



Courgette

Evaluation de variétés résistantes au ToLCNDV

2025

Hindi BOOLELL, Claire GOILLON – APREL

Loïc BASNOVILLE – CETA du Soleil

Eric VERDIN, Cécile DESBIEZ, Catherine RYS, Adriana PATTHAMAPORNSIRIKUL – INRAE Unité Pathologie Végétale

Essai rattaché au projet VIRTIGATION : *Emerging viral diseases in tomatoes and cucurbits : Implementation of mitigation strategies for durable disease management*

Action A939



Résumé

Le virus ToLCNDV (Tomato leaf curl New Delhi virus) est un virus qui a engendré de nombreuses pertes de culture sur courgette en 2023 en Provence. Face à ce constat alarmant, l'APREL a mené une 2^{ème} année d'essai afin d'évaluer de nouvelles variétés résistantes à ce virus en condition plein champ, sur une plantation au 29 juillet.

Des symptômes viraux sur plantes et fruits ont été observés sur toutes les variétés dès la 1^{ère} semaine de récolte engendrant par la suite un rendement non satisfaisant même pour les variétés résistantes.

L'analyse des virus a révélé la présence du ToLCNDV sur toutes les variétés résistantes, sur 50 à 90% des plantes testées, et 100% pour le témoin sensible. L'état sanitaire des plantes sur cet essai n'a donc pas permis de réaliser une évaluation agronomique fiable des variétés proposées.

La résistance variétale au ToLCNDV permet de résister au virus jusqu'à un certain niveau de pression, mais n'est pas suffisante. D'autres mesures prophylactiques doivent être mise en place pour minimiser les risques de perte significatif de rendement sur le créneau de production tardif.

Mots clés : courgette, variété, virus, ToLCNDV, créneau tardif

Réalisé avec le soutien financier de :



Virtigation

**REGION
SUD**

**PROVENCE
ALPES
CÔTE D'AZUR**

1 - Contexte et objectifs de l'essai

Le ToLCNDV est un virus émergent de quarantaine qui a été signalé en France (régions SUD-PACA et Occitanie) pour la première fois en 2020 sur courgette. Depuis 2022, les cas deviennent plus fréquents et plus intenses en Provence. Le ToLCNDV est transmis sur cucurbitacées par l'aleurode *Bemisia tabaci*, présente en particulier en fin d'été sur toutes les cultures maraîchères. Compte tenu de la restriction des traitements phytosanitaires et de la facilité de transmission par le vecteur, le levier variétal reste à ce jour la meilleure méthode de protection.

L'APREL conduit depuis 2024 des travaux visant à évaluer les performances de plusieurs variétés tolérantes au ToLCNDV ainsi que leur comportement face au virus pour pouvoir proposer aux producteurs des alternatives aux variétés actuelles, sensibles à ce virus. Dans le cadre du projet VIRTIGATION, la collaboration avec l'INRAE permet d'analyser précisément les virus occasionnant les symptômes observés dans les essais.

2 - Facteurs et modalités étudiés

Tableau 1 : Liste des variétés testées dans l'essai en 2025 offrant des résistances au ToLCNDV

	Variété	Société	Résistances IR
1	Zefiros	Syngenta	ZYMV, CMV, WMV, PRSV, Gc-Px
2	E28Z.00826.	Enza	ZYMV, WMV, PRSV, Px, ToLCDNV
3	Delhirium (N163)	Gautier	ZYMV, CMV, WMV, Px, ToLCDNV
4	Delhixir (N164)	Gautier	ZYMV, CMV, WMV, Px, ToLCDNV
5	N165	Gautier	ZYMV, CMV, WMV, Px, ToLCDNV
6	Nimos ND (SCVE 2028)	Syngenta	ZYMV, WMV, PRSV, Gc-Px, ToLCNDV
7	Tilos ND (SCVE 3031)	Syngenta	ZYMV, WMV, PRSV, Gc-Px, ToLCNDV
8	SCVE24-4512	Syngenta	ZYMV, CMV, WMV, PRSV, Gc-Px, ToLCNDV
9	EXP 3782	Bejo	ZYMV, CMV, WMV, PRSV, <u>MWMV</u> , ToLCDNV
10	EXP 3783	Bejo	ZYMV, CMV, WMV, PRSV, Px, <u>MWMV</u> , ToLCDNV

CMV = Cucumber mosaic virus ; ZYMV = Zucchini Mosaic Virus ; WMV = Watermelon mosaic virus ; PRSV = Papaya Ringspot Potyvirus ; Px : *Oïdium Podosphaera xanthii* ; Gc : *Oïdium Golovinomyces cichoracearum* ex : *Erysiphe cichoracearum* ; ToLCNDV : Tomato Leaf Curl New Delhi Virus ; MWMV : Tomato Leaf Curl New Delhi Virus.

3 - Matériel et méthodes

3.1 - Site d'implantation, parcelle

L'essai a été réalisé à Tarascon chez un maraicher diversifié en conduite biologique.

3.2 - Dispositif expérimental

Le dispositif est un essai en bloc à 2 répétitions A, B. Les parcelles sont constituées de 15 plantes par répétition et par variété.

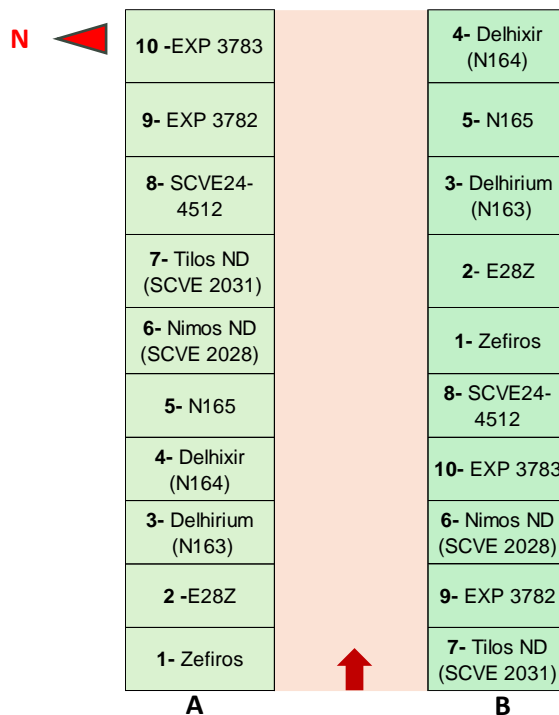


Figure 1 : Dispositif expérimental mis en place pour l'évaluation variétale

3.3 - Données culturelles

Tableau 2 : Dates-clés de la culture

Semis	Plantation	Début de récolte	Fin de récolte
09/07/2025	29/07/2025	22/08/2025	11/09/2025

Variété témoin : Zefiros

Densité : 1,14 plants/m²

Paillage : paillage noir, simple rang

Précédent : melon

Travail de sol : sous soleuse - enfouisseur

Fertilisation : engrais 3 tonnes/ha de 6-4-8

Irrigation : goutte à goutte

Traitement : aucun traitement effectué

Des symptômes viraux ont été observés sur Zefiros avec présence d'aleurodes *Bemisia tabaci* dès la plantation dû à la présence d'une vieille culture de courgette à côté du site d'essai. Aucun filet ou traitement n'a été mis en place pour protéger la culture. Des symptômes viraux sur fruits (peaux d'orange, fruit creusé/fendu) ont été observés dès la 1^{ère} semaine de récolte. De l'oïdium a été observé sur la 2^{ème} semaine de récolte ainsi que de l'argenture très marquée. L'oïdium n'a pas été évalué précisément sur cet essai car l'apparition de l'argenture a rendu difficile la distinction des symptômes entre les deux.

3.4 - Observations et mesures

- Enregistrement des données climatiques (température et hygrométrie) par un thermo-hygromètre de type HOBO placé dans la parcelle.
- Notation des plantes : Caractéristiques de la végétation : vigueur, macules, pilosité, port de plante, longueur des entre-nœuds, accessibilité du fruit, longueur des pédoncules, sensibilité à l'argenture (notation par classe de 0 à 3, 0 = sans argentures et 3 = toutes les feuilles atteintes) et symptômes viraux (notation par classe de 1 à 3, 1 = quelques symptômes observés sur les jeunes feuilles au cœur de la plante et 3 = arrêt du développement de la plante).
- Suivi sanitaire :
 - o Identification des virus : des prélèvements de feuille ont été réalisés le 03/09/25 sur chacune des plantes de chaque variété pour être analysés par l'INRAE, 6 virus ont été recherchés : ToLCNDV, WMV, CABYV, CMV, MWMV, ZYMV.
 - o Observation d'adventices : une recherche d'adventices identifiées comme réservoir du virus ToLCNDV (voir Compte rendu d'essai Courgette plein champ - Plateformes variétales et surveillance des virus - Projet VIRTIGATION - 2023) a été réalisée autour de l'exploitation. Les espèces recherchées sont *Datura stramonium*, *Bryone* et *Ecballium elaterium* (concombre d'âne).
- Rendement : sur la base de 6 récoltes par semaine
 - o Poids moyen, nombre de fruits commercialisables et catégorie extra.
 - o Nature du déclassement (second choix) : courbe, pointu, déformé, oublié, court, long, griffé.
 - o Nombre et nature des déchets : défauts extrêmes et atteints de symptômes de maladie.
 - o Nombre de fleurs mâles en formation et ouvertes notées 1 fois par semaine (sur 7 plantes par variété).

3.5 - Analyse de données

Les analyses statistiques ont été réalisées sur le logiciel R studio. Les données de rendements, poids moyen, pourcentage de plantes et fruits atteints de virus sont comparées entre les différentes variétés par un test ANOVA suivi d'un test CLD pour la comparaison deux à deux dans le cas où l'ANOVA a une pvalue supérieure à 0,5.

4 - Résultats

4.1 - Description des plantes :

<u>Variétés</u>	<u>Description des plantes</u>
Zefiros	Plante petite chétive avant le début des récoltes, plante bloquée dès la 2ème semaine de récolte.
E28Z.00826	Au 20/08 début de formation des fruits. <u>Observation au 29/08</u> : vigueur moyenne, pilosité faible, plante semi- dressée, entre-nœuds longs, pédoncules longs. Sur la 3ème semaine de récolte, la plante est bloquée par le virus.
Delhirium (N163)	Au 20/08 début de formation des fruits avec quelques coulures. <u>Observation au 29/08</u> : vigueur moyenne, pilosité faible, plante dressée ouverte, entre-nœuds longs, pédoncules longs. Sur la 3ème semaine la plante a une vigueur moyenne à faible.
Delhixir (N164)	Au 20/08 début de formation des fruits. <u>Observation au 29/08</u> : vigueur moyenne, pilosité faible, plante dressée ouverte, entre-nœuds longs, pédoncules longs. Sur la 3ème semaine la plante a une vigueur moyenne à faible, un peu plus vigoureuse que Delhirium.
N165	Au 20/08 beaux fruits en formation. <u>Observation au 29/08</u> : vigueur forte, pilosité moyenne, plante plus dressée, entre-nœuds longs, pédoncules longs. Sur la 3ème semaine la plante a gardé une bonne vigueur avec des grandes feuilles.
Nimos ND (SCVE 2028)	Au 20/08 beaux fruits en formation. <u>Observation au 29/08</u> : vigueur moyenne, pilosité faible, plante semi- dressée aérée, entre-nœuds longs, pédoncules longs. Sur la 3ème semaine la plante a une bonne vigueur, feuilles peu touchées par l'argenture.
Tilos ND (SCVE 3031)	Au 20/08 beaux fruits en formation. <u>Observation au 29/08</u> : vigueur moyenne, pilosité faible, plante semi-dressée aérée, entre-nœuds longs, pédoncules longs. Sur la 3ème semaine la plante a une bonne vigueur, feuilles peu touchées par l'argenture. Plante très proche de Nimos.
SCVE24-4512	Au 20/08 pas de fruits en formation. <u>Observation au 29/08</u> : vigueur faible à moyenne, pilosité faible, plante dressée aérée, entre-nœuds moyens, pédoncules longs. Plante plus petite que Nimos et Tilos. Sur la 3ème semaine la plante a gardé une bonne vigueur, très touchée par l'argenture.
EXP 3782	Au 20/08 début de formation des fruits. <u>Observation au 29/08</u> : vigueur faible à moyenne, pilosité forte, plante semi- dressée aérée, entre-nœuds moyens, pédoncules longs. Sur la 3ème semaine la plante est aérée, vigueur moyenne à faible, moyennement touchée par l'argenture.
EXP 3783	Au 20/08 début de formation des fruits. <u>Observation au 29/08</u> : vigueur moyenne, feuillage plus dense que la EXP 3782, pilosité forte, plante dressée, entre-nœuds moyens, pédoncules longs. Plante comparable à Nimos. Sur la 3ème semaine la plante garde un feuillage assez dense, vigueur moyenne, moyennement touchée par l'argenture.

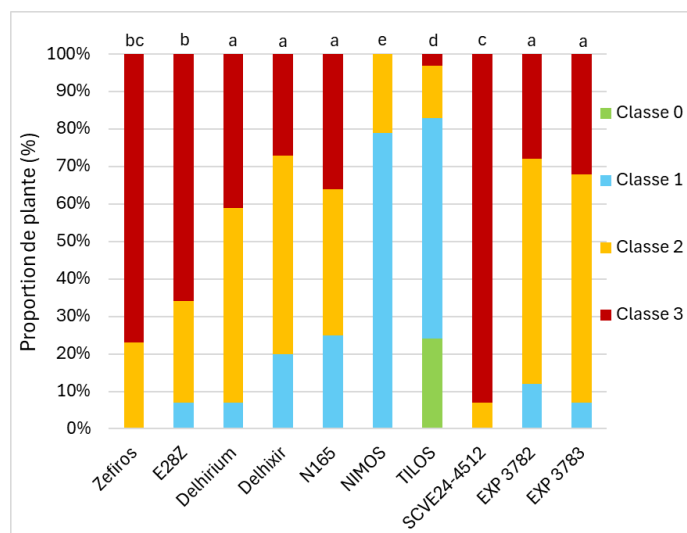


Figure 2 : Proportion de plantes atteintes par l'argenteure sur une note de classe de 0 à 3.

L'argenteure est un désordre physiologique induit par l'activité parasitaire des nymphes et des adultes de l'aleurode *Bemisia tabaci*. Le comportement alimentaire des aleurodes et la production d'une toxine est à l'origine des décolorations foliaires observées (source : ephytia). L'argenteure a été notée sur une échelle de 0 à 3. Des niveaux de sensibilité ont pu être observés selon les variétés (voir annexe 2). La variété SCVE24-4512 a été notée comme étant particulièrement sensible avec quasiment 93% des plantes en classe 3. Zefiros et la variété E287 sont aussi très sensibles avec 67 à 77% des plantes en classe 3. Les variétés Nimos ND et Tilos ND sont statistiquement moins sensibles à l'argenteure avec environ 80% des plantes comprises en classe 0 et 1. Les autres variétés ont une sensibilité intermédiaire avec moins de 50% des plantes comprises en classe 3.

4.2 - Résultats agronomiques :

Tableau 3 : Résultats agronomiques.

Variété	Rendement précoce au 29/08				Rendement final au 11/09				2nd choix %	Déchet %
	Commercial		Extra		Commercial		Extra			
	kg /m²	nb /m²	kg /m²	nb /m²	kg /m²	nb /m²	kg /m²	nb /m²		
Zefiros	0,03	0,15	0,03	0,15	0,13	0,68	0,11	0,30	55%	83%
E28Z.00826	0,28	1,35	0,20	0,75	0,66	3,08	0,40	1,45	53%	42%
Delhirium (N163)	0,09	0,47	0,05	0,23	0,48	2,15	0,14	0,79	59%	55%
Delhixir (N164)	0,06	0,33	0,02	0,09	0,34	1,45	0,16	0,61	59%	71%
N165	0,03	0,14	0,00	0,00	0,50	2,07	0,22	0,72	64%	71%
Nimos ND (SCVE 2028)	0,34	1,58	0,25	0,86	0,78	3,35	0,58	1,91	40%	54%
Tilos ND (SCVE 3031)	0,35	1,59	0,29	1,12	0,73	3,22	0,63	2,29	30%	63%
SCVE24-4512	0,18	1,00	0,08	0,30	0,49	2,35	0,18	0,70	65%	68%
EXP 3782	0,16	0,84	0,13	0,50	0,44	2,14	0,32	1,15	39%	66%
EXP 3783	0,24	1,30	0,16	0,75	0,64	3,15	0,45	1,85	42%	48%

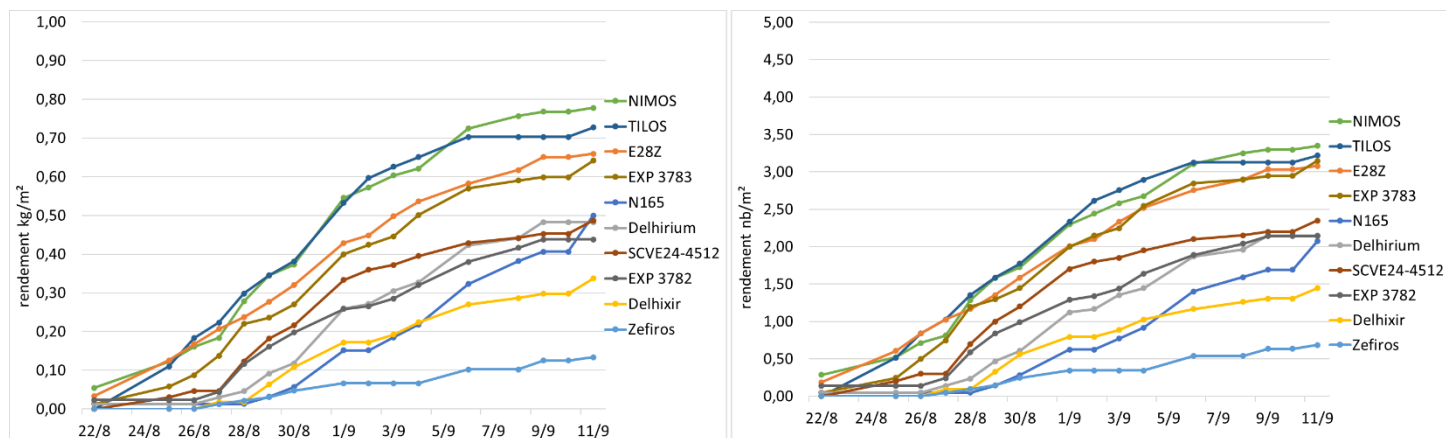


Figure 3 : Evolution du rendement commercial cumulé en kg/m² et en nb/m².

Rendement commercial : L'état sanitaire de la culture n'a pas permis une production de fruit en quantité et en qualité satisfaisante pour la vente, quelle que soit la variété. En revanche des différences entre les variétés ont pu être mises en évidence. Les variétés Tilos ND et Nimos ND sont les plus précoces avec presque 2 fruits/m², la variété E28Z.00826 et les 2 variétés de Bejo EXP3782 et EXP3783 sont à presque 1 fruit/m². Les autres variétés arrivent plus tardivement. Sur le rendement final, ce sont Tilos ND, Nimos ND, les variétés E28Z.00826 et EXP 3783 qui sont en tête avec plus de 3 fruits/m², alors que les autres variétés sont en dessous des 2,5 fruits/m².

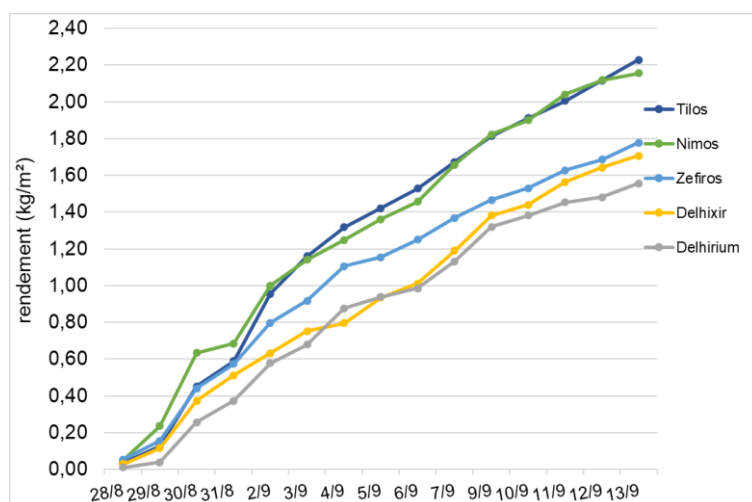


Figure 4 : Evolution du rendement commercial cumulé sur les variétés Tilos, Nimos, Delhirium et Delhixir sur l'essai APREL 2024.

Les résultats de cette année ne permettent pas d'évaluer objectivement le potentiel de rendement des variétés. L'essai APREL mené en 2024 dans un contexte cultural assez similaire à l'essai de cette année (conduit en agriculture biologique, plantation au 31 juillet 2024, début de récolte le 28 août 2024 et fin le 13 septembre 2024), a montré que les variétés Tilos ND et Nimos ND avaient un potentiel de rendement supérieur à Zefiros avec un rendement final de 7,2 et 6,5 fruit/m² contre 5,5 fruit/m² pour le témoin. Les variétés Delhirium et Delhixir avaient un rendement un peu en dessous de Zefiros avec environ 4,8 et 5,1 fruit/m².

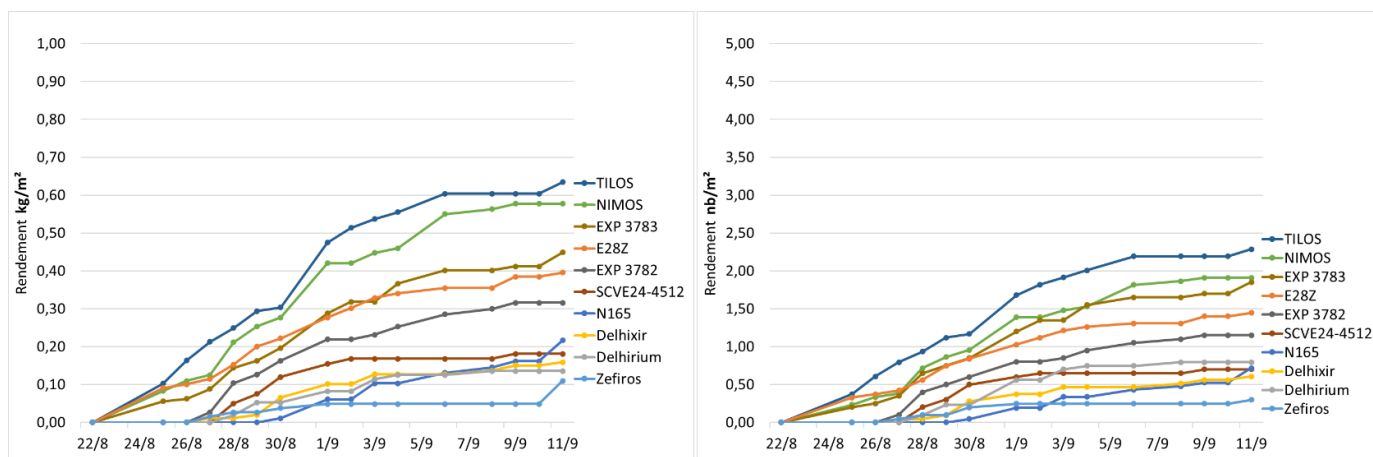


Figure 5 : Evolution du rendement extra cumulé en kg/m² et en nb/m².

Rendement extra : L'évaluation du rendement extra montre que 10j après le début des récoltes, les variétés atteignent un plateau reflétant l'épuisement des plantes. Seules Tilos ND, Nimos ND et les variétés E28Z.00826 et EXP 3783 arrivent à produire quelques fruits en extra mais la courbe progresse peu.

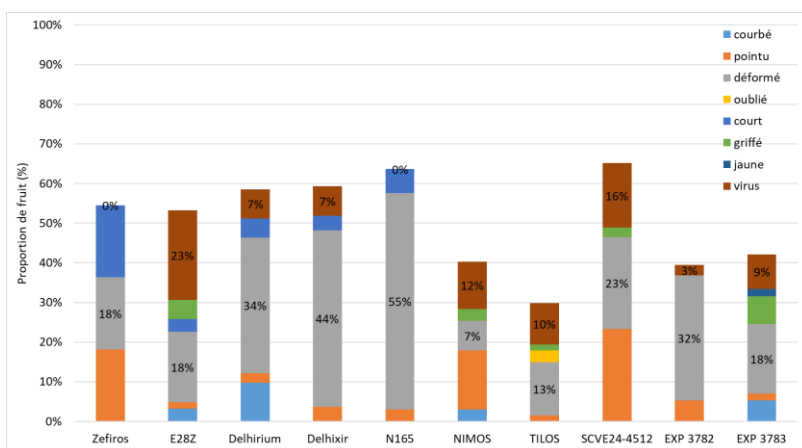


Figure 6 : Taux et catégorisation du 2nd choix (%).

avec 10 à 12% de fruits avec des symptômes viraux. Tilos est la variété qui a le moins de déclassement (30% avec 10% de fruits avec des symptômes viraux). Zefiros a eu plus de la moitié de ses fruits déclassés dû à de la malformation, des fruits pointus et des fruits courts.

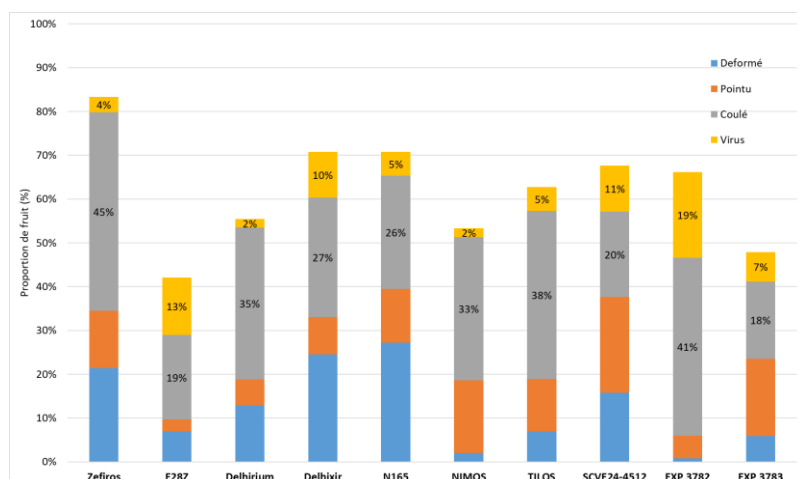


Figure 7 : Taux et catégorisation des déchets non pesés (%).

Les variétés qui ont eu le plus de déclassement sont les variétés SCVE24-4512 et N165 avec 65% de 2nd choix.

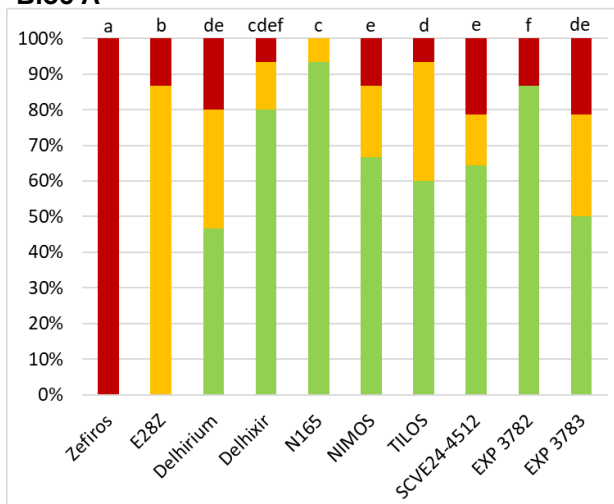
SCVE24-4512 a une majorité de pointus et déformés et 16% de fruits qui marquent des symptômes de virus.

La variété N165 n'a pas marqué de symptômes viraux mais a eu beaucoup de fruits déformés. Idem pour Delhirium et Delhixir, elles ont aussi marqué des symptômes viraux et en même proportion (5%). La variété E28Z.00826 est la variété la plus sensible aux symptômes viraux avec 23% de fruits symptomatiques. Nimos ND et les variétés EXP 3782 et EXP 3783 ont toutes autour de 40% de déclassement,

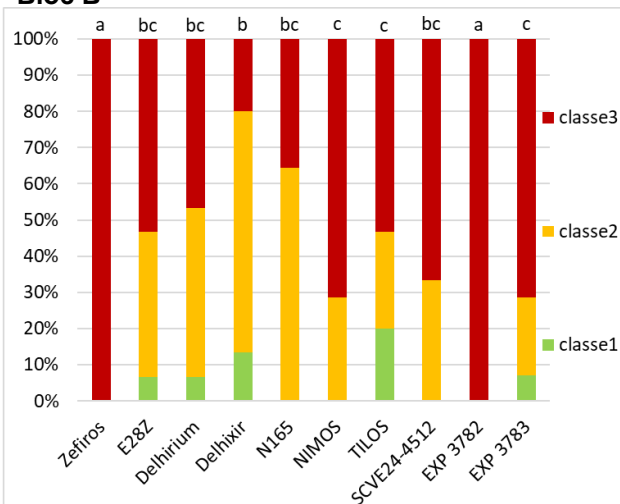
La plupart des déchets pour toutes les variétés sont des fruits qui ont coulé avant d'atteindre une taille commercialement valable. Les symptômes viraux sont souvent peu visibles car les fruits sont trop petits pour pouvoir distinguer clairement des symptômes. Zefiros a eu plus de 80% de fruits jetés dont 45% de fruits coulés. Toutes les variétés ont eu plus de 50% de fruits jetés. On distingue les variétés qui ont eu majoritairement des fruits coulés : Delhirium, Nimos ND, Tilos ND et EXP 3782 (entre 33 et 41%) et les variétés qui ont eu surtout des fruits déformés : Delhixir, N165 et SCVE24-4512. Les variétés E28Z.00826 et EXP 3783 ont eu moins de 50% de déchets.

4.3 - Analyses virales :

Bloc A



Bloc B



Les lettres indiquent les différences statistiques entre les variétés (Fisher-test, seuil de risque de 5%).

Figure 8 : Proportion de plantes atteintes pas des symptômes viraux sur une notation par classe de 1 à 3.

Il existe des différences significatives de la gravité des symptômes entre les répétitions A et B. La répétition B a des symptômes sur plantes significativement plus marqués pour toutes les variétés. Sur le bloc A, les variétés résistantes ont toutes moins marqué de symptômes que le témoin sensible. La variété E28Z.00826 a significativement marqué plus de symptômes sur plante que les autres variétés résistantes. Pour le Bloc B, toutes les variétés ont plus de 80% avec des symptômes en classe 2 et 3, le témoin sensible et la variété EXP 3782 se distinguent avec 100% des plantes avec de forts symptômes (classe 3).

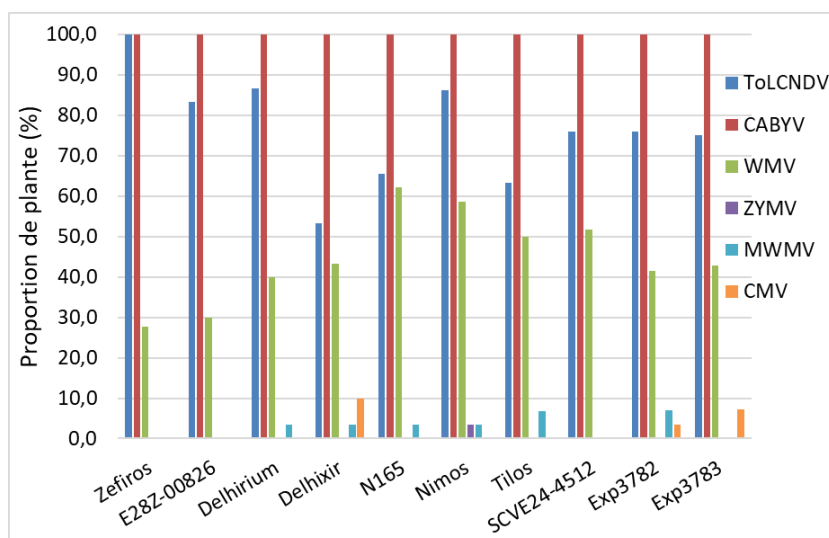


Figure 9 : Proportion de plantes positives au ToLCNDV, WMV, CABYV, CMV, MWMV, ZYMV sur la totalité des plantes.

Une analyse en laboratoire a été réalisée par l'INRAE sur une campagne de prélèvements faite le 3 septembre 2025 pour identifier les types de virus présents sur les plantes et en quelle proportion. Six virus ont été recherchés : ToLCNDV, WMV, CABYV, CMV, MWMV, ZYMV. Les résultats sont présentés sur les graphiques ci-contre.

- Toutes les variétés sont infectées par du CABYV à 100%.
- La présence du ToLCNDV est confirmée sur toutes les variétés. Zefiros qui est la variété sensible, a 100% des plantes contaminées. Toutes les variétés résistantes ont un fort taux de plantes contaminées par du ToLCNDV, à plus de 50%.
- Du WMV est retrouvé aussi sur toutes les variétés mais en moindre proportion, à moins de 50% sauf pour N165, Nimos ND et SCVE24-4512 qui sont entre 50 et 60%.
- D'autres virus ont été détectés (MWMV, CMV, ZYMV) mais en quantité minoritaire par rapport au CABYV, ToLCNDV et WMV.

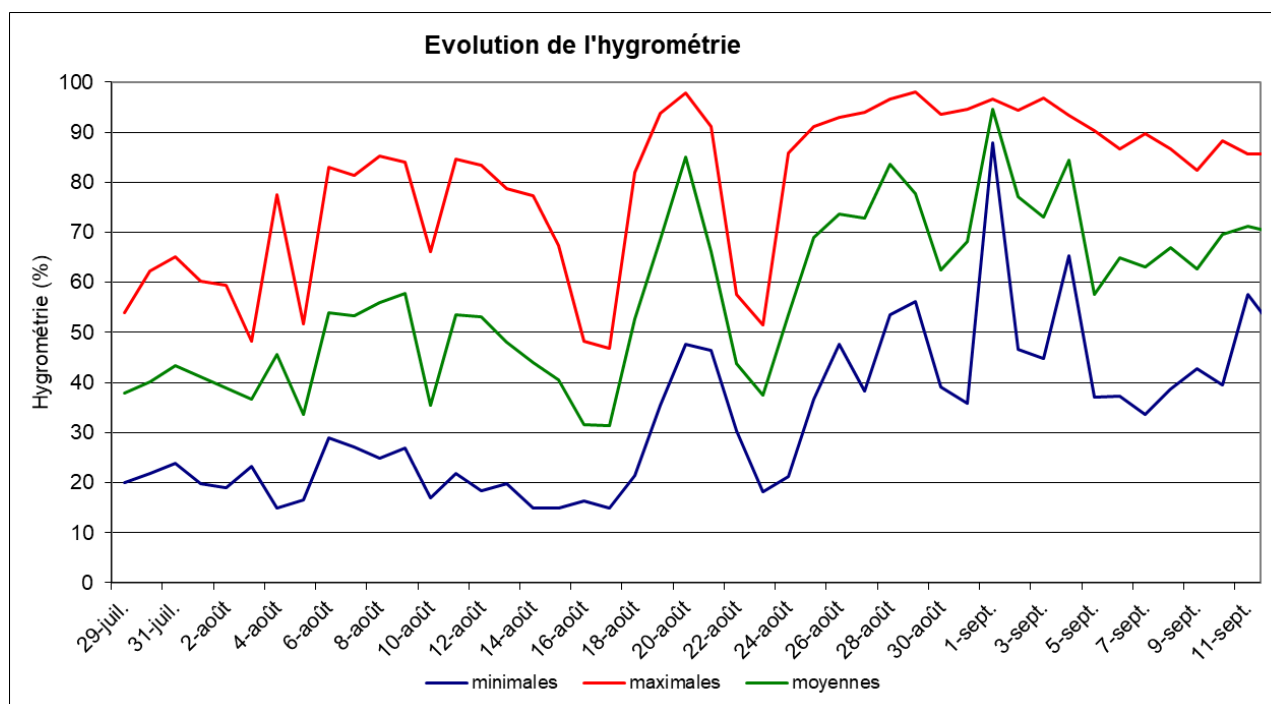
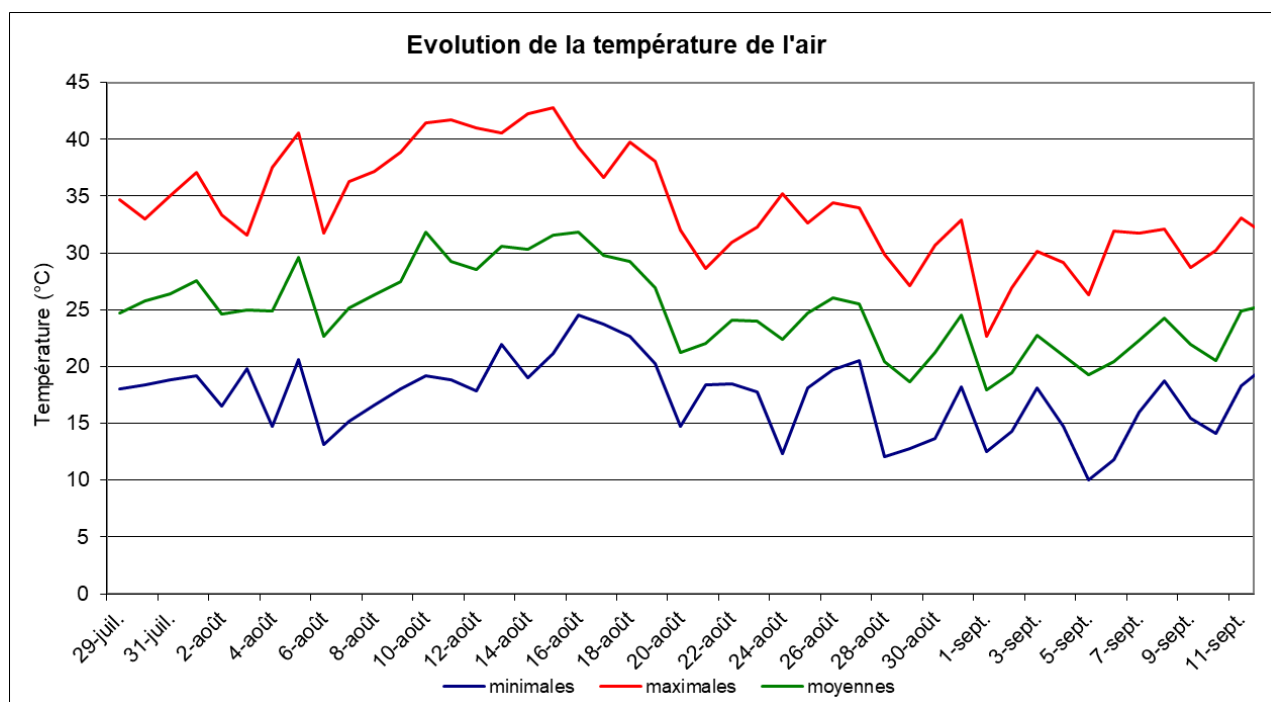
5 - Conclusion

L'analyse des virus dans l'essai a révélé la présence du ToLCNDV sur toutes les variétés résistantes et sur la majorité des plantes testées, montrant une pression virale importante qui a significativement impacté les rendements. L'état sanitaire des plantes sur cet essai n'a donc pas permis de réaliser une évaluation agronomique fiable des variétés proposées. Toutefois des différences de comportement au virus ont pu être mis en évidence : les variétés de Syngenta Tilos ND et Nimos ND sont les variétés qui ont sorti le plus de rendement malgré la pression virale. La variété E28Z.00826 d'Enza Zaden et la EXP83 de Bejo sont au 2ème rang des variétés les plus productives. Les variétés N165, EXP3782 et Delhirium, SCVE24-4512 ont un rendement plus faible avec moins de 2,5 fruits/m² et enfin la variété Delhirium a sorti le plus faible rendement à moins de 1,5 fruits/m² en fin de saison.





Une analyse plus complète pourra être réalisée sur la quantité d'ADN présent dans les plantes et la gravité des symptômes observés. Il n'est pas exclu que co-infection avec d'autres virus ainsi que le développement marqué de l'argenture ait pu augmenter l'affaiblissement significatif des plantes. Une réévaluation de ces variétés est prévue l'année prochaine afin d'obtenir des résultats agronomiques fiables.





6 - ANNEXES

6.1 - Annexe 1 : relevés climatiques dans la parcelle



6.2 - Annexe 2 : photographies des plantes au 04/09/25

Zefiros	 A photograph of a Zefiros plant, showing large, deeply lobed, light green leaves with prominent veins. The plant is growing in a dark, possibly black plastic mulched, area. A small white label with handwritten text is visible near the base of the plant.
E28Z.00826	 A photograph of a plant labeled E28Z.00826. It features large, deeply lobed, light green leaves with prominent veins. The plant is growing in a dark, possibly black plastic mulched, area. A small white label with handwritten text is visible near the base of the plant.
Delhirium	 A photograph of a Delhirium plant, showing large, deeply lobed, light green leaves with prominent veins. The plant is growing in a dark, possibly black plastic mulched, area. A small white label with handwritten text is visible near the base of the plant.
Delhixir	 A photograph of a Delhixir plant, showing large, deeply lobed, light green leaves with prominent veins. The plant is growing in a dark, possibly black plastic mulched, area. A small white label with handwritten text is visible near the base of the plant.

N165	
Nimos	
Tilos	
SCVE24-4512	

EXP37 82



EXP37 83

