

L'influence de la musique sur la pousse des plantes

*Dossier réalisé par Cyril Curcio et Yohann Amore, élèves en première année de
licence d'informatique.*

Introduction

Depuis des centaines d'années, aux quatre coins du globe, il existe des rituels agraires accompagnés de chants et musiques pour aider la germination et la pousse des plantes.

En effet, l'idée que les plantes soient réceptives aux mélodies a toujours été très répandue dans l'esprit des hommes : si dans les îles du Pacifique, les agriculteurs imitaient il y a bien longtemps le chant des oiseaux dans l'espoir d'influencer la production locale, à l'autre bout du monde, dans nos campagnes, d'autres agriculteurs chantaient, eux, des chants agraires en espérant ainsi accroître leur production céréalière.

Au cours du XXème siècle, nombreux sont les scientifiques ayant l'intuition qu'il serait possible de « communiquer » avec les plantes qui font des recherches et réalisent diverses expériences, en vain, qui pourraient démontrer cette théorie.

Citons par exemple Cleve Backster, ancien membre de la C.I.A mais aussi chercheur autodidacte, qui, en 1966, aura bouleversé le regard habituel des gens sur le monde végétal, suite à la médiatisation de sa « découverte » qui sera ainsi nommée « effet Backster », mais qu'il ne parviendra pourtant jamais à prouver...

Il faudra attendre jusqu'au mois de juin 1992, pour que Joël Sternheimer, professeur à l'Université européenne de la recherche, mette au jour le lien entre la musique et les végétaux, en déposant le brevet du « Procédé de régulation épigénétique de la synthèse protéique », une théorie révolutionnaire qui permettrait d'expliquer, entre autres, l'influence de la musique sur des organismes vivants tels que les plantes.



En nous appuyant sur les travaux de Joël Sternheimer, à travers ce dossier, nous tenterons de répondre à la problématique suivante : « peut-on mettre en évidence un effet de la musique sur la pousse des plantes? ».

Dans un premier temps, nous vous présenterons Joël Sternheimer, ainsi que ses travaux concernant l'influence de la musique sur les organismes vivants.

Puis, nous verrons pour quelles raisons ses recherches sont accueillies par certains avec le plus grand scepticisme, et quelles ont donc été nos démarches pour vérifier les fondements de ses travaux.

Ensuite, nous nous intéresserons aux tests qui ont été développés à partir des recherches de Sternheimer.

Enfin, nous vous présenterons le protocole expérimental que nous avons réalisé, et nous vous ferons part des conclusions que nous en avons tiré.

Qui est Joël Sternheimer, et qu'a-t-il découvert?



Né en 1943 dans l'Ain, adopté en qualité de pupille de la Nation en 1948, Joël Sternheimer est diplômé d'Etudes Supérieures de Mathématiques Approfondies en 1964, puis obtient son doctorat en physique théorique à Lyon à 23 ans.

En 1967, alors qu'il est physicien de formation et l'élève de Louis de Broglie, le prix Nobel de physique de 1929, ce dernier envoie Joël Sternheimer à l'université de Princeton, aux Etats-Unis, pour poursuivre ses recherches sur la physique des particules.

Là-bas, Sternheimer s'épanouit pleinement en faisant la connaissance d'autres personnalités importantes, et en particulier celle du savant Robert Oppenheimer.

Cependant, la guerre du Vietnam va profondément modifier la vie de Joël Sternheimer.

En effet, pendant cette période, les Etats-Unis décident de réorienter leurs recherches vers la fabrication d'armes de destruction massive afin de terminer cette guerre le plus rapidement possible.

Pour Sternheimer, c'est un véritable coup dur. Il expliquera brièvement cela près de 30 ans après, en 1997, à l'occasion du Festival Science Frontières :

« Alors que j'étais là-bas, se souvient-il, les Américains ont décidé d'aller massacrer les Vietnamiens et, en même temps, de lancer des programmes de recherche que je qualifierais "d'impérialistes".

Il s'agissait de faire un pas de plus dans la hiérarchisation de la matière et des particules élémentaires, modèles avec lesquels je n'étais pas d'accord. Devant le dilemme de me soumettre ou de me démettre, j'ai demandé l'avis de mes professeurs. Il y avait notamment Oppenheimer. J'étais frappé par le remords qui se lisait sur son visage ».

Un autre professeur de Sternheimer, conscient de ses talents de musicien, l'invite à tenter d'enregistrer un disque afin de gagner de l'argent qui lui permettrait d'être chercheur indépendant, et de pouvoir mener ses recherches comme il le voudrait.

Sternheimer suit le conseil de son professeur : il passe avec succès une audition chez Disc'AZ et enregistre en quelques jours, sous le pseudonyme d'Évariste (en hommage au mathématicien Evariste Galois), un disque, en forme de dialogue surréaliste entre un oiseau de nuit et un saurien rugissant, qui connaît un vif succès : « *Connais-tu l'animal qui inventa le calcul intégral?* ».

Joël Sternheimer mène ainsi en parallèle deux carrières totalement différentes jusqu'en 1978, où il décide de se consacrer entièrement à sa carrière de chercheur indépendant, les succès de ses disques lui ayant offert une certaine autonomie financière.



A l'époque, convaincu d'en avoir fini avec sa carrière d'auteur-interprète, il ne doit certainement pas s'attendre à ce que ses futures recherches physiques soient, ironiquement, basées sur la musique.

Pourtant, en travaillant sur le problème de la distribution des masses des particules, il découvre qu'elles sont réparties suivant une gamme musicale, la gamme tempérée essentiellement, ce qui indique que dans les fréquences associées à ces particules, il existe des harmoniques.

« Comme quoi on n'échappe pas à l'origine des ses crédits de recherches », remarque-t-il avec philosophie.

Se plongeant dans un long travail théorique en physique quantique, Joël Sternheimer prédit et met indirectement en évidence l'existence de ce qu'il appelle des « ondes d'échelle », qui seraient émises par des particules et notamment, dans les cellules vivantes, par les acides aminés, à des fréquences inaudibles.

Par le calcul, Joël Sternheimer a établi la fréquence de ces ondes d'échelle correspondant aux 20 acides aminés utilisés par le corps humain, ce qui lui a fourni 10 fréquences distinctes.

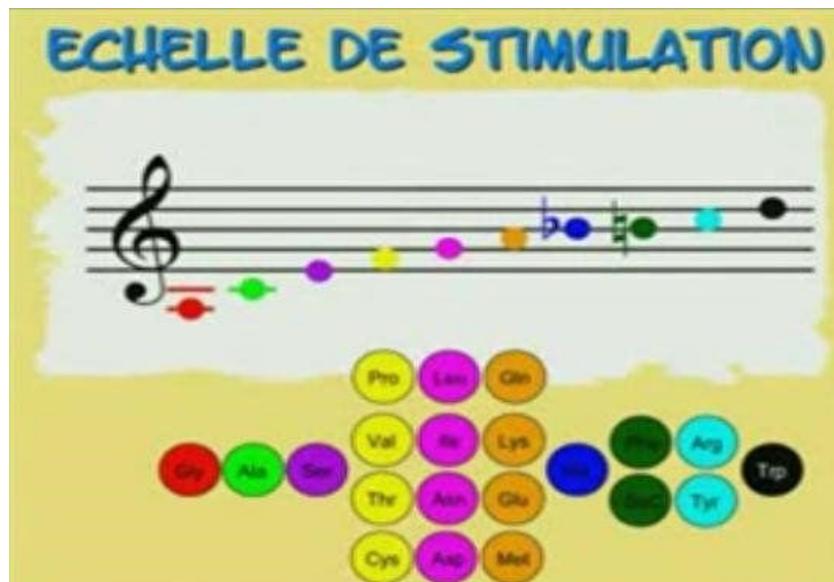
Il est possible de rendre ces fréquences audibles en les transposant en notes de musique. Nous obtenons donc pour une protéine, qui est une suite d'acides aminés, une succession de notes.

En fonction de la complexité de la composition des protéines, qui peuvent regrouper aussi bien une dizaine d'acides aminés que des centaines, nous obtenons une véritable mélodie, une partition variant donc d'une dizaine à plusieurs centaines de notes.

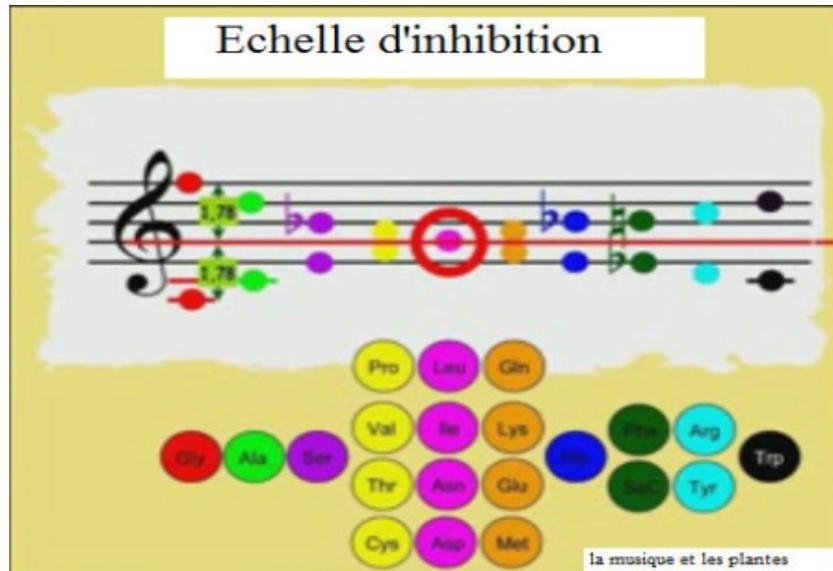
Voici le tableau de correspondance note/acide aminé réalisé par Joël Sternheimer :

Tableau du code universel de Joël Sternheimer			
Acide Aminé	Note		Diminutif anglais
	Stimulante	Inhibante	
Alanine	do (grave)	ré (aigu)	a
Arginine	do (aigu)	ré (grave)	r
Asparagine	sol	sol	n
Aspartate	sol	sol	d
Cystéine	fa	la	c
Glutamate	la	fa	e
Glutamine	la	fa	q
Glycine	la (grave)	fa (aigu)	g
Histidine	si bémol	mi	h
Isoleucine	sol	sol	i
Leucine	sol	sol	l
Lysine	la	fa	k
Méthionine	la	fa	m
Phénylalanine	si bécare	mi bémol	f
Proline	fa	la	p
Sérine	mi	si bémol	s
Thréonine	fa	la	t
Tryptophane	ré (aigu)	do (grave)	w
Tyrosine	do (aigu)	ré (grave)	y
Valine	fa	la	v

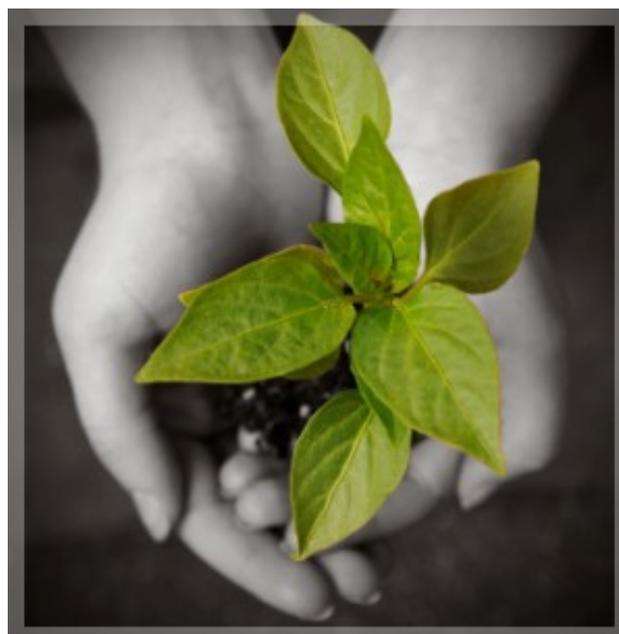
Sternheimer a constaté que lorsque l'on joue l'enchaînement dans le domaine audible des fréquences des acides aminés d'une protéine, on observe une augmentation de la synthèse de cette protéine. La séquence des sons spécifiques à la synthèse ou à l'inhibition d'une protéine est appelée « protéodie ».



Pour inhiber une protéine, c'est-à-dire freiner sa fabrication, il suffit d'avoir la mélodie « symétriquement opposée ». Très schématiquement, si la mélodie qui stimule est dans les « graves », celle qui inhibera sera dans les « aiguës ». Chaque acide aminé possédant son équivalent en note stimulante et en note inhibitrice, on disposera de deux décodages, deux mélodies pour chaque protéine : l'une stimulant la protéine, l'autre l'inhibant.



C'est à partir de cette découverte, qu'en juin 1992, Joël Sternheimer, qui est alors professeur à l'Université européenne de la recherche, dépose son brevet du « Procédé de régulation épigénétique de la synthèse protéique », dans lequel il met en place une théorie pour le moins intéressante : la musique aurait donc une influence sur l'organisme et favoriserait l'épanouissement des êtres vivants. Sternheimer commencera ainsi par mettre sa théorie en pratique sur les plantes, leurs protéines étant les moins complexes.



Mais cette théorie est-elle réellement fondée?

Après avoir réalisé nos recherches sur Joël Sternheimer, et sur ses travaux sur l'influence de la musique sur les organismes vivants, nous avons jugé intéressant, dans un premier temps, de prendre connaissance des différentes façons dont est perçue la théorie de Sternheimer.

Pour ce faire, nous avons interrogé (directement, ou sur le net via des forums concernés) plusieurs individus de profils différents : des scientifiques, des biologistes, des passionnés de jardinage, ou encore simplement des personnes ayant entendu parler de la découverte de Sternheimer.... Chacune de ces personnes connaissaient donc les travaux de Sternheimer et ont accepté de nous faire part de leurs avis sur la question.

Ainsi, nous avons tout d'abord pu nous rendre compte que si certains soutiennent les recherches de Sternheimer avec beaucoup d'enthousiasme, une majorité d'autres individus interrogés se révèlent être relativement plus sceptiques. Lorsque nous leur demandons pour quelle(s) raison(s) la théorie de Sternheimer leur paraît être « une supercherie », seulement deux réponses différentes nous sont données :

- certains évoquent le fait que la demande de brevet de Joël Sternheimer ait été refusé à plusieurs reprises avant d'être validée, ils se contentent alors d'ajouter : « il y a anguille sous roche! ».
- d'autres, eux, font leur argumentation autour de la discrétion de Sternheimer. : « il est étonnant que des travaux d'une telle portée ne soit validés que par un brevet et qu'on ne trouve au gré de recherches sur le web, aucune référence bibliographique dans des revues de référence à comité de lecture. En vingt ans de travaux, voilà qui est mince. Je m'interroge... ».

Nous pouvons donc constater que chacune des personnes interrogées n'étant pas convaincues par la théorie de Sternheimer se basait sur ce que l'on pourrait qualifier de son « intuition personnelle » pour justifier son scepticisme. Aucune d'entre elles n'a été en mesure d'expliquer, avec l'appui de faits scientifiques, pour quelle(s) raison(s) la théorie de Sternheimer lui semblait infondée.

A partir de ces observations, nous nous sommes donc lancés dans la recherche d'informations qui pourraient prouver si oui ou non la découverte de Sternheimer est fondée.

Notre premier réflexe a été de tenter de se procurer une copie du brevet qu'il a déposé en 1992, dans l'espoir de trouver des réponses à certaines interrogations que l'on se posait : comment Joël Sternheimer a-t-il découvert les ondes d'échelles? Comment a-t-il établi la fréquence de ces mêmes ondes d'échelle?

Une première difficulté s'est alors opposée à nous.

En effet, comme certaines personnes que nous avons interrogé nous le confiaient, les informations sur les recherches de Sternheimer s'avèrent relativement difficiles à trouver.

Si les médias nous présentent les recherches de l'homme à travers des émissions télévisées, ou encore à l'occasion de quelques articles et interviews ne se trouvant, pour la plupart, que sur le net, les livres ou les revues scientifiques (les sources sûres) expliquant la découverte de Joël Sternheimer et la prouvant par des raisonnements scientifiques se font rares, et difficiles d'accès.

Ainsi, malgré de longues recherches, nous n'avons pas réussi à acquérir une copie du brevet de Sternheimer, qui aurait sans doute pu nous éclairer sur certains points.

Cependant, en cherchant pour quelles raisons la demande de brevet de Sternheimer avait été rejeté, nous avons trouvé, sur le net, le compte-rendu (consultable à partir de ce lien : <http://legal.european-patent-office.org/dg3/pdf/t030550fu1.pdf>) de la décision de la Chambre de recours technique 3.3.4 du 8 mars 2004 concernant sa deuxième demande.

Dans ce compte-rendu, le premier paragraphe nous fait part des raisons pour lesquelles la première demande de brevet de Sternheimer avait été rejeté :

« La demande de brevet européen n° 93 913 082.9, publiée sous le n° WO 93/24 645 (n° de publication européen : EP-A-0 648 275) et ayant pour titre "Procédé de régulation épigénétique de la biosynthèse des protéines par résonance d'échelle", avait été rejetée une première fois par la Division d'examen conformément aux dispositions de l'article 97(1) CBE, car les revendications alors en vigueur avaient été considérées concerner des procédés essentiellement intellectuels auxquels un caractère technique et industriel ne pouvait être reconnu et qui ne constituaient donc pas des inventions brevetables au sens de l'article 52(1) et (2)CBE ».

Mais ce n'est pas tout, dans le paragraphe II de ce compte-rendu, nous découvrons finalement les différentes étapes détaillées (bien que complexes) par lesquelles est passé Joël Sternheimer lors de ses recherches pour conclure que la musique a une influence sur des organismes vivants.

Par conséquent, ayant maintenant connaissance des calculs et du raisonnement scientifique qui ont permis à Sternheimer de déposer son brevet, à ce stade de notre enquête, il ne nous reste plus qu'à rechercher si des tests prouvant l'exactitude de sa théorie ont déjà été développés. Quoi qu'il en soit, ensuite, nous réaliserons nous-même un protocole expérimental qui, dans le cas où les résultats seraient concluants, nous permettra d'en déduire que la théorie de Sternheimer, à savoir que la musique aurait un effet sur des organismes vivants, et en particulier sur les plantes, est fondée.

Les tests développés à partir des recherches de Joël Sternheimer

En 1994, alors que l'été est très chaud (les températures varient entre 35°C et 39°C), sept chercheurs, dont Joël Sternheimer, réalisent une première expérience sur des tomates, dans une serre, en Suisse.

Le but de cette expérience est de stimuler la protéine TAS14 (une protéine de résistance de la tomate à la sécheresse, isolée en 1990 par trois de ces sept chercheurs) d'une partie des tomates de la serre en les soumettant à l'écoute d'une protéodie appropriée pendant trois minutes par jour, du 26 juillet au 11 août.

Ainsi, après trois jours pendant lesquels certaines tomates de la serre écoutaient la musique, on assiste à des résultats étonnants : les feuilles des tomates dites « musicales » restent vertes, tandis que celles qui n'avaient reçu que de l'eau sèchent.

A la fois enthousiasmés et intrigués, Mansour Gueye, un industriel sénégalais, et son frère Ousmane Gueye, qui est technicien agricole, réalisent bientôt une expérience similaire en Afrique.

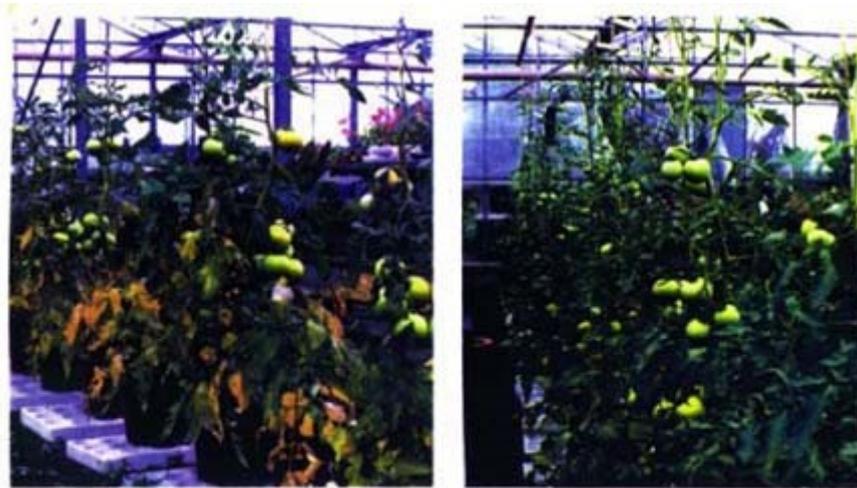


Figure 1. À gauche, tomates de la serre témoin; à droite, tomates ayant reçu du 26 juillet au 11 août 1994, pendant 3 minutes par jour, la musique de la protéine TAS14 anti-sécheresse, par une température en serre de 35 à 39 degrés. Pendant cette période, les deux séries, de 24 plants chacune, recevaient 1 litre 1/2 d'eau par plant et par jour. Photos prises le 11 août par Castor Egloff.

Il faudra attendre le 18 juillet 1996 pour que les frères Gueye et Joël Sternheimer, assistés par trois autres chercheurs, reconduisent une expérience à peu près semblable à celle réalisée deux ans plus tôt en Suisse.

Cette fois-ci, le test a lieu dans la région sud de Dakar, au Sénégal.

Comme pour le précédent, on cherche à observer et évaluer l'effet, sur plusieurs centaines de plants de tomates cultivés en plein air, de la stimulation de leur protéine TAS14 anti-sécheresse.

Il y a une seule différence avec la première expérience réalisée en Suisse : cette fois, le jardin a été séparé en deux afin qu'une partie de celui-ci soit arrosée deux fois par jour, tandis que l'autre partie ne l'est qu'une fois par jour, mais est soumise à l'écoute de la protéodie stimulant la TAS14 trois minutes par jour, par un radiocassette ordinaire placé au pied des plants.

Un fois de plus, les résultats sont spectaculaires : sur le jardin témoin, les plants ont atteint une hauteur moyenne d'un mètre, et les tomates, petites et peu nombreuses, ont été attaquées par des insectes.

Sur le jardin musical, les plants font en moyenne un mètre soixante-dix, les tomates sont beaucoup plus grosses et parfois éclatées car gorgées d'eau.

Pour une diffusion musicale de trois minutes par jour, le rendement spécifique des cultures a presque été multiplié par 20!

De plus, la chair des tomates « musicales » est ferme et elles n'ont pas subi l'agression d'insectes. Les plants, eux, paraissent mieux retenir l'eau et sont visiblement plus vigoureux.

Voici quelques photos (trouvées sur ce lien : <http://www.bekkoame.ne.jp/~dr.fuk/TomatePhotoF.html>) illustrant cette expérience :



Le 18 juillet 1996:

Le monsieur vêtu de blanc au centre sépare sur sa gauche les plantes qui vont écouter la musique et sur sa droite les plantes témoins.

Le 29 juillet 1996:

Nous dressons des piquets pour servir de support aux plantes.



Le 29 juillet 1996:

Plantes musicales

Ces plantes ont écouté pendant 11 jours la musique de la protéine TAS14 anti-sécheresse et ont pris une croissance rapide par rapport aux plantes sur la photo ci-dessous.



Le 29 juillet 1996:

Plantes témoins



Le 4 août 1996:

La musique est diffusée une fois par jour. Sur chaque 3 mètres, nous déplaçons l'appareil pour servir toute la longueur.



Le 4 août 1996:

Sur le haut de la photo y figurent les plantes musicales. Sur la droite de la photo jusqu'au milieu figurent les plantes témoins.

Le 20 août 1996:

A.M.: Avec Musique

Dans beaucoup de cas de comparaison les plantes musicales sont plus longues et plus touffues. Elles fleurissent plus que les plantes témoins. Les plantes ci-contre sont arrosées une fois par jour.



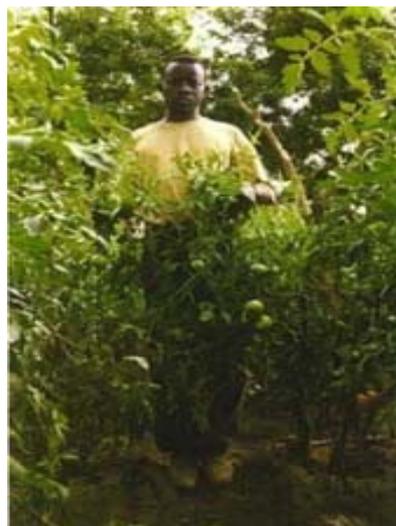
Le 20 août 1996:

S.M. : Sans Musique

Les plantes sans musique sont arrosées deux fois par jour. Nous remarquons qu'elle sont moins longues et moins touffues.

Le 16 septembre 1996:

Les plantes ayant écouté la musique depuis le 18 juillet 1996 ont présenté un rendement nettement significatif.



Le 16 septembre 1996:

Les plantes n'ayant pas reçu de musique ont présenté un rendement faible dans plusieurs cas de comparaison.



Les plants de tomates témoins sans musique anti-sécheresse ont une hauteur moyenne d'un mètre.



Les tomates avec musique anti-sécheresse ont une hauteur moyenne d'un mètre soixante-dix.

Lors d'une interview, Joël Sternheimer raconte comment s'est déroulée l'une de ses expériences avec Pedro Ferrandiz :

« Nous avons réalisé avec Pedro une expérience à Paris où l'air est très pollué. Nous avons placé des algues microscopiques dans un petit bac avec de l'eau.

Pendant dix jours, dix minutes par jour, nous leur avons passé une musique stimulant plusieurs protéines de photosynthèse, le processus par lequel les algues fixent le CO₂ de l'air, puis gardent le carbone pour se développer et rejettent de l'oxygène.

En quelques jours, nous avons vu des bulles d'oxygène. Il y a eu un dégagement d'oxygène seize fois supérieur chez les algues qui avaient reçu la musique par rapport aux algues témoins.

Cela ouvre des perspectives pour lutter contre la pollution de l'air en stimulant la photosynthèse des plantes qui poussent dans les villes ».

Depuis 1994, de nombreux autres tests ont été réalisés, principalement en Europe et aux Etats-Unis.

Toutefois, les résultats positifs de ces tests suscitent de plus en plus l'intérêt des autres chercheurs.

Ainsi, les recherches et même l'exploitation de l'effet de la musique sur les plantes s'étendent désormais hors de l'Europe et des Etats-Unis : l'Institut National de Biotechnologie Agricole de Corée du Sud a déclaré avoir découvert deux gènes du riz répondant aux ondes sonores, et la société japonaise Gomei-kaisha Takada a déposé un brevet en 1991 sur l'utilisation de musiques censées améliorer la fermentation de certaines levures destinées à la production de sauce-soja et de pâte miso.

Protocole expérimental

Après vous avoir présenté quelques tests, élaborés dans plusieurs parties du monde à partir des recherches de Joël Sternheimer; qui tendaient à prouver que l'on pourrait en effet influencer la pousse des plantes grâce à la musique, nous vous proposons maintenant de découvrir le protocole expérimental que nous avons réalisé afin d'ôter les derniers doutes présents dans nos esprits.

Comme vous l'aurez sans doute compris, cette expérience visera donc à vérifier si oui ou non la croissance des plantes dont nous allons nous occuper (des haricots), va réellement être stimulée, et inhibée par les protéodies que nous avons écrit.

Cependant, avant de vous présenter les différentes étapes de notre protocole expérimental, refaisons un point sur les protéodies.

Qu'est-ce qu'une protéodie? Comment peut-elle influencer la croissance des plantes? Comment peut-on en composer une?

Les explications suivantes sont totalement tirées d'un site scientifique sur internet, mais nous avons choisi de les intégrer à notre dossier car elles représentent une très bonne explication de l'action des protéodies sur les protéines.

Elles sont consultables à cette adresse : http://www.spirit-science.fr/doc_humain/ADN4musique.html

« C'est au cours de la **construction d'une protéine** que les acides aminés émettent une onde d'échelle spécifique. Tout d'abord, le gène est transcrit en un **ARN messager**, après élimination des introns. Sa structure est faite de la succession de codons, groupes de 3 nucléotides. Puis cet ARN messager sort du noyau de la cellule, et voyage jusqu'à l'usine de fabrication, une structure nommée **ribosome**, sur lequel il s'amarre. C'est à cet endroit que **les acides aminés** sont apportés un à un, dans l'ordre de leurs codons correspondants et **déposés sur l'ARN messager**. C'est dans ce bref moment du dépôt que **l'acide aminé émet un signal ondulatoire**, une onde dont on peut calculer la fréquence vibratoire. Au fur et à mesure de la synthèse de la protéine par apport successif et assemblage des acides aminés, chacun d'eux émet son signal, de sorte que la protéine dans son ensemble produit une succession de fréquences. Ces ondes sont nommées **ondes d'échelle** parce que la théorie quantique montre qu'elles sont liées aux différentes échelles d'observation, de l'acide aminé à la protéine.

Cette succession de fréquences rappelle une succession de notes de musique, d'autant plus que les rapports de ces fréquences sont analogues aux demi-tons de la gamme musicale.

On peut donc désigner cette suite par le terme de **mélodie quantique**, sauf que ses notes se situent bien loin des fréquences audibles.

J. Sternheimer a eu l'idée de transposer cette mélodie quantique en une mélodie audible par changement d'octave, c'est-à-dire en divisant les fréquences par 2 un nombre suffisant de fois, en l'occurrence 76 fois.

Par ce moyen, **à chaque acide aminé correspond une note de musique spécifique**.

Les protéines, qui sont constituées de dizaines ou de centaines d'acides aminés, génèrent une véritable mélodie.

Chaque protéine est caractérisée par sa propre mélodie baptisée protéodie.

La durée des notes est fixée par l'intervalle de temps qui s'écoule réellement entre l'adjonction de 2 acides aminés.

Puisque de très nombreuses séquences d'acides aminés sont connues et disponibles sur différentes banques de données, comme celle de la National Biomedical Research Foundation aux États-Unis, Joël Sternheimer a pu ainsi composer les mélodies spécifiques d'un grand nombre d'entre elles.

Ainsi les protéines émettent une mélodie quantique. Inversement elles sont sensibles à la musique qu'elles reçoivent. **Une protéine résonne avec sa propre protéodie**. Lorsqu'on lui joue cette protéodie musicale, par exemple avec un enregistrement diffusé par des hauts-parleurs sur des cellules contenant cette protéine active, **la protéine réagit par une accélération de sa synthèse**.

Un autre phénomène étonnant est qu'il est possible de composer une mélodie "contraire" à cette protéodie et que **la protéodie contraire a une action inhibitrice sur la synthèse**. Elle se déduit de la protéodie directe en remplaçant les mouvements ascendants par des mouvements descendants et inversement selon des règles précises.

L'intensité des actions stimulatrice et inhibitrice dépend du nombre de fois où la protéodie est répétée, de son volume sonore, de son timbre, de sa vitesse. »

Pour résumer tout cela d'une façon peut-être plus simple et plus rapide, disons que lors de la synthèse d'une protéine, chaque acide aminé qui constitue la séquence émet une onde dont on peut calculer la fréquence vibratoire. Joël Sternheimer a découvert que ces fréquences pouvaient être associées à des notes de musique.

Ainsi, à chaque acide aminé correspond une note de musique spécifique qui va stimuler la protéine, et une autre, qui au contraire, va l'inhiber.

Par conséquent, puisqu'une protéine est composée d'une multitude d'acides aminés, on peut à partir de ces derniers écrire une mélodie qui stimulera la protéine, ou une autre qui l'inhibera.

Ces mélodies ont été appelées les protéodies.

Dans la mesure où Joël Sternheimer a réalisé un tableau de correspondance entre acides aminés et notes, écrire une protéodie est relativement simple dès lors que l'on connaît la séquence d'acides aminés composant la protéine.

Tableau du code universel de Joël Sternheimer			
Acide Aminé	Note		Diminutif anglais
	Stimulante	Inhibante	
Alanine	do (grave)	ré (aigu)	a
Arginine	do (aigu)	ré (grave)	r
Asparagine	sol	sol	n
Aspartate	sol	sol	d
Cystéine	fa	la	c
Glutamate	la	fa	e
Glutamine	la	fa	q
Glycine	la (grave)	fa (aigu)	g
Histidine	si bémol	mi	h
Isoleucine	sol	sol	i
Leucine	sol	sol	l
Lysine	la	fa	k
Méthionine	la	fa	m
Phénylalanine	si bécare	mi bémol	f
Proline	fa	la	p
Sérine	mi	si bémol	s
Thréonine	fa	la	t
Tryptophane	ré (aigu)	do (grave)	w
Tyrosine	do (aigu)	ré (grave)	y
Valine	fa	la	v

Après avoir bien assimilé comment une protéodie peut agir sur une protéine en la stimulant ou en l'inhibant, nous nous sommes donc interrogés sur le choix de la plante que nous utiliserions pour réaliser notre test expérimental. Après quelques recherches, nous avons appris que le haricot vert nain (appartenant à la famille des *Phaseolus vulgaris*) est une plante qui a l'avantage d'avoir une croissance rapide.

Par conséquent, comme nous voulions justement des résultats rapides, nous avons décidé de tester l'expérience avec ces haricots.

A partir de là, la question qui s'est posée d'elle-même est bien sûr quelle protéine devions-nous stimuler ou inhiber pour agir sur la croissance des haricots verts nains dont nous allons nous occuper?

Nous avons donc enquêté pour trouver l'origine naturelle de la croissance de nos haricots, et c'est ainsi que nous avons découvert que toutes les plantes, quelles qu'elles soient, contiennent une hormone : l'auxine.

Cette hormone, en intervenant à plusieurs niveaux, est l'une des principales causes de l'élongation cellulaire dans la croissance des plantes (nous n'en dirons pas plus à ce propos car les explications sont complexes, et ce n'est pas là le sujet de notre dossier. Cependant, vous pouvez retrouver ces explications en suivant ce lien :

<http://www.inrp.fr/Access/biotic/morpho/html/auxine.htm>).

Nous aurions pu choisir de stimuler et inhiber une protéine synthétisant l'auxine chez nos haricots, seulement, leur chaîne d'acides aminés étant très importante, nous avons préféré nous intéresser à une protéine responsable de la régulation de l'auxine chez les *Phaseolus vulgaris*.

Cette protéine se nomme « AIA-regulated protein for *Phaseolus vulgaris* ».

Voici sa séquence d'acides aminés :

```

1   mddgggskls girqivrlke mfkqwqvtl gskeshdsd varpggippm inkrltnvly
61  cdsdedscys ppphdvpkg ylavyvgpel rrfiptysl shslfkvlle kaaefgfdq
121 sggltipcei etfkyllncm ehddssagn tgtvee

```

A partir de cette séquence d'acides aminés, et en nous référant au tableau de correspondance de Joël Sternheimer, nous avons pu composer deux protéodies : l'une stimulant la protéine, qui devrait donc stimuler la croissance de nos haricots verts nains, et l'autre, à contrario, qui serait censée inhiber la croissance de ceux-ci.

Voici les protéodies que nous avons écrit :

Protéodie stimulant la croissance du haricot vert nain

(Phaseolus Vulgaris)

Y. Amore

Moderate ♩ = 120

1 2 3 4 5

TAB

2 0 0	0 0 2 2	0 2 0	1 2 0 3	1 0 2 2
-------	---------	-------	---------	---------

6 7 8 9 10 11

TAB

2 0 2 2	3 2 3 3	3 0 2	2 2 2 0	3 0 2 0	3 1 3
---------	---------	-------	---------	---------	-------

12 13 14 15 16 17

TAB

0 0 3	3 2 0 0	2 1 0 3	0 3 0 1	3 0 2 0	2 0 2 3
-------	---------	---------	---------	---------	---------

18 19 20 21 22 23

TAB

1 2 3 2	3 3 3 0	3 3 2 0	1 0 3 3	1 3 0 3	2 0 1 1
---------	---------	---------	---------	---------	---------

24 25 26 27 28 29

TAB

0 0 0 3	3 2 1 0	2 3 2 0	0 2 3 0	0 2 2 3	2 2 0 3
---------	---------	---------	---------	---------	---------

Musical notation for measures 30-35. The top staff shows a melodic line with notes and accidentals. The bottom staff shows guitar fretting with numbers 0, 2, 3, 1, 0, 3, 2. Measure numbers 30, 31, 32, 33, 34, and 35 are written in red above the staff.

Musical notation for measures 36-39. The top staff shows a melodic line with notes and accidentals. The bottom staff shows guitar fretting with numbers 2, 0, 3, 0, 0, 2, 2, 3, 0, 3, 0, 3, 3, 2, 2. Measure numbers 36, 37, 38, and 39 are written in red above the staff.

Protéodie inhibant la croissance du haricot vert nain

(Phaseolus Vulgaris)

Y. Amore

Moderate ♩ = 120

1

1 2 3 4 5

TAB

3 0 0 1 1 1 3 3 0 3 0 0 3 0 2 0 0 3 3

Detailed description: This system contains the first five measures of the piece. The top staff is a treble clef in 4/4 time, with notes G4, A4, B4, C5, D5, E5, F5, G5, A5, B5, C6, D6, E6, F6, G6. The bottom staff is a guitar TAB with fret numbers: 3, 0, 0, 1, 1, 1, 3, 3, 0, 3, 0, 0, 3, 0, 2, 0, 0, 3, 3.

6 7 8 9 10 11

3 1 3 3 3 3 2 2 2 0 1 3 3 3 3 0 2 0 3 0 2 3 0 2

Detailed description: This system contains measures 6-11. The top staff continues the melody. The bottom staff has fret numbers: 3, 1, 3, 3, 3, 3, 2, 2, 2, 0, 1, 3, 3, 3, 3, 0, 2, 0, 3, 0, 2, 3, 0, 2.

12 13 14 15 16 17

1 1 0 2 2 3 0 0 3 0 0 2 0 2 0 0 2 0 3 0 3 0 3 2

Detailed description: This system contains measures 12-17. The top staff continues the melody. The bottom staff has fret numbers: 1, 1, 0, 2, 2, 3, 0, 0, 3, 0, 0, 2, 0, 2, 0, 0, 2, 0, 3, 0, 3, 0, 3, 2.

18 19 20 21 22 23

0 3 2 3 2 2 2 0 2 2 3 0 0 3 2 0 2 2 2 3 0 0 0

Detailed description: This system contains measures 18-23. The top staff continues the melody. The bottom staff has fret numbers: 0, 3, 2, 3, 2, 2, 2, 0, 2, 2, 3, 0, 0, 3, 2, 0, 2, 2, 2, 3, 0, 0, 0.

24 25 26 27 28 29

1 0 0 2 2 3 0 0 3 2 3 0 1 3 2 0 0 3 3 3 3 3 1

Detailed description: This system contains measures 24-29. The top staff continues the melody. The bottom staff has fret numbers: 1, 0, 0, 2, 2, 3, 0, 0, 3, 2, 3, 0, 1, 3, 2, 0, 0, 3, 3, 3, 3, 3, 1.

30 31 32 33 34 35

1 0 3 3 1 1 2 0 2 2 3 0 3 2 1 3 0 0 0 0 2 3

Detailed description: This system contains measures 30-35. The top staff continues the melody. The bottom staff has fret numbers: 1, 0, 3, 3, 1, 1, 2, 0, 2, 2, 3, 0, 3, 2, 1, 3, 0, 0, 0, 0, 2, 3.

Musical notation for guitar, measures 36-39. The notation is presented on two staves. The top staff shows a melodic line with notes and accidentals. The bottom staff shows a bass line with fret numbers (0, 2, 3) and fingerings (1, 2, 3). Measure numbers 36, 37, 38, and 39 are indicated in red above the top staff.

Measure 36: Top staff: G4, A4, B4, C5. Bottom staff: 3-0-2-0.

Measure 37: Top staff: G4, A4, B4, C5. Bottom staff: 0-3-3-3.

Measure 38: Top staff: G4, A4, B4, C5. Bottom staff: 1-0-2-1.

Measure 39: Top staff: G4, A4, B4, C5. Bottom staff: 2-2-3-3.

Nos partitions composées, certains points restaient encore tout de même vagues dans nos esprits : pour avoir des résultats, combien de temps fallait-il faire écouter les protéodies aux plantes chaque jour? A quel volume ? Devions-nous jouer nos protéodies à un certain tempo pour que les pousses réagissent?

Toutes ces questions ont trouvé leur réponse à partir d'une vidéo réalisée par des lycéens; qui se sera d'ailleurs révélée être pour nous une importante source d'informations pour la constitution de ce dossier; et qui est consultable à cette adresse sur le net : http://leweb2zero.tv/video/rikiar_84471b74dc13bef

A partir de leurs tests, nous avons appris que le temps d'écoute optimal serait de cinq minutes par jour pour que les protéodies aient une plus grande influence sur la croissance des haricots.

Nous avons aussi découvert que plus le volume est fort lors de l'écoute de la protéodie, plus l'influence serait importante.

Enfin, d'après les tests qui ont été réalisés par ces lycéens, la protéodie jouée à un tempo de 120 noires par minute aurait plus d'influence sur la croissance de nos haricots que la même protéodie jouée à un autre tempo.

Après avoir pris connaissance de toutes ces données, il nous était enfin possible de commencer notre expérience.

Le déroulement de notre expérience

Après avoir vu comment les protéodies devraient agir sur la croissance de nos haricots, nous allons maintenant vous présenter brièvement chacune des étapes qui composent l'expérience que nous allons réaliser, avant de revenir plus en détail sur chacune d'entre elles.

Afin que nous n'influencions pas l'expérience de façon à obtenir les résultats recherchés, nous avons fait appel à une tierce personne (pour faciliter les choses, nous l'appellerons désormais par son prénom : David) qui est intervenue à plusieurs reprises lors de notre test expérimental.

Dans un premier temps, David a pioché, au hasard, 45 graines de haricots verts nains dans leur paquet d'origine, et a déterminé, à l'aide d'un dé à 6 faces, quelles graines devaient être soumises à l'écoute d'une première protéodie censée stimuler leur croissance, quelles graines, au contraire, devaient voir leur croissance inhibée par l'écoute d'une seconde protéodie, et enfin, quelles graines ne devaient être soumises à aucune écoute (nos graines témoins) : nous avons donc obtenu trois différents groupes de 15 graines.

A partir de là, nous avons confié ces 45 graines de haricots verts nains à David, en lui demandant de les faire germer à l'aide de cotons humidifiés, puis, ensuite, de les planter dans des pots. Cependant, afin de ne pas fausser les résultats de cette expérience, il était tout de même nécessaire de respecter certaines conditions (dont nous reparlerons un peu plus loin) pendant toute l'élaboration de notre expérimentation.

Ainsi, avant de lui remettre nos graines et le matériel dont il allait avoir besoin pour s'en occuper (les pots et la terre), nous avons fait part à David de ces conditions très strictes, en insistant sur le fait qu'il devrait les respecter avec beaucoup de minutie. Comme nous vous l'avons déjà dit, si nous aurions pu procéder à cette étape nous-même, il nous paraissait plus judicieux de laisser une tierce personne s'en occuper afin de n'avoir aucun moyen d'influencer les résultats à notre guise.

Nous avons convenu avec lui qu'une fois les graines germées, pour chaque groupe, il devrait planter trois pousses par pot.

Lorsqu'il nous les a rendu, c'est-à-dire six jours après qu'il les ait pioché, nous nous sommes donc retrouvés avec 3 groupes de 5 pots contenant chacun 3 pousses.

Il ne nous restait alors plus qu'à soumettre chaque groupe à l'écoute de la protéodie correspondante, pour une durée de 5 minutes par jour, et ce, pendant plusieurs jours, afin d'être en mesure d'apporter des conclusions significatives sur les recherches de Joël Sternheimer, à partir de notre propre expérience.

Afin que vous puissiez vous faire une meilleure idée des différentes étapes par lesquelles nous sommes passés pour réaliser ce protocole expérimental, nous mettons à votre disposition une vidéo que nous avons réalisé, trouvable sur le net à l'adresse suivante : http://www.dailymotion.com/video/xfvq4o_zetetique-projet-h_tech

Cette vidéo n'a aucunement la prétention de vous présenter la totalité de l'expérience (ce serait d'ailleurs difficile dans la mesure où elle va s'étendre sur plusieurs semaines), elle ne représente qu'un support destiné à vous faire découvrir en images de quelle façon se sont déroulées les trois étapes de notre expérience.

Première étape : Sélection aléatoire des graines de haricots verts nains

Comme nous vous le disions, pour que cette expérience soit la plus fiable possible, nous avons sollicité l'aide de David, qui, malgré les contraintes que cela pouvait imposer, a eu la bonté de bien vouloir "jouer le jeu" tout au long de cette expérimentation.

Son premier rôle aura été de piocher, au hasard, les 45 graines de haricot, puis de déterminer pour chacune de ces graines, dans quel groupe elle ferait partie (le groupe des graines soumises à l'écoute de la protéodie censée stimuler leur croissance, celui des graines soumises à l'écoute de la protéodie devant inhiber leur croissance, ou le groupe témoin).

Pour déterminer le groupe de chaque graine, nous avons au préalable collé trois gommettes de couleurs différentes (bleue, jaune et rouge) sur trois pots, puis nous avons demandé à David de lancer un dé à six faces pour chaque nouvelle graine piochée.

Le principe est simple :

-si le chiffre indiqué par le dé était 1 ou 2, la graine piochée ne devait être soumise à aucune écoute, et David la plaçait dans le pot sur lequel nous avons collé la gommette bleu;

-si le chiffre indiqué par le dé était 3 ou 4, la graine piochée devait être soumise à l'écoute d'une protéodie censée inhiber sa croissance, et il la plaçait dans le pot sur lequel nous avons collé la gommette jaune;

-enfin, si le chiffre indiqué par le dé était 5 ou 6, la graine piochée devait être soumise à l'écoute d'une protéodie devant stimuler sa croissance, et il la plaçait dans le pot sur lequel nous avons collé la gommette rouge.



Si nous étions avec David pour lui expliquer comment il allait devoir procéder pour déterminer l'emplacement de chaque graine, il faut toutefois savoir que lorsqu'il a commencé à réaliser l'opération, nous avons quitté la pièce.

A notre retour dans celle-ci, après qu'il soit venu nous avertir qu'il avait fini (soit huit minutes plus tard), David avait pris le soin de placer une feuille de papier sur les trois pots, qui contenaient alors chacun 15 graines, afin que nous ne puissions en aucun cas voir leur contenu.

Toutefois, nous lui avons quand même prié d'écrire sur une feuille de papier les résultats de chacun de ses lancers pour chaque tirage de graine. De cette façon, nous pouvions être sûr que chaque groupe était bel et bien composé de 15 graines, sans avoir à vérifier le contenu de chaque pot.

Voici un tableau illustrant les résultats de cette première étape :

N° de la graine piochée	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	
Lancé du dé	3	2	6	3	6	6	1	6	5	1	3	3	1	4	3	1	4	4	4	4	1	4	5	3	3	4	1	3	3	5	6	6	6	5	6	1	1	6	1	5	2	1	6	2	1	1

Comme vous pourrez le constater, à partir du 28ème lancé, David avait déjà rempli (de 15 graines) son pot qui devait accueillir les graines devant être soumises à l'écoute d'une protéodie censée inhiber leur croissance. Par conséquent, à partir du 29ème lancé, il ne prenait plus en compte les résultats où il obtenait 3 ou 4.

Deuxième étape : Germination des graines et plantation des jeunes pousses

La première étape de notre protocole expérimental étant ainsi achevée, nous avons pu passer à la seconde. Pour que nous ne puissions toujours pas voir quelles graines avaient été sélectionnées pour chaque groupe, nous sollicitons une fois de plus l'aide de David pour réaliser cette deuxième partie de notre expérience.

Dans un premier temps, nous lui avons donc confié nos 45 graines de haricots verts nains avec la simple tâche de les faire germer à l'aide de cotons légèrement humidifiés.

Le processus a été très rapide (c'était l'effet que nous recherchions en décidant d'utiliser du coton), puisqu'au bout de cinq jours, toutes les graines avaient commencé à développer leurs germes.



A partir de là, il ne restait plus à David qu'à planter les jeunes pousses dans des pots.

Nous avons convenu avec lui que, pour chaque groupe, il devrait planter trois pousses par pot.

Toutefois, afin de ne pas fausser les résultats de cette expérience, il nous était nécessaire de respecter scrupuleusement plusieurs conditions pendant toute l'élaboration de notre expérimentation, et ce, à partir du moment où nous planterions les pousses.

Pour que les résultats de notre expérience soient, à terme, le plus fiable possible, nous avons bien veillé à ce que David ait pris connaissance de ces conditions, et qu'il les ait comprises.

Voici l'ensemble de ces conditions :

- l'utilisation d'une même terre de culture pour tous les pots;
- une même quantité de terre pour chaque pot (80g);
- une même taille des pots de culture;
- un même nombre de pousses plantées dans chacun des pots (trois pousses par pot);
- les pousses devaient être, au départ, d'une taille identique à plus ou moins 3mm;
- plantées dans chacun des pots à la même profondeur (2cm sous la terre);
- une même température (20°C);
- une même pression (980 hPa);
- un même taux d'humidité;
- une même exposition à la lumière;
- un même arrosage.

Après que David ait planté chacune des pousses dans des pots; en veillant bien à respecter les conditions ci-dessus qui le concernaient; nous avons récupéré ces derniers afin de passer à la troisième et dernière étape de notre test expérimental.

Nous avons ainsi pu travailler avec 5 pots pour chaque groupe (soit 15 pots au total), contenant chacun 3 pousses plantées.



Troisième étape : Soumission de chaque groupe à l'écoute de la protéodie correspondante

Si cette dernière étape est la plus rapide à expliquer, c'est aussi celle qui nous aura pris le plus de temps. En effet, après avoir déduit les mélodies des deux protéodies (la première, nous le rappelons, qui devrait avoir pour effet de stimuler la croissance des haricots, et la seconde, qui elle serait censée inhiber leur croissance) à partir de la séquence d'acides aminés de la protéine visée, nous devons encore soumettre nos pousses de haricots à l'écoute de ces protéodies.

Pour ce faire, et d'après les recherches que nous avons effectuées, nous avons soumis les deux groupes de pots (l'un dont la croissance des pousses devait être stimulée, et l'autre, au contraire dont la croissance des pousses devait être inhibée) à l'écoute de leur protéodie respective pendant cinq minutes par jour, et ce, pendant quatre jours.

Pendant ces quatre jours, les pots contenant les pousses plantées se trouvaient tous dans une même pièce chauffée, sur une même table, exposés à la lumière du jour (car près d'une fenêtre), et à l'abri de tous bruits perturbateurs puisque la pièce est très bien isolée.

Les pots ne quittaient cet emplacement que quelques minutes par jour, le temps de les déplacer soigneusement vers une autre pièce (chauffée à la même température, sans bruit, et tout autant exposée à la lumière du jour) pour leur jouer, au piano, les mélodies des protéodies qui correspondaient à leur groupe.

Comme vous l'aurez donc compris, seul notre groupe de pots témoins (c'est-à-dire ceux qui ne devaient être soumis à l'écoute d'aucune protéodie) n'a jamais quitté la table de la première pièce.

Les deux autres, tour à tour, passaient dans la seconde pièce pendant cinq minutes chaque jour afin d'écouter les protéodies.



Résultats du test expérimental

Nous n'avons pu soumettre les deux groupes de pots à l'écoute de leur protéodie respective que pendant quatre jours avant de devoir remettre ce dossier.

Dans ces conditions, si toutefois nous avons pu commencer à constater certaines tendances durant ces quatre premiers jours de test, il nous semble qu'il est encore trop tôt pour tirer de ces résultats des conclusions qui pourraient se révéler trop hâtives.

En effet, pour conclure que la musique influencerait réellement la croissance des plantes, nous devrions prolonger encore l'expérience durant plusieurs jours (ou même semaines) afin d'avoir des résultats vraiment significatifs.

D'autre part, si les résultats de ce premier test expérimental devaient être, à terme, concluant (nos haricots soumis à l'écoute de la protéodie stimulante seraient donc, en moyenne, plus grand que nos haricots témoins, eux-même plus grand que nos haricots soumis à l'écoute de la protéodie inhibante), il serait judicieux de refaire toute l'expérience plusieurs fois afin de pouvoir exclure l'hypothèse que le hasard aurait bien fait les choses.

Nous espérons donc pouvoir poursuivre cette première expérimentation pendant encore quelques jours, puis de la recommencer à nouveau, depuis le début, afin d'être en mesure de vous communiquer des résultats fiables le jour de notre soutenance.



Conclusion

(La conclusion qui suit a été rédigé dans l'hypothèse où les résultats de nos tests seraient probant. Dans le cas contraire, nous changerons cette conclusion pour notre passage à l'oral. Merci de votre compréhension.)

Au vu des résultats significatifs de notre expérience, puisque nous avons pu noter un effet de la musique sur la croissance de nos haricots, nous pouvons supposer que la musique aurait bel et bien une influence sur les plantes. Cependant, rien n'en est moins sûr. Il nous est en effet impossible d'affirmer cette théorie dans la mesure où plusieurs facteurs bien spécifiques sont intervenus tout au long de cette expérimentation : nous avons réalisé cette expérience sur des haricots verts nains (appartenant à la famille des *Phaseolus vulgaris*), qui ont été soumis à l'écoute de protéodies spécifiques à la protéine de l'hormone chez CETTE plante, et pendant une durée de cinq minutes par jour. Rien ne dit que cette expérience aurait donné des résultats similaires avec une autre plante...

Toutefois, si la musique a réellement un effet sur l'ensemble des plantes, l'utilisation des protéodies pourraient être multiples : stimuler la croissance des plantes, les rendre plus résistante à certaines conditions climatiques, ou encore simplement aux maladies...

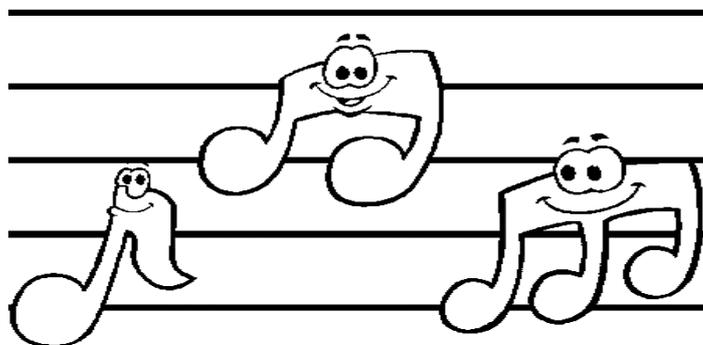
Cette idée très intéressante puisqu'elle pourrait rendre l'usage d'engrais ou encore de traitements chimiques obsolètes. Cette nouvelle méthode, non seulement naturelle, serait aussi peu coûteuse et relativement facile à utiliser partout dans le monde, évitant ainsi bon nombre des problèmes associés à l'extraction, à l'expédition, aux charges environnementales et aux coûts économiques des engrais chimiques, tant de problèmes que peuvent par exemple rencontrer les pays du tiers monde.

L'idée que le son puisse avoir un effet curatif sur l'homme est actuellement explorée par un certain nombre de scientifiques indépendants un peu partout à travers le monde.

Nous pouvons ainsi noter l'intérêt grandissant pour la musicothérapie, un art thérapeutique qui était, il y a encore quelques années, très méconnu.

Connaître l'effet du son sur les protéines offre aux professionnels de la santé un aperçu de ce que pourraient en être les avantages pour l'homme. Outre les facteurs économiques favorables, la vitalité accrue des substances végétales peut avoir un impact positif sur tous les humains qui les consomment.

Cependant, si la musique a réellement une influence sur les organismes vivants, ne doit-on pas s'inquiéter des éventuels effets négatifs qu'elle pourrait impliquer, et notamment sur la santé des hommes?



Sitographie

Pour réaliser ce dossier, nous n'avons pu nous appuyer que sur des informations trouvées sur le net. En effet, les informations sur les recherches de Joël Sternheimer, malgré leur importance, sont relativement difficiles à trouver, et ne sont, à l'heure actuelle, pas publiées dans des livres.

Vidéos sur lesquelles nous nous sommes appuyés tout au long du dossier :

- **LASSAUGE Antoine** et **MARTON Charles**. *Dailymotion* [en ligne]. 07/02/10 [consulté le 14 novembre 2010]. *La musique pour les plantes*.
Adresse de la page : http://www.dailymotion.com/video/xc50st_la-musique-pour-les-plantes_tech
- **Auteur inconnu**. *Dailymotion* [en ligne]. 01/09/09 [consulté le 14 novembre 2010]. *Les Protéodies - Joel Sternheimer*.
Adresse de la page : http://www.dailymotion.com/video/xacgi0_les-proteodies-joel-sternheimer_tech
- **Auteur inconnu**. *Dailymotion* [en ligne]. 22/10/09 [consulté le 14 novembre 2010]. *Joel Sternheimer interview*.
Adresse de la page : http://www.dailymotion.com/video/xaw07l_joel-sternheimer-interview_tech

Introduction

- **FUKAGAWA, Yôichi**. *Bienvenue au monde des « protéodies »* [en ligne]. 2005 [consulté le 14 novembre 2010]. *La musique et les plantes*.
Adresse de la page : <http://www.bekkoame.ne.jp/~dr.fuk/MusiquePlantesNC.html>

Qui est Joël Sternheimer, et qu'a-t-il découvert?

- **FUKAGAWA, Yôichi**. *Bienvenue au monde des « protéodies »* [en ligne]. 2005 [consulté le 14 novembre 2010]. *La musique et les plantes*.
Adresse de la page : <http://www.bekkoame.ne.jp/~dr.fuk/MusiquePlantesNC.html>
- **PASTOUREL, Bernard**. *Ariegenews* [en ligne]. 2007 [consulté le 25 novembre 2010]. *Saint-Girons : Séminaire de musicothérapie et intervention de Joël Sternheimer*.
Adresse de la page : <http://www.ariegenews.com/news/news-2-8-2731.html>
- **CLEMENT Anne, FERRE Elien, TINGHIR Jules et TROCHU Théophile**. *La Musique et les Plantes* [en ligne]. [consulté le 29 novembre 2010].
Adresse de la page : <http://musique-plantes.jimdo.com/>

Mais cette théorie est-elle réellement fondée?

- Pdf trouvé sur le lien suivant : <http://legal.european-patent-office.org/dg3/pdf/t030550fu1.pdf>

Les tests développés à partir des recherches de Joël Sternheimer

- **FUKAGAWA, Yôichi.** *Bienvenue au monde des « protéodies »* [en ligne]. 2005 [consulté le 14 novembre 2010]. *La musique et les plantes.*

Adresse de la page : <http://www.bekkoame.ne.jp/~dr.fuk/MusiquePlantesNC.html>

- **FUKAGAWA, Yôichi.** *Bienvenue au monde des « protéodies »* [en ligne]. 2005 [consulté le 14 novembre 2010]. *Régulation Épигénétique de la Biosynthèse des Protéines Appliquée à la Culture de Tomates: Compte-rendu d'Expériences en Serre.*

Adresse de la page : <http://www.bekkoame.ne.jp/~dr.fuk/TomateSuisseF.html>

- **FUKAGAWA, Yôichi.** *Bienvenue au monde des « protéodies »* [en ligne]. 2005 [consulté le 14 novembre 2010]. *Stimulation Épигénétique de la Résistance à la Sécheresse pour des Cultures de Tomates: une Expérience en Plein Air au Sénégal.*

Adresse de la page : <http://www.bekkoame.ne.jp/~dr.fuk/TomateSenegalF.html>

- **FUKAGAWA, Yôichi.** *Bienvenue au monde des « protéodies »* [en ligne]. 2005 [consulté le 14 novembre 2010]. *Tomates Musicales au Sénégal: Photos.*

Adresse de la page : <http://www.bekkoame.ne.jp/~dr.fuk/TomatePhotoF.html>

- **CLEMENT Anne, FERRE Elien, TINGHIR Jules et TROCHU Théophile.** *La Musique et les Plantes* [en ligne]. [consulté le 29 novembre 2010].

Adresse de la page : <http://musique-plantes.jimdo.com/>

Protocole expérimental

- **OUDET, Alain.** *Spiritualité, Sciences et développement* [en ligne]. 2009 [consulté le 16 novembre 2010]. *La musique de l'ADN et des protéines.*

Adresse de la page : http://www.spirit-science.fr/doc_humain/ADN4musique.html

- **Auteur inconnu.** *Institut National de Recherche Pédagogique* [en ligne]. 14 Février 2006 [consulté le 25 novembre 2010]. *La morphogénèse végétale.*

Adresse de la page : <http://www.inrp.fr/Access/biotic/morpho/html/auxine.htm>

- **CLEMENT Anne, FERRE Elien, TINGHIR Jules et TROCHU Théophile.** *La Musique et les Plantes* [en ligne]. [consulté le 29 novembre 2010].

Adresse de la page : <http://musique-plantes.jimdo.com/>

Conclusion

- **BEGICH Nick.** *De la musique quantique comme engrais.* Nexus. [en ligne]. n° 40 de Septembre-Octobre 2005 [consulté le 29 novembre 2010].

Adresse de l'article : http://www.fangpo1.com/Dos_Musique/matiere_music/mat_music1.htm

- **CLEMENT Anne, FERRE Elien, TINGHIR Jules et TROCHU Théophile.** *La Musique et les Plantes* [en ligne]. [consulté le 29 novembre 2010].

Adresse de la page : <http://musique-plantes.jimdo.com/>