

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/338479404>

Synthèse des campagnes d'expérimentation in situ et utilisations pratiques de la méthode de régulation épigénétique de la synthèse protéique développée par J. Sternheimer, dans le...

Experiment Findings · January 2020

DOI: 10.13140/RG.2.2.25799.44961/1

CITATIONS

0

5 authors, including:



Victor Prévost

Genodics

6 PUBLICATIONS 9 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Ferrandiz Pedro

Genodics

9 PUBLICATIONS 7 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Michel Duhamel

Genodics, France, Paris

4 PUBLICATIONS 2 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Joël Sternheimer

Genodics

34 PUBLICATIONS 47 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

READS

2,853

Synthèse de campagnes d'expérimentation *in situ* et utilisations pratiques de la méthode de régulation épigénétique de la synthèse protéique développée par J. Sternheimer, dans le domaine agricole :

Étude des cas Vigne (champignons : Esca et Mildiou), Endive (bactérie : Erwinia) et Courgette (virus : WMV2, ZYMV)

V. Prévost, M. Duhamel, P. Ferrandiz, J. Sternheimer
Genodics SAS, 23 rue Jean-Jacques Rousseau, F-75001 Paris
contact@genodics.com

Résumé

L'émission d'ondes de nature quantique (onde de De Broglie) lors de l'expression des gènes dans les organismes vivants est prédite et théorisée par la génodique. Au moyen de cette approche et sans utiliser d'autres intrants, la société Genodics a entrepris depuis douze ans des expériences de traitements pour résoudre des problématiques agricoles. Celles-ci comprennent les maladies du bois en viticulture et en particulier l'Esca, une maladie destructrice des tissus ligneux de la vigne, ainsi que des maladies bactériennes ou virales en maraîchage. Les résultats de certaines de ces campagnes, sur la vigne (Esca et Mildiou), l'endive (Erwinia) et la courgette (WMV2, ZYMV) ont été compilés afin d'analyser l'impact de la méthode utilisée au plan statistique. L'ensemble de ces résultats indique une réduction significative de l'impact des pathogènes sur la production agricole. Il montre la fiabilité de la méthode en tant que traitement sans intrant de pathologies végétales et sa pertinence dans des approches agronomiques visant la réduction des intrants, la conversion vers un mode agricole raisonné ou encore la sécurisation de cultures déjà engagées dans la limitation des traitements chimiques.

Introduction

Présentation de la méthode génodique

La génodique est une discipline introduite par le physicien Joël Sternheimer et qui vise à décrire les interactions de nature ondulatoire qui participent à la régulation de la biosynthèse de macromolécules associées à l'expression des gènes. De l'application de cette discipline est née une méthode de régulation épigénétique de la biosynthèse de protéines spécifiques chez les êtres vivants, au moyen de diffusions sonores (appelées protéodies), qui reproduisent certaines caractéristiques des protéines ciblées à travers une succession de fréquences audibles formant une mélodie structurée. Le procédé a été découvert et breveté par J.S. à partir de travaux en physique théorique qui ont, par la suite, trouvé des applications en biologie¹.

Toutes les protéines sont des chaînes de molécules appelées acides aminés, dans un ordre précis. Pour les transposer en mélodies de protéines (protéodies), chaque acide aminé se voit attribuer une fréquence d'onde sonore calculée avec l'équation de Broglie et transposée dans le domaine audible selon les règles de l'harmonie. Les séries de sons qui en résultent sont interprétées en choisissant un type de voix, un tempo, et en modulant la durée de chaque note, afin d'obtenir une véritable partition musicale. Sur de petits échantillons, comme dans un laboratoire, l'équipement de diffusion peut être un simple lecteur mp3, combiné à un programmeur horaire. Dans des serres ou à l'extérieur, on utilise des appareils de diffusion plus grands (Proteody Box) qui sont autonomes (avec panneau solaire et batterie), résistants à l'eau et programmables via les systèmes de communication mobile

(GSM). Plus puissante que les petits lecteurs mp3, avec 4 haut-parleurs et 2 amplificateurs, chaque P-Box peut couvrir jusqu'à 15 ha. Les programmes diffusés sont courts, de 5 à 10 minutes, mais peuvent être répétés de 1 à 5 fois par jour, selon les besoins des plantes. Chaque programme diffusé comprend plusieurs protéodies pertinentes et correspond à un métabolisme spécifique à réguler ou à une maladie des plantes à réduire. Sur les polycultures, les émissions sont modifiées plus souvent que sur les monocultures, afin de répondre jour après jour aux besoins de chaque type de plante, tels qu'ils sont observés par l'agriculteur.

Présentation des contextes et problématiques

Genodics est une entreprise de biotechnologies créée pour développer les applications de ce procédé et pour en apporter la preuve de concept sur le terrain. En 2019, 280 installations, réparties sur 2 500 ha de cultures (vigne, maraîchage et arboriculture) et chez 180 agriculteurs, ont participé à ce développement.

A travers l'activité de l'entreprise, de nombreuses problématiques agricoles ont été abordées. Nous présentons ici quatre campagnes menées par Genodics, dont les résultats présentent une convergence d'effets significative et exploitable pour la généralisation du procédé et le développement de nouvelles applications.

Cas n°1 a, b et c : prévention et réduction des effets de l'Esca sur la vigne de 2008 à 2019

L'Esca est une maladie cryptogamique qui implique un grand nombre de champignons anaérobies, qui se développent à l'intérieur du bois de la vigne et peuvent conduire à la mort soudaine du cep par un blocage de la montée de la sève (apoplexie). Cette campagne a été menée sur tout le territoire français, suite à l'interdiction de l'usage de l'arsénite de soude en 2002^{2,3}.

Cas n°2 : prévention et réduction de l'impact du Mildiou sur une parcelle de 7 ha de vigne

Le mildiou est causé chez la vigne par le champignon *Plasmopara viticola*. Il concerne les feuilles et les baies, et peut impacter fortement la vigueur des souches, ainsi que le volume de récolte et la qualité du vin.

Cas n°3 : prévention et réduction de l'impact de l'Erwinia sur l'endive

L'Erwinia est une maladie bactérienne provoquant la pourriture brune du chicon d'endive, qui impacte fortement la qualité des endives ainsi que la quantité commercialisable.

Cas n°4 : réduction de l'impact des virus de la mosaïque sur la courgette

Le virus de la mosaïque jaune de la courgette (ZYMV) ainsi que celui de la pastèque (WMV2) affectent les cultures de Cucurbitacées. Ces virus peuvent causer des dégâts extrêmement graves, provoquant des pertes de récoltes importantes.

Résumé de la méthode utilisée

Les données utilisées pour cette étude proviennent directement des exploitations agricoles utilisant le procédé génodique. Ces données ont été recueillies soit par l'exploitant et ses équipes, soit par l'équipe de Genodics avec la vérification et la validation de l'exploitant. Toutes ces mesures ont été réalisées sur la production réelle des exploitations en conditions normales de production, et rendent donc compte de l'impact effectif, en conditions réelles, de l'utilisation du procédé.

En règle générale, les séquences acoustiques produites à partir de structures de protéines des plantes concernées visent à stimuler des métabolismes de défense de ces dernières, et celles correspondant aux pathogènes visent à réduire leurs activités ; le procédé tend ainsi à inhiber le pathogène et à limiter son impact sur l'hôte⁴.

Matériel et méthodes (6 cas)

Modes d'évaluation :

Dans les cas présentés, la prise de données a été réalisée de la manière la plus exhaustive possible. Pour rendre compte des résultats obtenus avec le procédé génodique, les méthodes d'évaluations suivantes ont été employées :

Cas	Méthode d'évaluation
Tous les cas (général)	Comptage (exhaustif ou échantillonnage statistiquement significatif) des symptômes et de la mortalité liés à la présence d'un pathogène dans la population étudiée
Esca sans témoin	Comparaison avec les données historiques relatives aux mêmes parcelles
Esca avec témoin	Comparaison avec des données issues d'un groupe témoin présentant les mêmes caractéristiques et le même contexte de culture
Virus : mildiou et mosaïque	Prédiction et vérification de la présence d'un gradient d'effet lié au mode de diffusion acoustique
Erwinia	Prédiction et vérification d'un effet lié à la durée d'exposition aux séquences sonores

Ces cas sont représentatifs du spectre d'action du procédé sur différents règnes du vivant, qu'il s'agisse d'un modèle :

- végétal (vigne, endive, courgette)
- bactérien (Erwinia)
- fongique (Esca et mildiou)
- viral (mosaïques)

Mise en place du procédé Génodique :

L'installation du système de diffusion nécessaire au procédé est adaptée au contexte de culture et au mode d'évaluation qui ont été choisis pour rendre compte de l'effet du procédé. Dans le cas général, un boîtier autonome de diffusion des séquences est installé de façon à couvrir un maximum de surface, et accompagné de boîtiers de diffusion supplémentaires si la surface est plus importante. Pour mettre en évidence un gradient de diffusion (les cas « mildiou de la vigne » et « mosaïque de la courgette »), une partie de la production est délibérément laissée hors de portée du diffuseur afin de pouvoir comparer le développement de la culture et la présence du champignon ou des virus, à différentes distances de l'appareil de diffusion.

Cas n°1a et b : prévention et réduction des effets de l'Esca sur la vigne

Sur 91 parcelles de vignes en production, sur tout le territoire français, pour un total de 260 ha, un comptage des pieds présentant des symptômes de l'Esca a été effectué chaque année (autour de la période des vendanges) afin d'estimer précisément la pression liée à la présence du pathogène sur la parcelle ainsi que la mortalité qui lui est associée. La mortalité par apoplexie du pied de vigne constitue l'indicateur le plus fiable pour évaluer l'impact de l'esca sur la production et l'état de la parcelle. Ce paramètre a donc servi de référence pour la comparaison de l'impact de l'esca avec et sans l'utilisation du procédé génodique.

L'étude de **cas n°1a** regroupe les parcelles pour lesquelles les données historiques de mortalité liée à l'esca ont pu être récupérées auprès de vignerons qui ont pour habitude de comptabiliser et de remplacer chaque année les souches mortes. Avec ces données, une chronologie du taux de mortalité avant et après la mise en place du procédé génodique a été réalisée, afin de rendre compte de l'évolution comparative de chaque parcelle exposée aux séquences acoustiques. Dans le **cas n°1b**, la valeur de référence du taux de mortalité utilisée correspond à la moyenne des taux de mortalité des années précédentes, avant la mise en place du procédé génodique, tel qu'il a été évalué par des vignerons, lors des remplacements des souches mortes qu'ils opèrent régulièrement tous les deux ou trois ans.

Dans les deux cas, une évaluation de la mortalité liée à l'esca est réalisée à la fin de la première année d'application du procédé, par l'équipe de Genodics accompagnée du vigneron, et est renouvelée les années suivantes.

Cas n°1c : prévention et réduction de l'impact de l'Esca sur la vigne, avec parcelle témoin

Au château Gaudrelle à Vouvray, de 2014 à 2019, sur deux parcelles plantées la même année (1986), avec le même cépage, le même terroir et éloignées de 500 mètres environ, le comptage des pieds présentant les symptômes de l'Esca a été réalisé chaque année depuis la mise en place du procédé génodique, et systématiquement validé avec le vigneron, le même jour pour les deux parcelles (3 972 emplacements pour la parcelle témoin et 6 050 emplacements pour la parcelle testée).

Cas n°2 : prévention et réduction de l'impact du Mildiou sur une parcelle de 7 ha

Au château Fayau à Cadillac, en 2016, une parcelle de 7 hectares a reçu les traitements usuels pour le mildiou appliqués par le viticulteur (anti-mildiou de contact). Le diffuseur étant placé à une extrémité de la parcelle, les diffusions étaient perceptibles jusqu'à 150 mètres de ce dernier. Sur les 7 hectares, 85 placettes de 5 ceps ont été définies, régulièrement espacées, de façon à couvrir l'ensemble de la parcelle. Au début juillet 2016, le nombre de taches sur grappe (signe visible de la maladie) a été compté sur ces placettes.

Cas n°3 : prévention et réduction de l'impact de l'Erwinia sur des endives

Chez Delahaye Maraicher à Saint Martin le Beau, en Touraine, l'expérimentation est réalisée durant la phase de forçage des endives, à l'intérieur d'une salle thermo-régulée avec saturation en humidité ambiante. Les racines de chicorée sont placées dans des bacs alimentés en eau, pour la croissance des chicons pendant une vingtaine de jours. Chaque jour, de nouveaux bacs viennent remplacer ceux qui sont sortis.

Pendant les 25 semaines de la saison, les cultures ont alterné entre des périodes de 3 semaines avec diffusion et des périodes de 3 semaines sans. Chacun des bacs a ainsi reçu entre zéro et 21 jours de diffusion, pendant lesquels les séquences ont été émises quotidiennement durant 24 minutes (début de saison) et 34 minutes (fin de saison).

De cette façon, un gradient de diffusion dans le temps a été réalisé afin de comparer les lots pendant leur période de forçage, certains ayant reçu entre 0 et 500 minutes de diffusion en début de saison, et d'autres jusqu'à plus de 700 minutes à la fin. Les haut-parleurs du système de diffusion ont été installés dans la salle thermo-régulée, alors que l'amplificateur et le programmeur étaient placés à l'extérieur de cette salle. Pour chaque lot, en plus de sa date de sortie, les caractéristiques suivantes ont été notées et utilisées :

- Quantité produite, en Kg ;
- Durée de la diffusion sur le lot, de 0 au nombre total de jours passés dans la salle ;
- Pourcentage d'endive de « second choix » (basé sur l'aspect extérieur comme la forme, la taille et la qualité) par rapport au total produit ;
- Rendement de la production, en nombre d'endives et en kg par bac.

Au total, 541 tonnes d'endives produites dans ces conditions, regroupées par lot, ont été analysées.

Cas n°4 : réduction de l'impact des virus de la mosaïque sur des courgettes

Cette expérience a été menée à l'Oustalet, maraîcher à Mouriès (Bouches-du-Rhône), en 2009, dans 7 serres-tunnels sur un échantillonnage de 100 plants de courgette par tunnel (700 pieds au total, de variété « Satellite »). Les tunnels sont larges de 7 mètres, longs de 80 mètres, et espacés de 3 mètres les uns des autres.

Le tunnel le plus proche de l'appareil de diffusion est à 20 mètres de l'appareil, et le plus éloigné se situe entre 87 et 94 mètres de l'appareil.

Les tunnels sont installés perpendiculairement à la direction du mistral, qui couvre les tunnels depuis le plus éloigné de l'appareil jusqu'à l'appareil lui-même. Le son est émis dans le sens opposé au mistral.

Les séquences, visant la réduction de la prolifération des virus et la stimulation de la résistance de la courgette, ont été diffusées une fois par jour pendant 6 minutes, durant toute la phase de production à partir du 30 juillet (plantation le 6 juillet, première récolte le 6 août).

Pour chaque plant de courgette de chaque tunnel, les critères suivants ont été relevés :

- pied conforme (en bonne santé) ;
- pied présentant des symptômes liés au virus (feuilles filiformes ou feuilles marbrées) ;
- pied mort.

De cette façon, le degré d'impact du virus a pu être évalué en gradient depuis l'appareil de diffusion jusqu'aux tunnels les plus éloignés.

Résultats

Cas n°1a : prévention et réduction des effets de l'Esca sur la vigne, avec données historiques

Les valeurs historiques du taux de mortalité liée à l'esca ont été reportées sur les figures 1A et 1B, ainsi que les taux de mortalité recueillis année après année à partir de la mise en place du procédé génodique (année 1). Avant l'année 1, le taux de mortalité oscille entre 1,8 et 5,5 % en moyenne. A partir de l'année 1, on observe une diminution progressive du taux de mortalité, autour de 1,5 % l'année 1 (démarrage des diffusions), puis entre 1 et 2 % de mortalité les années suivantes. La différence entre l'avant et l'après mise en place du procédé est significative avec un intervalle de confiance à 95 %.

Ces résultats regroupent les données de 17 parcelles, pour une surface totale de 43 ha (environ 200 000 ceps de vigne).

Moyenne de l'évolution du taux de mortalité liée à l'Esca avant et après utilisation de la génodique (N=17, IC 95%)

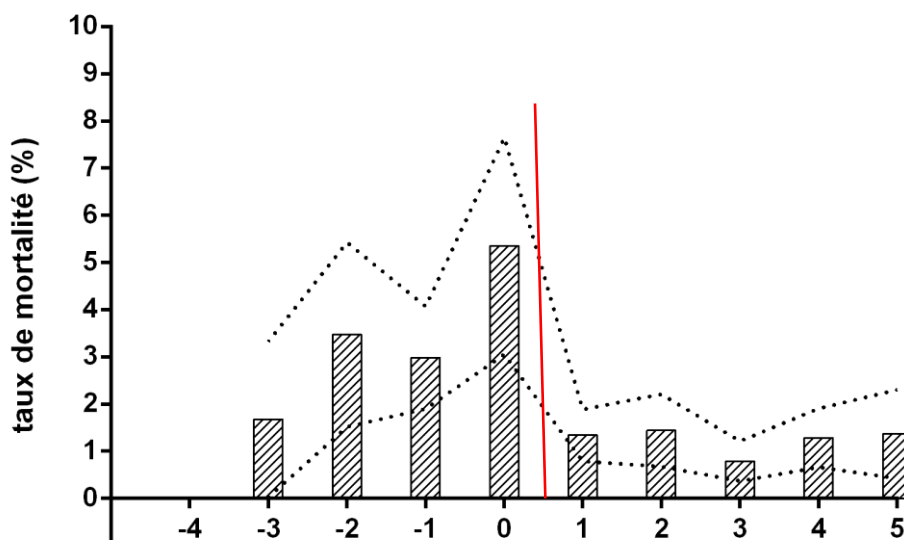


Figure 1A : taux moyens de mortalité liée à Esca avant et après utilisation de la génodique

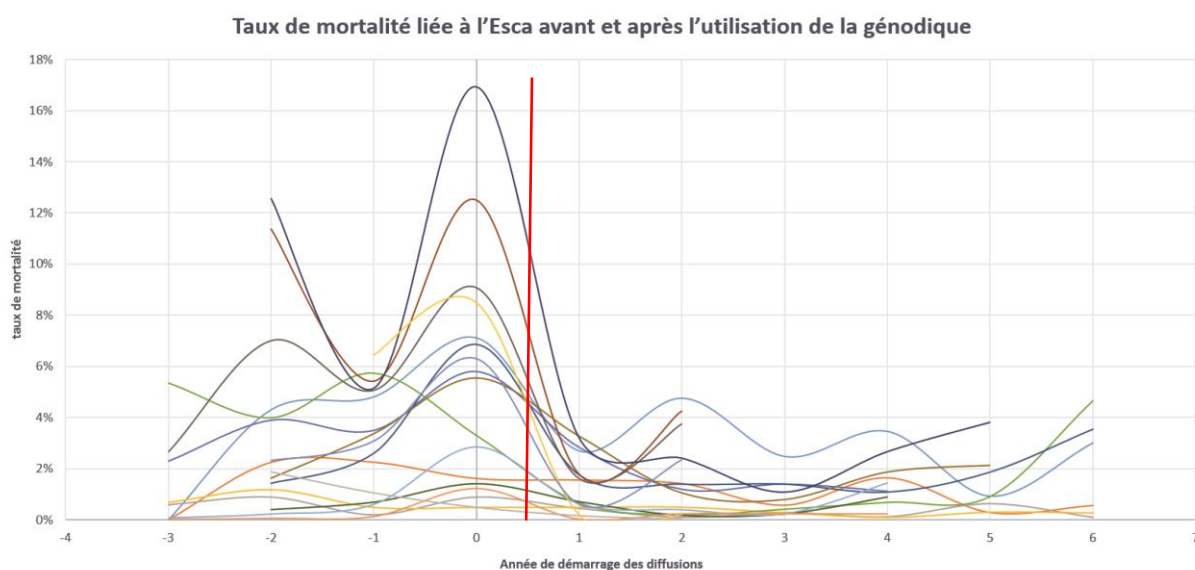


Figure 1B : détail des taux de mortalité liée à l'Esca avant et après utilisation de la génodique

Cas n°1B : prévention et réduction de l'impact de l'Esca sur la vigne, avec moyennes historiques

Les données de mortalité liée à l'esca, recueillies année après année, ont été utilisées pour calculer l'évolution de cette mortalité à partir de la moyenne historique de chaque parcelle. Cette moyenne historique est le pourcentage de perte par an avant le début de l'expérience, sur la base de 3 à 5 ans de données disponibles.

La courbe en noir, sur la figure 2, indique les moyennes annuelles, et les barres verticales les intervalles de confiance pour les données de chaque année, avec un indice de confiance (IC) choisi à 99 %, entre le taux moyen historique et l'année 7 après installation du dispositif. On note une diminution moyenne du taux de mortalité de 57 % dès la première année d'utilisation, puis une stabilisation les années suivantes entre 50 et 65 % du taux de mortalité moyen historique.

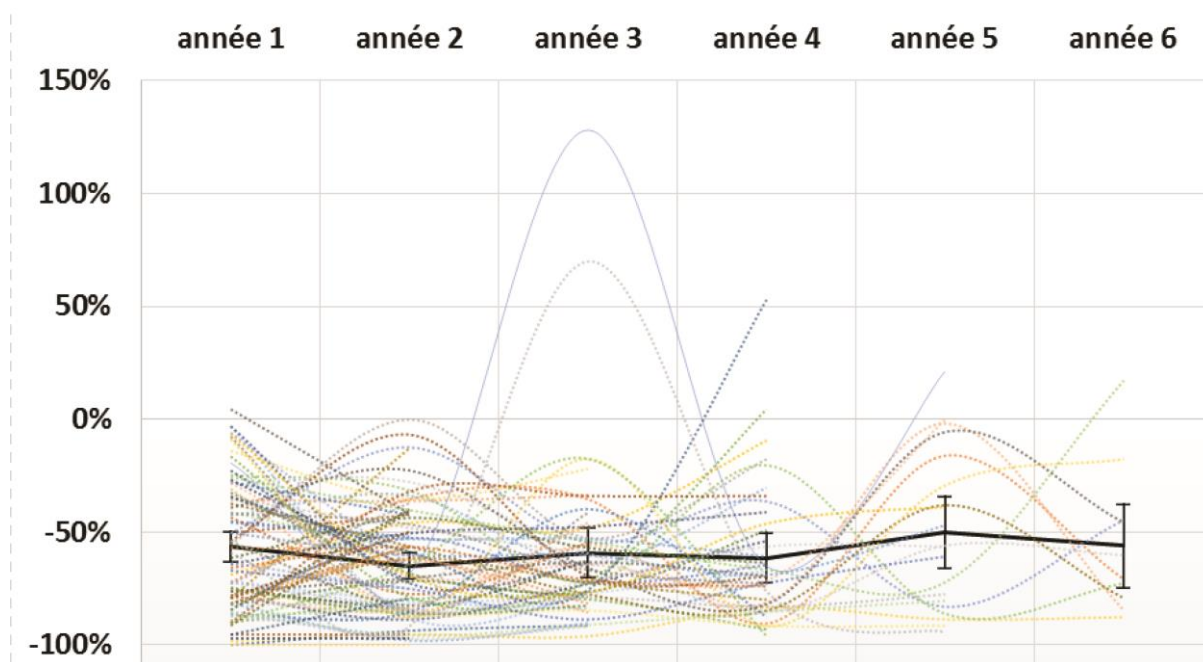


Figure 2 : évolution du taux de mortalité liée à l'esca par rapport à la moyenne historique de mortalité (N=91 parcelles, 1 209 020 ceps de vigne sur 260 ha au total, IC 99 %)

Sur la figure 2, on peut également observer les données brutes ayant servi à calculer la moyenne des données, représentée par la courbe décrite précédemment. Il est intéressant de noter que l'amplitude des variations du taux de mortalité varie beaucoup selon les parcelles. La dispersion de ces résultats rend compte d'un effet statistique du procédé, réparti sur l'ensemble des parcelles traitées, dont la valeur centrale est située entre 50 et 70 % de réduction de la mortalité liée à l'esca.

Cas n°1c : prévention et traitement de l'Esca sur la vigne, avec parcelle témoin

En comparant les résultats obtenus pour la parcelle « témoin » et la parcelle « génodique », on peut noter que, pour les symptômes comme pour le taux de mortalité, l'expression de l'esca varie de la même façon en fonction de l'année sur les deux parcelles. Ceci corrobore la similitude des parcelles et du contexte dans lequel elles évoluent (climat, pathogène, exposition, etc.). Lorsque l'on observe la répartition des résultats dans les graphes 3C et 3D, il apparaît que la dispersion des valeurs est plus importante pour la parcelle témoin, surtout pour les symptômes (valeur entre 0 et 4 % pour la parcelle « génodique », et entre 0.5 et 11 % pour la parcelle « témoin »). Les tendances saisonnières annuelles qui conditionnent le développement naturel de l'esca se retrouvent bien d'une parcelle à l'autre chaque année, mais semblent subir une atténuation marquée, entre 38 et 80 %, dans la parcelle ayant été exposée aux séquences génodiques (figure 3E).

Tous ces résultats indiquent une différence dans le développement de l'esca sur ces deux parcelles aux caractéristiques identiques.

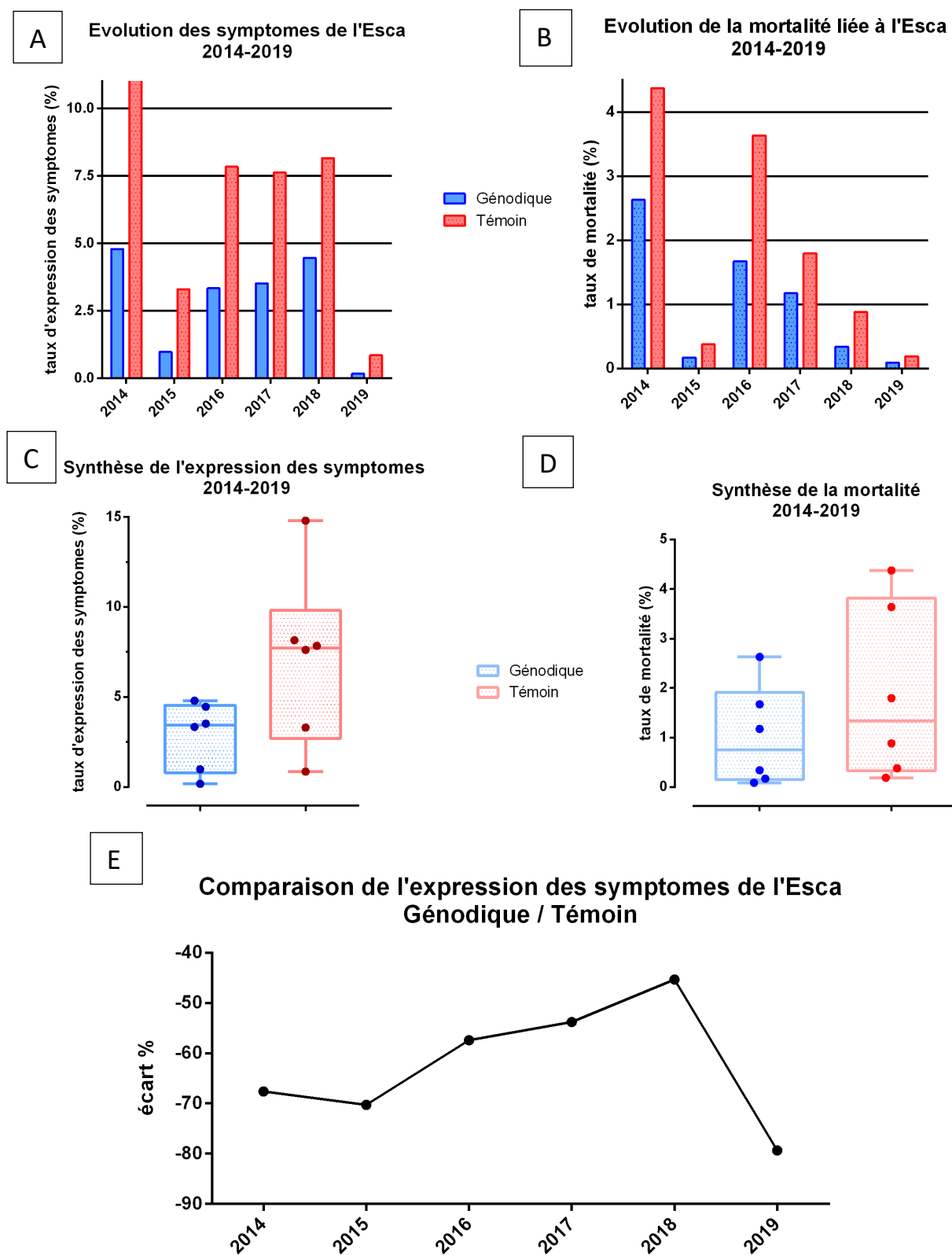


Figure 3 : comparatif de l'évolution de l'Esca avec et sans traitement Génodique

Cas n°2 : prévention et réduction des effets du Mildiou sur une parcelle de 7 ha

Les nombres de taches sur grappe liées à la présence de mildiou ont été comptabilisés par groupes de 5 ceps. Ces valeurs ont été représentées en fonction de la distance de chaque groupe par rapport à l'appareil de diffusion. On observe sur la figure 4 une augmentation du nombre de taches sur grappe en fonction de l'éloignement, notamment à une distance de 150 à 200 mètres. La régression linéaire des données sur le graphe présente un fort infléchissement à cette distance, qui correspond à la limite de portée de diffusion acoustique de l'appareil installé. Entre 0 et 150 mètres, le nombre de taches sur grappe est compris entre 0 et 1, puis varie de 1 à 7 taches sur grappe entre 150 et 250 mètres. La corrélation entre la proximité à l'appareil et le nombre de taches est représentée par la courbe de régression linéaire, dans l'intervalle de confiance à 99 % représenté en pointillés sur le graphe. Ces résultats suggèrent une augmentation de l'impact du mildiou sur les grappes à mesure que l'on s'éloigne du diffuseur de séquences génodiques, avec une augmentation notable à partir de 150 mètres du diffuseur.

**Nombre de taches de mildiou sur grappe par groupe de 5 ceps
en fonction de la distance à l'appareil de diffusion
IC 99% - N=83 groupes / 415 ceps**

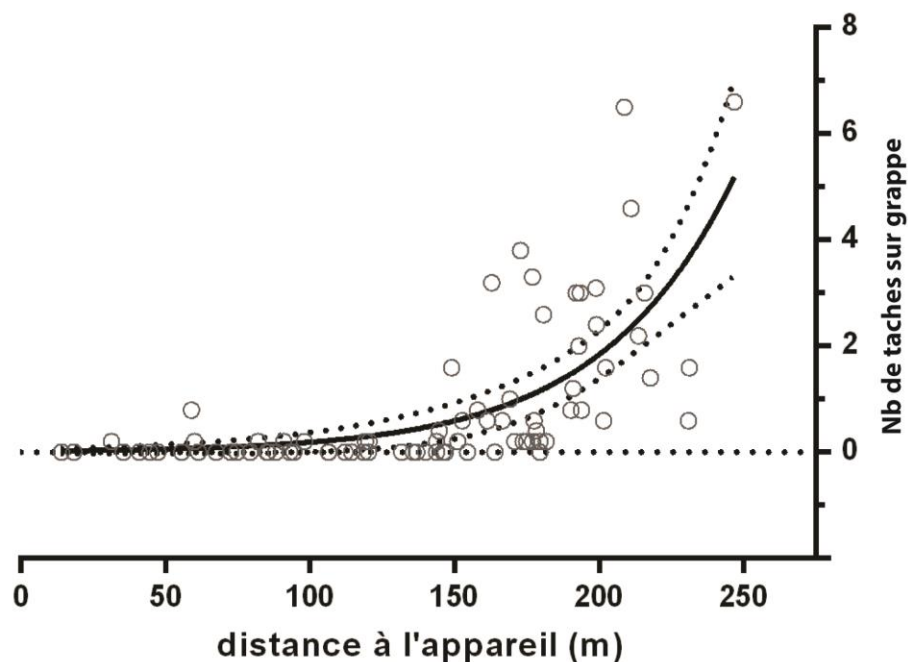


Figure 4 : nombre de taches de mildiou sur grappe en fonction de l'éloignement de l'appareil de diffusion

Cas n°3 : prévention et réduction de l'impact de l'Erwinia sur endives

Les lots d'endives ont été regroupés en fonction de la durée des diffusions auxquelles ils ont été exposés dans la salle de forçage. Sur la figure 5A, on observe l'évolution du pourcentage d'endives de second choix en fonction de la durée d'exposition, et notamment la diminution du taux de second choix avec l'augmentation de l'exposition aux séquences génodiques.

Les lots n'ayant reçu aucune diffusion ont un taux de second choix autour de 6 % (+/- 1.5 %), puis ce taux se réduit avec la durée de diffusion jusqu'à atteindre la valeur minimale autour de 2.5 % (+/- 0.5 %) pour une durée maximale de diffusion de 400 minutes réparties sur toute la durée du forçage (20 minutes chaque jour). La régression linéaire de ces points présente une réduction d'un facteur 2 entre l'absence de diffusion (6 %) et 400 minutes de diffusion (3 %).

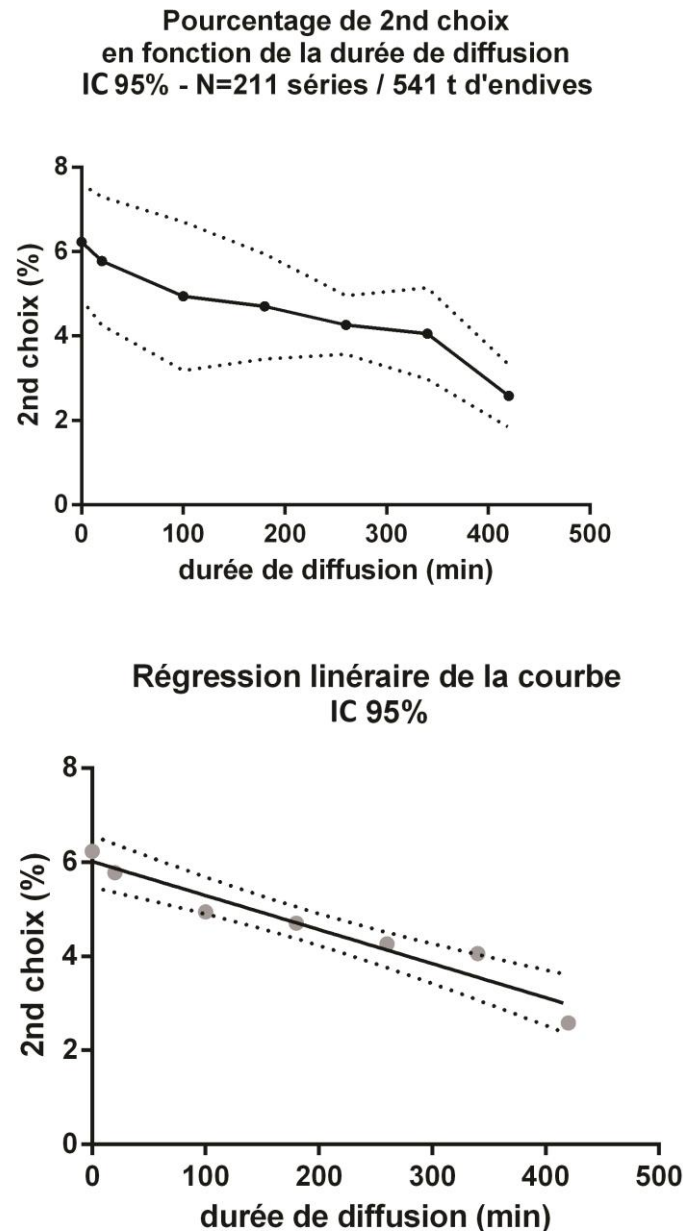
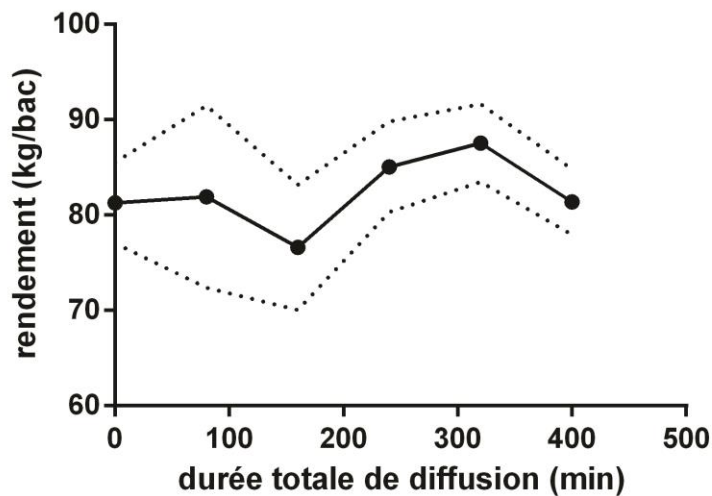


Figure 5A : évolution du pourcentage de second choix en fonction de la durée d'exposition

Sur la figure 5B, on observe une augmentation, non significative, du rendement en fonction de la durée d'exposition aux séquences. La forte variabilité de la production de chaque lot a pour conséquence un intervalle de confiance important (entre +/- 5 et +/- 10 kg/bac), et la régression linéaire des données permet d'observer une tendance à l'augmentation du rendement, cependant non significative.

**Rendement par bac en fonction de la durée de diffusion
(IC 95% - N= 211 séries/ 541 t d'endives)**



**Régression linéaire de la courbe
IC 95%**

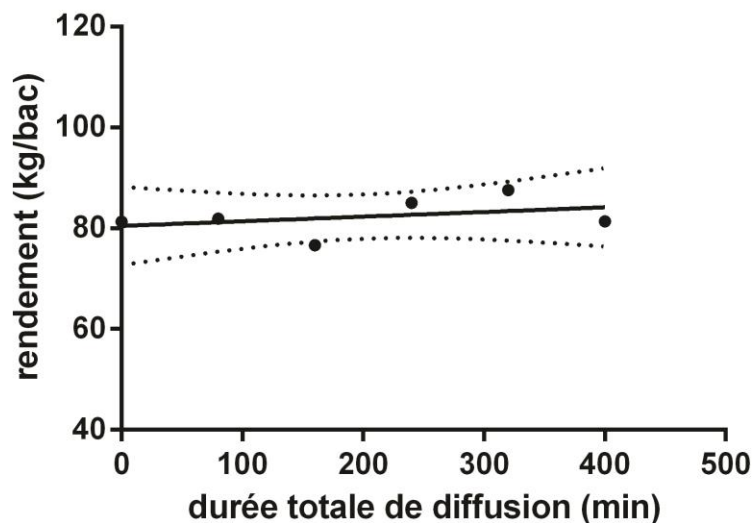


Figure 5B : évolution du rendement en endives en fonction de la durée d'exposition

Cas n°4 : réduction de l'impact des virus de la mosaïque sur des courgettes

(Distances réelles des tunnels à l'appareil : 20m, 30m, ..., 80m)

Dans chaque tunnel, les valeurs du nombre de pieds conformes (sains), morts ou présentant des symptômes des virus, ont été représentées en fonction de la distance du tunnel à l'appareil de diffusion des séquences. On note la forte progression du nombre de pieds présentant des symptômes à partir de 30 m de distance de l'appareil de diffusion, puis une évolution plus progressive jusqu'à la valeur de 70 pieds sur 100 à 80 m. Le nombre de pieds « symptômes » à 30 m semble être une exception dans la progression linéaire du nombre de pieds non conformes, comme observé sur la régression linéaire des valeurs (figure 6B).

Le nombre de pieds « conformes » suit la même progression en inverse, en diminuant à mesure de l'éloignement de l'appareil de diffusion, pour passer de 50 % à 20 m jusqu'à 0 % à 80 m. La mortalité évolue linéairement avec l'éloignement, de 5 % à 20 m jusqu'à 20 % à 80 m. Le paramètre le plus fiable ici est l'évolution de la mortalité, qui présente un intervalle de confiance plus restreint et donc une tendance plus significative. Cependant la tendance à la diminution des symptômes en fonction de l'éloignement à l'appareil est bien identifiable, notamment à travers la régression linéaire des données.

Nombre de plants porteurs de symptômes des virus de la mosaïque en fonction de la distance à l'appareil de diffusion N=700 plants

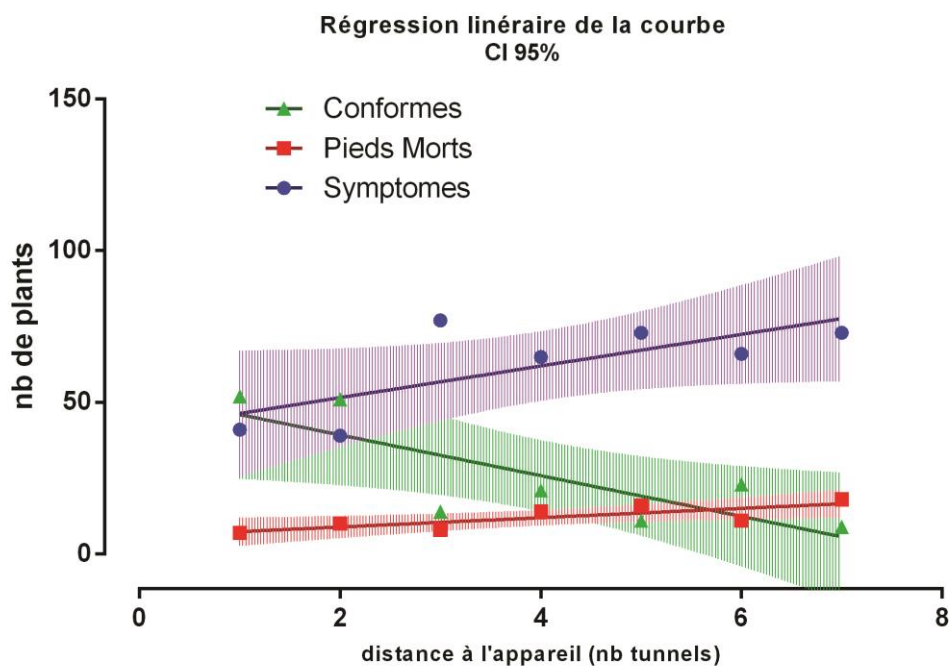
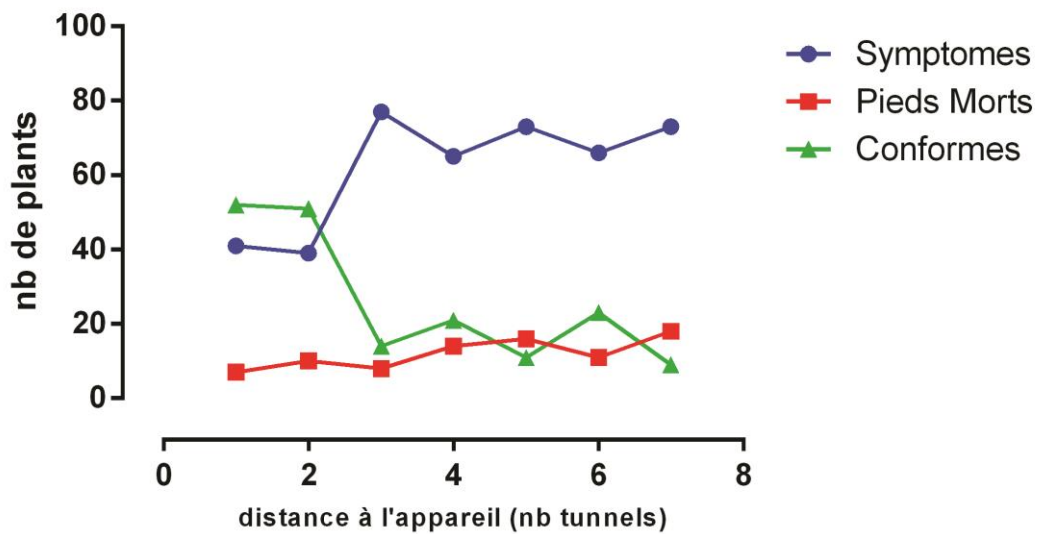


Figure 6 : expression du virus en fonction de la distance à l'appareil de diffusion

Conclusions

A travers ces six études de cas, nous avons observé que l'effet de la diffusion des séquences sonores conçues par Genodics sur la production végétale permet :

- une baisse significative de la mortalité liée à l'esca de la vigne (entre 50 et 70 %) ;
- une réduction de la prolifération du mildiou sur grappe, d'un facteur 6 ;
- une diminution de la virulence dans le cas de mosaïques sur courgette ;
- une réduction significative du nombre d'endives de second choix, d'un facteur 2, en prévention de l'erwinia.

De plus, un gradient spatial (mildiou et courgettes) et un gradient temporel (endives) de l'effet des séquences génodiques ont été observés dans les cas étudiés ici, corroborant des observations effectuées par ailleurs sur le terrain (distance de l'appareil de diffusion, durée de diffusion). Les résultats présentés convergent vers la caractérisation des effets obtenus avec ce procédé, sur un nombre important de mesures répétées et sur plusieurs modèles.

Ces résultats, en plus de ceux obtenus lors de la démarche de validation du brevet de J. Sternheimer^{5,6}, apportent des éléments tendant à valider le bien-fondé du concept développé par J. Sternheimer et des applications réalisées ensuite.

Ce constat est encore étayé par les récentes expériences menées sur des cultures de cellules humaines cancéreuses et publiées en 2018, au cours desquelles le dosage de la protéine spécifiquement ciblée par les séquences acoustiques a été réalisé⁷.

D'autre part, des cultures végétales avec dosage de la protéine cible dans les conditions d'application du procédé génodique ont été mises en œuvre au laboratoire ERRMECe⁸ de l'université de Cergy-Pontoise. Les résultats, convergeant avec ceux de la présente étude, ont été publiés en septembre 2020 (Prevost et al, Heliyon, 2020).

Les cas présentés ici ne représentent qu'une partie des applications développées par la société Genodics. Les autres applications n'ont pas bénéficié d'un suivi aussi exhaustif et précis que les études citées ici, et certaines applications n'ont pas abouti au succès, soit parce que leurs résultats étaient insuffisants pour un intérêt économique, soit pour des raisons indépendantes de l'activité de Genodics.

Cette étude démontre l'efficacité de cette méthode sans intrant pour la protection et l'accompagnement des cultures, à travers plusieurs modèles biologiques pouvant répondre à un certain nombre des problématiques rencontrées dans le domaine agroalimentaire.

Références bibliographiques :

1. https://www.researchgate.net/publication/279181729_PROCEDE_DE_REGULATION_EPIGENETIQUE_DE_LA_BIOSYNTHESE_DES_PROTEINES_PAR_RESONANCE_D'ECHELLE
2. [Pedro Ferrandiz, Michel Duhamel & Joël Sternheimer \(2018\). Epigenetic Regulation of Protein Biosynthesis by Scale Resonance: Study of the Reduction of ESCA Effects on Vines in Field Applications - Summary 2016. 10.1002/9781119452713.ch28.](#)

3. V. Bargoin, P. Ferrandiz, J. Sternheimer et al., « Application expérimentale d'un procédé de régulation épigénétique de la biosynthèse des protéines au traitement de l'ESCA », RACHI : Réseau Associatif de Chercheurs Indépendants, Août 2004.
4. [Sternheimer, Joël \(2006\). Génodique appliquée à la guérison des écosystèmes. 10.13140/2.1.1183.9041.](#)
5. <https://register.epo.org/espacenet/application?documentId=EFSU08VJMNPXH10&number=EP93913082&lng=en&npl=true>
6. <https://register.epo.org/espacenet/application?documentId=EFSU08VOMNPXH10&number=EP93913082&lng=en&npl=true>
7. Orhan, Ibrahim & Gulbahar, Burak. (2016). Stimulation of Protein Expression Through the Harmonic Resonance of Frequency-Specific Music. Clinical & Investigative Medicine. 39. 34. 10.25011/cim.v39i6.27498. <https://cimonline.ca/index.php/cim/article/view/27498/20264>
8. <https://www.u-cergy.fr/fr/recherche-et-valorisation/actualites-recherche/musique-et-plantes.html>

Mentions légales : Ce compte rendu et les informations qu'il contient sont la propriété de la société Genodics SAS. La mise en œuvre des protéodics est protégée par le droit d'auteur.

Remerciements :

Nous tenons à remercier toutes celles et ceux qui ont participé au développement de ces travaux en biologie, en particulier Marie-Claude Lang, Vincent Bargouin et Michel Cressy, ainsi que Jacques-Joël Houziel, Jean-Marie Pelt et Christian Loizeau. Nous remercions également les vignerons, maraîchers et arboriculteurs qui nous font confiance et qui ont contribué à ces campagnes.

Merci également à tous les actionnaires de Genodics ainsi qu'à toutes les personnes qui ont soutenu et accompagné l'entreprise depuis ses débuts en 2008.