



ECOPAD : LA VOIE VERS L'AGRO-ÉCOLOGIE

Plateforme de collaboration
transfrontalière pour le maraîchage
et les légumes d'industrie

RAISONNER LA
PROTECTION CONTRE
LES MALADIES FOLIAIRES
DE LA CAROTTE

POCHETTE DE
FICHES TECHNIQUES

Réalisée dans le cadre du programme transfrontalier Interreg V France/Wallonie/Flandre, avec le soutien du Fonds Européen de Développement Régional, de la Région Hauts-de-France, de la Wallonie et de la Province de Flandre Orientale et Occidentale.



PARTENAIRES



Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen vzw (PCG)

Karreweg 6, B-9770 Kruishoutem, Belgique

Tél : 0032(0)9 381 86 86

Site internet : www.pcgroenteteelt.be | Courriel : pcg@pcgroenteteelt.be



Inagro vzw

Ieperseweg 87, B-8800 Rumbeke-Beitem, Belgique

Tél : 0032(0)51 27 3200

Site internet : www.inagro.be | Courriel : info@inagro.be



Centre pour l'Agronomie et l'Agro-industrie de la Province de Hainaut (Carah)

Rue de l'agriculture 301, B-7800 Ath, Belgique

Tél : 0032(0)68 26 46 50

Site internet : www.carah.be | Courriel : info@carah.be



FREDON Hauts-de-France

Sites de Loos-en-Gohelle :

21 et 265, rue Becquerel
62750 Loos-en-Gohelle, France

Tél : 0033(0)3 21 08 62 90

Site d'Amiens :

19 bis, rue Alexandre Dumas
80096 Amiens Cedex 3, France

Tél : 0033(0)3 22 33 67 10

Site internet : www.fredon.fr/hauts-de-france | Courriel : fredon@fredon-hdf.fr



Interprofession des légumes en conserve & surgelés (Unilet)

45, Avenue Paul Claudel, 80480 Dury, France

Tél : 0033(0)3 22 45 41 09

Site internet : www.unilet.fr | Courriel : dury@unilet.fr



Chambre d'Agriculture interdepartementale Nord Pas-de-Calais

Cité de l'agriculture, 56 avenue Roger Salengro, 62223 Saint Laurent Blangy, France

Tél : 0033(0)3 21 60 57 57

Site internet : www.agriculture-npdc.fr | Courriel : contact@npdc.chambagri.fr



Pôle Légumes Région Nord

209, route d'Estaires, 62840 Lorgies, France

Tél : 0033(0)3 21 52 83 99

Site internet : www.agriculture-npdc.fr | Courriel : plrn@wanadoo.fr

RAISONNER LA PROTECTION CONTRE LES MALADIES FOLIAIRES DE LA CAROTTE

¹M. Legrand – ²A.Tack – ³H.Wera

¹UNILET – ²PCG – ³CARAH

En 2019, environ 3 100 ha de carottes étaient cultivés en région flamande, 2 600 ha en Hauts-de-France, et 900 en région wallonne. Il s'agit donc d'une production importante : les Hauts-de-France représentent la 2ème région de production en France derrière la Nouvelle-Aquitaine. Les carottes, qu'elles soient de type Amsterdam, Flakkee ou nantaises, sont principalement touchées par deux maladies du feuillage : l'alternariose et l'oïdium.

Les symptômes et conditions de développement sont très différents les uns des autres, mais ces deux champignons ont en commun une nuisibilité potentielle élevée. La nuisibilité est directe par la limitation de la photosynthèse suite à la destruction du feuillage. Elle est aussi indirecte, notamment sur les carottes de type Amsterdam. En effet, sur ce type de carotte, la récolte se réalise principalement par préemption du feuillage. Et si celui-ci n'est pas assez résistant, une partie des carottes sont laissées en terre.

PRÉSENTATION DES MALADIES DE LA CAROTTE

L'*alternariose* est la maladie la plus fréquente en culture de carotte. Plusieurs espèces de champignons peuvent être à l'origine des symptômes mais *Alternaria dauci* est le plus souvent identifié. Les dégâts se manifestent d'abord sous forme de taches décolorées ou jaunes sur le feuillage, puis prennent l'aspect de brûlures sur le bord des folioles. Si les conditions sont favorables au champignon, les folioles se nécrosent jusqu'à atteindre une destruction du feuillage plus ou moins importante selon l'intensité de l'attaque et sa précocité. L'*alternariose* apparaît surtout en conditions chaudes (températures proches de 25°C) et humides : les épidémies sont habituellement observées d'août à septembre. Certaines configurations de parcelles (proximité d'un bois) favorisent son développement grâce à un microclimat plus chaud et plus humide. Le champignon s'installe aussi parfois en saprophyte, à partir de feuilles dégradées et sénescentes. Il peut survivre sous forme de spores (appelées conidies) ou de mycélium au niveau des semences, des débris végétaux, sur carottes d'hiver ou ombellifères sauvages.



▲ **Photo 1:** Les dégâts d'*alternariose* se manifestent d'abord sous forme de taches décolorées ou jaunes sur le feuillage, puis prennent l'aspect de brûlures sur le bord des folioles. (Source : Unilet)



▲ **Photo 2:** Un feutrage blanc et pulvérulent sur le feuillage, des symptômes typiques pour l'oïdium. (Source : PCG)

La protection fongicide est essentiellement préventive compte tenu du caractère explosif de ces maladies. 1 à 2 interventions sont réalisées en moyenne sur les carottes à cycle court, jusqu'à 4 ou 5 sur les cycles les plus longs. Sur les carottes destinées à la transformation, le choix des variétés se fait en premier lieu sur des critères « industriels » (taux de matière sèche, couleur, rendement...).

Le comportement face aux maladies est secondaire, ce qui explique une connaissance limitée des sensibilités aux maladies. De plus, le panel de variétés est restreint et se renouvelle peu.

MÉTHODOLOGIE

Afin de pouvoir comparer les résultats entre stations, les protocoles et techniques de notations ont été élaborés en commun. La présence de *alternaria* et de l'oïdium est suivie sur un échantillon de 50 plantes par micro-parcelle sur carotte Amsterdam et sur 50 à 100 feuilles sur nantaise ou carotte de type Flakkee. Les notations ont lieu avant chaque intervention ou pour les essais et modalités sans traitement tous les 14 jours, à partir du moment où le feuillage couvre les inter-rangs et jusqu'à la récolte.

Les essais d'évaluation de sensibilité variétales sont conduits avec les mêmes lots de semences pour chaque variété, partagé entre les 3 stations d'expérimentation.

PRINCIPAUX RÉSULTATS

Etude de la sensibilité variétale sur carotte Amsterdam

Au cours du programme, 3 essais variétaux (1 par an), ont été conduits sur carotte Amsterdam par l'UNILET. Les six principales variétés cultivées pour ce type de culture sont évaluées. En 2018, chaque variété bénéficie d'une évaluation avec et sans protection fongicide (1 seul traitement réalisé 13 jours avant la récolte).

Le pourcentage de plantes atteintes par *alternaria* varie nettement selon les années, c'est-à-dire selon les conditions climatiques. Toutes les variétés s'avèrent sensibles à *alternaria*. En conditions de forte pression (essai de 2018), SALTO est la moins touchée (53% de plantes atteintes tout de même). MAXI est hyper sensible avec 97% de plantes attaquées. L'effet de la protection fongicide est perceptible (38% de plantes touchées en moins) avec SOLO, il est quasiment nul sur SALTO, faible (inférieur à 22%) sur les autres variétés.

Dans le cadre du projet ECOPAD, les stations du CARAH, du PCG et de l'UNILET ont eu pour ambition d'étudier les leviers permettant de réduire la dépendance aux produits phytosanitaires de synthèse :

- Différences de sensibilité variétale.
- Outils d'Aide à la Décision (OAD),
- Produits de biocontrôle.

Pour les essais concernant la mise au point d'Outils d'Aide à la Décision (OAD), les traitements sont réalisés systématiquement avec le même fongicide afin de s'affranchir de différences d'efficacité ou de rémanence, et de comparer uniquement l'effet de la cadence et de la durée de protection. La première application est déclenchée à la couverture des inter-rangs et renouvelée tous les 14 à 21 jours, selon les modalités, avec un cumul de 2 à 5 traitements.

Le rendement varie d'abord en fonction des conditions de l'année. La corrélation avec *alternaria* semble peu évidente

Les rendements varient aussi en fonction des variétés, avec des différences qui peuvent atteindre +/- 25%, que les cultures soient protégées ou pas. En 2018, AMROLA et SOLO gagnent 14 à 15% de rendement avec un traitement fongicide, mais seulement 2 à 3% en 2019. L'effet de cette protection est limité pour MAXI (+ 9%), négligeable pour ABK et SALTO. L'intérêt de la protection fongicide est donc loin d'être systématique et évident.

▼ **Tableau 1:** pourcentage de plantes atteintes par l'*alternaria* sur carotte Amsterdam

	Pourcentage de plantes atteintes			Réduction du pourcentage de plantes atteintes
	2017	2018	2019	2018
ABK Non Traité	16	87		
ABK Traité		65		22
AMFINE Non Traité	25	75		
AMFINE Traité		55		20
AMROLA Non Traité	27	68	41	
AMROLA Traité		57	43	11
MAXI Non Traité	16	97		
MAXI Traité		82		15
SALTO Non Traité	17	53		
SALTO Traité		49		4
SOLO Non Traité	18	65	44	
SOLO Traité		27	47	38
moyenne Non Traité	20	74	43	
moyenne Traité		56	45	18

▼ **Tableau 2:** rendements nets sur carotte Amsterdam

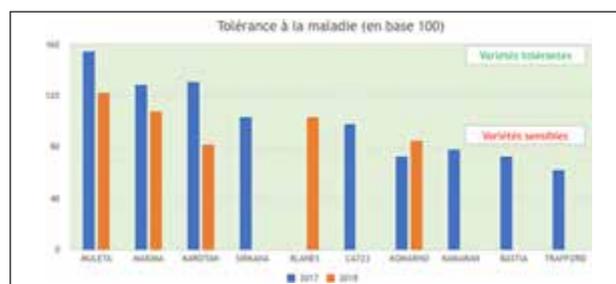
	Rendement net (t/ha)			Gain de rendement permis par la protection fongicide
	2017	2018	2019	2018
ABK Non Traité	58,3	48,3		
ABK Traité		50,0		4%
AMFINE Non Traité	58,9	53,3		
AMFINE Traité		59,6		12%
AMROLA Non Traité	54,9	40,3	33,9	
AMROLA Traité		46,5	34,7	15%
MAXI Non Traité	59,4	51,8		
MAXI Traité		56,5		9%
SALTO Non Traité	64,1	50,0		
SALTO Traité		50,3		1%
SOLO Non Traité	56,4	47,3	34,0	
SOLO Traité		54,1	35,0	14%
moyenne Non Traité	58,7	48,5	34,0	
moyenne Traité		52,8	34,9	9%

Etude de la sensibilité variétale sur carotte nantaise et Flakkee

Douze essais ont été mis en place (1 par station par an) comparant les variétés en conditions non traitées. L'essai de 2017 conduit par le PCG a dû être abandonné en raison d'une levée trop hétérogène pour évaluer correctement le comportement des variétés.

Quinze variétés ont été testées, correspondant aux variétés les plus cultivées dans les 3 régions de production de Flandre, de Wallonie et de Hauts-de-France. Malgré des pressions de maladies très variables (de 0 à 88% de feuilles atteintes et jusqu'à 36% de surface foliaire détruite), peu de différences sont constatées entre variétés : toutes s'avèrent sensibles à l'*alternaria*. Des écarts peuvent être visibles en début d'attaque mais lorsque la maladie se développe, le comportement des variétés s'homogénéise. Le pourcentage de feuilles atteintes varie au plus de 21% et le pourcentage de surface foliaire touchée de 23%. L'intensité des attaques varie surtout en fonction des conditions climatiques.

En ce qui concerne l'oïdium, MULETA s'est montrée significativement et systématiquement moins touchée dans les 4 essais où la variété a été testée. Les variétés BASTIA, BLANES, CA 723, EXTREMO, KAMARAN, KAROTAN, KOMARNO, MAXIMA et SIRKANA présentent un comportement intermédiaire ou irrégulier. TRAFFORD s'est montrée très sensible. Les résultats sont insuffisants pour permettre de classer les autres variétés.



▲ **Figure 1:** Sensibilité variétale sur carotte nantaise et Flakkee vis-à-vis de l'oïdium

Les Outils d'Aide à la Décision (OAD)

Les essais de raisonnement des interventions débutent en 2019 avec 1 essai mis en place par chacune des stations d'expérimentation.

Les résultats permettent d'observer l'importance d'une protection fongicide, avec des pertes de rendements qui peuvent atteindre près de 30% en l'absence de protection. Toutefois, dans ces essais, une réduction de 40 à 50% de l'indice de fréquence de traitement n'est pas préjudiciable à la productivité, à condition de positionner les traitements en

début d'attaque. En effet, l'impact des maladies (*alternaria* ou oïdium) sur le rendement ne dépend pas seulement de son intensité, il est aussi lié à sa date d'apparition. Et l'effet des fongicides (et l'intérêt des interventions) décroît avec l'avancement de la culture.

Pour gagner en efficacité mais aussi limiter autant que possible les traitements, un Outil d'Aide à la Décision (OAD) a été testé par l'UNILET en 2020. Il s'agit d'un logiciel fonctionnant à partir des données fournies par une station météo-

rologique LEMKEN, implantée dans la parcelle de carottes. Un modèle fournit une prévision des risques : moyen (alerte jaune), élevée (alerte orange) ou extrême (alerte rouge). Grâce à une application, le suivi du niveau de risques et les alertes peuvent être directement signalées sur le téléphone portable du producteur ou de son conseiller. 3 stratégies ont été testées : déclenchement de la protection fongicide à partir des différents niveaux d'alerte (jaune, orange ou rouge). Une fois le traitement effectué, la culture est considérée comme étant protégée pour une durée de 14 jours. La reprise de la protection est ensuite fonction du niveau de risques prévu par le logiciel. Ces stratégies ont été comparées à un itinéraire de référence traité 4 fois, tous les 14 jours, à partir du moment où la végétation couvre la totalité du sol. Un témoin non protégé est également intégré au dispositif.

À la récolte le 6 octobre, nous pouvons observer dans le Témoin que la surface du feuillage est touchée à 30% par l'oïdium et 15% par *l'alternaria*. Le rendement brut est faible avec seulement 63,5 t/ha. Après 4 interventions fongicides, l'itinéraire de référence ne permet qu'une faible réduction des dégâts sur les feuilles en raison d'un développement tardif des maladies dans cette modalité mais le rendement est bien préservé avec 78,7 t/ha (plus 24% par rapport au Témoin). Les itinéraires protégés à partir de l'indication d'un risque moyen ou élevé sont proches entre eux. Ils ont conduit à déclencher 3 traitements, quasiment aux mêmes dates. La première intervention est retardée de 8 jours par rapport à la référence. Elle a dû être renouvelée au bout de 14 jours puis un délai de 27 et 29 jours (selon le seuil choisi) est laissé entre le 2ème et le 3ème traitement., aucun risque d'*alternaria* n'étant indiqué par le modèle. Cette économie de traitement ne porte pas préjudice au rendement, comparable à la référence. Le décalage de 6 à 8 jours du dernier traitement semble même avoir profité à la qualité de protection du feuillage, qui est pratiquement indemne d'oïdium (moins de 4%), et nettement moins atteint par *l'alternaria* (4 à 8%). En revanche, la stratégie consistant

L'intérêt des produits de bio-contrôle

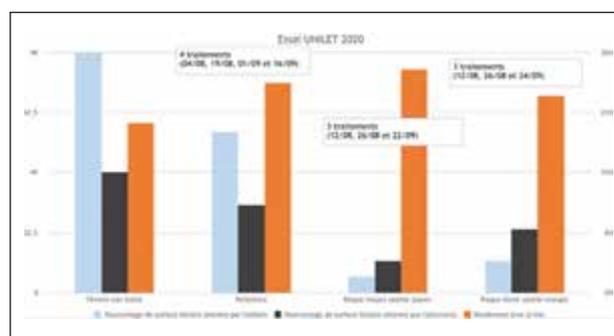
Deux nouveaux produits de biocontrôle ont été testés en 2020. Malheureusement dans le premier essai, l'efficacité de la protection semble liée uniquement aux deux premières interventions réalisées à l'aide de produits conventionnels. L'absence de maladie dans le 2ème l'essai ne permet pas davantage d'évaluer l'intérêt des produits. Les travaux doivent donc se poursuivre pour vérifier l'intérêt de ces nouveautés.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Seule la variété MULETTA semble significativement moins sensible à l'oïdium. Les différences entre variétés sont peu importantes et le niveau de développement de *l'alternaria* et de l'oïdium dépend surtout des conditions climatiques. Les travaux ont permis de démontrer que l'incidence des maladies sur le rendement était faible sur carotte Amsterdam, mais pouvait atteindre jusqu'à 1/3 du rendement sur carotte nantaise

	UNILET	CARAH	PCG
Date d'observation	2-oct.	18-nov.	20-nov.
Délai après traitement	T5 + 28	T5 + 59	T5 + 48
MULETA - 5 traitements	131,9	135,7	-
MULETA - Non traitée	107,9	134,8	-
EXTREMO - 5 traitements	102,4	138,3	98
EXTREMO - 3 traitements précoces	102	139,7	107
EXTREMO - 3 traitements tardifs	87,1	131,2	95
EXTREMO - 5 traitements à demi-dose	-	138,2	93
EXTREMO - Non traitée	-	113,5	75
KOMARNO - 5 traitements	-	-	115,3
KOMARNO - Non traitée	-	-	83,4

▲ **Tableau 3:** Effet de la stratégie de protection fongicide sur le rendement



▲ **Figure 2:** Etude de l'intérêt d'un Outil d'Aide à la Décision pour lutter contre les maladies foliaires de la carotte

à n'intervenir qu'à partir d'un risque extrême ne s'avère pas satisfaisante : ce seuil n'a jamais été atteint. Les résultats sont donc comparables au Témoin non traité.

Signalons toutefois que les produits à base de soufre, dont l'intérêt sur oïdium n'est plus à démontrer figurent parmi les produits de biocontrôle. En France ESSEN'CIEL, LIMOCIDE et PREV-AM PLUS, à base d'huile essentielle d'orange sont également autorisés. Quoique sensiblement moins efficaces que les produits à base de soufre, ils peuvent présenter un intérêt.

ou Flakkee. Une protection fongicide peut donc s'avérer indispensable. Les essais ont permis d'identifier un OAD permettant d'orienter la stratégie de protection. Cet outil semble assurer la qualité de protection et préserver le rendement, tout en permettant des économies de traitements. Les travaux devront se poursuivre pour affiner les stratégies de protection et valider la pertinence du modèle.