

# La génodique : de l'émergence d'un nouveau champ scientifique à sa validation sur le terrain, puis sur celui académique

Par Pedro FERRANDIZ  
Genodics

Dans cet article, est décrite l'histoire d'une découverte dont les effets concrets sont observables et répétés, mais dont s'est détournée pendant des décennies la curiosité des cercles académiques, du fait de son étrangeté et de l'insuffisante élucidation des phénomènes en cause. En parallèle, la Chine et l'Inde, pour ne citer que ces pays, ont développé des dispositifs similaires à grande échelle, sans être plus avancées, voire peut-être en l'étant encore moins dans la compréhension profonde desdits phénomènes. À travers le récit de cette histoire, se pose la question des modes de reconnaissance des ruptures en matière de connaissance scientifique. Ce récit montre aussi que les sciences sont avant tout une aventure humaine.

## Introduction

En juin 1992, François Gros, alors secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, déclara à Joël Sternheimer, docteur en physique théorique depuis 1966, que ses travaux avaient peut-être trente ans d'avance. Trente ans plus tôt, Moshé Flato de l'équipe de Louis de Broglie à l'Institut Henri Poincaré envisageait une relation entre les masses des particules élémentaires. Il incita alors Sternheimer à travailler sur cette question et une formulation de cette relation fut proposée <sup>(1)</sup>. Ce fut le point de départ des travaux de Sternheimer qui seront ensuite supervisés par André Lichnerowicz <sup>(2)</sup>. L'indépendance institutionnelle lui paraissant nécessaire pour pouvoir mener des recherches originales, il devient chercheur indépendant. Il dépose un premier brevet en 1985, puis un second en 1992 <sup>(3)</sup> qui por-

tait sur l'**existence de phénomènes ondulatoires** participant de la synthèse des protéines, laquelle est transposable à des fréquences audibles par l'être humain.

La « génodique », qui regroupe ces différents concepts, apparut alors comme l'embryon d'un nouveau champ scientifique. Sternheimer fut dès lors soutenu et aidé par une quarantaine d'amis scientifiques, dont notamment les biologistes Marie-Claude Lang et Vincent Bargoin qui apportèrent des contributions séminales.

La première transposition audible d'une séquence d'acides aminés d'une protéine, dénommée « protéodie », a été faite par Sternheimer, en août 1985. Elle portait sur l'antitrypsine humaine ; la protéodie réalisée apparue très structurée pour le chercheur. La première observation permettant de faire l'hypothèse d'un effet spécifique a été faite en décembre 1985 : une personne anémique se trouva captée par l'écoute de la protéodie de l'hémoglobine alpha et, une semaine après, son dosage s'était normalisé. Bien entendu, si ces premiers constats n'étaient pas représentatifs, ils étaient néanmoins suggestifs. Ils poussèrent Sternheimer à prendre le risque scientifique de considérer comme une hypothèse à examiner le principe d'un effet biologique de ces fréquences transposées.

## Des sons et des plantes : un long chemin expérimental

Pour aller plus loin, il s'agissait de passer à des expériences reproductibles et portant sur des organismes syn-

(1) FLATO M. & STERNHEIMER J., C. R. Acad. Sc. Paris 259, p. 3455, 1964. Note présentée par Louis de Broglie : <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k4015m.image.f535.langFR>

(2) STERNHEIMER J., « Musique des particules élémentaires », C. R. Acad.Sc. Paris 297, p. 829, 1983. Note présentée par Lichnerowicz A. : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5652910x.image.r=sternheimer.f199.langFR>. Présentation orale faite lors du séminaire de physique mathématique – Lichnerowicz A., Collège de France (1984), reproduction dans *Rev. Bio-Math.* 94, p. 1, 1986.

(3) STERNHEIMER J., « Procédé de régulation épigénétique de la biosynthèse des protéines par résonance d'échelle », brevet n°FR 92 06765, 1992 – Numéro de publication : 2691796. Dans les 179 pays signataires de la Convention de Berne, le procédé original créé par Joël Sternheimer est protégé par le droit d'auteur du pays de son créateur ; ce droit couvre les codes et la méthodologie qu'il a mis au point pour transposer le génome en séquences de sons ou de couleurs.

thétisant des protéines, mais considérés comme dépourvus de toute subjectivité : les végétaux.

Au début des années 1990, Philippe Fléjo, musicien et ami de Sternheimer, me présenta à ce dernier. Je préparais un diplôme d'ingénieur spécialisé dans les industries des céréales.

Pour essayer d'objectiver au mieux les effets des diffusions de protéodies, nous convînmes d'une série d'essais sur une culture de tomates dans un jardin de la banlieue parisienne. Dans les années qui suivirent, ces essais furent répétés en Ariège, dans l'Oise, au Japon, au Sénégal, puis en Suisse et en Belgique. La diffusion de protéodies apportait bien, en fonction des séquences sonores utilisées, des différences mesurables sur le plan de la croissance, du nombre de fleurs, de la production, du taux de sucre ou encore de la résistance à la sécheresse et de la conservation des fruits.

À l'ENSMIC, Philippe Roussel nous donna en 1993 l'opportunité d'expérimenter dans son laboratoire, avec un ami, la stimulation, dans des conditions contrôlées, de la fermentation de la pâte à pain par une transposition sonore d'un alcool déshydrogénase de levure. Les résultats furent présentés aux journées techniques de l'ENSMIC et publiés dans la revue *Industrie des céréales* <sup>(4)</sup>.

Tous ces essais se faisaient avec des moyens très réduits. Au tournant des années 2000, un besoin de structuration de ces recherches se fit ressentir. Sternheimer, Bargoin et moi-même avons ainsi créé le Réseau associatif de chercheurs indépendants, qui nous a permis de lancer de nouveaux essais, de mettre en place des formations, d'organiser des séminaires et de participer à quelques colloques afin de présenter les observations et les hypothèses qui semblaient émerger. Deux livres écrits par Yôichi Fukagawa, physicien et traducteur du brevet de Sternheimer, ont été publiés au Japon <sup>(5)</sup>.

En novembre 2001, l'arsénite de sodium est interdit pour le traitement de la vigne. C'était à l'époque le seul moyen pour réduire l'impact de l'Esca, une maladie du bois de la vigne. L'œnologue Pierre Paillard, qui avait fait la connaissance de Sternheimer lors d'une conférence de Jean-Marie Pelt <sup>(6)</sup>, lui demanda si des protéodies pourraient remplacer ce produit. Raffaele Tabacchi, spécialiste des maladies de la vigne à l'Université de Neuchâtel, suggéra des protéines spécifiques de la résistance de la vigne. Pierre Paillard trouva cinq vigneronns prêts à tenter cette expérimentation. S'en suivirent trois années d'essais. Des résultats positifs semblaient apparaître, mesurables en fonction de la distance par rapport au radiocassette utilisé

pour diffuser pendant quelques minutes par jour, à environ 60 dB, des protéodies dérivées de ces protéines.

En mars 2004, après dix années d'examen et d'échanges richement documentés, le deuxième brevet de Sternheimer fut validé par un jugement de l'Office européen des brevets (OEB). Deux expériences y contribuèrent, l'une sur une culture de cellules productrices d'interleukine 2, menée par Marie-Claude Lang à l'ESPCI, et l'autre sur des bactéries *Vibrio Ficheri* productrices de protéines fluorescentes, réalisée par Christian Loiseau au sein du laboratoire de Jean-Marie Pelt à l'Université de Metz. Ces résultats confirmèrent pour l'OEB la validité sans équivoque des revendications de Sternheimer <sup>(7)</sup>.

Pendant cette période, aux côtés de Sternheimer, nous avons appris à utiliser ce procédé et définis les bases de sa mise en œuvre : réaliser d'abord une étude bibliographique pour déterminer les protéines impliquées, puis une recherche des homologues entre les séquences vibratoires de ces protéines et celles des organismes impliqués pour vérifier les éventuels effets agonistes ou antagonistes (une discipline en soi), pour procéder au « décodage » des protéines en protéodies (un apprentissage en soi) et, enfin, aboutir à la définition du protocole de diffusion et de la méthode d'évaluation.

## La création de Genodics SAS : la preuve du concept sur le terrain

C'est à l'occasion d'un séminaire, en juin 2007, que nous rencontrons Michel Duhamel, ingénieur conseil en organisation, spécialisé dans le management de l'innovation. Intéressé par ce sujet, il rassemble un ensemble de notes, de comptes-rendus et autres documents pour présenter les travaux de Sternheimer lors de l'attribution du Prix de la technologie du millénaire, lancé par la Finlande. Sans succès.

La rencontre avec Duhamel a été décisive pour la création de Genodics. Les cinq premiers actionnaires réussissent à réunir un capital de 40 000 € ; l'entreprise est créée en mai 2008. Quinze autres suivent, puis vingt-cinq nouveaux, ce qui a permis de financer les premières années d'activité. Nous sommes aujourd'hui soixante-trois actionnaires.

Notre objectif était d'abord de faire la preuve du concept sur le terrain, tout en développant une activité viable qui pourrait à son tour financer une fondation permettant de mener une recherche plus fondamentale et d'assurer également le volet Formation.

Le premier défi a été de développer des diffuseurs sonores utilisables en plein air : la *P-box*, un diffuseur autonome, a ainsi été créée. En 2015, un nouveau modèle intégré et pilotable à distance a été produit en lien avec l'un de nos actionnaires.

(4) FERRANDIZ P. (1993), « Procédé de régulation épigénétique de la synthèse protéique : essais en panification », *Industries des céréales*, n°85, p. 40 : <https://genodics.net/JMSternhei/bekkoame/Pain.Pedro.html>

(5) FUKAGAWA Y., « Qu'est-ce que la musique des protéines », éd. Chikuma, Tokyo, septembre 1999, et « Écoute le code secret de la vie », éd. Shugakutan, Tokyo, août 2007.

(6) PELT J.-M. (1996), *Les langages secrets de la nature*, chap. 18, Fayard, rééd. en Livre de Poche n°14435, 1998.

(7) LANG M.-C. et al. (2002), *Inhibition de la production de l'IL2*, février : <https://register.epo.org/application?documentId=EFSU08VOM-PHX10&number=EP93913082&lng=en&npl=true>

LOIZEAU C. (2003), *Induction of bacterial luminescence in Vibrio Fischeri through exposure to the proteodies of its LuxA and LuxB genes*, février : <https://register.epo.org/espacenet/application?documentId=EFSU08VJMNPHX10&number=EP93913082&lng=en&npl=true>



Stimulation de la culture de salades sous serre – Photo©GENODICS.

## Des clients, qui sont avant tout des partenaires de recherche... fidèles

Les premières installations sont réalisées en 2008 en Alsace, en Touraine et en Champagne, chez des vignerons avec qui nous avons fait les essais sur l'Esca de la vigne, ainsi qu'en Provence, chez le maraîcher Gilles Josuan avec qui nous travaillions depuis deux ans sur un virus mosaïque endémique des cultures de courgettes.

Ces agriculteurs ont permis à Genodics de présenter à leurs collègues le procédé et les premiers résultats. De quatre clients en 2008 nous sommes passés à seize en 2010<sup>(8)</sup>. Par prospection, notre activité s'est étendue dans la vallée de la Loire, puis en Aquitaine, en Bourgogne, dans le Jura et, plus récemment, dans la vallée du Rhône et en Occitanie.

Chaque installation constituait un cadre d'expérimentation convenu avec l'agriculteur, définissant ensemble les objectifs ainsi que les modalités d'évaluation. Nous nous

engagions à lui rembourser nos prestations en cas d'échec, ce qui ne nous arriva que très rarement. En moyenne sur ces douze années, 96 % de nos installations ont été reconduites. Ils sont aujourd'hui 173 agriculteurs à nous faire confiance, représentant près de 300 installations sur plus de 2 500 hectares.

Les résultats et les observations ainsi obtenus nous ont permis d'optimiser nos applications, aussi bien au regard de leur contenu que des modalités de leur mise en œuvre, et d'en développer de nouvelles. L'agriculteur est notre partenaire de recherche ; avec pour nous une contrainte, celle de ne pouvoir tester que des formulations dont le risque est maîtrisé. La mise au point d'une nouvelle application prend de 3 à 5 ans.

## De nombreuses tentatives de rapprochement avec la recherche publique et privée

Pour cinq de nos premières installations, nos clients agriculteurs ont pu bénéficier de subventions PTR (Prestation technique réseau), allouées par les agences régionales d'OSEO et destinées à financer 70 % du budget nécessaire à l'essai d'une innovation les concernant. OSEO a ensuite estimé que l'innovation étant de notre fait, c'était à nous de demander la subvention. On ne rentrait plus dès

(8) FERRANDIZ P. *et al.* (2018), "Epigenetic Regulation of Protein Biosynthesis by Scale Resonance: Study of the Reduction of Esca. Effects on Vines in Field Applications", *Life Sciences, Information Sciences*, summary 2016, March, pp. 305-315, doi: 10.1002/9781119452713.ch28. Traduction française : <https://www.researchgate.net/publication/324266455>

lors dans le cadre défini par OSEO. Depuis lors, nos recherches appliquées sont uniquement financées par nos clients, nos fonds propres et le crédit d'impôt recherche (CIR).

L'INRA(E) nous apparaissant comme un partenaire naturel, nous avons engagé dès 2008 des contacts avec les différentes directions relevant de cet organisme de recherche : de la quarantaine d'échanges intervenus sur une période de dix ans, aucune intention d'étudier avec sérieux le sujet n'a pu se concrétiser, l'absence de publication, en dépit de celle de l'OEB, étant rédhibitoire. N'est-ce pas pourtant un cas fréquent lorsqu'il est question d'innovation de rupture ?

Pendant ce temps, sur le terrain, des résultats significatifs étaient obtenus sur le traitement de l'Esca de la vigne, que nous avons présentés dès 2010 à l'INRA, à l'ITV et à des chambres d'agriculture. Nous avons alors été introduits auprès du GIS PicLeg, une structure de recherche du syndicat Légumes de France. Le procédé ne leur paraissait pas crédible. Nouvelle déception.

En 2011, la chambre d'agriculture de Tours et l'ITV de Colmar ont demandé à la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) de vérifier que nous n'étions pas des escrocs. L'œnologue chargé de cette enquête conclut qu'il n'y avait rien à redire et que nos clients étaient satisfaits de nos prestations. Malgré ses conclusions, aucune structure ne nous contacta.

Pendant ce temps, nous avons continué à accumuler des résultats expérimentaux positifs, avec vingt à trente installations de plus par an, puis cinquante à partir de 2018 principalement en France, puis en Suisse, au Québec et en Belgique.

La première collaboration constructive avec le milieu académique s'est nouée avec le Laboratoire Frank Duncombe à Caen, sur l'herpès des naissains d'huîtres. De 2011 à 2013, avec une doctorante de l'Université de Caen, nous avons testé différentes séries de protéodies, qui ont donné des résultats positifs<sup>(9)</sup>. Lorsque nous avons tenté de reconduire ces essais, les budgets ont été interrompus, car la profession s'est désintéressée de ce sujet qui était pourtant encore d'actualité. Nous avons dépensé 40 000 € sans obtenir aucun retour.

La seconde collaboration a commencé en 2013 avec le laboratoire ERRMECe de l'Université de Cergy-Pontoise : son directeur de recherche, Olivier Gallet, incité par l'un de ses étudiants, Victor Prévost, accepta de travailler avec nous, à frais partagés, pour valider le concept. Avec ses équipes, il a réalisé plusieurs séries d'expériences en aveugle visant à tester l'influence d'une seule protéodie – une déhydrine – sur la germination de pois sous stress

hydrique. Les résultats ont été publiés en septembre 2020 dans la revue *Heliyon*<sup>(10)</sup>.

Ces dernières années, trois centres techniques nous ont sollicités pour tester notre solution chez des agriculteurs. Les temps changent ! Le constat fait de notre longévité et les nombreux témoignages d'utilisateurs relayés par les médias étonnent et suscitent l'intérêt des acteurs de terrain, mais pas celui des institutions de recherche publiques.

Cependant, fin février 2021, le Centre technique de l'industrie des fruits et légumes (CTIFL) a présenté la génodique dans un *webinaire* sur les voies d'innovation en matière de protection des cultures. Commentant ses travaux, Olivier Gallet a évoqué une nouvelle voie de recherche, le « protéomimétisme », qui peut s'insérer dans le domaine du biomimétisme qui connaît déjà de nombreux développements.

## L'évaluation sur le terrain : facile à dire, mais plus délicat à faire

La première difficulté d'une évaluation sur le terrain, nous la rencontrons quand le problème étudié... ne se pose pas ! Un essai consacré aux conséquences du gel de printemps, au titre d'une année où ce phénomène météorologique ne s'est pas produit, ou un essai sur le mildiou, sans occurrence de mildiou sur les témoins non traités... : c'est une année perdue à chaque fois.

La deuxième difficulté réside dans la maîtrise de la portée des diffusions sonores et de leurs effets. À de nombreuses reprises, nous avons constaté que le problème ciblé (l'Esca, le mildiou...) semblait résolu aussi bien dans la zone couverte par la diffusion que dans une zone proche de cette dernière mais non couverte. Avec l'expérience, nous avons appris que l'effet se faisait sentir au-delà de la zone où la diffusion était audible !

Une fois ces observations intégrées, il faut trouver la combinaison des séquences à diffuser qui soient à même de donner des résultats : 1 an = 1 saison = 1 essai. Cela prend du temps. En douze ans, nous avons néanmoins pu développer cinquante applications du procédé génodique.

Idéalement, pour évaluer, il faut aussi une zone témoin qui présente en tous points les mêmes caractéristiques que la zone plus large de test. Or, sur le terrain, c'est très rarement possible : dans le cas de la vigne, nous avons trouvé seulement trois zones témoins chez les 150 vigneron avec qui nous travaillons, dont une installation au château Gaudrelle, à Vouvray, que nous suivons depuis 2012<sup>(11)</sup>. Autre exemple, chez un maraîcher, deux serres accueillant

(9) HOUSSIN M. *et al.*, « Réduction de l'impact du virus OshV1 sur des naissains d'huîtres », Laboratoire Franck Duncombe, Caen : <https://www.researchgate.net/publication/339527872> (avril 2012) et <https://www.researchgate.net/publication/339528058> (avril 2013).

(10) PRÉVOST V. *et al.* (2020), "Diffusions of sound frequencies designed to target dehydrins induce hydric stress tolerance in *Pisum sativum* seedlings", *Heliyon*, septembre : <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04991>

(11) PRÉVOST V. *et al.* (2020), *Synthèse des campagnes d'expérimentation in situ : étude des cas Vigne (champignons : Esca et mildiou), Endive (bactérie : Erwinia) et Courgette (virus : WMV2, ZYMV)*, janvier, <https://www.researchgate.net/publication/338479404>

À paraître dans *Quantum Thinking for Agroecology: Theory and Practice for the Farming of Tomorrow*, Université de Coventry (UK), Taylor and Francis.

une même variété de tomates qui, outre des plantations intervenant rarement au même moment, ne sont que peu souvent soumises à la même exposition au soleil... La réalité de terrain n'est pas facilement compatible avec les conditions de laboratoire.

La Figure 1 ci-après correspond à un exemple de gradient d'effets sur le mildiou de la vigne. Ce modèle a été éprouvé directement dans les vignes, mais aussi en serre et en tunnel de maraîchage, sur une expression du botrytis, d'un virus mosaïque de la courgette ou du pépinovirus. Il l'a été également en arboriculture, sur la tavelure de pomme et sur la sharka du pêcher.

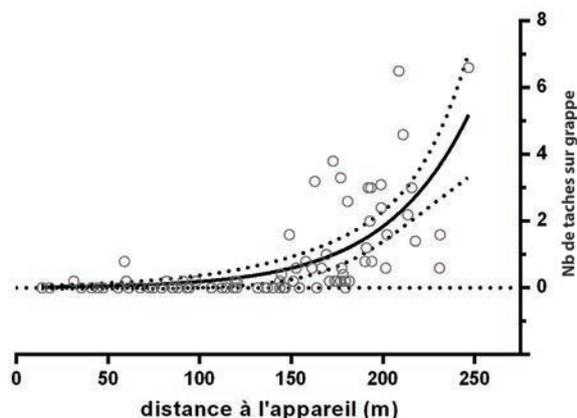


Figure 1 : Nombre de taches de mildiou observées par grappe de raisin sur des groupes de 5 cepes en fonction de la distance par rapport à l'appareil de diffusion : IC 99 % – N=83 groupes, soit 415 cepes – ©GENODICS.

C'est sur le traitement de l'Esca, la maladie du bois de la vigne, que nous avons recueilli le plus grand nombre de données : environ 300 comptages ont été faits. Cette évaluation nous a permis de comparer les taux de mortalité des parcelles de vignes avant (avec au minimum trois années de recul) et après mise en place des diffusions.

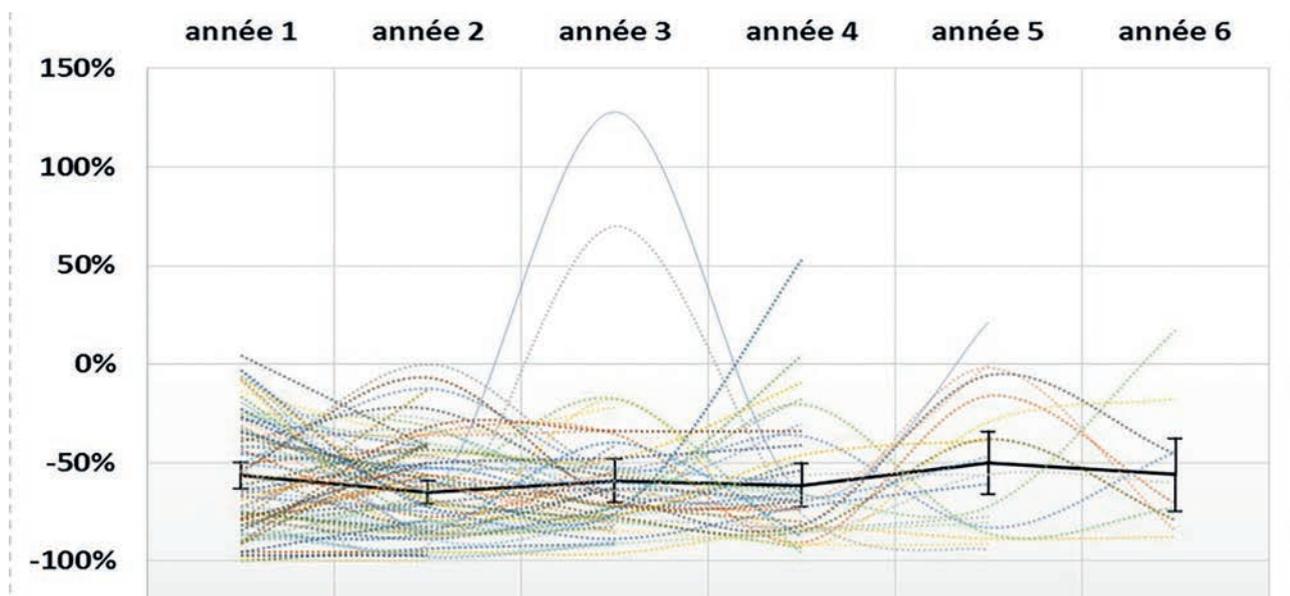


Figure 2 : Évolution du taux de mortalité liée à l'Esca par rapport à la moyenne historique de mortalité (N=91 parcelles, 1 209 020 cepes de vigne sur 260 ha. Au total, IC 99 %) – ©GENODICS.

Ces évaluations faites avec le vigneron nécessitent que ce dernier suive avec précision cet indicateur. La Figure 2 en bas de page en donne une synthèse.

Un troisième modèle a été élaboré pour l'évaluation d'un processus cyclique, le « forçage d'endives ». De septembre à mars, une quantité donnée de racines sont placées chaque jour dans la salle de « forçage », dont elles ressortiront vingt-et-un jours plus tard en tant qu'endives formées. Nous avons opéré des cycles de vingt-et-un jours avec diffusion et vingt-et-un autres sans diffusion, de sorte que les lots d'endives ont bénéficié selon le cas de 0 à 21 jours de diffusion : l'augmentation du rendement, corrélée à la baisse du nombre des endives de second choix (touchées par une bactériose et effeuillées) est clairement corrélée au nombre des jours de diffusion reçues par chaque lot (voir la Figure 3 ci-dessous).

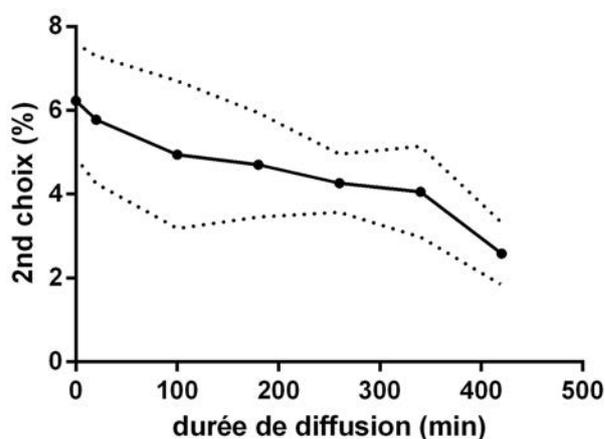


Figure 3 : Pourcentage des endives de second choix en fonction de la durée de diffusion (N=211 séries, soit 541 tonnes d'endives IC 95 %) – ©GENODICS.

Depuis six ans, dans le Roussillon, nous comparons le nombre des pêcheurs arrachés à la suite de la détection d'une virose, la Sharka. Sur 100 hectares sonorisés, comparés à 200 autres hectares non sonorisés, l'évolution de l'arrachage entre ces deux zones montre une différence de 50 % en faveur de la zone sonorisée.

Ces suivis et ces observations prennent du temps. Ils nécessitent une forte implication de nos partenaires agriculteurs, que nous remercions ici pour leur volontarisme.

## Conclusion

Cinquante applications développées en douze ans, correspondant à 300 installations sur 2 500 ha, c'est une réalité qui commence à se voir. Elle suscite une curiosité croissante et des questions de plus en plus insistantes dans les milieux professionnels. Espérons qu'elle suscite enfin un intérêt de la part des instituts de recherche.

De la santé du vivant à l'optimisation de processus biologiques, nous sommes conscients de l'étendue de ce qui nous reste à faire et à développer. Le monde du vivant est plus vaste et plus sophistiqué que les représentations que beaucoup en ont !

« Science sans conscience n'est que ruine de l'âme », disait Rabelais. Sujet et objet ne sont-ils pas les deux faces d'une même pièce <sup>(12)</sup> ? La génodique permettrait-elle de les réconcilier ?

---

(12) STERNHEIMER J. (2001), « Le lieu de la distinction sujet-objet dans les sciences de la nature », conférence organisée dans le cadre du colloque « Prospective III », à Cerisy-la-Salle (France), 30 mai 2001 (révisé le 24 mars 2003) : <https://www.academia.edu/11496313>  
 STERNHEIMER J. (2006), « Génodique appliquée à la guérison des écosystèmes », conférence organisée dans le cadre du colloque « Serge Winogradsky », aujourd'hui les Ateliers techniques du SIAAP, Colombes (France) : <https://www.academia.edu/10100828>

## Bibliographie

- CELUZZA J. F. & FERRANDIZ P. (1993), « Procédé de régulation épigénétique de la synthèse protéique – Essai en panification », revue *Industrie des céréales*, n°85, décembre, p. 40 : <https://aemic.com/blog/article/procede-de-regulation-epigenetique-de-la-synthese-proteique-essai-en-panification.html>. Présentation faite lors des « Journées techniques de l'ENSMIC 1993 ».
- FERRANDIZ P., DUHAMEL M. & STERNHEIMER J. (2018), "Epigenetic Regulation of Protein Biosynthesis by Scale Resonance: Study of the Reduction of ESCA Effects on Vines in Field Applications – Summary 2016", *Researchgate*, mars, <https://www.researchgate.net/publication/324266455>
- PRÉVOST V., DAVID K., GALLET O. & HINDIÉ M. (2020), "Diffusions of sound frequencies designed to target dehydrins induce hydric stress tolerance in *Pisum sativum* seedlings", *Open Access Heliyon*, September 23, doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04991>
- PRÉVOST V., DUHAMEL M., FERRANDIZ P. & STERNHEIMER J. (2020), « 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 domaine agricole : étude des cas Vigne (champignons : Esca et Mildiou), Endive (bactérie : *Erwinia*) et Courgette (virus : WMV2, ZYMV) », *Researchgate*, janvier, <https://www.researchgate.net/publication/338479404>