

## L'impression alimentaire : de la 3D à la 6D

Fiche **QUESTIONS SUR...** n° 08.06.Q08

novembre 2025

Hervé THIS, membre de l'Académie d'Agriculture de France

### Mots clés : impression alimentaire

**De nombreuses équipes de technologie alimentaire explorent aujourd'hui l'impression alimentaire.**

**Cette note fait le point de la situation fin 2025.**

La production d'aliments suit un mouvement comparable à la reproduction de textes : l'avènement de l'impression<sup>1</sup> a permis la production de séries standardisées, mais les systèmes d'impression personnelle ont ensuite donné plus de souplesse.

De même, le développement de l'industrie alimentaire a conduit à des productions très homogènes et régulières. Toutefois, depuis quelques années, l'utilisation de systèmes analogues aux imprimantes par jet d'encre permet de construire des aliments tridimensionnels, par dépôt de couches successives. C'est la *fabrication additive*, également nommée *impression en trois dimensions* (3D).

### La fabrication additive, dite 3D

Après avoir été initialement très coûteux (certains ont été vendus pour plus de 150 000 dollars), ces systèmes sont aujourd'hui très bon marché, de l'ordre de 200 euros.

Leur principe est simple : le plus souvent, un ordinateur pilote le déplacement d'une buse dans un plan ; des pompes, commandées par l'ordinateur, alimentent la buse qui dépose alors, selon un programme préétabli, des fluides plus ou moins visqueux, engendrant ainsi une forme tridimensionnelle. Pour éviter que le fluide déposé ne s'étale, on peut le formuler de sorte qu'il :

- gélifie dès le dépôt effectué ou lors d'un refroidissement,
- ou bien chauffe le dépôt et provoque sa coagulation, à l'aide d'un système de chauffage (laser ou souffleuse d'air chaud) disposé à côté de la buse et dirigé vers le dépôt.

L'impression tridimensionnelle alimentaire a commencé au milieu des années 2000, avec le dépôt de chocolat. Puis quelques sociétés – associées à des cuisiniers de renom – ont exploré la technique et réussi à imprimer des plats devant les clients, à Londres, aux Pays-Bas ou sur la côte Est des États-Unis. Des imprimantes à poudre et solidification par air chaud (SHASAM) ont notamment permis d'élaborer de très gros objets en sucre (CandyFab, 2007), tandis que les systèmes *Chefjet* et *Chefjet Pro* étaient mis au point à l'attention des cuisiniers et des boulangers.

La production des premiers aliments imprimés prenait du temps (jusqu'à 45 minutes), mais on apprit progressivement à accélérer les dépôts, notamment par la mise en parallèle de plusieurs têtes d'impression ; tandis que l'utilisation de plusieurs buses permet d'imprimer différents matériaux : par exemple, pour la reproduction de filets de saumon, avec des fibres roses et des zones collagéniques et grasses blanches (EIT, 2021).

### Des recherches sur les matières déposées

Les techniques additives permettent donc de déposer des matériaux solides ou semi-solides, pour former des couches superposées selon un modèle préétabli.

Initialement ont été utilisés du chocolat, des pâtes comprenant des farines, des suspensions végétales, du sucre, etc. Depuis 2024, on sait obtenir des dépôts à partir de suspensions d'origine animale (viande hachée),

<sup>1</sup> Notamment avec les avancées de Johannes Gutenberg, au XV<sup>e</sup> siècle !

auxquelles des additifs sont ajoutés. On explore également des mélanges de broyats de poisson, d'amidons et de graisses animales, pour obtenir des aliments de type surimi.

Les études actuelles visent notamment à adapter la viscosité des pâtes déposées à la puissance des systèmes d'extrusion. Certains systèmes sont équipés de têtes thermiques ou piézoélectriques : un chauffage électrique de la tête engendre des impulsions de pression qui poussent les gouttelettes, soit en continu, soit en goutte à goutte. Pour le jet continu, un cristal piézoélectrique éjecte de manière continue en raison d'une vibration à fréquence constante, mais des composés doivent être ajoutés à la matière que l'on veut déposer pour la rendre conductrice. Les systèmes goutte à goutte ont un débit souvent inférieur, mais une meilleure résolution de dépôt.



Un biscuit de dessert imprimé à la *Technological University Dublin* par Katie Gill, Antonio Lopez Gonzalez, Marcus O'Brien & Callum Scanlon

Pour les systèmes à éjection de liant, on construit les modèles en utilisant un liant que l'on ajoute à des couches de poudres. Des petites gouttes de liant (diamètre inférieur à 100 micromètres) sont déposées sur la surface de la poudre ; puis la surface du lit de poudre est chauffée – par exemple avec une lampe à infrarouges – afin de solidariser la couche. La création des objets se fait ainsi couche après couche.

Dans tous les cas, les matériaux d'impression doivent permettre des débits réguliers, ne coulant pas après le dépôt.

C'est à ce titre que la "cuisine de synthèse" trouve dans l'impression alimentaire un nouvel atout pour son développement. Certes, les ingrédients alimentaires classiques (laitages, légumes, fruits, etc.) peuvent être réduits en liquides ou en suspensions qui sont ensuite modifiés, mais on peut aussi composer des mélanges à partir d'eau, de protéines, de divers polysaccharides (fibres, amidon, etc.), de lipides et de composés qui contribuent aux diverses composantes de la sensation du goût (saveur, odeur, sensation trigéminal).

## **L'impression 4D**

Au-delà de l'impression 3D, l'impression 4D se développe depuis 2014, comme une technique dont les potentialités sont supérieures à la 3D pour la réalisation de produits de formes complexes : il s'agit d'imprimer des objets à l'aide de matériaux susceptibles de réagir à des stimuli tels que la température, l'acidité, la teneur en eau, l'irradiation par des rayonnements ultraviolets, la lumière, etc., de sorte que l'on anticipe des modifications des objets au cours du temps (qui est la quatrième dimension).

Notamment ont été ainsi produits des tacos qui se replient spontanément, ou des nouilles qui s'assemblent, réduisant le volume des conditionnements.

Pour les changements de couleur, Ghazal *et al.* (2019) ont étudié des assemblages de deux gels 3D :

- un gel fait d'amidon de pomme de terre associé à des anthocyanes (les composés qui donnent leurs couleurs aux fleurs et fruits),
- d'un gel de jus de citron disposé sous le gel précédent.

Le gel supérieur passe du pourpre au rouge quand le produit 3D est aspergé d'une solution de pH contrôlé, mais il change également de couleur en raison de la diffusion des acides présents (citrique, malique, ascorbique) dans le jus de citron. Des gradients de couleurs ont également été obtenus par des systèmes multicouches.

Des techniques additives ont aussi été employées pour des changements de goût. Phuhongsung *et al.* (2020) ont utilisé des solutions à différents pH pour changer le goût de produits qui contenaient des isolats protéiques de pois, de la poudre de betterave et de la poudre de potiron.

Enfin, des études de modifications nutritionnelles ont également été conduites : libération de micronutriments (curcumine), production de vitamines (par exemple, la vitamine B12).

Toutefois l'utilisation d'imprimantes 3D ou 4D a des limites; il est notamment difficile de produire des surfaces incurvées qui permettraient d'augmenter la résistance des pièces imprimées.

## L'impression 5D et 6D

Introduite en 2016 par les laboratoires de recherche Mitsubishi, la technique 5D permet de produire plus rapidement des objets selon cinq axes au lieu de trois.

L'impression 6D résulte du mélange des impressions 4D et 5D. La possibilité d'incliner la tête conduit à des possibilités supérieures, et, notamment – espère-t-on – à des dépôts plus rapides et plus efficaces.

### Ce qu'il faut retenir :

Les principes de l'impression 3D sont maintenant appliqués à des préparations culinaires, à l'aide de techniques de plus en plus avancées.

On réalise même des impressions 4D, c'est-à-dire avec intégration du facteur temps.

Et se développent des 5D et 6D pour des formes complexes !

### Pour en savoir plus :

- Ahmed Fathy Ghazal, Min Zhang, Arun S. Mujumdar & Mohamed Ghamry : *Progress in 4D/5D/6D printing of foods: applications and R&D opportunities*, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 63:25, 7399-7422, DOI: 10.1080/10408398.2022.2045896, 2023
- CandyFab : *The CandyFab Project*, <https://candyfab.org/>, 2007.
- EIT : *Revo Foods : From the idea of plant-based, 3D-printed seafood to an investment of almost 2 Mio. Euro*, <https://www.eitmanufacturing.eu/news-events/news/revo-foods-from-the-idea-of-plant-based-3d-printed-seafood-to-an-investment-of-almost-2-mio-euro/>, 2021
- Georgantzinou SK, Giannopoulos GI, Bakalis PA. : *Additive manufacturing for effective smart structures: The idea of 6D Printing*, J. Compos. Sci., 5(5), 119; <https://doi.org/10.3390/jcs5050119>, 2021.
- Ghazal AF, Zhang M, Liu Z. : *Spontaneous color change of 3D printed healthy food product over time after printing as a novel application for 4D food printing*, Food and Bioprocess Technology, 12:1627–1645, 2019
- Ji S, Xu T, Li Y, Li H, Zhong Y, Lu B. 2022. Effect of starch molecular structure on precision and texture properties of 3D printed products. Food Hydrocolloids, 125, 107387, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107387>, 2022.
- Molitch-Hou M. : *3 Printing + Five Axes = 5D Printing?*, <https://www.engineering.com/3d-printing-five-axes-5d-printing/>, 2016.
- Momeni F, Hassani SMM, Liu X, Ni J. : *A review of 4D printing*, Materials & Design, 122, 42-79, 2017.
- Pan Y, Sun Q, Liu Y, Wei S, Han Z, Zheng O, Ji H, Zhang B, Liu S. : *Optimization of 3D printing formulation of shrimp surimi based on response surface method*, LWT, Food Science and Technology 199116126, 2024.
- Phuhongsung P, Zhang M, Bhandari B. : *4D printing of products based on soy protein isolate via microwave heating for flavor development*, Food Research International, 137, 109605, 2020.
- Ramesh, S., S. Kiran Reddy, C. Usha, N. K. Naulakha, C. R. Adithyakumar, & M. Lohith Kumar Reddy : *Advancements in the research of 4D printing. A review*, IOP Conference Series : Materials Science and Engineering, 376:012123, doi: 10.1088/1757-899X/376/1/012123, 2018.
- Reddy PR, Devi PA. : *Review on the advancements to additive manufacturing-4D and 5D printing*, Int. J. Mech. Prod. Eng. Res. Dev. 8, 397–402, <https://doi.org/10.24247/ijmperdaug201841>, 2018
- Hervé THIS : *La cuisine note à note en 12 questions souriantes*, Belin, 2012.
- Tibbits S. : *The emergence of "4D printing"*, TED Conference, 2013.
- Wang N, Li R, Wang X, Yang X. : *4D food printing: Key factors and optimization strategies*, Trends in food science & technology, 145, 104380., 2024