

L'émission de biophotons comme biomarqueur de la valeur énergétique des tomates : étude comparative entre électroculture et culture conventionnelle

1. Introduction

Les cellules végétales utilisent l'énergie lumineuse pour soutenir et ordonner des processus vitaux complexes, comme par exemple lors du processus de la photosynthèse où l'énergie lumineuse captée par la chlorophylle est convertie en énergie chimique, sous forme de matière organique.

Depuis le début du siècle dernier, de nombreuses études scientifiques ont révélé la présence d'une lumière ultra-faible (biophotons) au sein de la plupart des organismes vivants, qui diffère de la bioluminescence produite par les systèmes luciférine-luciférase chez les lucioles, les photobactéries et les hydroméduses [1] [28].

Dans la présente étude, ENERLAB™ s'intéresse à la détection et au comptage de biophotons dans certains produits alimentaires, en particulier dans les tomates.

La quantité de biophotons présents dans les tomates « électrocultivés » présente un niveau supérieur entre 80 et 290 % par rapport aux tomates cultivées de manière conventionnelle. La question sous-jacente que nous nous posions était de savoir si les tomates conservaient dans le temps les signes bénéfiques démontrés du champ électromagnétique dans ce mode de culture.

L'**électroculture**, qui consiste à stimuler la croissance végétale via l'application de champs électriques, magnétiques ou électromagnétiques, suscite un regain d'intérêt en agriculture durable. Depuis les premières observations au XVIII^e siècle, cette approche a été revisitée à la lumière des recherches modernes.

Par exemple, une revue de Massimo E. Maffei (2014) souligne l'impact des champs magnétiques — statiques ou très basse fréquence — sur la croissance, le développement et l'évolution des plantes [Frontiers MDPI](#). Des mécanismes potentiels incluent la modulation des cryptochromes, des phyto-récepteurs sensibles à la lumière bleue, influençant la croissance et la tolérance au stress [ResearchGate MDPI](#).

Sur le plan expérimental, des chercheurs démontrent que l'**exposition des graines à un champ magnétique statique** peut améliorer la vitesse de germination et favoriser la croissance initiale de plantes comme le blé, le haricot ou le soja [MDPI](#).

L'UPE est non seulement un marqueur passif des processus métaboliques, mais aussi un **indicateur dynamique de la santé mitochondriale et du stress végétal**. Une publication de juin 2025 examine son potentiel comme **biomarqueur non invasif des fonctions mitochondriales chez les plantes**, soulignant sa corrélation avec des indicateurs physiologiques établis, et ses applications en écophysiologie et sélection variétale [ResearchGate](#).

De même, une plateforme de **haute sensibilité permet désormais d'imager l'UPE chez les plantes sous stress**, révélant que la dynamique de l'émission et de la **luminescence retardée** (delayed luminescence) reflète efficacement l'intensité du stress oxydatif subi [arXiv](#).

Pourquoi lier électroculture et biophotons ?

- Les **champs électromagnétiques appliqués aux plantes** modifient leur physiologie (germination, croissance, tolérance au stress), potentiellement par l'intermédiaire des cryptochromes ou des réactions redox [Frontiers MDPI arXiv](#).
- Les **biophotons** offrent une méthode non invasive, sensible et dynamique pour suivre l'état métabolique et le stress des plantes, notamment via la mitochondrie [ResearchGate arXivPMC](#).

Ainsi, l'étude conjointe de l'électroculture (champs appliqués) et de l'émission biophotonique pourrait permettre d'**établir des liens quantifiés** entre la stimulation physico-magnétique des plantes et leurs réponses métaboliques, ouvrant des pistes pour optimiser des pratiques agricoles novatrices tout en approfondissant notre compréhension des interactions bioélectromagnétiques.

Ces photons sont mesurables par des outils scientifiques modernes que sont les analyseurs de particules de type spectroscopes, luminomètres et cameras CCD/EMCCD/CMOS.

Pour la mesure de la quantité de biophotons, ENERLAB™ a utilisé un luminomètre équipé d'un tube photomultiplicateur (PMT) ultra-sensible dont les valeurs sont exprimées en RLU (unité relative de lumière / Relative Light Units).

Pour la mesure de l'intensité énergétique des biophotons, ENERLAB™ a utilisé une caméra CCD refroidie de très haute définition. De plus, le logiciel spécifique qu'ENERLAB™ a développé pour la camera CCD permet d'obtenir une distribution spatiale de l'énergie des biophotons mesurés.

ENERLAB™ s'est focalisé sur l'impact en termes d'émission de biophotons ultra faibles dans ces aliments en analysant la quantité et l'intensité d'UPE présents dans les différents échantillons.

Les résultats de notre étude ont montré une activité biophotonique plus importante pour les tomates issues de l'électroculture.

2. Biophotons et plantes

L'imagerie à l'aide de biophotons offre une nouvelle méthodologie pour évaluer la physiologie des plantes.

L'émission spontanée de biophotons (UPE) et la luminescence retardée (DL pour delayed luminescence) des plantes sont étudiées depuis cinq décennies. En 1954, Colli et Facchini découvrent l'UPE dans les plantes en germination. Depuis, l'UPE a été observée dans les tissus végétaux, les cellules et les chloroplastes isolés. L'UPE est considérée comme provenant de processus métaboliques oxydatifs et de stockage de photons de macromolécules. La DL a d'abord été découvert dans les plantes vertes par Strehler et Arnold 1951. Après illumination avec de la lumière rouge et infrarouge, un maximum relatif apparaît dans la décroissance de la DL émise par les plantes.

Le biophoton végétal est une luminescence très faible détectée à partir d'organismes photosynthétiques tels que les algues et les plantes. Il peut être détecté par un détecteur de photons tel qu'un tube photomultiplicateur (PMT), ou une caméra haute sensibilité avec une fonction de multiplication (camera CCD).

En mesurant les biophotons des plantes, il est possible de voir directement le mouvement de la photosynthèse. Dans la photosynthèse, la chlorophylle utilise l'énergie lumineuse pour décomposer l'eau et extraire des électrons. Les électrons sont stockés dans la molécule porteuse, dont la plupart sont utilisés comme énergie pour la photosynthèse. Une petite partie des électrons stockés est reconvertie en « photons végétaux ».

Récemment, les biophotons des plantes ont attiré l'attention pour fournir de nouvelles informations permettant de visualiser les états physiologiques des plantes (Carl L. Oros, Fabio Alves et al., 2018, Ankush Prasad, Prabhakar Gouripeddi, Hanumanth Rao Naidu Devireddy, Alina Ovsii, Dattatreya Prabhu Rachakonda, Roeland Van Wijk and Pavel Pospíšil décembre 2020, Sergio Landeo Villanueva, Michele C. Malvestiti, Wim van Ieperen, Matthieu HAJ Joosten, Jan AL van Kan 26 janvier 2021).

Les analyses spectrales consécutives de l'émission de photons ultrafaibles peuvent permettre aux chercheurs de tracer le processus de transition physiologique chez les plantes, conduisant au développement éventuel de produits naturels ou chimiques qui fonctionnent avec la physiologie des plantes pour lutter contre les infections.

Les produits chimiques tels que les herbicides pourraient également agir comme un stress non biologique pour les plantes [29]. Des biophotons ont été observés dans les racines de plantes stressées. Dans les cellules saines, la concentration de ROS (espèces réactives de l'oxygène, Reactive oxygen species en anglais) est minimisée par un système d'antioxydants biologiques. Cependant, le choc thermique et d'autres stress modifient l'équilibre entre le stress oxydatif et l'activité antioxydante, par exemple, la montée rapide en température induit l'émission de biophotons par ROS [30] [31].

3. Relation entre biophotons et qualité alimentaire

Le biophoton : marqueur de la qualité d'un aliment

Il y a près de 50 ans le Prix Nobel Erwin Schrödinger a fait comprendre que la qualité d'un aliment était d'autant meilleure que cet aliment était capable de transmettre de l'ordre au consommateur.

On sait que la nourriture fournit aux organismes une **exergie***, qui est essentiellement de l'énergie associée à moins d'entropie. Une faible entropie est associée à l'ordre.

*L'**exergie** est une grandeur physique permettant de mesurer la qualité d'une énergie

Le biochimiste et prix Nobel [Lehninger](#) mentionne dans son manuel que certaines réactions dans la cellule vivante se produisent beaucoup plus rapidement que la plupart de certaines réaction bio-chimiques à une température de 37 ° C. L'explication semble être que le corps dirige délibérément des réactions chimiques au moyen de vibrations électromagnétiques (biophotons).

Cette théorie a été soutenue par le Dr Veljkovic qui dirige maintenant le Centre de recherche multidisciplinaire et d'ingénierie, Institut des sciences nucléaires de Vinca <https://www.vin.bg.ac.rs/>.

La question fondamentale qui a toujours intrigué les biologistes cellulaires: qu'est-ce qui a permis aux dizaines de milliers de types différents de molécules dans l'organisme de reconnaître leurs cibles spécifiques?

Il ressort des études menées par [F.A. Popp](#), que toute alimentation digne de ce nom doit comprendre une partie « vivante » importante, c'est-à-dire un milieu dans lequel des photons sont encore « stockés » et donc transférables à l'organisme récepteur.

Les organismes vivants sont des systèmes « ouverts » au sens thermodynamique. Ils ne puisent pas seulement dans leur environnement les matériaux chimiques nécessaires à leur métabolisme, mais également des informations destinées à entretenir leur fonctionnement. Ceci nous indique l'importance, en matière de santé, des moyens de conservation utilisés pour des aliments frais. Il va de soi, nous indique F.A. Popp, que des légumes ou des fruits stabilisés par irradiations gamma (ionisés) perdent la quasi totalité de leur potentiel nutritif puisque les cellules qui les composent sont tuées par l'irradiation (évasion des photons des structures cellulaires). De même les fruits et légumes stérilisés présentent le même inconvénient majeur. L'organisme, en mangeant des fruits et légumes frais, consomme aussi de la lumière sous forme de photons. « Nous sommes tous des dévoreurs de lumière », nous dit Popp.

Par conséquent, les méthodes pour l'analyse de la qualité des aliments doivent pouvoir être basées sur des mesures de biophotons. Il y a beaucoup à apprendre sur la capacité d'une substance à stocker la lumière.

Popp a découvert que les cellules de notre organisme communiquent probablement avec la lumière (→ [transmission de données optiques](#)), confirmant davantage l'idée que les biophotons véhiculent de l'ordre et des informations, et expliquant enfin l'ordre des organismes vivants. Il voit la nature à large bande des biophotons (couvrant une gamme de longueurs d'onde de centaines de nanomètres) comme le soutenant, affirmant que seule cette nature à large bande permet de concentrer cette lumière sur de petites choses, agissant comme une [diode laser à largeur de ligne étroite](#).

Nous pouvons dire que les biophotons agissent tels des lasers afin d'organiser la matière à travers d'informations spécifiques.

Depuis les années 1990 des liens sont établis entre la qualité d'un aliment et la caractérisation des émissions de photons UPE (Voir [Annexe Tableau 3](#) en fin de ce document). <https://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/1559> Biophoton Measurement as a Supplement to the Conventional Consideration of Food Quality.

Généralement, des méthodes destructives sont largement utilisées pour évaluer la qualité des aliments, mais elles demandent généralement plus de travail et de temps, et endommagent les matières premières.

En revanche, les méthodes non destructives qui utilisent un système PMT que l'on retrouve dans les luminomètres ou camera CCD (Charge Coupled Device) que nous utilisons chez **ENERLAB** permettent de mesurer différents attributs de la qualité des aliments sans affecter la structure physique et leur qualité biochimique.

Comme indiqué ci-dessus, l'émission de biophotons provient de la relaxation d'espèces excitées électroniquement résultant de processus métaboliques oxydatifs et du stress oxydatif associé aux espèces réactives de l'oxygène.

Le présent article est consacré à donner un aperçu de la qualité des produits alimentaires à l'aide de l'analyse « biophotonique » en évaluant les corrélations entre les biophotons et les indices de qualité des aliments.

La formation de ROS dans l'industrie alimentaire et agricole doit être surveillée car elle est fortement liée à la santé publique et peut entraîner un fardeau économique au niveau mondial. La production de ROS peut être associée à la surveillance de la réponse des plantes aux agents pathogènes, au stress de la sécheresse, au stress des inondations, au stress salin et aux herbicides parmi les produits agricoles.

Actuellement, l'évaluation par l'analyse des biophotons en tant qu'outil robuste, en temps réel, peu coûteux, **non destructif et non invasif** pour surveiller les réactions oxydatives dans plusieurs domaines scientifiques, tels que les produits médicaux, pharmaceutiques, biologiques, environnementaux, agricoles et alimentaires, suscite un grand intérêt. Une corrélation entre les biophotons et les indices de qualité des aliments est proposée dans de quelques centaines d'études ([Gałzka-Czarnecka et al., 2019](#) ; [Sun et al., 2019...](#)).

Par conséquent, l'UPE en tant qu'outil de diagnostic pour surveiller les processus agricoles peut être envisagé pour des développements plus poussés ([Cifra et Pospíšil, 2014](#) ; [Guo et al., 2017](#) ; [Inagaki et al., 2008](#) ; [Moraes et al., 2012](#) ; [Prasad et Pospíšil, 2011](#)).

En raison de la croissance rapide de la population mondiale, la sécurité, la salubrité et la qualité des aliments sont des questions importantes qui doivent être considérées comme de sérieux défis ([Cheeseman, 2016](#) ; [Godfray et al., 2010](#) ; [McCarthy et al.,](#)

[2018 ; Prosekov et Ivanova, 2018](#)). Les méthodes destructives sont largement utilisées pour évaluer la qualité des aliments, mais elles demandent généralement plus de main-d'œuvre et de temps, ce qui peut endommager le matériau. En revanche, les méthodes non destructives permettent de mesurer différents attributs de qualité des aliments sans affecter la structure physique et la qualité. Par conséquent, l'utilisation de méthodes non destructives a attiré de nombreux chercheurs ([El-Mesery et al., 2019](#); [Magwaza et al., 2013](#)).

Des techniques non destructives traditionnelles, telles que la vision artificielle, l'imagerie hyperspectrale, la spectroscopie proche infrarouge (IR), le nez électronique, l'œil électronique, la langue électronique, les mesures par ultrasons et les mesures d'émission acoustique, ont été utilisées pour évaluer la qualité des aliments et des produits agricoles. **doublon**

Actuellement, l'application de la détection de biophotons à la qualité des aliments est un sujet d'actualité et des recherches sont toujours en cours concernant la mesure des indices de qualité des aliments.

Une alimentation de qualité ne se traduit pas seulement par un apport d'énergie via des réactions chimiques, mais également par la capacité des aliments à créer des oscillations sous forme de biophotons qui diminuent l'entropie de l'organisme.

Par conséquent, l'utilisation de méthodes non destructives a attiré de nombreux chercheurs ([El-Mesery et al. 2019](#); [Magwaza et al. 2013](#)) sur cette voie.

Des techniques non destructives traditionnelles, telles que la vision industrielle, l'imagerie hyper-spectrale, la spectroscopie proche infrarouge (IR), le nez électronique, l'œil électronique, la langue électronique, les mesures par ultrasons et les mesures d'émission acoustique, ont été utilisées pour évaluer la qualité des aliments et des produits agricoles, ([El-Mesery et al. 2019](#) ; [Giovenzana et al. 2017](#) ; [Kheiralipour et al. 2016](#) ; [Omar et MatJafri. 2013](#) ; [Schinabeck et al. 2018](#) ; [Zhong et Wang. 2019](#)).

Actuellement, l'application de techniques impliquant la détection de biophotons à la qualité des aliments est un sujet étudié dans de nombreux centres de recherche et chez de nombreux industriels dans l'agro-alimentaire, et des enquêtes sont toujours en cours concernant la mesure des indices de qualité des aliments.

L'association entre stress, génération de ROS et émission de biophotons est bien documentée, et de nombreux chercheurs considèrent que les niveaux de stress des organismes vivants peuvent être déduits en temps réel en mesurant les émissions de photons UPE. De nombreuses études ont mesuré l'émission de photons UPE chez les plantes en réponse à une variété de stress environnementaux, y compris le sel, la sécheresse, les maladies et l'infestation par les acariens... Dans ces rapports, il a été observé une forte luminescence dans des conditions d'inhibition de croissance marquée ou de blessure mortelle. De plus, la durée du changement d'intensité, le spectre de rayonnement et la distribution spatiale de la luminescence changent en fonction du type de contrainte.

Il est donc établi que les infections pathogènes induisent une augmentation significative des émissions de biophotons chez les plantes. Sur la base des réactions de résistance aux maladies des plantes, les biophotons sont classés en deux types : les émissions relativement faibles observées au cours des premiers stades de la réaction de résistance, et les fortes émissions des cellules présentant une mort cellulaire programmée au cours de stades intermédiaires de la réaction de résistance pour localiser l'agent pathogène à partir de cellules saines.

Basé sur l'observation que l'UPE spontanée augmente de manière concomitante sur les conditions de stress conduisant à la production de ROS, d'autres études font apparaître qu'une augmentation de biophotons traduit dans certaines conditions une amélioration de la qualité des plantes, de la croissance d'un organisme, telle que le montre notre étude sur les graines, ou de produits alimentaires.

Chen et al 2002 ont réalisé une étude portant sur l'émission de photons UPE dans des graines de riz (*Oryza sativa* L.) stockées pendant plusieurs années. Ils ont d'abord observé que le degré de vieillissement des graines de riz était lié à l'intensité des photons UPE spontanée au début de l'imbibition (0–30 min). Les graines de riz stockées pendant une période plus courte avaient une intensité plus forte au début de l'imbibition. Le taux de germination des graines de riz a montré une corrélation positive évidente avec l'intensité des photons UPE spontanée.

Dans Velimorov 2005, des carottes avec différentes méthodes de culture entre des fermes biologiques et des fermes conventionnelles en Autriche ont été étudiées pendant 5 ans (1998-2003) avec différentes méthodes d'évaluation de la qualité, y compris des tests avec des capteurs PMT mesurant les biophotons.

Le but était également de vérifier la pertinence de différentes méthodes d'analyse pour différencier ces produits :

- Tests de préférence alimentaire avec des rats de laboratoire (toutes les récoltes)
- Tests de décomposition (toutes les récoltes)

- Mesure du niveau d'émission de photons UPE (1999) (M. Lenzenweger a mené cette enquête à l'Institut atomique de l'Université technique de Vienne, avec l'aide du Prof. Dr. H. Klima)

- Analyse chimique des principaux composants (1998 et 1999). Au cours des 2 premières années, les carottes ont été analysées en pour leurs principaux composants : nitrate, glucides (glucose, fructose, saccharose), K, P, Fe, acides organiques (acides malique et citrique), caroténoïdes, matière sèche et cendres.

Les résultats ont montré que les carottes biologiques montraient une capacité significativement meilleure à stocker les photons UPE avec une intensité plus importante par rapport aux carottes conventionnelles.

Dans [Grashorn et Egerer, 2007](#), la qualité des œufs biologiques et conventionnels a été étudiée. L'objectif de la présente expérimentation était donc d'effectuer une évaluation à long terme (1 an) de la qualité des œufs issus de différents systèmes de production (cage, poulailler, plein air, bio) sur la base de critères de qualité conventionnels (résistance à la rupture de la coquille, masse d'œufs, hauteur d'albumen, couleur du jaune, proportion de jaune, profil des acides gras) et émission de biophotons.

Les premiers résultats indiquaient que les œufs biologiques présentaient des émissions plus élevées de photons UPE avec un déclin plus lent, une hauteur d'albumine plus élevée, une couleur de jaune plus pâle et une teneur plus élevée en acides gras oméga-3 dans les jaunes. De toute évidence, la mesure par des luminomètres avec PMT peut être une méthode appropriée pour une évaluation intégrée de la qualité des œufs biologiques. Il a été conclut que la mesure de l'UPE pourrait être une méthode appropriée pour évaluer la qualité des œufs biologiques ().

L'UPE peut être par conséquent utilisée dans la qualité alimentaire comme une technique en temps réel, non invasive et non destructive réalisée sans instruments complexes.

4. Biophotons et tomates

La grande popularité de la tomate est principalement liée au fait qu'elle peut être consommée sous de multiples formes fraîches ou transformées, étant le deuxième légume le plus important au monde.

En 2019, la production mondiale de tomates était d'environ 197 millions de tonnes, dont 75 % pour le marché du frais et 25 % pour la transformation.

Pendant longtemps, les programmes de sélection de tomates se sont concentrés sur le rendement des cultures, la forme des fruits et la durée de conservation.

Cependant, au cours des 30 dernières années, les sélectionneurs de tomates ont visé le développement de tomates de haute qualité pour répondre aux demandes des clients en fruits frais avec un bon aspect visuel, des caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles plus élevées.

Par conséquent, pour garantir la qualité interne du fruit, il faut prendre en compte son acidité titrable, ses matières solides solubles, ses sucres, ses acides organiques et sa teneur en lycopène et plus récemment son niveau de biophotons, comme cela est démontré dans de nombreuses études.

Les techniques conventionnelles utilisées pour déterminer ces paramètres de qualité sont laborieuses et chronophages, déterminent un seul paramètre, et certaines d'entre elles nécessitent l'utilisation de réactifs toxiques et de personnel formé pour effectuer la mesure.

Les méthodes non invasives basées sur des principes physiques, associées à une analyse multivariée, ont montré la possibilité de mesurer plusieurs paramètres en une seule mesure. La plupart de ces méthodes sont basées sur des spectroscopies vibrationnelles/rotationnelles (infrarouge), électroniques (ultraviolet (UV)-visible), par résonance magnétique nucléaire, par détection via des caméras CCD et par des luminomètres équipés de tubes photomultiplicateurs (PMT).

Précurseur dans l'analyse de la qualité alimentaire via la détection de biophotons, l'équipe du professeur F.A Popp ont découvert qu'il était possible de distinguer les tomates biologiques des tomates cultivées de manière conventionnelle.

Plusieurs études ont été menées sur les tomates par la détection de biophoton :

- **Qualité et maturation des fruits**

- **PLOS ONE (2023)** : DL utilisée comme indicateur non destructif de paramètres de qualité (degré de maturité, solides solubles, etc.) sur des tomates cerises, avec capacité à discriminer des lots et origines (IGP « Pomodoro di Pachino »). [PLOSMPubMed](#)
- **Food and Bioprocess Technology (2024)** : suivi post-récolte ; les signaux DL varient de manière cohérente avec le stade de maturité et la couleur, permettant de classer les fruits selon leur maturité à la récolte. [SpringerLinkResearchGate](#)
- **Journal of Food Science (1998)** : étude pionnière montrant que la DL corrèle avec fermeté, matières solubles et matière sèche, suggérant un usage comme indicateur objectif de qualité. [Wiley Online Library](#)

- **Réponses de défense et stress (plantes de tomate)**

- **Trends in Plant Science (2005)** : imagerie de biophotons pour détecter précocement la réaction hypersensible chez la tomate (et autres espèces) lors d'interactions pathogènes ; le « burst » de biophotons précède les symptômes visibles. [ScienceDirectPubMed](#)
- **Mol. Plant-Microbe Interactions (2005)** : imagerie biophotonique associée à la mort cellulaire hypersensible, méthode non-destructive d'« assay » des réponses R-gène. [APS Journals](#)

Ces travaux confirment que la biophotonique est utilisée pour : (1) caractériser la qualité et la maturité des tomates post-récolte, et (2) suivre des réponses de défense/oxydatives in vivo.

5. Qu'est-ce que l'électroculture ?

L'**électroculture** consiste à appliquer des **champs électriques**, des **courants** ou des **champs électrostatiques** aux graines, plants ou au sol, dans le but d'améliorer la **germination**, la **croissance**, le **rendement** ou la **qualité** des plantes et de **leur baies**. Elle se distingue en deux approches principales :

- **Électrostimulation active** : application contrôlée (intensité, durée, mode pulsé ou continu) sur les semences ou le substrat.
- **Électroculture passive** : utilisation d'électrodes ou conducteurs (cuivre, tiges métalliques) supposés capter l'électricité atmosphérique — dont l'efficacité n'est pas scientifiquement établie.

Études scientifiques démontrant des effets de l'électroculture

1. Priming hydroélectrostatique (HEHP) — germination de la tomate

- Une étude récente démontre que l'*hydroelectrostatic hybrid priming* améliore les **indices de germination** et la **vigueur** des graines de tomate, grâce à une régulation hormonale (augmentation des gibberellines, diminution de l'ABA) et une reprogrammation de l'expression génique (SINCE2, SIDE2) [ResearchGate](#).
- L'article est disponible en accès ouvert ; voici le lien : **Hydroelectrostatic hybrid priming stimulates germination performance via ABA and GA regulation: New promising evidence for tomato gene expression** [ResearchGate](#).

2. Courant continu sur tomate en serre

- Une étude menée en serre (variété 'Qualitet F₁') a montré que l'application d'un **courant continu (DC)** influence la croissance des plants, l'accumulation ionique, la qualité des fruits (teneur en sucres) et divers paramètres biométriques [MDPI](#).
- Ce travail met en lumière des **effets positifs**, selon l'intensité choisie (µA), avec possibilité de réglage fin.

3. Champ électrique haute tension sur graines de tomate

- Des chercheurs ont appliqué un champ électrique de **4 à 12 kV pendant 30–40 s** aux graines de tomate, observant une **amélioration du taux et de la vitesse de germination** [MDPI](#).

Synthèse des effets observés

Dans ces études, on note :

- Une **germination plus rapide et homogène** (HEHP et courant haute tension).
- Une **vigueur accrue** des plantules (HEHP).
- Une **optimisation de la qualité des fruits** via un meilleur profil en sucres, pigments ou éléments minéraux (courant continu en serre).

Le procédé Plantonic

La technique PLANTONIC s'inspire des recherches du XIX et du XX siècle concernant l'électroculture. A cette époque on captait l'Energie électrique naturelle par des mats équipés au sommet d'un hérisson fait de tiges métalliques orienté à 45°.

Ces mats étaient placés dans les champs. Un fil électrique partait du hérisson et descendait au sol.

Plusieurs fils électriques étaient fixés à ce fil électrique. Ceux-ci, étaient posés sur le sol sur une grande longueur. Ils envoyaient les charges électriques dans la terre, le plus loin possible.

Les résultats étaient probants mais très variable d'une saison sur l'autre. Les variations météorologiques étaient trop influentes sur l'efficacité du dispositif. L'électroculture est alors tombée en désuétude au profit des engrais chimiques.

Le procédé PLANTONIC utilise cette injection de courant électrique dans la terre par une technique industrielle connue, l'utilisation de 2 électrodes en cuivre placées de part et d'autre d'un rectangle de terre à stimuler.

Un boîtier électronique alimenté par un panneau solaire génère des signaux électriques de faible puissance. Ce flux électrique est acheminé dans la terre par les électrodes et se déplace en utilisant la conductivité électrique de la terre gorgée d'eau.

Il se passe des réactions électro-bio-chimiques complexes dont le résultat est une augmentation importante de la faune microbienne et de la flore et des conditions de création de nutriment dans la rhizosphère très favorable au développement des plantes.

Des expériences ont montré que ce flux électrique doit suivre l'axe Est Ouest.

Ce qui laisse à penser que le magnétisme terrestre est actif dans le fonctionnement en suivant la loi de Laplace : le produit vectoriel de I et B génère une force sur l'axe vertical orienté vers le haut ou le bas suivant le sens de I et B .

Cette simple technique permet une augmentation importante de la croissance des plantes et une bonne santé de celles-ci.

Le procédé PLANTONIC repose également sur l'utilisation d'électrodes en tube de cuivre, au sein desquelles **circule un liquide nutritif spécifique**, appelé BOOSTER. Ce dispositif permet de moduler le flux électrique appliqué aux plantes, favorisant ainsi leur développement.

L'objectif est de stimuler de manière optimale la croissance végétale et d'améliorer la qualité des fruits obtenus.

Conclusion

Le système PLANTONIC utilise différents procédés :

-la stimulation électrique qui augmente la fertilité et la qualité du sol.

-l'influence du champ magnétique terrestre et la loi de Laplace

-la stimulation par des électrodes en tube de cuivre appelés BOOSTER

Autres références

- Garcia, D., Zhao, Y., Zhao, S., et al. (2021). *Hydroelectrostatic hybrid priming stimulates germination performance via ABA and GA regulation: New promising evidence for tomato gene expression*. Disponibilité en libre accès. [ResearchGate](#)
- Black, et al. (Date). *Potential of Continuous Electric Current on Biometrical and Quality Traits of Tomato Plants Grown under Greenhouse Conditions*. MDPI. [MDPI](#)
- De Souza, et al. (Date). *Effet d'un champ électrique haute tension sur la germination des graines de tomate*. MDPI. [MDPI](#)

Études clés (avec liens)

- **Courant continu appliqué à la tomate (serre, bio) — effets contrastés sur rendement & qualité**
Expérimentation en serre (hybride Qualitet F1) avec différentes intensités/tensions DC sur la plante ou le sol. Effets positifs ou négatifs selon l'intensité sur hauteur, rendement, °Brix, lycopène, fibres, etc. Les auteurs concluent à la nécessité d'un réglage fin des paramètres. [MDPI](#)
- **Germination des graines de tomate sous champ électrique haute tension**
Traitements à 4–12 kV pendant 30–40 s : accélération de la germination rapportée (travaux plus anciens en agrophysique). [acta-agrophysica.org](#)

- **Priming hydro-électrostatique des graines de tomate (HEHP)**
"Hydroelectrostatic hybrid priming" : stimulation de la germination et reprogrammation hormonale (ABA/GA) chez la tomate. (Accès via éditeur.) [ScienceDirect](#)
- **Propagation de signaux électriques dans et entre plants de tomate**
Démonstration que certaines impulsions induisent des potentiels électrotoniques se propageant dans la plante — base mécanistique possible des réponses à la stimulation. [ScienceDirect+1](#)
- **Ionisation de l'air (ions négatifs) en serre hydroponique de tomate (1983)**
Étude commerciale ancienne : raccourcissement de 2 semaines du cycle, hausse de rendement et teneurs minérales, goût perçu meilleur. Méthodologie d'époque, non conforme aux standards actuels, mais historique intéressant. [SpringerLink](#)
- **Électrostimulation (aéroponie, autre espèce) — revue/étude mécanistique récente**
Montre que la croissance et le rendement peuvent augmenter sous stimulation, à condition de régler précisément intensité, durée et nombre d'impulsions. Donne un cadre des paramètres à maîtriser. [Frontiers](#)
- **Électroculture "passive" par tiges/cuivre en jardinières — pas d'effet**
Étude PLOS ONE (2025) sur 4 légumes en pots : **aucun bénéfice reproductible** de piquets en bois enroulés de cuivre (modèle "passif" popularisé sur réseaux sociaux). Les auteurs notent que les tensions produites sont trop faibles et que tout effet pourrait venir d'un apport cuivrique, pas électrique. [PLOS](#)
- **Perspective critique sur le couplage électricité-atmosphère-biologie**
Revue méthodologique : difficultés à démontrer des effets robustes de l'"électricité atmosphérique" sur le vivant, met en garde sur les biais/protocoles. [mostwiedzy.pl](#)

6. Objectifs : mesurer le niveau d'émission des biophotons des tomates issues de production conventionnelles et Biologiques

Ces mesures permettent de :

- mesurer le niveau d'émission/d'intensité des biophotons contenus dans chaque tomate
- déterminer le niveau énergétique de chacune de ces tomates
- corréler les résultats des différents tests avec les outils de mesure utilisés.

7. Matériel de mesures

Afin d'être le plus exhaustif possible dans les mesures à effectuer, plusieurs outils de haute technologie ont été choisis pour croiser les résultats afin de vérifier la cohérence des mesures.

Aucun réactif n'a été utilisé dans les échantillons mesurés de sorte que seule l'autoluminescence naturelle de chaque produit a été détectée.

Un luminomètre de haute sensibilité à tube photomultiplicateur (PMT) et une caméra CCD haute définition ont été choisis pour cette étude.

7.1 - Le luminomètre (figure 1)

Il est important de préciser que les systèmes optiques des luminomètres utilisés dans cette étude se composent de deux éléments clés :

- une chambre étanche à la lumière pour lire le signal
- un PMT pour le détecter.

Un luminomètre est un appareil utilisé principalement en biologie moléculaire pour mesurer l'intensité lumineuse. Il est notamment utilisé pour l'étude des réactions de bioluminescence ainsi que pour la technique d'ATPmétrie.

La lumière peut être quantifiée et son intensité peut être exprimée en nombre de photons. Le faible nombre de photons à mesurer implique plusieurs caractéristiques :

- Les photons émis doivent être captés efficacement et transmis en quasi-totalité au détecteur : c'est le rôle du tube photomultiplicateur qui va « multiplier » les photons à l'aide de plusieurs dynodes ;
- La mesure doit être effectuée dans l'obscurité absolue afin d'éviter toute interférence ;
- La sensibilité du détecteur doit être la plus élevée possible afin de détecter même le plus petit photon.

Un "luminomètre" est composé de :

- un détecteur de lumière qui comptera les photons (tube photomultiplicateur) ;
- une chambre de mesure étanche à la lumière extérieure, dans laquelle sera placé l'échantillon ;
- un ou plusieurs injecteurs de réactif afin de déclencher la réaction (non utilisé dans notre cas) ;
- un système électronique permettant de convertir et d'afficher la mesure de photons en **Unités Relatives de Lumière (RLU)** sur un écran. **La valeur RLU indique la quantité de photons émis par seconde, par cm².**

Un luminomètre de chez Berthold, modèle 9508 (**Figure 1**) à été utilisé pour les mesures de la présente étude <https://www.news-medical.net/Lumat-LB-9508-Single-Tube-Luminometer-from-Berthold>. Ce modèle intègre un PMT de haute sensibilité. Il s'agit d'un tube photomultiplicateur à faible bruit en mode comptage de photons uniques dans la gamme spectrale : 380 - 630 nm, les unités de valeur sont exprimées en RLU (Relativ Light Units).

- Sensibilité : modèle haute sensibilité : <1 amol d'ATP/tube, <1 zmol de luciférase de luciole
- Système optique : tube photomultiplicateur
- Détecteur(s) : tube photomultiplicateur à faible bruit fonctionnant en mode comptage de photons uniques
- Dimensions : (LxlxH) 24 x 28 x 22 cm (ou 9,4 x 11 x 8,7 pouces)
- Contrôle de la température : fonctionnement à 15 - 35 °C

L'unité est contrôlée via le logiciel ICE. Des lectures de point final uniques et multiples sont réalisables ainsi que des mesures cinétiques et de balayage. Les données sont affichées sous forme numérique et graphique et peuvent être exportées vers EXCEL ou imprimées.



Figure 1: Luminomètre Berthold Lumat 9508

7.2. La caméra CCD (Figure 2)

L'émission de photons ultra-faibles a été mesurée en utilisant une caméra CCD hautement sensible (VersArray 1300B, Princeton Instruments). Cette version est une caméra haute performance, plein format, refroidie par cryogénie, de qualité scientifique. Elle a été configurée avec un objectif et une configuration de miroir pour diriger le photon vers l'objectif.



Figure 2 : VersArray 1300B de chez Princeton Instruments (USA)

Le système global ENERLAB™ permet l'imagerie de l'émission de photons (jusqu'à quelques photons s⁻¹) du système biologique. Le comportement cinétique et l'analyse spectrale de l'émission de photons ont été mesurés à l'aide d'un PMT équipé d'un système de filtre PMT (9558QB ; ET Enterprises Ltd., Uxbridge, Royaume-Uni). Il a été refroidi à -28 °C avec un boîtier thermoélectrique refroidi à l'eau (LCT50) pour réduire le niveau d'obscurité. Le signal d'émission de photons a été traité par l'unité de comptage de photons, MCS-CT3.

Il s'agit d'une caméra capable d'enregistrer des images, et donc de la lumière, de manière électrique dans le spectre 200-1000nm (**Figure 3**). Son « capteur », comme une rétine, est constitué d'une mosaïque de cellules photoélectriques, appelées « pixels » (= points sensibles). La taille des pixels est de quelques microns. Chaque pixel stocke la lumière sous forme d'électrons. La "charge" reçue est alors transférée à l'extrémité de la ligne du capteur, puis à l'ordinateur, qui pourra après avoir compté le nombre d'électrons reconstituer l'image globale sur l'écran au moyen d'un "traitement numérique".

Une caméra CCD est donc un œil artificiel, très sensible, 10 000 fois plus qu'une plaque photo ordinaire.

La caméra CCD utilisée par ENERLAB™ est capable de traduire le niveau d'électrons contenu dans l'échantillon mesuré en une valeur énergétique, exprimée en **Unité Camera (UC)**. 1 UC équivaut à 10^{-16} à 10^{-18} W/cm². L'unité de mesure est donc le W/cm²

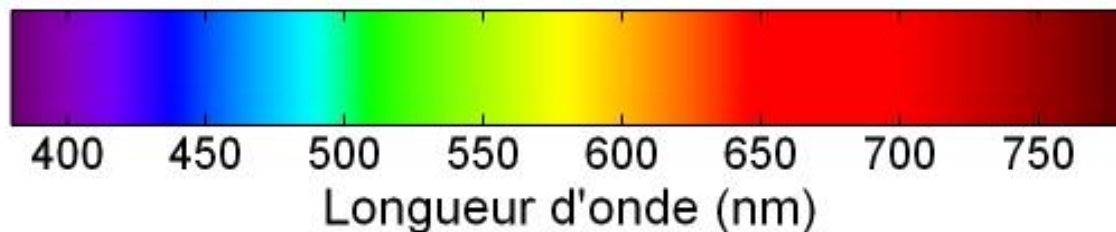


Figure 3 : longueur d'onde de la détection des biophotons

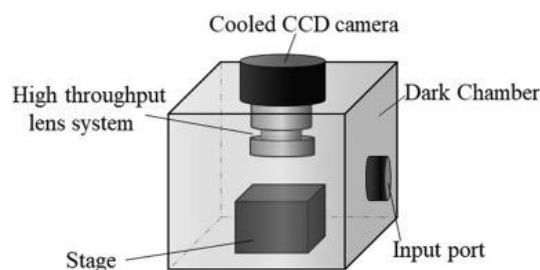


Schéma 1 de montage du dispositif de la caméra CCD

8. Méthodes

8.1- Méthodes de mesure du 29.08.2025 avec le luminomètre

Les manipulations ont été effectuées dans une salle du laboratoire avec le niveau de luminosité le plus faible possible. Les tomates ont été placées dès leur réception dans une cave à réfrigérée LIEBHERR, jusqu'à leurs mesures.

La température a été réglée sur 12°C, Il est primordial que cette température soit stable afin d'avoir des mesures comparatives précises et cohérentes. Une partie des tomates ont été découpées, puis placées dans un tube à essai de 3,5 ml pour être mesurées.

Chaque tube à essai a été mesuré au préalable sous vide afin de déterminer son bruit de fond et de le déduire de la mesure finale, puis une deuxième mesure a été réalisée produit par produit.

8.2- Méthodes de mesure du 29.08.2025 avec la caméra CCD (schéma 1)

Les manipulations ont été effectuées dans une salle du laboratoire avec le niveau de luminosité le plus faible possible.

Les tomates ont été placées dès leur réception dans une cave à réfrigérée LIEBHERR, jusqu'à leurs mesures.

La température a été réglée sur 12°C, Il est primordial que cette température soit stable afin d'avoir des mesures comparatives précises et cohérentes. Une partie des tomates ont été découpées, puis placées dans un tube à essai de 3,5 ml pour être mesurées. Chaque boîte à pétri a été mesuré au préalable sous vide afin de déterminer son bruit de fond et de le déduire de la mesure finale, puis une deuxième mesure a été réalisée produit par produit.

9. Résultats

9.1- Avec le luminomètre

Le luminomètre permet d'avoir une représentation du niveau d'émission de lumière des biophotons (**quantités de biophotons émis / seconde / cm²**) contenus dans les tomates.

L'échelle de valeur est la suivante :

- < 50 : aucune émission RLU
- > 50 < 100 : faible valeur RLU
- Entre 100 et 150 : valeur RLU moyenne
- Entre 150 et 200 : haute valeur RLU
- > 200 : très haute valeur RLU

Les résultats font apparaître une grande quantité de biophotons dans les tomates de 1 à 4 issues de l'électroculture (> 200 : très haute valeur RLU).

La mesure des échantillons 5 et 6 indiquent des résultats très inférieurs (> 50 < 100 : faible valeur RLU).

La mesure des échantillons 7, 8 et en culture conventionnelle d'origine Maroc et Espagne indiquent des résultats très inférieurs (< 50 : aucune émission RLU).

La tomate N°9 montre des valeurs élevées.

9.2- Avec la caméra CCD

Mesure de la valeur énergétique : c'est le nombre de pixels de l'image dont la luminosité dépasse la valeur seuil, **exprimé en W/cm²**. Plus la surface de rayonnement est importante, plus le champ d'énergie biologique de l'organisme mesuré est important, et donc plus son capital énergétique est grand. La caméra CCD permet d'avoir une représentation de la valeur énergétique des biophotons contenus dans les tomates.

L'échelle de valeur est la suivante :

- < 1000 : aucune détection énergétique
- > 1000 < 6000 : faible valeur énergétique
- Entre 6000 et 8000 : valeur énergétique moyenne
- Entre 8000 et 10000 : haute valeur énergétique
- >10000 : très haute valeur énergétique

Les résultats font apparaître de très hautes valeurs énergétiques dans les tomates mesurées en électroculture, échantillons de 1 à 4 (>10000 : très haute valeur énergétique).

La mesure des échantillons 5 et 6 en culture conventionnelle indiquent des résultats très inférieurs (< 6000 : faible valeur énergétique).

La mesure des échantillons 7 et 8 en culture conventionnelle d'origine Maroc et Espagne indique des résultats très inférieurs < 1000 .

Camera CCD OS 0202 + luminomètre Berthold				
Date des mesures	29.08.2025			
	Mesures avec le luminomètre BERTHOLD LB 9508			
	Date des mesures : 29.08.2025			
	Type de produit	Valeur RLU Endocarpe (pulpe avec graines)	Valeur RLU Mesocarpe (chair)	Valeur RLU Epicarpe (peau)
	Mesure de la chambre noire	21	25	25
	Mesure du tube à vide	33	36	29
Plantonic	Tomate N°1 en électroculture	368	321	308
Plantonic	Tomate N°2 en électroculture	317	285	299
Plantonic	Tomate N°3 en électroculture	328	301	258
Plantonic	Tomate N°4 en électroculture	411	398	385
Plantonic	Tomate N°5 témoin >5m	185	165	152
Plantonic	Tomate N°6 témoin >5m	198	185	169
Plantonic	Tomate N°7 en conventionnelle origine Maroc	99	95	85
Plantonic	Tomate N°8 en conventionnelle origine Espagne	63	58	56
Plantonic	Tomate N°9 bio	198	186	152
	Mesures avec la camera CCD VersArray 1300B de chez Princeton Instruments			
	Date des mesures : 29.08.2025			
Nom du producteur	Type de produit	Valeur énergétique en UC Endocarpe (pulpe avec graines)	Valeur énergétique en UC Mesocarpe (chair)	Valeur énergétique en UC Epicarpe (peau)
	Mesure de la chambre noire	210	215	213
	Mesure boîte de pétri à vide	301	312	312
Plantonic	Tomate N°1 en électroculture	12 763	12 523	12 452
Plantonic	Tomate N°2 en électroculture	13 752	13 215	12 885
Plantonic	Tomate N°3 en électroculture	14 004	13852	13850
Plantonic	Tomate N°4 en électroculture	13 214	12 524	12 002
Plantonic	Tomate N°5 témoin >5m	12 105	12 004	11 754
Plantonic	Tomate N°6 témoin >5m	11 852	11 253	10782
Plantonic	Tomate N°7 en conventionnelle origine Maroc	1206	1052	982
	Tomate N°8 en conventionnelle origine Espagne	1875	1754	1520
Plantonic	Tomate N°9 bio	8709	7923	7652

10.Remarques et conclusions

L'étude actuelle se concentre sur le niveau d'émission et le capital énergétique de biophotons contenu dans les tomates. Les facteurs pouvant faire varier ces paramètres sont : la qualité de l'environnement, la qualité des sols, le type de traitement utilisé, la fermentation, le stress hydrique, certaines ondes électromagnétiques supérieurs ou égales à 2.5 Ghz...

Comme l'indique cette étude parue dans Nature, <https://www.nature.com/articles/s41598-019-45007-3>, l'interaction avec des espèces réactives de l'oxygène (ROS) et/ou des radicaux libres, des espèces excitées sont produites par décomposition d'intermédiaires de haute énergie dérivés de processus de réaction enzymatiques ou non enzymatiques. Par exemple, dans l'état de métabolisme normal ou l'état induit par un certain stress, la chaîne de transfert d'électrons mitochondriale est connue pour être une source de ROS conduisant à l'émission de biophotons.

Par conséquent, la notion de stress est étroitement liée à l'émission de biophotons dans un organisme vivant.

Dans notre cas d'étude pour les tomates, les hautes valeurs biophotoniques des tomates en électroculture indiquent qu'il n'y a pas de stress au niveau du fruit ou de la plante mais au contraire, l'électroculture aide à une dynamisation de l'activité biophotonique vitale de ces organismes.

Les résultats des tomates mises en électroculture font apparaître un niveau d'émission de biophotons très élevé et bien supérieur aux tomates issues d'une culture conventionnelle. Il en est de même avec les 2 échantillons de terre. L'électroculture impacte de manière bénéfique les sols.

L'électroculture telle que pratiquée par le procédé PLANTONIC donne des résultats supérieurs au développement des tomates par rapport à des cultures dites conventionnelles. Le procédé PLANTONIC comprend l'utilisation du booster injecté dans les électrodes en tubes de cuivre (<https://plantonic.org/booster/>)

Nous rappelons ici que le niveau d'émission de biophotons d'un organisme « vivant » constitue une réserve vitale nécessaire à son développement et est un moyen de communication intra et extra cellulaire fondamental. Les biophotons participent de manière significative dans les processus de fonctionnement de l'ADN et des protéines, notamment dans le processus de réplication de l'ADN, la production d'ATP en tant que réserve énergétique, la synthèse des protéines, la phosphorylation oxydative et la photosynthèse [33-129].

Les études menées par le professeur F.A. Popp, indiquent que toute alimentation de qualité doit comprendre une partie « vivante » importante, c'est-à-dire un milieu dans lequel des photons sont encore « stockés » et donc transférables à l'organisme récepteur. Les organismes vivants sont des systèmes « ouverts » au sens thermodynamique. Ils ne puisent pas seulement dans leur environnement les matériaux chimiques nécessaires à leur métabolisme, mais également des informations destinées à entretenir leur fonctionnement. Ceci nous indique l'importance, en matière de santé, des moyens de conservation utilisés pour des aliments frais. Il va de soi, nous indique F.A. Popp, que des légumes ou des fruits stabilisés par irradiations gamma (ionisés) perdent la quasi totalité de leur potentiel nutritif puisque les cellules qui les composent sont tuées par l'irradiation (évasion des photons des structures cellulaires). De même les fruits et légumes stérilisés présentent le même inconvénient majeur. L'organisme, en mangeant des fruits et légumes frais, consomme aussi de la lumière sous forme de photons.

Dans cette étude, il convient de préciser que, plus une émission de biophotons en terme de quantité et d'énergie est élevée, plus elle est à même d'interagir de manière cohérente et ordonnée avec son environnement, traduisant de ce fait l'interaction bénéfique entre les « valeurs naturelles » du soleil, du sol, de la plante et du fruit.

11.Perspectives

Bien que l'émission de biophotons soit un phénomène général se produisant dans tous les organismes vivants, cela implique que les propriétés d'émission de biophotons peuvent donner des indices pour répondre à la question :

Comment obtenir de meilleurs produits alimentaires pour les consommateurs tout en participant à une meilleure qualité environnementale pour notre planète ? La méthode proposée par Plantonic répond en partie à cette question et pourrait ouvrir de nouveaux horizons dans les sciences agricoles.

La technique d'imagerie biophotonique peut ouvrir de nouvelles perspectives sur la compréhension de l'électroculture, prenant en compte : les aspects environnementaux, la qualité des sols, les intrants et le savoir faire de l'agriculteur.

En raison de la croissance démographique mondiale et de la sécurité alimentaire, la qualité des aliments est une question impérieuse pour l'ensemble de la population.

12. Références

- [1] Popp, FA *et coll.* . Revue multi-auteurs 'Biophoton Emission'. *Experientia* 44 , 543–600 (1988).
- [2] Kobayashi, M. Émission spontanée de photons ultra-faibles d'organismes vivants - biophotons - phénomènes et techniques de détection pour l'extraction d'informations biologiques. *Tendances de Photochem. Photobiol.* 10 , 111-135 (2003).
- [3] Signalisation physique de cellule à cellule à longue portée via des mitochondries à l'intérieur de nanotubes membranaires : une hypothèse. Publié : 06 juin 2016 <https://tbiomed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12976-016-0042-5>
- [4] V. Salari, H. Valian, H. Bassereh et I. Bókkon, « *Ultraweak photon emission in the brain* », *Journal of Integrative Neuroscience*, vol. 14, n° 3, septembre 2015, p. 419–429 (ISSN 0219-6352, PMID 26336891,
- [5] Parisa Zarkeshian, Sourabh Kumar, Jack Tuszynski et Paul Barclay, « *Are there optical communication channels in the brain?* », *Frontiers in Bioscience (Landmark Edition)*, vol. 23, 03 01, 2018, p. 1407–1421 (ISSN 1093-4715, PMID 29293442
- [6] Felix Scholkmann. Published: 06 June 2016 Long range physical cell-to-cell signalling via mitochondria inside membrane nanotubes: a hypothesis <https://tbiomed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12976-016-0042-5>
- [7] Yan Sun , Chao Wang et Jiawei Dai. Les biophotons en tant que signaux de communication neuronaux démontrés par l'autographie de biophotons *in situ*
- [8] Zarkeshian P et al., “Are there optical communication channels in the brain ?”, *Frontiers in Bioscience*, 2018, 23 :1407-1421.
- [9] Masaki Kobayashi , Daisuke Kikuchi et Hitoshi Okamura PLoS One. 2009 ; 4(7) : e6256. Publié en ligne le 16 juillet 2009. doi: 10.1371/journal.pone.0006256 PMCID : PMC2707605 PMID : 19606225 Imagerie de l'émission spontanée de photons ultrafaibles du corps humain affichant un rythme diurne.
- [10] FA Popp , W Nagl , KH Li , W Scholz , O Weingärtner , R Loup. Biophys Cellulaire 1984 mars ; 6 (1) : 33-52. doi:10.1007/BF02788579.Émission de biophotons. Nouvelle preuve de cohérence et ADN comme source PMID : 6204761 DOI : 10.1007/BF02788579
- [11] Émission de biophotons Nouvelle preuve de cohérence et ADN comme source FA Popp , W. Nagl , KH Li , W. Scholz , O. Weingärtner, R. Loup *Biophysique cellulaire* le volume 6 , pages 33–52 (1984)
- [12] Zhang X., Yang H., Li F., Zhang W., Modifications des teneurs en luminescence ultraweak, ATP et oxygène actif pendant la fluorescence d'abricot, *J. Plant Phy. Mol. Biol.*, 2004, 30, 41-44
- [13] Jinli Guo, Guanyu Zhu, Lianguo Li, Huan Liu. Ultraweak photon emission in strawberry fruit during ripening and aging is related to energy level November 2017 *Open Life Sciences* 12(1) DOI:10.1515/biol-2017-0046
- [14] Masakazu Katsumata, Yuko Ikushima, Keith Bennett, Yukiko Sato, Ayano Takeuchi, Norihisa Tatarazako, Tomoyuki Hakamata, "Validation of rapid algal bioassay using retarded fluorescence in an interlaboratory ring study," *Science of The Total Environment*, Volumes 605-606, 2017, Pages 842-851, ISSN 0048-9697,
- [15] Ayano TAKEUCHI, Masakazu KATSUMATA, Takashi KOIKE, Yuri TAKATA, Yasuyuki ITATSU, Takashi KUSUI, « Comparison of the Conventional Algal Growth Inhibition Tests Using Cell Counting and Algal Bioassay Using Delayed Fluorescence: Application to Industrial Effluents, *Journal of Water and Environment Technology* » 2014, volume 12, numéro 4, pages 367-377, publié le 10 août 2014, en ligne ISSN 1348-2165,
- [16] Masakazu Katsumata, Ichiro Takeuchi, « La fluorescence retardée en tant qu'indicateur de l'influence des herbicides Irgarol 1051 et Diuron sur le corail dur *Acropora digitifera* », *Bulletin de la pollution marine*, volume 124, numéro 2, 30 novembre 2017, pages 687-693
- [17] Mohammad Amin Nematollahi/Zahra Alinasab/Seyed Mehdi Nassiri/Amin Mousavi Khaneghah jeu, 15 oct. 2020 dans *Assurance qualité et sécurité des cultures et des aliments*
Émission de photons ultra-faibles : un outil de détection non destructif pour l'évaluation de la qualité et de la sécurité des aliments <https://qascf.com/index.php/qas/article/view/766/771> DOI : 10.15586/qas.v12iSP1.766
- [18] Ilona Gałązka-Czarnecka/Lodz University of Technology, Ewa Korzeniewska/Lodz University of Technology, Andrzej Czarnecki/Lodz University of Technology, Michał Sójka/Lodz University of Technolog. Evaluation of Quality of Eggs from Hens Kept in Caged and Free-Range Systems Using Traditional Methods and Ultra-Weak Luminescence June 2019 *Applied Sciences* 9(12):2430
DOI:10.3390/app9122430
- [19] Mohammad Amin Nematollahi Zahra Alinasab Seyed Mehdi Nassiri Amin Mousavi Khaneghah. Thu, 15 Oct 2020 in *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods* : Ultra-weak photon emission: a nondestructive detection tool for food quality and safety assessment <https://qascf.com/index.php/qas/article/view/766/771>
- [20] Projet de recherche en collaboration Science Group, Wageningen University Research et l'Institut Louis Bolk. (2007). *Qualité des produits laitiers : différence entre bio et régulier*. <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/115904>
<https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/115904>
- [22] A. TRIGLIA , G. LA MALFA , F. MUSUMECI , C. LEONARDI , A. SCORDINO Luminescence retardée comme indicateur de la qualité des tomates. Première publication: 28 juin 2008 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1998.tb15775.x> Recherche partiellement soutenue par CNR et MURST dans le cadre du projet « Technologie innovante »
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.1998.tb15775.x>
- [23] Jun Wang, Yong Yu Relation entre la bioluminescence ultra-faible et la vigueur ou la dose d'irradiation du blé irradié. Première publication: 17 mars 2009 <https://doi.org/10.1002/bio.1096>
- [24] Shengpeng Wang ,Yong Jing ,Li Li ,Min He ,Yusheng Jia ,Edouard van Wijk ,Yitao Wang ,Zhihong Wang , Mei Wang . Application des mesures de luminescence retardée pour l'identification de matières végétales : une étape vers un contrôle qualité rapide,

Publié : 28 octobre 2019

[25] Peter Stolz, Jenifer Wohlers, KWALIS GmbH, Gudrun Mende. Mesure de la luminescence retardée par FES pour évaluer les aspects de qualité particuliers des échantillons d'aliments - un aperçu, Juillet 2019, Agriculture ouverte 4(1):410-417 DOI : 10.1155/opag-2019-0039.

[26] Tahereh Esmaeilpour ,Esmaeil Fereydouni ,Farzaneh Dehghani ,Istvan Bókkon ,Mohammad-Reza Panjehshahin ,Noemi Császár-Nagy ,Mehdi Ranjbar , Vahid Salari . Publié : 16 janvier 2020 Une enquête expérimentale sur l'émission de photons ultrafaibles à partir de cellules souches neurales murines adultes

[27] Fritz-Albert Popp, « Principles of complementary medicine in terms of a suggested scientific basis », Indian Journal of Experimental Biology, vol. 46, n° 5, mai 2008, p. 378–383 (ISSN 0019-5189, PMID 18697623

[28] I. Bókkon, V. Salari, J.A. Tuszyński, I. Antal. Estimation of the number of biophotons involved in the visual perception of a single object image: Biophoton intensity can be considerably higher inside cells than outside

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1011134410001338>

[29] Émissions de biophotons dans les mauvaises herbes résistantes aux sulfonilurées et aux herbicides

Par Hideki Nukui, Hidehiro Inagaki, Hiroyuki Iyozumi et Kimihiko Kato Soumis : 30 mai 2012Avis : 15 janvier 2013Publié: 29 mai 2013

[30] Kobayashi, Katsuhiro; Okabe, Hirotaka; Kawano, Shinya; Hidaka, Yoshiki; Hara, Kazuhiro (2014). "L'émission de biophoton induite par le choc thermique". *PLOS ONE* . 9 (8): e105700. Bibcode : 2014PLoSO ... 9j5700K . doi : 10.1371 / journal.pone.0105700 . PMC 4143285 . PMID 25153902 .

[31] Pospíšil, P., Prasad, A. & Rác, M. Rôle des espèces réactives de l'oxygène dans l'émission de photons ultra-faibles dans les systèmes biologiques. *J. Photochem. Photobiol. B* 139 , 11–23 (2014).

[32] Karla R. Borba,Didem P. Aykas,Maria I. Milani,Luiz A. Colnago,Marcos D.Ferreir et Luis E. Rodriguez-Saona. Spectroscopie portable proche infrarouge comme outil d'analyse du contrôle qualité des tomates fraîches sur le terrain. *Appl. Sci.* **2021** , 11 (7), 3209 ; <https://doi.org/10.3390/app11073209>. Reçu : 16 mars 2021 / Révisé : 29 mars 2021 / Accepté : 1er avril 2021 / Publié : 2 avril 2021

[33] MA Abdelhamid, Yu. A. Sudnik, HJ Alshinayyin et Fatma Shaaban. Fluorescence de la chlorophylle pour la classification des fruits de tomates selon leur stade de maturité . Publié en ligne 2020