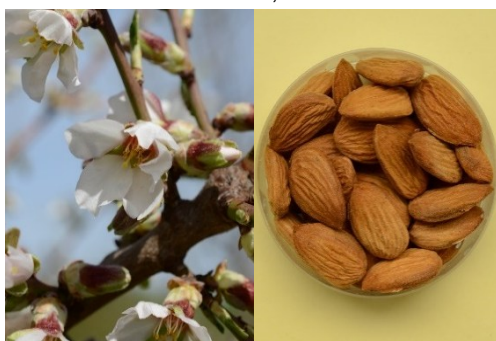
Origine: France (variété principale)
 Floraison tardive, récolte tardive
 Forte croissance, port érigé
 Dureté moyenne de la coque
 Qualité étonnamment basse jusqu'à présent

**Ferraduel**

Origine: France
 Pollinisateur de Ferragnes
 Port semblable à celui de Ferragnes
 Coque très dure (étai)
 Sensible aux maladies fongiques

**Ferrastar**

Origine: France
 Floraison un peu plus précoce que celle de la variété Ferragnes
 Difficile à décortiquer
 Port très érigé
 Tendance à l'alternance, selon la littérature



Lauranne® / Avijor

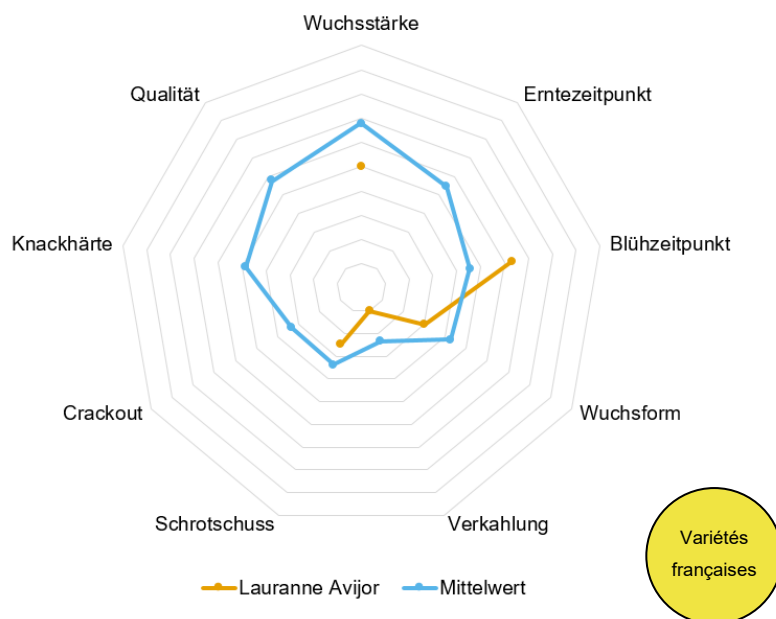
Origine: France

Jusqu'à présent résultats uniquement sur Rootpac20

Résultats pas encore significatifs

Variété autofertile

Floraison tardive, récolte précoce

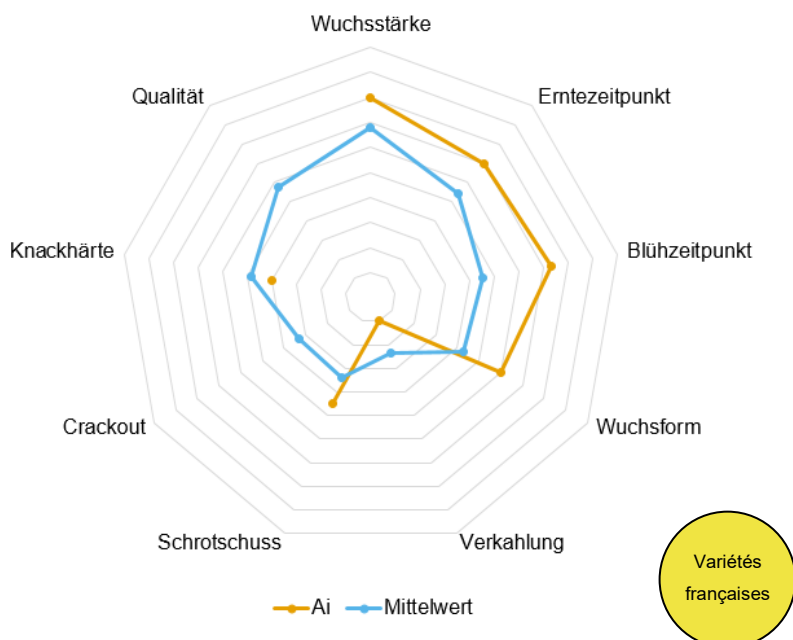
**Aï**

Origine: France

Jusqu'à présent, aucune récolte lors des essais variétaux

Résultats pas encore significatifs

Pratique: coque tendre, port retombant, floraison tardive, qualité plutôt faible (champignon)

**Nonpareil**

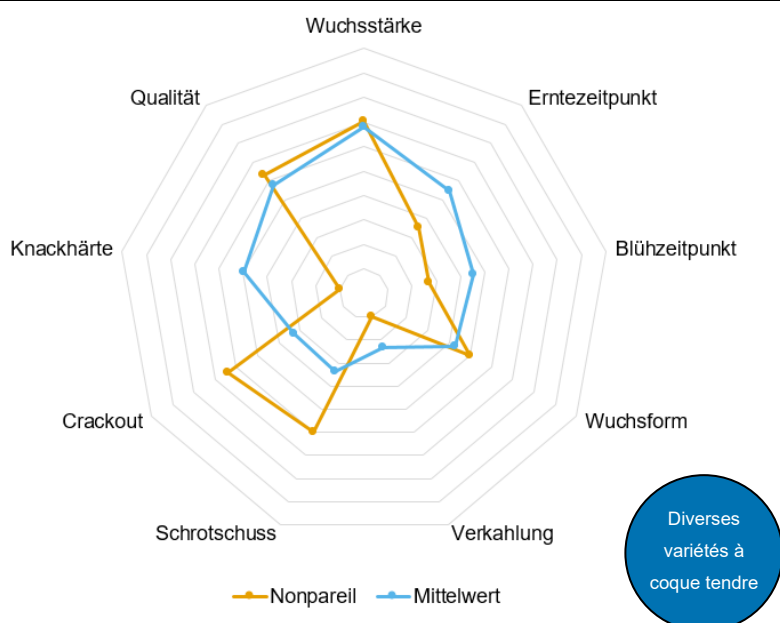
Origine: USA (variété principale)

Crackout le plus élevé de toutes les variétés

Sensible aux maladies

Coque très tendre

Forte attaque par les oiseaux (>90 %)



Texas

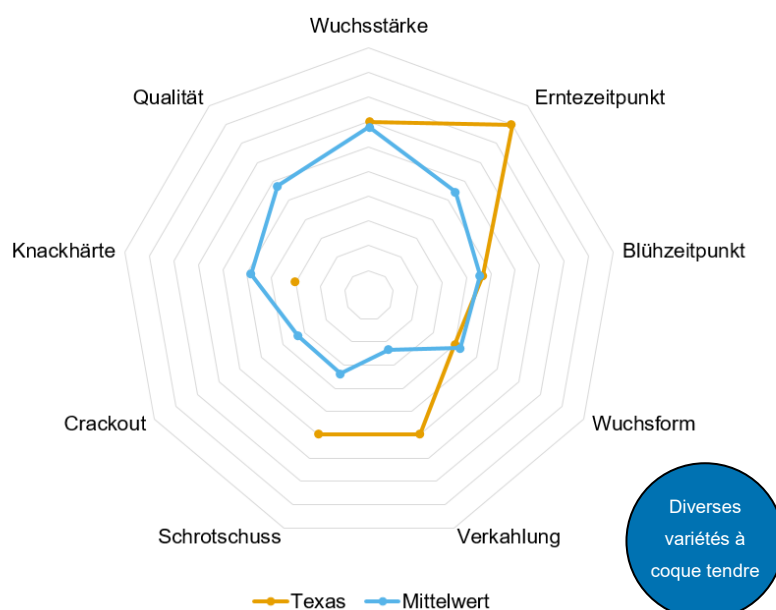
Origine: USA

Maturité à partir de novembre

Durée de culture trop longue pour la Suisse

Sensible à la maladie criblée

Tendance à se dégarnir

**Princesse**

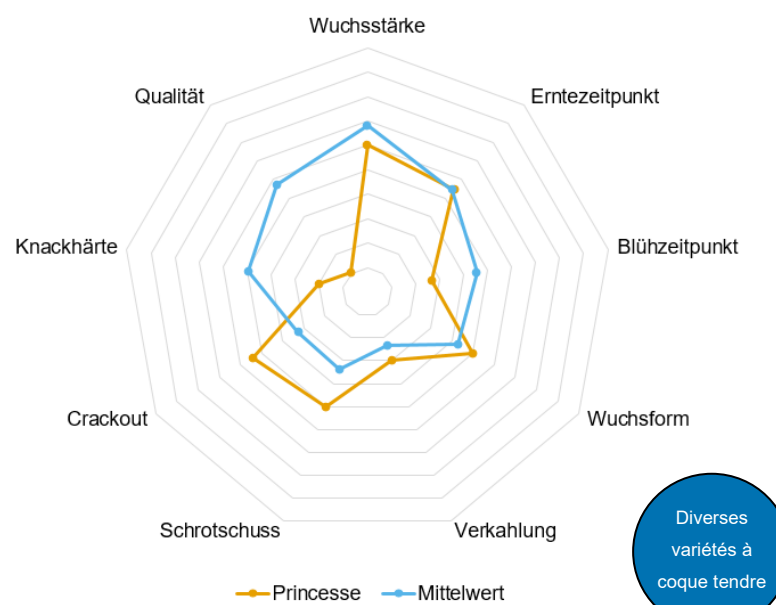
Origine: France

Floraison mi-précoce

Presque 90 % avec amande double

Plutôt sensible aux maladies fongiques

Forte attaque par les oiseaux

**Ardéchoise**

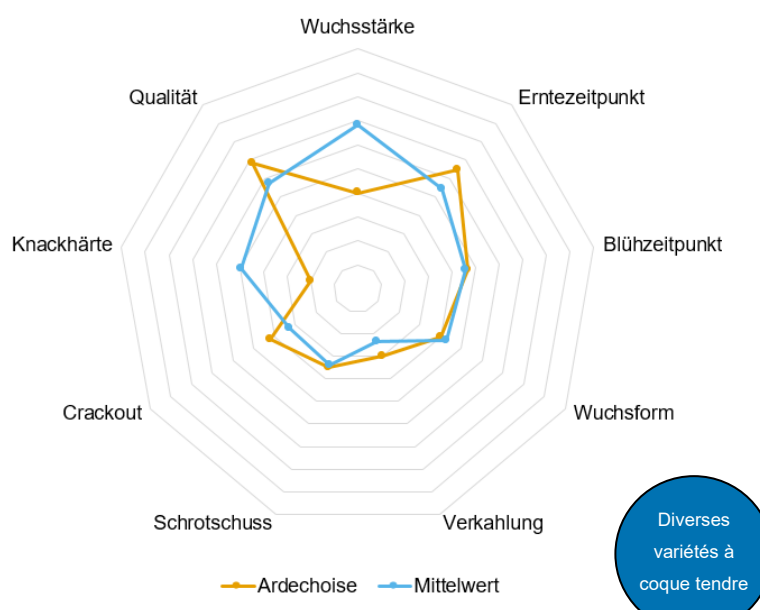
Origine: France

Résultats peu significatifs jusqu'ici

Variété parentale de la variété Ferragnes

Qualité relativement bonne

Faible vigueur



Tenero

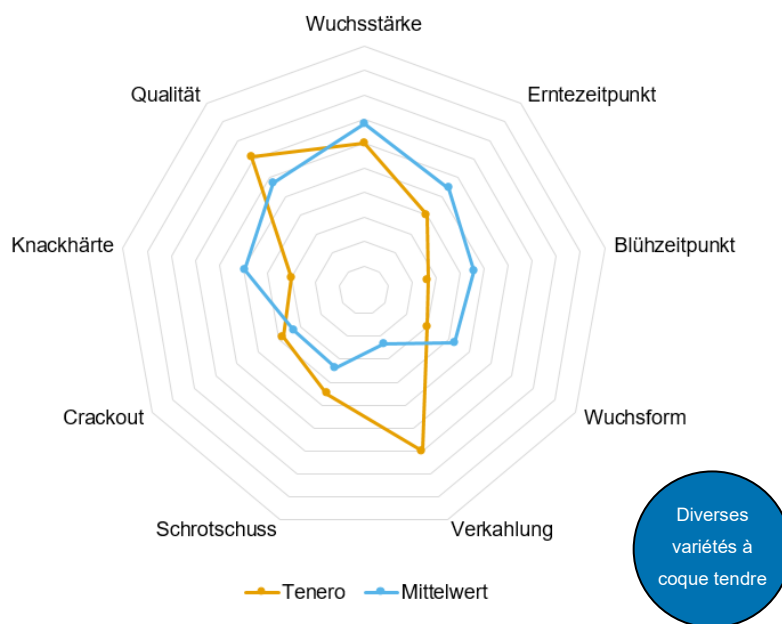
Origine: Italien (?)

Port très encombrant

Forte tendance à se dégarnir

Entrée tardive en production, bonne qualité

Attaque par les oiseaux

**Papiersky**

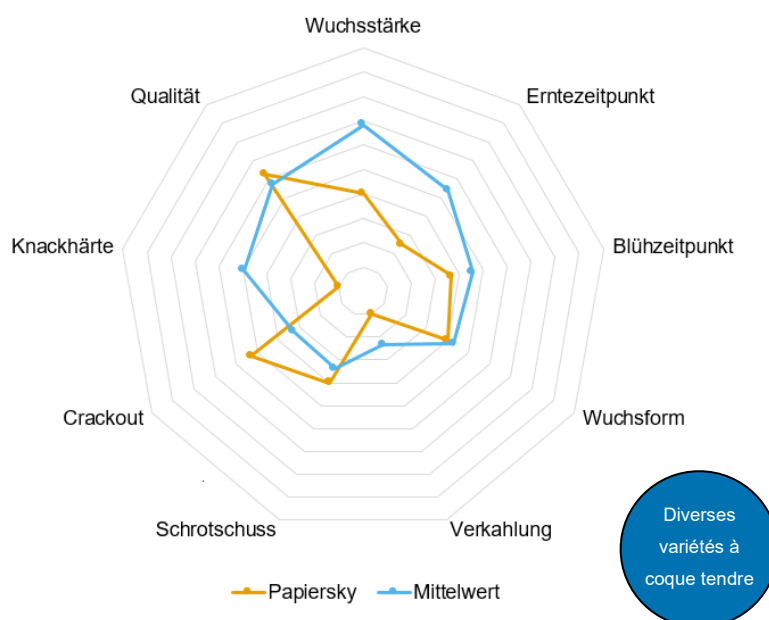
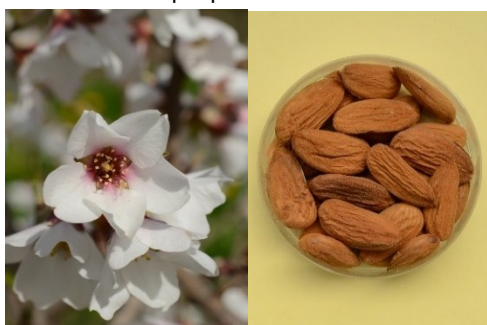
Origine: Tchéquie (?)

Seul arbre sur porte-greffe Wavit

Résultats pas comparables

Récolte la plus précoce de toutes les variétés

Très forte attaque par les oiseaux



Le choix de la variété d'amande appropriée est un processus complexe. Bien que le projet ait déjà fourni de premières connaissances, il est encore trop tôt pour émettre des recommandations fiables. Le rendement est un facteur déterminant dans le choix de la variété, mais il n'est pas encore significatif, car les arbres ne devraient atteindre leur plein rendement qu'à partir de 2026. Néanmoins, les premières tendances se dessinent déjà et certaines variétés peuvent d'ores et déjà être exclues. Les résultats obtenus jusqu'à présent sont indicatifs et peuvent contribuer à la prise de décision lors du choix de la variété. Il s'agit en fin de compte de tenir compte de nombreuses caractéristiques qui peuvent varier en fonction du site et de l'objectif de la plantation d'amandiers.

3.2 Facteurs liés au site et à l'environnement

Selon des entretiens menés avec des experts de différents pays européens, les amandiers s'épanouissent particulièrement bien dans les sols sablonneux et argileux bien drainés, typiques des régions où l'on cultive également l'abricot et la vigne (Reutimann et al., 2020). L'aptitude climatique à la culture des amandes sur le Plateau suisse a également été simulée à partir de données relatives aux précipitations et aux températures. Deux scénarios climatiques indiquent une nette amélioration de l'aptitude à la culture pour la période 2040-2100 par rapport à la période de référence 1981-2010 (Heinz et al., 2024).

Nos observations doivent permettre de faire une première évaluation de différents facteurs liés au site et à l'environnement sur la base d'observations pratiques en Suisse et de classer les résultats en vue des développements futurs. Pour la croissance des arbres en général, il est non seulement essentiel que le site soit adapté à la culture, mais aussi qu'il permette d'obtenir des rendements satisfaisants. Comme les plantations du réseau d'exploitations sont souvent récentes, les données disponibles restent à ce jour insuffisantes pour tirer des conclusions solides à ce sujet. À l'avenir, les observations réalisées au sein du réseau devraient toutefois fournir des indications précieuses pour orienter le choix des sites les mieux adaptés à la culture de l'amandier.

Sol

La nécessité d'un bon drainage a été confirmée par des observations réalisées dans des exploitations agricoles. Le facteur décisif dans le choix des parcelles est la présence d'eau stagnante: les terrains gorgés d'eau ne conviennent pas à la culture des amandes et peuvent entraîner la perte totale des jeunes plantations. Selon l'expérience acquise en France, les sols sablonneux et limoneux avec un pH compris entre 6,5 et 8,5 sont considérés comme optimaux (Montagnon, 2023). Au Centre pour les fruits à noyau de Breitenhof, les arbres greffés sur le porte-greffe GF677 ont montré une croissance très vigoureuse dans un sol limoneux et argileux, mais il reste à voir si les amandes peuvent également prospérer durablement sur des sols aussi lourds.

Température

En ce qui concerne la température, les amandiers sont déjà cultivés avec succès dans de nombreuses régions de Suisse, du Tessin au Plateau, jusqu'en Valais sur des terrains situés en altitude. Dans le nord-ouest de la Suisse, la durée de la saison de culture de la variété tardive Texas était clairement trop longue. Dans plusieurs exploitations agricoles de Suisse alémanique, on a observé qu'en 2022, après une année 2021 relativement fraîche et humide, les variétés à cycle plus long, telles que Ferragnes ou Ferraduel, n'ont pas fleuri. Les boutons floraux de l'amandier se forment relativement tard dans l'année (Socias i Company et al., 2017), ce qui indique que, dans certaines régions de Suisse alémanique, la somme des températures reste ponctuellement insuffisante pour permettre le développement complet de ces variétés à cycle long.

Gel

Les gelées tardives constituent un risque nettement plus important pour la culture des amandes que les seules exigences thermiques. Dans le Palatinat rhénan, les variétés à floraison précoce (fig. 25) peuvent, dans de rares cas, commencer à fleurir dès le mois de décembre. Bien que les variétés à floraison tardive soient certes moins exposées à ce risque, comme le confirment les essais variétaux, il faut relativiser la notion de «floraison tardive». Selon les observations, les variétés d'amandes à floraison moyenne à tardive, telles que Lauranne ou Ferragnes, fleurissent entre la période de floraison des abricots et celle des cerises. Lorsqu'une expérience de culture existe déjà sur un site donné, il est plus facile d'évaluer le risque de gel. Par exemple, au Centre pour les fruits à noyau de Breitenhof, situé dans le nord-ouest de la Suisse, le risque de gel est considéré comme élevé pour la plupart des variétés d'amandes.



Figure 25: Amandier Keilmandel à Wädenswil le 9 janvier 2023, peu avant la floraison. Une période de chaleur en décembre 2022 a favorisé son développement, qui a ensuite été freiné par une vague de froid.

Au cours des dernières décennies, la hausse des températures printanières a entraîné une floraison de plus en plus précoce des espèces fruitières indigènes (Neuwald & Büchele, 2022). Parallèlement, des nuits glaciales, parfois marquées par des températures nettement négatives continuent de se produire régulièrement en mars et avril, sans que leur fréquence moyenne ne diminue. Il faut donc s'attendre à un risque accru de gelées tardives pour la culture des amandes en Suisse dans les années à venir. Les mesures de protection contre le gel étant très coûteuses, le choix du site est crucial. Les zones marginales présentent des risques considérables et doivent être évitées, tout comme les cuvettes où l'air froid tend à stagner. A l'inverse, une bonne exposition aux courants d'air permet de limiter à la fois le risque de gel et le risque de maladies. Les versants exposés au sud peuvent en revanche se traduire par une floraison précoce en raison d'un ensoleillement plus important en hiver.

Précipitations

Les amandiers peuvent survivre avec environ 190 mm de précipitations par an, mais ils n'atteignent leur productivité maximale qu'avec un apport en eau d'environ 1400 mm par an (Reutimann et al., 2020). En cas de stress hydrique après la floraison, les amandes sont souvent rabougries et leur poids diminue. Dans les régions arides, comme le Valais, il est donc généralement nécessaire d'irriguer la plupart des années. Au Breitenhof, en revanche, un complément d'irrigation n'a été requis qu'au cours de l'épisode de canicule de 2022. Selon les projections climatiques, les précipitations hivernales devraient augmenter, tandis que les étés seront plus secs (CH2018). Dans ce contexte de sécheresse estivale croissante, on peut donc supposer qu'en Suisse, les amandiers, comme d'autres cultures fruitières, seront de plus en plus tributaires de l'irrigation pour fournir des rendements satisfaisants (fig. 26).



Figure 26: Amandiers sur différents sites en Suisse (de gauche à droite: Valais, région viticole zurichoise, Wädenswil). La disponibilité en eau peut considérablement varier selon le site et l'année. Aujourd'hui déjà, certains amandiers doivent être irrigués pour atteindre une bonne productivité. À l'avenir, l'irrigation sera sans doute indispensable pour obtenir un rendement satisfaisant.

Les maladies fongiques sont également étroitement liées à la quantité de précipitations. La période la plus critique pour l'infection par les principaux agents pathogènes, tels que *Monilia*, se situe pendant la floraison, en mars et début avril. Selon les modèles climatiques, les précipitations pourraient légèrement augmenter au printemps dans le nord de la Suisse (CH2018), ce qui pourrait accroître la pression des maladies. Les évaluations actuelles concernant la viabilité de la culture des amandiers en Suisse n'ont pas tenu compte de cet aspect. L'affirmation selon laquelle les amandes conviennent aux régions où l'on cultive déjà des abricots et de la vigne doit être nuancée, notamment en ce qui concerne les maladies fongiques dans le contexte suisse. En effet, dans toutes les régions du pays, les cultures d'abricots et la vigne nécessitent des mesures phytosanitaires pour lutter contre les maladies fongiques, que ce soit en agriculture biologique ou en agriculture conventionnelle selon les directives PER. Ces mesures sont essentielles pour éviter des pertes de rendement importantes. Il en va de même pour les amandes, comme le montrent les observations faites dans différentes exploitations.

3.3 Maladies & ravageurs

3.3.1 Maladies

Monilia



Figure 27: Fleur atteinte de moniliose (en haut à gauche), pousse fortement atteinte (en haut à droite), chancre avec infestation au printemps (en bas à gauche) et fruit momifié (en bas à droite).

Monilia sp. hiverne dans les parties nécrosées, les pousses desséchées, les fleurs et les fruits momifiés. L'année suivante, l'inoculum primaire se forme sur ces tissus infectés et se propage par l'intermédiaire du vent et de la pluie. L'infection commence au stade ballon de la floraison, les fleurs ouvertes étant les plus vulnérables. Le risque d'infection est particulièrement élevé par temps froid et humide et lorsque le séchage des fleurs est retardé.

Il est essentiel d'éliminer les parties infectées des plantes afin de réduire le risque d'infection. Les fruits momifiés doivent être retirés aussi bien de l'arbre que du sol, et les branches infectées doivent être coupées à 20-30 cm du bois sain. Le choix de l'emplacement, la distance entre les arbres, la taille et la formation doivent être adaptés afin de favoriser un séchage rapide des fleurs. Une fertilisation adaptée au site peut augmenter la vitalité des arbres et réduire les infections par *Monilia*. Une fertilisation excessive en azote augmente toutefois la sensibilité des plantes aux maladies. Le choix de variétés robustes pourrait réduire encore davantage le risque, mais les connaissances à ce sujet restent encore limitées. Lors des essais variétaux, ce sont surtout les variétés à floraison précoce qui se sont révélées les plus sensibles. Les observations réalisées dans différentes exploitations indiquent que les variétés françaises «Ferra» ont tendance à être sensibles. Ferraduel s'est avérée plus sensible que Ferrastar et Ferragnes.

La moniliose des fleurs et des rameaux (fig. 27), causée par des champignons du genre *Monilia sp.*, était la maladie la plus importante observée sur les amandiers lors de nos recherches. L'infection se transmet principalement par la fleur, en particulier via le pistil, plus rarement par les anthères et les pétales. Le champignon se propage ensuite dans le pédoncule, provoquant le dessèchement de la fleur et du pédoncule (flétrissement des fleurs). Dans de nombreux cas, l'infection progresse le long des pousses, entraînant un écoulement de résine et des excroissances. Les rameaux atteints peuvent dépérir depuis le point d'infection jusqu'à l'extrémité de la pousse (flétrissement des rameaux). Comparées aux cerises, dont les pédoncules sont plus longs et où l'infection se limite souvent au fruit, les amandes ont des pédoncules plus courts, ce qui facilite la pénétration du champignon dans le bois, un phénomène aussi observé sur les abricots. D'après les observations faites jusqu'à présent, la sensibilité des amandes à la moniliose se situe entre celle des abricots et celle des cerises. Lors d'années particulièrement défavorables, les arbres peuvent subir de lourds dégâts (fig. 28).



Figure 28: Amandier fortement endommagé (Ferragnes) après avoir été infecté par *Monilia* au cours du printemps humide de 2023

L'infestation dans les parcelles était variable, mais élevée en moyenne (fig. 29). Pour les besoins de l'essai, certaines exploitations ont utilisé des fongicides autorisés en Suisse pour d'autres cultures de fruits à noyau, ce qui a permis de maintenir l'infestation à un niveau acceptable.

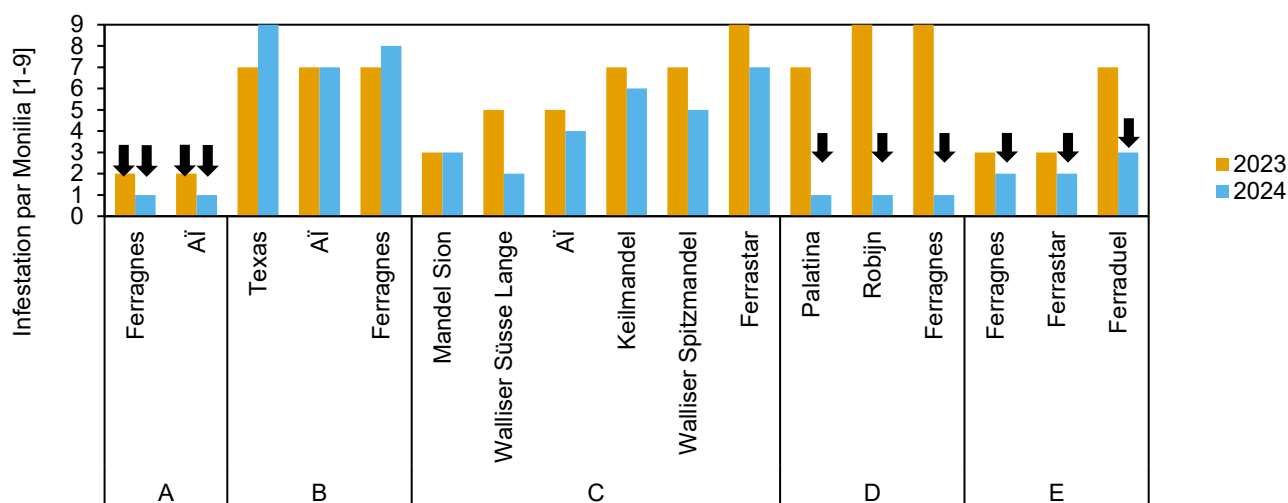


Figure 29: Infection par *Monilia* (dessèchement des rameaux, évaluée de 1 = aucune infection à 9 = infection très étendue) dans des parcelles (A-E). Les flèches indiquent l'utilisation de fongicides à des fins expérimentales, sans que la récolte n'ait été commercialisée.

Maladie criblée

La maladie criblée (*Wilsonomyces carpophilus*) attaque les feuilles en cours de développement, les fruits, les pousses et les bourgeons (fig. 30). Elle se caractérise par des lésions circulaires de couleur rouge-violet d'où tombe le tissu foliaire mort, formant ainsi les fameuses criblures caractéristiques de la maladie. Sur les fruits, le champignon provoque des lésions liégeuses qui n'affectent toutefois pas l'amande elle-même. Des lésions circulaires apparaissent sur les pousses annuelles, tandis qu'une forte infestation des pousses pluriannuelles détruit les bourgeons et peut donc avoir d'importantes conséquences. Par rapport aux cerises, où la maladie criblée est fréquente mais n'affecte pas les pousses, ce symptôme est plus marqué chez les amandes. Alors que les infections des pousses sont rares dans les pays du sud, elles étaient fréquentes dans tous les vergers suisses étudiés.

L'agent pathogène hiverne dans les pousses et les bourgeons infectés. Au printemps, les conidies se propagent par la pluie, favorisant ainsi de nouvelles infections des feuilles en bourgeon, en particulier lors de périodes humides prolongées.

Une distance optimale entre les arbres, une taille ciblée et une forme d'arbre adaptée favorisent un séchage rapide des feuilles et réduisent le risque d'infection dans le cas de la maladie criblée également. À ce jour, aucune variété résistante n'a été identifiée et la sensibilité des différentes variétés n'est pas encore clairement établie. Les premiers résultats des essais variétaux indiquent des différences de sensibilité, mais ces observations ne concordent pas toujours avec celles faites dans les exploitations agricoles.



Figure 30: Maladie criblée sur les feuilles (en haut à gauche), les fruits (en haut à droite) et différents stades d'infestation sur les pousses et les bourgeons (au milieu et en bas). Des infections des pousses par la maladie criblée sur le bois de deux ans et plus étaient fréquentes dans tous les vergers sous observation.

Rouille

La rouille (*Tranzschelia discolor* f. sp. *dulcis*) apparaît au printemps et en été sous forme de taches vert-jaune sur les feuilles. À la fin de l'été, des pustules de couleur orange-brun se forment sur la face inférieure des feuilles (fig. 31) et peuvent entraîner une chute prématurée du feuillage en cas d'infestation importante. L'agent pathogène a un cycle de vie complexe, dans lequel *Anemone coronaria* sert d'hôte alternatif. Une reproduction asexuée est toutefois possible directement sur les amandiers. L'infection des feuilles peut se produire dans différentes conditions climatiques. Jusqu'à présent, la rouille n'a été observée que de manière localisée, mais avec des infestations parfois importantes.



Figure 31: Infestation par la rouille sur la face inférieure des feuilles d'amandier.

Cloque



Figure 32: Cloque du pêcher sur l'amande de Zurich (à gauche) vs sur le pêcher

La cloque du pêcher (*Taphrina deformans*) provoque des boursouflures rouge-vert-blanc sur les feuilles, mais touche principalement les amandiers-pêches telles que l'amande de Zurich, Robijn ou Ingrid. Les infections surviennent très tôt dans l'année, lors du débourrement. En théorie, une forte infestation peut entraîner un rabattement des pousses, ce qui pourrait poser un problème en particulier dans le cas des jeunes plantations. Toutefois, par rapport aux pêches, l'infestation reste faible selon les observations actuelles (fig. 32) et est sans impact économique significatif.

Valsa

Au début de l'été 2024, des pousses mortes (fig. 33) observées sur des amandiers des essais variétaux au Breitenhof ont été analysées pour identifier les agents pathogènes. Différents isolats ont été identifiés. Les mêmes symptômes ont également été observés à Wädenswil et dans une exploitation agricole. L'infection semble avoir été causée par des champignons du genre *Valsa* sp., également connus pour infecter les pruniers. Les symptômes observés rappelle fortement ceux de *Fusicoccum amygdali* (nouvelle dénomination *Diaporthe amygdali*), principale maladie de l'amandier en France (Fraisie et al., 2016). Jusqu'à présent, ces symptômes ne sont apparus que de manière isolée. Si le dépérissement des pousses venait à s'intensifier, une analyse plus approfondie serait nécessaire afin d'écarter *Fusicoccum* comme cause possible.



Figure 33: Flétrissure des pousses sur les amandes avec lésion sombre à la base des pousses, suivie d'un dessèchement des parties atteintes.

Pourriture des fruits

L'année 2024, exceptionnellement humide, a entraîné une recrudescence de la pourriture des fruits peu après la floraison, en été et au moment de la récolte (fig. 34). Les principaux agents responsables de la pourriture des fruits sont *Botrytis cinerea*, *Monilia* sp. et *Sclerotinia sclerotiorum*. Avec des étés plus secs, leur impact devrait diminuer à l'avenir. Les observations faites jusqu'à présent montrent que les variétés à peau tendre sont plus sensibles, la variété Nonpareil étant particulièrement touchée.

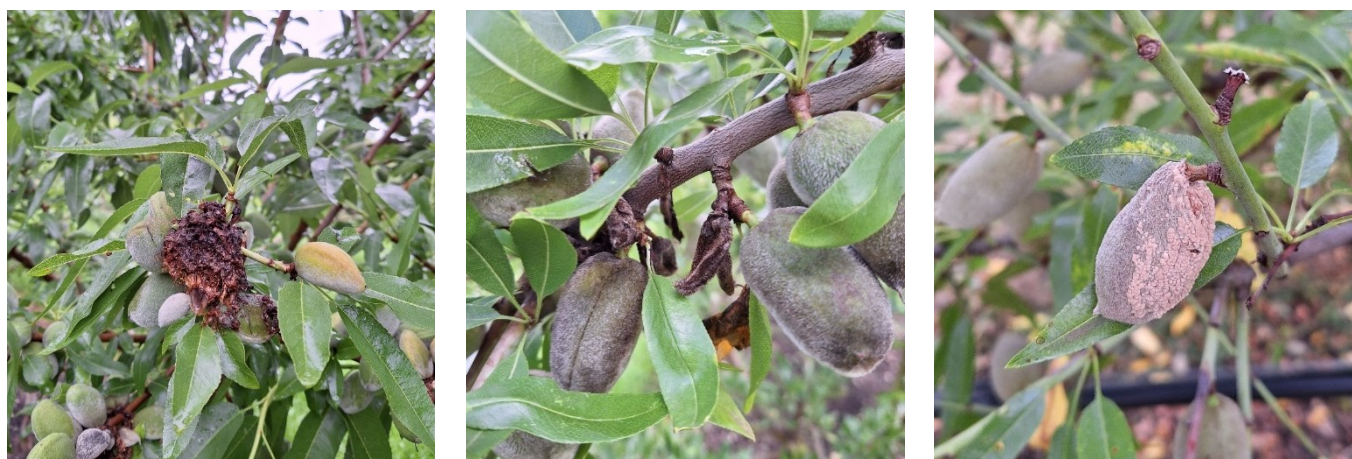


Figure 34: Pourriture des fruits après la floraison (à gauche), en été (à droite) et avant la récolte en automne (à droite)

Moisissures sur les amandes

Les infections fongiques des amandes sont un facteur limitant important pour la qualité de la récolte (fig. 35). Divers agents pathogènes peuvent en être responsables tels que *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* ou *Rhizopus*. Des conditions humides au printemps ainsi qu'avant et pendant la récolte favorisent l'infection (Teviotdale et al., 2002), tandis qu'un séchage inapproprié accentue l'apparition des symptômes. D'après nos observations, le fait de laisser les amandes trop longtemps sur l'arbre accroît le risque d'infection, c'est pourquoi une récolte précoce est recommandée par temps humide en automne. Les amandes dont l'enveloppe est complètement fermée semblent moins exposées aux attaques fongiques.

Les moisissures présentes sur les noix peuvent former des mycotoxines telles que les aflatoxines et les ochratoxines. *Aspergillus flavus* et *Aspergillus parasiticus* produisent des aflatoxines, l'aflatoxine B1 étant considérée comme cancérogène même en très faibles quantités. À ce jour, aucune infection typique par *Aspergillus flavus* n'a toutefois été observée lors des tests variétaux. Une analyse de mycotoxines effectuée sur un échantillon provenant d'une exploitation agricole (deux variétés, chacune avec échantillons de première catégorie et de rejet) a révélé la présence de onze mycotoxines différentes dans les rejets, principalement causées par *Fusarium* et *Alternaria* (fig. 36). Dans les amandes de 1^{re} catégorie, seules des traces de trois mycotoxines étaient encore présentes. Ces résultats soulignent l'importance d'un tri minutieux des amandes décortiquées. Les rejets ne doivent être transformés que s'ils ne présentent aucun signe visible d'infestation fongique, tel que mycélium ou taches noires. De plus, des analyses supplémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre les différences de contamination par les mycotoxines entre les amandes présentant des taches noires et celles présentant une croissance évidente de mycélium.

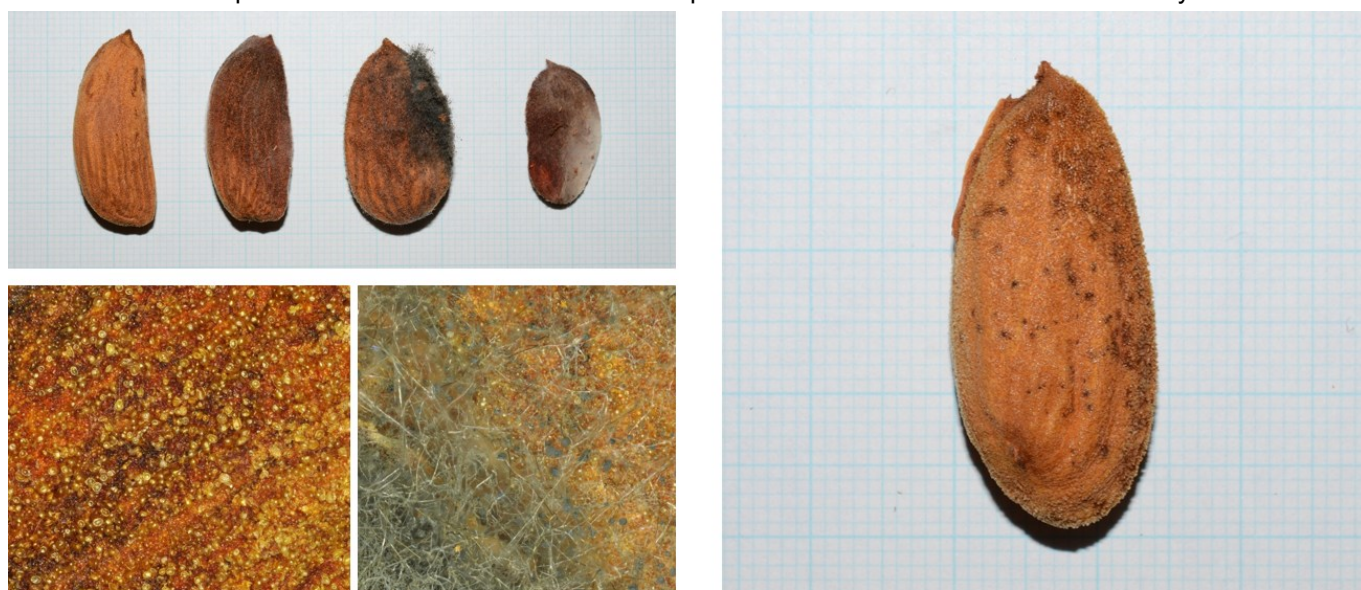


Figure 35: Différents degrés de moisissures sur des amandes. La croissance visible du mycélium n'est survenue généralement qu'en cas de séchage inadéquat, mais de petites taches noires étaient fréquentes selon la variété.

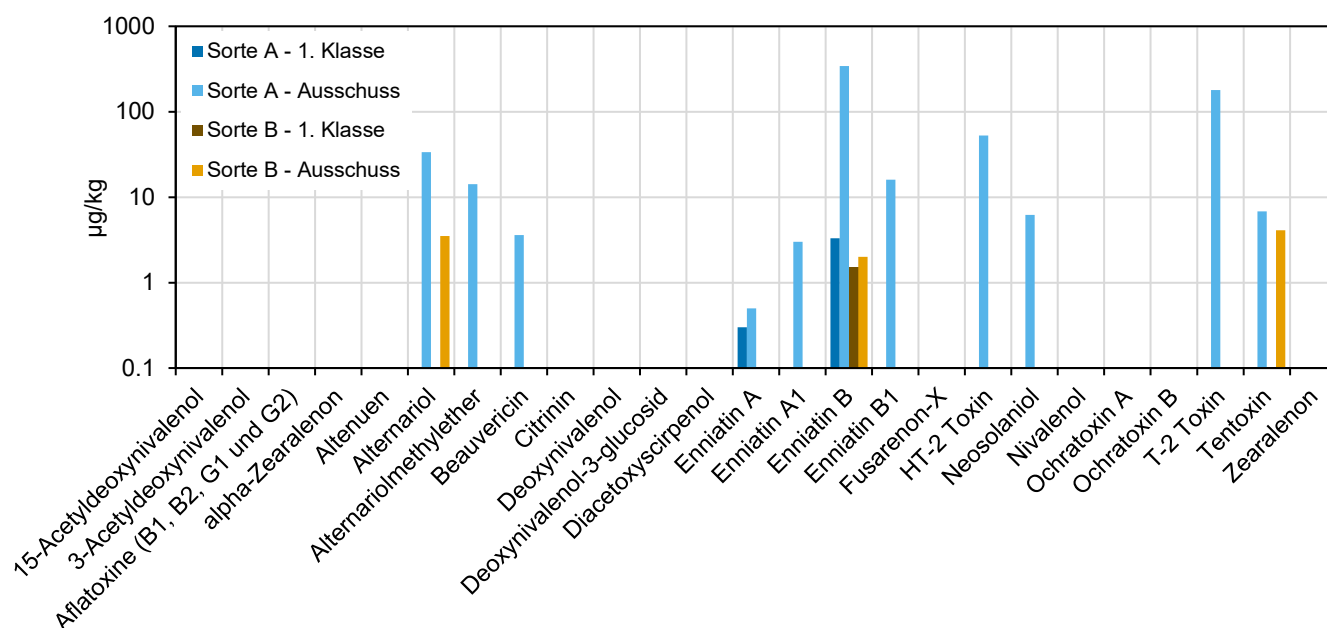


Figure 36: Résultats d'une analyse multi-mycotoxines sur deux variétés d'amandes, classées en première catégorie (sans altération visible) et en catégorie rejets (présence de mycélium, taches noires). Les mycotoxines détectées sont produites par des infections à *Fusarium* et *Alternaria*.

3.3.2 Ravageurs

Oiseaux

D'après les observations réalisées dans des exploitations agricoles et lors des essais variétaux, les oiseaux représentent actuellement les principaux ravageurs animaux dans la culture des amandes (fig. 37). Outre les espèces de grande taille telles que le geai, capable d'attaquer les fruits encore fermés, des mésanges charbonnières ont également été observées en train de picorer les coques dès l'ouverture de l'enveloppe verte. Des pertes supérieures à 90 % ont été enregistrées sur certains arbres. Ce phénomène semble toutefois moins problématique dans les plantations de grande envergure. Jusqu'à présent, ce sont surtout les variétés à coque tendre comme Nonpareil et Papiersky qui ont été les plus touchées. En l'absence de mesures réellement efficaces contre les oiseaux, la principale stratégie préventive reste le choix de variétés à coque dure.



Figure 37: Amandes à coque tendre attaquées par des oiseaux

Ravageurs rampants



Figure 38: Chenille de phalène brumeuse sur une feuille d'amandier

Deux espèces de chenilles polyphages ont été détectées sur des amandiers suisses. La tordeuse rouge des bourgeons (*Spilonota ocellana*) hiverne sous forme de chenille sur les arbres fruitiers et devient active avant la floraison, s'attaquant alors aux bourgeons et aux jeunes pousses. La phalène brumeuse (*Operophtera brumata*) hiverne sous forme d'œuf et éclot pendant la floraison. Après la floraison, elle peut causer des dégâts sur les jeunes fruits et les feuilles (fig. 38). Jusqu'à présent, ces deux espèces n'ont été observées qu'en faible nombre et n'ont pas causé de dégâts notables. La phalène de la cerise peut former des populations importantes, mais cela n'a pas encore été constaté sur les amandiers.

La tordeuse orientale du pêcher (*Grapholita molesta*, fig. 39) est un ravageur fréquent des amandes en Suisse alémanique et romande. Ce petit papillon hiverne sous forme de chenille sur le tronc ou dans les couches supérieures du sol. Les papillons qui éclosent après la floraison pondent des œufs dont les larves s'attaquent aux jeunes pousses et aux fruits en développement. Une deuxième, voire une troisième génération partielle, peuvent également endommager les amandes. Dans une exploitation agricole, on a constaté une infestation plus importante sur une variété à coque tendre (3,3 % d'amandes endommagées) que sur une variété à coque moyennement tendre (1,7 %). À ce jour, les chenilles ont principalement été retrouvées dans l'enveloppe verte du fruit.

Au cours des prochaines décennies, la tordeuse orientale du pêcher pourrait devenir le ravageur le plus critique pour la culture de l'amande, car le nombre de générations annuelles dépend beaucoup de la température. Dans les régions méridionales, jusqu'à cinq à six générations par an ont été observées, ce qui multiplie considérablement le potentiel de dégâts à chaque cycle supplémentaire. Bien qu'il existe des méthodes de lutte théoriquement envisageables, la stratégie la plus efficace actuellement reste le choix de variétés à coque dure.

La petite mineuse du pêcher (*Anarsia lineatella*) a également été détectée dans les pousses annuelles. Elle apparaît parfois aussi sur les abricots en Valais. Un suivi par pièges à phéromones dans plusieurs exploitations agricoles a montré que la tordeuse orientale du pêcher est fréquente, tandis que la petite mineuse du pêcher n'a été capturée que sporadiquement. En Europe méridionale, elle s'attaque également aux amandes, raison pour laquelle une intensification de sa présence ne peut être exclue à l'avenir.

En Californie, le principal ravageur de la culture des amandes est la mite de l'amandier (*Amyelois transitella*) (Zalom et al., 2017). Outre les amandes, elle s'attaque également aux pistaches et aux noix. Ses excréments constituent un milieu idéal pour les champignons *Aspergillus*, susceptibles de produire des aflatoxines. L'espèce n'a pas encore été détectée en Europe, mais une introduction future ne peut être totalement écartée. Là encore, le choix de variétés à coque dure et bien fermée constitue une mesure préventive essentielle, en limitant l'accès des chenilles à l'amande (Wilson et al., 2020).

Punaises

La punaise diabolique invasive (*Halyomorpha halys*, fig. 40) peut également s'attaquer aux amandes et provoquer des exsudations de gomme ainsi que des déformations des amandes dues à son activité de succion. Jusqu'à présent, aucun dégât important n'a été observé. Dans d'autres cultures, les punaises apparaissent souvent en foyers localisés et peuvent causer des dégâts considérables. Son principal antagoniste naturel, la guêpe samouraï (*Trissolcus japonicus*), est en cours de propagation en Suisse. À long terme, ce parasitoïde pourrait contribuer à limiter les populations de punaises diaboliques dans l'ensemble des vergers.



Figure 39: Les chenilles de la tordeuse orientale du pêcher (en haut à gauche) causent des dégâts aux pousses au début de l'été (en haut à droite), puis s'attaquent aux fruits verts (en bas à gauche) plus tard dans l'année et aux amandes des variétés à coque tendre (en bas à droite).



Figure 40: Punaise diabolique sur les amandiers au Breitenhof

Pucerons

Plusieurs espèces de pucerons peuvent infester les amandes (fig. 41). Le puceron noir du pêcher (*Brachycaudus persicae*) hiverne sur les racines et migre vers les bourgeons avant même la floraison. Il a été observé en grand nombre sur un site, mais a rapidement été décimé par des auxiliaires naturels. Le puceron vert du pêcher (*Myzus persicae*) peut provoquer d'importantes déformations foliaires après la floraison, mais jusqu'à présent il n'a été observé en grand nombre que sur des amandiers-pêches telles que l'amandier de Zurich. Une autre espèce généraliste, le puceron noir de la fève (*Aphis fabae*), a été observée ponctuellement sur les jeunes pousses, sans impact notable. Dans l'ensemble, les pucerons semblent poser moins de problèmes sur les amandiers que sur d'autres espèces fruitières.



Figure 41: Pucerons sur les amandes. Le puceron noir du pêcher (à gauche) attaque les bourgeons avant même la floraison, le puceron vert du pêcher peut provoquer de fortes déformations foliaires sur les amandiers-pêches (au centre) et le puceron noir de la fève apparaît sur les pousses au début de l'été (à droite), mais n'a pas d'impact significatif.

Ravageurs foliaires sporadiques

Différentes espèces de charançons polyphages, dont des espèces à ventre étroit ou à rostre vert (*Phyllobius* sp.) ainsi que le charançon du hêtre (*Orchestes fagi*), ont été détectées sur les amandes (fig. 42). Cependant, la défoliation observée est restée faible, sans incidence économique significative. De plus, la tenthrède du cerisier (*Caliroa cerasi*) a également été signalée, bien que son importance soit jugée négligeable à ce stade.



Figure 42: Charançon du hêtre avec dégâts causés par les morsures (à gauche) et morsures en fenêtre causées par la tenthrède du cerisier sur des amandes amères (à droite)

Mammifères

Dans les prairies extensives à herbes hautes, les souris peuvent causer des dégâts considérables aux arbres (fig. 43). Il est donc recommandé d'éviter ce type de milieu pour les plantations d'amandiers ou de protéger le sol contre les rongeurs. Les petits mammifères tels que les loirs peuvent consommer un nombre significatif de fruits sur des arbres isolés (communication orale de A. Zimmermann, LWG Bavière). Des dégâts ponctuels causés par des chevreuils sur des pousses d'amandiers ont été observés au Breitenhof.



Figure 43: Arbre rongé par des souris qui a dépéri (à gauche) et dégâts causés par des chevreuils qui ont brouté des pousses (à droite).

3.3.3 Cadre juridique

En juillet 2023, l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) a révisé les dénominations culturelles figurant dans les autorisations suisses des produits phytosanitaires utilisés en arboriculture fruitière. L'amande, qui n'était pas définie jusqu'à présent, est désormais intégrée dans la catégorie générique «noix en général». Cette adaptation s'aligne sur les dénominations culturelles utilisées dans les pays voisins. Concrètement, seuls les produits phytosanitaires (PPh) autorisés pour les «noix en général» ou spécifiquement pour les «amandes» peuvent être utilisés dans la culture de l'amandier. Une liste des PPh actuellement autorisés pour les noix en général est disponible sur www.psm.admin.ch

Actuellement (état mars 2025), aucun PPh n'est homologué pour la culture des «amandes» et aucun fongicide n'est autorisé pour les «noix en général», ni pour la culture biologique ni dans le contexte des directives PER. Dans l'essai variétal d'amandes mené au Centre pour les fruits à noyau de Breitenhof, les PPh continuent d'être utilisés dans le cadre de l'autorisation générale d'essai délivrée à Agroscope. Dès que les arbres auront atteint leur plein rendement sur plusieurs années, un projet pourrait être lancé afin de suivre le rendement de différentes variétés sans recours aux PPh pendant plusieurs années. Cette démarche permettra d'estimer les rendements réalistes pour différentes variétés sans produits phytosanitaires. Dans une étude portant sur 51 variétés d'abricots cultivées sans PPh en Valais, seules quatre d'entre elles se sont révélées rentables, sans toutefois tenir compte de l'influence à long terme sur la santé des arbres (Christen et al., 2021).

L'amandier est généralement une culture vulnérable. Même dans les principales zones de culture, caractérisées par un climat sec, l'emploi de fongicides est courant pour lutter contre diverses maladies telles que le fusicoccum, la moniliose, la tavelure, l'anthracnose, la rouille, l'alternaria ou le polystigma (Palacio-Bielsa et al., 2017). Compte tenu de l'augmentation prévue de la sécheresse estivale selon les modèles climatiques actuels, la disponibilité de fongicides homologués sera indispensable pour assurer une culture professionnelle et durable de l'amandier en Suisse. Toutefois, l'homologation de fongicides pour les amandes en Suisse n'est actuellement possible que si les entreprises phytosanitaires en font la demande ou si l'ordonnance sur les produits phytosanitaires est adaptée et reprend les substances actives homologuées par l'Union européenne.

Selon notre estimation, la culture commerciale des amandes sans fongicides apparaît aujourd'hui très difficile, voire impossible dans les conditions pédoclimatiques actuelles de la Suisse.

3.4 Conduite des cultures

Cette section donne un aperçu des expériences acquises en France dans la culture commerciale des amandes (Montagnon, 2023), complétées par des observations faites en Suisse et des informations tirées de la littérature spécialisée (Fraisie, 2016; Riquet, 2021; Arquero et al., 2013, Arquero & Jarvis-Shean, 2017; Espada Carbo & Connell, 2017).

Plantation & pollinisation

La qualité des jeunes arbres est un facteur clé pour assurer le succès d’une plantation. En France, il est recommandé de choisir des arbres vigoureux, de grande taille et dotés d’un système racinaire bien développé. Des plants faibles retardent le développement de l’arbre et réduisent le rendement ultérieur. Si possible, les jeunes arbres doivent être sélectionnés directement sur place, dans la pépinière.

La plantation doit être effectuée avec soin. Il convient de préparer un trou suffisamment large et de mélanger la terre d’origine avec du compost ou du terreau. Pour garantir une bonne reprise, il est recommandé de former un collet bien marqué et d’arroser chaque arbres avec environ 20 litres d’eau immédiatement après la plantation. Les racines doivent rester couvertes en permanence, en particulier par temps venteux ou ensoleillé. Le point de greffe doit se trouver à 10-12 cm au-dessus du sol.

Le système de culture utilisé dans les plantations commerciales est optimisé pour la récolte mécanique. En France, les amandiers sont généralement greffés sur des porte-greffes vigoureux (GF677) et taillés en gobelet (vase ouvert) (fig. 44). La distance entre les arbres est de 5 à 6 m et celle entre les rangs de 6 m. Une plantation décalée permet une meilleure répartition de la lumière lorsque les arbres arrivent à maturité.

Aux États-Unis, pour optimiser la pollinisation, il est recommandé d’adopter un schéma de plantation où chaque rangée de la variété principale est encadrée de deux rangées de variétés pollinisatrices: l’une avec une variété à floraison légèrement plus précoce et l’autre avec une variété à floraison légèrement plus tardive. Ce dispositif, où une rangée sur deux est constituée de la variété principale, maximise l’efficacité de la pollinisation.

En France, l’utilisation d’environ six ruches par hectare est recommandée pour assurer une bonne pollinisation.

En Suisse, rares sont les pépinières qui proposent des amandiers. Les quantités disponibles sont généralement destinées aux particuliers. Les expériences réalisées jusqu’à présent avec des plants importés de France ou d’Espagne sont mitigées, avec parfois un taux de dépérissement élevé. De plus, le choix des variétés est limité. Le tableau 7 présente une liste actualisée des pépinières suisses proposant des amandiers.



Figure 44: Culture en production dans le Sud de la France. Photo: J.-M. Montagnon

Tableau 7: Pépinières suisses proposant des amandiers dans leur assortiment (état en mars 2025, informations sans garantie)

Pépinière	Localité	Site Internet
Hauenstein AG	8197 Rafz	www.hauenstein-rafz.ch
Toni Suter Baumschule - Gartenbau AG	5413 Birmenstorf (AG)	www.tonisuter.ch
Glauser's Bio-Baumschule GmbH	3116 Noflen	www.bioglauser.ch
Peter Küttel Pflanzen Garten	6403 Küssnacht am Rigi	www.bioterra.ch/gartenprofis/peter-kuettel-pflanzen-garten

Taille

Dans les cultures commerciales, la taille vise principalement, pendant les premières années, à développer une structure en calice ouverte (gobelet) (fig. 45). Lors de la taille de plantation, les arbres sont raccourcis à une hauteur de 100 à 110 cm. Les branches latérales situées à une hauteur de 75 à 100 cm ou de 85 à 110 cm sont taillées à 2-3 cm afin de stimuler une repousse vigoureuse, favorable à la formation des branches charpentières. Toutes les pousses latérales situées à une hauteur de 0 à 75 ou 85 cm sont éliminées. Les rejets, même ceux émis par le porte-greffe, doivent être régulièrement éliminés au cours de la première année afin de concentrer la vigueur sur les branches principales.

La première taille en vert a lieu au cours de la première année. Dès que les pousses ont atteint environ 40 cm de longueur, cinq à six pousses sont sélectionnées pour former la charpente de l'arbre. En même temps, l'intérieur de la couronne est éclairci pour permettre une bonne pénétration de la lumière. Dans les zones exposées au vent, les extrémités des pousses verticales sont coupées. La première taille d'été stimule le développement des branches principales tout en favorisant l'apparition de pousses latérales fructifères. Au cours du premier hiver, la structure de l'arbre est affinée en réduisant généralement le nombre de branches charpentières à trois ou quatre pousses principales. Il est important de sélectionner des branches disposant d'un angle d'insertion d'environ 45 degrés, car cela favorise la formation de branches principales solides et résistantes. La distance verticale entre les branches principales doit être d'au moins quelques centimètres afin d'éviter les cassures au niveau du tronc. En vue aérienne, trois branches principales espacées de 120 degrés ou quatre branches principales espacées de 90 degrés répartissent le poids de manière équilibrée autour du tronc. Chez les variétés à port très érigé, les extrémités des branches principales ne sont généralement pas raccourcies afin de permettre leur flexion naturelle vers l'extérieur sous l'effet de leur propre poids. Aux États-Unis, où la variété Nonpareil est la plus répandue, il est courant de tailler à une hauteur d'environ 100 à 120 cm afin d'obtenir une meilleure répartition des branches secondaires. Les branches principales des variétés ayant tendance à se dénuder doivent généralement être coupées plus court afin de favoriser la ramification latérale.

Au cours de la deuxième année, la croissance de l'arbre se poursuit principalement vers le haut et vers l'extérieur. Si nécessaire, les pousses centrales sont éliminées en été afin de maintenir la couronne aérée et saine. En hiver, la taille dépend alors du comportement de croissance de la variété: on commence par éliminer à nouveau les pousses et les rameaux superposés avant de réduire les rameaux secondaires à deux ou trois par rameau principal, à environ 30 cm d'intervalle. Pour les variétés à port très érigé comme Ferragne, il est préférable de conserver les pousses ramifiées, tandis que pour les variétés à port retombant comme Aï, on privilégiera les pousses érigées afin de former une couronne stable. Dès la troisième ou quatrième année, la forme définitive de l'arbre est généralement atteinte. À ce stade, seule une taille d'entretien minimale suffit. Elle vise à conserver la forme de l'arbre, à éliminer le bois malade et à assurer une bonne pénétration de la lumière à l'intérieur de la couronne, condition essentielle pour la formation de nouveaux fruits. À long terme, une taille de rajeunissement modérée permet de préserver la couronne en bonne santé et d'assurer une fructification régulière.

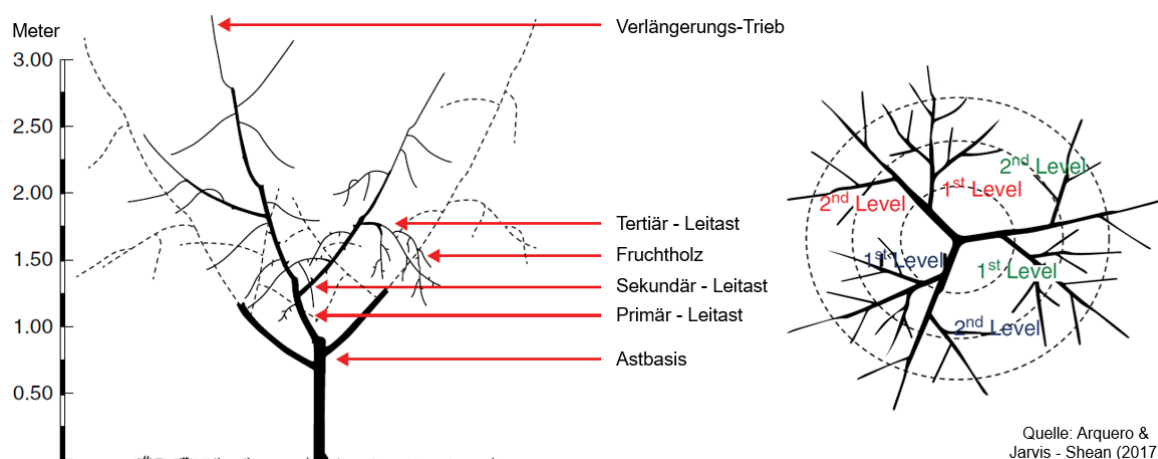


Figure 45: Structure de base d'un amandier conduit en gobelet. Source: Arquero & Jarvis-Shean (2017)

Fumure

La fertilisation a pour but de couvrir les besoins nutritifs de la plante lorsque ceux-ci ne sont pas satisfaits par le sol en quantités suffisantes et au moment opportun. Les sols présentent une grande variabilité en termes de propriétés physico-chimiques et de fertilité. De leur côté, les besoins nutritifs varient en fonction de l'âge de l'arbre et de ses phases de croissance et de production.

En principe, la fertilisation est ajustée en fonction des rendements. Les valeurs indicatives françaises vont de 30-20-40 kg N-P-K pour un rendement de 1000 kg/ha (pour les amandes en coque) à 90-50-100 kg N-P-K pour un rendement de 4000 kg/ha. Ces quantités sont très élevées par rapport aux recommandations de fertilisation pour d'autres cultures fruitières en Suisse (Kuster et al., 2017). Étant donné la nature plutôt lourde de nos sols et les rendements souvent plus faibles, il est probable que des apports moindres soient suffisants. On manque encore d'expérience dans la fertilisation adéquate des vergers d'amandiers en Suisse.

Récolte et transformation

Traditionnellement, dans les régions sèches, on faisait tomber les amandes dans des filets en frappant les arbres avec des bâtons, avant de les ramasser. Chez nous, la plupart des variétés ne laissent pas tomber naturellement leurs fruits, ce qui nécessite de secouer vigoureusement les arbres. Bien qu'une récolte manuelle soit envisageable pour quelques arbres dans le cadre d'une vente directe, elle représente une charge de travail considérable.

Dans les grandes exploitations, la récolte mécanique est indispensable. En Californie, les amandes sont secouées sur un sol sec, rassemblées au centre des rangées, puis ramassées à la machine. En France, on utilise des secoueurs à parapluie: la machine secoue le tronc tandis qu'un parapluie recueille les amandes qui tombent. La récolte commence dès que 80 % environ des fruits ont ouvert leur enveloppe verte. En Suisse également, les deux plus grandes exploitations utilisent ce type d'équipement (fig. 46). Les longues périodes de maturation en Suisse rendent toutefois le choix du moment optimal pour la récolte plus délicat. Plusieurs passages (au moins deux à trois) sont nécessaires pour éviter que les fruits déjà ouverts restent trop longtemps sur l'arbre.



Figure 46: Récolte avec un secoueur à parapluie à Areuse NE

Après la récolte, les amandes doivent être séparées de leur enveloppe verte. En France, cette opération est effectuée par des machines spécialisées équipées de rouleaux à vis rotatifs. Certains secoueurs disposent de systèmes intégrés pour l'élimination des enveloppes. En cas de traitement manuel, la charge de travail varie considérablement selon la variété. Pour une bonne conservation, les amandes séchées doivent présenter une teneur en humidité maximale de 6 %. Les essais variétaux n'ont pas permis de déterminer clairement quel était le système de séchage le mieux adapté aux amandes suisses. Des observations menées depuis de nombreuses années au Breitenhof sur des noix suggèrent que le séchage naturel limite les défauts de qualité liés à la moisissure. En revanche, dans le même dispositif, les amandes séchées présentaient tout de même des signes de contamination fongique. D'autres recherches sont nécessaires.

Une fois séchées, les amandes sont décortiquées. Comme il n'existe pas en Suisse de machines spécialisées dans cette opération, un essai a été réalisé en 2023 avec une machine initialement conçue pour casser les noix (nussknacken.ch). 400 amandes de chaque variété (Aï, Ferragnes) ont été décortiquées et la proportion d'amandes entières, endommagées et cassées a été enregistrée. La proportion d'amandes cassées était plus élevée lors du décortiquage mécanique (8,8 à 16,2 %) que lors du décortiquage manuel (1,7 à 2,5 %). Il reste à déterminer si ce taux de perte est acceptable en pratique. L'Aï s'est avérée plus difficile à casser que la Ferragnes, car sa coque plus tendre a entraîné des cassures irrégulières. Selon le propriétaire de l'installation, les amandes à coque dure se décortiquent mieux mécaniquement, car leur comportement au décortiquage est proche de celui des noix. Les deux variétés à coque moyennement dure Isabelona et Marcona pourraient éventuellement convenir, puisqu'elles se cassent facilement en deux à la main et libèrent aisément l'amande.

3.5 Perspectives commerciales & rentabilité

Les amandes sont commercialisées et consommées sous de multiples formes (Verdú et al., 2017). En Suisse, la consommation par habitant est restée relativement constante ces dernières années, mais a enregistré un léger recul de 4,3 % entre 2014/15 et 2020/21 (Benzi Schmid, 2023). Les importations d'amandes n'étant pas contingentées, le marché est directement exposé aux fluctuations des prix mondiaux. Dans ce contexte, il est difficile pour la production suisse de rivaliser sur le plan des coûts. Bien que des acheteurs aient exprimé un intérêt de principe, la production à grande échelle fait encore défaut, ce qui explique l'absence de structures commerciales établies dans ce secteur. Actuellement, la vente directe s'impose donc comme le principal canal de commercialisation. Les prix restent encore largement flexibles, faute de prix indicatifs établis.

La question majeure est dès lors de savoir comment les amandes suisses peuvent se démarquer de l'offre internationale. Dans la phase initiale, l'effet de nouveauté devrait jouer un rôle moteur dans la stimulation de la demande. Pendant le projet, la culture des amandes a suscité un fort écho médiatique, avec de nombreuses sollicitations pour des interviews. Cet engouement offre aux producteurs la possibilité de se positionner au niveau régional comme pionniers dans la filière en Suisse. À long terme, il sera toutefois difficile de fonder une stratégie commerciale uniquement sur la «Swissness». L'exemple d'autres types de noix montre que les produits suisses, bien que nettement plus chers, n'atteignent pas toujours la qualité des produits importés. Face à ce constat, les pionniers misent donc sur des produits de niche spécialisés, comme les noix rouges. Adopter une approche similaire pour les amandes pourrait constituer une voie prometteuse pour occuper une position durable sur le marché.

Caractéristique unique des amandes suisses

Dans le cadre d'une excursion au Breitenhof, une dégustation a été organisée afin d'évaluer subjectivement neuf variétés d'amandes en fonction de leur aspect, de leur goût et de leur consistance (notamment le croquant). De plus, des amandes Nonpareil suisses ont été comparées à un échantillon importé des États-Unis (source: Lidl) (fig. 47).

Les produits vendus en supermarché ont obtenu une note nettement supérieure en termes d'aspect, car ils présentaient une forme régulière et un noyau plein. Les amandes Nonpareil suisses avaient en revanche tendance à être plus rabougries probablement en raison d'un arrosage moins optimisé qu'aux États-Unis par rapport à la Suisse. Aucune différence significative n'a toutefois été constatée en termes de goût et de consistance. S'agissant des neuf autres variétés évaluées, c'est également l'aspect qui a généré les écarts les plus marqués. Le goût et la consistance ont suscité des avis très variables entre les participants, mais les moyennes sont restées relativement homogènes. Les différences notables dans la forme des amandes suggèrent que l'aspect visuel pourrait constituer un argument clé de vente (Unique Selling Proposition USP) pour les amandes suisses (fig. 48).

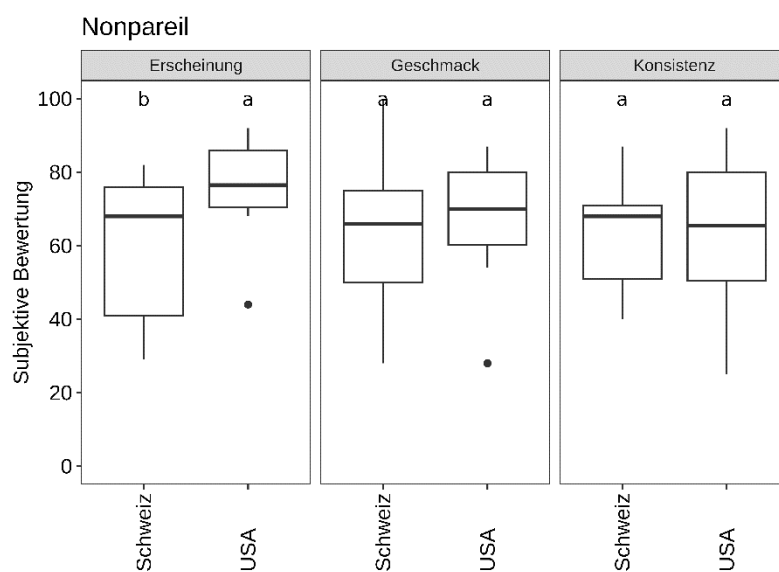


Figure 47: Différences dans l'évaluation subjective des amandes Nonpareil provenant de Suisse et des États-Unis en termes d'aspect, de goût et de consistance (n = 14). Les lettres différentes indiquent des différences significatives ($p > 0,05$).

En Espagne, seules quelques variétés sont commercialisées sous leur nom, notamment Desmayo Laguerta, pour les snacks et les amandes grillées, et Marcona, principalement pour le nougat (Arquero et al., 2013; Gradziel et al., 2017). La Marcona se distingue non seulement par sa grande qualité, mais aussi par sa forme particulière. Une alternative prometteuse est l'Isabelona, une nouvelle variété qui, en raison de son autofertilité, est considérée comme

un substitut potentiel à la Marcona. Elle combine également une grande qualité gustative et une forme caractéristique, ce qui la rend intéressante pour une commercialisation différenciée.



Figure 48: Comparaison entre différentes variétés d'amandes. Les amandes Isabelona et Marcona, originaires d'Espagne, sont reconnues par leur noyau aplati et leur forme ovale. Elles sont considérées comme les variétés les plus haut de gamme du pays. La variété Nonpareil est la variété standard aux États-Unis et se retrouve fréquemment dans les rayons de nos supermarchés. La Ferragnes est la variété la plus répandue en France.

Rentabilité de la culture des amandes

La rentabilité de la culture des amandes en Suisse a été jugée positive par Reutimann et al. (2020), à condition d'atteindre un rendement de 40 kg d'amandes en coque par arbre à partir de la quatrième année. Dans la pratique, les rendements sont toutefois nettement inférieurs: sur des surfaces exploitées de manière extensive, les rendements à partir de la quatrième année se situaient généralement entre 0 et 2 kg par arbre. Dans ces conditions, une rentabilité économique n'est envisageable que si les intrants sous forme d'engrais et de produits phytosanitaires sont considérablement augmentés afin de stimuler la production. En raison des grandes incertitudes, il a été décidé de ne pas détailler davantage les calculs de rentabilité à ce stade.

La culture des amandes en Suisse est confrontée à des défis économiques, notamment en raison des faibles rendements observés dans les plantations extensives et de la concurrence des prix du marché mondial. Si une production extensive ne paraît pas rentable actuellement, la vente directe offre aux exploitations agricoles la possibilité de se positionner avec un produit de niche. Les arbres fruitiers haute tige sont encouragés en Suisse par des paiements directs, ce qui pourrait contribuer à l'établissement de cette culture. Il est important de souligner que les amandes relèvent de la réglementation applicable aux fruits à noyau. Cette classification diffère de celle en matière de protection phytosanitaire, où elles sont considérées comme des fruits à coque dure. À long terme, le succès de la culture des amandes en Suisse dépendra de la capacité des producteurs à atteindre des volumes suffisants tout en justifiant une valeur ajoutée par rapport aux produits importés. Les premiers indices suggèrent qu'au-delà de l'origine régionale, des caractéristiques spécifiques, comme la forme particulière des amandes ou le choix de variétés haut de gamme telles que Marcona ou Isabelona, pourraient constituer un facteur de différenciation.

3.6 Prestations environnementales

Les amandiers jouent un rôle écologique précieux: leur floraison très précoce dans l'année en fait une source de nourriture essentielle pour de nombreux insectes pollinisateurs comme les abeilles mellifères, les bourdons, diverses espèces d'abeilles sauvages (p. ex. les abeilles maçonnes) ou encore les syrphes (fig. 49). Un mémoire de master (Torche, 2021) a permis d'étudier l'influence des communautés de pollinisateurs sur la culture des amandes en Suisse. Dans l'une des plantations étudiées, des abeilles maçonnes (*Osmia cornuta*) ont été régulièrement observées sur les fleurs, même par mauvais temps, ce qui confirme que cette espèce est active même à des températures relativement basses. Cependant, dès que le temps est devenu plus ensoleillé et plus chaud, les abeilles mellifères redeviennent majoritaires. La présence des abeilles sauvages et des abeilles mellifères sur les fleurs a été observée dans toutes les zones étudiées, mais avec une intensité variable.

Le mémoire a permis de confirmer que les abeilles maçonnes et les bourdons notamment sont de véritables «spécialistes du mauvais temps», car ils pollinisaient souvent les fleurs d'amandiers même par ciel couvert et par vent modéré, alors que les abeilles mellifères sont moins actives dans ces conditions. Les amandiers constituent donc une source alimentaire importante au printemps, à une période où les autres sources de nourriture sont souvent encore défaut, comblant ainsi une lacune cruciale pour les pollinisateurs. Il a également été démontré que l'offre accrue de nectar et de pollen peut stimuler l'activité d'autres insectes, qui ne se limitent pas uniquement aux fleurs d'amandiers, mais visitent ensuite également les plantes sauvages et cultivées alentour.

Le travail de master montre également que les cultures d'amandiers, en particulier lorsqu'elles sont entourées d'éléments semi-naturels tels que des prairies avec une grande biodiversité, des haies ou des lisières de forêt, améliorent la mise en réseau écologique du paysage. Cela favorise la présence d'une grande variété d'abeilles sauvages, qui ont souvent besoin de bois mort ou de zones de sol nu pour construire leurs nids. Le fait que plus un site comporte de zones arborées ou de surfaces fleuries, plus la diversité de pollinisateurs y est grande suggère que les amandiers, associés à des structures paysagères variées, peuvent renforcer la stabilité des écosystèmes locaux. Là où les gelées tardives ont détruit une grande partie des fleurs et où la récolte a été réduite, les insectes ont pu bénéficier des premières floraisons d'amandiers, ce qui a renforcé leurs populations.

Dans l'ensemble, ces observations concrètes sur le terrain montrent clairement que les amandiers ne doivent pas être considérés uniquement comme des plantes cultivées, mais qu'ils peuvent également jouer un rôle clé en assurant l'alimentation et la survie de diverses communautés de pollinisateurs grâce à leur floraison précoce.



Figure 49: Syrphes sur une fleur de la variété d'amandier Marcona

3.7 Intégration dans le paysage

Vitiforesterie

L'intégration des amandiers dans les vignobles - une approche qui fait l'objet de discussions dans le contexte de ce que l'on appelle la vitiforesterie - offre aux viticultrices et aux viticulteurs de nombreuses opportunités, tout en soulevant certains défis. Dans le cadre d'un travail de master (Basile, 2022), des motifs d'intégration des amandiers dans les vignes ont été identifiés. Des sources historiques indiquent que dans certaines régions viticoles d'Europe centrale, les amandes étaient déjà associées à la vigne. Aujourd'hui, leur réintroduction dans le paysage viticole suscite un intérêt renouvelé, notamment en raison des potentiels écologiques, esthétiques et économiques.

L'une des raisons principales évoquées pour planter des amandiers dans les vignes est la promotion de la biodiversité. Grâce à leur floraison précoce et abondante, les amandiers représentent une source de nourriture précieuse pour les pollinisateurs. En parallèle, leur présence renforce la diversité structurale des vignobles grâce à leur système racinaire et à leur croissance. L'esthétique du paysage joue également un rôle important pour de nombreux viticulteurs et viticultrices. Au début du printemps, à une période où peu d'autres plantes sont en fleurs, les teintes roses et blanches des amandiers confèrent aux vignobles un charme particulier.

Malgré ces avantages, des obstacles juridiques et économiques subsistent: dans certaines régions, des obligations légales limitent la culture d'arbres dans les vignobles, surtout si ces surfaces doivent rester autorisées pour la production de raisins. Des autorisations spéciales ou des solutions alternatives, comme la plantation d'arbres isolés en bordure de parcelle, peuvent donc être nécessaires. En outre, la récolte manuelle des amandes sur des terrains escarpés ou sur des arbres isolés représente une charge de travail considérable pendant les vendanges.

À ce jour, il reste à déterminer si la culture d'amandes dans les vignobles peut réellement contribuer à la diversification des revenus. L'idée d'une valeur ajoutée par la vente directe ou l'approvisionnement de la restauration locale est évoquée, mais n'a pas été confirmée.

Tourisme

Le Palatinat rhénan, en Allemagne, est réputé pour la spectaculaire floraison de ses amandiers, qui a une longue tradition (Eisenbarth, 2020). Les premières tentatives de mise en valeur de l'espace public par des amandiers remontent à la période précédant la Première Guerre mondiale, l'effet esthétique de la floraison rose étant au premier plan (fig. 50).

L'un des exemples les plus emblématiques est l'allée des amandiers, qui s'étend de Neustadt à Königsbach en passant par Gimmeldingen. Au fil du temps, des milliers d'amandiers y ont été plantés, dont la «Perle de la route des vins», un hybride amandier-pêcher aux fleurs d'un rose particulièrement intense.

La période de floraison des amandiers est aujourd'hui pleinement valorisée sur le plan touristique dans le Palatinat rhénan. Chaque année, elle attire de nombreux visiteurs, notamment à l'occasion de la Fête des amandiers en fleurs, un événement très populaire qui marque le début de la floraison et met en lumière la culture de l'amande dans la région. Le long du sentier didactique de l'amande, les personnes intéressées peuvent en apprendre davantage sur l'histoire et l'importance de la culture de l'amande dans la région. Pendant les «semaines roses», la région fait l'objet d'une promotion touristique intensive. Des sentiers de randonnée, dont le Pfälzer Mandelpfad (chemin des amandiers dans le Palatinat rhénan), conduisent les promeneurs le long des vignobles et des amandiers en fleurs.



Figure 50: Amandiers en fleurs le long d'un vignoble dans le Palatinat (D). Les amandiers à fleurs roses sont particulièrement attrayants, mais leurs fruits ne sont pas comestibles. Photo: P. Eisenbarth

4 Conclusion

La présente étude met en lumière le potentiel certain de la culture des amandiers en Suisse, tout en soulignant les nombreux défis à relever. Pour la première fois, des données fiables ont pu être recueillies grâce à des observations sur le terrain, mais de nombreuses questions restent en suspens. Ce chapitre propose une synthèse des principaux résultats exposés précédemment, replacés dans un contexte général, et en tire des recommandations d'action. Les points spécifiques pertinents pour le développement futur de la culture d'amandiers y sont également intégrés.

4.1 Synthèse des résultats

- **Essais variétaux:** Les essais variétaux menés au Centre pour les fruits à noyau de Breitenhof ainsi qu'à Wädenswil confirment une forte variabilité des caractéristiques parmi les différentes variétés d'amandiers. Alors que certaines variétés se distinguent par une floraison abondante ou tardive, d'autres présentent une qualité d'amande médiocre ou une tendance prononcée à se dégarnir. Si le rendement est un facteur décisif dans le choix des variétés, il n'est pas encore significatif à ce stade. Les résultats obtenus jusqu'à présent peuvent toutefois fournir des pistes utiles pour orienter la prise de décision lors du choix des variétés.
- **Facteurs liés au site et à l'environnement:** L'influence des conditions climatiques locales, en particulier des gelées tardives, est très nette. Il est préférable de cultiver les amandes dans des régions où le risque de gelées tardives est faible. Les parcelles gorgées d'eau ne conviennent pas. Des précipitations annuelles élevées réduisent les besoins en irrigation, mais augmentent le risque de maladies fongiques. À ce jour, les données disponibles restent insuffisantes pour délimiter de manière fiable les zones suisses les plus propices à une culture rentable de l'amandier et celles où les risques sont trop élevés à long terme.
- **Maladies & ravageurs:** Les amandes sont relativement sensibles à divers agents pathogènes. Les maladies fongiques telles que la moniliose sont les problèmes les plus courants. L'infection des amandes par des champignons représente un facteur potentiellement limitant pour la production. Actuellement, aucun fongicide n'est autorisé dans la culture des amandes, ce qui peut entraîner des problèmes considérables en termes de rendement et de qualité lors des années humides. Par ailleurs, la pression exercée par les ravageurs tels que les oiseaux ou la tordeuse orientale du pêcher plaide en faveur du choix de variétés à coque dure.
- **Conduite des cultures:** La conduite des arbres est optimisée pour un rendement compatible avec la récolte mécanique par secoueurs. Le haut degré de mécanisation de la culture nécessite des investissements financiers ainsi que des regroupements régionaux pour le partage des équipements (p. ex. machines à casser les amandes). En outre, la quantité récoltée dépend largement des intrants utilisés (engrais, produits phytosanitaires et eau).
- **Perspectives commerciales & rentabilité:** Une concurrence directe avec les prix du marché mondial n'est pas réaliste pour une production suisse. Une stratégie positionnée sur un segment haut de gamme pourrait éventuellement compenser les coûts de production plus élevés en Suisse. Néanmoins, la rentabilité à long terme reste incertaine tant que les risques liés aux gelées et aux maladies persistent.
- **Prestations environnementales & intégration dans le paysage:** Les amandes peuvent enrichir la biodiversité locale, notamment en fournissant une source alimentaire précoce pour les pollinisateurs. Les amandiers en fleurs offrent un fort attrait esthétique, et pourraient, à l'instar des cerisiers en fleurs, jouer un rôle dans la dynamisation du tourisme local.

4.2 Système de culture des amandiers adapté aux conditions suisses

Les résultats montrent que seule une utilisation ciblée des produits phytosanitaires, une fertilisation appropriée, une irrigation maîtrisée et un entretien adapté permettent d'obtenir des rendements élevés et réguliers. L'absence de l'un de ces facteurs, par exemple le renoncement aux fongicides lors d'une année humide ou une irrigation insuffisante en période sèche, peut entraîner des pertes de rendement et de qualité importantes. Alors que la mécanisation est très avancée dans les principales régions productrices d'amandes à l'étranger, elle n'en est encore qu'à ses débuts en Suisse, où la culture se concentre principalement sur de petites exploitations. D'où la question de la viabilité économique d'une production intensive d'amandes dans le pays.

La culture commerciale est liée à de nombreux défis. L'expérience à long terme fait défaut, notamment quant à l'adéquation des sites et à la performance de nombreuses variétés, encore peu testées. Les gelées tardives peuvent causer des dégâts considérables, en particulier sur les variétés à floraison précoce. Une floraison plus tardive pourrait certes limiter ce risque, mais même les variétés les plus tardives fleurissent encore avant les cerisiers. Par ailleurs, les années fraîches et humides favorisent la moniliose et autres maladies fongiques, qui peuvent provoquer des pertes significatives en l'absence de traitements fongicides adaptés. Enfin, les coûts de production élevés sont en concurrence avec des produits importés à bas prix, ce qui limite encore la rentabilité.

Compte tenu de ces incertitudes, Agroscope recommande pour l'instant la prudence quant au développement commercial de la culture de l'amandier, en particulier tant qu'aucun fongicide homologué et aucune stratégie spécifique au site ne sont disponibles.

Dans ce contexte, un système de culture adapté doit tirer parti de la multifonctionnalité de l'amandier. Des discussions avec différents acteurs ont permis d'identifier plusieurs pistes qui ne dépendent pas de rendements élevés et qui, combinées, pourraient générer des synergies supplémentaires:

- **La floraison des amandiers comme atout touristique:** à l'image du Palatinat en Allemagne, la mise en valeur ciblée de la floraison printanière des amandiers pourrait dynamiser l'économie locale à travers le tourisme. L'amande de Zurich, dont la floraison a été la plus abondante au Breitenhof et qui se distingue particulièrement par ses fleurs rose pâle, serait une variété potentiellement intéressante à cet égard.
- **Commercialisation floristique:** La vente de branches fleuries à destination des fleuristes et des magasins spécialisés pourrait constituer une source de revenus précoce. Les variétés Ingrid et Robijn, avec leurs fleurs d'un rose intense, seraient particulièrement intéressantes à cet égard.
- **Miel d'amandier:** En tant qu'espèce à floraison précoce, l'amandier représente un potentiel intéressant pour la production de miel haut de gamme. On ignore toutefois quelle superficie serait nécessaire pour obtenir des quantités économiquement intéressantes. Une combinaison avec des plantations à vocation touristique pourrait créer des synergies.
- **Produits haut de gamme:** La commercialisation de variétés de première qualité avec un label d'origine («amandes suisses») pourrait justifier des prix plus élevés. Les variétés Marcona et Isabelona, appréciées pour leur forme particulière et leur qualité gustative, sont des candidates intéressantes. Toutefois, des défis subsistent, notamment en ce qui concerne la protection phytosanitaire et la mécanisation de la récolte.
- **Agrotourisme et commercialisation directe:** Les amandes bénéficient d'un fort potentiel médiatique, dont les exploitations pourraient tirer profit pour se positionner au niveau régional et fidéliser leur clientèle. Les magasins à la ferme, les ateliers ou les offres de formation ouvrent des possibilités pour diversifier les sources de revenus.

4.3 Perspective et recommandations d'action

- **Activités d'Agroscope:** Les essais variétaux au Centre pour les fruits à noyau de Breitenhof se poursuivront, mais à une échelle réduite, afin de générer des données fiables sur le rendement, la résistance au gel et la sensibilité aux maladies.
- **Réseau Amandes:** Lors de la séance de clôture du projet, plusieurs exploitations ont décidé de poursuivre le réseau de manière autonome. Un échange à long terme entre partenaires permettra de mieux évaluer l'adéquation des sites à la culture de l'amandier.
- **Protection phytosanitaire:** En raison des risques élevés liés aux maladies fongiques telles que la moniliose – susceptibles d'entraîner une perte totale de la récolte lors d'années fraîches et humides – il est nécessaire d'autoriser des produits phytosanitaires efficaces si l'on souhaite obtenir un rendement viable dans la culture des amandes. À cet effet, la filière fruitière doit se mobiliser et s'organiser si nécessaire.
- **Développement de concepts axés sur la valeur ajoutée:** Dans les conditions actuelles, une production axée uniquement sur le rendement semble difficile. Les exploitations qui misent sur des concepts d'utilisation multifonctionnels peuvent en revanche espérer une meilleure valeur ajoutée. Les atouts régionaux uniques (p. ex. association entre la floraison des amandiers, la viticulture et le tourisme) sont prometteurs à cet égard.
- **Prudence par rapport aux cultures commerciales:** Sur la base des connaissances actuelles, Agroscope recommande la prudence quant au développement de la culture d'amandiers à vocation commerciale. Les nouvelles plantations ne devraient être mises en place que progressivement.

4.4 Conclusion

La culture des amandes en Suisse n'en est encore qu'à ses débuts. Sa réussite dépend étroitement de la sélection de variétés adaptées, du choix de sites favorables, d'une conduite culturale rigoureuse – incluant une protection phytosanitaire efficace – ainsi que de stratégies de commercialisation viables. Les expériences faites jusqu'à présent, tant dans la recherche que dans la pratique, montrent clairement les limites de cette culture: les risques liés au gel, aux maladies fongiques et à l'absence de fongicides sont considérables et, sans investissements techniques importants, une production rentable ne semble envisageable que de manière restreinte.

Un système de culture adapté à la pratique nécessite une réorientation vers un modèle plus polyvalent. Seule la création d'une forte valeur ajoutée par le biais d'offres touristiques, de la vente directe et de produits haut de gamme pourrait créer une niche et permettre aux amandes suisses de s'établir à long terme. La concrétisation de ce potentiel suppose une coordination cohérente du développement de la filière ainsi qu'un soutien ciblé à l'innovation et à la gestion des risques. Ce n'est qu'à ces conditions que la culture de l'amandier pourra se développer durablement en Suisse et y trouver sa place.

Remerciements

Nous remercions chaleureusement les personnes suivantes pour leur soutien au projet:

Marius Brupbacher (Stammheim)
Quentin Ducommun (Areuse)
Stefan Germann (Törbel)
Susanne & Hanspeter Wepfer (Rudolfingen)
Stephan Kim (Wettingen)
Mario Moser (Hauenstein, Rafz)
Martin & Judith Frei (Grüt)
Stephan Gysi (Grüt)
Julien Bugnon (Cottens)
Pierre Olivier Pfirter (Saint-Prex)
Maxime Ormond (Vullierens)
Pierre & Arnaud Gillard (Préverenges)
Daniel Schilliger (Weggis)
Iris & Stephan Bachmann-Rieder (Mur, Vully)
Till Rieder (Mur, Vully)
Albert von Felten (Zeihen)
Reto Brunner (Maienfeld)
Roger Feher (Bellinzona)
Christoph König (Münchenbuchsee)
Philipp Gut (BZ Wallierhof)
Julia Lietha (ZHAW Wädenswil)
Jürg Boos (ZHAW Wädenswil)
Claire Legrand (Union fruitière lémanique)
Jonathan Schuler (Union fruitière lémanique)
Philipp Eisenbarth (Bad Dürkheim)
Jean-Michel Montagnon (Chambre d'agriculture des Bouches du Rhône)
Susanne Schwizer (Agroscope)
Peter Freiermuth (Agroscope)
Léa Torche (Agroscope)
Lara Basile (Agroscope)
Anita Schöneberg (Agroscope)
Tanja Müller (Agroscope)
Leslie McCluckie (Agroscope)
Jonas Inderbitzin (Agroscope)
Matthias Hofer (Fondation Sur La Croix)
Willy Kessler (Fondation Sur La Croix)

Nous remercions également toutes les autres personnes impliquées et intéressées par les amandes!

Le projet a été réalisé avec le soutien financier de la Fondation Sur-la-Croix.

Bibliographie

- Arquero, O. & Jarvis-Shean, K. (2017): Orchard management. In Socias i Company, R. & Gradziel, T. (Eds.): *Almonds: Botany, production and uses*. Boston, MA: CABI. (240-253)
- Arquero, O. et al. (2013): Manual del Almendro. Sevilla: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural (80 p.)
- Basile, L. (2022): Mandelbäume im Weinbau – Eine qualitative Studie zur Identifizierung von Motiven zur Integration von Mandelbäumen in den Weinbau. Masterarbeit (unveröffentlicht). Göttingen: Georg-August-Universität (84 p.)
- Benzi Schmid, C. (2023): Nahrungsmittelbilanz für die Schweiz: Überblick zum angenäherten Verzehr und zu dessen Entwicklung in den vergangenen acht Jahren. Schweizer Ernährungsbulletin. doi: 10.24444/blv-2023-0111
- CH2018 (2018), CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report, National Centre for Climate Services, Zurich, 271 pp.
- Christen, D., Lebleu, F., Stefani, P., Del Cueto, J., Solioz, B., Maret, M. & Charles, R. (2021): Peu de variétés d'abricots sont résilientes aux stress biotiques. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture* 53 (2), 68-77
- Dicenta, F., Sánchez-Pérez, R., Batile, I. & Martínez-Gómez, P. (2017): Late-blooming Cultivar Development. In Socias i Company, R. & Gradziel, T. (Eds.): *Almonds: Botany, production and uses*. Boston, MA: CABI. (168-187)
- Eisenbarth, P. (2020): Einheimische Mandeln – Kulturgeschichte des Mandelbaums und Mandelanbau in Deutschland. Hamburg: Pomologen-Verein e.V. (132 p.)
- Espada Carbó, J.L. & Connell, J.H. (2017): Almond Harvesting. In Socias i Company, R. & Gradziel, T. (Eds.): *Almonds: Botany, production and uses*. Boston, MA: CABI. (406-427)
- Fraisse, F., Montagnon, J.-M., Alcover, A., Bameule, M., Boyer, I., Duval, H., Lheureux, F., Millan, M. & Rovier, J.-P. (2016): Referentiel technique pour la culture de l'amandier en Provence-Alpes-Côte d'Azur. Aix-en-Provence: Chambre d'Agriculture PACA.
- Gordon, P., Duncan, R., Milliron, L., Lampinen, B. & Gradziel, T. (2020): Field Evalutation of Almond Varieties. *West Coast Nut* (9), 4-15.
- Heinz, M., Galetti, V. & Holzkämper, A. (2024): How to find alternative crops for climate-resilient regional food production. *Agricultural Systems* 213, 103793.
- Lampinen, B., Gordon, P., Duncan, R. & Milliron, L. (2020): Field Evaluation of Almond Varieties. Davis, CA: University of California.
- Montagnon, J.M. (2023): *Principes de formation des jeunes amandiers*. In Mandelseminar 2023. Wallierhof: Riedholz
- Neuwald, D.A. & Büchele, F. (2022): Obstproduktion im Zeichen des Klimawandels: Was tun gegen Frost? *Schweizer Zeitschrift für Obst und Weinbau* 158(9), 20-21.
- Palacio-Bielsa, A., Cambra, M., Martínez, C., Olmos, A., Pallás, V., López, M.M., Adaskaveg, J.E., Förster, H., Cambra, M.A., Duval, H. & Esmenjaud, D. (2017): Almond Diseases. In Socias i Company, R. & Gradziel, T. (Eds.): *Almonds: Botany, production and uses*. Boston, MA: CABI. (321-374)
- Reutimann, A., Kay, S., Schwizer, T., Herzog, F. & Naef, A. (2020): Les amandiers peuvent-ils être une alternative valable aux cerisiers haute tige? *Agroscope Transfer*, 349, 1-16.
- Riquet, J. (2021): L'amandier en agriculture conventionnelle et verger adapté à la récolte mécanique du type vibreur à corolle. Fiche de Référence. Castanet Tolosan Cedex: Chambres d'Agriculture Occitanie (9 p.)
- Sideli, G., De Jong, T., & Saa, S. (2020): Almond Varieties and Selections – Evaluation of National and International Varieties or Selections Under Development. Modesto, CA: Almond Board of California.
- Socias i Company, R. (2017): Pollen–Style (In)compatibility: Development of Autogamous Cultivars In Socias i Company, R. & Gradziel, T. (Eds.): *Almonds: Botany, production and uses*. Boston, MA: CABI. (168-187)
- Socias i Company, R., Ansón, J.M. & Espiau, M.T. (2017): Taxonomy, Botany and Physiology. In Socias i Company, R. & Gradziel, T. (Eds.): *Almonds: Botany, production and uses*. Boston, MA: CABI. (1-42)
- Teviotdale, B.L., Michailides, T.J. & Pscheidt, J.W. (2002): Compendium of Nut Crop Diseases in Temperate Zones. St. Paul, Minnesota: The American Phytopathological Society (89 p.)
- Tombesi, S., Lampinen, B.D., Metcalf, S. & DeJong, T.M. (2017): Yield in almond is related more to the abundance of flowers than the relative number of flowers that set fruit. *California Agriculture* 71(2), 68-74.
- Torche, L. (2021). Almond production in Switzerland: Impact of climate conditions and pollinator communities. Master thesis (unpublished). Zurich: Swiss Federal Institute of Technology (90 p.)
- Verdú, A., Izquierdo, S. & Socias i Company, R. (2017): Processing and Industrialization. In Socias i Company, R. & Gradziel, T. (Eds.): *Almonds: Botany, production and uses*. Boston, MA: CABI. (460-482)
- Wilson, H., Burks, C.S., Reger, J.E. & Wenger, J.A. (2020): Biology and Management of Navel Orangeworm (Lepidoptera: Pyralidae) in California. *Journal of Integrated Pest Management* 11(1): 25, 1-15.
- Zalom, F.G., Núñez, E. & Baldwin, R.A. (2017): Almond Pests. In Socias i Company, R. & Gradziel, T. (Eds.): *Almonds: Botany, production and uses*. Boston, MA: CABI. (375-405)