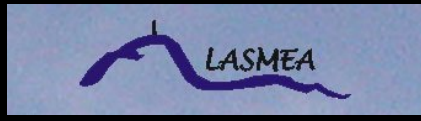
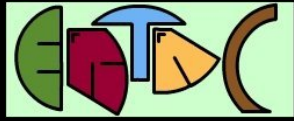


Impact *physiologique* d'un rayonnement électromagnétique haute fréquence sur des cellules vivantes



Alain VIAN

Alain.VIAN@univ-bpclermont.fr

MIB

Micro-Ondes et Interactions
Biologiques



Problème posé

Effet des CEM sur le vivant

Établir un *lien formel non équivoque* entre une exposition à un CEM et une modification *physiologique*

Travail réalisé dans le cadre de l'ACI
« Effet biologiques et sanitaires
de la radiotéléphonie mobile »

● Environnement électromagnétique : utilisation d'une CRBM
Champ électromagnétique homogène et isotrope

● Modèle biologique adapté : utilisation de plantes !!

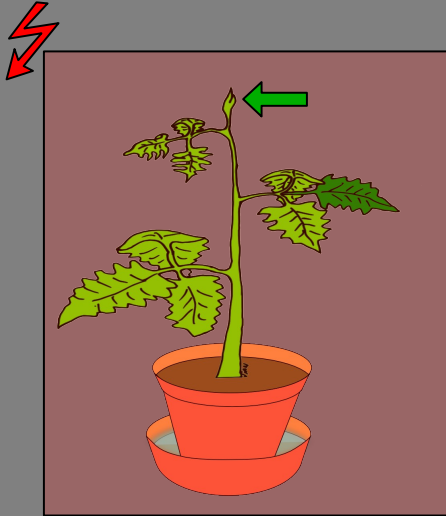


- + Dépourvues de conscience
- + Immobiles
- + Très sensibles à l'environnement
- + Nombreux mutants

● Paramètre mesuré : marqueurs moléculaires

- + Accumulation de transcrits
- + Mesures rapides
- + Technique fiable et éprouvée

En irradiation globale (5 V/m, 900 MHz)



La feuille terminale montre une augmentation rapide (5-15 min), immédiate et importante (3-7 fois) de l'accumulation de transcrits de gènes caractéristiques d'un état de stress :

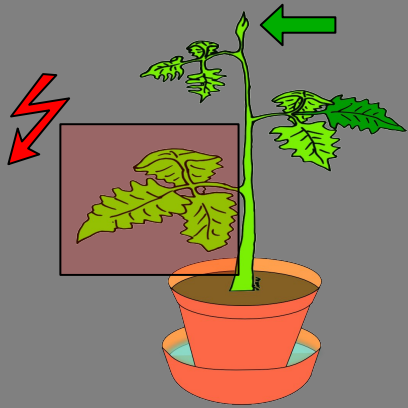
- + bZIP (facteur de transcription),
- + calmoduline (calciprotéine),
- + CMBP (maturation d'ARNm),
- + pin2 (inhibiteur de protéases),
- + CDPK (protéine kinase)...

Cette réponse est similaire à celles qui sont induites par des blessures et/ou des brûlures.

Ces résultats ont été publiés dans les articles suivants :

1. Vian *et al.*, Microwave irradiation affects gene expression in plants. *Plant Signaling and Behavior*, **1**: 67-70 (2006).
2. Roux *et al.*, Electromagnetic fields (900 MHz) evoke consistent molecular responses in tomato plants. *Physiologia Plantarum*, **128**: 283–288 (2006).

En irradiation locale (5 V/m, 900 MHz)



L'exposition de la seule feuille la plus âgée provoque, à distance, dans la feuille terminale, l'augmentation simultanée des marqueurs de stress bZIP et Pin2. La réponse est donc systémique, ce qui est, chez les plantes, caractéristique de la perception d'un stress lésant.

Cette augmentation ne se produit pas chez les plantes mutantes, déficientes pour la biosynthèse de l'ABA (mutant *Sitiens*), ou de l'acide jasmonique (mutant *JL5*). Le traitement de plantes sauvages par le naproxène, un inhibiteur de biosynthèse de l'ABA, mime le comportement des mutants *Sitiens*.

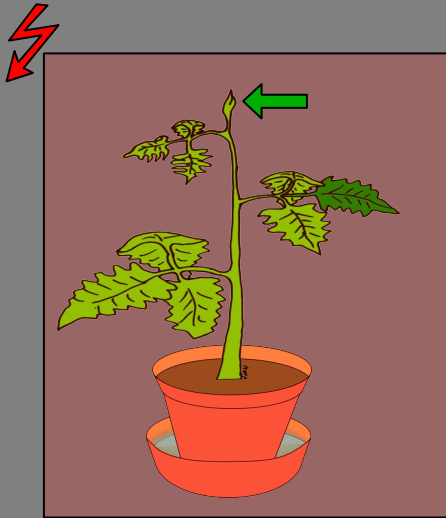
Ces deux phytohormones sont impliquées dans la physiologie du stress, ce qui suggère que les réponses des plantes aux champs électromagnétiques empruntent des voies communes avec celles des réponses aux stress lésants.

Ces résultats ont été publiés dans l'article suivant :

3. Beaubois *et al.*, Intercellular communication in plants: evidence for two rapidly transmitted systemic signals generated in response to electromagnetic field stimulation in tomato. *Plant Cell & Environment*, **30**: 834-844 (2007).

Article primé en 2007 par the « Faculty of 1000 » : <http://www.f1000biology.com/article/id/1087260/evaluation>

Effet des drogues anti-calcium



Le calcium est un ion jouant un rôle très important comme messenger secondaire des réponses cellulaires et moléculaires.

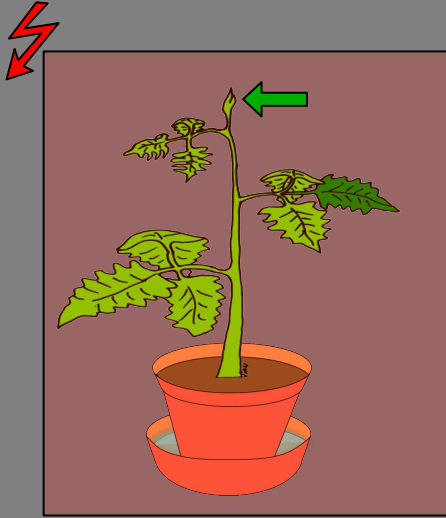
La culture des tomates en présence de drogues capturant le calcium (EGTA, BAPTA) ou perturbant son transport (le chlorure de lanthane) **abolit totalement** la réponse des plantes aux champs électromagnétiques.

Ces réponses sont étroitement dépendantes de la disponibilité et de la mobilité du calcium.

Ces résultats ont été publiés dans l'article suivant :

4. Roux *et al.*, High frequency (900 MHz) low amplitude (5 V m^{-1}) electromagnetic field: a genuine environmental stimulus that affects transcription, translation, calcium and energy charge in tomato. *Planta*, **in press** (2008).

Métabolisme énergétique



La concentration en adénosine tri-phosphate (ATP), la principale molécule énergétique de la cellule, diminue de 30 % dans les 30 minutes qui suivent une exposition à un champ électromagnétique de faible amplitude (900 MHz, 5 V/m, 10 min).

Parallèlement, la charge énergétique adénylique (marqueur de l'état énergétique d'une cellule) passe d'un niveau standard (0,8) chez les plantes non exposées à une valeur très faible (0,6) 30 min après l'exposition.

Des plantes traitées avec le CCCP (composé abolissant la biosynthèse d'ATP) n'accumulent plus les transcrits de gènes caractéristiques d'un état de stress.

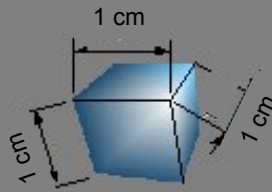
Le métabolisme énergétique est donc affecté par l'exposition aux CEM.

Ces résultats ont été publiés dans l'article suivant :

4. Roux *et al.*, High frequency (900 MHz) low amplitude (5 V m⁻¹) electromagnetic field: a genuine environmental stimulus that affects transcription, translation, calcium and energy charge in tomato. *Planta*, in press (2008).

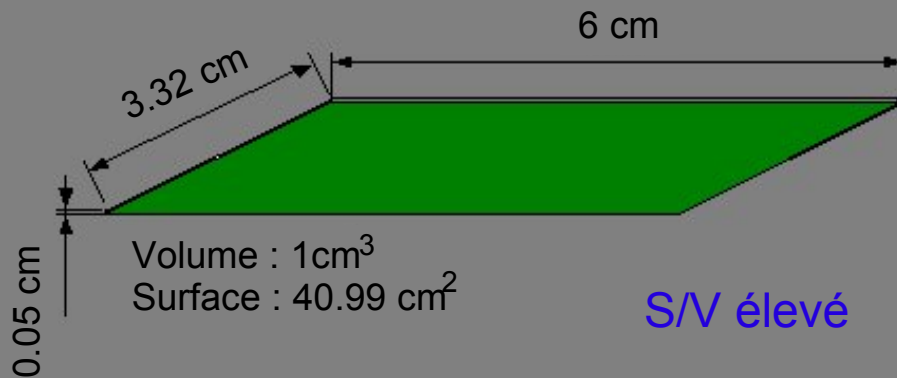
Les réponses observées chez les végétaux sont-elles liées à leur architecture ?

Un végétal se développe en surfaces, alors qu'un animal se développe en volumes. Cela influence de manière très importante la proportion de cellules situées à l'interface directe des rayonnements électromagnétiques...



Volume : 1cm^3
Surface : 6cm^2

S/V faible



Volume : 1cm^3
Surface : 40.99cm^2

S/V élevé

7x plus de cellules à l'interface directe du CEM dans le cas d'une plante !!

Cela est-il critique pour que se manifestent les réponses ?

Cette proposition a été publiée dans l'article suivant :

5. Vian et al., YES, plants do respond to GSM-like radiations!!! *Plant Signaling and Behavior*, 2: 522-524 (2007).



Programme soutenu par la
Fondation Santé et Radiofréquences

Coordinateur : A. VIAN

Cette méthodologie va être étendue aux cellules humaines de peau en culture (Kératinocytes) dans le cadre du programme MAPHYS (Micropuce à ADN pour l'étude PHYSiologique de la réponse de cellules humaines à des rayonnements électromagnétiques non ionisants) soutenu par la Fondation Santé et Radiofréquences.

Des renseignements complémentaires sur ce programme sont disponibles sur le site de la Fondation santé et Radiofréquences :

<http://www.sante-radiofrequences.org/index.php?id=134>

Pour en savoir plus...

Vous pouvez lire nos publications, ou nous contacter :

Alain.VIAN@univ-bpclermont.fr pour toute question relative à la biologie, et

Francoise.PALADIAN@univ-bpclermont.fr pour toute question relative à la physique.

