

## Résumé

L'Imagerie par Résonance Magnétique Nucléaire est une technique dont l'utilisation est devenue incontournable. Le champ d'application de l'imagerie RMN s'est accru et touche actuellement la recherche dans le secteur agroalimentaire<sup>1</sup>. En effet, de par son caractère non invasif et non destructif, cette technique permet d'observer et de sonder à des échelles tissulaire et cellulaire des objets biologiques conduisant ainsi à une meilleure compréhension de l'architecture des tissus et des variabilités spatiale et temporelle de leurs composition en éléments majeurs (eau, sucre). Les enjeux de ces études sont importants puisque ces éléments conditionnent grandement la croissance des organes et la composition des produits agronomiques. Dans le cadre de cette étude, l'accent a été mis sur la mise en place et l'optimisation d'une séquence FLASH sur un spectromètre (Tecmag Appolo) de 4.7 Tesla. Cette séquence d'imagerie RMN nous servira d'outil de visualisation et d'analyse d'une plante modèle, la tomate, afin d'étudier les flux d'eau et osidique, principaux moteurs de croissance des organes, vers et dans le fruit, voire même au niveau cellulaire.

## Introduction

Les produits agronomiques se caractérisent par la complexité de leurs structure et leurs composition. Ils sont le siège de transferts internes et externes qui leur confèrent une instabilité qu'il est nécessaire de contrôler. Ceci devrait nous permettre de mieux comprendre les processus qui conditionnent la distribution, le stockage ou le métabolisme des ressources majeures afin d'améliorer la qualité de ces produits. Ainsi les techniques qui peuvent permettre d'accéder à des informations sur la structure et la composition dans des conditions dynamiques représentent un enjeu important pour la recherche agronomique. L'imagerie RMN est l'une de ces techniques. L'objectif essentiel de l'étude présentée dans ce papier est la mise en place et l'optimisation d'une séquence FLASH sur un spectromètre (Tecmag Appolo) de 4.7 Tesla. En outre, cette séquence d'imagerie nous permettra d'extraire de l'information (physiologique, morphologique...) via des images obtenues à partir de notre système agronomique modèle.

## Principes de l'imagerie RMN

Dans un champ magnétique homogène ( $B_0$ ), les spins des noyaux  $H^1$  précessent à une fréquence angulaire particulière (fréquence de LARMOR) :

$$\omega_0 = \gamma B_0$$

Lorsqu'on superpose un gradient (linéaire) de champ magnétique à ce champ homogène, la fréquence de résonance dépendra de la position de l'échantillon suivant la dimension considérée<sup>2</sup> :

$$\omega(x) = \omega_0 + \gamma G_x x$$

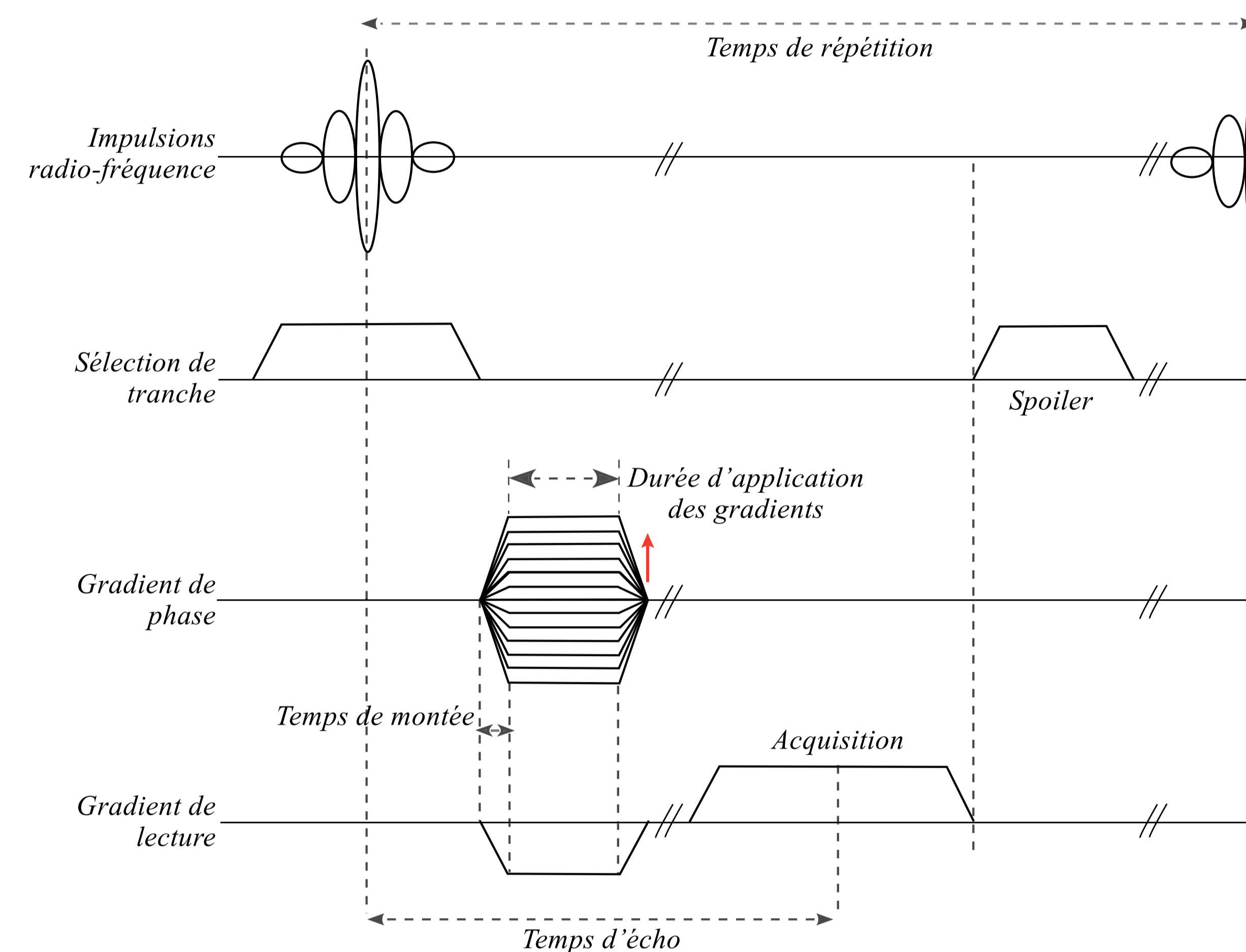
$$G_x = \frac{\partial B_x}{\partial x}$$

<sup>1</sup>N. ISHIDA, M. KOIZUMI, H. KANO. *The NMR microscope : a unique and promising tool for plant science*, Annals of Botany, vol. 86, pp. 259-278, 2000.

<sup>2</sup>C. KI WONG, J. ZHONG. *Roles of magnetic gradient field and transverse relaxation in distant dipolar field signal*, Concepts in Magnetic Resonance Part A, vol. 76, pp. 76-90, 2009.

## Implémentation de la FLASH

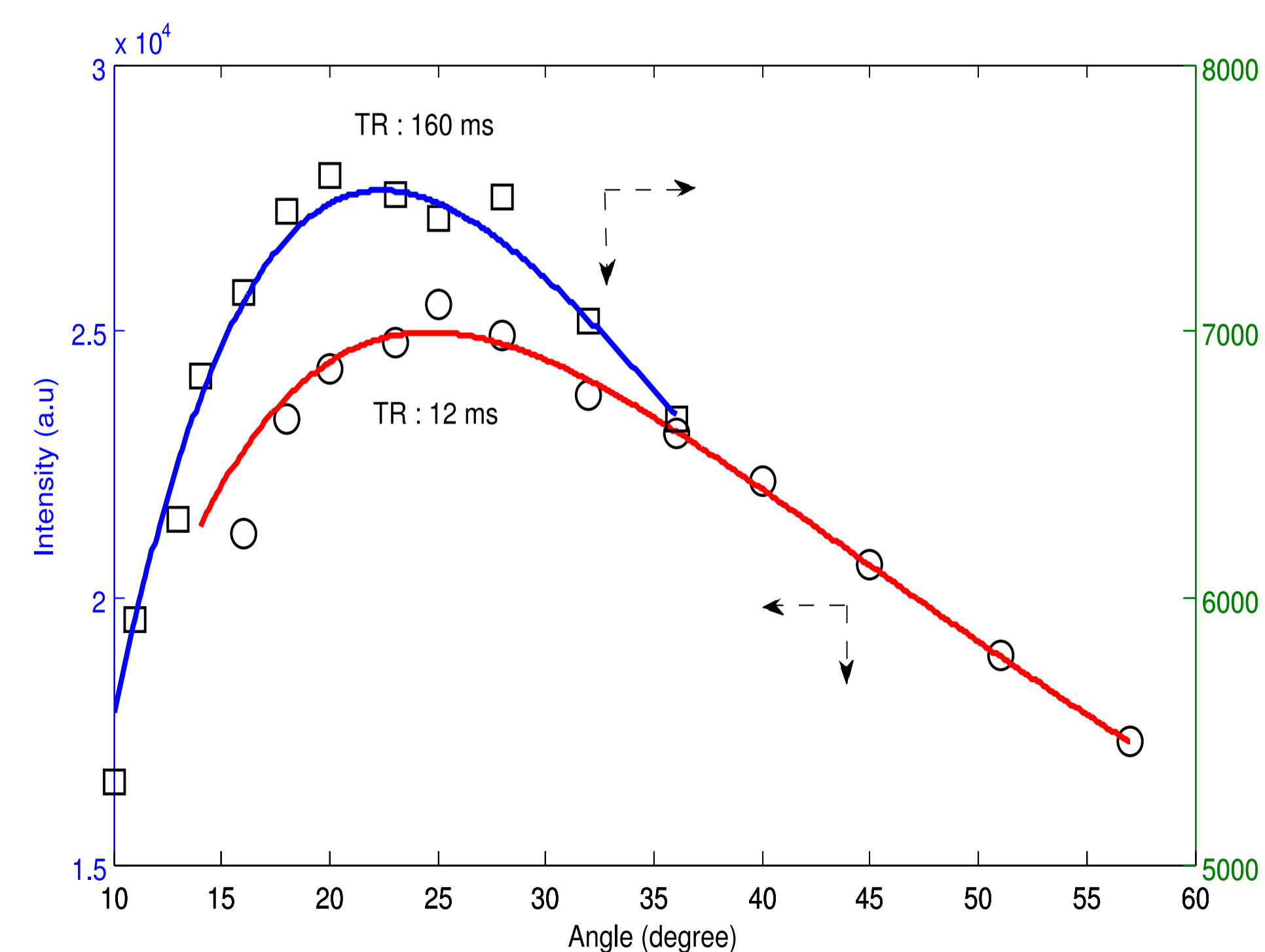
Chronogramme de la séquence FLASH 2D



## Optimisation à l'angle de Ernst

Pour une séquence d'imagerie FLASH 2D, l'intensité du signal est donnée par :

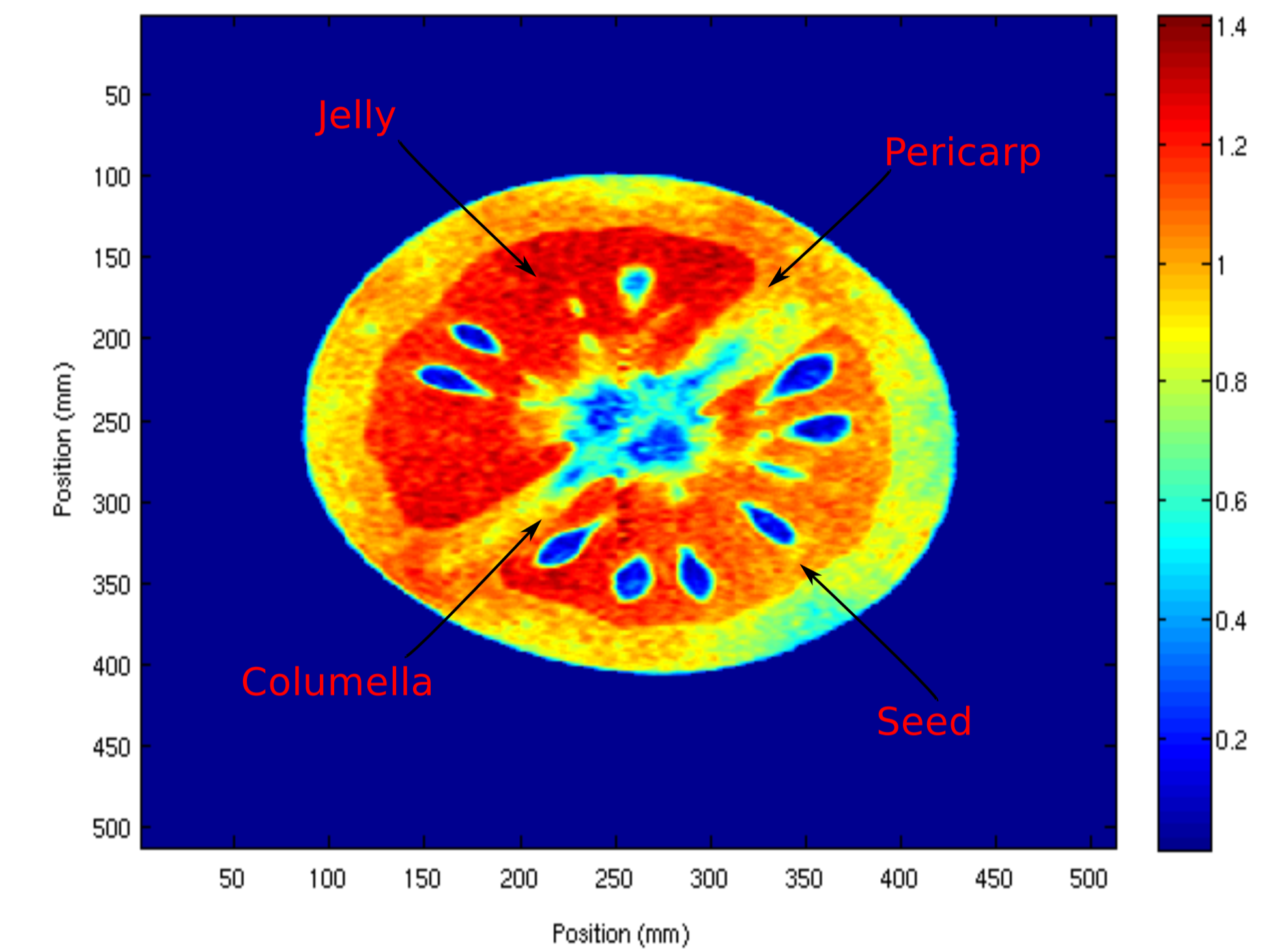
$$S = S_0 \times \frac{(1 - e^{-\frac{TR}{T_1}}) \sin \theta}{1 - e^{-\frac{TR}{T_1}} \cos \theta} \times e^{-\frac{TE}{T_2}}$$



- TR : temps de répétition.
- TE : temps d'écho.
- $\theta$  : angle de bascule de l'aimantation.

## Applications en agronomie

Nous avons appliqué cette séquence d'imagerie RMN optimisée à l'angle de Ernst sur deux types de tomates et à différents angles de bascule.



- Épaisseur de coupe :  $500 \mu m$
- Résolution spatiale :  $60 \mu m \times 60 \mu m$
- Angle de bascule  $\theta$  :  $28^\circ$

