



➤ Caractérisation de l'état de liaison du sel dans les produits alimentaires par relaxométrie sodium

Sylvie Clerjon, Diamantino Agripino Da Cunha, Amidou Traoré, Guilhem Pagés, Jean-Marie Bonny



Plateforme RMN pour l'agronomie, l'agro-alimentaire et la nutrition

Clermont Ferrand



ANR-19-CE21-0009 2020-2025
Th. Thomas Danguin, CSGA, Dijon

➤ Contexte nutritionnel

Les recommandations et la consommation

En 2015, la World Health Organization (WHO) recommande de diviser notre consommation par 2 d'ici 2025 (10 à 5 g/jour)

En 2017 (INCA 3), en France : 9 g pour les hommes et 7 g pour les femmes; recommandation (PNNS) : passer à 6 g/jour pour tous.

Les projets et directives sur le levier industriel

Projet ANR Na- (2009-2012) diminution du sel dans les produits charcutiers

Depuis 2013, signature de chartes d'engagement volontaire état/entreprises/marques, contribuer à l'atteinte des objectifs du PNNS, dont la diminution du sel

Le Programme national de l'alimentation et de la nutrition (2019), exige un engagement ferme de réduction des quantités de sel, en particulier dans le pain, de sucre et de gras dans les aliments dès 2020

➤ Contexte nutritionnel

Les recommandations et la consommation

En 2015, la World Health Organization (WHO) recommande de diviser notre consommation par 2 d'ici 2025 (10 à 5 g/jour)

En 2017 (INCA 3), en France : 9 g pour les hommes et 7 g pour les femmes; recommandation (PNNS) : passer à 6 g/jour pour tous.

Les projets et directives sur le levier industriel

Projet ANR Na- (2009-2012) diminution du sel dans les produits charcutiers

Depuis 2013, signature de chartes d'engagement volontaire état/entreprises/marques, contribuer à l'atteinte des objectifs du PNNS, dont la diminution du sel

Le Programme national de l'alimentation et de la nutrition (2019), exige un engagement ferme de réduction des quantités de sel, en particulier dans le pain, de sucre et de gras dans les aliments dès 2020



Le levier domestique ?

Quand saler ?

Quel type de sel ? ...

➤ Projet ANR Sal&Mieux et problématique de l'étude



Sal&Mieux : Le projet collaboratif Sal&Mieux vise à étudier de manière holistique comment optimiser et limiter l'utilisation du sel de table, **tout en le rendant plus efficace pour maintenir le goût salé et l'appréciation des aliments**

Pluridisciplinaire

Sociologie : observation des pratiques

Biophysique : transfert du sel dans l'aliment et de l'aliment vers les récepteurs sensoriels

Sensorialité : perception du sel suivant les conditions de salage

Communication : comment passer les messages ?



➤ Projet ANR Sal&Mieux et problématique de l'étude



Sal&Mieux : Le projet collaboratif Sal&Mieux vise à étudier de manière holistique comment optimiser et limiter l'utilisation du sel de table, **tout en le rendant plus efficace pour maintenir le goût salé et l'appréciation des aliments**

Pluridisciplinaire

Sociologie : observation des pratiques

Biophysique : transfert du sel dans l'aliment et de l'aliment vers les récepteurs sensoriels

Sensorialité : perception du sel suivant les conditions de salage

Communication : comment passer les messages ?

Une des hypothèse sur WP2/3 : En fonction de la matrice et des pratiques de salage, le sel entre différemment dans la matrice → relargage et sensodisponibilité modulables



➤ Projet ANR Sal&Mieux et problématique de l'étude



Sal&Mieux : Le projet collaboratif Sal&Mieux vise à étudier de manière holistique comment optimiser et limiter l'utilisation du sel de table, **tout en le rendant plus efficace pour maintenir le goût salé et l'appréciation des aliments**

Pluridisciplinaire

Sociologie : observation des pratiques

Biophysique : transfert du sel dans l'aliment et de l'aliment vers les récepteurs sensoriels

Sensorialité : perception du sel suivant les conditions de salage

Communication : comment passer les messages ?

Une des hypothèse sur WP2/3 : En fonction de la matrice et des pratiques de salage, le sel entre différemment dans la matrice → relargage et sensodisponibilité modulables

La problématique de l'étude

Relaxation du sodium dans l'aliment ↔ Sensodisponibilité

Relaxation du sodium dans l'aliment [?] = sonde à sensorialité

➤ Echantillons et protocole expérimental

	Salage à l'eau	Salage à l'assiette
Carottes	23 échantillons	36 échantillons
Pâtes alimentaires	24 échantillons	24 échantillons



Pour les carottes, cuisson de 25 minutes dans l'eau bouillante (salée à 2 % ou salage équivalent à l'assiette)



Pour les pâtes (spaghettoni, Barilla), cuisson de 11 minutes dans l'eau bouillante (salée à 1,4 % ou salage équivalent à l'assiette)

Sel fin « La baleine »

Eau d'Evian

Protocole « identique » au CSGA
de Dijon pour l'étude sensorielle

➤ Echantillons et protocole expérimental

	Salage à l'eau	Salage à l'assiette	
Carottes	23 échantillons	36 échantillons	0,5g →
Pâtes alimentaires	24 échantillons	24 échantillons	0,2g →



Pour les carottes, cuisson de 25 minutes dans l'eau bouillante (salée à 2 % ou salage équivalent à l'assiette)



Pour les pâtes (spaghettoni, Barilla), cuisson de 11 minutes dans l'eau bouillante (salée à 1,4 % ou salage équivalent à l'assiette)

Sel fin « La baleine »

Eau d'Evian

Protocole « identique » au CSGA de Dijon pour l'étude sensorielle

➤ Les acquisitions RMN / Analyse CPMG



9.4 T Bruker UltraShielded widebore magnet (Karlsruhe, Germany), Avance III electronics, TopSpin 3.5.
5-mm broadband observe (BBO) 1H/23Na probe (Bruker BioSpin, Karlsruhe, Germany).

La relaxation du sodium dans les échantillons est caractérisée à partir

- d'une séquence mettant en évidence les **cohérences double quanta** (mesure à $\tau_{\text{opt}} = 2.5\text{ms}$, TR = 1s, durée = 5min)
- d'une **CPMG** à phase alternée (TE = 140 μs , TR = 1s, durée = 1h30).

➤ Les acquisitions RMN / Analyse CPMG



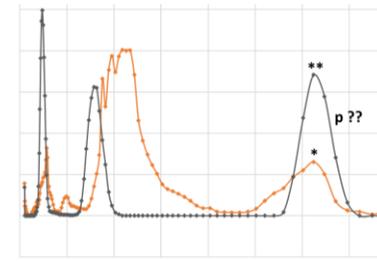
9.4 T Bruker UltraShielded widebore magnet (Karlsruhe, Germany), Avance III electronics, TopSpin 3.5.
5-mm broadband observe (BBO) 1H/23Na probe (Bruker BioSpin, Karlsruhe, Germany).

La relaxation du sodium dans les échantillons est caractérisée à partir

- d'une séquence mettant en évidence les **cohérences double quanta** (mesure à $\tau_{\text{opt}} = 2.5\text{ms}$, TR = 1s, durée = 5min)
- d'une **CPMG** à phase alternée (TE = 140 μs , TR = 1s, durée = 1h30).

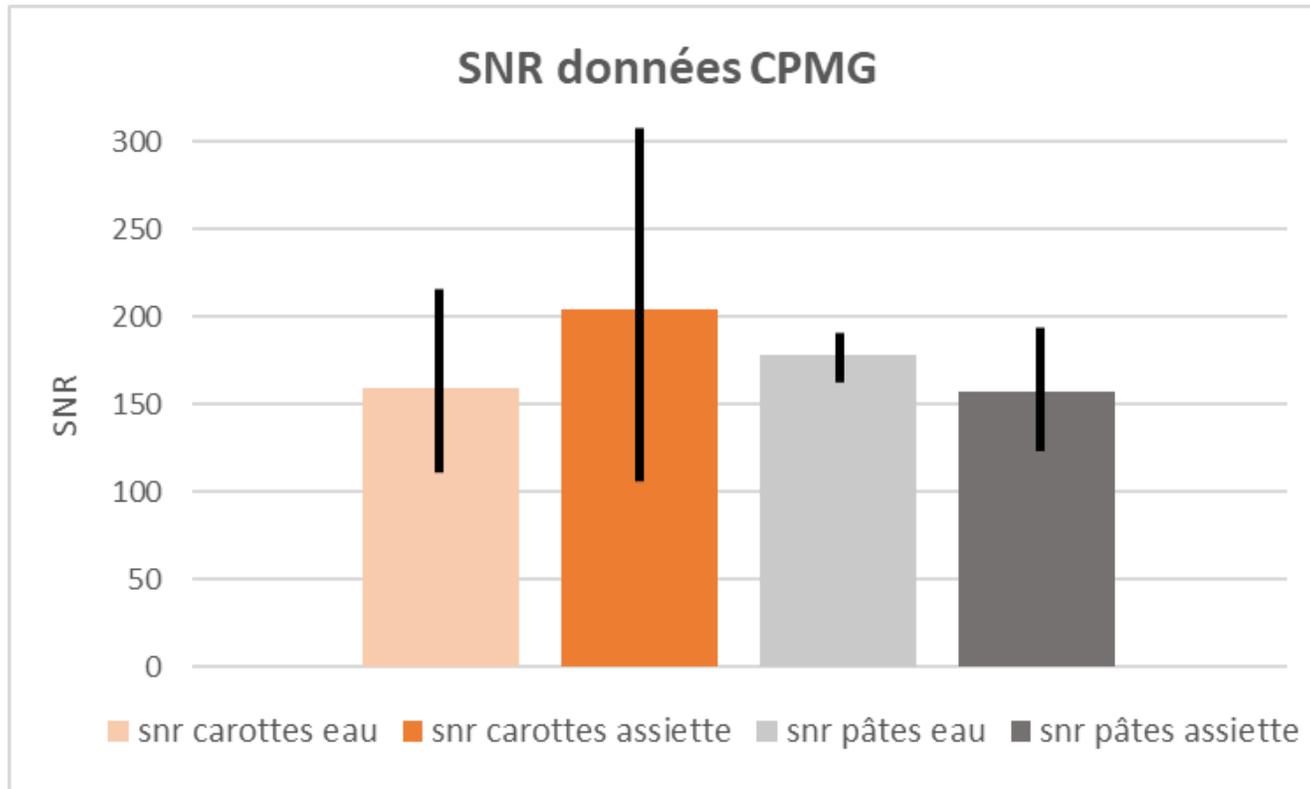
Analyse CPMG :

- ajustement multi-exponentiel,
- sans a priori (NNLS),
- régularisation fixe standard ($\lambda=0.02$),
- base logarithmique de 128 points
- suppression des 3 premiers points



L'analyse statistique des données s'appuie sur un modèle linéaire généralisé intégrant l'ensemble des prédicteurs potentiels (masse échantillon, temps post-salage, O1, P1, matrice, salage, snr, snr², snr³).

➤ Contrôle qualité des acquisitions CPMG



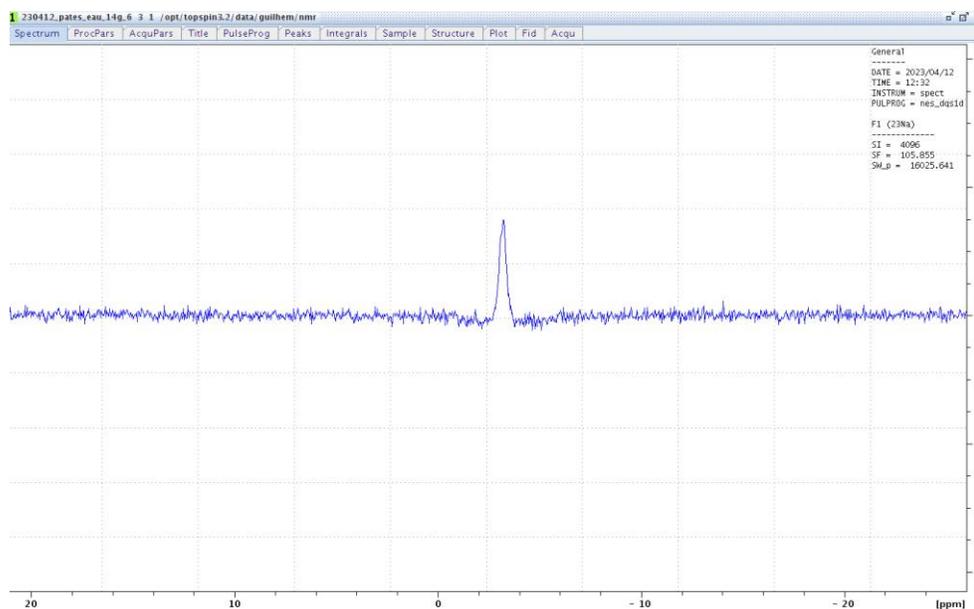
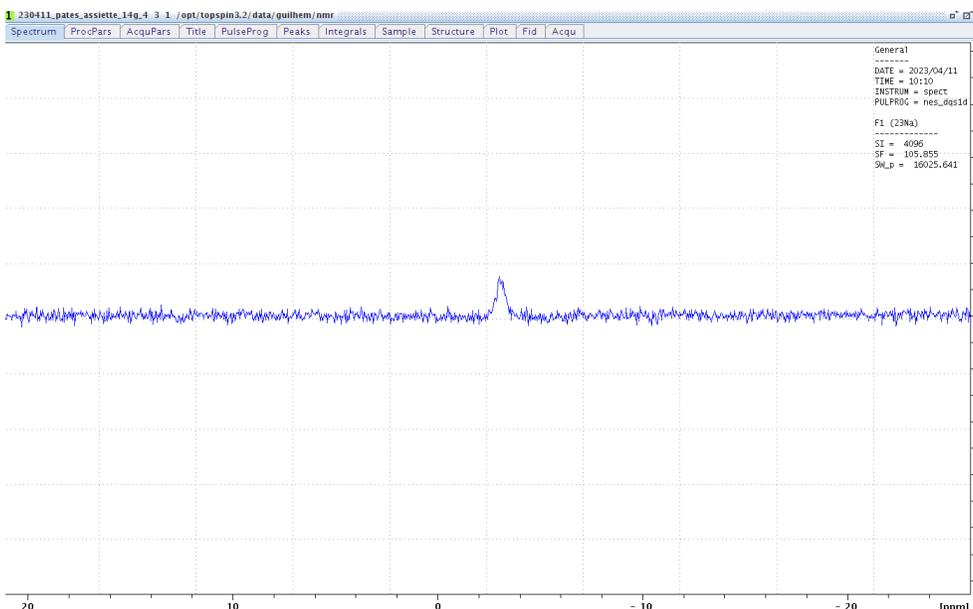
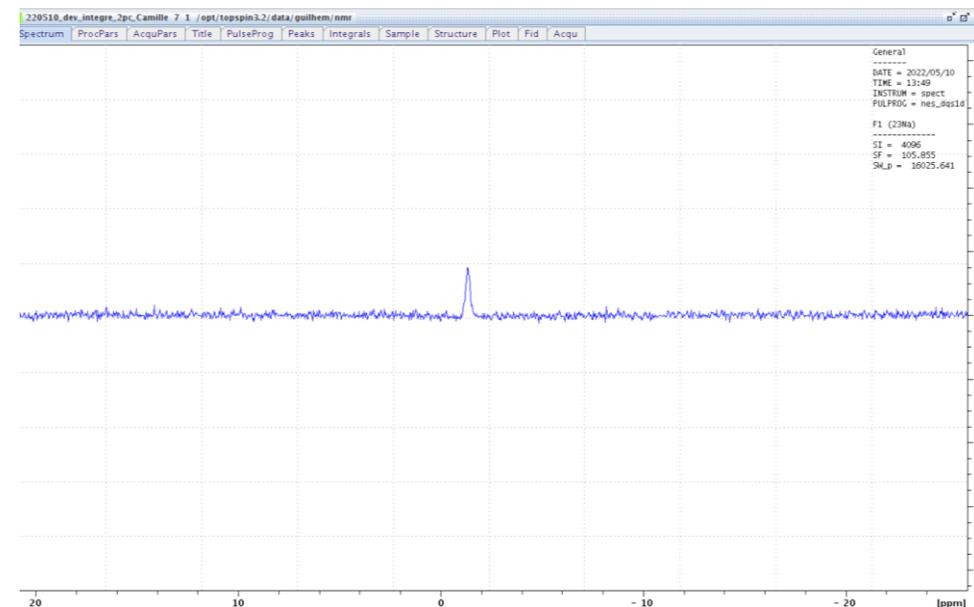
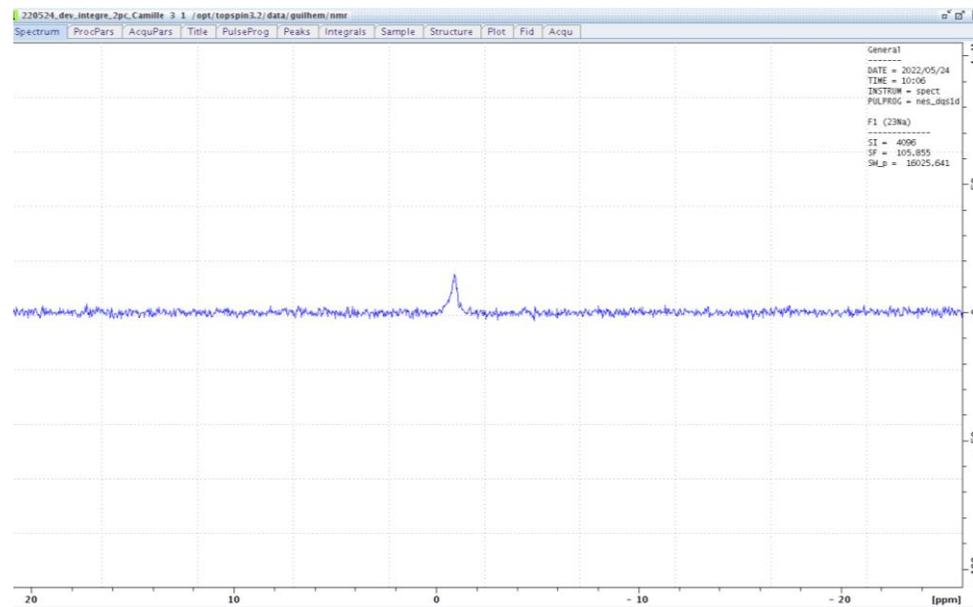
Faible SNR : sodium ! (1h30 d'acquisition)

SNR équivalents

Variabilité supérieure pour les « assiette »

➤ Présence de signal Double Quanta

Dans tous les échantillons



INRAE

30-31 mai 2023 Lyon / 4^{èmes}

➤ Présence de signal Double Quanta

Dans tous les échantillons

Received: 30 September 2021 | Revised: 12 January 2022 | Accepted: 13 January 2022
DOI: 10.1002/mrc.5250

SPECIAL ISSUE RAPID COMMUNICATION

WILEY

Characterization of the sodium binding state in several food products by ^{23}Na nuclear magnetic resonance spectroscopy

Nour El Sabbagh^{1,2,3} | Jean-Marie Bonny^{1,2} | Sylvie Clerjon^{1,2} |
Carine Chassain^{1,2,3} | Guilhem Pagés^{1,2}

Truite, poulet, carottes, pâtes

Journal of the Science of Food and Agriculture | *J Sci Food Agric* 87:2676–2683 (2007)

^1H and ^{23}Na MRI studies of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and Atlantic cod (*Gadus morhua*) fillet pieces salted in different brine concentrations

Emil Veliyulin^{1*} and Ida G Aursand^{1,2}

¹SINTEF Fisheries and Aquaculture, N-7465 Trondheim, Norway
²Department of Biotechnology, NTNU, N-7491 Trondheim, Norway

Saumon, cabillaud

Agric. Biol. Chem., 55 (9), 2195–2200, 1991

^{23}Na -NMR Imaging of Foods

Nobuaki ISHIDA,* Toshio KOBAYASHI,* Hiromi KANO,**
Soichi NAGAI*** and Hidejiro OGAWA***

Concombre saumuré

Food Chemistry 145 (2014) 437–444

Contents lists available at ScienceDirect

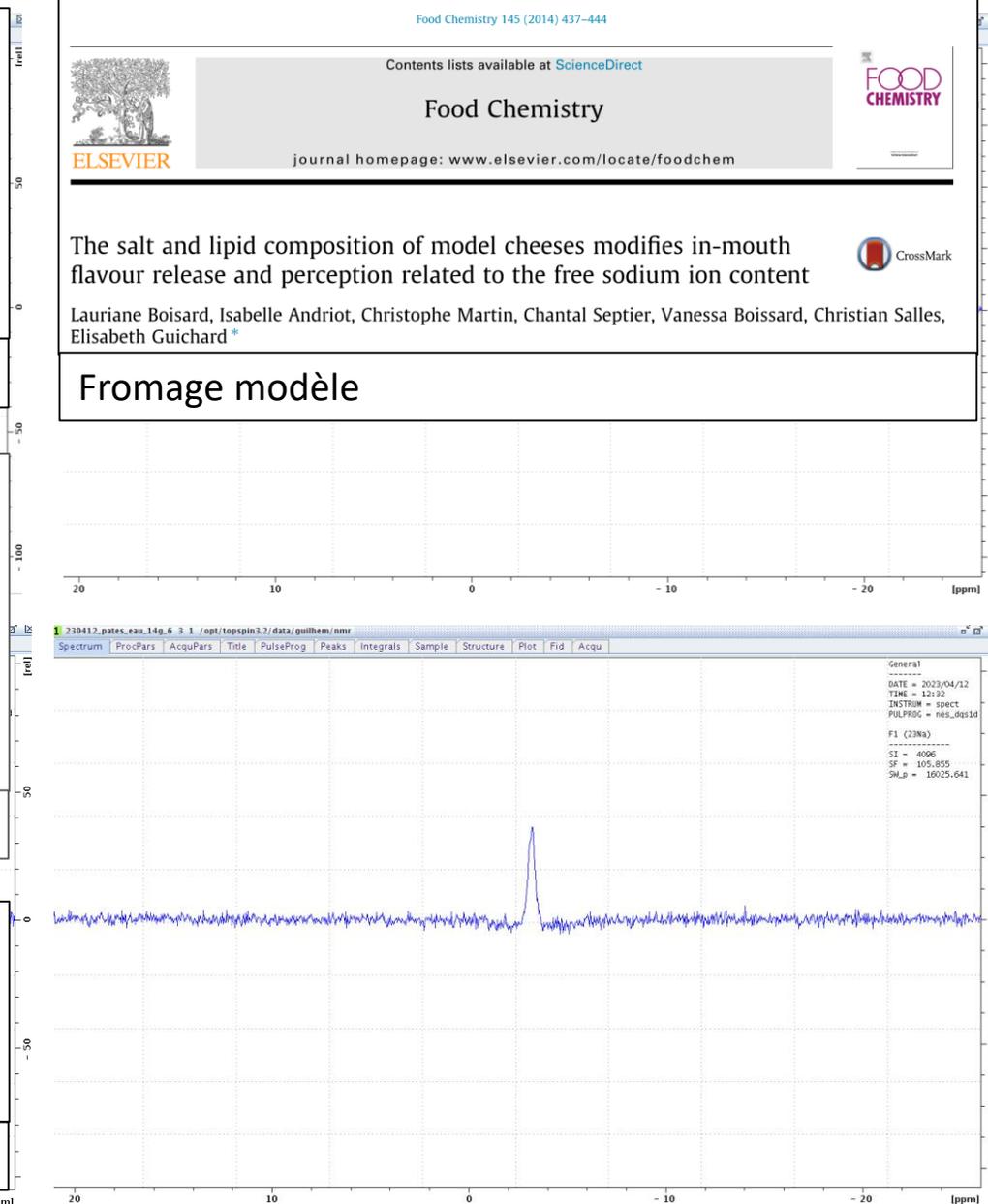
Food Chemistry

ELSEVIER | journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodchem

The salt and lipid composition of model cheeses modifies in-mouth flavour release and perception related to the free sodium ion content

Lauriane Boisard, Isabelle Andriot, Christophe Martin, Chantal Septier, Vanessa Boissard, Christian Salles, Elisabeth Guichard*

Fromage modèle



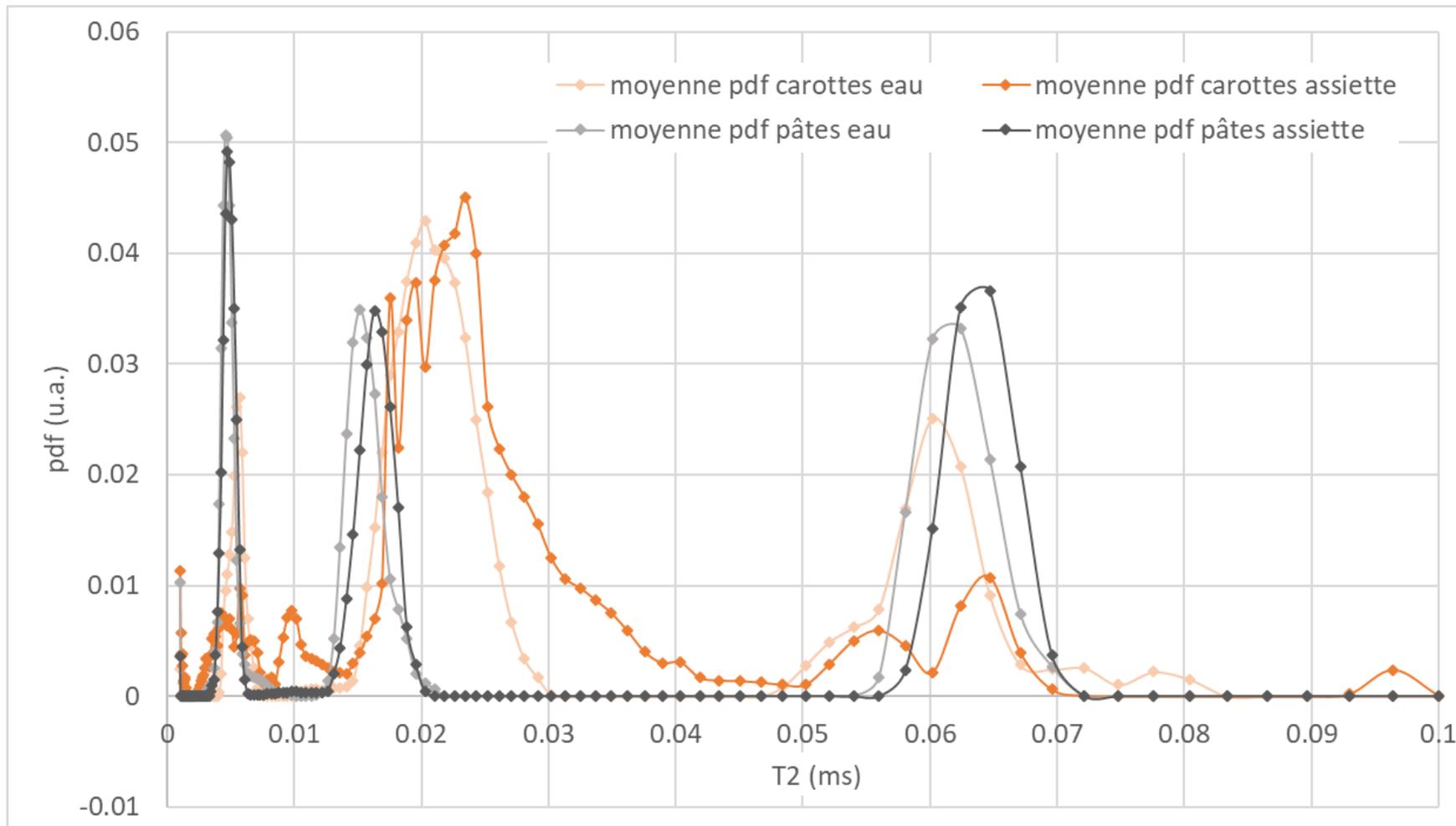
→ Relaxation *a minima* bi-exponentielle



INRAE

30-31 mai 2023 Lyon / 4^{èmes}

➤ Résultats CPMG



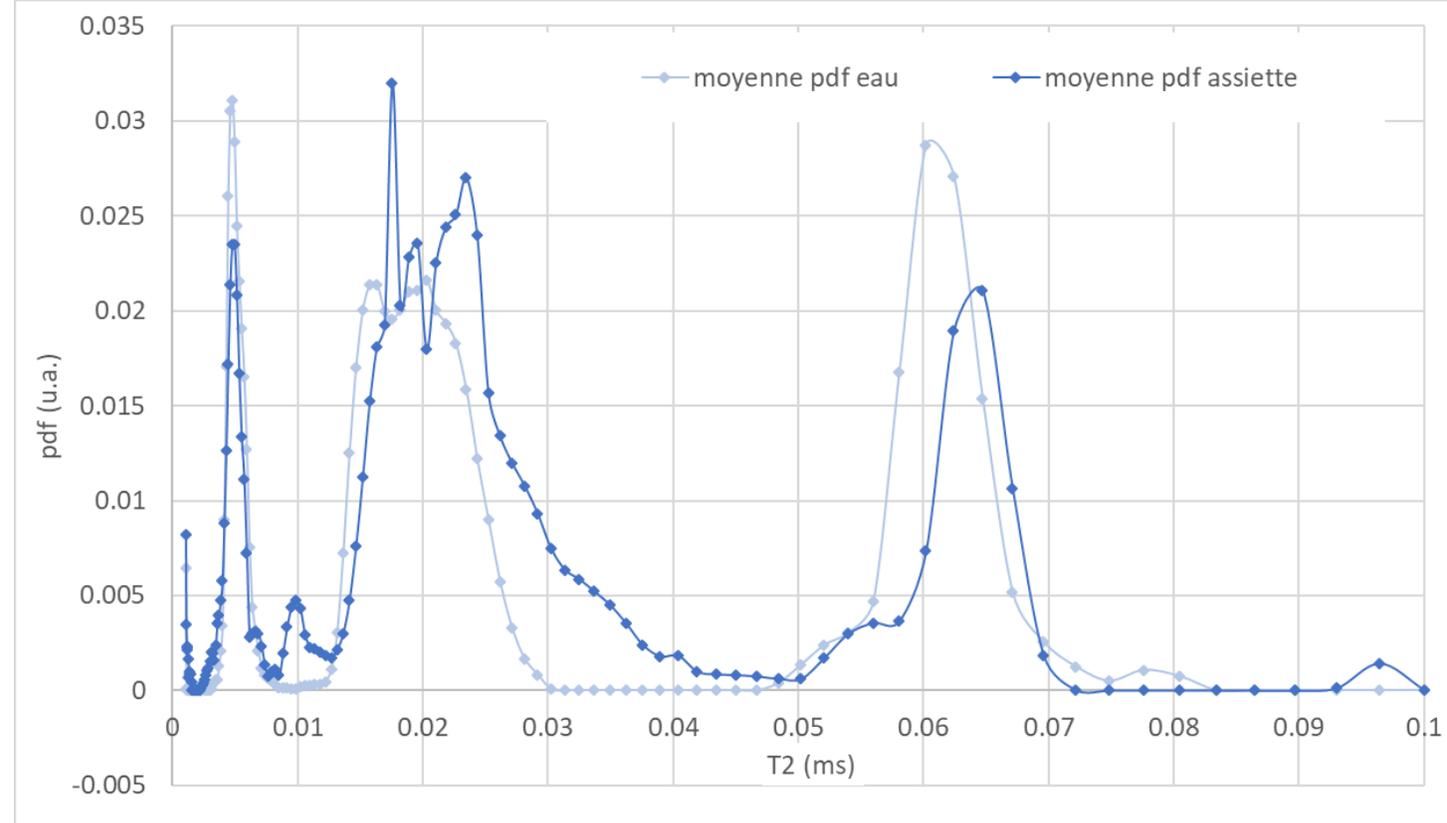
3 pools :

2-7 ms

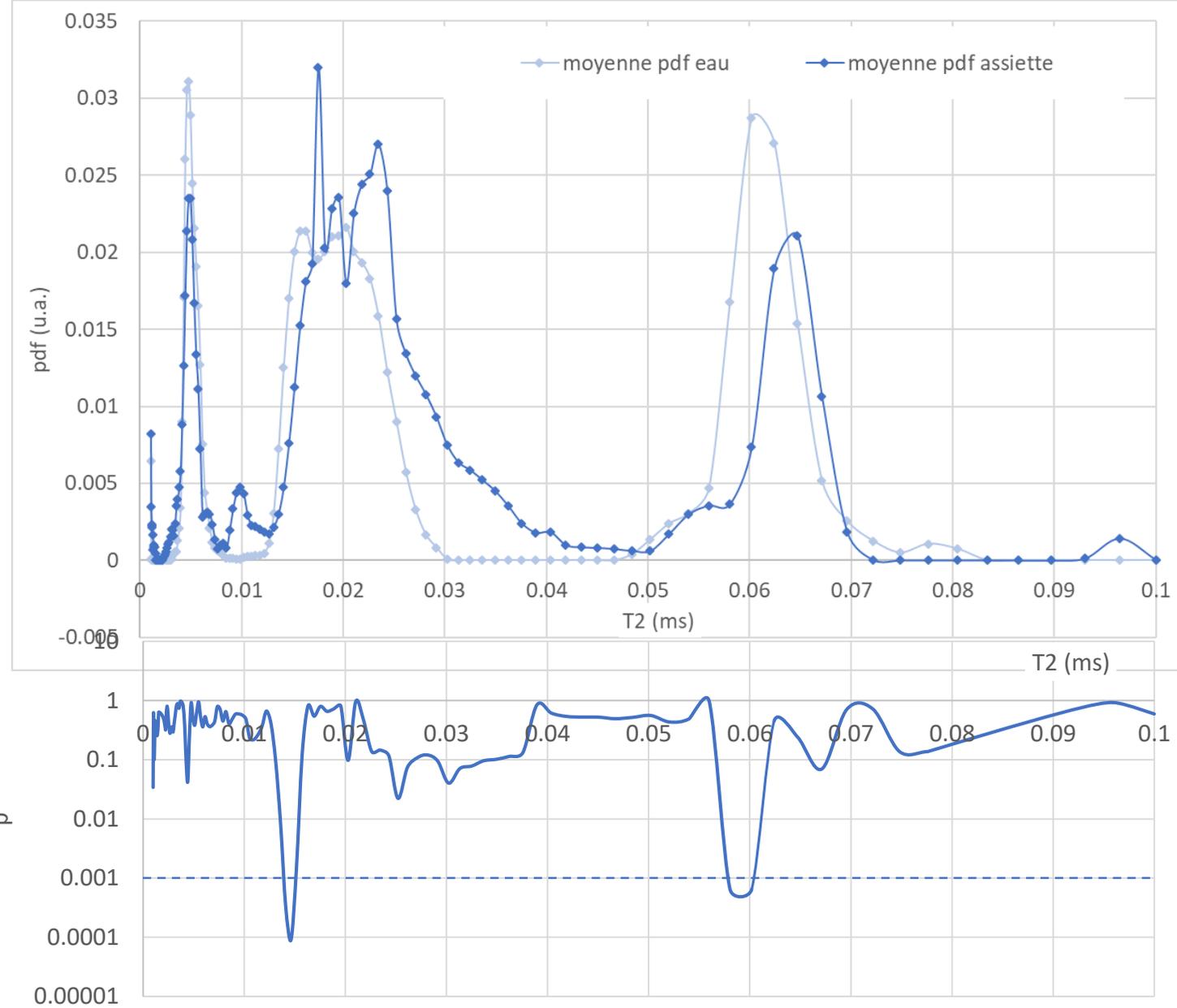
12-30 ms

54-70 ms

➤ Résultats CPMG, effet salage

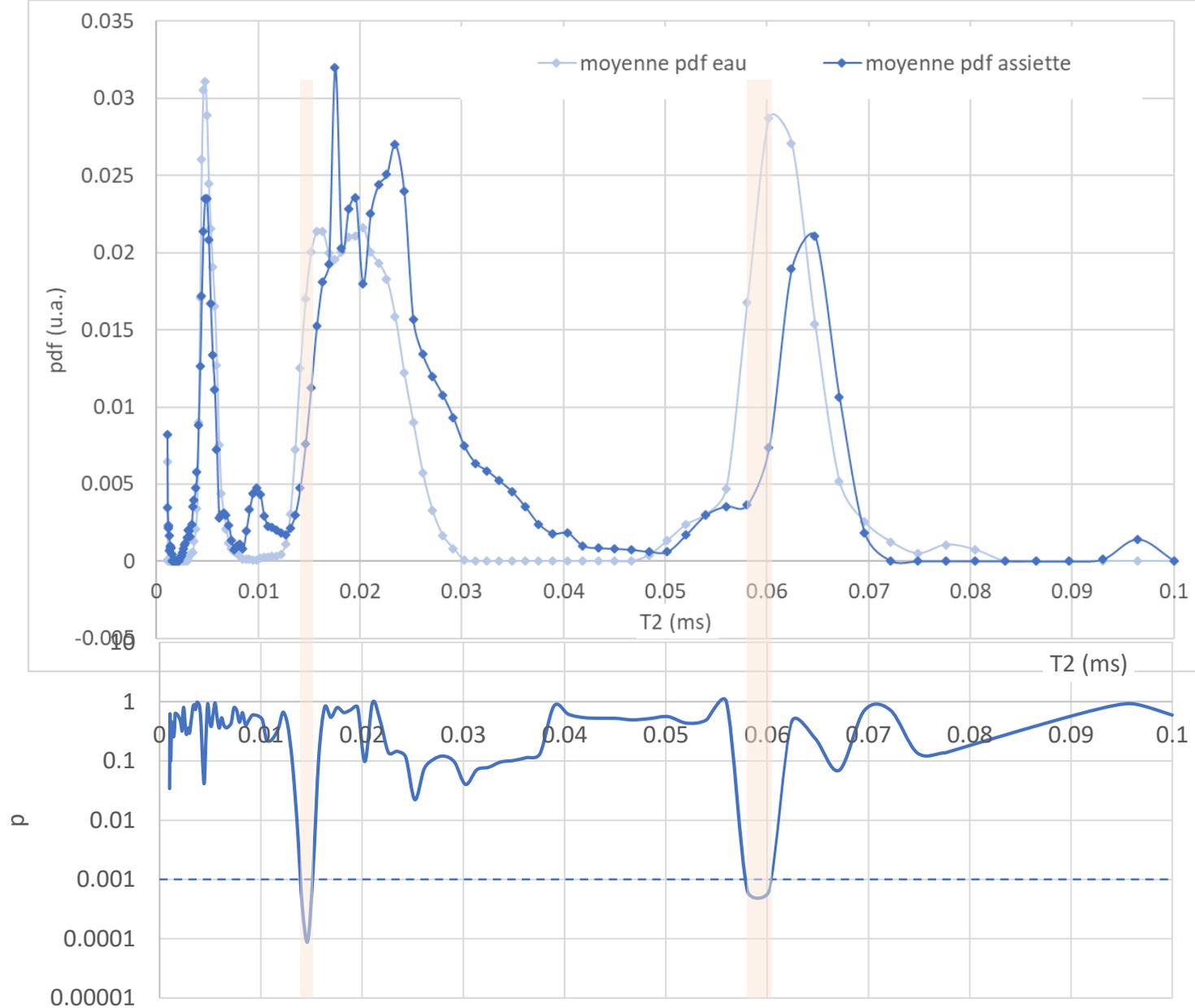


➤ Résultats CPMG, effet salage



➤ Résultats CPMG, effet salage

Décalage significatif ($p < 0.001$) des pics à 20 et 60 ms: le salage à l'assiette les décale vers des T2 plus longs



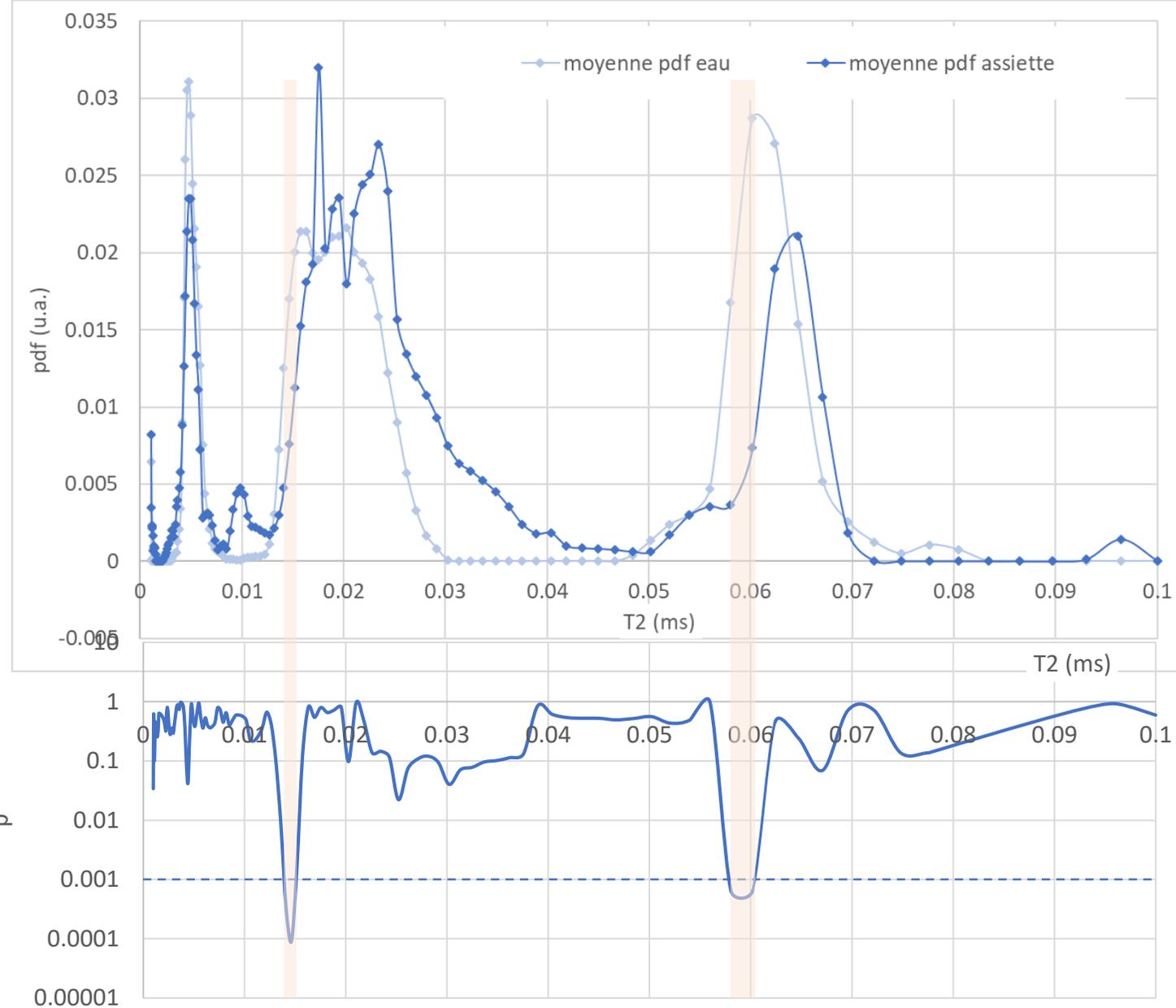
➤ Résultats CPMG, effet salage

Décalage significatif ($p < 0.001$) des pics à 20 et 60 ms: le salage à l'assiette les décale vers des T2 plus longs

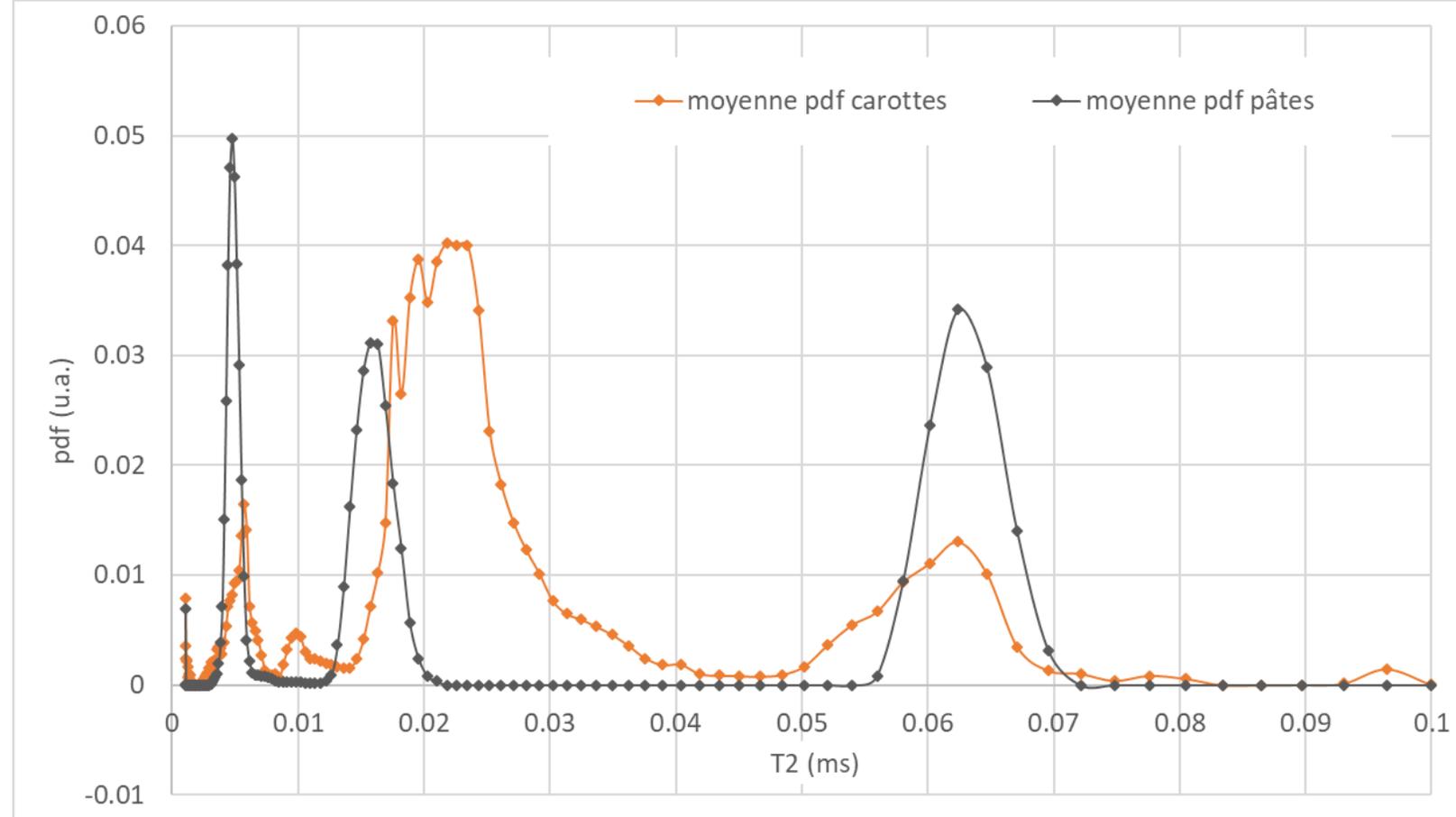


Analyse sensorielle : sur les 2 aliments, le goût salé est supérieur pour le salage à l'assiette

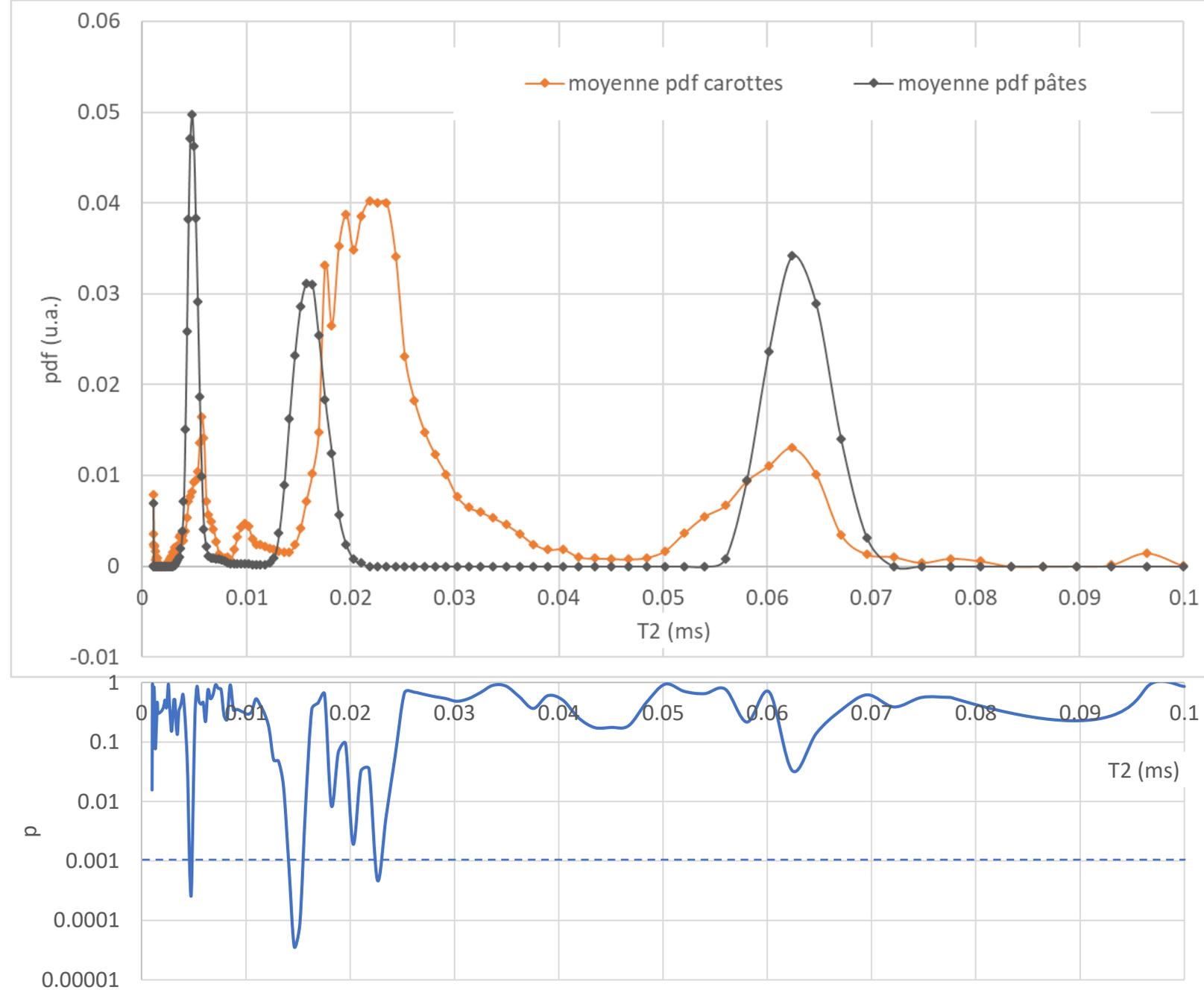
Relaxation du sodium dans l'aliment = sonde à sensorialité



➤ Résultats CPMG effet matrice



➤ Résultats CPMG effet matrice

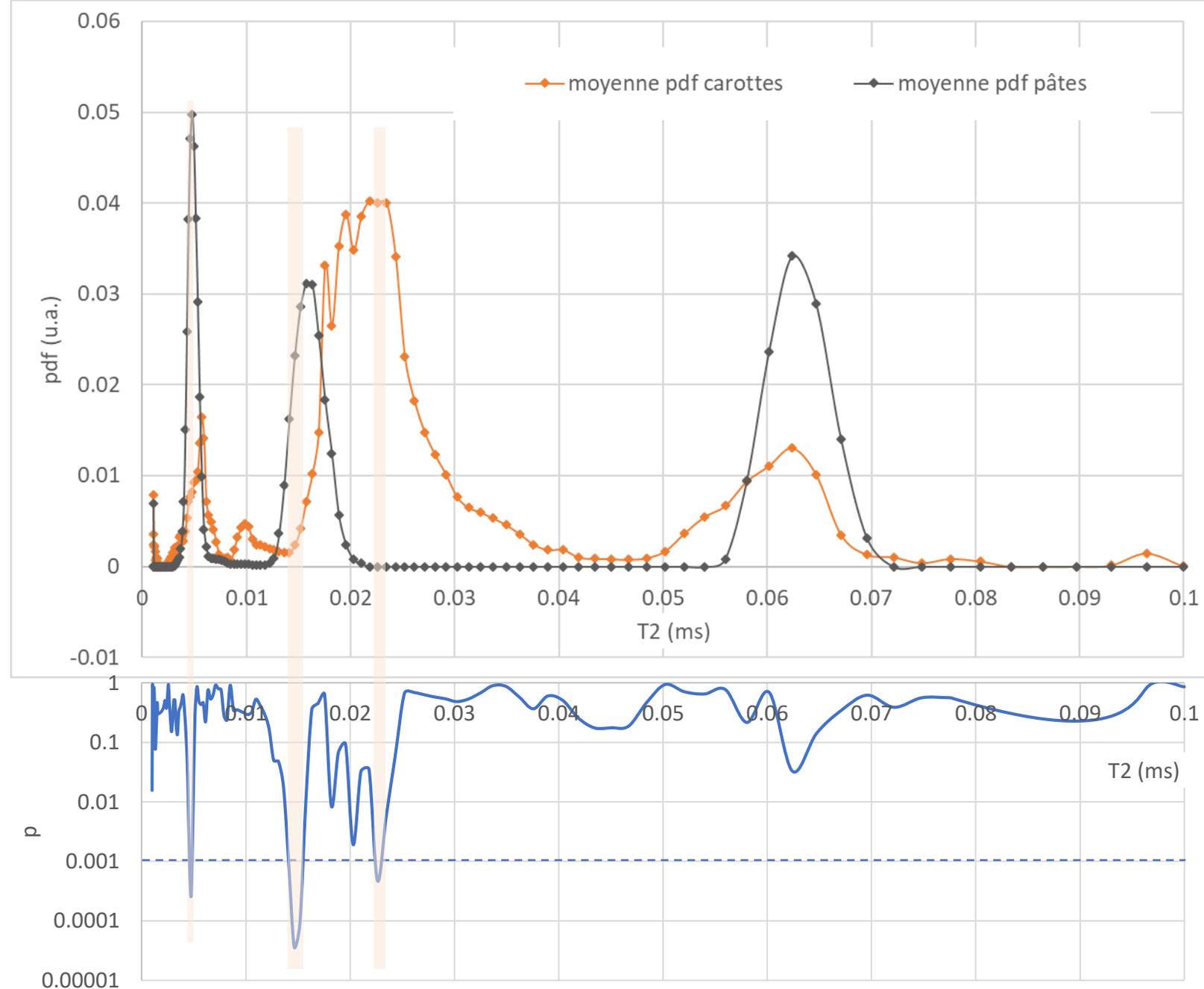


➤ Résultats CPMG effet matrice

Effets matrice significatifs ($p < 0.001$) :

Décalage du pool à 20 ms

Augmentation du pool à 5 ms
pour les pâtes



> Perspectives

Relaxométrie sodium = sonde à sensorialité

Localisation/gradient des interactions ?

Localisation et sensorialité ? Le relargage est également piloté par la localisation du sel dans l'aliment

Effet salage ou matrice ou structure sur le DQ ?

➤ Merci pour votre attention ! Des questions ?

AgroResonance

Plateforme RMN pour l'agronomie, l'agro-alimentaire et la nutrition

Diamantino Agripino Da Cunha
(stage BUT Mesures Physiques)



ANR-19-CE21-0009 2020-2025
Th. Thomas Danguin, CSGA, Dijon

INRAE

30-31 mai 2023 Lyon / 4^{èmes} Journées RMN Grand Sud /

