

Les phytopathogènes et les maladies induites

7

- Les virus
- Les bactéries
- Les champignons
- Les angiospermes parasites
- Les protozoaires

Les micro-organismes pathogènes peuvent être divisés en trois grands groupes :

— les saprophytes qui constituent la forme la plus primitive de parasitisme ; ce sont des organismes opportunistes qui ne s'attaquent aux végétaux qu'en conditions défavorables pour la plante (blessure, sénescence) et leur spectre invasif est très large (= parasitisme facultatif) ;

— les parasites nécrotrophes représentent un stade plus évolué dans la stratégie parasitaire ; ils tuent les cellules de la plante au fur et à mesure de leur progression et se nourrissent aussi des tissus morts en devenant transitoirement des saprophytes ; leur spectre invasif est plus limité ;

— les biotrophes établissent des relations trophiques à leur profit sans altérer notablement la morphologie et la physiologie de l'hôte ; le spectre des organismes hôtes est alors extrêmement restreint (= parasitisme obligatoire).

1. Les virus

Comme dans le règne animal, ce sont des parasites obligatoires.

La taille et la forme des différents types de phyto-virus varient considérablement, mais les caractéristiques intrinsèques de chacun d'eux sont relativement constantes de sorte que la classification taxonomique

peut être basée sur les dimensions et la morphologie des virions observés au microscope électronique. Par ailleurs, la nature de l'acide nucléique (ARN ou ADN), sa structure (mono- ou bicaténaire), le nombre de pièces génomiques, leur masse moléculaire et la séquence de base sont autant de paramètres qui permettent d'établir une carte d'identité précise de chaque virus (figure 7-1).

On distingue deux modes de transmission des virus :

— la transmission verticale lors de la multiplication végétative des plantes infectées (la transmission par les semences où le pollen est rare) ;

— la transmission horizontale à partir d'une blessure et *via* un champignon ou une piqûre d'insecte, vecteurs du virus.

Les virus sont à l'origine de nombreuses maladies (tableau 7-1). Nous verrons dans le dernier paragraphe que les moyens de lutte sont ceux applicables à l'ensemble des phytopathogènes : production de matériel de plantation sain, élimination des sources d'infection (matériel agricole décontaminé) et des vecteurs, recours aux variétés résistantes ou tolérantes. La prémunition (sorte de vaccination !) est l'un des moyens de lutte le plus spécifique des virus et qui consiste à inoculer une souche peu ou pas virulente pour protéger ultérieurement la plante contre une infection sévère.

Le mode d'intrusion et de réplication des phyto-virus dans la cellule hôte est décrit en détail dans le chapitre 8.

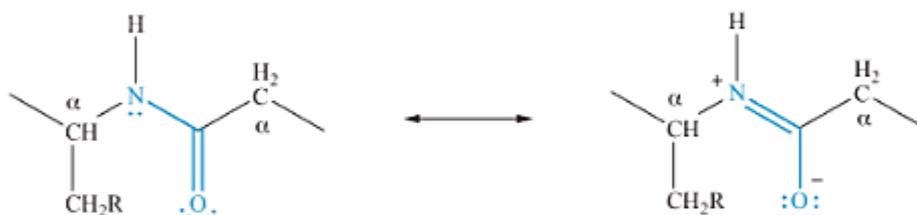
2.3 LES PROTÉINES

Le squelette des protéines est constitué d'un assemblage d'acides aminés qui se suivent dans une séquence déterminée. Les acides aminés sont liés entre eux par une liaison amide qui résulte d'une réaction de condensation entre les groupements amino et carboxylique de deux unités adjacentes. Cette liaison est communément appelée *liaison peptidique*. La conformation de cette chaîne d'acides aminés n'est pas aléatoire. Elle dépend des interactions entre les différents groupements fonctionnels caractéristiques de chaque acide aminé dans la chaîne et avec les molécules d'eau qui constituent le milieu environnant (voir fig. 1.19). Ainsi, et de manière générale, les groupements hydrophobes sont orientés vers l'intérieur de la protéine tandis que les groupements hydrophiles pointent vers l'extérieur. Lorsque l'on parle de structure des protéines, on distingue entre les structures primaire, secondaire, tertiaire et quaternaire.

2.3.1 Structure

Structure primaire

La structure primaire correspond à la séquence des acides aminés qui a été déterminée par le code génétique lors de leur biosynthèse. En raison de la délocalisation des électrons entre le groupement carbonyle et le groupement imino de la liaison peptidique, la liaison C-N possède un caractère partiel de double liaison.



Cette délocalisation implique que l'arrangement O-C-N se trouve dans un plan qui rigidifie la structure (fig. 2.11). Dans une chaîne protéique, seules les rotations autour des atomes de carbone- α sont libres. Dans le cas de la proline, acide α -iminé, cette rotation n'est pas possible, ce qui crée une contrainte supplémentaire.

Analyse de la composition en acides aminés

La détermination de la structure primaire d'une protéine passe par l'analyse de la composition en acides aminés et par sa séquence.

Les méthodes d'analyses traditionnelles nécessitent une purification poussée afin d'obtenir une protéine homogène. Les techniques modernes, en revanche, permettent de travailler avec un mélange de protéines. Tout d'abord, on établit la composition en acides aminés après une hydrolyse totale acide. Les procédés d'analyse de l'hydrolysate (séparation sur échangeur de cations, coloration avec de la ninhydrine ou de la fluorescamine) sont aujourd'hui standardisés et automatisés (analyseurs d'acides aminés). Comme alternative à ces procédés établis, la dérivation préalable des acides aminés suivie de leur séparation, le plus souvent par chromatographie liquide haute performance, et de leur détection est devenue

Encadré 6 ■ L'élasticité

L'élasticité e mesure la réponse d'une variation de consommation à une variation de revenu (e_r) ou de prix (e_p). L'élasticité revenu mesure l'accroissement relatif d'un bien (son pourcentage d'augmentation) lorsque le revenu croît. $e_r = \Delta Q/Q / \Delta R/R$. C'est le rapport de la variation relative de la consommation d'un produit P et de la variation relative du revenu R : si l'élasticité-revenu est supérieure à 1, le bien est dit « de luxe ». Le bien est dit « inférieur » si la consommation du bien diminue lorsque le revenu s'accroît. L'élasticité de l'alimentation avoisine 0,35 (et tend à baisser).

En général, l'élasticité prix (encadré 6) des produits alimentaires est négative, traduisant le fait que la demande du bien diminue lorsque le prix s'élève.

Les niveaux de revenus ne sont pas le seul critère d'explication du niveau de consommation alimentaire. Le revenu est en relation avec le niveau de formation et avec l'appartenance à une catégorie socioprofessionnelle. L'appartenance sociale est un critère déterminant des modèles de consommation alimentaire.

LES MÉCANISMES FONDAMENTAUX DE L'ÉVOLUTION DES MARCHÉS DE L'ALIMENTATION : CONCURRENCE ET DIFFÉRENCIATION

La distribution alimentaire est un monde très concurrentiel. La concurrence par les prix reste un mécanisme explicatif fort des transformations de la consommation alimentaire. Le régime alimentaire a dans une large mesure évolué en fonction des rapports de prix. La baisse des prix a puissamment soutenu la consommation et l'a modelée. En longue période, ce sont les produits qui ont connu une baisse significative de leurs prix relatifs qui voient leur consommation se développer le plus. Ainsi le fait que le prix des corps gras et du sucre ait évolué beaucoup plus modérément que le prix des fruits et légumes explique largement que l'augmentation totale de la consommation du sucre et des graisses soit bien plus importante que celle des fruits et légumes. Il s'agit bien de consommation totale. Le cas des consommations de viandes est intéressant et illustre la complexification des comportements. La consommation de viandes a régulièrement augmenté, elle est plus marquée pour les viandes dont le prix a davantage baissé (viandes blanches). Il n'est plus possible désormais de relier revenus et demande de viandes blanches parce que ce type de viande est devenu accessible à tout le monde, ce qui n'est pas le cas des viandes rouges. Cependant les différences qualitatives sont notables. Si la consommation de corps gras et de viande est peu fonction des revenus, ce n'est pas le cas des fruits et des légumes frais : le quart le plus riche de la population consomme deux fois plus de légumes frais et trois fois plus de fruits frais que le quart le plus pauvre. La consommation de boissons sucrées diminue lorsque le revenu augmente.

Pour échapper à la concurrence destructrice, la réponse est connue : c'est la différenciation. Il s'agit de segmenter le marché d'un produit en plusieurs marchés différents et bien identifiés. L'objectif est de rendre le marché monopolistique et d'augmenter ainsi les profits. La publicité, les allégations santé, et les marques remplissent cette fonction. Les signes de qualité visent également à différencier le produit pour le protéger.

La différenciation des produits par l'innovation a des limites. Une attitude de méfiance à l'égard des marques s'est développée. Les entreprises et les groupes de l'agroalimentaire ont tenté de conquérir des marchés plus lucratifs en créant des marques plus haut de gamme (les « premium ») et ont eu tendance à abandonner « le cœur de marché ». Ainsi, la part des marques dans les dépenses de grande consommation est passée de 90 % en 1970 à 50 % en 2005 au profit des marques de distributeurs (MDD) et du hard discount.

LES BARRIÈRES DE PROTECTION NATURELLES DE LA PEAU

Les barrières chimiques de l'épiderme ont pour fonctions principales de protéger la peau contre les agents extérieurs et d'assurer le contrôle de son hydratation. Ainsi, en présence d'une peau au pH légèrement acide (5,8 à 6,6), la flore bactérienne empêche certains micro-organismes de se transformer en agents pathogènes et bloque leur entrée dans l'organisme. Le film lipidique de surface, qui est une mince couche huileuse sur la peau formée par la sueur, le sébum et les débris cellulaires, repousse l'eau et les substances hydrosolubles. La kératine et les graisses remplissant les cellules de la couche cornée constituent une véritable membrane à la fois imperméable, souple et solide qui assure l'hydratation superficielle de la peau.

La barrière de Blank, située au tiers inférieur de l'épiderme, assure l'hydratation profonde de la peau grâce à la présence d'un facteur d'hydratation naturelle et de cholestérol qui capte l'eau et la retient dans les tissus; il est possible que ce facteur d'hydratation naturelle soit déficient chez les personnes ayant une peau sèche. Cette barrière est influencée par la quantité d'eau que l'on boit, le milieu environnant ainsi que les médicaments consommés, comme les diurétiques. Enfin, les mélanocytes produisant le pigment mélanique revêtent une importance considérable dans la protection de la peau contre les ultraviolets.

Pour ne pas entraver les barrières naturelles de la peau lors du lavage des pieds, il faut utiliser un nettoyant doté d'un faible potentiel d'irritabilité, avec un pH physiologique, sans colorant ni parfum. Les nettoyants exempts de savon et disponibles sous forme de pain, de gel, de crème ou de lotion sont idéaux, car ils se rincent facilement sans laisser de pellicule résiduelle. Les nettoyages répétés et excessifs assèchent la peau en la privant de ses huiles naturelles protectrices. De même, le contact prolongé de la peau avec l'eau, lors du trempage des pieds, assèche, fragilise et augmente la vulnérabilité de la peau aux microlésions.

Selon l'âge, l'état de santé de la personne et les conditions auxquelles la peau est exposée, un produit hydratant peut être indiqué pour pallier le manque d'hydratation naturelle et empêcher l'assèchement de la peau.

Exemple 1.1

Le « court-circuitage » dans les communications hiérarchiques

Dans les organisations, les communications hiérarchiques sont définies par des règles précisant les circuits officiels. Dans beaucoup de cas, sinon la totalité, ces communications sont verticales descendantes et ascendantes. Cela veut dire que les échanges d'informations se font le long de la ligne hiérarchique. Pour la communication descendante, les informations circulent de l'agent de rang $n + 2$ à celui de rang $n + 1$ et enfin à celui de rang n ; pour la communication ascendante, la règle est inverse, l'information « remonte » du rang n au rang $n + 1$, puis $n + 2$.

Les observations montrent que, dans certaines circonstances, un agent de rang n informe directement son hiérarchique de rang $n + 2$ sans en avoir référé préalablement au hiérarchique de rang $n + 1$ comme le prévoit la règle officielle. On dit qu'il « court-circuite » ce hiérarchique. C'est ce « court-circuitage » qui fera l'objet d'une recherche d'explication. Pourquoi cet agent communique-t-il de cette façon ? Le hiérarchique de rang $n + 1$ était-il absent le jour de l'observation ? Peut-on considérer qu'il s'agit d'un oubli de la règle officielle ?

Pour parvenir à une compréhension fine du phénomène il faudra se poser d'autres questions. Cet agent court-circuite-t-il son hiérarchique direct systématiquement ? Sinon, dans quelles circonstances particulières le fait-il ? D'autres agents de même rang adoptent-ils ces mêmes formes de communication avec leurs chefs ? Est-ce vis-à-vis de tous les hiérarchiques de rang $n + 1$ ou uniquement vis-à-vis d'un seul d'entre eux ? Ces questions sont nécessaires car les observations qu'elles rendent possibles permettent de raisonner sur le degré de vraisemblance des différentes hypothèses.

Exemple 1.2

Le « bidouillage » des rondiers dans des sites de production nucléaire

Dans une entreprise nécessitant une surveillance des matériels potentiellement dangereux pour les personnels et l'environnement, les rondiers jouent un rôle important. Ils circulent en permanence dans les zones « sensibles » de l'entreprise. Leur fonction est très précisément définie par des règles qui doivent être appliquées strictement sous peine de sanctions. Ils doivent uniquement signaler au service maintenance le moindre incident qu'ils pourraient détecter, mais, du fait d'un manque de compétences techniques spécifiques, ils ne doivent jamais intervenir sur le matériel, même si l'incident leur paraît bénin et qu'ils pensent pouvoir y remédier (par exemple, resserrer les boulons d'une vanne qui fuit). Le strict respect de cette règle est justifié d'un point de vue rationnel : tout incident constitue un indicateur d'un problème d'usure prématurée du matériel. Une intervention sans analyse préalable des spécialistes peut conduire à des incidents plus graves si elle masque des effets indésirables sans pour autant agir sur les causes. Seuls des experts qualifiés peuvent intervenir après signalement par les rondiers.

ÉQUIPEMENT UTILISÉ DANS LA CONFISERIE

Le sucre, d'appellation scientifique saccharose et de formule chimique $C_{12}H_{22}O_{11}$, est très sensible à la chaleur. Il se transforme, se dégrade par hydrolyse avec l'eau en 2 molécules plus petites ($C_6H_{12}O_6$). Ces nouveaux produits formés sont hygroscopiques, ils absorbent l'eau contenue dans l'air rendant avec le temps les bonbons collants. Il faut donc éliminer l'eau de la solution sucre/sirop de glucose le plus rapidement possible.

Plusieurs techniques sont disponibles :

- la cuisson à feu nu
- la cuisson sous vide
- la cuisson en couche mince.

La **cuisson à feu nu** est la plus simple. La solution sucre/ sirop de glucose placée dans une casserole ou une bassine est chauffée au gaz directement.

La **cuisson sous vide** permet d'atteindre les mêmes concentrations mais à des températures inférieures, diminuant ainsi la dégradation du sucre. Le procédé est le suivant : sous agitation, cette solution sucre/sirop de glucose est chauffée à $140^{\circ}C$ dans une bassine à double-paroi où circule de la vapeur à $180^{\circ}C$. Lorsque la température est atteinte, la pâte obtenue est transférée dans une chambre à vide où la pression est continuellement à 0,2 atmosphères. Cette pâte entre en ébullition, perd son excès d'humidité et se refroidit à une température d'environ $115^{\circ}C$. Sa concentration est entre 97 et 99% de matières sèches.

La **cuisson en couche mince** est utilisée pour les fabrications réalisées en continu. Le principe de cette cuisson consiste à chauffer une fine couche de solution sucre/sirop de glucose sur une paroi chaude. Cette couche de sirop n'a qu'une épaisseur de 4 à 5 mm. Le transfert de chaleur s'effectue donc très rapidement, il suffit d'une dizaine de secondes pour atteindre la température de $145^{\circ}C$. La pâte obtenue tombe dans une chambre à vide où là également l'eau en excès s'évapore. La température de la pâte obtenue est de l'ordre de $125^{\circ}C$.

La pâte obtenue est encore à une température élevée, de l'ordre de 110 à 120°C. Elle a encore la consistance d'un fluide épais. Cette pâte est refroidie sur un marbre, table froide, bande inox pour abaisser sa température.

La masse plastique doit être effilée, calibrée, estampée pour donner la forme du bonbon. Suivant le matériel de mise en forme utilisé, la pâte passera par des jeux de **laminoirs** pour obtenir soit une bande, soit un boudin d'épaisseur ou de diamètre réguliers. Sous ces formes régulières la masse peut être pressée entre deux **cylindres creusés** aux formes finales du bonbon ou pressée entre deux **pistons** également aux formes finales du bonbon.

Il existe quatre grandes catégories de PAM.

1. Les PAM formant des hélices α -amphipatiques

Bien que ne présentant pas ou peu d'homologie de la structure primaire, de nombreux PAM de vertébrés et d'invertébrés montrent une forte tendance à se structurer en hélice α -amphiphile en présence de solvants polaires qui miment l'environnement membranaire lipidique. Une des faces de l'hélice renferme la majorité des acides aminés polaires ou chargés alors que les acides aminés hydrophobes sont situés sur la face opposée. Cette amphiphilie de structure leur confère une propriété commune, celle d'interagir avec les bicouches lipidiques de la membrane plasmique, d'en perturber l'organisation et d'induire la lyse cellulaire en perméabilisant la cellule aux ions. Les cécropines, initialement découvertes chez certains insectes (papillon *Hyalophora cecropia*), puis chez les mammifères, sont les représentants les plus primitifs de cette famille. Elles s'attaquent à de très nombreuses bactéries Gram+ et Gram- selon le mécanisme schématisé dans la figure 1-14. Très toxiques vis-à-vis des bactéries, les cécropines sont sans effet sur la membrane des cellules des eucaryotes, probablement à cause d'une composition chimique différente. Les PAM des insectes sont synthétisés dans le corps gras via la voie « Toll ».

La peau des amphibiens est une riche source de PAM appartenant à cette famille : la proxénopsine (ou XPF) et la procaeruléine (ou CFP) du xénope par exemple ; la XPF est l'équivalent de la neurotensine des mammifères et la CFP est le pendant de la gastrine/CCK, ce qui n'est pas surprenant dans la mesure où les PAM d'origine cutanée sont également présents dans le tractus gastro-intestinal des amphibiens. Des PAM homologues sont sécrétés par d'autres espèces d'amphibiens : la famille des bombinines dont le spectre d'activité est étroit (seules les Bactéries *E coli* et *Staphylococcus y* sont sensibles) et la dermaseptine qui s'attaque spécifiquement aux champignons mycéliens (*Aspergillus*) et aux protozoaires ciliés (*Leishmania*), mais pas aux bactéries.

2. Les PAMS à ponts disulfure formant des feuillets β : les défensines

Les défensines sont surtout produites par les phagocytes et sont de fait utilisées pour lyser les pathogènes après phagocytose (elles peuvent représenter jusqu'à 50 % du contenu des granules azurophiles des polynucléaires neutrophiles ; voir chapitre 2). Les 15 membres de cette famille (dont HNP-1 à 4 chez l'homme) possèdent 6 cystéines formant 3 ponts disulfure. Les défensines ont une activité cytotoxique sur une grande variété de micro-organismes : bactéries Gram+ et Gram-, nombreux champignons, ainsi que certains virus à enveloppe (*Herpes simplex*). Elles se replient en feuillets β -amphipatiques et, à l'instar des PAM à hélice α , elles constituent des pores transmembranaires conduisant à la cellule (voir figure 1-14).