

# Projet Ligé 171

## Micro ondabilité des emballages alimentaires



Projet Ligé 171 – 13/12/2022




### Projet Ligé171 : Microondabilité des emballages

Étude des phénomènes de migration de substances potentiellement dangereuses et évaluation de l'aptitude au contact alimentaire


 CE PROJET EST COFINANCÉ PAR  
LE FONDS EUROPÉEN DE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL

### Objectif principal de l'opération

Ce projet vise à développer la connaissance des phénomènes de migration de substances chimiques de l'emballage alimentaire vers l'aliment, sous l'effet du chauffage par micro-ondes, dans le but de maîtriser et réduire leurs effets grâce à une nouvelle méthode d'analyse et un four à micro-ondes analytique spécialement conçu et équipé pour mener les travaux de recherche.



Projet Ligé 171 – 13/12/2022




## Partenaires du projet

Ligépack

Inovalys

Fleury Michon

Europlastiques

Marie (groupe LDC)

Charal (groupe Bigard)

Floreale (groupe Agrial)

Wipak

Mix Buffet

Ovo Team (groupe Avril)



Ligépack

inovalys

Fleury Michon  
Maison Familiale & Vendéenne depuis 1905

europlastiques

Marie

CHARAL

Floreale

WIPAK

Mix Buffet  
ENTREPRISE FAMILIALE  
FONDÉE EN 1998

OVO  
TEAM

inovalys

Projet Ligé 171 – 13/12/2022

Ligépack



## Contexte du projet

Depuis sa démocratisation il y a une quarantaine d'années, le micro-onde est devenu un moyen incontournable pour réchauffer des aliments.

Les ondes émises interagissent principalement avec les molécules d'eau pour les faire s'agiter 2,5 milliards de fois par seconde ce qui génère de la chaleur.

La réglementation relative à l'aptitude au contact alimentaire des emballages plastiques détermine les conditions de migration d'un emballage en fonction des facteurs temps/température d'utilisation. Cependant contrairement à un four classique il n'est pas possible de connaître facilement les températures maximales atteintes durant un chauffage par micro-ondes. Ces températures sont pourtant déterminantes pour effectuer des analyses de migration et évaluer les risques associés.

inovalys

Projet Ligé 171 – 13/12/2022

Ligépack



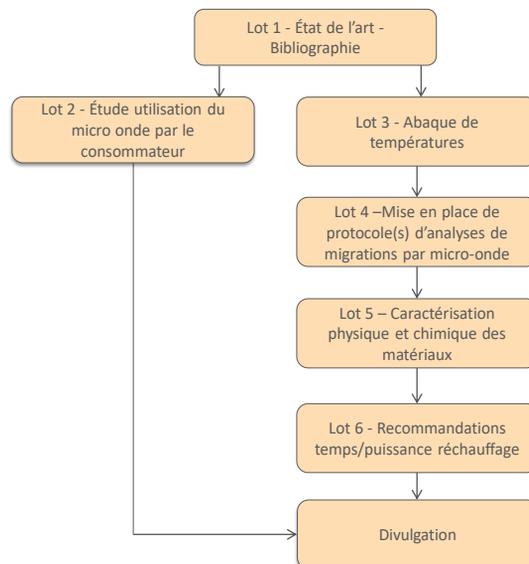
## Contexte du projet

Le projet vise notamment à comprendre les phénomènes subis par un emballage sous l'effet des microondes et à tirer des enseignements pour :

- Développer une méthode de mesure de température à l'interface aliment/emballage afin d'établir la température maximale atteinte
- D'établir les tests de migrations en fonction de la température maximale relevée.
- Vérifier s'il y a concordance ou divergence dans les résultats d'analyse entre la méthode officielle actuelle réalisée par étuvage et la méthode développée par microondes.
- D'évaluer l'effet des micro ondes seuls sur un potentiel relargage de substances de l'emballage vers l'aliment

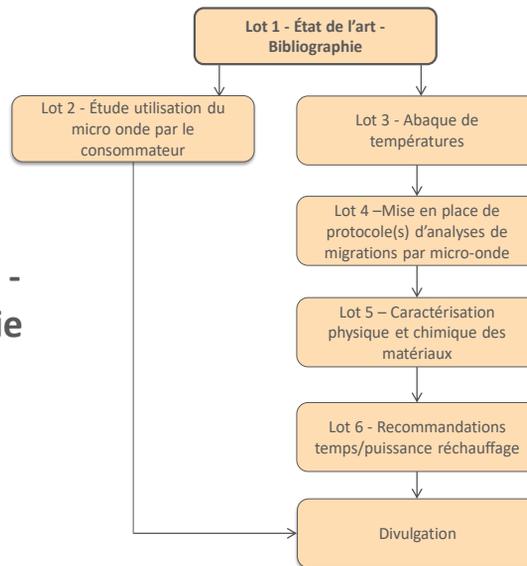


## Organisation du projet



## Organisation du projet

### Lot 1 : État de l'art - Bibliographie



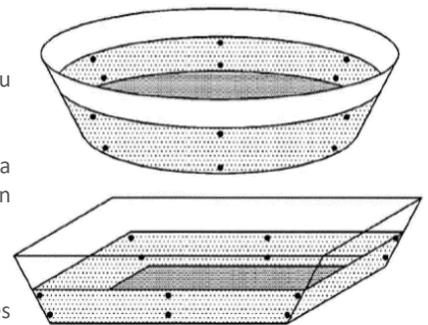
## Lot 1 - Recherche Bibliographique

### • Textes réglementaires, normatifs ou officiels

- Règlement CE 10/2011 et ces amendements concernant l'aptitude au contact alimentaire des matériaux plastiques
- Norme NF EN 14233 relative au calcul de puissance d'un micro-ondes et la détermination des température à l'interface emballage/aliment lors d'un réchauffage

$$W = m \times 4,187 \times \Delta T / t$$

- Fiche DGCCRF sur les matériaux organiques à base de matières synthétiques
- Recommandations de l'Anses (Février et septembre 2015)
- Peu de publication scientifique



Emplacements des sondes de température (NF EN 14233)

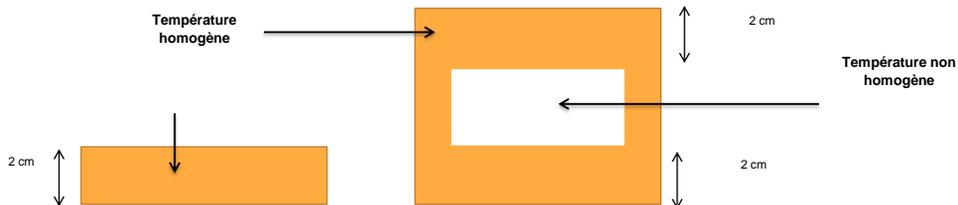
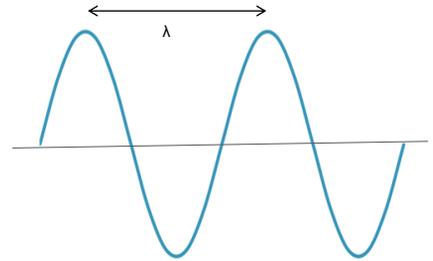
⇒ L'étude prévue est pertinente vis-à-vis de la littérature



## Lot 1 - Recherche Bibliographique

### • Fonctionnement d'un micro-ondes

- Fréquence :  $f = 2,45 \text{ GHz}$
- Longueur d'onde :  $\lambda \approx 12 \text{ cm}$
- Température homogène pour des aliments contenant de l'eau sur  $\lambda / 6 \approx 2 \text{ cm}$

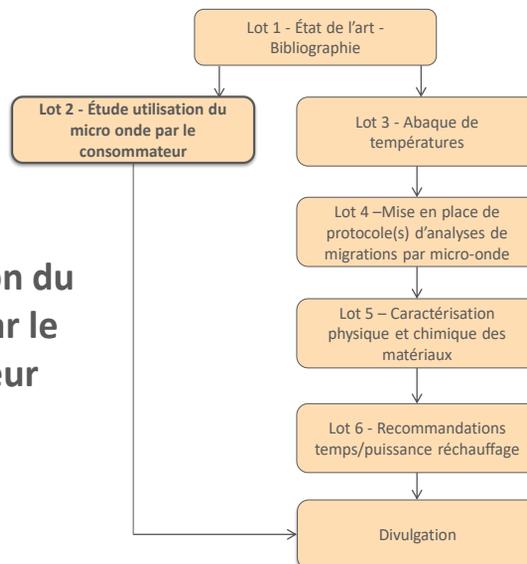


⇒ Plus l'aliment à réchauffer est épais, moins le chauffage est homogène



## Lot 2 – Etude utilisation du micro onde par le consommateur

### Lot 2 : Etude utilisation du micro onde par le consommateur



## Lot 2 – Etude utilisation du micro onde par le consommateur

- **But :**

Appréhender le comportement des consommateurs par rapport aux instructions de réchauffage données sur les emballages en situation réelle de consommation.

- **Comment :**

Etude menée auprès d'un partenaire local qui a mis à disposition ces collaborateurs sur les temps de pause du midi. L'étude a été menée sur plusieurs jours et sur deux sites différents.

- **Enquête :**

Questionnaire numérique qui était renseigné par les partenaires projet sur la base d'observations visuels couplé à un questionnaire papier

- **Produit :**

Proposition d'une large gamme de produit frais à réchauffer au micro onde : plat cuisinés, box, burger.

Il était important de proposer une variété dans les viandes, les féculents, la mise en œuvre, la forme de l'emballage

inovalys

Projet Ligé 171 – 13/12/2022

Ligépack



## Lot 2 – Etude utilisation du micro onde par le consommateur



### Etapes du test :

- => Choix du plat
- => Lecture des instructions on pack + observations visuels des partenaires
- => Réchauffage au micro ondes
- => Questionnaire papier

inovalys

Projet Ligé 171 – 13/12/2022

Ligépack



## Lot 2 – Etude utilisation du micro onde par le consommateur

- **Résultats :**

=> **348 personnes interrogées** : 73% de femmes et 27% d'hommes entre 18 et 45 ans en majorité.

- **Est-ce que les consommateurs suivent la consigne indiqué sur l'emballage ?**

- **53 % des personnes suivent la consigne** de réchauffage **après lecture des instructions pack**
- **16 % des personnes suivent la consigne** de réchauffage **par habitude (ou par hasard)**. En effet ces personnes n'ont pas regardé les instructions de réchauffage mais ont quand même respecté la consigne.
- **31 % des personnes qui ne respectent pas la consigne** de réchauffage. Ces personnes ne suivent pas la consigne malgré la lecture ou non des instructions de réchauffage.



## Lot 2 – Etude utilisation du micro onde par le consommateur

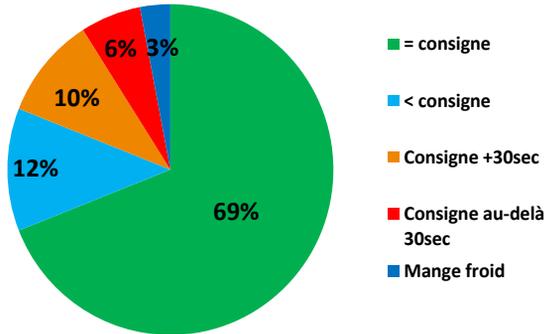
- **Pourquoi, les consommateurs ne suivent pas la consigne ?**

- **La taille de la police** : Sur les emballages, il y a des mentions obligatoires en plus des visuels et des éléments marketing. Les industriels font parfois le choix de prioriser certains éléments graphiques au détriment des consignes de réchauffage.
- **L'emplacement du texte sur le pack** : Lorsque les instructions sont imprimées par exemple dans un coin, sur le côté ou au dos de l'emballage, les personnes ne les voient en première lecture.
- **Le contraste entre le texte et le fond du pack** : un exemple est l'impression texte en gris sur fond blanc. Dans cette configuration le contraste est trop faible et cela génère de la gêne à la lecture.
- **Le pictogramme** : Ces dessins doivent en théorie faciliter la compréhension du geste de réchauffage de manière visuel. Mais lorsque le dessin est trop petit ou trop chargé, c'est l'effet inverse qui se produit. L'interprétation est moins évidente.



## Lot 2 – Etude utilisation du micro onde par le consommateur

### • Est-ce qu'il y a un écart entre la consigne et le temps de réchauffage réel ?



- **69%** des personnes ont un temps de réchauffage en adéquation avec la consigne. En effet, une majorité de personnes ont **lu l'information et respectent la consigne**. Mais il y a aussi des consommateurs qui ont la bonne consigne soit **par hasard ou soit par habitude**.
- **16%** des sondés réchauffent leur plat en allant **au-delà de la consigne mentionnée** sur le pack.
- **12%** des individus réchauffent moins leur plat par **méfiance sur les matières plastiques**



## Lot 2 – Etude utilisation du micro onde par le consommateur

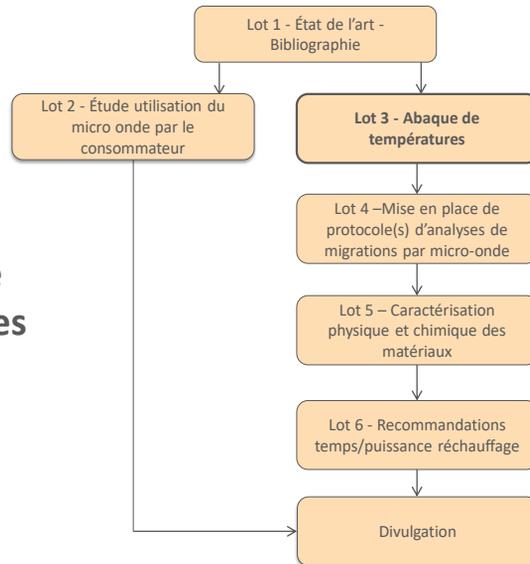
### • Conclusion test consommateur :

- 1 personne sur 2 a l'habitude des plats cuisinés
- 25% ne regardent pas les instructions sur le pack
- 53% des personnes suivent la consigne de réchauffage en lisant le pack
- 31% ne respectent pas la consigne de réchauffage
- 99% des consommateurs règlent uniquement le temps sur l'appareil (1% a modifié la puissance)



## Lot 3 – Abaque de températures

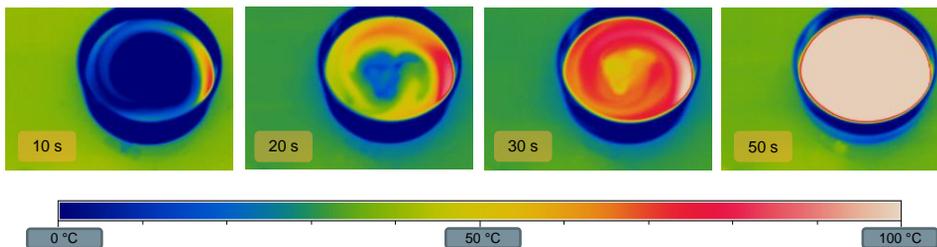
### Lot 3 : Abaque de températures



## Lot 3 – Abaque de températures

- Utilisation d'un microonde analytique

équipé de sondes de température en fibre optique et d'une caméra infrarouge



## Lot 3 – Abaque de températures

### • Essais sur éléments nutritionnels seuls dans l'eau

- **Glucides**
  - Saccharose :  
Pas d'impact sur le chauffage pour des concentrations entre 0,5% et 10%
  - Amidon :  
Impact faible sur le chauffage pour des concentrations entre 10% et 50%
- **Lipides**  
Impact plus marqué sur le chauffage pour des concentrations entre 5% et 50%
- **Protéines**  
Impact faible sur le chauffage pour des concentrations entre 3% et 15%
- **Sel**  
Impact plus marqué sur le chauffage pour des concentrations entre 0,5% et 3%

⇒ Les lipides et le sel semblent avoir un impact plus important que les protéines et les glucides sur le réchauffage par micro-ondes



## Lot 3 – Abaque de températures

### • Essais sur aliments

27 aliments ≠  
≈ 80 conditions  
> 1000 essais

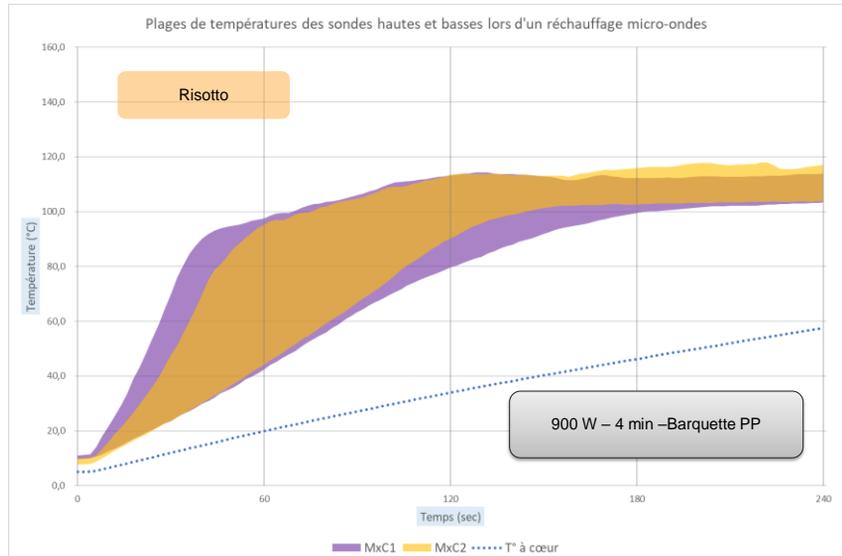


	Cristallisoir PTFE		EMB1		EMB2		EMB3		EMB4div2		Emballage de l'aliment (avec les quantités réelles de produit)
	Broyé	Non Broyé ou Homogène									
PAR		x	x		x		x		x		
Purée PdT		x	x						x		
Sauce Ricotta		x	x					x			
Sauce Tomates		x	x					x			
Purée Carottes		x						x			
Purée PdT		x						x			
Burger	x										x
Boulettes Napolitaine	x	x	x								
Sauce Béarnaise		x	x					x			
Risotto Poulet Cèpes	x	x	x								x
Paella	x	x	x					x			
Gratin d'endives		x	x								x
Gratin Choux fleurs		x	x								x
Brocolis	x	x	x					x			
Petits Pois	x	x	x					x			
Lentilles	x	x	x					x			
Riz	x	x	x					x			
Penne	x	x	x					x			
Fusilli	x	x	x					x			
Saumon	x	x	x					x			
Poulet	x	x	x					x			
Poulet + Fusilli			x								
Œufs brouillés		x	x					x			x
Œufs pochés		x									x
Hachis parmentier											

## Lot 3 – Abaque de températures

- Essais sur aliments

Exemple de profil de température mesuré



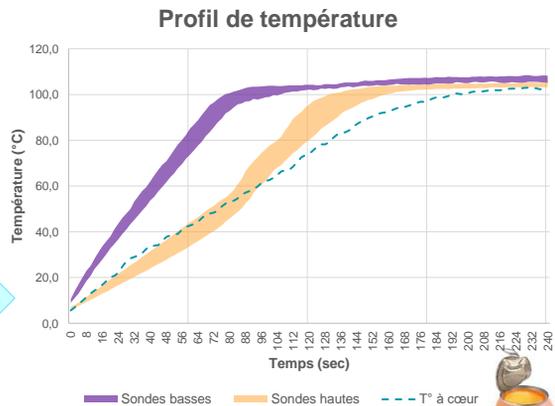
## Lot 3 – Abaque de températures

- Abaque : Objectifs

Établir, grâce aux profils de températures obtenues, un abaque modélisant les températures atteintes à l'interface entre l'emballage et l'aliment selon différents critères :

- le type d'aliment
- l'état initial du produit (frais, ambiant ou surgelé)
- la composition du produit
- la durée de chauffage
- la puissance
- le type d'emballage (forme, matière)

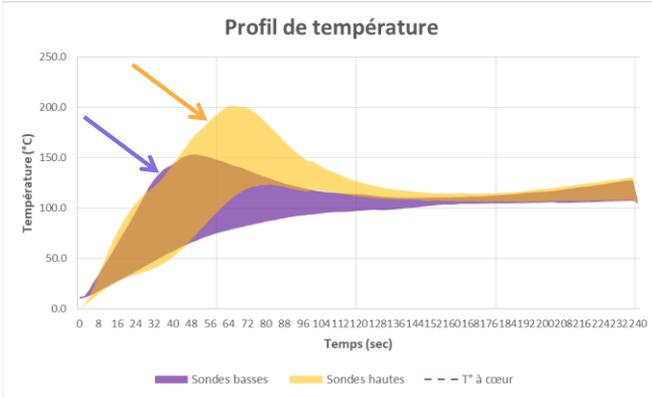
Temps (en secondes)	20
(en min:sec)	00:20
Quantité (g)	200
Puissance (W)	900
Température initiale	Frais
Typologie de l'aliment	Velouté Potirons Carottes
Réceptacle	Téflon
Température basse (°C)	29,95
Température haute (°C)	23,91



## Lot 3 – Abaque de températures

### • Abaque : résultats

### Hypothèses



- Référence de corrélation (Pseudo-aliment) ne répondant de la même façon que les aliments ?
- Référence de corrélation devant être faite pour chaque aliment étudié ?
- Donnée non suffisante ?
- Approche non applicable car trop de paramètres influencent le réchauffage ?

⇒ Les courbes obtenues étant aberrantes, la démarche n'a malheureusement pas pu aboutir



## Lot 3 – Abaque de températures

### • Compilation des données obtenues

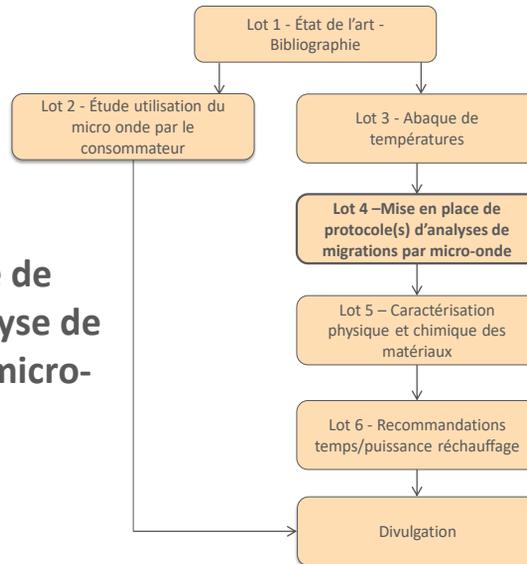
Détermination de 8 protocoles grâce aux données obtenues

Épaisseur de produit	≤ 2 cm				> 2 cm			
	non gras		gras (+ sauces + œufs)		non gras		gras (+ sauces + œufs)	
Temps de réchauffage de l'aliment	2 min	4 min	2 min	4 min	2 min	4 min	2 min	4 min
Température de palier maximale (°C)	120	135	130	155	110	120	130	150
Points chauds éventuels (°C)	162,2	188,2	165,4	208,5	124,3	153,7	153	177,3



## Lot 4 – Mise en place de protocole d’analyses de migrations par micro-onde

### Lot 4 : Mise en place de protocole d’analyse de migrations par micro- ondes



## Lot 4 – Mise en place de protocole d’analyses de migrations par micro-onde

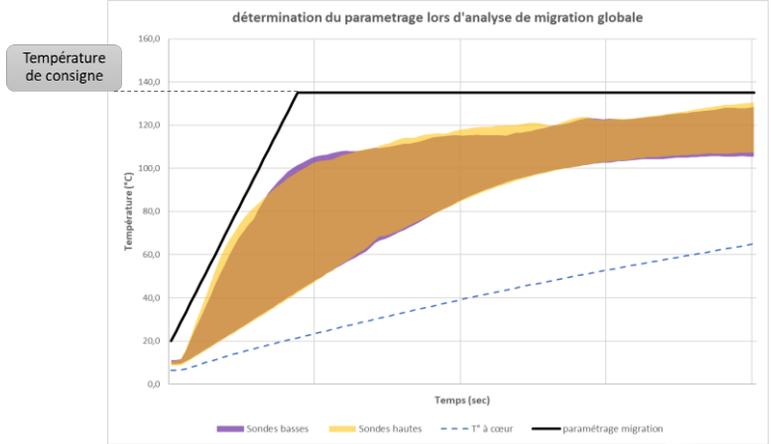
# Migration globale



## Lot 4 – Mise en place de protocole d’analyses de migrations par micro-onde

### • Détermination des conditions

Utilisation des données obtenues durant le Lot 3 pour définir les paramètres du microonde afin d’obtenir des conditions de migration proche de la réalité et ajustement du chauffage dû à l’utilisation du simulant D2 plus difficile à réchauffer



## Lot 4 – Mise en place de protocole d’analyses de migrations par micro-onde

### • Conditions finales

Épaisseur de produit	Protocole 1 ≤ 2 cm				Protocole 2 > 2 cm			
	Protocole 1-a	Protocole 1-b	Protocole 1-c	Protocole 1-d	Protocole 2-a	Protocole 2-b	Protocole 2-c	Protocole 2-d
Composition de l'aliment	non gras		gras (+ sauces + œufs)		non gras		gras (+ sauces + œufs)	
Temps de réchauffage de l'aliment	≤ 2 min	> 2 min et ≤ 4 min	≤ 2 min	> 2 min et ≤ 4 min	≤ 2 min	> 2 min et ≤ 4 min	≤ 2 min	> 2 min et ≤ 4 min
Temps de consigne	3 min 09	5 min 30	3 min 23	6 min 08	2 min 56	5 min 09	3 min 23	5 min 57
Température de palier maximale (°C)	120	135	130	155	110	120	130	150

Temps de consigne

Température de consigne

Condition proche de la réglementation

Condition la plus critique



## Lot 4 – Mise en place de protocole d’analyses de migrations par micro-onde

### • Résultats de migrations globales (simulant D2)

- Conditions réglementaires (condition n° 1, 4 et 5)
- Conditions sous micro-ondes (condition n° 2 et 3)
- Condition sous micro-ondes modifiée n’induisant pas de déformation du matériaux (condition n°3 bis)

Limite réglementaire 10 mg/dm<sup>2</sup>

		Emballages plastiques	Emballage PP-1	Emballage PP-2	Emballage PP-3	Emballage PET
		Résultats de migration (en mg/dm <sup>2</sup> )*				
Conditions de migration	N°1	2 h 100 °C (MG5)	4,43	3,54	< 3	
	N°2	2 h 100 °C + 3 min 09 à 120 °C	5,57	3,93	3,58	< 3
	N°3	2 h 100 °C + 5 min 38 à 140 °C (PP)	9,05	6,83	8,75	
	N°3bis	2 h 100 °C + 5 min 30 à 135 °C (PP)			5,00	
	N°4	1 h 121 °C (MG5)	9,22	9,22	6,00	< 3
	N°5	2 h 175 °C (MG7)				< 3

\* Les résultats sont exprimés avec un facteur de correction de 3 qui est applicable au simulant D2 dans le cas des plats préparés (cf. Règlement (UE) n°10/2011)

⇒ Les conditions recommandées par la réglementation couvrent, à priori, le réchauffage par micro-ondes



## Lot 4 – Mise en place de protocole d’analyses de migrations par micro-onde

# Migration spécifique



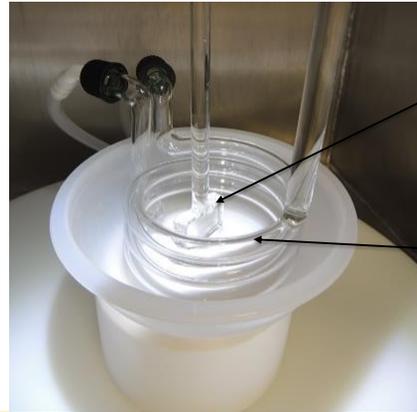
## Lot 4 – Mise en place de protocole d’analyses de migrations par micro-onde

- Objectif

Déterminer l’impact des micro-ondes seuls en terme de libération de substances ciblées, contenues dans l’emballage

- Essais

Migration dans le simulant D2 1h à 40°C en étuve et par micro-ondes (avec système de réfrigération et régulation de température)



Agitateur en verre

Réfrigérant en verre

inovalys

Projet Ligé 171 – 13/12/2022

Ligépack



## Lot 4 – Mise en place de protocole d’analyses de migrations par micro-onde

- Analyse sur des échantillons **dopés spécifiquement pour l’étude**

Utilisation d’un échantillon fabriqué à partir d’une matière dans laquelle **11 composés naturels ont été ajoutés**

Formule contenant des composés naturels dopés à 0,1% (environ 0,009% individuel)

Farnésène

Squalane

Géranol

Carvacrol

Géranial

Curcumine

Décalactone

Acide nicotinique (Vitamine B3)

Caféine

Coumarin

Carvone

Non exploitable : Interférence du simulant lors de l’extraction

Non exploitable : Problème lié à l’appareillage

Etuve		Micro-ondes	
Série 1	Série 2	Série 1	Série 2
< 10 µg/kg	< 10 µg/kg	< 10 µg/kg	< 10 µg/kg
< 100 µg/kg	< 100 µg/kg	< 100 µg/kg	< 100 µg/kg
< 10 µg/kg	< 10 µg/kg	< 10 µg/kg	< 10 µg/kg
81 µg/kg	78 µg/kg	93 µg/kg	79 µg/kg
66 µg/kg	62 µg/kg	29 µg/kg	87 µg/kg
< 10 µg/kg	< 10 µg/kg	< 10 µg/kg	< 10 µg/kg

Valeur aberrante ?

⇒ Les analyses de migrations spécifiques « standard » couvrent, à priori, le passage au micro-ondes

inovalys

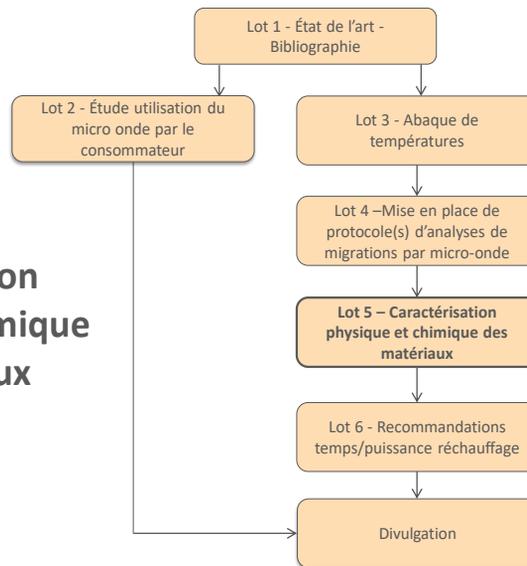
Projet Ligé 171 – 13/12/2022

Ligépack



## Lot 5 – Caractérisation physique et chimique des matériaux

### Lot 5 : Caractérisation physique et chimique des matériaux



## Lot 5 – Caractérisation physique et chimique des matériaux

### • Objectif

Analyser par DSC (Differential Scanning Calorimetry) les emballages plastiques afin d'évaluer les transitions de phases caractéristiques de matériaux pouvant indiquer des modifications de ces matériaux après un chauffage par micro-ondes

### • Descriptif des analyses

- 1 analyse d'un emballage en PP vierge (n'ayant pas subi de chauffage)
- 2 analyses d'emballages en PP ayant subi un chauffage en étuve de 2 heures à 100 °C suivi par un chauffage micro-ondes de 3 min 09 à 120 °C (condition n°2 au Lot 4)
- 2 analyses d'emballages en PP ayant subi un chauffage en étuve de 2 heures à 100 °C suivi par un chauffage micro-ondes de 5 min 38 à 140 °C (condition n°3 au Lot 4)



## Lot 5 – Caractérisation physique et chimique des matériaux

	Échantillons	Passages	Pic (°C)	Enthalpie (J/g)	Taux de cristallinité (%)
Sans chauffage MW	Vierge	1 <sup>er</sup> chauffage	165,9	91,9	44,4
		Refroidissement	126,9	94,2	45,5
		2 <sup>e</sup> chauffage	165,0	95,6	46,2
2 h 100 °C + 3 min 09 à 120 °C par MW	Condition n°2 (1)	1 <sup>er</sup> chauffage	166,7	96,8	46,8
		Refroidissement	126,1	92,6	44,7
		2 <sup>e</sup> chauffage	164,7	92,1	44,5
2 h 100 °C + 5 min 38 à 140 °C par MW	Condition n°2 (2)	1 <sup>er</sup> chauffage	166,7	98,9	47,8
		Refroidissement	125,9	92,0	44,4
		2 <sup>e</sup> chauffage	164,0	96,9	46,8
2 h 100 °C + 5 min 38 à 140 °C par MW	Condition n°3 (1)	1 <sup>er</sup> chauffage	167,9	97,3	47,0
		Refroidissement	125,9	92,1	44,5
		2 <sup>e</sup> chauffage	164,3	94,6	45,7
2 h 100 °C + 5 min 38 à 140 °C par MW	Condition n°3 (2)	1 <sup>er</sup> chauffage	167,9	96,7	46,7
		Refroidissement	125,5	90,8	43,9
		2 <sup>e</sup> chauffage	164,0	92,4	44,6

Échantillons	Différence de températures (°C)
Vierge	0,9
Condition n°2 (1)	2,0
Condition n°2 (2)	2,7
Condition n°3 (1)	3,6
Condition n°3 (2)	3,9

Quelques différences minimales sont observées :

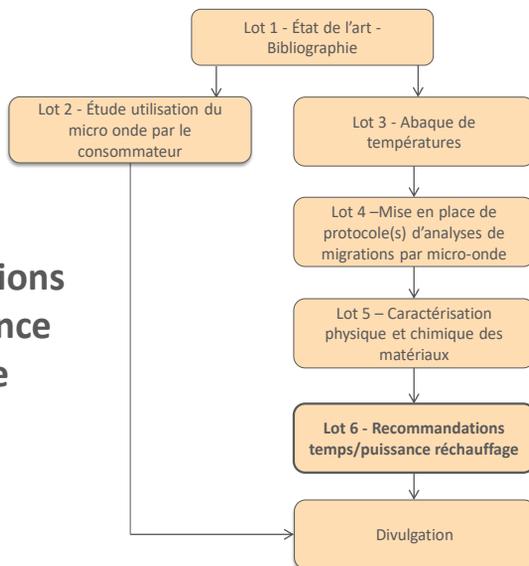
- Variation légère du taux de cristallinité (diminue pour les échantillons avec chauffage MW).
- Plus le chauffage est fort, plus la différence de température entre le 2nd et le 1er chauffage est élevée.

⇒ Chauffage par micro-ondes a peu d'impact sur les caractéristiques physiques de l'emballage



## Lot 6 – Recommandations temps/puissance réchauffage

### Lot 6 : Recommandations temps/puissance réchauffage

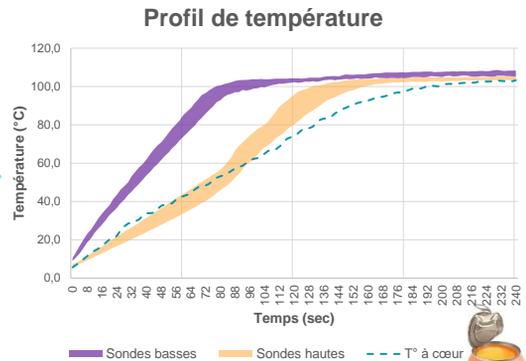


## Lot 6 – Recommandations temps/puissance réchauffage

Lié au projet d'abaque du Lot 3.

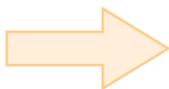
Il n'a pas été possible de tirer des enseignements définitifs des essais réalisés pour le lot 3. Sur la base de ces essais, nous avons cependant établi un fichier permettant la visualisation du profil et la température obtenue pour un temps donné.

<b>Temps</b>	(en secondes)	20
	(en min:sec)	00:20
<b>Quantité (g)</b>		200
<b>Puissance (W)</b>		900
<b>Température initiale</b>		Frais
<b>Typologie de l'aliment</b>		Velouté Potirons Carottes
<b>Récepteur</b>		Téflon
<b>Température basse (°C)</b>		29,95
<b>Température haute (°C)</b>		23,91



## Nouvelles connaissances établies

- Les conditions recommandées par la réglementation (méthode d'évaluation réglementaire par étuvage) couvrent, à priori, le réchauffage par micro-ondes
- Les analyses de migrations spécifiques « standard » sont, à priori, suffisantes pour évaluer le risque micro-ondes associé aux emballages
- Le chauffage par micro-ondes a peu d'effets sur les caractéristiques physiques de l'emballage



**La réglementation actuelle paraît suffisante pour couvrir le réchauffage par micro-onde**



# Merci de votre attention

## Des questions ?

invalys

Projet Ligé 171 – 13/12/2022

Ligépack

