

PROJET ELZEARD

Rendre possible la production
d'amandes bio en France



Phase 1 :
Diagnostic des besoins en recherche

PROJET ELZEARD – PHASE 1 : DIAGNOSTIC DES BESOINS EN RECHERCHE POUR RENDRE POSSIBLE LA PRODUCTION D'AMANDES BIO EN FRANCE

RESUME

La culture de l'amandier est actuellement dans une phase de relance avec une demande forte des transformateurs pour un produit local et de qualité. Dans ce cadre, la faisabilité de l'amandiculture biologique, aujourd'hui assez peu développée en France en raison d'un certain nombre de verrous sanitaires, fait partie des enjeux annoncés par la filière. La guêpe *Eurytoma amygdali* et les champignons pathogènes tels que *Fusicoccum amygdali* et *Monilia laxa* imposent en effet à eux seuls 6 à 8 IFT (Indicateur de Fréquence de Traitements phytosanitaires) annuels en agriculture conventionnelle.

A l'initiative de la Communauté de communes Vallée des Baux-Alpilles - dans le cadre de sa compétence de développement économique durable - le projet Elzéard a pour objectif de contribuer au plan de relance de la filière amande sur son territoire en apportant des solutions concrètes qui pourront *in fine* bénéficier à l'ensemble des acteurs de la filière pour le développement de l'amandiculture biologique dans le grand sud de la France. Un diagnostic des besoins en recherche a été réalisé en amont de la définition de ce projet et fait l'objet de ce rapport. Ce diagnostic est basé d'une part sur une enquête auprès d'amandiculteurs de la région Sud et d'autre part sur un inventaire des recherches en cours auprès des structures compétentes, qui ont conjointement permis d'identifier les axes de recherche et d'expérimentation prioritaires pour la construction du projet Elzéard.

REMERCIEMENTS

Ce diagnostic a été réalisé avec l'aide de nombreux interlocuteurs :

Margaux ALLIX (Centre d'Initiative pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu Rural Bio 66), Marie-Josephe AMIOT-CARLIN (INRA), Cindie ARLAUD (Ligue pour la Protection des Oiseaux), Matthieu BAMEULE (Communauté de communes Vallée des Baux-Alpilles), Laurent BELORGEY (Interprofession France Amande), Franck BONFILS (Entreprise Un Air d'Ici), Nicolas BOROWIEC (INRA), Gilles CHRISTY (Ctifl), Elisabeth D'OIRON (Observatoire Français des Sols Vivants), Henri DUVAL (INRA), Fatima EL HADAD-GAUTHIER (Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier), Florence FRAISSE (Chambre Régionale d'Agriculture PACA), Chloé GASPARI (Groupe de Recherche en Agriculture Biologique), Yves GUILLAUMIN (Interprofession France Amande), Didier JAMMES (Bio de PACA), Denis LAIRON (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale), Claire LAMINE (INRA), Manon LEFEVRE (Le troupeau d'Elzéard), Jean-Michel MONTAGNON (Chambre Départementale d'Agriculture 13), Muriel MILLAN (Ctifl), Cécilia MULTEAU (INRA), Sophie-Joy ONDET (Groupe de Recherche en Agriculture Biologique), Jean-Paul PELLISSIER (Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier), Sabine PICARD (Chambre Régionale d'Agriculture PACA), Claire RUBAT DU MERAC (Bio de PACA), Jean-Michel THEVIER (Chambre Régionale d'Agriculture Occitanie), François WARLOP (Groupe de Recherche en Agriculture Biologique) et tous les amandiculteurs interrogés dans le cadre de l'enquête (Bénédicte, Denis, Rémy, Caroline, Ariane, David, Daniel, Frédéric, Pierre La., Pierre Li., Pierre M., Bernard, Laurent, Adeline et Barthélémy).

Merci à tous !

SOMMAIRE

1- ELEMENTS DE CONTEXTE.....	4
2- OBJECTIFS DU PROJET ELZEARD ET DU PRESENT DIAGNOSTIC.....	5
3- ENQUETE AUPRES DES AMANDICULTEURS : LES BESOINS EXPRIMES.....	6
4- TRADUCTION DES BESOINS EN ENJEUX A INVESTIGUER.....	9
5- ETAT DES CONNAISSANCES ET PISTES DE RECHERCHE SUR LES ENJEUX IDENTIFIES.....	10
5.1 Régulation des bioagresseurs.....	10
5.2 Ressources génétiques.....	14
5.3 Services écosystémiques.....	18
5.4 Fertilité des sols.....	21
5.5 Aménités d'une amande bio et locale.....	23
6- PISTES D' ACTIONS A DEVELOPPER DANS LE CADRE DU PROJET ELZEARD.....	27
BIBLIOGRAPHIE.....	30

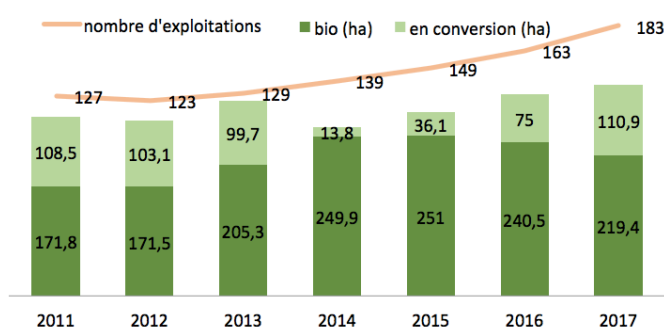
1- ELEMENTS DE CONTEXTE

Dans le sud de la France, et plus particulièrement dans les régions Provence, Occitanie et sud Rhône-Alpes, les plantations d'amandiers se développent, portées par un terroir favorable, une demande forte et une filière qui se mobilise pour la valorisation de la production locale. Cette forte demande a été évaluée plus précisément dans une étude récente du Ctifl où l'on peut lire : « Ces professionnels (calissonniers, nougatiers, confiseurs, pâtisseries...) sont demandeurs d'amandes françaises et se disent prêts à en payer le prix. » (G. Christy, 2017).

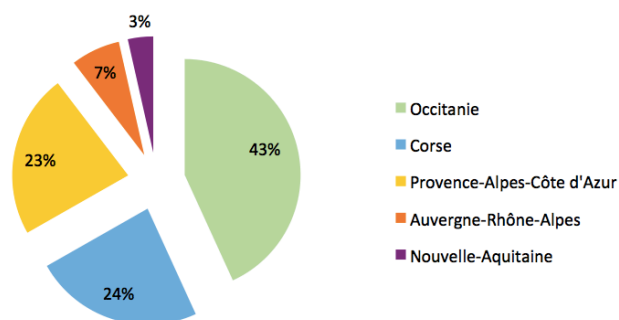
Parmi ces professionnels, de nombreuses entreprises de l'agroalimentaire mais aussi de la cosmétique sollicitent les agriculteurs pour se fournir en amandes issues de la production en Agriculture Biologique (AB). Cette demande trouve un écho auprès de nombreux agriculteurs également désireux de s'engager dans cette voie avec la garantie d'une production rentable et durable.

La culture de l'amandier en AB est en effet pour l'instant assez peu développée en France. Les statistiques de l'Agence Bio indiquent 142 ha en Occitanie, 78 ha en Corse, 75 ha en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, 23 ha en Auvergne-Rhône-Alpes et 12 ha en Nouvelle-Aquitaine, soit 330 ha sur les 1135 ha d'amandiers cultivés en France aujourd'hui. Le nombre d'exploitations et les surfaces associées augmentent néanmoins constamment depuis 2011 (cf. graphes ci-dessous), ce qui témoigne de l'intérêt pour la ré-implantation de cette culture en AB malgré le manque de références et de travaux de recherche dédiés et les faibles rendements obtenus (0,3 T d'amandons/ha en bio contre 0,9 T/ha en moyenne pour l'ensemble de la production à l'échelle nationale en 2014).

Evolution du nombre d'exploitations et des surfaces d'amandiers bio en France



Répartition des surfaces d'amandiers bio en France par région en 2017



Source : Données Agence Bio. Elaboration ORAB PACA

En termes de débouchés, l'amande bio est principalement consommée en amandes de bouche et en produits transformés sous forme de lait d'amande, de purée de fruits secs, de pâte à tartiner, de pâte d'amandes... Le marché de l'amande bio en France représente plus de 2000 tonnes pour les principales entreprises agroalimentaires bio du secteur (Un air d'ici, Accent Bio, La Mandorle, Senfas, Sofalip et Jean Hervé), alors que la production française est estimée à moins de 100 tonnes d'amandons. Le marché bio est donc assuré principalement par l'importation en provenance d'Espagne (60 %) et d'Italie. Certains acteurs prévoient une maturation du marché de l'amande d'ici 15 ans et le marché français de l'amande bio devrait suivre l'essor du marché conventionnel. Les nouvelles recommandations de Santé publique France de janvier 2019 incluent en effet la consommation d'une petite poignée quotidienne de fruits à coque (notamment d'amandes). Seuls 15% des français en mangent actuellement (et seulement 1% des amandes qu'ils consomment sont produites en France). Cette recommandation, couplée aux résultats de l'étude BioNutriNet menée par l'INRA qui a permis de mettre en corrélation le niveau de bio dans l'alimentation avec différents indicateurs de durabilité, plaide pour le développement du marché bio de l'amande dans lequel la France pourrait davantage s'inscrire, se démarquant ainsi de la production conventionnelle intensive de la Californie, leader absolu du marché de l'amande avec près de 80% de la récolte mondiale.

2- OBJECTIFS DU PROJET ELZÉARD ET DU PRESENT DIAGNOSTIC

L'objectif du projet Elzéard est de contribuer à la **construction d'une filière amande rentable et durable dans le grand sud de la France** avec comme levier principal celui de **l'agriculture biologique, véritable moteur de transition agroécologique**, et comme préoccupation centrale l'humain - c'est-à-dire les producteurs - en leur offrant la possibilité de vivre leur passion en harmonie avec leur verger. Cet objectif est au cœur des ambitions du territoire de la Vallée des Baux-Alpilles, la Communauté de communes de ce territoire s'étant engagée pour un développement économique respectueux de son environnement, correspondant à son tissu socio-économique rural et ancré dans une culture traditionnelle liée tant à son géoterritoire, son climat, qu'à sa culture populaire.

Le présent diagnostic, réalisé en lien avec la Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône (CA 13) et le Groupe de Recherche en Agriculture Biologique (GRAB), a pour objectif d'identifier les besoins en recherche pour le développement de l'amandiculture biologique dans le grand sud de la France, en amont de la définition précise des axes de travail du projet Elzéard et de sa soumission aux membres de la fondation Bjorg, Bonnetterre et Citoyens (BBC), partenaire de la Communauté de communes Vallée des Baux-Alpilles (CCVBA).

Pour ce faire, il nous a semblé légitime d'aller interroger les principaux concernés par cette démarche, à savoir les producteurs. Une quinzaine d'amandiculteurs représentatifs de la région Sud ont été interrogés sur les points de blocage à la conversion de leurs amandiers en AB pour les huit d'entre eux conduisant leurs vergers en conventionnel (ou raisonné) et sur les difficultés rencontrées pour les sept autres conduisant leurs vergers en AB. Ces échanges ont donné lieu à la rédaction d'un article, à partir duquel nous avons ensuite pu explorer les différentes pistes de recherche répondant aux besoins identifiés, par type d'enjeu.

L'inventaire des attentes et sources d'espoirs exprimées par les producteurs, par la filière en général et des actions en cours ou projets à l'étude ont permis de proposer des pistes d'actions à développer dans le cadre du projet Elzéard.

3- ENQUETE AUPRES DES AMANDICULTEURS : LES BESOINS EXPRIMES



Quel avenir pour l'amandiculture biologique ?
Le point de vue des producteurs...



Eurytoma et Les maladies fongiques, principales menaces pour l'amandiculture biologique

Tous s'accordent à le dire, les principales difficultés pour la culture de l'amandier en bio sont liées à la maîtrise d'Eurytoma, la guêpe de l'amandier, et dans une moindre mesure des maladies fongiques. Ceux qui cultivent l'amandier depuis plusieurs années le savent bien, **les pertes causées par Eurytoma peuvent être catastrophiques, même avec le spinosad qui, par ailleurs (et c'est un gros souci), affecte également les abeilles.** Ceux qui viennent de planter en ont également conscience et misent sur la recherche pour trouver des solutions.

Les pistes

L'implantation des amandiers en haute-densité, protégés par des filets anti-insectes, pourrait être une solution. Elle induit néanmoins d'autres contraintes en termes de conduite culturale et mérite d'être plus amplement testée avant d'être véritablement recommandée aux producteurs. Aux yeux de ces derniers, la piste des **phéromones** pour lutter contre Eurytoma reste donc la plus prometteuse puisque cette stratégie a déjà fait ses preuves sur d'autres cultures. Tous sont prêts à tester des produits sur leurs parcelles. Barthélémy, amandiculteur et maraîcher en agroforesterie à Berre l'Etang, a par exemple déjà participé à des essais **argile** sur ses parcelles. **"Les résultats sont encourageants mais il faut plus d'essais pour optimiser les doses et tester d'autres produits naturels"**.



Barthélémy

Le bio par conviction et Les pratiques associées

En bio par conviction, Barthélémy expérimente d'autres produits dans ses parcelles comme le purin d'orties contre les attaques de pucerons qui se sont cette année plutôt bien régulées grâce à la présence d'auxiliaires (comme les coccinelles). Il est également intéressé par **les mélanges de plantes qui pourraient être semées en inter-rang et qui associeraient des légumineuses pour l'azote, des fleurs pour les auxiliaires et des plantes phytoextractrices de cuivre pour limiter son accumulation dans le sol.** A Saint-Martin-de-Crau, Bernard, en bio également par conviction, a par exemple choisi de semer des pois chiches en inter-rang tandis qu'à Rognes, près d'Aix-en-Provence, Frédéric et Rémy (associés pour la production d'une amande bio, locale et éthique) ont semé du sorgho (effet de décompaction et de désinfection des sols) et réfléchissent à **d'autres associations possibles en agroforesterie, comme par exemple des PPAM (Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales).**



Frédéric et Rémy

Leur objectif est de contribuer au travers de différents projets (de reforestation, de culture de cacaoyers, noisetiers et amandiers en agroforesterie) au réenrichissement des sols en faisant la démonstration d'une agriculture vertueuse. Les choix de Frédéric et Rémy ont été dictés

par cette volonté incompressible du bio-local-éthique. *"Cela implique des choix à la fois techniques et économiques. Par exemple, nous avons choisi d'acheter des carrés de feutrine made in France pour la gestion de l'enherbement au pied de nos jeunes amandiers. L'option bâche tissée aurait pu être une solution si elle n'avait pas été en plastique."* déclarent-ils. Ils prévoient également l'installation de haies brise-vent et composites dans leurs parcelles, ainsi que de nichoirs pour favoriser la présence des auxiliaires. La présence de moutons sur l'exploitation pourrait également permettre **d'améliorer la gestion de la fertilisation et de l'enherbement**. Une autre piste pourrait être celle de la mycorhization (association symbiotique entre des champignons et les racines des plantes) pour booster les échanges sols-amandiers.

Les points de blocage à la conversion

Parmi les nouveaux amandiculteurs, certains préfèrent, en attendant "de vraies solutions rassurantes et compatibles avec leur temps de travail", conduire leurs vergers en conventionnel. **"On a beaucoup investi et on veut être sûr que nos amandiers se développent bien et soient suffisamment vigoureux pour être productifs au plus tôt"** confient par exemple Caroline sur le plateau de Valensole, Laurent et Pierre, arboriculteurs de père en fils à Volonne et Caderousse, respectivement.



"Mes parcelles sont loin de chez moi alors je ne suis pas en capacité de les suivre avec autant de vigilance" explique Caroline qui a installé dans ses vergers une station

météo connectée à son téléphone. Cet outil est en effet très utile dans son cas ou en prévention des risques de gel selon les zones de production. **Le développement d'autres outils numériques et l'établissement de recommandations claires pourraient également faciliter la conduite des vergers et favoriser le développement de l'amandiculture biologique.**

Caroline se déclare d'ailleurs tout à fait prête à une conversion en bio dans le futur. *"Ma soeur a converti ses vergers d'oliviers en bio et elle s'en sort très bien, y compris pour la valorisation. Pour l'amandier, je ne suis pas sûre que tout soit aussi simple. Le marché bio est prometteur mais j'ai besoin de garanties en termes de rendement et de valorisation in fine."*

David, apiculteur et amandiculteur à Manosque depuis 18 ans, témoigne : *"Je conduis mes vergers en agriculture raisonnée et je souhaiterais plus que tout pouvoir les conduire en bio. Quand on monte sur l'atomiseur, on n'a pas envie vous savez... Je viens d'avoir un petit garçon et je n'ai pas envie de polluer tout autour de moi. Mais je ne suis pas prêt à prendre le risque de perdre une année de production à cause d'Eurytoma."*

Une filière qui doit se structurer

David cherche par ailleurs à mobiliser autour de lui d'autres producteurs pour **réfléchir ensemble à des solutions en termes de mutualisation de matériel et de gestion des volumes d'amandes à casser**. *"Il y a un vrai problème de casserie ici. La casserie auprès de laquelle je fais casser mes amandes n'est à l'origine pas adaptée aux amandes et elle sera bientôt saturée en volumes. Avec les parcelles que je viens de planter, mes volumes de production vont augmenter et je ne sais pas où je vais pouvoir casser mes amandes. Il faudrait que la filière soit plus structurée, avec des casseries locales, pourquoi pas une casserie bio ici ?"* Beaucoup de surfaces d'amandiers ont en effet été plantées ces dernières années dans la région et les volumes de production seront bientôt tels que les producteurs devront se tourner, en l'absence de solutions locales, vers des casseries espagnoles, ce qui par principe

paraît totalement inenvisageable pour Frédéric et Rémy qui plaident par ailleurs pour une traçabilité irréprochable. A Mouriès, Bénédicte, oléicultrice et amandicultrice depuis 35 ans, compte beaucoup sur le **projet d'une nouvelle casserie privée à Eygalières**. Ce projet est **accompagné par la Communauté de communes Vallée des Baux-Alpilles en lien avec le GIEE Amade** (Groupement d'Intérêt Economique et Environnemental pour le développement de la filière amande dans la zone Alpilles-Crau) dont elle est la présidente et qui permet par ailleurs de créer du lien entre les producteurs du territoire Vallée des Baux-Alpilles avec un triple intérêt : environnemental, économique/touristique et pédagogique.

Un marché bio et local prometteur

En ce qui concerne la commercialisation des amandes, **tous pensent que le marché bio est très prometteur et la plupart souhaite vendre leur production en circuit court**. Certains, comme Adeline à Vénasque qui vend pour l'instant l'ensemble de sa production à la nougaterie de ses cousins, misent sur une future AOP (Appellation d'Origine Protégée) ou IGP (Indication Géographique Protégée) qui leur permettrait de mieux valoriser leurs amandes de Provence et ont pour cette raison choisi de ne planter que des variétés endémiques.



La majorité des nouvelles plantations associent les variétés Lauranne et Ferragnès sur le porte-greffe GF677. Certains, comme Pierre à Cruis, ont néanmoins choisi d'expérimenter d'autres variétés, y compris espagnoles, et se disent très intéressés par les retours d'expérience des comportements

des différentes variétés disponibles, notamment anciennes, pour l'implantation future de nouvelles parcelles. Les résultats d'une telle étude pourrait notamment permettre de disposer à l'implantation d'un véritable OAD (Outil d'Aide à la Décision) pour le choix de variétés adaptées à une conduite en bio : résistantes aux principales maladies et ravageurs, adaptées au contexte pédo-climatique des parcelles considérées et aux utilisations visées *in fine* (amandes fraîches versus transformées). **A ce jour, les attentes des transformateurs sont peu prises en compte par les producteurs à l'implantation car la demande est largement supérieure à l'offre mais cela pourrait changer avec le plan de relance de la filière amande**. Pour ne plus être dépendant du marché tendu de l'amande de Provence pour la fabrication de ses calissons, Pierre, confiseur à Saint-Rémy-de-Provence depuis 5 générations, a ainsi décidé il y a 3 ans de planter ses propres vergers d'amandiers, qu'il espère un jour pouvoir conduire en bio pour une plus forte valeur ajoutée.



Alors quel avenir pour l'amandiculture biologique ?

En somme, les producteurs sont tous plein d'espoir pour cette culture qui selon eux, pourrait peut-être devenir le **prototype de l'arboriculture biologique**. Parce qu'elle nécessite, en moyenne, beaucoup moins de traitements que la plupart des autres arbres fruitiers, explique Adeline qui a décidé il y a quelques années d'arracher ses parcelles de cerisiers et de planter à leur place des amandiers.

Reste à trouver les ressources nécessaires pour soutenir la recherche notamment dans la maîtrise d'Eurytoma...

4- TRADUCTION DES BESOINS EN JEUX A INVESTIGUER

Les besoins exprimés par les producteurs correspondent à des enjeux principalement agronomiques. Au-delà de ces enjeux purement agronomiques, nous avons souhaité élargir ce diagnostic aux enjeux environnementaux, nutritionnels et socio-territoriaux propres à la culture de l'amandier en AB. Les pistes de réflexion autour de ces enjeux représentent en effet autant de leviers pour la transition agroécologique de cette production emblématique de Provence.

Le tableau ci-dessous récapitule les différents types d'enjeux identifiés sur la base desquels nous avons cherché à investiguer l'état des connaissances et les actions ou projets en cours :

Dimension de l'enjeu	Note de priorité	Verrous et objectifs	Thématiques associées
Agronomique	5/5	Verrous techniques liés : - à la guêpe de l'amande pour laquelle il n'y a à ce jour pas de solution efficace en bio - aux maladies fongiques qui peuvent également être problématiques en bio	Régulation des bioagresseurs Ressources génétiques
Environnemental	4/5	Objectif de réduction de l'impact environnemental par la construction d'un système de culture optimisé (en termes de services écosystémiques et de fertilité des sols)	Services écosystémiques Fertilité des sols
Nutritionnel	3/5	Composition nutritionnelle et profils gustatifs	Aménités d'une amande bio et locale
Territorial	2/5	Valorisation amande bio et locale	
Social	1/5		

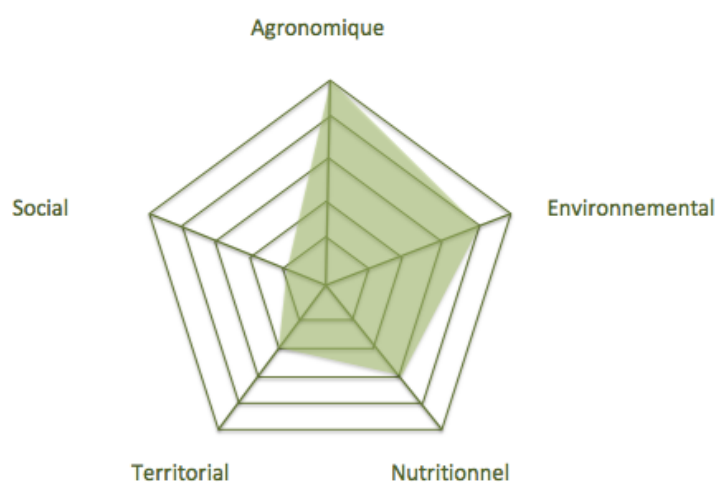


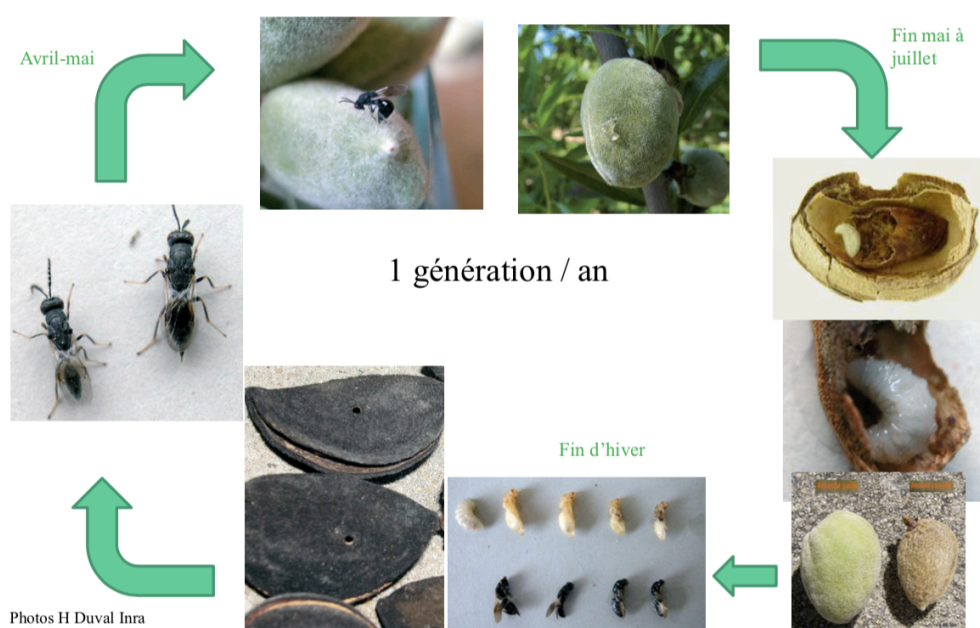
Diagramme représentatif des enjeux pondérés à investiguer pour le développement d'une amande bio et locale

5- ETAT DES CONNAISSANCES ET PISTES DE RECHERCHE SUR LES ENJEUX IDENTIFIES

5.1 Régulation des bioagresseurs

5.1.1 *Eurytoma amygdali* Enderlein

Eurytoma amygdali Enderlein est le principal ravageur de l'amandier, connu au Proche-Orient et en Europe orientale. Son apparition en France a été observée en 1981 par Arambourg et al. (1983) dans les départements des Bouches du Rhône et du Var. Comme aucune stratégie de lutte n'a été mise en place à l'époque au moment de sa détection, il s'est ensuite propagé en Provence et est maintenant présent dans la région Languedoc Roussillon et en Rhône-Alpes.



Plusieurs auteurs ont décrit la biologie du ravageur (Plaut, 1971, 1972; Talhouk, 1977). La femelle adulte de la guêpe pond (entre 60 et 120 oeufs) dans les jeunes amandes au printemps, avant que la coque ne soit dure. Après éclosion, la larve se nourrit de l'amandon et se maintient dans le fruit desséché qui reste accroché à l'arbre. Au printemps suivant, l'adulte émerge par un trou qu'il fore à travers la coque (Duval, 2006). Les dégâts peuvent affecter 80 % de la production du verger, en absence de traitement.

En vergers conduits en agriculture conventionnelle, la protection chimique permet de neutraliser les jeunes adultes au printemps avant que les femelles ne pondent. Les interventions insecticides sont positionnées dès le début des émergences (généralement en avril) et renouvelées pour couvrir les sorties échelonnées sur environ 1 mois. 2, voire 3 interventions espacées de 10 à 15 jours sont ainsi réalisées. Pour repérer le début des émergences en verger, des pièges cages permettent de positionner avec précision la première intervention.

En AB, la seule protection possible consiste à appliquer une prophylaxie rigoureuse en verger avec le retrait et la destruction systématique des fruits parasités présents dans les arbres ou au sol en hiver, avant l'émergence des adultes. Cette approche est économiquement très coûteuse mais aussi très insuffisante car de nombreux arbres « sauvages » (issus de semis de hasard) ou

provenant de vergers abandonnés sont présents dans l'environnement. Ils constituent un inoculum non maîtrisable. A noter également que la guêpe peut se déplacer sur des distances relativement importantes et ainsi attaquer des vergers situés assez loin des secteurs traditionnels de production (observation empirique). De cette situation résulte la plus grande difficulté à produire de l'amande en AB de façon sécurisée dans les principales zones de production du sud de la France.

Pistes de recherche identifiées

- Piste 1 : les phéromones et les kairomones

La piste des phéromones sexuelles (molécules identifiées chez les individus femelles par Krokos et al. (2001) attirant les mâles avant accouplement) a été abandonnée au profit de celle des phéromones d'anti-oviposition. En effet, les femelles des hyménoptères tels *qu'Eurytoma amygdali* peuvent pondre sans qu'il y ait eu accouplement, les adultes issus de femelles non accouplées donnant exclusivement des mâles, ce qui ne permet en définitive pas de baisser efficacement la pression du ravageur. Cela a été observé par Henri Duval à l'INRA GAFL (dépôt de femelles vierges sur des amandes sous tunnel en avril 2018 et observation de 100% de mâles émergés en 2019).

Kouloussis et Katsoyannos (1991) ont montré qu'immédiatement après la ponte, les femelles déposent une phéromone de marquage de l'hôte anti-oviposition et que les autres femelles pondent plutôt dans un fruit non infesté. Kouloussis et Katsoyannos (1994) ont également montré l'existence de kairomones (molécules libérées par une espèce, en l'occurrence l'amandier, qui déclenchent une réponse comportementale chez une autre espèce, en l'occurrence les femelles d'*Eurytoma amygdali*). Reste à identifier ces molécules pour envisager une finalité de piégeage massif des femelles en verger.

D'autres études plus récentes sur d'autres ravageurs ont montré qu'il était possible d'identifier ce type de molécules : El-sayeb et al. (2014) ont par exemple montré sur le pêcher qu'une kairomone avait une efficacité attractive sur les thrips *Thrips obscuratus*.

Avec l'assurance que ces kairomones existent, la progression des techniques d'identification des composés organiques volatils et des méthodes de criblage, cette piste des kairomones semble actuellement l'une des plus prometteuses en matière de lutte contre *Eurytoma amygdali*. Un projet multipartenarial vient d'être soumis à l'ANR sur ce sujet par l'INRA dans le cadre de l'appel à projets Ecophyto - Maturation.

- Piste 2 : les produits naturels

Le GRAB travaille cette piste depuis plusieurs années, avec l'objectif d'avancer sur des alternatives aux insecticides de synthèse utilisés, ainsi qu'au spinosad. Cet insecticide à spectre large avait obtenu une dérogation d'utilisation en AB qui ne sera *a priori* plus reconduite en raison d'effets secondaires sur pollinisateurs (Tomé et al., 2015).

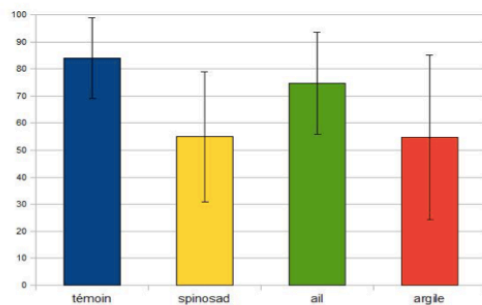
Les résultats obtenus par le GRAB sont encourageants pour les produits à base minérale (argiles, talc, chaux éteinte), mais comme souvent avec ces produits plus doux, les résultats sont fonction de la pression des ravageurs (*Eurytoma amygdali* en l'occurrence) et des conditions climatiques de l'année, des modalités et conditions de traitement.

Les travaux ont été réalisés au lycée agricole d'Avignon (avant arrachage du verger) puis au Mas Bou Malek dans les Alpilles.

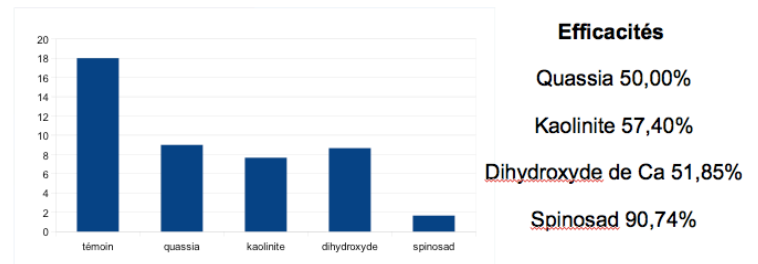
Essai 2013

Essai 2016

• Niveau de dégâts observé



• Taux de dégât à la récolte



Efficacités

Quassia 50,00%

Kaolinite 57,40%

Dihydroxyde de Ca 51,85%

Spinosad 90,74%

• Efficacité Spinosad/argile ~35%

Les essais doivent être poursuivis pour avancer sur l'optimisation de dosages ou de fréquences d'application, voire de stratégies d'association de différents principes actifs.

Plusieurs pistes sont possibles et à explorer :

1 - un travail en conditions contrôlées peut être envisagé pour les produits adulticides (qui tuent les adultes), comme l'INRA a pu le faire dans le passé : traiter des branches en vergers avec les produits à tester, puis exposer des adultes à des feuilles traitées dans des boîtes de Pétri, en notant la mortalité journalière, comparée à un témoin.

=> essais en laboratoire après traitement de branches

2 - un travail en verger commercial avec des produits qui peuvent être insecticides ou insectifuges (= répulsifs) : un essai pourrait être réalisé par le GRAB en conditions expérimentales précises (2a) ou bien être délégué à des producteurs volontaires selon un dispositif expérimental plus léger (2b) permettant d'obtenir plus de résultats dans des conditions différenciées.

=> 2a : 1 essai en verger commercial

=> 2b : essai en réseau de producteurs

3 - test d'un appareil de pulvérisation amélioré pour mieux couvrir l'ensemble de la végétation de l'arbre et améliorer la protection : le volume important des amandiers adultes nécessite en effet une pulvérisation puissante pour bien couvrir l'arbre et certains produits insectifuges comme les argiles (à la différence d'insecticides de contact) doivent être appliqués de façon optimale pour une efficacité maximale. Cet appareil a été développé sur olivier pour les mêmes raisons et son intérêt sur amandier pourrait être révélé. Une comparaison à un pulvérisateur classique peut être facilement réalisée, avec évaluation sur la qualité de la récolte finale.

=> comparaison de pulvérisateurs

4 - test exploratoire de techniques issues de biodynamie avec la préparation de 'poivres' à base du ravageur : le poivre est une dilution de cendres du ravageur, diffusée sur la parcelle qui devient ainsi "informée" et est beaucoup moins exposée aux dégâts. Des producteurs utilisent cette technique avec de bons résultats mais l'étude de sa pertinence doit être approfondie.

- Piste 3 : la protection par filet

Cette technique alternative consiste à reproduire le levier couramment utilisé sur la culture du pommier dans la protection contre les lépidoptères, notamment *Cydia pomonella* (Carpocapse de la pomme) en positionnant un filet sur l'ensemble de la parcelle (système monoparcelle) ou en posant ce filet directement sur les arbres (système monorang) pendant la période de vol du ravageur. Pour transférer ce levier à l'amandier, il faudrait gérer le filet sur des arbres de gros volumes conduits en gobelet, ce qui est actuellement impossible en termes de faisabilité et de coûts. La possibilité existe cependant dans le cadre d'un verger d'amandiers conduit en haute densité (4 m entre les rangs x 1.3 à 1.5 m sur le rang) avec pose directe sur les arbres. Une étude en laboratoire a été conduite sur ce point par le Ctifl en 2015. Elle montre que la maille 6*5 empêche tout passage d'*Eurytoma amygdali* Enderlein et permettrait donc de protéger la culture. L'étude ne prend cependant pas en compte les incidences provoquées par une obturation partielle de la lumière due au filet.

Cette stratégie est actuellement à l'essai chez un producteur à Bellegarde et a également été retenue dans le cadre du projet DEPHY EXPE REVATRA (REconception d'un Verger d'Amandiers pour une Transition Réussie vers l'Agroécologie, 2018-2023).

- Piste 4 : les ennemis naturels

Les travaux de la faculté d'agriculture Mustafa Kemal d'Antakya-Hatay en Turquie ont identifié différents ennemis naturels d'*Eurytoma amygdali* Enderlein capables de réguler les populations (Doğanlar et al., 2006). Il s'agit de 2 hyménoptères parasitoïdes, *Aprostocetus bucculentus* et *Adontomerus amygdali*, d'un acarien *Pyomotes amygdali* et d'un coléoptère, *Thanasimus* sp. Le niveau de régulation est irrégulier entre ces auxiliaires et selon les secteurs d'identification.

Cette piste a été explorée par l'INRA de Sophia-Antipolis : deux collectes d'amandes parasitées ont été organisées dans les différents bassins de production à l'hiver 2017 et en début d'été 2018 pour rechercher la présence potentielle des auxiliaires décrits dans les travaux turcs mais aucun auxiliaire parasitoïde associé à *Eurytoma amygdali* n'a pu être identifié.

La faisabilité de cette piste est donc remise en question car dépendante de prospections et collectes à organiser au Moyen-Orient dans des zones politiquement instables. La garantie de réussite des opérations de lutte biologique par acclimatation est par ailleurs faible (élevage du ravageur, spécificité/efficacité des parasitoïdes exotiques, etc., cf. échec de l'opération mouche de l'olive) et conditionnée à l'obtention des autorisations (ANSES-DGAL) pour l'évaluation "au champ".

=> degré de "risque" de l'opération élevé pour une garantie de succès faible : piste jugée non prioritaire

5.1.2 Principales maladies fongiques

Monilia laxa

Monilia laxa entraîne le dessèchement des fleurs, des rameaux et des bouquets de mai. Ces dessèchements peuvent être discrets mais néanmoins responsables d'une forte diminution de production. *Monilia laxa* est favorisé par les pluies ou les fortes hygrométries (rosées, brouillards) pendant la floraison.

Fusicoccum amygdali

Fusicoccum amygdali favorise le dessèchement des rameaux et des bouquets de mai (avec chancres brunâtres). Ce champignon pénètre par les fleurs et les plaies pétiolaires. Les chancres sont sous forme de nécroses brunâtres et ovales. Une hygrométrie importante augmente les risques.



Ce type de maladies doit faire l'objet d'une prophylaxie particulièrement rigoureuse, par suppression des organes atteints puis brûlage ou retrait du verger. En vergers conduits en agriculture conventionnelle, une lutte conjointe contre *Monilia laxa* et *Fusicoccum amygdali* est préconisée et consiste en 2 à 3 interventions selon les conditions climatiques en encadrement de floraison. En AB, les traitements au cuivre permettent de limiter fortement les incidences négatives de ces champignons. Néanmoins les pluies de printemps qui saturent l'air d'humidité font que cette protection s'avère certaines années insuffisante. La réglementation sur le cuivre évolue par ailleurs vers des restrictions d'usage, le cuivre étant un élément-trace métallique. La stratégie de protection contre ces maladies en AB se base donc prioritairement sur le levier génétique, la sensibilité aux champignons pathogènes variant selon les variétés d'amandiers (cf. 5.2).

5.2 Ressources génétiques

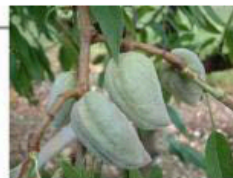
Il existe environ 200 variétés d'amandiers dont une centaine d'hybrides. En France, environ 40 variétés nationales d'amandiers sont conservées au Centre de Ressources Biologiques (CRB) Prunus de Bordeaux (Henri Duval, communication personnelle).

Parmi elles, 4 variétés de référence ont été reconnues supérieures sur le plan qualitatif et demandées commercialement : Ferraduel, Ferragnès, Lauranne et Mandaline. Ferragnès et Ferraduel sont autostériles c'est-à-dire qu'elles nécessitent la présence d'un pollinisateur. Lauranne et Mandaline sont autofertiles elles peuvent donc être plantées en parcelle monovariétale.

Ferraduel	<ul style="list-style-type: none">· Clone INFEL® : R485· Origine : France (INRA)· Editeur : variété libre· Variété certifiée	
L'arbre	<ul style="list-style-type: none">■ Date de floraison : tardive, 1 à 2 jours après Ferragnès■ Epoque de maturité : vers le 10 sept. à Nîmes■ Vigueur : moyenne à forte■ Pollinisateurs : Ferragnès, Ferrastar■ Potentiel de prod. : fort à très fort (< Ferragnès)■ Mise à fruits : rapide (> Ferragnès)■ Sensibilité : moy. sensi. au <i>Fusicoccum</i> et sens. à la Tavelure	
Le fruit	<ul style="list-style-type: none">■ Dureté de la coque : dure■ Rdt cassage : 25 à 28%■ Poids moyen : 1.3 à 1.4g	

Ferragnès

- Clonage INFEL® : R486
- Origine : France (INRA)
- Editeur : variété libre
- Variété certifiée



L'arbre

- **Date de floraison** : pleine flo. à Nîmes environ 5 mars
- **Epoque de maturité** : à partir du 20 septembre à Nîmes
- **Vigueur** : très forte
- **Pollinisateurs** : Ferraduel, Lauranne, Ferrastar
- **Potentiel de prod.** : très productive (1.5 t/ha d'amandons)
- **Mise à fruits** : moyenne (5^{ème} f.)
- **Sensibilité** : Très sensi. au *Fusicoccum*, résist. Tavelure, *Monilia*

Le fruit

- **Dureté de la coque** : demi-tendre
- **Rdt cassage** : 35 à 40%
- **Poids moyen** : 1.4 à 1.7g



Lauranne® Avijor

- Clonage INFEL® : R916
- Origine : France (INRA)
- Editeur : variété libre
- Variété certifiée



L'arbre

- **Date de floraison** : tardive, 3 jours après Ferragnès
- **Epoque de maturité** : précoce, vers le 1er septembre à Nîmes
- **Vigueur** : moyenne
- **Pollinisateurs** : auto-fertile
- **Potentiel de prod.** : bon
- **Mise à fruits** : très rapide
- **Sensibilité** : peu sensi. au *Fusicoccum*

Le fruit

- **Dureté de la coque** : demi-dure
- **Rdt cassage** : 32 à 38%
- **Poids moyen** : 0.9 à 1.2g



Mandoline^{COV}

- Clonage INFEL® : R998
- Origine : France (INRA)
- Editeur : CEP Innovation
- Variété certifiée



L'arbre

- **Date de floraison** : tardive, 2 à 3 jours après Ferragnès
- **Epoque de maturité** : précoce fin août, début sept. à Nîmes
- **Vigueur** : moyenne
- **Pollinisateurs** : variété autofertile
- **Potentiel de prod.** : très productive (1.5 t/ha d'amandons)
- **Mise à fruits** : très rapide (dès 4^{ème} f.)
- **Sensibilité** : très sensi. à *Eurytoma amygdali* et sensi. à la Tavelure et moy. sensi. *Fusicoccum*

Le fruit

- **Dureté de la coque** : demi-dure
- **Rdt cassage** : 30 à 36%
- **Poids moyen** : 0.8 à 1g



La variété Lauranne est intéressante du point de vue de sa moindre sensibilité au Fusicoccum. La variété Mandaline, en revanche, n'est plus recommandée en raison de sa forte sensibilité à Eurytoma.

Les travaux d'observation du niveau de sensibilité aux maladies des principales variétés d'amandiers menés par l'INRA ont par ailleurs permis d'identifier les variétés Texas et Ferrastar pour leur résistance au Fusicoccum (C. Grasselly, H. Duval, 1997).

D'autres variétés anciennes, endémiques du sud de la France, sont conservées dans des vergers comme celui de la Thomassine qui a fait l'objet d'un projet (FRUINOV, coordonné par le GRAB en partenariat notamment avec le Parc Naturel Régional du Luberon et l'INRA) pour l'évaluation de leur sensibilité pour une culture biologique plus facile.

Les résultats de cette étude ont permis d'identifier certaines variétés comme peu sensibles à la guêpe Eurytoma, au Fusicoccum et à Monilia. La variété Floquette, par exemple, paraît intéressante au vu des 3 années d'observation à la Thomassine.

Bilan Amandiers						
sur le site de la Thomassine (2016-2018)						
	Nombre d'arbres	Monilia laxa sur fleurs	Eurytoma amygdali	Erinose	Fusicoccum	Coryneum
A la dame	3			X		
Abéranne aureille	3			X		
Aï	2	X				X
Belle d'Aurons	2			X		X
Béraude	3		X		X	
Demi tendre d'Apt	3					
Demi tendre de Riez	2				X	
Ferragnès	3	X		X	X	
Floquette	3	X	X		X	
Flots	4				X	
Flour en bas	2					
Fourcouronne	3					
Languedoc	1			X		
Petite colle	3	X			X	
Pointue d'Aureille	4				X	
Princesse	3			X		
Rabasse	1					
Tardive de la Verdière	2				X	
Tournefort	3					

X = Variété peu sensible 😊

Ce projet a donné lieu à la création d'un wiki, véritable base de données interactive regroupant toutes les caractéristiques des variétés étudiées et des observations réalisées dans le cadre du projet. Le cadre de l'étude ne permet néanmoins pour l'instant pas de généraliser ces résultats qui mériteraient d'être confirmés sur d'autres sites d'observation et un pas de temps plus long. C'est une piste de travail proposée.

LE PROJET -

LE CATALOGUE -

CHOISIR UNE VARIÉTÉ -

RÉSEAU

TROUVER UN ACTEUR

Amande

Faible sensibilité

- Coryneum (2)
- Eurytoma Amygdali (2)
- Fusicocum (8)
- Monilia/leur (1)
- Puceron vert (16)

Floraison

- Précoce (Princesse) (1)
- Moyenne (Texas) (8)
- Tardif (Ferragnès) (10)

Maturité

- Précoce (1)
- Moyenne (10)
- Tardive (7)

Productivité

- Faible (2)
- Moyenne (11)
- Forte (4)

Il y a 19 fiche(s) correspondante(s) à vos filtres .

Aberrane d'Aureille

A la Dame

Al

Belle d'Aurons

Béraude

Demi-tendre d'Apt

Demi-tendre de Riez

Ferragnès

Floquette

Flots

Flour en bas

Fourcouronne

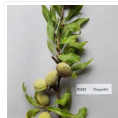
Languedoc

Petite Colle

Pointue d'Aureille

Princesse

Rabasse



Floquette

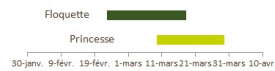
Prunus amygdalis

Code Intel : R1032
Code GEVES : n.l
Synonyme :

Source de l'observation :
Maison de la Biodiversité La
Thomassine
Type de sol :
Porte greffe de l'arbre (F) :
GF 677

L'arbre

Floraison



Récolte

Consommation, conservation

Légende

▼ Floquette

▼ Princesse

Vigueur:



Auto-fertilité:

Auto-incompatible

Productivité:



Port de l'arbre:

Dressé

Le fruit

Dureté coque:

Dure

Qualité:

Doux

Forme:

Intermédiaire

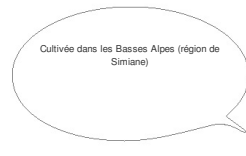
Utilisation:

Convient tout particulièrement pour la fabrication de dragées

Son histoire

Particularité :

Rendement au cassage peu élevé (20%)



Sensibilité aux bio-agresseurs

Eurytoma Amygdali:



Monilia/leurs:



Fusicocum:



Coryneum:



Puceron vert:



Evaluation participative

Ajouter une évaluation

Un autre projet, FREECLIMB (Fruit Crops Resilience to Climate Change in the Mediterranean Basin, <https://sites.unimi.it/primafreeclimb/>), vient par ailleurs de démarrer à l'échelle européenne. Il cible lui aussi les principales espèces d'arbres fruitiers, incluant l'amandier, dans le but d'améliorer la disponibilité en matériel végétal (ressources génétiques et sélections) adapté aux ressources externes limitées (intrants) et aux scénarios climatiques futurs dans la région méditerranéenne. Le projet met l'accent sur les principaux idéotypes élaborés en collaboration avec les exploitants de fermes fruitières (pépinières et producteurs) avec pour objectif principal de fournir du matériel génétique divers, des outils et des méthodes pour accélérer l'exploitation et la sélection de variétés résilientes de cultures fruitières traditionnelles de l'agriculture méditerranéenne. Les bases génétiques des traits / processus liés à la durabilité et à la résilience des plantes aux stress biotiques et abiotiques (comme le *Fusicoccum* pour l'amandier) seront notamment disséquées, en mettant l'accent particulièrement sur l'élucidation des interactions génotype x environnement x gestion (GxExM).

Dans ce contexte, il paraît essentiel de poursuivre les actions entamées sur l'amandier dans le cadre du projet FRUINOV, complémentaire du projet FREECLIMB, en multipliant les sites d'observation, de manière à enrichir le wiki existant avec d'autres variétés nationales et d'autres critères afin que les producteurs puissent disposer d'un véritable outil d'aide à la décision (OAD) à l'implantation.

Les travaux de l'IRTA (X. Miarnau, L. Torguet, I. Battle, A. Romero, M. Rovira, S. Alegre, 2016) complétés par ceux du CICYTEX (M. Arias, A. Cacho, 2015) ont par ailleurs permis d'identifier des variétés espagnoles à faible (voire à très faible) sensibilité aux maladies fongiques. Ces essais sont menés en Catalogne mais il s'agit également de références pertinentes car les données climatiques et sanitaires sont proches. Parmi les variétés sélectionnées comme globalement très tolérantes aux maladies, on trouve Marta, Vairo et Constanti.

5.3 Services écosystémiques

La reconception des systèmes de culture est une voie de recherche privilégiée en AB pour répondre de façon systémique aux problèmes techniques rencontrés en parcelle classique. Le verger constitue en effet un véritable écosystème interagissant avec son proche environnement. Ces interactions multiples sont à prendre en considération tout au long de la vie du verger pour en optimiser la production, le principe fondamental étant de créer les conditions d'un équilibre (diversité végétale et animale, ressources alimentaires, habitats) et de favoriser l'installation et le maintien d'organismes fournissant des services écologiques.

Pistes de recherche identifiées

- Piste 1 : l'agroforesterie, activatrice de biodiversité fonctionnelle

Dans sa définition large, l'agroforesterie associe sur un même espace des arbres et des cultures. L'agroforesterie est une piste de recherche prometteuse pour l'amandier car elle pourrait potentiellement permettre :

-> une dilution de la ressource pour le ravageur *Eurytoma* notamment,

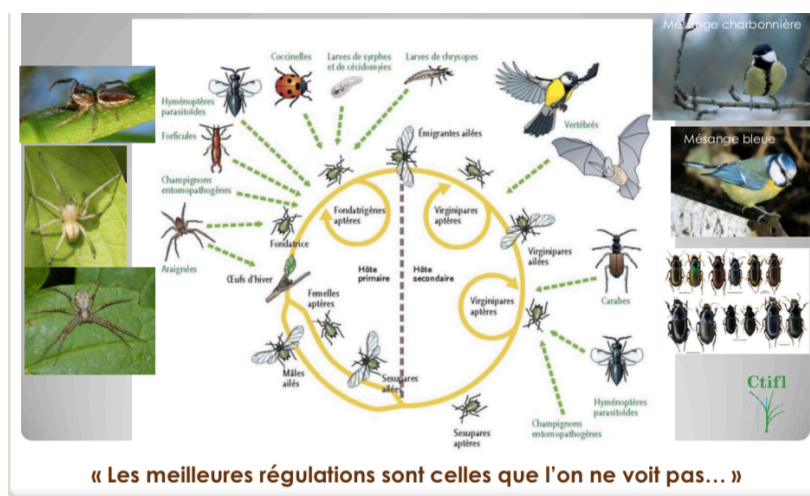
-> une diversification de production contribuant à la sécurisation économique du système (Smith, 2010),

-> des bénéfices liés à l'agroforesterie en général : augmentation de la biodiversité dans les parcelles, stockage de carbone, paysage, travail à l'ombre et bien-être des producteurs

-> des bénéfices spécifiques aux systèmes agroforestiers en contexte méditerranéen : réduction des radiations solaires, effet tampon sur les extrêmes climatiques et le rafraîchissement global des systèmes agricoles (Martin-Chave, 2018), réduction du stress hydrique des cultures (Dupraz

et Liagre, 2008), préservation de la matière organique par limitation des phénomènes de minéralisation.

L'association d'arbres champêtres et de plantes à parfums, aromatiques et médicinales (PPAM) fait partie des pratiques agroforestières traditionnelles dans tout le pourtour méditerranéen. Elle prend souvent la forme de co-plantation entre chênes truffiers et de lavande ou de lavandin (Dupraz et Liagre, 2008). Cependant les systèmes agroforestiers arbres fruitiers/PPAM sont encore mal connus. Ils ont pourtant un potentiel de développement important. Les dispositifs agroforestiers à base d'amandiers pourraient permettre de tamponner les écarts de température au niveau des cultures basses, une évapotranspiration moins importante et donc une moindre consommation d'eau, d'apporter de la matière organique aux sols (litières racinaires et foliaires) tout en préservant le stock en matière organique des sols. La diversité structurelle et spécifique du système, favoriserait un équilibre faunistique propice aux cultures (milieux propices aux auxiliaires et défavorables aux ravageurs).



La pérennité de cette biodiversité fonctionnelle passe par ailleurs par l'introduction d'une diversité d'abris et de refuges pour la faune vertébrée et invertébrée : bandes enherbées, bandes fleuries, hôtels à insectes, haies composites, réseau de nichoirs à oiseaux et à chauve-souris... Ce type d'aménagements a été mis en place par le GRAB sur le site de la Durette, ferme pilote en agroforesterie maraîchère à Avignon. L'étude de la plus-value de cette approche dans le cas particulier de l'amandier serait intéressante et pourrait s'inspirer des premiers retours d'expérience de cette ferme.

Des observations ont par ailleurs été réalisées par l'Observatoire Agricole de la Biodiversité dans le cadre d'un projet sur la biodiversité fonctionnelle sur 4 parcelles d'amandiers des Alpilles avec le Parc Naturel Régional des Alpilles, en collaboration avec la Communauté de communes Vallée des Baux-Alpilles et la Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône. Ces observations ont permis de valider la possible régulation des pucerons parasites de l'amandier par l'entomofaune utile présente dans l'environnement immédiat des parcelles. L'identification de la flore arbustive des haies entourant les parcelles concernées a également permis de valider le lien fort entre habitats, ressources et régulation du parasitisme par la biodiversité fonctionnelle. La présence de végétaux ressources comme l'aubépine ou le sureau (nutrition, habitats) permet d'accueillir de nombreux représentants de l'entomofaune utile mais également de favoriser la présence d'oiseaux et de petits mammifères. Au-delà de ce rôle essentiel, ces haies sont d'excellents filtre-vent.

De fortes colonies d'abeilles solitaires ont par ailleurs été observées. La présence d'infrastructures agroécologiques dont des haies composites très diversifiées favorise cette colonisation. Elle est bénéfique à la culture des amandiers car les abeilles solitaires sont

d'excellents vecteurs de pollen, capables de « travailler » dans des conditions difficiles de température et d'humidité. Les haies composites et surtout les bandes fleuries favorisent également les sorties de papillons, notamment dans les parcelles où la flore herbacée est particulièrement riche. En termes pratiques, les papillons n'influencent que modérément la culture d'amandiers (faible action pollinisatrice) mais sont un marqueur essentiel de la « bonne santé » de l'environnement. La présence d'araignées sédentaires, toutes prédatrices et pour la plupart insectivores, permet par ailleurs une action régulatrice dès le début de saison. Des études plus précises ont été faites sur d'autres cultures fruitières qui montrent leur intérêt sur la régulation de certains bioagresseurs (réduction des dégâts de carpocapse sur le pommier). **Ce travail mériterait d'être repris en vergers d'amandiers, en ciblant des aménagements favorables aux ravageurs principaux (Eurytoma, puceron) et aux pollinisateurs sauvages cruciaux pour cette culture.**

- Piste 2 : les mélanges de plantes couvre-sols

La gestion du couvert enherbé est également déterminante pour la pluralité des services rendus sur la faune auxiliaire, la fertilité des sols, leur capacité à retenir l'eau... Un enherbement permanent permet en effet le maintien d'une diversité animale dans la parcelle et d'une humidité en surface.

Plusieurs questions techniques peuvent se poser :

-> compatibilité avec la récolte

-> effet des couverts sur la biodiversité épigée fonctionnelle

Le GRAB participe sur ce sujet au projet PlacoHB (CASDAR, 2016-2020) dans le cadre duquel différentes plantes couvre-sols contrôlant efficacement les adventices et supportant la biodiversité fonctionnelle ont été sélectionnées puis caractérisées, leurs impacts sur les cultures étant en cours d'analyse. Les essais du GRAB ont notamment été menés sur pommiers, abricotiers et pêchers. En AB, un besoin d'alternatives au désherbage mécanique est en effet identifié dans plusieurs filières car cette technique est très consommatrice de main d'oeuvre, d'investissement et peut blesser les pieds ou les racines des cultures lorsqu'il est réalisé sur le rang (Garcin et Soing, 2008). L'enherbement spontané est par ailleurs très concurrentiel et ne permet pas aux cultures de se développer correctement. Ainsi, la technique de l'enherbement peut-elle être souhaitable mais le choix des espèces utilisées et leur gestion sont primordiaux à la réussite de cette pratique en ne nuisant pas aux rendements.

Le choix d'espèces fixatrices d'azote permet d'assurer une partie de l'alimentation azotée des cultures. Largement expérimentée en grandes cultures, cette technique est encore peu documentée en cultures pérennes. En arboriculture fruitière, l'utilisation de trèfle blanc nain implanté sur le rang d'un verger de pêchers a permis de diminuer les apports d'engrais azotés, sans baisse de vigueur et de rendement (INRA Gothéron). Sur abricotiers conduits en AB, des légumineuses implantées sur l'inter-rang du verger, associées à un apport de compost de déchets verts produits à la ferme, ont permis de se passer de tout apport d'engrais organiques pendant les quatre premières années de vie du verger (Garcin et al., 2014). Les principales difficultés rencontrées pour la généralisation de cette technique sont liées au maintien du couvert dans le temps, à la non concordance entre les besoins de l'arbre et la fourniture d'azote par les légumineuses et au risque de campagnols augmenté par ces couverts.

Il serait intéressant d'appliquer les recommandations issues du projet PlacoHB au cas spécifique de l'amandier et d'étudier par ailleurs la possibilité d'ajouter aux mélanges de plantes préconisés des plantes phytoextractrices de cuivre pour en limiter l'accumulation dans le sol¹, compte-tenu des évolutions récentes de la réglementation en la matière (cf. 5.1).

¹ avec l'aide par exemple de l'entreprise BioMédé (<https://biomede.fr>), déjà en lien avec la CCVBA

Piste 3 : l'écopastoralisme, mode d'entretien écologique du verger

A condition qu'il soit bien conduit, l'écopastoralisme peut être une autre alternative à la gestion du couvert enherbé.

Des brebis peuvent en effet être utilisées pour tondre les vergers, de novembre à juin (service d'écopâturage avec éleveurs partenaires par exemple de l'entreprise Le troupeau d'Elzéard²). Le désherbage ovin entretient à la fois le rang et l'inter-rang, sans tassement du sol. De plus, il fournit de la matière organique directement utilisable par les arbres grâce au fumier des brebis, bien adapté aux besoins de l'amandier en éléments fertilisants (cf. 5.4). Enfin, le piétinement des feuilles participe à réduire l'inoculum de maladies et ravageurs dans le verger.



Afin de ne pas abîmer les arbres, les brebis peuvent même être équipées de muselières.

Des volailles peuvent également être associées aux brebis et participer à la maîtrise de certains bioagresseurs.

Ces pratiques ancestrales sont actuellement en plein redéploiement avec notamment le projet DEPASSE (2018-2022 : DEveloppement des cultures Pérennes ASSociées à l'Elevage³) auquel participe le GRAB en partenariat avec Bio de PACA et qui a pour objectif de vérifier les conditions de réussite et les avantages/inconvénients de différents types d'associations.

5.4 Fertilité des sols

En AB plus encore qu'en conventionnel, les besoins de l'amandier en éléments fertilisants (notamment azote et matière organique) sont importants, l'objectif premier étant d'enrichir la vie du sol. Les organismes vivants jouent en effet un rôle indispensable dans l'évolution des matières organiques et la minéralisation. Ils améliorent également les caractéristiques physiques du sol (aération, circulation de l'eau). Il est donc nécessaire d'avoir un bon potentiel de minéralisation et une vie biologique soutenue.

Le cahier des charges de l'AB impose des règles strictes en matière d'utilisation des engrais organiques :

- Les fumiers frais, séchés ou compostés doivent provenir d'élevage où les animaux sont en contact avec le sol et/ou disposent de parcours naturels.
- Les déchets verts ne doivent pas avoir des teneurs en résidus de produits chimiques et en métaux lourds supérieures à des limites fixées par le règlement.
- Les engrais minéraux sont exclusivement extraits de roches naturelles (phosphate naturel, phospal, scories, patenkali, chaux, lithotamme, dolomie, kiésérite...).

La fertilisation en bio peut avoir une réponse plus lente qu'avec des engrais minéraux. Cette inertie provient de diverses causes : vitesses variables de minéralisation selon l'humidité et la température du sol, produit employé (formulation liquide, granulés, bouchons), positionnement par rapport aux besoins de l'arbre.

² <https://troupeau-elzeard.fr>

³ <http://www.grab.fr/wp-content/uploads/2018/09/plaquette-depasse-V8.pdf>

Suivant une approche participative, le déploiement de ce tableau de bord par l'Observatoire Français des Sols Vivants (OFSV) sur un réseau de fermes en grande culture et viticulture a permis de renseigner les différents indicateurs en réponse à une diversité de pratiques agricoles et de contextes pédoclimatiques, démontrant son opérationnalité et son appropriation par le monde agricole (Cannavacciolo et al., 2017). Il a aussi permis d'engager un suivi de la qualité biologique des sols directement à la ferme dans le cadre des projets REVA (Réseau d'Expérimentation et de veille à l'innovation Agricole, démarrage 2016) sur une partie du réseau AgrInnov. Ce suivi vient aujourd'hui renforcer le réseau et apporte une dimension temporelle au jeu de données issu du programme AgrInnov. L'enjeu est aujourd'hui d'analyser plus en détails ce jeu de données unique acquis sur le territoire national depuis 6 ans dans AgrInnov et le REVA pour : 1) identifier les pratiques/combinaisons de pratiques favorisant la biodiversité des sols (gestion de la couverture du sol, de fertilisation chimique ou organique, travail du sol et protection phytosanitaire) ; 2) déployer une approche prospective sur les indicateurs de synthèse permettant leur évolution avec celle des connaissances et en développant un indicateur d'état sanitaire; 3) proposer un outil aux conseillers agricoles facilitant la production et l'utilisation des indicateurs à travers un portail de données et de démonstrations. L'atteinte de ces différents objectifs permettra de renforcer l'intégration de la biodiversité des sols dans le pilotage des parcelles agricoles et d'identifier des pratiques ou des innovations agricoles permettant d'accompagner la transition agroécologique.

Le déploiement de ce tableau de bord sur un réseau de vergers d'amandiers permettrait d'acquérir sur le même modèle des références claires en termes d'optimisation des ressources du sol pour cette culture en tant que prototype de l'arboriculture bio.

5.5 Aménités d'une amande bio et locale

La qualité des amandes dépend des conditions dans lesquelles ces amandes ont été produites puis conservées. A ce titre, on peut penser qu'une amande bio et locale aura toutes les chances de présenter un profil gustatif et nutritionnel amélioré, par rapport à des amandes californiennes conduites en agriculture conventionnelle et intensive puis exportées en France.

Composition nutritionnelle des amandes

- Macronutriments :

L'amande est une graine riche en lipides (54 %) ce qui en fait un fruit énergétique (583 kcal/100 g). Selon Souci et al. (2008), elle est très riche en acides gras monoinsaturés (32,73 g/100 g) constitué d'acide oléique, le constituant principal de l'huile d'olive. L'acide oléique représente 60 % de tous les lipides. Les acides gras polyinsaturés viennent ensuite avec un taux de 23,6 % des lipides. Ils sont représentés essentiellement par l'acide linoléique au taux de 12,8 g/100 g. La composition en acides gras des amandes est très dépendante du génotype. Kodad et al. (2014) ont suivi pendant trois ans la composition en acides gras de 44 cultivars d'amandier de différentes régions d'Espagne. Le contenu total en lipide (moyenné sur trois ans) est très variable puisqu'il peut aller de 51 % à 65 %. Pour les acides gras monoinsaturés, la plage de variation va de 65 % à 80 % pour l'acide oléique (en % du contenu en lipide total).

La tendance que peuvent avoir les amandes à rancir au cours du stockage est liée à l'oxydation des acides gras insaturés. On exprime la qualité d'une amande par son rapport acide oléique / linoléique. Les variétés ayant un contenu élevé et stable en acide oléique (>75 %) et faible en acide linoléique (<17 %) mériteraient donc d'être introduites dans les programmes de sélection des amandiers.

Une étude semblable sur les cultivars californiens par Sathe et al. (2008) a trouvé aussi des variations très amples des concentrations en acides gras suivant les variétés, toutefois avec des

plages décalées vers le bas par rapport aux variétés espagnoles. Ainsi la composition en acide oléique est comprise entre 60 % et 74 % (des lipides) soit de 5 % en moins.

L'amande est également riche en protéines (22%, soit de l'ordre du taux de protéines de la viande ou du poisson). En revanche, un certain nombre d'acides aminés essentiels sont en très faible quantité (Ahrens et al., 2005). Les premiers acides aminés limitants sont la méthionine et la cystéine. La valeur du score chimique corrigé de la digestibilité suggère que les protéines de l'amande sont d'une qualité nutritive médiocre. Toutefois pour un adulte, dans la mesure où il consomme une alimentation variée, riche en acides aminés soufrés (méthionine + cystéine), les amandes peuvent fournir une source précieuse de protéines alimentaires.

Les glucides sont présents dans l'amande en faible quantité (5,3 %) ; ils sont principalement composés de saccharose, de raffinose, de glucose et de fructose.

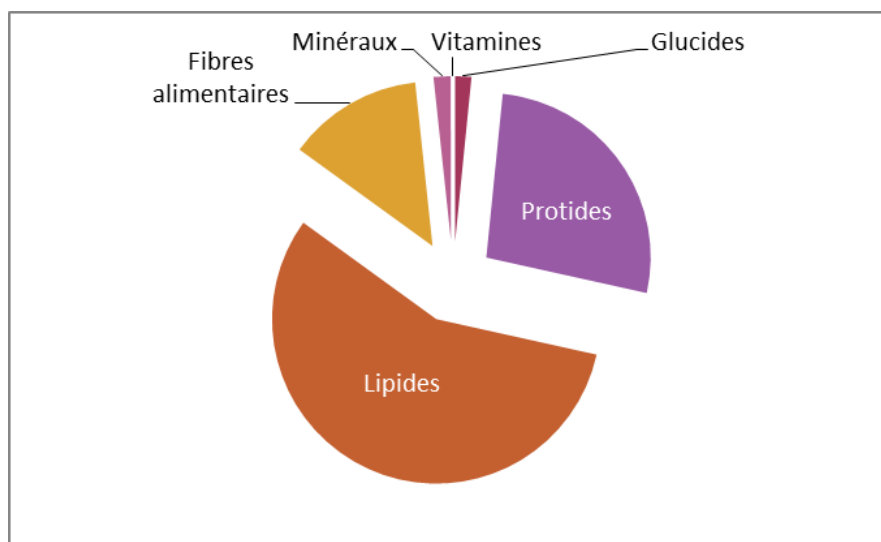
Enfin, l'amande est riche en fibres alimentaires (13,5 g/100 g). Ces fibres semblent présenter des propriétés identiques aux fructo-oligosaccharides, à savoir un effet prébiotique sur les souches bactériennes que l'on retrouve au niveau de la flore intestinale (Mandalari, 2010). Les parois cellulaires de l'amande contiennent des substances pectiques, riches en arabinose, qui pourraient être à l'origine de cet effet prébiotique (Mandalari, 2008).

- Micronutriments :

L'amande est un aliment riche en micronutriments (vitamines et minéraux). Elle est particulièrement riche en vitamine E (constitué essentiellement de quatre tocophérols). Les trois tocophérols mesurés par Kodad et al. (2014) varient significativement avec la variété et l'année de production. L' α -tocophérol est dominant (allant de 313 mg.kg⁻¹ à 616 mg.kg⁻¹). Cette forme est biologiquement plus active que le γ -tocophérol (dominant chez la noix).

L'amande est aussi relativement riche en vitamine B2 et B9. Elle est riche en cuivre, manganèse, magnésium et phosphore (par ordre décroissant du % de VNR⁵). Par ailleurs, la teneur en sodium de l'amande étant très faible (1-2 mg/100 g), le rapport potassium/sodium est compris entre 360 et 900 ce qui est exceptionnel pour un aliment naturel. Le tégument de l'amande est également une source importante de polyphénols, dont les flavan-3-ols et les flavonols (Llorach, 2010).

Répartition des macronutriments



Composition moyenne pour 100 g d'aliments. La teneur en eau n'est pas prise en compte.

Source : Agence pour la Recherche et l'Information en Fruits et Légumes, Composition nutritionnelle Amande

⁵ Valeur Nutritionnelle de Référence

Tableaux de composition

Pour chaque nutriment, les tableaux apportent une information sur la quantité moyenne* ainsi que les quantités minimum et maximum* pour 100 g net d'amandes.

Composants	Qté.	Min - Max
Eau	4.58 g	3 - 12.4 g
Protéines	21.1 g	16.8 - 25.4 g
Lipides	53.4 g	36 - 57.4 g
Acides gras saturés	4.19 g	3.13 - 5 g
Glucides	7.85 g	NC
Sucre	4.4 g	3.6 - 5.2 g
Fibres	10.2 g	4.7 - 19.3 g

Vitamines	Qté.	Min - Max
Provitamine A Béta-carotène	1 µg	0 - 6 µg
Equivalent Vitamine A	0.17 µg	0 - 1 µg
Vitamine B1	0.18 mg	0.095 - 0.33 mg
Vitamine B2	0.91 mg	0.46 - 2.26 mg
Vitamine B3	3.4 mg	1.39 - 5.99 mg
Vitamine B5	0.28 mg	0.26 - 0.8 mg
Vitamine B6	0.11 mg	0.06 - 0.29 mg
Vitamine B9	93.1 µg	10 - 109 µg
Vitamine C	0.5 mg	0 - 0.8 mg
Vitamine E	14.6 mg	NC - 24 mg

Minéraux et oligo-éléments	Qté.	Min - Max
Calcium	248 mg	198 - 373 mg
Cuivre	0.9 mg	0.1 - 1.57 mg
Fer	3 mg	2.58 - 502 mg
Iode	5.7 µg	0.02 - NC µg
Magnésium	232 mg	223 - 303 mg
Manganèse	1.39 mg	1.31 - 3.98 mg
Phosphore	416 mg	364 - 569 mg
Potassium	668 mg	543 - 900 mg
Sélénium	2.2 µg	0.5 - 6 µg
Sodium	1.61 mg	0 - 11 mg
Zinc	2.85 mg	2.02 - 4.03 mg

Polyphénols	Qté.
Flavonoides	8.46 mg
Acides phénoliques	0.43 mg
Polyphénols totaux	8.89 mg

*Composition moyenne donnée à titre indicatif : les valeurs sont à considérer comme des ordres de grandeur, susceptibles de varier selon les variétés, la saison, le degré de maturité, les conditions de culture, etc. Les données sur les polyphénols sont issues de la base Phenol-Explorer 3.0. Toutes les autres données sont issues de la Table de composition nutritionnelle des aliments Ciqal (2017) - ANSES, exceptées celles de l'équivalent Vitamine A qui correspond à la division de la teneur en Béta-carotène par 6.

Source : Agence pour la Recherche et l'Information en Fruits et Légumes, Composition nutritionnelle Amande

Valorisation d'une amande bio et locale

L'amande présente, de par sa composition nutritionnelle, une haute valeur-santé. Notons que les efforts de communication de l'Almond Board of California⁶ ont fortement sensibilisé notamment les marchés européens aux bénéfices santé liés à la consommation d'amandes.

L'hypothèse selon laquelle cette haute valeur-santé peut être augmentée si l'on produit cette amande en agriculture biologique, selon des pratiques vertueuses, reste à démontrer si l'on souhaite mieux valoriser les amandes produites en AB dans le grand sud de la France.

Cette hypothèse trouve ses fondements dans différents constats :

- les analyses nutritionnelles menées sur des amandes espagnoles (Kodad et al., 2014) montrent de meilleurs profils que celles menées sur des amandes californiennes conduites en agriculture conventionnelle et intensive (Sathe et al., 2008)

- l'approche épidémiologique menée dans le cadre du projet BioNutriNet (durabilité des régimes en fonction de la proportion de bio dans l'alimentation) montre que le régime alimentaire des grands consommateurs de bio est dans son ensemble plus sain au plan nutritionnel.

La valorisation de telles amandes ferait par ailleurs écho aux recommandations de janvier 2019 de Santé publique France qui préconise la consommation quotidienne d'une petite poignée de fruits à coque tels que les amandes et à l'étude menée par Rehm et Drewnowski en 2017 montrant que remplacer les collations entre les repas avec des noix ou des amandes a conduit à des régimes plus riches en nutriments, plus faibles en calories vides et en sodium avec des profils d'acides gras plus favorables. La valeur-santé augmentée des amandes bio et locales seraient en effet un levier supplémentaire pour encourager leur consommation et donc leur production.

L'interprofession France Amande s'intéresse à ce sujet et a entamé une réflexion avec un groupe de travail mobilisé depuis peu sur la question des compositions nutritionnelles et profils gustatifs (les deux étant *a priori* liés dans une certaine mesure) des variétés françaises en comparaison avec les variétés californiennes. L'articulation de cette amorce de réflexion avec le projet Elzéard sera abordée dans la suite de ce rapport (cf. 6).

⁶ <http://www.almonds.fr>

6- PISTES D' ACTIONS A DEVELOPPER DANS LE CADRE DU PROJET ELZEARD

L'inventaire des attentes et sources d'espoirs exprimées par les producteurs, par la filière en général et des actions en cours ou projets à l'étude nous ont permis de constater le besoin de recherches notamment sur Eurytoma et le manque d'expérimentations dédiées à une conduite de l'amandier en AB selon une approche systémique.

Le projet Elzéard se veut innovant par les moyens qu'il souhaite mettre en oeuvre pour aboutir au développement d'une amandiculture biologique rentable et durable dans le grand sud de la France. Pour cela, deux actions phares et complémentaires pourraient être développées :


- la plantation et le suivi de **vergers pilotes AMELIE** (nom provençal de l'amandier) conduits en AB et évalués pour leurs performances agronomiques, environnementales et économiques

- la coordination d'un **réseau d'étude REVE** (Réseau d'Etude en Vergers Extérieurs) regroupant des vergers villageois, conservatoires et de producteurs pour l'expérimentation de leviers agroécologiques en essais analytiques selon une approche participative

Les résultats issus de ce projet pourraient ainsi contribuer à l'établissement de recommandations claires, garantissant aux amandiculteurs bio une production rentable et de qualité pour une filière de l'amande durable.

=> Les vergers AMELIE :

Trois vergers pilotes pourraient être envisagés en deux phases de plantations :

	Verger « traditionnel »	Verger « innovations »	Verger « évolutions »
<i>Caractéristiques</i>	Combinaison de l'ensemble des leviers validés à ce jour pour produire de l'amande en AB	Verger de rupture pour améliorer les performances agroenvironnementales et la production en AB	Prise en compte des évolutions à venir pour une meilleure efficacité de la conduite en AB
<i>Plantations</i>	Janvier 2021 (1 ha)	Janvier 2021 (1 ha)	Janvier 2024 (1 ha)

Les variétés pourraient être choisies parmi les variétés commerciales (notamment Lauranne, Ferragnès, Ferraduel, Ferrastar) et d'autres variétés potentiellement d'intérêt (incluant des variétés anciennes), en fonction notamment des observations (de l'INRA, de l'IRTA et issues du projet FRUINOV) dont nous disposons actuellement en termes de moindre sensibilité aux bio-agresseurs (notamment Texas, Vairo, Soleta, Marinada, Floquette, Béraude, Aï, Pointue d'Aureille).

Les variables mesurées :

Ces vergers pourraient faire l'objet d'un diagnostic agri-environnemental à l'aide de l'outil Dialecte⁷ proposé par Bio de PACA pour en évaluer l'empreinte écologique, ainsi que d'une analyse globale quant à leurs performances :

7 <http://www.jediagnostiquemaferme.com/dialecte-une-approche-globale-lechelle-de-lexploitation/>

Items	Variables à collecter
Etat sanitaire du verger et adventices	Pression biotique (insectes, champignons, mammifères, corvidés) Résidus Carences, excès, déséquilibres Abondance, dynamique et diversité des adventices
Production	Rendements et qualité de la production
Pratiques culturales	Interventions réalisées : taille, traitements, récolte et intrants Conditions et qualité des interventions
Biodiversité fonctionnelle	Auxiliaires (abondance, dynamique, incidences) et marqueurs de l'agroécosystème retenu : araignées, abeilles solitaires et vers de terre
Evaluation sociale	Nature, pénibilité et sécurité des interventions
Sol	Eléments issus de l'analyse physico-chimique et biologique du sol complétée par un profil cultural (à réaliser régulièrement)
Climat	Informations issues de la station météo la plus proche
Paysage	Inventaire de l'infrastructure agroécologique de la parcelle et de son environnement proche

=> Le réseau REVE :

Ce réseau permettrait la réalisation d'expérimentations analytiques dédiées à l'AB (fléchées comme prioritaires dans le cadre de ce diagnostic) et le suivi du comportement de différentes variétés conduites en AB dans différents contextes pédo-climatiques, ce qui permettra par ailleurs de compléter le wiki créé dans le cadre du projet FRUINOV (cf. 5.2).

Les essais pourraient notamment porter sur :

- les alternatives aux insecticides contre *Eurytoma* (produits naturels, kairomones et filet anti-insecte),
- l'approche agroforestière,
- les mélanges de plantes couvre-sols,
- l'écopastoralisme,
- toute autre innovation qui pourrait s'avérer en phase avec le cahier des charges de l'AB.

Ce réseau pourrait s'appuyer sur un ensemble de parcelles déjà identifiées et mises à disposition sur le territoire, cette liste étant susceptible d'être enrichie par d'autres parcelles identifiées ultérieurement.

Un protocole d'observation et une formation pour la recherche participative pourraient être proposés aux producteurs du réseau REVE et les observations réalisées pourraient être croisées avec les données d'épidémiosurveillance pour l'évaluation des pressions biotiques associées aux parcelles suivies.

Une évaluation de la vertuosité des pratiques mises en place pourrait par ailleurs être réalisée par le suivi d'indicateurs spécifiques :

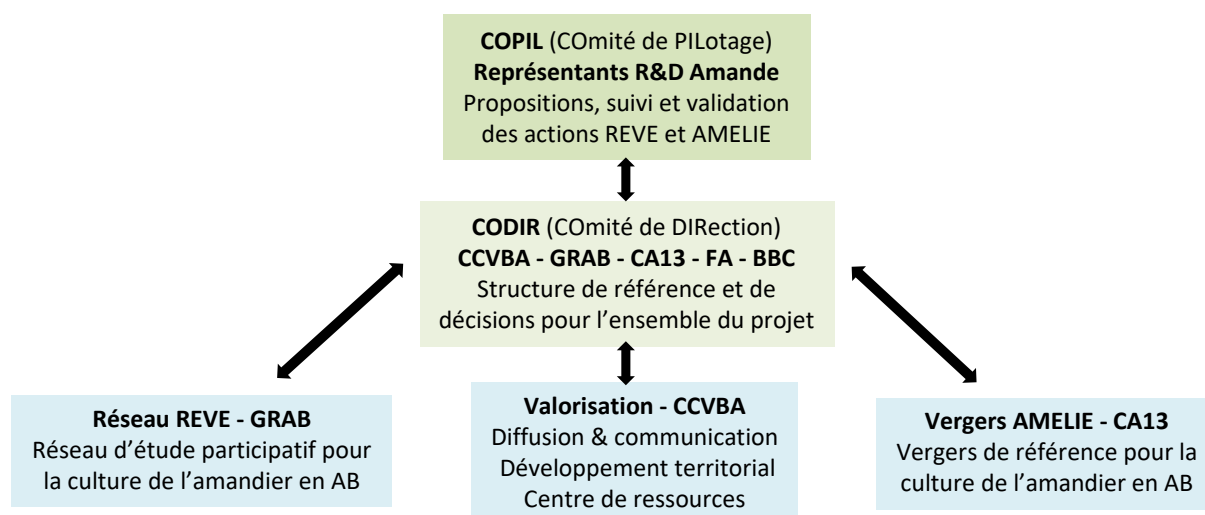
- de qualité des sols sur l'ensemble des vergers du réseau REVE par l'OFSV selon le protocole déjà expérimenté en grande culture et viticulture (cf. 5.4)
- de qualité des productions sur les vergers pilotes avec analyse nutritionnelle et profil gustatif des variétés choisies (en lien avec l'interprofession France Amande (FA), cf. 5.5), ce qui permettrait également d'enrichir le wiki créé dans le cadre du projet FRUINOV (véritable OAD à

destination des producteurs) en évaluant la valeur ajoutée de ces variétés conduites en AB selon des pratiques vertueuses, en comparaison avec les données standard publiées.

Valorisation et transfert :

Publics cibles	Formats de communication
<ul style="list-style-type: none"> - producteurs - conseillers agricoles (rôle de transfert des connaissances acquises auprès des amandiculteurs) - corps enseignant et étudiants - société civile et médias 	<ul style="list-style-type: none"> - visites de terrain : formations, rencontres partenariales, accueil d'agriculteurs ou d'étudiants (vergers AMELIE notamment) - bulletins techniques national (Arbo Bio Infos) et régionaux - articles de fond dans la presse agricole nationale ou régionale - outils du web - plaquettes d'information (plaquette de lancement et plaquette de synthèse à mi-parcours) - vidéo de synthèse en fin de projet - représentations extérieures : journées technico-économiques de l'amande, fêtes de l'amande...

Gouvernance du projet :



Contacts :

- **Communauté de communes Vallée des Baux-Alpilles (CCVBA) :**
Matthieu BAMEULE : matthieu.bameule@ccvba.fr

- **Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône (CA 13) :**
Jean-Michel MONTAGNON : jm.montagnon@bouches-du-rhone.chambagri.fr

- **Groupe de Recherche en Agriculture Biologique (GRAB) :**
Marion PILLOT : marion.pillot@grab.fr
François WARLOP : francois.warlop@grab.fr

BIBLIOGRAPHIE

- Monographie sur l'amandier du Ctifl (1997)
- Référentiel technique pour la culture de l'amandier en PACA, CRA PACA (2016-2017)
- L'amandier en culture biologique - Références technico-économiques en densité classique avec irrigation en Occitanie, CRA Occitanie (2017)
- Amande Française : bilan de marché et perception des professionnels, Ctifl (G. Christy, 2017)
- Recommandations relatives à l'alimentation, à l'activité physique et à la sédentarité pour les adultes, Santé publique France (2019)
- Articles scientifiques :
 - Ahrens S. et al. (2005) Almond (*Prunus dulcis* L.) Protein Quality. *Plant Foods for Human Nutrition*, 60:123-128.
 - Arambourg Y., Fauvel G., et Chevin H. (1983) *Eurytoma amygdali* END et sa présence en France. *Arboriculture fruitière*, 358 : 27-28.
 - Arias M. and Cacho A. (2015) Estudio de variedades de almendro y nuevos modelos de producción. Plantaciones en seto. *CICYTEX*, N° Identificación Interno del proyecto:LO11402028.
 - Arrouays D., Jolivet C., Boulonne L., Bodineau G., Saby N., et Grolleau E. (2002) Une initiative nouvelle en France : la mise en place d'un réseau multi-institutionnel de la mesure des qualités des sols (RMQS). *Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de Paris*, 88 : 93-103.
 - Baudry J., Pointereau P., Seconda L., Vidal R., Taupier-Letage B., Langevin B., Allès B., Galan P., Herberg S., Amiot M.J., Boizot-Szantai C., Hamza O., Cravedi J.P., Debrauwer L., Soler L.G., Lairon D., and Kesse-Guyot E. (2019) Improvement of diet sustainability with increased level of organic food in the diet: findings from the BioNutriNet cohort. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 109:1173-1188.
 - Cannavacciuolo M., Cassagne N., Riou V., Mulliez P., Chemidlin N., Dequiedt S., Villenave C., Cérémonie H., Cluzeau D., Cylly D., Vian J.F., Peigné J., Gontier L., Fourrié L., Maron P.A., D'oiron Verame E., et Ranjard L. (2017) Validation d'un tableau de bord d'indicateurs sur un réseau national de fermes en grande culture et en viticulture pour diagnostiquer la qualité biologique des sols agricole. *Innovations Agronomiques*, 55 : 41-54.
 - Doğanlar O., Yıldırım A.E., and Doğanlar M. (2006) Natural Enemy Complex of *Eurytoma Amygdali* Enderlein, 1907 (Hymenoptera, Eurytomidae) in Eastern Mediterranean Region of Turkey; Notes on Their Interaction and Effectiveness. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 2:282-286.
 - Dupraz C. et Liagre F. (2008) Agroforesterie - des arbres et des cultures. *Editions France Agricole*.
 - Duval H. (2006) Ravageur de l'amandier : mieux connaître « *E. amygdali* » Enderlein, *Arboriculture fruitière*, 602 : 28-31.
 - El-sayeb A.M., Mitchell V.J. and Suckling D.M. (2014) 6-Pentyl-2H-pyran-2-one: a potent peach-derived kairomone for New Zealand flower thrips, *Thrips obscuratus*. *J Chem Ecol*, 40:50-55.

- Garcin A. et Soing P. (2008) « Cultures fruitières : alternatives au désherbage chimique ». 246.
- Garcin A., Millan M., et Locquet B. (2014) L'abricotier en agriculture biologique : vers un verger écologiquement intensif et autonome en intrants ? *Infos Ctifl*, 301.
- Horrigue W., Dequiedt S., Chemidlin Prévost-Bouré N., Jolivet C., Saby N.P.A., Arrouays D., Bispo A., Maron P.A., and Ranjart L. (2016) Predictive Model of Soil Molecular Microbial Biomass. *Ecological Indicators*, 64:203-211.
- Kodad O., Estopanan G. et al. (2014) Oil content, fatty acid composition and tocopherol concentration in the Spanish almond genebank collection. *Scientia Horticulturae*, 117:99-107.
- Kouloussis N.A. and Katsoyannos B.I. (1991) Host discrimination and evidence for a host marking pheromone in the almond seed wasp, *Eurytoma amygdalus*, *Entomol.exp.appl.* 58:165-174.
- Kouloussis N.A. and Katsoyannos B.I. (1994) Adult response of the almond seed wasp, *Eurytoma amygdali*, to chemicals from its host and certain nonhosts. *Entomol.exp.appl.* 73:211- 220.
- Krokos F., Konstantopoulou M., and Mazomenos B. (2001) Alkadienes and alkenes, sex pheromone components of the almond seed wasp *Eurytoma amygdali*. *Journal of chemical Ecology*, 27:2169-2181.
- Loreau M. (2010) Linking biodiversity and ecosystems: towards a unifying ecological theory. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 365:49-60.
- Martin-Chave A. (2018) Facteurs de régulation naturelle des bio-agresseurs par les cortèges de prédateurs généralistes : effets microclimatiques dans un système maraîcher agroforestier biologique. *Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques*.
- Miarnau X., Torguet L., Batlle I., Romero A., Rovira M., and Alegre S. (2016) Comportamiento agronomico y productivo de las nuevas variedades de almendro. *Revista de Fruticultura Especial* 2016, 42.
- Plaut H.N. (1971) On the biology of the adults of the almond wasp, *Eurytoma amygdali* End. In Israel. *Bull.Entomol.Res.*, 61:275-281.
- Plaut H.N. (1972) On the biology of the immature stages of the almond wasp, *Eurytoma amygdali* End. In Israel. *Bull. Entomol. Res.*, 61:681-687.
- Rehm C.D. and Drewnowski A. (2017) Replacing American snacks with tree nuts increase consumption of key nutrients among US children and adults: results of an NHANES modeling study. *Nutr J.*, 16:17.
- Sathe S.K. et al. (2008) Fatty Acid Composition of California Grown Almonds. *Journal of Food Science*, 73:9.
- Smith J. (2010) Agroforestry: Reconciling Production with Protection of the Environment. *The Organic Research Centre, Elm Farm*.
- Talhok A.S. (1977) Contributions to the knowledge of almond pests in East Mediterranean countries. V. The fruit-feeding insects, *Eurytoma amygdali* End, and *Anarsia lineatella* Z., *Zeitschrift fur Angewandte Entomologie*, 83:145-154.

Terrat S., Horrigue W., Dequiedt S., Saby N.P.A., Lelièvre M., Nowak V., Tripied J., Régnier T., Jolivet C., Arrouays D., Wincker P., Cruaud C., Karimi B., Bispo A., Maron P.A., Chemidlin Prévost-Bouré N., and Ranjard L. (2017) Mapping and predictive variations of soil bacterial richness across France. *PLoS One*, 12.

Tomé H.V., Barbosa W.F., Martins G.F., and Guedes R.N. (2015) Spinosad in the native stingless bee *Melipona quadrifasciata*: Regrettable non-target toxicity of a bioinsecticide. *Chemosphere*, 103-109.