



Test de prototypes du projet Matagraf en 2014 sur le domaine de Plumecoq.



Jean-Marie Leclercq, CEP-Consulting

Frédéric Salomé, CAVI (Compagnie des Agrafes à Vigne)

Johnny Beaugrand, INRA

Christophe Bliard, CNRS

Avec la collaboration du Comité Champagne

Naissance de la première agrafe biosourcée et biodégradable

Témoignages de différents acteurs

La problématique

Constat

Les agrafes en plastique pour le palissage représentent un gisement d'environ 3 kg/ha/an soit près de 100 tonnes de plastique/an sur la Champagne.

Les problèmes à résoudre

- Trouver une matière 100 % origine végétale de source française, économique, fiable et biodégradable *in situ*.
- Process Industriel à concevoir : savoir injecter la matière et créer des nouveaux moules.

Les objectifs à atteindre

- Maîtrise de la dégradation physico-chimique.
- Mesure de la dégradation biologique.

Historique du projet

Vu par le fabricant, la société CAVI



Frédéric Salomé. Directeur Recherche et Développement (société CAVI)

Les sociétés CB et GNP fabriquent depuis 1987 des agrafes plastiques photodégradables. Ces agrafes ont rencontré un très gros succès car elles ont permis une rationalisation du travail de la vigne et évité la tâche fastidieuse du ramassage des agrafes dans les vignes en fin de saison.

Ces agrafes à vigne pétrosourcées correspondent parfaitement au cahier des charges d'utilisation. Elles sont très résistantes à la pose puis elles subissent avec les UV un processus de dégradation physico-chimique qui leurs permettent de casser facilement et sans effort après la vendange. Elles tombent au sol, se fragmentent et disparaissent visuellement, mais le plastique ne se biodégrade pas.



Agrafe classique autocassante pétrosourcée.



"Végéclip" : compostable fabriquée à base de résidus de maïs.

En 2000, CB commence à chercher une matière biodégradable pour remplacer l'agrafe pétrosourcée. En 2004, elle crée l'agrafe VEGECLIP, fabriquée entièrement en matière biosourcée. Mais nous nous apercevons que l'agrafe biosourcée VEGECLIP ne répond pas à la problématique de la fin de vie, elle n'est pas biodégradable sur le sol de vigne mais seulement en compost industriel. De plus, elle répond mal au cahier des charges de l'agrafe

pétrosourcée. Selon les formulations, soit elle est trop résistante et ne casse pas correctement en fin de saison, soit elle est trop fragile et casse peu de temps après la pause.

C'est après avoir remporté l'appel à projet Anaxagore lancé par le Comité Champagne et le Pôle IAR en 2012, que nous pouvons démarrer une recherche avec des partenaires académiques et industriels afin de pouvoir créer et fabriquer une matière 100 % biosourcée et biodégradable *in situ*.

C'est le démarrage du programme de recherche "Matagraf" dont le consortium est constitué de l'INRA et du CNRS pour les partenaires académiques et de CB, Plastique d'Argonne, et FRD pour les partenaires industriels. De cette recherche sortira une nouvelle matière 100 % biosourcée d'origine française et biodégradable *in situ*.

C'est la naissance de l'agrafe biosourcée VGM100 (Vegetal Green Material).

Une nouvelle entité est alors créée, la société CAVI (la Compagnie des Agrafes à Vigne) réunissant CB et GNP, les deux spécialistes de la fabrication et de la vente d'agrafes pour le palissage de la vigne afin de mettre en œuvre le process industriel et de promouvoir la vente de cette nouvelle agrafe biodégradable.

PROJET ANAXAGORE



Le programme Anaxagore

Ce partenariat entre le Comité Champagne et le Pôle IAR, soutenu par la Région Grand Est, a permis de faire émerger entre 2010 et 2016, 23 projets de recherche appliquée visant à :

- substituer les intrants d'origine fossile utilisés par la filière Champagne par des produits biosourcés,
- optimiser la valorisation des sous-produits viti-vinicoles.

Le projet Matagraf présenté ici a été retenu lors du second appel à projet d'avril 2012, avec un consortium de 5 partenaires :

- 3 partenaires industriels : CAVI/Agrafes CB, Plastiques d'Argonne, FRD (Fibres Recherche & Développement),
- 2 partenaires académiques : INRA unité FARE (Fractionnement des AgroRessources et Environnement), CNRS.

Vu par le CNRS



Dr. Christophe Bliard (CNRS)

La première rencontre avec Frédéric Salomé avait été vers les années 2000 lors d'un salon au centre des congrès de Reims où il me présentait ses agrafes photodégradable, puis dégradables et issues de plastique biosourcé. Etant moi-même engagé, depuis plusieurs années déjà, dans une équipe du laboratoire de chimie du CNRS de

Reims, qui deviendrait plus tard l'Institut de Chimie Moléculaire de Reims dans le développement des matériaux plastiques à base de matériaux issus de la nature, nous avons rapidement parlé des différents problèmes associés aux matières plastiques : origine fossile, origine naturelle dégradable vs fragmentable biodégradable bio-assimilables etc. Nous étions visiblement déjà sur la même longueur d'onde et nous nous sommes quittés en nous disant qu'il restait encore un grand nombre de problèmes à régler et qu'il allait falloir trouver un moyen de travailler ensemble pour essayer d'avancer dans ce domaine.

Nous nous sommes ensuite revus de loin en loin sans oublier notre projet de départ. Il a fallu plusieurs années pour arriver à trouver les différents acteurs et les mécanismes d'organisation et

réunir, autour du projet Matagraf du programme Anaxagore, tous les moyens permettant de réaliser ce projet.

Les premiers essais d'injection de matière réalisés en condition réelle chez le partenaire "Plastiques d'Argonne", loin d'être couronnés de succès, se sont rapidement soldés par de la casse machine, du bouchage de buses d'injection et de la casse de moules ! Au lieu de se faire mettre à la porte à grands coups de botte, comme on aurait pu s'y attendre, le patron, Jean-Michel Curaté, nous disait : "Ne vous en faites pas, ça arrive, il faut continuer, c'est normal, ça fait partie des problèmes, il faut mettre au point". Finalement après un grand nombre d'essais et après avoir testé et abandonné un grand nombre de voies, nous avons fini par avancer et trouver une matière et des formulations qui répondaient au cahier des charges.

Ce cahier des charges demandait presque l'impossible à cette petite agrafe. Elle devait au moment du palissage être résistante, autant que ses compétitrices, être biosourcée, c'est-à-dire faite de matériaux issus de la nature, résister à la pluie, au soleil, au vent, à la rosée du matin et à la chaleur des après-midis d'été ; puis, soudain après les vendanges, se laisser casser d'un simple revers de doigt ou d'une légère pression sur les fils, pour se fragmenter ensuite et être décomposée rapidement par les microorganismes en retour-

nant au sol, sans laisser de trace ! Tout cela bien sûr en étant injectable dans une presse classique à une cadence industrielle !...

Ce programme de recherche plein de rebondissements fut très enrichissant d'expériences partagées entre des mondes différents : ceux de la vigne, de l'industrie, des centres de transfert et des centres de recherche. Chacun a su mettre en commun le meilleur de son savoir et son savoir-faire pour mener à bien ce projet, démontrant du même coup la faisabilité d'un tel projet du fondamental vers l'appliqué.

Les retours d'information se passaient toujours directement et avec une grande efficacité. La rapidité de la mise sur le marché de ces agrafes en est la démonstration. **Cette expérience de travail en commun a été mutuellement profitable**, permettant à chacun d'avoir une lucarne de compréhension des contraintes de chacun dans des horizons très différents et sera, je l'espère à l'avenir, l'exemple d'un travail de collaboration fructueuse à renouveler !

Vu par l'INRA

Lors de notre première discussion avec Frédéric Salomé, les portées scientifiques, environnementales et économiques de son projet sont ressorties comme des évidences. Malgré les bonnes volontés, il faut du temps, souvent au-delà d'une année, entre le moment où une idée originale germe et le début de



Dr Johnny Beaugrand
(Directeur de recherche INRA Sciences)

sa mise en œuvre dans un cadre de recherche contractuel, comme le fût ce projet. De par ses ambitions, en premier lieu la diminution de l'empreinte environnementale d'un produit largement utilisé dans le monde entier, et d'être ancré intrinsèquement dans une volonté de bioéconomie circulaire, le projet fut expertisé favorablement par le Comité Champagne, soutenu activement par le Pôle de la Bioéconomie IAR, puis soutenu financièrement par la région.

Et c'est donc en cohérence parfaite avec mes missions de chercheur au sein de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) que j'ai pu contribuer à mettre notre collectif de recherche à contribution. Dans ce projet, nous nous sommes attelés à conduire des recherches qui ont des impacts pour la société et les acteurs économiques, comme CAVI. Les grands thèmes ciblés avec passion par Frédéric Salomé étaient ceux d'une ressource biosourcée et biodégradable pour élaborer ces agrafes de vignes.

Très vite, nous avons convenu que notre cahier des charges, en plus des contraintes techniques et économiques, devait logiquement inclure que les agrafes devaient, en fin de service, disparaître au sol. **C'est sans doute le caractère le plus novateur de ces agrafes, qu'elles ne disparaissent pas seulement "visuellement", car une fragmentation en petits morceaux non-biodégradables pourraient en quelque sorte "polluer" le sol.** Donc, nous avons vérifié que l'agrafe se morcelait, mais aussi que le carbone issu de la photosynthèse qu'elle contient retournait bien au sol ou dans l'atmosphère, autrement dit que l'agrafe était assimilée par son environnement sans ambiguïté. Concrètement avec mes collègues

de l'INRA et du CNRS, ainsi que d'une société de droit privé FRD, nous avons mélangé des matières premières et en avons fait des agrafes, des agromatériaux, sur lesquels nous avons caractérisé les performances mécaniques au cours d'une saison et évalué leurs empreintes environnementales.

La mise au point de protocoles de test

En parallèle du projet Matagraf, CEP Consulting a travaillé sur la mise au point des protocoles de tests permettant de mesurer le taux de dégradation d'une agrafe







Jean-Marie Leclercq (CEP Consulting)

in situ et dans les conditions habituelles d'utilisation. L'objectif à atteindre est donc de reproduire les différentes étapes de dégradations des agrafes, à savoir la



Les agrafes sont enterrées pendant 6 mois.

Processus de dégradation des agrafes

Etat	Etape	Phase	Action
 Position sur fil releveur	1 ^{re} étape hors sol	Fragmentation	Physico-chimique Soleil, eau, température,...
 Casse à la taille			Mécanique Homme, machine
 Tombée sur le sol	2 ^e étape sur le sol	Décomposition	Biologique Champignons, protozoaires
 Enfoui	3 ^e étape dans le sol		Bactéries

CEP-Consulting 2014

fragmentation, puis, la décomposition.

La fragmentation se produit sous l'effet de multiples facteurs comme l'action des UV, de l'humidité, du soleil, des variations de température... la substance va se casser en morceaux plus ou moins gros. Lors de cette première étape, l'agrafe est hors-sol, sur les fils releveurs, généralement entre mai et octobre. Cette étape correspondant à une perte de résistance mécanique. C'est une dégradation physico-chimique.

La décomposition se produit sous l'effet d'organismes vivants, bactéries, champignons, algues... la substance va être assimilée et décomposée plus ou moins rapidement. Lors de cette seconde étape, l'agrafe,

tombée sur le sol, va subir une dégradation biologique grâce aux champignons et aux protozoaires présents sur le sol. Cette dégradation est plus ou moins accélérée par une augmentation de la fragmentation liée à l'écrasement lors des passages sur le sol des hommes et des machines.

Au fil du temps, l'agrafe s'enfonce dans le sol et va alors subir une dégradation biologique grâce aux bactéries présentes dans le sol. C'est la troisième étape de la dégradation.

CEP-Consulting a donc travaillé sur un protocole reproduisant les trois étapes de dégradation : l'étape hors sol d'une durée de 4 mois, l'étape sur le sol d'une durée de 3 mois et l'étape dans le sol d'une durée de 6 mois.

Les agrafes sont testées mécaniquement afin de mesurer la résistance initiale. Une centaine d'agrafes du même lot sont posées dans les vignes courant juin. Elles vont rester en place sur les fils releveurs pendant 4 mois, puis de nouveau elles sont testées afin de connaître leur résistance résiduelle. Elles sont alors pesées puis posées sur le sol pendant 3 mois d'octobre à janvier. Au terme des 3 mois sur le sol, elles sont enterrées à une profondeur de 10-15 cm pendant une durée de 6 mois de janvier à juillet. Au terme de cette période de 13 mois, les agrafes sont déterrées, lavées, séchées naturellement pendant 8 jours puis pesées. La différence de masse entre la première pesée d'octobre et la seconde de juillet, permet de calculer le taux de perte de masse (voir figure 1).

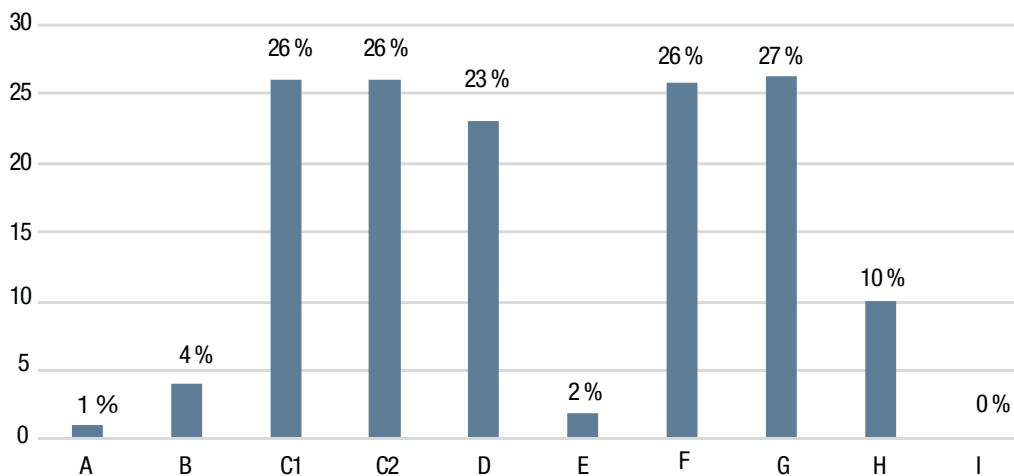


Figure 1. Taux de dégradabilité de 10 agrafes différentes (en %). Source CEP-Consulting.



CEP-Consulting



CEP-Consulting

Etat de deux types d'agrafes à la fin du protocole de test.

% perte de masse	Niveau de dégradation biologique	Note de dégradation biologique
< à 3 %	Aucune dégradation biologique	D
4 à 9 %	Très faible dégradation	C
10 à 20 %	Dégradation biologique moyenne	B
> 20 %	Rapide et forte dégradation biologique	A

Echelle de dégradation biologique définie par CEP-Consulting.



La perte de masse est le paramètre technique à prendre en compte pour évaluer la dégradation biologique.

Les premiers tests de dégradation biologique ont débuté en 2014, dès l'apparition des nouvelles matières biosourcées utilisées en viticulture. Et sur la période de 2014 à 2017, les tests de perte de masse ont été réalisés sur 16 modèles d'agrafes afin de valider le protocole de mesure et de définir une échelle de dégradation biologique. Ce protocole est consultable sur le site cep-consulting.fr.

Une agrafe ayant perdu plus 20 % de sa masse après avoir été posée 4 mois dans les vignes, puis 3 mois sur le sol et enfin 6 mois dans le sol, bénéficie du certificat de dégradation biologique de CEP-Consulting. Les essais complémentaires, qui ont été menés en Champagne dans le cadre du projet MATAGRAF 2017, en relation

avec l'INRA et CB, ont mis en évidence que la perte de masse correspondait bien à une minéralisation des agrafes.

A retenir

- Ce n'est pas parce qu'on utilise une matière première dont l'origine est issue d'une source renouvelable (biosourcée) que l'agrafe sera dégradable.
- Ce n'est pas parce que la matière est compostable que l'agrafe va se dégrader naturellement dans le sol. Pour mesurer la dégradation *in situ* d'une agrafe, CEP a inventé le premier "cimetière à agrafes" afin de mesurer la réelle perte de masse des agrafes !

