

Questions de béarnaises

Hervé This

Le dernier texte de cette rubrique était – apparemment seulement, bien sûr – très décousu, mais nous avons l'excuse du numéro d'avril... Cette fois, il faut être plus « raisonnable » : disons immédiatement que l'objectif est de faire état de données toxicologiques récentes à propos d'estragole (encore nommé méthylchavicol, ou 1-allyl-4-méthoxybenzène), composé majoritaire des huiles essentielles de l'estragon *Artemisia dracuncula* ou du basilic *Ocimum basilicum*. Ce composé présente une toxicité par lui-même et par le dérivé hydroxylé que forment certains cytochromes P450, mais on découvre que cette toxicité est réduite quand le composé est en présence des feuilles des aromates qui le contiennent. Pour éviter de faire un article de toxicologie pure, la question est replacée dans le cadre de la sauce béarnaise.

La béarnaise : comment la faire ?

La béarnaise ? L'une des plus belles sauces du répertoire classique français, une de ces sauces devenues universelles, au point que l'industrie ne néglige certainement pas de la produire. Un délice... quand elle est bien faite, ce qui est d'ailleurs une sorte de tautologie, quand on y pense.

Sa réalisation « protocolaire » ? Les recettes varient, mais en substance, il faut [1a] :

- 1 couper des échalotes en petits dés,
- 2 ajouter du vinaigre,
- 3 faire bouillir jusqu'à ce que le liquide soit évaporé,
- 4 laisser refroidir,
- 5 ajouter des jaunes d'œufs,
- 6 ajouter du beurre,
- 7 chauffer, en agitant la préparation avec un fouet,
- 8 saler, poivrer, ajouter de l'estragon coupé fin.

Un tel protocole ne semble familier... que parce qu'il est traditionnel, et apparenté à mille autres que l'on a l'habitude de trouver dans les livres de cuisine qui nous environnent. Mais mettons-nous dans la peau d'un enfant ou d'un habitant de Sirius : pourquoi ces étapes ? Pourquoi ces ingrédients ? Commençons par une analyse critique de la recette.

Combattons le Codex alimentarius quand il est fautif

La recette donnée plus haut est-elle « légitime », ou anecdotique ? La légitimité peut être historique, technique, gustative, physiologique, nutritionnelle... Du point de vue historique, il ne fait pas de doute que, même si l'origine de la sauce béarnaise est confuse (comme la plupart des préparations qui résultent de l'empirisme), le protocole donné ci-dessus est assez stable [2]. Certes, on voit des variations : le vinaigre est parfois remplacé par du vin de Noilly ; l'étape 4 est parfois remplacée par l'ajout d'une cuillerée d'eau froide ; parfois, de l'estragon (feuilles et branches d'*Artemisia dracuncula* L.) est mis dans l'étape 1, avec l'échalote (bulbes d'*Allium ascalonicum* L.) ; l'ajout de sel (chlorure de sodium impur) et de poivre (baies de *Piper nigrum*) est parfois déplacé ; les quantités des ingrédients



© JJAVA - Fotolia.com

(volontairement omises ici) sont souvent très variables ; parfois, on fouette (étape 5) avant d'ajouter le beurre, lequel aurait été éventuellement fondu préalablement ; parfois, ce n'est pas du beurre, mais du beurre clarifié qui est utilisé.

Toutefois, malgré ces variations, les systèmes physico-chimiques finalement obtenus sont tous analogues, à savoir qu'une phase aqueuse renferme des particules « solides » (obtenues par coagulation des protéines apportées par les jaunes d'œufs), des gouttes de matière grasse fondue (apportées par le beurre), des fragments de tissu végétal (échalote, estragon) et des bulles d'air.

À l'aide du formalisme des systèmes dispersés [3], on écrit un tel système :

$$[G + O + S1 + (W1/S2)]/W2$$

où G représente l'air, O la matière grasse fondue, S1 les particules solides, W1/S2 les fragments de tissus végétaux, W2 la solution aqueuse résultant de l'eau des jaunes d'œufs et de l'eau du vinaigre. Évidemment, une telle formule mérite d'être précisée quantitativement, ce qui impose l'emploi d'indices : $[G_a + O_b + S1_c + (W1/S2)_d]/W2_e$, a, b, c, d, e désignant les proportions des diverses « phases ».

La proportion e, tout d'abord, semble ne pas pouvoir être inférieure à environ 0,95, comme pour les émulsions [4]. D'autre part, la proportion d est souvent nulle, car nombre de recettes prescrivent de filtrer la sauce pour éliminer les fragments d'échalote. La proportion c est déterminée à la fois par la quantité d'œuf employée et par la température maximale à laquelle la sauce a été chauffée, cette température déterminant la proportion des protéines du jaune qui ont coagulé [5]. D'ailleurs, à ce sujet, on observera utilement que les sauces de ce type (béarnaise, hollandaise, Choron, Givry...) ont souvent été considérées comme des émulsions [6], alors que c'est d'abord la coagulation des protéines du jaune d'œuf qui leur donne une consistance ferme, de sorte qu'elles seraient plutôt des suspensions que des émulsions.

La proportion b, d'ailleurs, semble pouvoir varier, car on sait bien, aujourd'hui, que des consistances fermes, pour des systèmes émulsionnés, peuvent être obtenues avec des proportions de matière grasse faibles, pour autant que cette matière grasse soit bien divisée [7]. La question de la stabilité (en réalité, seulement une métastabilité) des systèmes formés

est un autre problème. Enfin, la proportion a peut changer considérablement, selon les procédés, et les systèmes obtenus peuvent ou non être foisonnés, ce qui entraîne, évidemment, des différences considérables de la consistance finale.

D'un point de vue chimique ? La majorité des recettes stipulent l'emploi d'échalotes plutôt que d'oignons (bulbes d'*Allium cepa* L.), de sorte que l'on peut se demander s'il est vraiment loyal d'employer les nouveaux hybrides d'oignons et d'échalotes à la place des échalotes... La question est essentielle, et elle mérite d'être mieux présentée que par une question sibylline. L'échalote est un groupe végétal qui présente l'inconvénient de se planter, alors que l'oignon, lui, se sème. D'où des travaux (pas critiquables, en eux-mêmes) pour produire des hybrides oignons-échalotes qui se sèmeraient comme des oignons. Les producteurs d'échalotes, toutefois, ont fait observer très justement que, même si les caractéristiques organoleptiques des hybrides étaient analogues à celles des échalotes, il y avait déloyauté à les nommer échalotes et la Cour européenne de justice a été saisie [8].

Toutefois, en cuisine : pourrions-nous les utiliser ? Tout d'abord, les tests sensoriels qui ont été effectués ont consisté à goûter des produits crus, et non pas utilisés dans des sauces béarnaises. D'autre part, l'observation de l'absence de différence perçue entre une sauce béarnaise à l'échalote (ce qui est un pléonisme, historiquement parlant) et une sauce béarnaise à l'hybride n'est pas une démonstration de l'absence de différence, par exemple pour un test où l'on aurait réuni un jury de connaisseurs. De toute façon, même s'il n'y avait pas de différence, il y aurait déloyauté à vendre de la béarnaise aux hybrides sous le nom de béarnaise. C'est une question de principe.

Alors il y a de quoi s'émouvoir quand on sait que le *Codex alimentarius* admet, sous le nom de béarnaise, des sauces faites sans œuf ni beurre [9] ! Certes, elles peuvent être « bonnes », quand elles sont bien faites, c'est-à-dire quand elles font résonner en nous des sensations liées à notre physiologie et notre culture, mais il n'en reste pas moins qu'elles sont déloyales, malhonnêtes : si des imbéciles ou des malhonnêtes ont un jour nommé « béarnaise » des sauces qui diffèrent de la sauce communément admise par les professionnels éclairés, cela ne doit pas faire jurisprudence.

Plus généralement, c'est une question de fond qui est posée aux instances de régulation, notamment communautaires. Même s'il est exact que l'on a trouvé des personnes capables (souvent pour des raisons mercantiles) de faire des béarnaises à l'huile végétale plutôt qu'au beurre, même s'il est exact que des triglycérides venus du colza ou du tournesol sont des triglycérides, tout comme ceux venus du beurre, et même si les triglycérides du beurre sont variables avec les régions, les saisons, etc., il n'en reste pas moins que le terme béarnaise appliqué à des sauces contenant de la farine ou des amidons variés, sans œuf ni beurre, est trompeur, puisqu'il laisse penser à la majorité que ces sauces s'apparentent à la béarnaise ancienne, que tous les cuisiniers français font au beurre.



Échalotes traditionnelle et hybride vues par Quentin Serdel, 13 ans.

Peut-on se contenter d'admettre que le monde fasse des béarnaises qui sont en réalité des sauces étranges, et que la béarnaise française ait pour elle la vertu d'être « meilleure » ? Toujours une question de principes : que serait une béarnaise si elle n'était pas la sauce que nous avons décrite précédemment ? En quoi se distinguerait-elle d'une mayonnaise ou de toute autre sauce ? Bref, la déloyauté mène à la confusion... dont s'emparent des malhonnêtes. Il en va de l'intérêt public que d'aller courageusement porter le combat au *Codex alimentarius*.

Quelle modélisation en avons-nous ?

Si la pratique culinaire est simple, la connaissance d'un système aussi complexe qu'une béarnaise est très rudimentaire. Ici, nous procéderons à une analyse technologique, afin de montrer l'étendue considérable de notre ignorance des phénomènes mis en jeu, au-delà d'une description au premier ordre. Suivons l'ordre des prescriptions élémentaires :

1. *Dans une petite casserole, mettez deux ou trois échalotes finement émincées, et de l'estragon coupé très fin. Ajoutez deux cuillerées à soupe de vinaigre et faites bouillir* : les échalotes et l'estragon sont des végétaux, composés de cellules qui contiennent des molécules bioactives variées, certaines ayant des récepteurs olfactifs, d'autres des récepteurs sapictifs, d'autres encore des récepteurs trigéminaux. À noter que si les composés odorants et sapides sont raisonnablement connus (bien que l'on n'ait découvert que récemment les composés qui donnent le goût de velours des gousses de vanille [10] et que, de ce fait, on doit s'attendre à beaucoup d'ignorance à propos de l'échalote et de l'estragon, sans compter la variabilité de ces végétaux), les composés à action trigéminal sont très mal connus, alors qu'ils sont la clé de sensations importantes pour l'industrie – la sensation de chaleur, le piquant, le frais [11].

Où ces composés se trouvent-ils dans les gousses et les feuilles ? Dans les cellules, lesquelles comportent une membrane et une paroi rigide. Ces deux structures ont été largement étudiées, et la structure des pectines, notamment, a fait l'objet de nombreuses publications : le dernier modèle en date fait état, pour ces composés, de zones lisses homogalacturoniques et de zones « hérissées », avec des ramifications qui incluent des résidus de saccharides variés [12]. Évidemment, les pectines diffèrent selon les espèces et, même, selon les variétés.

La première opération proposée par la recette amollit le tissu parce qu'il dégrade les pectines, à l'occasion d'une β -élimination qui libère de l'acide galacturonique et d'autres saccharides constitutifs. N'est-il pas étonnant qu'au XXI^e siècle, on ignore le détail de l'opération, dans un système autre que modèle ? Et, puisque la réduction initiale d'échalote dans le vinaigre s'effectue à 100 °C et en milieu acide, comment s'effectue-t-elle vraiment, dans ces conditions particulières ? D'ailleurs, même la « réduction » du vinaigre seul est mal connue, notamment parce que le vinaigre n'est pas une simple solution d'acide acétique dans l'eau : selon les vinaigres, le pH évolue différemment avec le traitement thermique, certains ayant un pH final plus bas que le pH initial, d'autres plus haut... Pis encore, comment les composés bioactifs sont-ils libérés dans la solution ? Quelles voies empruntent-ils ? Ignorance...

2. *Quand le vinaigre est presque évaporé, que seule subsiste une purée mouillée d'échalotes et d'estragon, retirez la casserole du feu. Ajoutez alors une cuillerée à soupe d'eau froide et deux jaunes d'œufs. Fouettez* : dans la solution très

concentrée où sont suspendues quelques particules solides détachées des matières végétales, l'ajout d'eau permet de faire l'émulsion ultérieure. Puisque les émulsions ne peuvent se confectionner avec moins de 5 % d'eau environ (en volume), on comprend qu'une sauce de 200 g environ nécessite 10 g d'eau. Les jaunes d'œuf en apporteront environ 15 g chacun, mais on ne doit pas oublier que la sauce se prépare à chaud, avec beaucoup d'évaporation au cours de la préparation.

Nous avons évoqué les jaunes d'œuf, et l'eau qu'ils apportent, mais ils contiennent également 15 % de protéines et 35 % de phospholipides. Ce n'est pas le lieu, ici, de discuter la structure des jaunes, avec des « granules » dans un plasma, mais surtout d'indiquer que, à ma connaissance, personne n'a exploré les modifications d'un tel système lors d'un traitement thermique en solution acide. Ce qui semble inévitable, c'est que les protéines seront dénaturées, à des températures qui dépendront de leur environnement physico-chimique.

3. *Sur un feu très doux, en fouettant vigoureusement, ajoutez le beurre par lamelles. Dès qu'une lamelle de beurre est fondue, retirez la casserole du feu, en fouettant, ajoutez une nouvelle lamelle, et ne remettez sur le feu que si elle ne fond pas. Au total, vous pouvez mettre jusqu'à 500 grammes de beurre si vous ne négligez pas l'apport régulier d'eau* : lors de l'ajout du beurre, les choses seront plus simples, mais seulement au premier ordre encore : la fraction cristallisée du beurre fond, libérant la solution aqueuse chargée de lactose, de sels minéraux et de protéines solubles qu'elle contient, tandis que le fouet divise la partie grasse fondue en gouttelettes, qui sont alors dispersées dans la solution aqueuse générale. Comment est alors l'interface eau-huile ? Les phospholipides peuvent s'y disposer, de même que des protéines dénaturées, mais les agrégats de protéines s'y placeront-ils ? Encore des études à faire...

4. *Si votre sauce est prête avant vos convives, faites fondre un peu de beurre à la surface de la sauce, sans l'émulsionner* : cet ajout de beurre a l'avantage de limiter l'évaporation de l'eau qui accueille les gouttelettes de beurre fondu. Si l'eau s'évaporerait excessivement, l'émulsion risquerait d'être déstabilisée.

On peut l'améliorer

Si la béarnaise est toujours plus ou moins comme on l'a décrite plus haut, des auteurs proposent des variations. Par exemple, Jules Gouffé « lie » les jaunes d'œufs avec du beurre, puis ajoute encore du beurre lamelle par lamelle, avant d'incorporer estragon haché et vinaigre [13]. Pour Ildéfonse-Léon Brisse, la sauce se fait aussi à partir d'échalotes que l'on fait bouillir dans du vin blanc, mais la liaison se fait quasi exclusivement avec des jaunes d'œufs ; la quantité de beurre est réduite [14]. Ordre également différent pour Emmeline Raymond [15] : « *Pour huit à dix personnes, on prend six œufs extrêmement frais : on les casse, on met les jaunes seulement dans une casserole avec un morceau d'excellent beurre, et l'on fait cuire au bain marie avec poivre, sel ; on y incorpore peu à peu trois cent cinquante grammes de beurre excellent, en ne cessant de tourner doucement la sauce qui ne doit jamais bouillir. D'autre part, on prend un verre de vinaigre, quatre échalotes, une gousse d'ail, un bouquet d'estrageon, un bouquet de ciboule, poivre et sel, un morceau de gelée de viande ; on fait cuire assez longtemps pour que la quantité du liquide se réduise de façon à tenir dans une cuiller à bouche ; au moment de servir, ajoutez cette essence à la sauce en*

tournant toujours celle-ci doucement, sans jamais la laisser bouillir. » La structure physico-chimique obtenue est-elle analogue à celle que l'on obtient par le protocole original ?

Dans d'autres recettes, le physico-chimiste déniche des indications intrigantes. Par exemple, dans un livre non signé [16] : « *Mettez un demi verre de bon vinaigre avec quelques branches d'estrageon frais, un peu de thym, du persil, deux échalotes coupées en rondelles, une demi feuille de laurier. Faites réduire à couvert, au moins pendant une demi-heure.* » Pourquoi cette durée ? La composition de la réduction diffère-t-elle quand la durée du traitement thermique est longue ? Comment ? Pourquoi ?

Parfois, il y a des indications (des « précisions culinaires », par opposition aux données de fond, les « définitions » sans lesquelles la sauce n'existe pas) relatives au détail du travail. Comme : « *Béarnaise : [...] il est inutile de songer à servir très chaude cette sauce qui est, en somme, une mayonnaise au beurre. Il suffit qu'elle soit tiède, et, d'ailleurs, si elle est trop chauffée, elle se décompose. Dans ce cas, on la ramène à son état normal en y ajoutant quelques gouttes d'eau froide et en la travaillant au fouet* » [17]. Ou encore : « *La hollandaise est protégée par une pincée de farine ; elle n'est là que pour soutenir les jaunes d'œufs, les empêcher de cailler* » [1b].

L'ancienneté des indications culinaires n'est pas associée à leur péremption. Ainsi, plus près de nous : « *Les fours à micro-ondes sont bons pour la béarnaise. C'est logique : le four provoquant un mouvement oscillatoire très rapide des molécules d'eau, toute émulsion est plus rapide qu'une cuisson classique* » [18]. De quoi étonner le physico-chimiste !

Elle contient de l'estrageon, qui est toxique

Arrivons maintenant à l'actualité de la sauce : les travaux récents sur la toxicité de l'estrageole, par Fabrice Nesslany (Université de Lille), Dominique Parent-Massin (Laboratoire de toxicologie de l'Université de Brest) et Daniel Marzin (UDSL, Lille). Le programme REACH, comme le savent les chimistes, a conduit à une réévaluation des risques éventuels que font courir des composés utilisés par l'industrie, et notamment par l'industrie alimentaire. Dans cette dernière, une branche est fautive ment nommée industrie des arômes : le mot « arôme » désigne en français l'odeur d'un aromate, et pas une composition qui s'apparente à un parfum, ou un extrait produit à partir de tissus végétaux ou animaux. Dans la suite, par militantisme, nous conserverons les deux dénominations dans leur acception claire et juste.

Bref, l'industrie des compositions et extraits à action gustative (puisque ces produits contiennent tout aussi bien des composés odorants que des composés sapides, ou à action sur les récepteurs trigéminaux) a dû se préoccuper à nouveau des constituants de ses préparations, et, si beaucoup de composés sont sans problème particulier, l'estrageole est apparu comme un cas à part. Il est moléculairement apparenté à l'eugénol (abondant dans le clou de girofle, notamment) ou à l'anéthole (de l'anis), qui ne sont ni mutagènes ni carcinogènes ; en revanche, il est également proche du méthyleugénol ou du safrole, tous deux mutagènes et carcinogènes. De nombreuses plantes aromatiques en contiennent : estrageon et basilic, comme on l'a vu, mais aussi cerfeuil, anis étoilé, etc. L'estrageon est l'aromate qui en contient le plus, avec plus de la moitié de son huile essentielle faite d'estrageole, et une faible variabilité du contenu en estrageole selon l'espèce, l'origine, la saisonnalité.

Des tests avaient montré que le composé est hépatocarcinogène pour le rat et la souris [19]. En revanche, l'estragole n'est pas mutagène sur des micro-organismes tels que *Salmonella typhimurium* ou *Escherichia coli* WP2 uvr1, par exemple ; en revanche, ses dérivés 1'-hydroxyestragole, 1'-hydroxyestragole-2'-3'-oxyde et 1'-estragole-2'-3'-oxyde sont mutagènes chez *Salmonella typhimurium* TA100 et TA1535.

Mais des études récentes sont encourageantes

Les nouveaux tests *in vitro* d'hépatocytes de rat, tout comme des tests *in vitro* sur des rates, en montrent la génotoxicité à des doses de 0,55 à 55 µmol/L. En revanche, de l'estragon qui a été congelé est bien moins toxique que le composé pur, même à des doses d'estragole équivalentes, et des feuilles séchées n'ont pas de génotoxicité, toujours à quantité égale en estragole. Mieux même, les deux formes d'estragon testées *in vitro* ont la capacité de réduire significativement la génotoxicité de l'estragole ajouté à des cultures de cellules à des concentrations inférieures à 10 µmol/L pour l'estragon congelé, et à 55 µmol/L pour l'estragon séché.

Pourquoi cette réduction ? En 2008, des chercheurs néerlandais avaient étudié l'effet d'extraits de basilic sur la sulfatation et la formation concomitante d'adduits d'ADN par le 1'-hydroxyestragole, en utilisant des homogénats de cellules de foie de rats et d'hommes [20]. Le basilic avait été choisi parce que l'estragole peut être métabolisé en 1'-hydroxyestragole par des cytochromes P450. Les ajouts d'extraits de basilic à des homogénats de foies humains et de rat avec du 1'-hydroxyestragole, le sulfotransférase cofacteur PAPS et la 2'-désoxyguanosine ont produit une inhibition dose dépendante de la formation de N²-(trans-isoestragol-3'-yl)-2'-désoxyguanosine. Comme cette inhibition ressemblait à celle par l'inhibiteur de la sulfotransférase qu'est le pentachlorophénol et comme l'inhibition n'était pas observée par des incubations avec le 1'-acétoxyestragole, les auteurs ont conclu que l'inhibition a lieu au niveau de l'étape de bioactivation médiée par la sulfotransférase. Des expériences avec des cellules HepG2 ont montré le même effet protecteur de l'extrait de basilic sur des cellules entières. Les résultats de cette étude font penser que la bioactivation et les effets négatifs de l'estragole et du 1'-hydroxyestragole pourraient être réduits quand ces composés sont présents dans une matrice et non utilisés seuls.

Les feuilles d'estragon ont-elles des propriétés antimutagènes, ou bien l'estragole s'adsorbe-t-il sur les tissus végétaux ? La poudre d'estragon séché n'est pas toxique quand elle est administrée à la dose maximale de 6,25 g/kg de masse corporelle (18,75 mg/kg de masse corporelle de méthylchavicol). *In vivo*, l'estragon séché ne montre pas de propriétés antimutagènes, parce qu'il ne diminue pas la génotoxicité de l'estragole ajouté à haute concentration. Si l'on considère la faible exposition d'estragole due à la consommation maximale d'estragon, la détoxification et l'excrétion rapides chez l'homme, ainsi que l'absence de génotoxicité de l'estragole par voie orale (d'après des études de rats à qui l'on fait manger des feuilles d'estragon), on calcule que la consommation actuelle d'estragon ne présente pas de risque génotoxique chez l'espèce humaine.

De surcroît, une étude ultérieure a identifié un composant de tissu végétal, la névadensine, comme pouvant inhiber l'estragole : le composé inhibe la formation d'adduits d'ADN dans des hépatocytes de rats exposés au 1'-hydroxyestragole [21].

Finalement, que conclure ? Une seule conclusion s'impose : à l'heure d'un écologisme angélique et ilchimique (on nomme « ilchimisme » cette ignorance de la chimie qui s'apparente à l'illettrisme, ignorance de la lecture et de l'écriture) terrible pour nos sociétés techniquement avancées, il faut militer pour dire qu'il n'y aura jamais de chimie en cuisine, puisque la chimie est une science ; il faut militer pour dire que la science ne se confond pas avec ses applications, ce que clamait Louis Pasteur haut et fort ; il faut militer pour dire que nous n'avons pas trop de chimie, mais, au contraire, que nous manquons cruellement de chimie pour nous diriger dans un monde « naturel » plein de dangers.

Références

- [1] Saint Ange M., *La bonne cuisine de Madame Saint Ange*, Larousse, (a) 1926 ; (b) édition de 1984, p. 116.
- [2] This H., *Cours de gastronomie moléculaire n° 2 : les précisions culinaires*, Éditions Quæ/Belin, 2011.
- [3] This H., Molecular gastronomy, a chemical look to cooking, *Accounts of Chemical Research*, 2009, 42(5), p. 575.
- [4] Leal-Calderon F., Schmitt V., Bibette J., *Emulsion Science*, Springer, 2007.
- [5] Li-Chan E., Nakai S., Biochemical basis for the properties of egg white, *Crit. Rev. Poult. Biol.*, 1989, 2(1), p. 21.
- [6] Maincent M., *Cuisine de référence*, Éditions BPI, 1993.
- [7] Renkin P., Fabre M., Guichard E., Effect of fat nature and aroma compound hydrophobicity on flavor release from complex food emulsions, *J. Agric. Food Chem.*, 2004, 52(20), p. 6257.
- [8] www.plant-certifie-echalote.org/pages/echalote_tradition.php, consulté le 05/06/12.
- [9] www.codexalimentarius.net/web/index_fr.jsp, consulté le 05/06/12.
- [10] Schwarz B., Hofmann T., Identification of novel olfactory active molecules in cured vanilla beans (*Vanilla planifolia*), *J. Agric. Food Chem.*, 2009, 57(9), p. 3729.
- [11] *Odorat et goût, de la neurobiologie des sens chimiques aux applications*, R. Salesses (ed.), Lavoisier, Tec & Doc, 2012.
- [12] Yapo B.M., Lerouge P., Thibault J.F., Ralet M.C., Pectins from citrus peel cell walls contain homogalacturonans homogenous with respect to molar mass, rhamnogalacturonan I and rhamnogalacturonan II, *Carbohydrate Polymers*, 2007, 69(3), p. 426.
- [13] Gouffé J., *Le livre de cuisine*, Hachette, 1867, p. 437.
- [14] Brisse I.-L., *La petite cuisine du Baron Brisse*, E. Donnaud, 1875.
- [15] Raymond E., *Le nouveau livre de cuisine* (3^e éd.), Firmin-Didot, 1887, p. 103.
- [16] *Le livre de cuisine de tante Colette*, François Tedesco, 1905, p. 51.
- [17] Escoffier A., *Le guide culinaire*, Flammarion, 1988 (1^{ère} éd. : 1921), p. 29.
- [18] Loiseau B., *Trucs, astuces et tours de main*, Hachette, 1994, p. 103.
- [19] Drinkwater N.R., Miller E.C., Miller N.R., Pitot H.C., Hepatocarcinogenicity of estragole (1-allyl-4-methoxybenzene) and 1-hydroxyestragole in the mouse and mutagenicity of 1-acetoxyestragole in bacteria, *J. Natl. Cancer Inst.*, 1976, 57, p. 1323 ; Miller E.C., Swanson A.B., Philips D.H., Fletcher T.L., Liem A., Miller J.A., Structure-activity studies of the carcinogenicities in the mouse and rat of some naturally occurring and synthetic alkenylbenzene derivatives related to safrole and estragole, *Cancer Res.*, 1983, 43, p. 1124.
- [20] Jeurissen S.M.F., Punt A., Delatour T., Rietjens I.M.C.M., Basil extract inhibits the sulfotransferase mediated formation of DNA adducts of the procarcinogen 1'-hydroxyestragole by rat and human liver S9 homogenates and in HepG2 human hepatoma cells, *Food and Chemical Toxicology*, 2008, 46, p. 2296.
- [21] Alhusainy W., Paini A., Punt A., Louise J., Spengelink A., Vervoort J., Delatour T., Scholz G., Schilter B., Adams T., van Bladeren P.J., Rietjens I.M.C.M., Identification of nevadensin as an important herb-based constituent inhibiting estragole bioactivation and physiology-based biokinetic modeling of its possible *in vivo* effect, *Toxicology and Applied Pharmacology*, 2010, 245(2), p. 179.z



Hervé This

est professeur consultant à AgroParisTech, chimiste à l'INRA*, directeur scientifique de la Fondation « Science & Culture Alimentaire » (Académie des sciences) et secrétaire de la section VIII de l'Académie d'agriculture de France.

* Équipe de gastronomie moléculaire, UMR 1145, INRA/Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement (AgroParisTech), 16 rue Claude Bernard, F-75005 Paris.
Courriel : herve.this@paris.inra.fr
<http://sites.google.com/site/travauxdehervethis>