

UNIVERSITE DE NANTES
FACULTE DE PHARMACIE

ANNEE 2005

N°64

THESE
pour le
DIPLÔME D'ETAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE

par

Anne BRISARD

Présentée et soutenue publiquement le 28 Octobre 2005

L'hyperhidrose : traitements et solutions

Président: Mr Alain PINEAU, Professeur de Toxicologie

Membres du jury: Mme Laurence COIFFARD, Professeur de Cosmétologie

Mr Jérôme Guillet, Pharmacien

TABLES DES MATIERES

<u>REMERCIEMENTS</u>	1
<u>INTRODUCTION</u>	7
<u>PREMIERE PARTIE : RAPPELS DE PHYSIOLOGIE</u>	8
I - LA PEAU	9
I-1 STRUCTURE	10
I-1-1 L'épiderme	10
I-1-2 Le derme	11
I-1-3 L'hypoderme	12
I-1-4 La jonction dermo-épidermique	12
I-2 RÔLES DE LA PEAU	13
I-2-1 Fonction de protection	13
I-2-1-1 La protection mécanique	13
I-2-1-2 La protection chimique et antimicrobienne	14
I-2-1-3 La photoprotection	14
I-2-2 Fonction d'excrétion	14
I-2-3 Fonction de thermorégulation	15
I-2-4 Fonction sensorielle	15
I-2-5 Fonction métabolique	15
II- LES ANNEXES CUTANÉES	15
II-1 L'APPAREIL PILOSÉBACÉ	15
II-1-1 Le follicule pileux	16
II-1-2 Les glandes sébacées	17
II-2 LES GLANDES SUDORIPARES	18
II-2-1 Les glandes eccrines	18
II-2-2 Les glandes apocrines	21

<u>DEUXIEME PARTIE : LA SUDATION</u>	24
I- LA SUDATION PHYSIOLOGIQUE	25
I-1 FORMATION DE LA SUEUR	25
<i>I-1-1 Elaboration de la sueur primitive</i>	25
<i>I-1-2 Elaboration de la sueur définitive</i>	26
I-2 COMPOSITION DE LA SUEUR	27
<i>I-2-1 Composition de la sueur eccrine</i>	27
<i>I-2-2 Composition de la sueur apocrine</i>	28
I-3 VOLUME DE SUEUR ÉMIS	28
I-4 RÔLES DE LA SUDATION	29
<i>I-4-1 Thermorégulation du corps</i>	29
<i>I-4-2 Maintien de l'hydratation cutanée</i>	30
<i>I-4-3 Elimination de certains déchets</i>	31
<i>I-4-3 Adhérence et préhension (rôle mécanique)</i>	31
<i>I-4-4 Propriétés antiseptiques et antifongiques</i>	31
<i>I-4-5 Photoprotection</i>	31
I-5 FACTEURS INFLUENÇANT LA SUDATION	32
<i>I-5-1 L'âge et le sexe</i>	32
<i>I-5-2 Le climat</i>	32
<i>I-5-3 La race</i>	32
<i>I-5-4 L'activité physique</i>	32
<i>I-5-5 Les états émotionnels</i>	33
<i>I-5-6 Certaines pathologies</i>	33
<i>I-5-7 Des substances pharmacologiques</i>	33
I-6 RÉGULATION	34
<i>I-6-1 La régulation nerveuse</i>	34
<i>I-6-2 La régulation hormonale</i>	36
<i>I-6-3 Régulation de la sécrétion apocrine</i>	36
II- LES ANOMALIES DE LA SÉCRÉTION SUDORALE	37
II-1 LES ANHIDROSES	37
II-2 LES HYPERHIDROSES	38
<i>II-2-1 Hyperhidrose généralisée</i>	38

II-2-2 <i>Hyperhidroses localisées</i>	39
II-2-2-1 Hyperhidrose palmaire	39
II-2-2-2 Hyperhidrose plantaire	40
II-2-2-3 Hyperhidrose axillaire	40
II-2-2-4 Autres localisations.....	41
II-3 LES BROMHIDROSES	41
II-4 LES CHROMHIDROSES	42
II-5 AUTRES ANOMALIES DE LA SUDATION.....	42
<u>TROISIEME PARTIE : LES TRAITEMENTS DE L'HYPERHIDROSE</u>	44
I- LES MESURES D'HYGIÈNE	45
I-1 DANS L'HYPERHIDROSE AXILLAIRE	45
I-2 DANS L'HYPERHIDROSE PLANTAIRE.....	45
II- LES TRAITEMENTS MÉDICAUX	46
II-1 QUELS MÉDICAMENTS UTILISER ?.....	46
II-1-1 <i>Les anxiolytiques</i>	46
II-1-2 <i>Les anticholinergiques</i>	47
II-1-3 <i>Autres</i>	47
II-2 HOMÉOPATHIE ET PHYTOTHÉRAPIE	47
II-2-1 <i>L'homéopathie</i>	47
II-2-2 <i>La phytothérapie</i>	48
II-2-2-1 La sauge (<i>Salvia officinalis</i>).....	48
II-2-2-2 Le noyer (<i>Juglans regia</i>)	48
II-3 L'IONOPHORÈSE	49
II-3-1 <i>Historique de cette technique</i>	49
II-3-2 <i>Mécanisme d'action de l'ionophorèse</i>	49
II-3-3 <i>Matériels et méthodes</i>	50
II-3-4 <i>Précautions d'emploi et contre-indications</i>	51
II-4 UTILISATION DE LA TOXINE BOTULIQUE	51
III- TRAITEMENT CHIRURGICAL	53
III-1 EXÉRÈSE DES GLANDES SUDORIPARES AXILLAIRES	54

III-2 LA SYMPATHECTOMIE	54
III-2-1 La sympathectomie endoscopique transthoracique.....	54
III-2-2 La sympathectomie lombaire.....	55
IV- UTILISATION DES PRODUITS COSMÉTIQUES	56
IV-1 LES DIFFÉRENTS PRODUITS	56
IV-1-1 Historique	58
IV-1-2 Les antitranspirants	58
IV-1-2-1 L'aluminium et ses sels.....	59
IV-1-2-1-1 Le chlorure d'aluminium (AlCl ₃ , 6H ₂ O)	60
IV-1-2-1-2 Le chlorhydrate d'aluminium (Al ₂ (OH) ₅ Cl, 2H ₂ O).....	60
IV-1-2-1-3 Les sels d'aluminium de lipoaminoacides	61
IV-1-2-1-4 Autres sels d'aluminium	62
IV-1-2-2 Les autres sels métalliques.....	63
IV-1-2-2-1 Les sels de zirconium.....	63
IV-1-2-2-2 Les sels de zinc	64
IV-1-2-2-3 Les sels de titane	64
IV-1-2-3 Les aldéhydes.....	64
IV-1-2-3-1 Le formaldéhyde ou formol (H-CHO).....	64
IV-1-2-3-2 Le glutaraldéhyde (CHO-(CH ₂) ₃ -CHO)	65
IV-1-2-4 Autres antitranspirants	65
IV-1-2-4-1 La méthéнанime.....	65
IV-1-2-4-2 Les tanins	66
IV-1-3 Les déodorants.....	70
IV-1-3-1 Les bactéricides.....	71
IV-1-3-1-1 Les phénols halogénés	71
IV-1-3-1-1-1 L'hexachlorophène.....	71
IV-1-3-1-1-2 Le triclosan	72
IV-1-3-1-1-3 Autres dérivés des chlorophénols.....	72
IV-1-3-1-2 Les dérivés halogénés de carbanilide	73
IV-1-3-1-3 Les dérivés halogénés de salicylanilide	73
IV-1-3-1-4 La chlorhexidine	74
IV-1-3-1-5 Les ammoniums quaternaires	74
IV-1-3-1-6 Les huiles essentielles.....	74

IV-1-3-1-7 L'acide undécylénique.....	75
IV-1-3-2 Les capteurs d'odeurs.....	76
IV-1-3-2-1 Les résines échangeuses d'ions	76
IV-1-3-2-2 Les sels de polyacides organiques	76
IV-1-3-2-3 Le Sinodor®	78
IV-1-3-3 Les antioxydants	78
IV-1-3-4 Les inhibiteurs enzymatiques.....	78
IV-1-3-5 Les chélateurs métalliques	79
IV-1-3-6 Les absorbants.....	80
IV-1-3-7 Les modificateurs de pH	80
IV-2 LES DIFFÉRENTS TYPES DE PRÉSENTATIONS COSMÉTIQUES	85
IV-2-1 Les aérosols	85
IV-2-2 Les atomiseurs vaporisateurs	86
IV-2-3 Les sticks.....	86
IV-2-4 Les flacons à billes ou « roll-on ».....	87
IV-2-5 Les poudres.....	88
IV-2-6 Les crèmes.....	88
IV-2-7 Les gels	88
IV-2-8 Les lotions.....	88
IV-2-9 Les savons.....	89
IV-2-10 Les lingettes	89
IV-3 LES EFFETS INDÉSIRABLES	89
IV-3-1 L'irritation cutanée	89
IV-3-2 Le risque allergique.....	90
IV-3-3 La corrosion vestimentaire	91
IV-3-4 L'aluminium et maladie d'Alzheimer.....	91
IV-3-5 Les déodorants et risque cancérigène	92
<u>CONCLUSION</u>	94
<u>LISTE DES FIGURES</u>	95
<u>LISTE DES TABLEAUX</u>	96
<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	97

INTRODUCTION

Phénomène physiologique normal, la transpiration permet au corps de maintenir son équilibre thermique. Mais pour les nombreuses personnes qui transpirent de façon excessive, la sensation de mains moites, de pieds humides et les odeurs axillaires peuvent entraîner un handicap certain.

Au fil des ans, la socialisation a encouragé de plus en plus les gens à utiliser des produits pour limiter la transpiration et lutter contre les odeurs qui lui sont liées.

Les habitudes d'hygiène corporelle varient fortement à travers le monde. Dans certains pays, les hommes considèrent la transpiration comme naturelle et partie intégrante de l'homme alors que dans d'autres, les odeurs corporelles sont considérées comme totalement inacceptables. Ainsi, dans certaines régions d'Asie, les gens se frottent les aisselles avec des cristaux d'alun broyés, très similaires aux ingrédients actifs présents dans les antitranspirants modernes. Dans certains pays, les gens appliquent du jus de citron vert avec la main, et en Russie, le vinaigre de pomme est un remède traditionnel.

A mesure que le niveau d'hygiène s'est élevé, la tolérance olfactive pour les odeurs corporelles a diminué, en suscitant aujourd'hui l'utilisation généralisée de déodorants.

Dans une première partie nous étudierons la physiologie de la peau et des glandes sudoripares. Puis, nous nous intéresserons au phénomène de sudation, à ses fonctions, sa régulation ainsi qu'aux pathologies qui découlent de son dérèglement. Enfin, nous verrons comment remédier au problème de la transpiration excessive qui tourmente bon nombre d'entre nous, en abordant les techniques médicales et chirurgicales de plus en plus utilisées mais aussi les produits cosmétiques présents sur le marché.

PREMIERE PARTIE :
RAPPELS DE PHYSIOLOGIE

I - La peau

La peau, aussi appelée tégument (du latin *tegumentum*, couverture), est un organe membraneux souple qui recouvre la surface de notre corps. Elle occupe une surface d'environ 2m² chez un adulte de taille moyenne et pèse en moyenne 4 kg, ce qui en fait l'organe le plus étendu et le plus lourd de l'organisme [56].

Son architecture est complexe et elle se compose de trois couches (figure 1). On trouve de la surface vers la profondeur :

- l'épiderme, couche stratifiée superficielle ;
- le derme, tissu de soutien de nature fibreuse traversée par de nombreux nerfs et vaisseaux ;
- l'hypoderme, le tissu le plus profond aussi appelé tissu sous-cutané qui correspond à une couche adipeuse sur laquelle repose le derme.

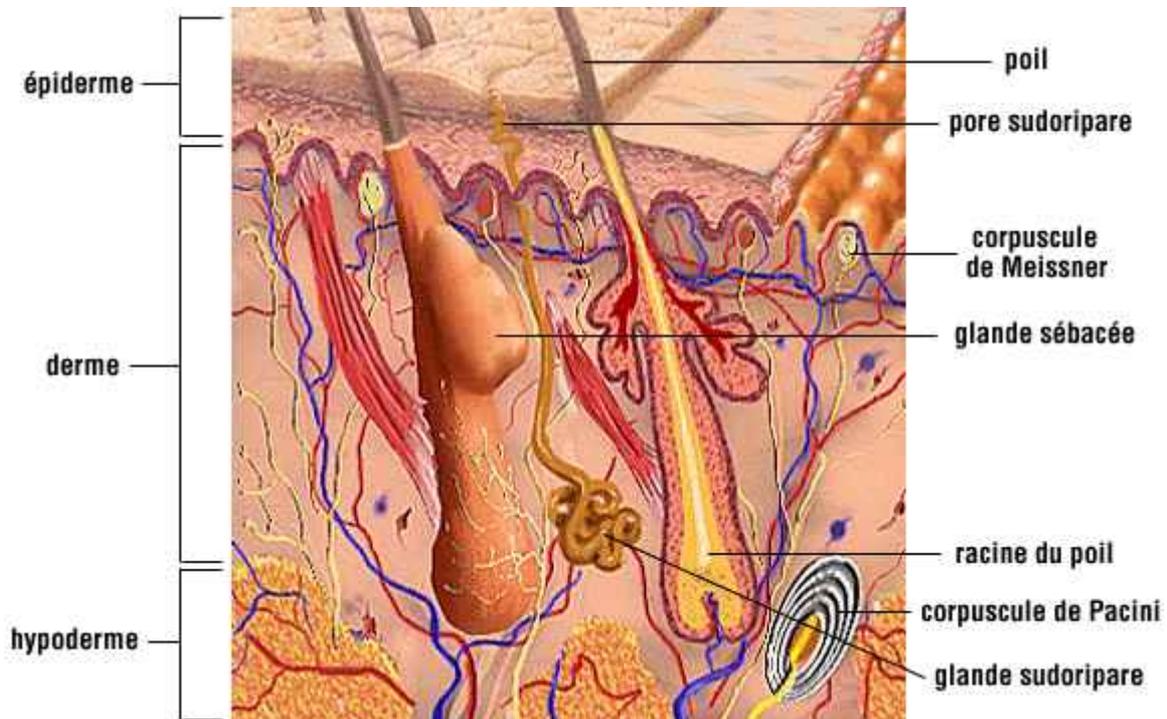


Figure 1: Structure de la peau [82]

Chacune de ces couches a sa physiologie et ses fonctions propres.

I-1 Structure

I-1-1 L'épiderme

L'épiderme est un épithélium pavimenteux (les cellules sont plates), stratifié (constitué de plusieurs assises cellulaires) et kératinisé, constituant la partie la plus superficielle de la peau. Son épaisseur est variable : de 0,05 mm au niveau des paupières, jusqu'à 1,5 mm au niveau de la plante des pieds et la paume des mains [56].

D'un point de vue histologique, on distingue de la superficie vers la profondeur :

- le *Stratum corneum* ou couche cornée ;
- le *Stratum lucidum* ou couche claire ;
- le *Stratum granulosum* ou couche granuleuse ;
- le *Stratum spinosum* ou couche épineuse ;
- le *Stratum germinatum* ou couche basale.

La couche cornée est formée de nombreuses couches de cellules plates, kératinisées, dépourvues de noyaux, d'organites cytoplasmiques et de kératohyaline. Ces cellules sont appelées cornéocytes [56].

On distingue deux couches différentes de cornéocytes : la couche compacte, d'une part, au sein de laquelle les cellules, reliées les unes aux autres par les cornéodesmosomes, assurent la fonction barrière de l'épiderme et la couche desquamante, d'autre part, où les cellules perdent leur cohésion entre elles et se détachent (c'est le phénomène de desquamation). Les cornéocytes sont ainsi éliminés continuellement par ce phénomène naturel ou qui fait suite à des agressions externes [36].

La couche claire n'existe qu'au niveau palmo-plantaire et est constituée de plusieurs assises de cellules plates et claires d'aspect homogène.

La couche granuleuse est formée de deux à cinq couches de kératinocytes aplatis, possédant un noyau ovale. Leur cytoplasme contient des granules de kératohyaline.

La couche épineuse se subdivise en cinq à six couches cellulaires, constituées de kératinocytes volumineux, polygonaux, à gros noyaux. Cette couche est également appelée corps muqueux de Malpighi.

La couche basale est une assise monocellulaire de kératinocytes cylindriques, qui reposent sur la jonction dermo-épidermique et sont reliés entre eux par des desmosomes. Ces cellules germinatives assurent le renouvellement de l'épiderme par leur activité mitotique intense.

La majorité des cellules de l'épiderme sont les **kératinocytes**, mais on trouve également des cellules appelées **mélanocytes** dont le cytoplasme est riche en grains de mélanine qui protège l'ADN de l'action des rayons ultraviolets et qui est responsable de la pigmentation.

La couche basale contient également des cellules neuroendocrines appelées **cellules de Merkel** impliquées dans la fonction du tact, essentiellement au niveau palmo-plantaire, de la pulpe des doigts, du nez et des lèvres.

Enfin, l'épiderme contient des cellules participant au système immunitaire : les **cellules de Langerhans**.

L'épiderme est dépourvu de vaisseaux sanguins et lymphatiques, mais renferme de nombreuses terminaisons nerveuses [18, 56, 68].

I-1-2 Le derme

D'une épaisseur de 0,5 à 2,5 mm, le derme, ou chorion, est situé sous l'épiderme et renferme les annexes cutanées : glandes sudoripares, follicules pileux, glandes sébacées et ongles.

C'est un tissu fibreux, élastique qui constitue le support solide de la peau [56].

Il se compose de 2 couches :

- le derme papillaire, constitué de tissu conjonctif lâche, très vascularisé, situé en surface. Il est riche en fines fibres de collagène entrelacées. C'est à ce niveau que s'effectuent les échanges nutritifs avec les couches profondes de l'épiderme ;

- le derme réticulaire, plus épais, contenant de nombreuses fibres de collagène et d'élastine. C'est également à ce niveau que se trouvent les glandes sébacées, les glandes sudoripares et les follicules pileux.

Les cellules majoritaires du derme sont les fibroblastes, cellules qui synthétisent le collagène, l'élastine, la substance fondamentale et les glycoprotéines de structure.

On trouve également des leucocytes, des mastocytes et des macrophages, impliqués dans la défense non spécifique et la surveillance immunitaire [56].

I-1-3 L'hypoderme

L'hypoderme est le compartiment le plus profond et le plus épais de la peau. Il s'invagine dans le derme et est rattaché au derme sus-jacent par des fibres de collagène et d'élastine. Il est essentiellement constitué d'un type de cellules spécialisées dans l'accumulation et le stockage des graisses : les adipocytes.

Le tissu adipeux contient également du tissu conjonctif dans lequel se trouvent des fibroblastes particuliers, les préadipocytes, cellules précurseurs des adipocytes [36, 56].

I-1-4 La jonction dermo-épidermique

C'est une zone sinueuse, complexe, qui permet l'adhérence de l'épiderme au derme. Elle est l'intermédiaire entre le tissu épithélial et le tissu conjonctif.

Elle comprend :

- la membrane plasmique des cellules de la couche basale de l'épiderme ;
- la zone claire (*Lamina lucida*), constituée principalement d'une glycoprotéine : la laminine ;
- la zone dense (*Lamina densa*) constituée principalement de collagène de type IV ;

- la zone fibreuse, contenant des fibres de collagène, un réseau de microfibrilles et des filaments d'ancrage [36].

La jonction dermo-épidermique se distingue par la présence d'ancrages caractéristiques. Du côté de l'épiderme, la jonction est assurée par les hémidesmosomes. Du côté du derme, celle-ci est assurée par des fibres de collagène [56].

Grâce aux papilles dermiques, elle constitue une surface d'échange considérable entre les deux tissus. Cette jonction est un filtre de diffusion vis-à-vis des éléments nutritifs et métaboliques qui circulent entre le derme et l'épiderme [68].

I-2 Rôles de la peau

La peau est un organe complexe aux fonctions multiples [68].

I-2-1 Fonction de protection

La fonction essentielle de la peau est la protection de l'organisme contre les agressions extérieures. On distingue plusieurs types de protection.

I-2-1-1 La protection mécanique

Ce rôle est assuré par les trois couches de la peau [36, 56].

L'épiderme, grâce à sa solidité due à la présence de kératine, confère à la peau une résistance à la friction et aux traumatismes. Par ailleurs, il présente une certaine extensibilité, qui dépend essentiellement de son hydratation et qui lui permet de résister aux distensions.

Le derme présente une certaine élasticité et extensibilité dues à sa structure fibreuse et élastique. Il maintient la tension de la peau et protège les réseaux vasculaires et nerveux.

L'hypoderme joue un rôle d'amortisseur, dû à la composition du tissu adipeux. Il protège les muscles et les organes profonds.

I-2-1-2 La protection chimique et antimicrobienne

Elle est assurée essentiellement par la couche cornée.

Cette fonction de défense est dévolue:

- à la kératine, structure très résistante aux agents chimiques ;
- au film hydrolipidique de surface dont le pH acide entrave la prolifération bactérienne ;
- à la flore résidente qui limite la croissance de germes pathogènes ;
- à la desquamation qui élimine en permanence les bactéries adhérentes [36, 68].

I-2-1-3 La photoprotection

C'est l'épiderme qui assure la protection naturelle contre le soleil. Celle-ci est liée à plusieurs molécules :

- l'acide urocanique contenu dans la sueur et qui joue le rôle de filtre par absorption des UVB ;
- la mélanine, véritable filtre solaire naturel qui réfléchit, disperse et absorbe plus de 90 % des rayons UV qui ont franchi la couche cornée. De plus, elle neutralise les radicaux libres générés par les UV.

Par ailleurs, la barrière cornée joue un rôle dans la photoprotection en réfléchissant, diffractant ou absorbant les rayonnements qui arrivent à la surface de la peau [36, 68].

I-2-2 Fonction d'excrétion

La peau est un organe épurateur qui permet l'excrétion, en particulier de dioxyde de carbone, d'urée, de fer et de cholestérol. Par ailleurs, la peau permet une élimination d'eau par la perspiration ou perte insensible en eau et par la transpiration, soit environ 500 à 700 g par jour [27, 39].

I-2-3 Fonction de thermorégulation

Les vaisseaux sanguins dermiques et les glandes sudoripares, sous le contrôle du système nerveux, jouent un rôle important dans le maintien de la température du corps [27, 68].

I-2-4 Fonction sensorielle

La peau est l'organe sensoriel le plus étendu du corps. Les récepteurs sensoriels cutanés réagissent à la température, au toucher, à la pression et aux stimuli de la douleur [27].

I-2-5 Fonction métabolique

La vitamine D est synthétisée dans l'épiderme sous l'influence des UVB.

Par ailleurs, le tissu adipeux sous-cutané est une réserve importante d'énergie, essentiellement sous la forme de triglycérides [27].

II- Les annexes cutanées

Les annexes cutanées se répartissent en trois groupes distincts :

- l'appareil pilosébacé ;
- les glandes sudoripares ;
- l'ongle.

II-1 L'appareil pilosébacé

L'appareil pilo-sébacé (figure 2) est une entité anatomique et fonctionnelle qui comprend :

- le poil, lui-même inclus dans le follicule pileux ;
- les annexes que sont le muscle pilo-moteur, ou muscle arrecteur et les glandes sébacées [68].

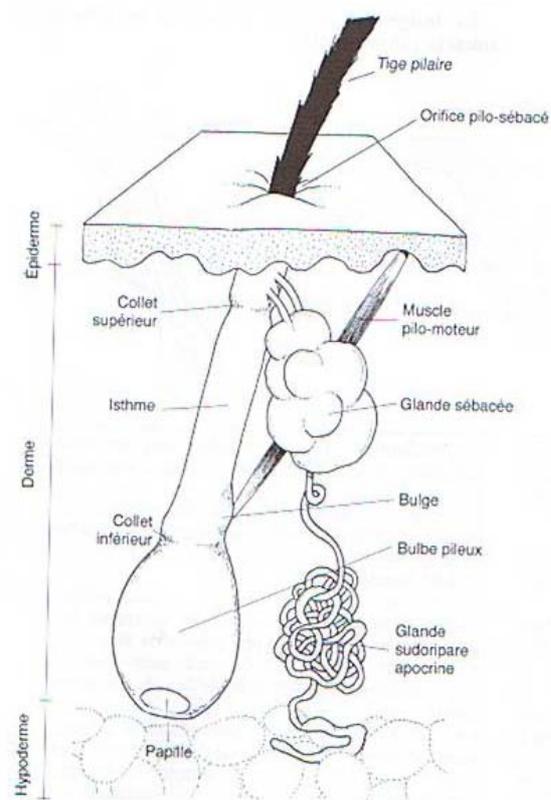


Figure 2: Morphologie de l'appareil pilo-sébacé [68]

II-1-1 Le follicule pileux

Le follicule pileux correspond à une cavité dans laquelle sera logé le poil. Il est formé par l'invagination des cellules du corps muqueux de Malpighi dans le derme voire l'hypoderme [36].

Le poil présente une partie visible, la tige, qui est en continuité avec la racine, partie profonde cachée dans la peau, logée dans le follicule pileux. Dans sa partie inférieure, le follicule se renfle pour former le bulbe pileux [68].

Le poil est un filament de kératine flexible qui comporte trois couches [24, 36] :

- la moelle au centre, présente dans les poils matures ;

- le cortex, ou écorce, entoure la moelle. Il est résistant et donne au poil sa couleur ;

- la cuticule, couche la plus externe, écailleuse.

Les poils sont disséminés sur tout le corps, à l'exception des régions palmaires et plantaires, de la face latérale des doigts et des muqueuses génitales [24, 36].

Le muscle arrecteur du poil (ou muscle horripilateur) est un faisceau de fibres musculaires lisses, partant du derme papillaire et s'insérant sur le follicule pileux au niveau d'un petit renflement appelé bulge. La contraction de ce muscle, innervé par le système nerveux sympathique, entraîne le redressement du poil (c'est l'horripilation ou phénomène de « chair de poule ») [24, 56].

II-1-2 Les glandes sébacées

Ce sont des glandes exocrines qui sont réparties dans toutes les zones de peau, exceptées les zones dépourvues de poil (paumes des mains, plantes des pieds et lèvre inférieure). En effet, elles sont généralement annexées à un follicule pileux. Leur répartition n'est pas homogène à la surface du corps: la plus forte densité se situe au niveau du visage [24].

Cependant, certaines sont indépendantes des poils et s'ouvrent directement à la surface (au niveau des paupières, des lèvres, du mamelon, du prépuce et des muqueuses génitales de la femme) [24, 36].

Les glandes sébacées se situent dans le derme, dans l'angle que forme le follicule pilo-sébacé avec l'épiderme. Elles sécrètent une substance lipidique, le sébum, qui agit comme un agent imperméabilisant et hydratant pour la surface cutanée et les poils et qui participe à l'élaboration du film hydrolipidique de surface.

Le sébum possède des propriétés fongistatiques et bactériostatiques. Il constitue également un bon moyen de protection contre le rayonnement solaire et contre les agressions cutanées par des solutions acides.

La sécrétion sébacée est pratiquement nulle chez l'enfant, atteint son maximum vers la puberté, reste constante à l'âge adulte et diminue après la cinquantaine [56, 68].

II-2 Les glandes sudoripares

On distingue deux types de glandes sudorales : les glandes eccrines, d'une part, réparties sur tout le corps et les glandes apocrines, d'autre part, plus localisées et annexées à un follicule pileux.

Leur structure et leur sécrétion diffèrent.

II-2-1 Les glandes eccrines

Les glandes sudoripares eccrines sont au nombre de 3 à 5 millions et sont présentes sur toute la surface du corps, excepté les lèvres, le gland et le lit unguéal. Leur nombre diminue avec l'âge. Elles produisent et déversent la sueur directement à la surface de la peau.

Chez l'adulte, la densité moyenne des glandes eccrines est de 100 à 200/cm². Cette densité varie selon leur localisation (tableau I). Les régions palmo-plantaires sont les plus riches en glandes eccrines (environ 600/cm²) et possèdent les pores les plus volumineux, ce qui permet une bonne préhension grâce à une humidification permanente de la surface cutanée [56, 77].

Localisation	Densité des glandes eccrines par cm²
Plante des pieds	620
Front	360
Joues	320
Dos du pied	250
Avant bras	225
Abdomen et crâne	190
Poitrine	175
Dos et fesses	160
Jambes et bras	150
Cuisse	120

Tableau I : Densité moyenne des glandes eccrines par cm² [73]

Les glandes sudoripares sont des glandes exocrines tubuleuses simples (figure 3). Elles mesurent environ 5 mm de long et se composent de deux parties.

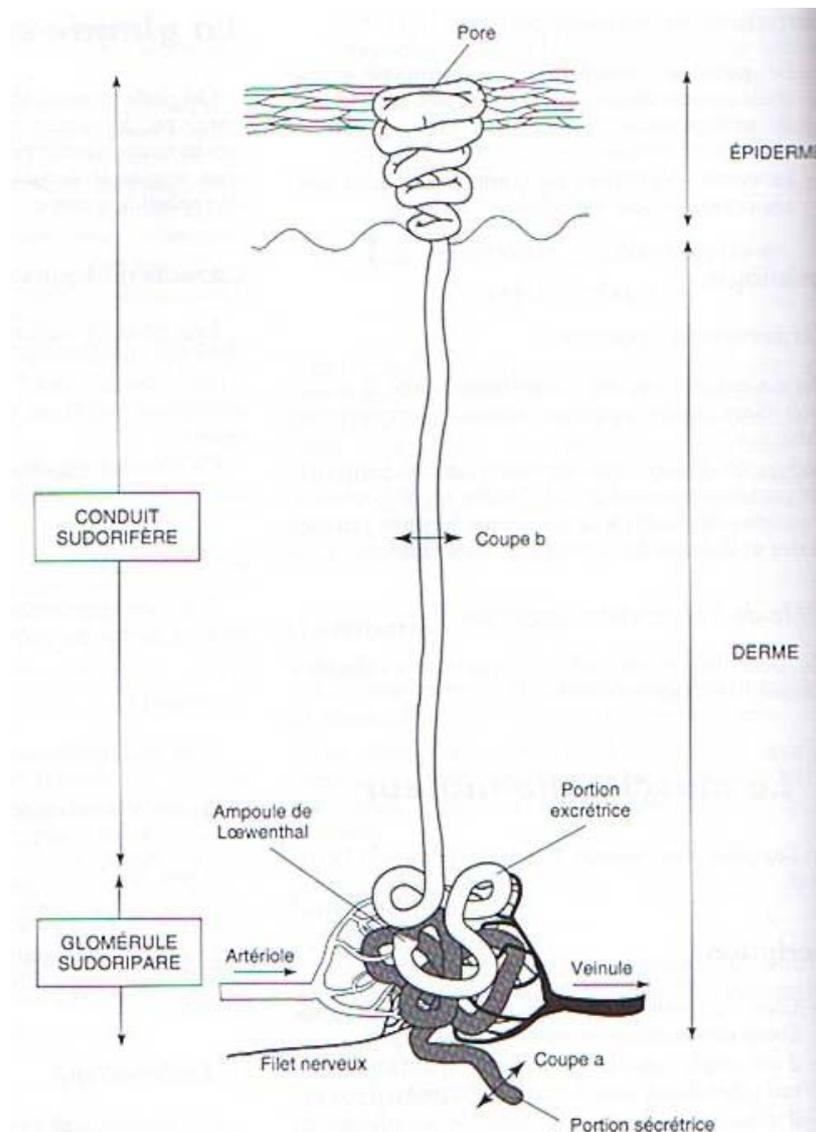


Figure 3: Structure générale de la glande eccrine [68]

La partie sécrétrice (glomérule sudoripare) est située dans le derme profond et correspond à l'enroulement du tube sur lui-même formant ainsi le glomérule. C'est dans cette partie sécrétrice que se forme la sueur primitive. Ce glomérule comporte lui-même deux

parties : une partie sécrétrice qui correspond aux 2/3 initiaux du peloton et une partie excrétrice correspondant au 1/3 suivant [56, 68].

Le conduit sudorifère, ou canal excréteur d'autre part, prolonge le glomérule sudorifère en traversant le derme, puis l'épiderme. Le canal excréteur dermique pénètre dans l'épiderme habituellement au niveau d'une crête épidermique intrapapillaire. Sa structure se modifie alors profondément en un conduit spiralé se terminant par le pore. C'est dans ce conduit que la sueur primitive va subir des phénomènes de réabsorption et de sécrétion pour aboutir à la formation de la sueur définitive [56, 68, 77].

La paroi du peloton sécrétoire est formée de cellules claires, de cellules sombres et de cellules myoépithéliales (figure 4). Les cellules claires reposent sur une membrane basale ou sur une couche discontinue de cellules myoépithéliales. Le sommet de ces cellules n'atteint pas la lumière centrale de la glande et leur sécrétion est alors déversée dans les canalicules intercellulaires situées entre les cellules claires [56].

Le glomérule sudoral comporte lui-même deux parties distinctes qui ont respectivement une fonction sécrétrice et excrétrice. La partie sécrétrice est constituée d'une double population cellulaire, vraisemblablement caractérisée par des états fonctionnels différents. La première correspond aux cellules périphériques, claires, acidophiles, riches en glycogène, implantées sur une membrane basale épaisse, doublée de quelques cellules myoépithéliales et d'un riche réseau vasculonerveux. La deuxième population est formée de cellules sombres, basophiles qui sont plutôt orientées vers la lumière glandulaire et qui sont riches en protéoglycanes. Leur absence congénitale semble associée à une hypohidrose et à une thermolyse déficiente [70].

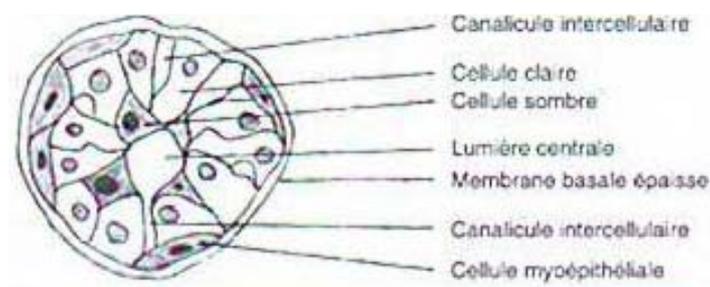


Figure 4 : Structure microscopique de la paroi du peloton sécrétoire de la glande eccrine [56]

Le canal excréteur est formé de deux assises cellulaires posées sur une membrane basale amincie (figure 5). Dans son trajet intra-épidermique, les deux rangées de cellules et la membrane basale disparaissent, la lumière du canal est alors bordée par des cellules de structure voisine aux kératinocytes : c'est l' Epidermal Sweat Duct Unit de Pinkus [36, 56, 68].

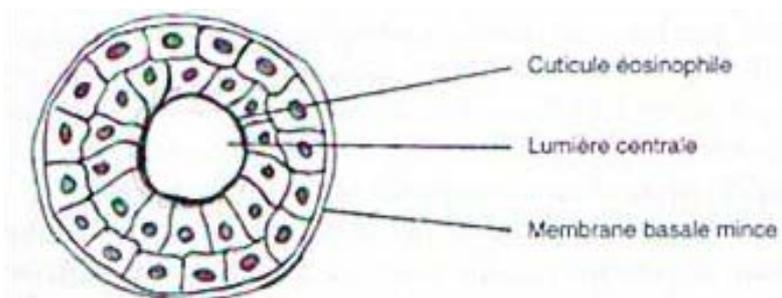


Figure 5: Structure microscopique du canal excréteur de la glande eccrine [56]

Les glandes eccrines sécrètent une sueur totalement limpide et sont responsables de la plus grande partie de la sécrétion sudorale [56].

II-2-2 Les glandes apocrines

Les glandes apocrines sont toujours liées à un follicule pileux (figure 6). Elles sont exclusivement localisées au niveau des aréoles mammaires, des régions axillaires et génitales. Elles ne deviennent fonctionnelles qu'à la puberté et sont en nombre réduit par rapport aux glandes eccrines [68].

Il existe par ailleurs des glandes apocrines spécialisées, localisées au niveau du conduit auditif externe, qui sécrètent le cérumen [68].

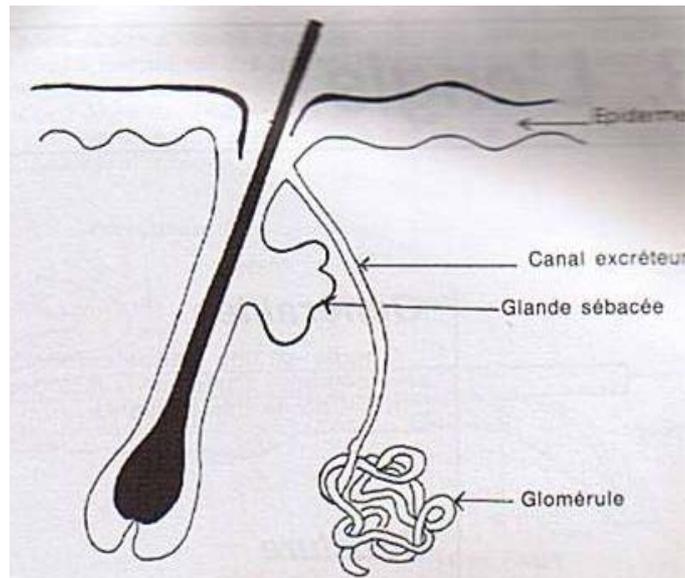


Figure 6 : Structure générale de la glande sudoripare apocrine [36]

Ce sont des glandes tubulaires situées dans le derme profond, de structure analogue à celle des glandes eccrines, mais leur conduit sécrétoire est plus large et débouche dans l'entonnoir folliculaire, au-dessus du canal excréteur de la glande sébacée [56, 68].

Le peloton sécrétoire, de grande taille, comportant des prolongements borgnes, est composé d'une seule couche de cellules cylindriques à noyau basal. Ces cellules renferment de nombreux granules pigmentés d'apparence jaune-brun. Aussi, suivant l'intensité des granulations, la sueur excrétée peut être plus ou moins pigmentée et c'est ainsi qu'ont été observés des cas de sueurs colorées en noir. Les produits sécrétés s'éliminent par un conduit excréteur ou sudorifère, à double assise de cellules cuboïdales (ressemblant à celles des glandes eccrines), dans l'infundibulum d'un poil axillaire ou génital et non à la surface cutanée comme c'est le cas dans la sudation eccrine [62, 70].

La sueur sécrétée est laiteuse, visqueuse et inodore au départ, devenant malodorante après dégradation à la surface de la peau par des bactéries commensales. Killian et Panzerella ont montré qu'en filtrant la sueur apocrine sur une bougie et en la conservant dans un milieu stérile, il n'y avait pas formation de mauvaises odeurs, ce qui montre bien que les odeurs proviennent de la dégradation des composants par les bactéries [18, 63].

Elle est se distingue de la sueur eccrine par sa composition. En effet, elle est plus riche en lipides et son pH est peu ou pas acide.

Son rôle est encore mal défini. Cette sécrétion serait le véhicule de messages olfactifs spécifiques de chaque individu.

DEUXIEME PARTIE :
LA SUDATION

I- La sudation physiologique

I-1 Formation de la sueur

La production de la sueur telle qu'elle est émise à la surface de la peau s'effectue en deux temps. Il y a tout d'abord formation de la sueur primitive, puis formation de la sueur définitive.

I-1-1 Elaboration de la sueur primitive

Cette étape se déroule au niveau de la partie sécrétoire du peloton de la glande eccrine. La sueur primitive y est fabriquée par les cellules claires, à partir du plasma provenant de la riche vascularisation périglandulaire.

Le phénomène essentiel est le passage du sodium du sang vers le canalicule à travers la cellule.

L'acétylcholine, sécrétée par les terminaisons nerveuses orthosympathiques, induit une augmentation de la perméabilité de la membrane cytoplasmique. Cela entraîne une entrée de sodium extracellulaire, qui active l'ATPase $\text{Na}^+\text{-K}^+$ -dépendante située dans la membrane plasmique bordant le canalicule (figure 7). Grâce à cette pompe le sodium est alors excrété hors de la cellule, dans le canalicule. L'eau suit passivement, attirée par le gradient osmotique ainsi créé. Ce fluide atteint la lumière centrale du tube sudoral : c'est la sueur primitive [56].

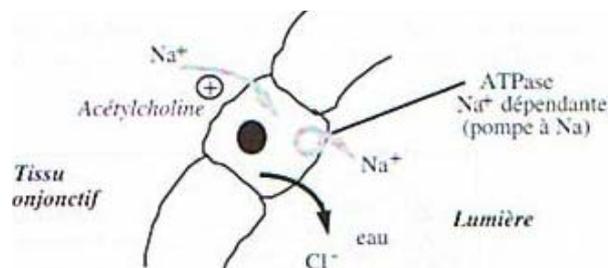


Figure 7 : La pompe Na^+ , ATP dépendante [56]

Cette sueur est isotonique au plasma et contient 140 mM de sodium [56].

I-1-2 Elaboration de la sueur définitive

Dès le 1/3 distal du peloton sudoripare, la sueur primitive commence à changer de composition en raison des phénomènes de réabsorption qui se poursuivent tout au long du canal intradermique avec une intensité décroissante [73].

Les cellules externes du canal possèdent une pompe Na^+ , K^+ -ATP dépendante (figure 8) et possèdent donc le pouvoir de rejeter le sodium à l'extérieur de la cellule dans le tissu conjonctif interstitiel péri-tubulaire. Ce sodium, présent dans la sueur primitive, était préalablement entré dans les cellules de façon passive, grâce au gradient ionique lumière - cytoplasme. Cette réabsorption de sodium est suivie par une sortie d'eau.

D'autre part, les ions Na^+ sont échangés contre des ions H^+ qui sont sécrétés dans la lumière, ce qui confère le caractère acide à la sueur définitive, d'autant plus que le débit sudoral est faible. La forte teneur en acides lactique et pyruvique, résultat du travail des cellules claires, contribue aussi à cette acidité [4].

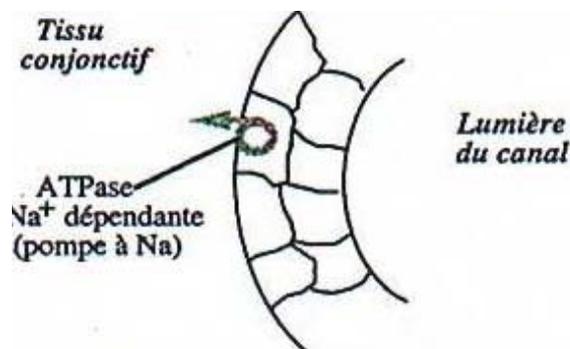


Figure 8: La pompe Na^+ , K^+ -ATP dépendante [56]

Toutefois, le processus de réabsorption du sodium est limité, de sorte qu'en cas de sudation profuse, les capacités de réabsorption sont débordées et la concentration en NaCl de la sueur finale augmente linéairement avec la quantité de sueur émise. Ainsi, la sueur est plus salée quand la sudation est abondante [4].

La sueur définitive est toujours hypotonique par rapport au plasma (7 à 80 mM de sodium).

I-2 Composition de la sueur

I-2-1 Composition de la sueur eccrine

La composition de la sueur varie d'une personne à une autre, d'un moment à un autre de la journée et d'un site du corps à un autre.

La sueur est une des sécrétions les plus aqueuses de l'organisme. On y retrouve la plupart des constituants du plasma, mais dilués [56, 73].

C'est un liquide incolore, de saveur plus ou moins salée, de pH est compris entre 4 et 6,5. Son odeur est très variable, généralement faible [38].

Elle se compose de 99 % d'eau, 0,5 % de substances minérales (chlorure de sodium, chlorure de potassium et des traces de calcium, magnésium, cuivre, phosphore, fer) et de 0,5% de substances organiques (urée, ammoniacque, acides aminés, acide lactique, acide pyruvique, acide urocanique qui lui confèrent un pH acide) [56, 68].

Les concentrations des constituants majoritaires sont indiquées dans le tableau II.

Constituants	Concentration
Cl ⁻	5-70 mM
Na ⁺	7-80 mM
K ⁺	4-24 mM
Urée	0,15-0,25 mg/mL
NH ₄ ⁺	0,5-8 mM
Acide lactique	10-40 mM
Protéines	20-77 mg/ 100 mL

Tableau II : Concentration des principaux constituants de la sueur eccrine [56]

On trouve également des substances exogènes qui peuvent être éliminés par la sueur : des toxiques, des colorants, des vitamines, de l'alcool...[38, 56]

Enfin, elle excrète certains principes actifs (griséofulvine, kétoconazole), permettant leur action thérapeutique à la surface cutanée [5].

I-2-2 Composition de la sueur apocrine

La sueur sécrétée par les glandes apocrines est fondamentalement différente de la sueur eccrine. Elle est peu ou pas acide (pH allant de 6,2 à 7,5) [56].

Elle contient de l'eau, de l'ammoniaque (en plus grande quantité que la sueur eccrine), des protéines, des pigments et des lipides (squalène, glycérides, acides gras, cholestérol, esters de cholestérol) [36, 56, 63].

I-3 Volume de sueur émis

Il est difficile d'évaluer le débit sudoral d'un individu.

L'excrétion sudorale est pulsatile. Sa fréquence est de 0,3 à 12 émissions par minute, selon les individus, les circonstances et les régions corporelles. La glande n'excrète de la sueur que d'une façon intermittente, cyclique, sous forme de décharges périodiques, entrecoupées de repos, avec une alternance de travail des différents groupes glandulaires. Même dans les cas de sudation profuse, environ 50% des pores sudoraux restent secs [4, 73, 77].

La sécrétion sudorale est variable et peut, selon les circonstances, passer de 1,3 L/jour au repos à plus de 10 L/jour dans des conditions extrêmes [77].

La peau est également le siège d'une perte d'eau insensible appelée perspiration. Celle-ci est continue et entraîne l'évacuation d'environ 600 mL d'eau sous forme de vapeur par les orifices sudoraux ou à travers l'épiderme. Cette élimination permanente de sueur est invisible à l'œil nu, puisqu'immédiatement évaporée [77].

I-4 Rôles de la sudation

On s'intéressera essentiellement aux rôles de la sueur eccrine. En effet, la sueur apocrine a un rôle encore mal défini, les études étant gênées par la présence des glandes eccrines voisines, beaucoup plus réactives et dont la sécrétion est plus abondante.

Chez les Mammifères, les glandes apocrines interviennent en tant que système de reconnaissance olfactif entre les individus, surtout en ce qui concerne la sexualité. Chez l'homme, la sueur apocrine servirait de véhicule d'odeurs spécifiques à chaque individu [56].

I-4-1 Thermorégulation du corps

Le rôle pratiquement exclusif de la sécrétion sudorale est d'éliminer de la chaleur, pour maintenir constante la température du corps : c'est la thermolyse [68].

Pour éliminer la chaleur, l'organisme dispose de différents mécanismes :

- convection et conduction, c'est-à-dire évacuation de chaleur par les mouvements de l'air pulmonaire ou par l'air en contact avec le tégument, si la température de l'air est plus basse que celle de la peau ;
- radiation, c'est-à-dire production de rayonnements par le tégument vers des objets plus froids ;
- évaporation de l'eau à partir des voies respiratoires et de la sueur à la surface cutanée grâce à la perspiration et à l'action des glandes sudoripares (sudation) [22, 38, 79].

Lorsque la température extérieure est supérieure à 37°C, l'évaporation (sudorale ou pulmonaire) représente le seul moyen d'évacuer la chaleur. De même, au cours d'efforts physiques, l'évacuation thermique est possible par convection, conduction et radiation mais souvent insuffisante et l'évaporation de la sueur est le principal moyen de lutte contre l'élévation thermique [22, 79].

Le conduit sudoral peut être assimilé à un caloduc, le plus efficace des conducteurs thermiques (figure 9).

Nadel puis Thiele ont émis l'hypothèse que les glandes sudorales pourraient être actives, même en l'absence de sudation visible, selon le mécanisme du caloduc (*heat pipe*). Dans ce modèle, la sueur s'évapore à la partie profonde du canal excréteur et la vapeur d'eau chemine dans le canal vers la surface. Au cours de son ascension, néanmoins, une partie va se

condenser au contact de parois plus froides, puisqu'il existe dans la peau un gradient thermique non négligeable. L'eau de condensation redescend dans le canal par capillarité ou électro-osmose (en raison du gradient de concentration de NaCl entre les extrémités du canal), et le cycle recommence. Le résultat est un transfert de chaleur vers la surface à très grande efficacité et coût énergétique pratiquement nul [4, 5].

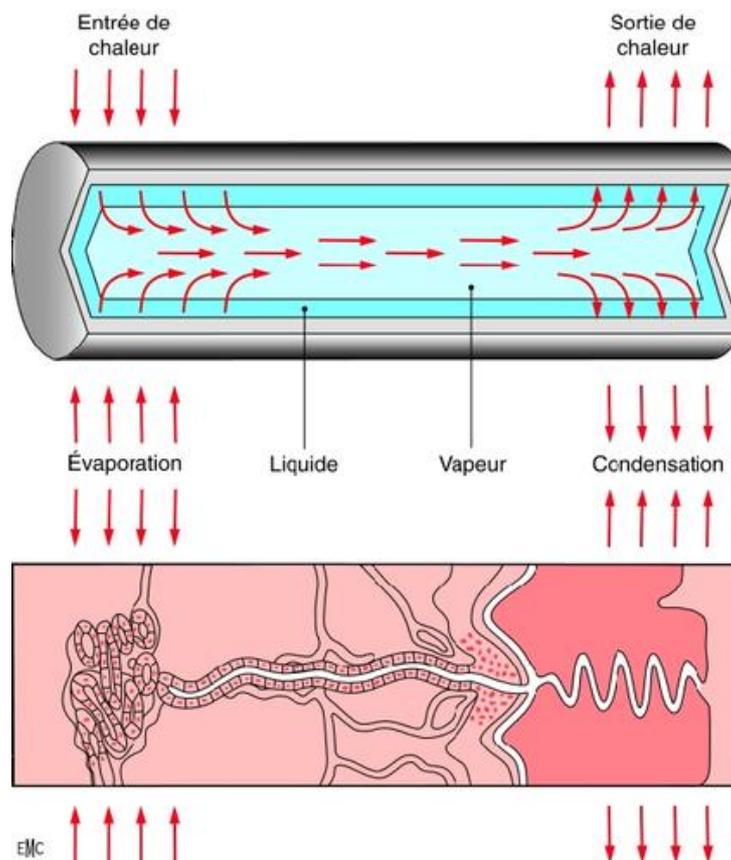


Figure 9 : Fonctionnements comparés d'un caloduc et d'une glande sudorale émettrice de vapeur d'eau [5]

I-4-2 Maintien de l'hydratation cutanée

De par sa composition, la sueur est capable de conserver une hydratation minimale à la couche cornée, même en atmosphère sèche et, par conséquent de préserver ses propriétés biomécaniques d'extensibilité et d'élasticité donc de résistance aux traumatismes mécaniques.

La sueur possède en effet une forte teneur en acide lactique, en urée, en NaCl et en certains acides aminés. Ce sont là les constituants majeurs du NMF (*Natural Moisturizing Factor*), c'est-à-dire des substances capables de lui conserver une hydratation minimum. La

sueur participe donc à l'élaboration du film hydro-lipidique de surface et maintient l'hydratation de la couche cornée [4, 56].

I-4-3 Elimination de certains déchets

La sécrétion de sueur permet d'éliminer des déchets comme l'urée, les urates, les lactates, les citrates et des substances toxiques comme des toxines sécrétées lors de l'activité musculaire. L'élimination de la sueur ne peut toutefois remplacer l'action des reins car elle n'élimine que 1g d'urée/24h contre 10 à 35 g/24h pour le rein [42].

Cette fonction d'élimination par le pore sudoral est néanmoins très limitée et malgré la présence de certains mécanismes communs, on ne peut considérer le tube sudoral comme un rein accessoire [4].

I-4-3 Adhérence et préhension (rôle mécanique)

La sécrétion permanente de sueur non thermodépendante au niveau palmo-plantaire améliore la préhension des objets ainsi que la marche et la course en évitant le glissement. La moiteur élève en effet considérablement le coefficient de friction de la peau [56, 73].

I-4-4 Propriétés antiseptiques et antifongiques

La sueur, de par son pH acide, possède des propriétés antifongiques et antiseptiques. Elle renferme des IgG et des IgA intervenant dans la défense immunitaire. La sueur des atopiques renferme parfois des IgE, ce qui pourrait augmenter son pouvoir irritant [56, 73].

I-4-5 Photoprotection

L'acide urocanique présent dans la sueur jouerait un rôle dans la protection solaire en filtrant les rayons UVB [36].

I-5 Facteurs influençant la sudation

La sécrétion sudorale est soumise à de nombreuses variabilités. Elle est dépendante de plusieurs facteurs.

I-5-1 L'âge et le sexe

Chez l'homme, le taux moyen de production de la sueur augmente au moment de la puberté, tandis que chez la femme le niveau de production au cours de l'enfance se maintient à l'âge adulte. En conséquence, un homme adulte a en moyenne une production de sueur de 30 % supérieure à celle de la femme adulte, tant au repos que lors de la thermostimulation. Ensuite, il existe une diminution progressive de la sudation avec l'âge [70].

I-5-2 Le climat

La sudation se trouve évidemment augmentée en cas de températures plus élevées [38].

I-5-3 La race

Il existe des variabilités du nombre de glandes eccrines selon la race, ceci étant très lié au climat du pays concerné. Ainsi, les japonais des régions froides du nord seraient dotés de deux fois moins de glandes eccrines que ceux qui vivent sous un climat tropical [63].

I-5-4 L'activité physique

Lors de l'exercice physique, l'organisme augmente la production de chaleur, entraînant un accroissement de la transpiration [38].

I-5-5 Les états émotionnels

Lors d'émotions intenses survient une sudation limitée aux paumes des mains, aux plantes des pieds et aux aisselles. Il s'agit d'une « sueur froide » sans élévation de la température cutanée [5].

I-5-6 Certaines pathologies

Lors de maladies telles que le paludisme, la brucellose, ou lors d'hypoglycémie ou de fièvre, on peut observer une augmentation de l'activité sudorale.

A l'inverse, une diminution de la sécrétion de sueur sera observée dans le diabète sucré ou l'hypothyroïdie [43].

I-5-7 Des substances pharmacologiques

Une stimulation par l'acétylcholine, la métacholine, le carbachol ou l'adrénaline augmente la sudation. L'acide acétylsalicylique, en revanche, induit une diminution de la sécrétion sudorale [5, 77].

I-6 Régulation

La régulation de la sudation est double, neurologique et hormonale.

I-6-1 La régulation nerveuse

L'élévation de la température centrale est le principal stimulus de la sudation thermique (figure 10) : une augmentation de 0,2°C de la température du sang qui baigne l'hypothalamus induit la sudation [73, 78].

Le déclenchement de la sudation est assuré par les centres neurologiques sudomoteurs, situés essentiellement au niveau de l'hypothalamus antérieur. Les stimuli thermiques sont véhiculés par le sang. L'excitation des centres sudoraux est relayée par la voie efférente sympathique, empruntant la chaîne sympathique latérovértébrale par l'intermédiaire des fibres cholinergiques. L'acétylcholine favorise la pénétration des ions Na⁺ dans les cellules claires et donc favorise le fonctionnement de la pompe à sodium [56, 71, 79].

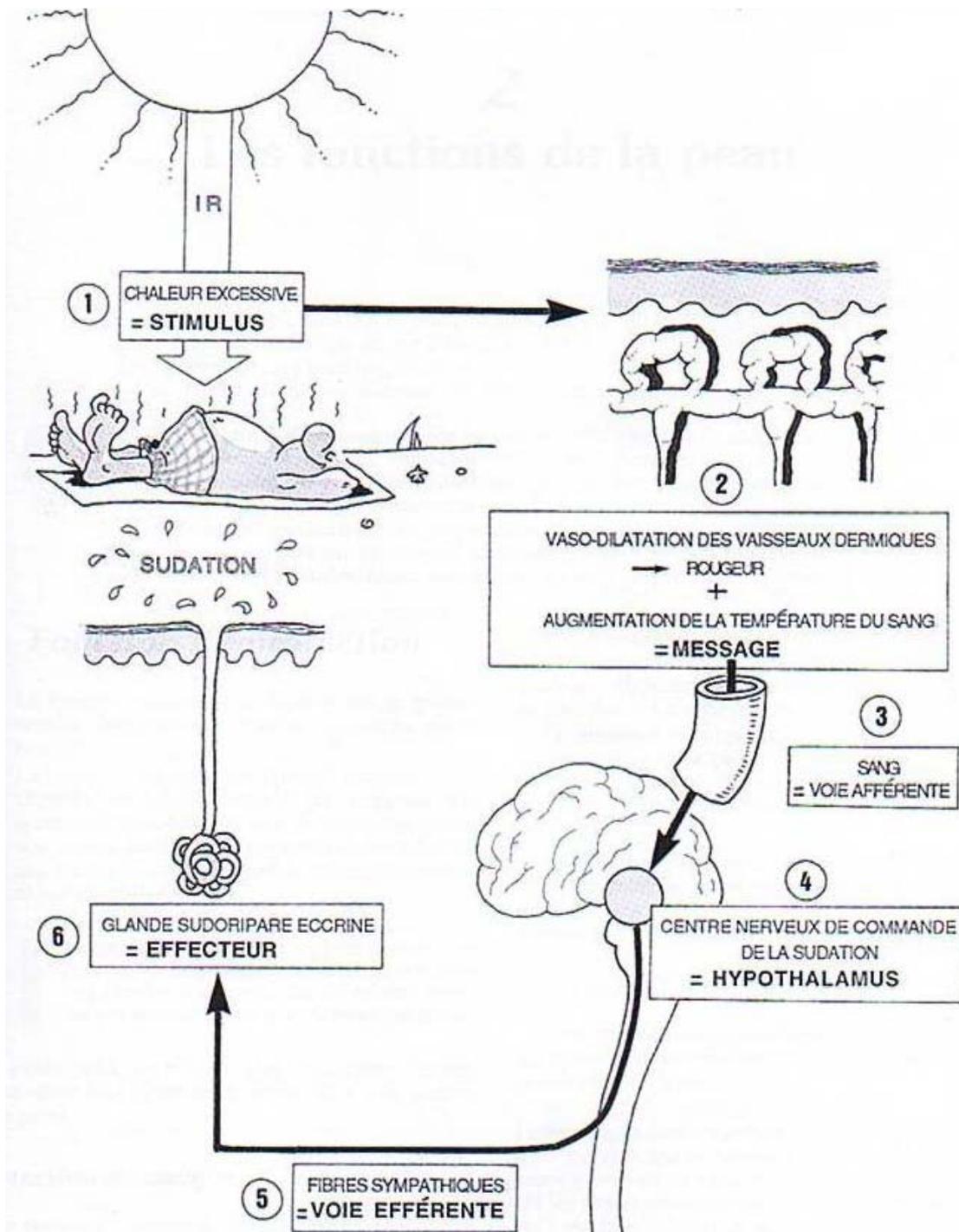


Figure 10: Mécanisme de la sudation thermique [68]

Il existe également des fibres adrénériques dont certaines agissent sur les cellules myoépithéliales, provoquant leur contraction et donc l'expulsion de la sueur précédemment formée [56].

Il existe par ailleurs une sudation psychique provoquée par un stimulus mental ou émotionnel dont les centres semblent localisés dans les régions frontales du cerveau. Il s'agit de la sueur froide, vue précédemment qui est souvent accompagnée d'une hypersudation apocrine [4, 56, 61].

De même, on peut observer une sudation gustatoire, suite à l'ingestion de nourriture épicée sous les climats chauds. Les terminaisons nerveuses de la muqueuse buccale sont stimulées et entraînent une sudation réflexe de la tête et du cou [79].

La sudation généralisée provoquée par l'absorption d'une boisson chaude procède également d'un mécanisme réflexe mais à point de départ cutané [56, 61].

I-6-2 La régulation hormonale

La sudation répond également à une régulation hormonale : les glandes sudorales sont stimulables directement par les catécholamines circulantes et leur activité est modulée par les hormones corticosurréaliennes, l'aldostérone (qui diminue la teneur en NaCl de la sueur en augmentant la réabsorption du sodium dans le canal excréteur), les hormones sexuelles et thyroïdiennes, l'hormone de croissance, ainsi que de nombreux peptides tels que la substance P ou le *Vasoactive Intestinal Peptide* (VIP) [71].

I-6-3 Régulation de la sécrétion apocrine

La sécrétion apocrine est sous la dépendance du système nerveux, essentiellement à médiation adrénergique et ne répond ni à une stimulation thermique ni à une stimulation cholinergique. Sa mise en jeu se fait essentiellement par des stimuli émotionnels. La production de sueur est également contrôlée par les hormones sexuelles [56, 61].

II- Les anomalies de la sécrétion sudorale

La sécrétion sudorale est un phénomène naturel qu'il convient de respecter mais qui peut subir des variations anormales sur le plan :

- du volume émis (anhidrose, hypohidrose, hyperhidrose) ;
- de l'odeur (bromhidrose) ;
- de la couleur (chromhidrose).

On peut également observer des pathologies rétentionnelles ou inflammatoires.

II-1 Les anhidroses

En réponse à un stimulus précis, l'absence totale de sueur définit l'anhidrose. Elle est très rare. La production de sueur en quantité réduite est l'hypohidrose. Ces deux phénomènes ne sont diagnostiqués que s'ils sont responsables d'une gêne nette pour le patient, sinon ils passent inaperçus [43].

L'anhidrose généralisée ou absence de sueur est rare et très grave. C'est une anomalie génétique touchant les enfants mâles les rendant intolérants à la chaleur, et due à une absence congénitale de glandes sudorales.

L'anhidrose localisée doit être le résultat attendu d'une sympathectomie chirurgicale pratiquée dans le traitement de l'hyperhidrose [68].

L'hypohidrose est plus fréquente et s'observe dans certaines dermatoses et maladies neurologiques : sclérodémie, eczéma diffus, lèpre, sclérose en plaques, neuropathies diabétiques.

Anhidroses et hypohidroses peuvent entraîner des troubles sévères de la thermorégulation (coups de chaleur) pouvant être mortels notamment après un effort [38, 75].

II-2 Les hyperhidroses

L'hyperhidrose est une production excessive de sueur, soit physiologique répondant à un stimulus thermique ou psychique, soit pathologique si elle persiste anormalement après disparition de la cause [68].

Elle est toujours gênante et peut entraîner d'importantes répercussions sociales, professionnelles ou affectives. Par ailleurs, elle favorise les infections microbiennes et mycosiques (en particulier lors du port de vêtements serrés, peu perméables à l'air) pouvant entraîner eczéma, dermite de contact, lésions des plis, intertrigos, ampoules...

L'hyperhidrose peut être localisée (paumes des mains, plantes des pieds, creux axillaires ...) ou généralisée à l'ensemble du corps [9, 71, 74].

II-2-1 Hyperhidrose généralisée

L'hyperhidrose généralisée est de nature eccrine et est toujours la conséquence d'un trouble organique ou physiologique interne.

Elle peut s'observer au cours de maladies diverses :

- affections endocriniennes : hyperthyroïdie, diabète sucré ;
- affections neurologiques : sclérose en plaques, neuropathies diabétiques... ;
- infections diverses (avec trouble de la thermorégulation): paludisme, lèpre, brucellose ainsi que toute affection courante fébrile ;
- prise de médicaments ou toxiques : opiacés, fluoxétine, interférons, amiodarone, cholinergiques, alcool... [46, 66, 71]

Il convient de souligner qu'il existe de nombreux états physiologiques pouvant entraîner une hyperhidrose généralisée : ménopause, obésité...

On peut également observer des hyperhidroses idiopathiques généralement nocturnes et certaines décrites chez les grands buveurs de café ou de certains thés (*tea sassafras*) [71].

II-2-2 Hyperhidroses localisées

Les hyperhidroses localisées idiopathiques sont plus fréquentes et touchent entre 12 et 15% des sujets âgés de plus de 15 ans [43, 46].

Elles sont souvent en rapport avec une stimulation d'origine émotionnelle qui concerne par ordre de fréquence les paumes des mains, les plantes des pieds et les aisselles. L'hyperhidrose débute le plus souvent dans l'enfance parfois à l'adolescence, persiste tout au long de la vie mais diminue après l'âge de 40 ans [66, 74].

Elles sont parfois invalidantes et peuvent poser un véritable problème social au sujet atteint [14].

II-2-2-1 Hyperhidrose palmaire

L'hyperhidrose peut être définie comme une production de sueur supérieure à la normale. Mais cette « norme » propre à chaque individu reste à définir. Il s'agit en réalité d'une impression purement subjective : la main seulement moite, qui rend la poignée de main un peu désagréable, ne peut être considérée comme une anomalie. C'est au stade où le patient a la main véritablement mouillée que l'anomalie peut être reconnue. Cette forme particulièrement invalidante touche 0,5 à 1% de la population [9, 43].

L'hyperhidrose palmaire (figure 11) a souvent une origine psychogène. Elle est favorisée par les émotions, le stress, les efforts de concentration. Le retentissement psychique est souvent important : timidité et repliement sur soi sont souvent observés [46].



Figure 11: Hyperhidrose palmaire [46]

II-2-2-2 Hyperhidrose plantaire

L'hyperhidrose plantaire affecte plus volontiers les hommes jeunes.

Elle est favorisée par le port de chaussures trop serrées, mal aérées et de chaussettes en matière synthétique. Elle peut entraîner divers troubles parmi lesquels une macération, des surinfections bactériennes et mycosiques, l'apparition d'eczémas, une bromhidrose (odeur nauséabonde) pouvant être source de gêne sociale. On peut assister aussi au développement de la kératolyse ponctuée qui se présente sous la forme d'érosions de la couche cornée au niveau des zones d'appui de la plante du pied, liée à la présence de corynébactéries.

Parallèlement, l'hyperhidrose plantaire peut être responsable de l'usure prématurée des chaussures [46, 74, 78].

II-2-2-3 Hyperhidrose axillaire

On parle d'hyperhidrose axillaire sévère lorsque la production de sueur locale est supérieure à 100 mL pendant 5 minutes. Elle toucherait 0,6 à 1% de la population.

Elle est responsable d'une destruction prématurée des vêtements au contact des aisselles mais aussi d'une bromhidrose. Quasi permanente en période chaude, elle s'accroît lors de stress de toutes sortes et l'auto-entretien largement [46, 61].

II-2-2-4 Autres localisations

D'autres localisations moins habituelles sont rapportées et témoignent de pathologies précises:

- au niveau de la face et du thorax lors de l'occlusion de l'artère basilaire ;
- hyperhidrose lacrymale ;
- faciale unilatérale ;
- gustative [66].

II-3 Les bromhidroses

Les bromhidroses (du grec bromôs : fétide et hidrô: eau) regroupent les nuisances olfactives liées à la sécrétion d'une sueur odorante.

La sécrétion de sueur odorante peut avoir une origine exogène due à l'élimination de composés malodorants après ingestion d'arsenic, d'ail, d'oignon, ou utilisation de composés sulfhydrylés.

Mais le plus souvent, il s'agit de la dégradation de la sueur par les microorganismes de la flore cutanée : la sueur eccrine est responsable de la bromhidrose plantaire, la sueur apocrine donne lieu à l'odeur corporelle intéressant essentiellement les aisselles [14, 43, 74, 87].

La bromhidrose plantaire est le fait d'acides gras tels que les acides isovalérique, caproïque et caprylique, ainsi que le méthanthiol, tous issus de la dégradation du substrat par les corynebactéries et les microcoques.

La bromhidrose accompagnant la kératolyse ponctuée est liée à la protéolyse kératinocytaire bactérienne qui produit une odeur de fromage, liée aux composés sulfurés.

La bromhidrose apocrine axillaire est le fait d'acides gras à chaîne courte (acides caproïque et caprylique) et surtout de stéroïdes odorants, nés de la transformation du cholestérol, du sulfate de DHA et de l'androsténone.

Le « bouquet axillaire » serait dû à l'acide isovalérique et à la 5 α androsténone, dégageant respectivement une odeur d'urine et de musc. Ces stéroïdes se rapprochent des

phéromones du monde animal. Il faut noter qu'un assez fort pourcentage de la population présente une anosmie à ces substances [14, 31].

II-4 Les chromhidroses

Il s'agit de la sécrétion d'une sueur colorée plutôt liée aux glandes apocrines.

La chromhidrose apocrine résulte de l'excrétion de pigments naturels, les lipofuchines, qui en s'oxydant se colorent en noir. Cette chromhidrose intéresse essentiellement les aisselles et le visage. Le diagnostic ne peut en être retenu qu'après avoir identifié un pigment produit par une bactérie ou un champignon [14, 43, 74].

La chromhidrose apocrine légèrement bleutée ou jaune existe dans 10% des cas mais est invisible à l'œil nu [80].

Il existe aussi des pseudochromhidroses qui sont dues à des colorants exogènes, souvent vestimentaires, qui se déposent sur la peau [70].

II-5 Autres anomalies de la sudation

A côté des anomalies portant sur la sécrétion sudorale, il existe également une pathologie de l'excrétion de la sueur : on parle de « **rétenction sudorale** ». L'obstruction plus ou moins complète des pores sudoraux entraîne des phénomènes locaux (prurit) aggravés par l'exposition à la chaleur. Cette rétenction peut s'observer lors de l'arrivée dans un pays tropical, ou lors du port de vêtements trop serrés. Les sujets atteints de ce type d'affections (regroupées sous le nom de miliaires) présentent une diminution de leur capacité à lutter contre la chaleur [38, 75, 80].

On peut également observer une pathologie inflammatoire appelée **hidrosadénite** qui correspond à une suppuration kystique persistante des glandes sudoripares de l'aisselle et de l'aîne [75].

Par ailleurs, une **dyshidrose** peut accompagner de nombreuses dermatoses aiguës notamment l'eczéma. Elle correspond à un dysfonctionnement de la sécrétion sudorale avec

formation de petites vésicules prurigineuses, le plus souvent localisées sur les paumes des mains, les plantes des pieds et les faces latérales des doigts et orteils [56, 80].

TROISIEME PARTIE :
LES TRAITEMENTS DE
L'HYPERHIDROSE

I- Les mesures d'hygiène

Avant même d'envisager l'utilisation de produits déodorants ou antitranspirants qui éviteront les désagréments liés à la transpiration excessive, il faut veiller à observer certaines règles d'hygiène et des mesures vestimentaires qui restent les plus efficaces dans la prévention de l'hyperhidrose.

Ces différentes mesures concernent essentiellement les hyperhidroses axillaires et plantaires. Pour l'hyperhidrose palmaire, l'hygiène élémentaire (lavage et séchage des mains) et la relaxation sont les premiers objectifs avant d'envisager un soin ou un traitement.

De plus, pour toutes les hyperhidroses, il est conseillé d'éviter de boire des boissons chaudes (thé, café, tisanes), de même que l'alcool, qui augmentent la température corporelle ainsi que de faire attention aux plats épicés. L'ail et l'oignon, quant à eux, donnent à la sueur une odeur forte.

I-1 Dans l'hyperhidrose axillaire

Une toilette soignée et quotidienne à l'eau et au savon inhibe la croissance bactérienne et élimine les produits de dégradation malodorants de la sueur apocrine.

L'épilation axillaire permet de réduire l'adhésion de la sueur apocrine aux poils axillaires, ces poils entretenant l'humidité et multipliant la surface d'action des bactéries.

On privilégiera les sous-vêtements amples et aérés en coton ou en lin qui empêchent la macération [74, 87].

I-2 Dans l'hyperhidrose plantaire

Une hygiène rigoureuse des pieds est indispensable pour réduire au maximum le phénomène de macération et les risques de mycoses et d'infection. Pour cela, une toilette à l'eau froide ou tiède et au savon, suivie d'un séchage soigné, en particulier dans les espaces interdigitaux, est préconisée.

Il est nécessaire :

- d'éviter les bains de pied chauds ou prolongés qui stimulent l'activité sudoripare ;
- de privilégier le port de chaussettes en coton ou fil d'écosse et d'éviter celles en matière synthétique telle que le nylon. Elles devront être changées tous les jours ;
- de préférer le port de chaussures aérées en cuir et d'éviter le port de chaussures de sport en matière plastique toute la journée.

Par ailleurs, l'application de talc sur la plante des pieds et/ou sur la semelle de la chaussure peut s'avérer très efficace.

Dans la journée, si la transpiration est très abondante, il peut être utile de changer de paire de chaussures et de ne les remettre seulement qu'une fois l'humidité partie (environ 24h).

Lorsqu'il fait chaud, il est intéressant de porter des chaussures ouvertes et de marcher le plus souvent possible pieds nus une fois rentré chez soi [30, 37, 69, 84, 87].

II- Les traitements médicaux

II-1 Quels médicaments utiliser ?

Dans les cas sévères, en cas d'inefficacité ou d'efficacité partielle des solutions locales, certains médicaments d'action générale ont été envisagés. Ils sont cependant peu utilisés actuellement, car mal supportés aux doses qui seraient nécessaires.

II-1-1 Les anxiolytiques

L'hyperhidrose étant très largement sous contrôle émotionnel, la prescription de tranquillisants est recommandée par certains, mais les effets secondaires sédatifs sont souvent mal acceptés [66].

D'autres médicaments ont été proposés pour lutter contre l'anxiété : les inhibiteurs spécifiques et sélectifs de la sérotonine qui pourraient améliorer l'hyperhidrose d'environ 50% et les anti-convulsivants gaba-ergiques avec une réduction de 40% de la transpiration [46].

Par ailleurs, les techniques de relaxation peuvent être envisagées, de même qu'une thérapie comportementale [23].

II-1-2 Les anticholinergiques

L'hypersudation étant la conséquence d'une stimulation des fibres sympathiques cholinergiques, les anticholinergiques ont été proposés (teinture de belladone, atropine). Ils sont aujourd'hui abandonnés en France du fait de leurs effets secondaires importants aux doses requises : sécheresse de la bouche, aggravation d'un glaucome, constipation, rétention urinaire. Ils sont disponibles aux Etats-Unis mais peu utilisés : le bromure de glycopyrronium est disponible sous le nom de ROBINUL[®] 1g [8, 23].

II-1-3 Autres

Les inhibiteurs centraux du système sympathique, telle que la clonidine, nécessiteraient des doses orales beaucoup trop importantes pour être efficaces. Les injections intraveineuses sont efficaces mais non utilisées du fait des posologies nécessaires.

Les inhibiteurs calciques ont été proposés car les mouvements calciques sont indispensables à la sécrétion sudorale (diltiazem à la dose de 30 mg puis 60 mg 4 fois /jour) et donneraient parfois de bons résultats [23, 66].

II-2 Homéopathie et phytothérapie

Ces médecines douces peuvent constituer une solution aux problèmes de transpiration excessive.

II-2-1 L'homéopathie

On peut proposer les médicaments suivants par cures d'un mois renouvelables :

- *Jaborandi* 5 CH à raison de cinq granules deux à trois fois par jour chez les sujets qui souffrent d'une transpiration excessive des mains ;
- *Silicea* 15 CH, cinq granules par jour, pour les personnes qui présentent une transpiration au niveau des pieds associée à une bromhidrose ;
- *Thuja occidentalis* 15 CH, cinq granules par jour en cas de transpiration abondante au niveau des aisselles avec odeur forte (« soupe de poireaux ») ;

- *China rubra* 9 CH, cinq granules au coucher, chez les personnes qui transpirent abondamment la nuit en dormant [54, 85].

II-2-2 La phytothérapie

II-2-2-1 La sauge (*Salvia officinalis*)

Elevée au rang de plante sacrée dans la Grèce et la Rome antique, la sauge était considérée comme un remède de base. Ses propriétés astringentes, antispasmodiques, stimulantes et antisudorales lui confèrent une grande efficacité dans des domaines très variés (ballonnements, gingivites, hypersudation...).

Elle était autrefois préconisée dans les sueurs nocturnes des tuberculeux et pour limiter les sueurs d'origine psychosomatique. Elle est également utilisée actuellement pour atténuer les bouffées de chaleur de la ménopause.

L'activité antisudorale de cette plante a été confirmée par des essais sur l'animal et des expérimentations cliniques sur l'homme.

On l'utilise par voie interne sous forme de tisane : verser 150 mL d'eau bouillante sur une cuillère à café (1,5 g) de feuilles de sauge. Filtrer après avoir laissé infuser dix minutes et boire cette tisane trois à quatre fois par jour [41, 92].

II-2-2-2 Le noyer (*Juglans regia*)

En raison de sa teneur en tanins, cette drogue astringente est utilisée sous forme de décoctions de feuilles en application externe, pour le traitement de la transpiration excessive des mains et des pieds.

Les feuilles de noyer possèdent également des propriétés antifongiques et antibactériennes.

On procède de la manière suivante : faire une décoction avec 2 g à 3 g de feuilles séchées dans 100 mL d'eau que l'on fait bouillir, pendant environ 15 minutes puis que l'on filtre. La décoction peut être utilisée pour faire des compresses ou des bains [41, 92].

II-3 L'ionophorèse

Pour les personnes souffrant d'hyperhidrose palmaire ou plantaire sévère, résistante aux traitements antitranspirants classiques, la solution la plus adaptée reste l'ionophorèse.

II-3-1 Historique de cette technique

L'ionophorèse, « transport d'ions » en grec, se définit comme la migration d'ions dans un champ électrique entre deux électrodes placées dans une solution saline. Elle permet la pénétration d'ions de sels solubles par voie transcutanée. On peut aussi appeler cette méthode ionothérapie, galvano-ionisation, médication ionique ou ionisation médicale [44].

L'utilisation d'un tel procédé est connu depuis bien longtemps : en 1740, Pivati utilisait déjà l'ionophorèse dans le traitement de l'arthrite. Désormais, les indications se sont élargies : citons l'ionophorèse à la triamcinolone dans l'aphtose, au calcium dans les myopathies, au salicylate de soude dans les verrues. En 1999, Schmidt propose l'ionophorèse à la trétinoïne dans les cicatrices atrophiques d'acné. C'est en 1936 qu'Ichihashi, le premier, proposait l'ionophorèse dans l'hyperhidrose. En 1968, Levit codifiait la méthode dans l'hyperhidrose palmoplantaire avec l'utilisation d'eau du robinet [21, 40, 44].

II-3-2 Mécanisme d'action de l'ionophorèse

Le principe de l'ionophorèse est celui de l'électrolyse : les ions mus par un courant électrique continu se dirigent vers l'électrode du signe opposé au leur ce qui permet la pénétration transcutanée de ces ions.

Le mécanisme d'action précis reste encore mal élucidé. La théorie du bouchon avec obstruction du canal excréteur et celle du gonflement de la paroi sont aujourd'hui abandonnées, l'absence de modification structurale de la glande ayant été prouvée. Actuellement, le mécanisme le plus probable serait celui d'un gradient électrique entraînant un arrêt mécanique de l'excrétion sudorale par un dysfonctionnement transitoire de la pompe de réabsorption du sodium [13, 26, 40, 44, 48].

II-3-3 Matériels et méthodes

L'appareillage nécessaire aux séances d'ionophorèse comprend :

- l'unité d'ionophorèse qui fournit le courant et qui peut être alimentée par une batterie ou reliée au secteur ;
- deux électrodes (plaques en acier inoxydable) disposées au fond de deux bacs en plastique (dans quelques rares cas, un seul bac est utilisé pour deux membres) ;
- deux grilles en plastique permettant d'éviter le contact direct de la peau avec les électrodes.

En pratique, le patient dispose ses deux mains ou ses deux pieds dans chaque bac remplis d'eau du robinet, le courant étant progressivement augmenté jusqu'à 20 mA (figure 12).



Figure 12: Séance d'ionophorèse [40]

En fin de séance, il est indispensable de diminuer l'intensité avant de couper le courant. Les bacs sont nettoyés avec des désinfectants tels que l'eau de javel.

Chaque séance dure 20 minutes. Trois séances par semaine pendant 3 semaines sont nécessaires pour obtenir une euhidrose, puis un traitement d'entretien à raison d'une séance par semaine voire tous les mois suffit ensuite à maintenir le résultat.

Les séances peuvent être pratiquées chez un médecin, un kinésithérapeute ou un pédicure podologue afin de se familiariser avec la technique. Ensuite, le patient peut effectuer ses séances à domicile après achat de l'appareil [13, 44, 48].

II-3-4 Précautions d'emploi et contre-indications

Avant chaque séance, il est impératif de respecter certaines règles :

- ôter bagues, bracelets, montre, objets métalliques ;
- la peau ne doit pas entrer en contact avec les électrodes. Et le membre traité ne doit pas être retiré pendant le passage du courant ;
- en cas d'effraction cutanée (plaie...), celle-ci doit être recouverte de vaseline pour éviter les douleurs.

Les principales contre-indications à l'ionophorèse sont le port de pace-maker, de prothèses et de stérilet, les arythmies complètes et la grossesse.

La tolérance est bonne, on peut toutefois observer des sensations de fourmillements, de démangeaisons, l'apparition d'érythèmes voire de vésicules [26, 44, 48].

L'efficacité de la méthode est excellente (surtout pour la localisation palmaire) et l'ionophorèse s'avère être le traitement de choix dans les hyperhidroses palmoplantaires après échec des traitements locaux à base de sels d'aluminium.

II-4 Utilisation de la toxine botulique

Considérée autrefois comme le plus puissant des poisons, la toxine botulique a connu ces dernières années un regain d'intérêt en thérapeutique dans des domaines variés tels que

l'ophtalmologie, la neurologie et la dermatologie. De nombreuses études ont permis de mettre en évidence l'efficacité de cette molécule dans les hyperhidroses palmaires et axillaires.

La toxine botulique bloque la libération présynaptique d'acétylcholine au niveau de la jonction neuromusculaire des muscles striés d'où son intérêt dans certaines hyperhidroses. L'effet réducteur de la sudation est bien connu depuis la description du botulisme par Justinus Kerner en 1822 et cet effet a été constaté dès le début de l'utilisation de la toxine botulique à des fins thérapeutiques chez des patients porteurs d'un spasme hémifacial ou d'un blépharospasme [59].

La procédure est simple : le médecin détermine d'abord la zone active de transpiration grâce au test à l'iode (test de Minor), puis, il injecte 50 unités de BOTOX[®] en intradermique réparties en dix à quinze sites à des distances de deux centimètres les unes des autres. La procédure dure en moyenne 20 minutes, incluant le temps de reconstituer le BOTOX[®] à injecter ainsi que l'identification de la zone active de transpiration.

L'effet maximal est observé après une semaine et se maintient ensuite entre 4 à 6 mois parfois 1 an, nécessitant alors une nouvelle série d'injections. Il est nécessaire de respecter un délai minimum de 4 mois entre deux séances d'injections [89].

Il existe actuellement trois spécialités contenant de la toxine botulique (BOTOX[®], DYSPORT[®] et NEUROBLOC[®]) mais seule la première présente une AMM dans l'indication « hyperhidrose axillaire sévère ayant résisté aux traitements locaux et entraînant un retentissement psychologique et social important » depuis novembre 2003. Elles sont toutes réservées à l'usage hospitalier.

Dans l'indication de l'hyperhidrose axillaire sévère, la posologie utilisée est de 50 unités dans chaque creux axillaire en injection intradermique.

Pour le traitement de l'hyperhidrose palmaire (hors AMM), les injections sont réparties en 15 à 20 points environ à raison de 4 à 5 unités pour 4 cm² (figure 13) [1].

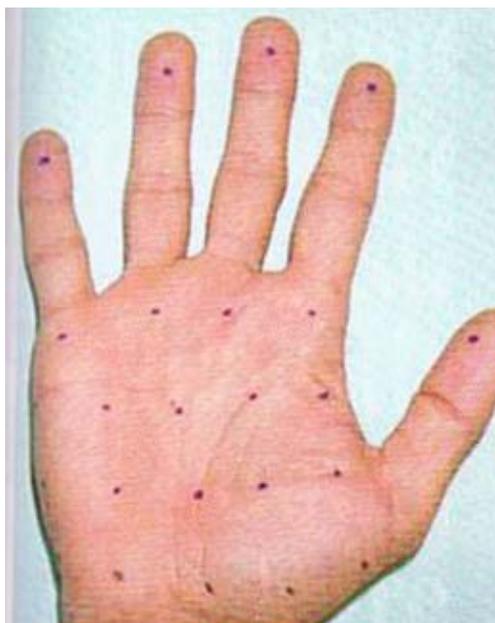


Figure 13: Points d'injections palmaires [10]

Les effets indésirables sont mineurs : douleur à l'injection, faiblesse musculaire. Par ailleurs une augmentation de la transpiration autre qu'axillaire a été rapportée chez près de 5% des patients dans le mois suivant l'injection, mais cet effet disparaissait les mois suivants chez un tiers d'entre eux.

L'utilisation de la toxine botulique est contre-indiquée en cas de myasthénie et d'allaitement et déconseillée lors de la grossesse et en association avec les aminosides [89].

L'injection de toxine botulique constitue une alternative pour les patients résistants ou intolérants aux traitements locaux avant le recours à la chirurgie. Avant la mise sous traitement, le retentissement psychosocial de l'hyperhidrose doit avoir été évalué lors d'une consultation psychiatrique [20, 51].

III- Traitement chirurgical

Les traitements chirurgicaux sont proposés dans les hyperhidroses palmaires et axillaires en cas d'échec de tous les autres traitements.

III-1 Exérèse des glandes sudoripares axillaires

Cette intervention chirurgicale constitue le dernier recours en cas d'hyperhidrose axillaire. Elle se faisait auparavant par curetage. Réalisée par un chirurgien expérimenté, elle consistait à retirer les groupements sudoraux par unités anatomiques : le chirurgien retire une large portion de la peau des aisselles avec les glandes apocrines sous-jacentes. Une grande cicatrice en « Z » persiste ensuite définitivement.

Elle peut maintenant se faire par liposuction au prix de séquelles esthétiques minimales : cette lipo-aspiration des creux axillaires permet de détruire les annexes des aisselles par aspiration du tissu graisseux accompagné des glandes sudorales eccrines, apocrines et de nombreux follicules pileux [46].

III-2 La sympathectomie

Parmi les différents traitements de l'hyperhidrose, la sympathectomie thoracique et lombaire apporte depuis quelques années une solution thérapeutique immédiate et satisfaisante mais les indications doivent être soigneusement posées. Le principe de la sympathectomie thoracique et son action étaient déjà connus à la fin du XIX^{ème} siècle mais son utilisation dans le traitement de l'hyperhidrose est beaucoup plus récente [25].

III-2-1 La sympathectomie endoscopique transthoracique

Cette chirurgie, qui consiste à détruire de manière définitive les ganglions sympathiques qui innervent les glandes sudoripares, traite l'hyperhidrose palmaire et axillaire, l'hyperhidrose idiopathique localisée étant sous la dépendance des fibres sympathiques cholinergiques.

Les formes invalidantes résistantes à l'ionophorèse vont bénéficier d'une sympathectomie : l'intervention est réalisée sous anesthésie générale avec intubation permettant l'exclusion ventilatoire du poumon. Une fois l'affaissement pulmonaire obtenu, le sympathique est repéré par thoracoscopie, la plèvre est incisée et le sympathique est sectionné et permet l'ablation du 2^{ème} et 3^{ème} ganglion thoracique. Lorsqu'on souhaite traiter simultanément une hyperhidrose axillaire, la résection est étendue jusqu'au 5^{ème} ganglion.

L'opération ne nécessite qu'une hospitalisation très courte (48 heures en moyenne).

Les effets secondaires de cette chirurgie sont un syndrome de Claude-Bernard Horner transitoire, un pneumothorax, un hémithorax, des douleurs post-opératoires ainsi qu'une hyperhidrose compensatrice dans d'autres parties du corps (tronc, dos, membres inférieurs). A contrario, une sécheresse de la peau a également été observée, conduisant à l'utilisation d'émollients.

Les résultats semblent excellents dans l'hyperhidrose palmaire, avec un taux de succès de l'ordre de 90%. Pour la localisation axillaire, la chirurgie reste une bonne alternative malgré un pourcentage de réussite un peu plus faible [9, 13, 44, 65].

III-2-2 La sympathectomie lombaire

Cette chirurgie est envisagée depuis quelques années. Bien qu'elle reste encore marginale, elle a permis d'obtenir d'excellents résultats dans l'hyperhidrose plantaire sévère chez les femmes avec la résection des 3èmes et 4èmes ganglions lombaires (près de 90% de réussite). En raison des risques d'éjaculation rétrograde et d'impuissance, cette chirurgie n'est pas proposée aux hommes [46, 65].

IV- Utilisation des produits cosmétiques

IV-1 Les différents produits

La solution locale aux hyperhidroses est assurée essentiellement par des produits cosmétiques selon la législation européenne mais OTC (*over the counter*), aux Etats-Unis.

On peut distinguer plusieurs types de produits qui agissent à différents niveaux (figure 14) :

- les antitranspirants qui vont réduire le volume de sueur émise ;
- les déodorants qui vont supprimer les odeurs corporelles sans agir sur le volume de la transpiration, eux-mêmes pouvant se subdiviser en plusieurs groupes : les antiseptiques, les capteurs d'odeurs... [14].

Le plus souvent on trouve des produits contenant des actifs agissant à plusieurs niveaux ce qui leur confère une efficacité optimale.

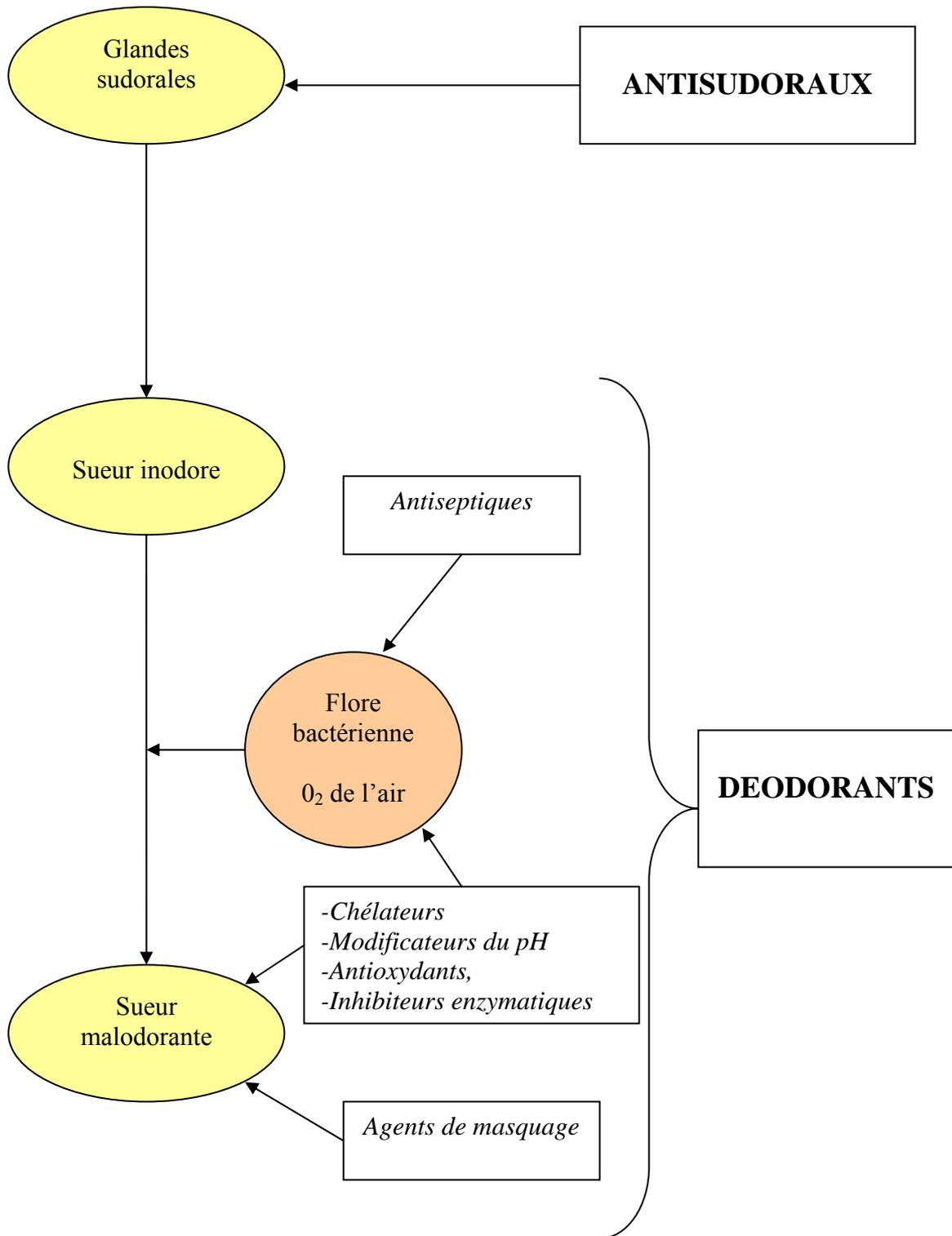


Figure 14 : Les différents niveaux d'action de la lutte contre la transpiration

IV-1-1 Historique

Depuis des millénaires, l'homme a cherché à dissimuler ou à faire disparaître les odeurs corporelles.

A l'époque des pharaons, on se frictionnait avec des onguents à l'encens et à la térébinthe, et les Romains portaient sous les bras des sachets d'aromates ou des flocons d'avoine bouillis.

Chez les Romains, l'industrie des parfums et son commerce avec l'Orient étaient florissants. A partir des matières premières, on fabriquait des onguents émulsionnés, des liquides et des solides déodorants.

Au XVII^{ème} siècle, à la cour du Roi Soleil, le lavage à l'eau et au savon est négligé au bénéfice de l'usage des parfums ; ainsi certaines femmes préféraient porter des éponges parfumées entre les cuisses et sous les aisselles plutôt que de s'adonner aux ablutions classiques !

A la fin du XIX^{ème} siècle, apparaissent les premiers antitranspirants modernes à base d'alun, composé de sulfate d'aluminium, de potassium ou d'ammonium et d'eau de cristallisation, aux propriétés astringentes.

Le premier antitranspirant apparaît en 1888, sous forme de crème et à base d'oxyde de zinc. MUM[®], le premier déodorant « moderne », date de 1898.

C'est après la seconde guerre mondiale que les déodorants vont connaître un réel essor avec l'apparition de nouvelles molécules agissant sur le processus de fermentation et les bactéries.

De nos jours, le choix d'un déodorant ou d'un antisudoral est large tant par la composition que par la présentation du produit, afin de s'adapter à tous [47, 73].

IV-1-2 Les antitranspirants

Les antitranspirants sont destinés à réduire l'émission de sueur et agissent en obstruant les conduits et les pores sudoraux.

Les principales substances antitranspirantes sont des astringents.

A base principalement de sels d'aluminium ou de zirconium, ils provoquent une légère inflammation du canal sudoripare, voie d'excrétion de la sueur eccrine, et du follicule pileux, voie d'excrétion de la sueur apocrine, ce qui engendre une hyperkératose. Il en résulte une

diminution du diamètre de la lumière des conduits qui s'obstruent, interrompant ainsi la sécrétion [52].

IV-1-2-1 L'aluminium et ses sels

Dans les années 50, Shelley et ses collaborateurs indiquaient que l'action du chlorure d'aluminium conduisait non seulement à une occlusion kératosique (théorie du bouchon), mais également à la rupture des canaux sudoraux. De leur côté, Hermann et Sulzberger faisaient état d'inflammation des cellules des canaux.

En 1967, Papa et Kligman estimaient que les effets antisudoraux du chlorure d'aluminium étaient dus à l'augmentation de la perméabilité du conduit de la glande avec totale résorption du fluide par le derme. Gowett et De Navarre suggéraient que l'activité antisudorale était provoquée par l'action coagulante des protéines par les sels d'aluminium.

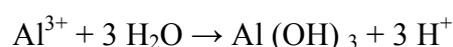
Ces différentes observations n'ont pas permis encore de connaître exactement le mécanisme d'action des sels d'aluminium, mais on constate que la majorité des chercheurs admettent la formation d'un bouchon obstruant les canaux sudoraux soit par acanthose (lésion cutanée caractérisée par l'épaississement du corps muqueux de Malpighi) ou par dénaturation des protéines (coagulation) [45, 63].

L'effet antisudoral des sels d'aluminium est incontestable :

- ils ont la propriété de se combiner avec les fibrilles de la kératine et de former des conglomerats obstruant la lumière du canal sudoral et limitant ainsi l'excrétion. Ces bouchons sont éliminés secondairement mais le traitement régulier paraît entraîner des altérations de la glande sudoripare conduisant à une baisse de la sécrétion et permettant l'espacement des applications [37, 78] ;

- de plus, leur effet astringent est associé à une transformation des acides gras volatils en sels métalliques non volatils et inodores [87] ;

- enfin, en présence d'eau, l'aluminium donne des hydroxydes avec acidification du milieu réduisant ainsi l'humidité locale donc la flore bactérienne [46] :



IV-1-2-1-1 Le chlorure d'aluminium ($\text{AlCl}_3, 6\text{H}_2\text{O}$)

Il possède le pouvoir antitranspirant le plus marqué.

Dès 1916, Stillian proposait l'application d'une solution aqueuse de chlorure d'aluminium hexahydraté à 25%. Cette solution réduisait la sudation de moitié, mais était irritante et provoquait une corrosion vestimentaire due à son pH très acide. Depuis cette date, de nombreux efforts ont été faits pour améliorer la technique de Stillian.

Pour améliorer la tolérance, ce qui revient à diminuer l'acidité, certains tampons sont ajoutés (urée, glycolle, acides aminés). De même, l'utilisation de chlorure d'aluminium en solution alcoolique augmente la stabilité et diminue les effets indésirables [45, 61].

Le caractère irritant de ce produit impose des modalités d'utilisation strictes selon la règle des « 3 S »:

- le site doit être **Sec** : la moiteur favoriserait la formation d'acides irritants ;
- la peau doit être **Saine** c'est-à-dire dépourvue de lésions (fissure, érosion). La teneur en alcool peut en effet s'avérer irritante en cas d'inflammation ou de blessure ouverte. Il ne faut pas se raser ou s'épiler dans les 48 heures précédant l'application. Il faut effectuer une toilette locale avec un pain sans savon, bien rincer et bien sécher (au sèche-cheveux si nécessaire) ;
- pour obtenir un effet maximal, le produit est appliqué le **Soir** au coucher et conservé la nuit. Le contact avec la surface cutanée est de 6 à 8 heures et le lendemain, au lever, la toilette est suivie d'un rinçage [14, 45, 74].

Le chlorure d'aluminium hexahydraté en solution alcoolique est commercialisé sous les noms d' ETIAXIL[®] et DRICLOR[®].

IV-1-2-1-2 Le chlorhydrate d'aluminium ($\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}, 2\text{H}_2\text{O}$)

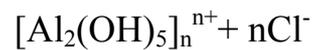
Il est aussi appelé hydroxychlorure d'aluminium (ACH).

Par rapport au chlorure d'aluminium, il est d'efficacité moindre mais d'utilisation bien plus agréable du fait de son pH un peu moins acide (pH 4,5) et donc moins irritant.

Ce sel est incompatible avec les savons. En solution hydroalcoolique, il peut détruire les valves d'aérosol. Il est utilisable dans des vaporisateurs, s'il se présente en poudre.

Le groupe REHEIS est le plus grand producteur de sels d'aluminium. Il a développé la gamme REACH (Reheis enhanced efficacy ACH) de chlorhydrates d'aluminium à polymérisation modifiée : obtenus par modification moléculaire, leur niveau d'efficacité est supérieur à celui du chlorhydrate d'aluminium conventionnel [57].

Leur formule générale est la suivante [35] :



On peut trouver par exemple, REACH 103 qui est une poudre utilisée à raison de 16 à 20% dans les sticks et les aérosols. REACH 301 est, quant à lui, un aluminium sesquichlorohydraté soluble et stable dans l'eau et l'alcool et qui améliore le rapport coût/efficacité [57].

On trouve des chlorhydrates d'aluminium dans les produits DERMAGOR[®] (stick secs), pM[®]...

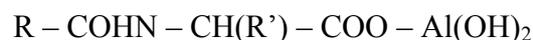
Associé au propylène glycol, il donne le réhydrol ce qui permet sa dissolution dans l'éthanol anhydre et son utilisation dans les aérosols.

Associé au lactate d'aluminium, il donne le chloracel, utilisable en stick [45].

IV-1-2-1-3 Les sels d'aluminium de lipoaminoacides

Les lipoaminoacides (résultat de la combinaison entre acides aminés et acides gras) permettent d'obtenir des sels d'aluminium mieux acceptés, toujours doués de propriétés antisudorales.

Leur formule globale est la suivante :



Le radical R est une chaîne grasse saturée ou insaturée comportant 6 à 11 atomes de carbone.

Le radical R' est un acide aminé ou un mélange issu de l'hydrolyse d'une protéine comme le collagène ou la kératine.

Ces lipoaminoacides présentent des avantages multiples :

- les préparations antisudorales ont un pH se situant entre 4 et 6 ;
- les produits, bien tolérés par la peau, ne dégradent pas les tissus naturels ou industriels ;
- la structure insoluble n'est pas responsable d'interférences avec les protéines de la couche cornée et n'entraîne pas d'acanthose réactionnelle ;
- les chaînes grasses possèdent des propriétés déodorantes et jouent un rôle antibactérien et anti-inflammatoire [45, 64].

Par ailleurs, ces molécules ayant une activité antibactérienne et antifongique, elles peuvent être utilisées en prévention et en traitement curatif de certaines dermatomycoses telles que le pied d'athlète [74].

L'activité antisudorale est plus liée à la molécule qui comporte l'aluminium qu'à l'aluminium lui-même. Les sels d'aluminium de lipoaminoacides sont efficaces à la concentration de 5 % et ne contiennent que 0,5% d'aluminium.

Leur mécanisme d'action semble être différent de celui des autres sels d'aluminium : ils inhiberaient l'enzyme succino-déshydrogénase présente au niveau des glandes sudoripares [63].

On retrouve cette molécule dans la gamme d'antitranspirants AKILEINE®.

IV-1-2-1-4 Autres sels d'aluminium

On peut trouver le chlorhydroxyallantoïinate d'aluminium (gamme LUTSINE®) qui combine les propriétés astringentes du chlorhydrate d'aluminium (action antisudorale) et les propriétés calmantes et cicatrisantes de l'allantoïne.

Le dihydroxyallantoïinate d'aluminium est retrouvé dans le produit ZEASORB®.

Le lactate d'aluminium entre dans la composition des antitranspirants ETIAXIL® peaux sensibles, en association avec le chlorure d'aluminium hexahydraté. L'adjonction de ce sel d'aluminium permet d'élever le pH donc d'améliorer la tolérance [45, 89].

IV-1-2-2 Les autres sels métalliques

IV-1-2-2-1 Les sels de zirconium

Ils ont constitué un progrès biochimique par leur activité antitranspirante doublée d'une action bactériostatique. Utilisés sous forme de lactate sodique et de gluconate à pH acide (2,2 à 5,7), ils sont bien tolérés par la peau et peu agressifs vis-à-vis des textiles [45].

En 1977, les sels de zirconium ont été interdits par la FDA (Food and Drug Administration) car incriminés dans la survenue de granulomes axillaires lors de leur utilisation sous forme d'aérosols. On a alors suspecté une toxicité systémique incluant les granulomes pulmonaires due à l'utilisation chronique [8].

Aujourd'hui interdits comme constituants originaux de l'antisudoral, ils peuvent être utilisés en association avec d'autres métaux tels les sels d'aluminium [45, 60].

Ils sont soumis à une réglementation précise (arrêté du 6 février 2001) qui prévoit plusieurs restrictions :

- leur concentration maximale dans le produit fini : 20% d'hydroxychlorure d'aluminium et de zirconium anhydre et 5,4% exprimé en zirconium ;
- le rapport entre les nombres d'atomes d'aluminium et de zirconium qui doit être entre 2 et 10 ;
- le rapport entre les nombres d'atomes de (Al + Zr) et de chlore doit être compris entre 0,9 et 2,1 ;
- leur emploi est interdit dans les générateurs d'aérosols (sprays) afin d'éviter tout risque de granulomes pulmonaires aéroportés [27].

Une efficacité optimale peut être obtenue par l'utilisation d'actifs Aluminium-Zirconium préparés suivant la technologie REACH. Ils sont formulés avec ou sans glycine et sont utilisés dans les sticks, roll-on et crèmes.

Ainsi le REACH AZP 701 (Al-Zr tetrachlorhydréx-glycine) est très puissant dans l'inhibition de la transpiration chez les sujets féminins et le REACH AZP 908 est celui qui développe la plus grande efficacité [35, 57].

IV-1-2-2-2 Les sels de zinc

Les oxydes, borates, phénosulfates et undecylénates de zinc présentent également des propriétés antisudorales. Cependant, des réactions granulomateuses des aisselles ont été rapportées suite à leur emploi [61].

Ils sont utilisés en association avec d'autres antisudoraux dans des formes autres que les aérosols (DRY FOOT[®] poudre, PEDIRELAX[®]).

IV-1-2-2-3 Les sels de titane

Le titane est un métal physiologiquement inerte, et les chélates du métal titane peuvent induire un blocage physique superficiel des pores pour donner une activité antitranspirante [32].

IV-1-2-3 Les aldéhydes

Afin de bloquer la sécrétion sudorale et de mettre les glandes sudoripares au repos, certains produits tels que les aldéhydes ont été utilisés.

Le formaldéhyde et le glutaraldéhyde sont les principaux représentants de cette famille. Ils possèdent un fort pouvoir irritant et sensibilisant.

Ils agissent en réduisant le diamètre des canaux sudoripares (effet astringent) par combinaison avec les protéines de la peau, vraisemblablement en les dénaturant. Par ailleurs, ils possèdent une activité antibactérienne et antifongique [28, 52].

IV-1-2-3-1 Le formaldéhyde ou formol (H-CHO)

Il est efficace, mais irritant, souvent mal toléré, d'odeur désagréable et expose à un risque de sensibilisation. Du fait du risque cancérigène qu'il fait courir, il est en voie d'interdiction.

De plus, il provoque un épaissement de la couche cornée ce qui limite son utilisation aux hyperhidroses plantaires.

Il est utilisé à la concentrations de 2% dans la crème EPHYDROL[®] qui, du fait de son AMM, a un statut de médicament.

IV-1-2-3-2 Le glutaraldéhyde (CHO-(CH₂)₃-CHO)

Ce dérivé du formaldéhyde n'entre pas dans la composition de spécialités mais il peut être incorporé dans une préparation magistrale.

Il est mieux toléré que le formaldéhyde. Il peut cependant provoquer une coloration brun-jaune de la peau (effet tannant). Il est surtout utilisé dans les hyperhidroses plantaires, en solution à 10%.

Formaldéhyde et glutaraldéhyde ne doivent pas être utilisés en aérosol.

IV-1-2-4 Autres antitranspirants

IV-1-2-4-1 La méthénamine

La méthénamine (figure 15) est un libérateur de formol. En effet, en présence d'eau, elle est capable de s'hydrolyser en ammoniacque et formaldéhyde.

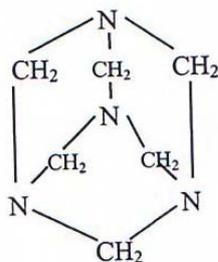


Figure 15: Formule de la méthénamine [47]

Elle possède donc les mêmes propriétés antisudorales et antibactériennes que celui-ci.

Elle est présente dans la spécialité PEDIRELAX[®] en association avec d'autres actifs.

IV-1-2-4-2 Les tanins

L'acide tannique est astringent et antiseptique ce qui lui confère des propriétés antisudorales. Les tanins peuvent teinter les téguments en brun, ce qui limite leur utilisation aux plantes des pieds [61, 71, 86].

On le retrouve dans la poudre DRY FOOT[®] utilisée pour l'hyperhidrose plantaire.

Les différents antitranspirants disponibles à l'officine sont regroupés selon leur forme galénique dans les tableaux III, IV, V, VI, VII, VIII et IX.

Dénomination du produit	Composition	Utilisation
AKILEINE[®]	-Sel d'aluminium de lipoaminoacides (C8CO/Al)	pieds
DRY-FOOT[®]	- hydroxychlorure d'aluminium - acide tannique - alun de potassium - oxyde de zinc	pieds
PEDI-RELAX[®]	- méthénamine - undécylénate de zinc - farnésol	pieds
ZEASORB[®]	- dihydroxyallantoïate d'aluminium	pieds

Tableau III : Exemple de poudres antitranspirantes disponibles à l'officine

Dénomination du produit	Composition	Utilisations
AKILEINE®	-Sel d'aluminium de lipoaminoacides (C8CO/Al) 4% -Lipoaminoacide undécylénilcollagénique (UCO) 2%	Pieds
EPHYDROL®	- Formaldéhyde 2%	Pieds, aisselles
KEOPS®	-Chlorhydrate d'aluminium	Pieds, aisselles
KLORANE® dermo-protection	-Aluminium et zirconium pentachlorohydrate	Pieds, aisselles
PEDYX®	-Formaldéhyde -Oxyde de zinc	Pieds, aisselles
SALTRATES®	-Sel d'aluminium -Extrait de sauge officinale -acide tannique	Aisselles
SPIRIAL®	-Chlorhydrate d'aluminium	Pieds, mains, aisselles
VICHY®	-Chlorhydrate d'aluminium 20% (peaux normales) ou 7% (peaux sensibles ou épilées)	Aisselles

Tableau IV : Exemples de crèmes antitranspirantes disponibles à l'officine

Dénomination du produit	Composition	Utilisation
AKILEINE® DEO BIACTIF	-Sel d'aluminium de lipoaminoacides 4%	Pieds
PEDI-RELAX®	-Méthénamine 3,5%	Pieds
SCHOLL®	- Tetrachlorohydrate d'aluminium et zirconium	Pieds

Tableau V : Exemples de gels antitranspirants disponibles à l'officine

Dénomination du produit	Composition	Utilisations
AKILEINE[®]	-Complexe chlorohydroxyaluminique	Pieds
DRY-FOOT[®]	-Complexe chlorohydroxyaluminique	Pieds
EPHYDROL[®]	-Formaldéhyde 5%	Pieds
PEDI-RELAX[®]	-Méthénamine 2%	Pieds
VICHY[®]	-Chlorhydrate d'aluminium	Aisselles

Tableau VI : Exemple de sprays antitranspirants disponibles à l'officine

Dénomination du produit	Composition	Utilisations
EPHYDROL[®]	-Formaldéhyde 5%	Pieds
ETIAXIL[®]	-Chlorure d'aluminium hexahydraté 25%	Pieds, mains
	-Chlorure d'aluminium hexahydraté 10% + lactate d'aluminium 10%	Pieds (peaux sensibles)
PEDI-RELAX[®]	-Méthénamine 1%	Pieds

Tableau VII : Exemple de lotions antitranspirantes disponibles à l'officine

Dénomination du produit	Composition	Utilisations
DRICLOR[®]	-Chlorure d'aluminium hexahydraté 20%	Aisselles
ETIAXIL[®]	-Chlorure d'aluminium hexahydraté 25%	Aisselles peaux normales
	-Chlorure d'aluminium hexahydraté 10%+ lactate d'aluminium 10%	Aisselles peaux sensibles
KLORANE[®]	- Pentachlorohydrate d'aluminium et zirconium	Aisselles
MUM[®]	-Chlorhydrate d'aluminium	Aisselles
PM[®]	-Chlorhydrate d'aluminium 19%	Aisselles
VICHY[®]	-Chlorhydrate d'aluminium 10%	Aisselles

Tableau VIII : Exemples de roll-on antitranspirants disponibles à l'officine

Dénomination du produit	Composition	Utilisation
DERMAGOR[®]	-Chlorhydrate d'aluminium 20%	Pieds, aisselles
KLORANE[®]	-Chlorhydrate d'aluminium	Aisselles
VICHY[®]	-Chlorhydrate d'aluminium	Aisselles

Tableau IX : Exemples de sticks antitranspirants disponibles à l'officine

IV-1-3 Les déodorants

Les déodorants suppriment ou masquent les odeurs corporelles sans modifier le volume de la transpiration. Ils peuvent agir selon plusieurs mécanismes (figure 16) :

- en inhibant la croissance des micro-organismes responsables de la formation des mauvaises odeurs : ce sont les bactéricides ou antiseptiques;
- en captant les composés volatils malodorants : ce sont les agents de masquage ou capteurs d'odeurs ;
- en couplant les deux mécanismes précédents : ce sont les inhibiteurs enzymatiques, les antioxydants et les chélateurs.

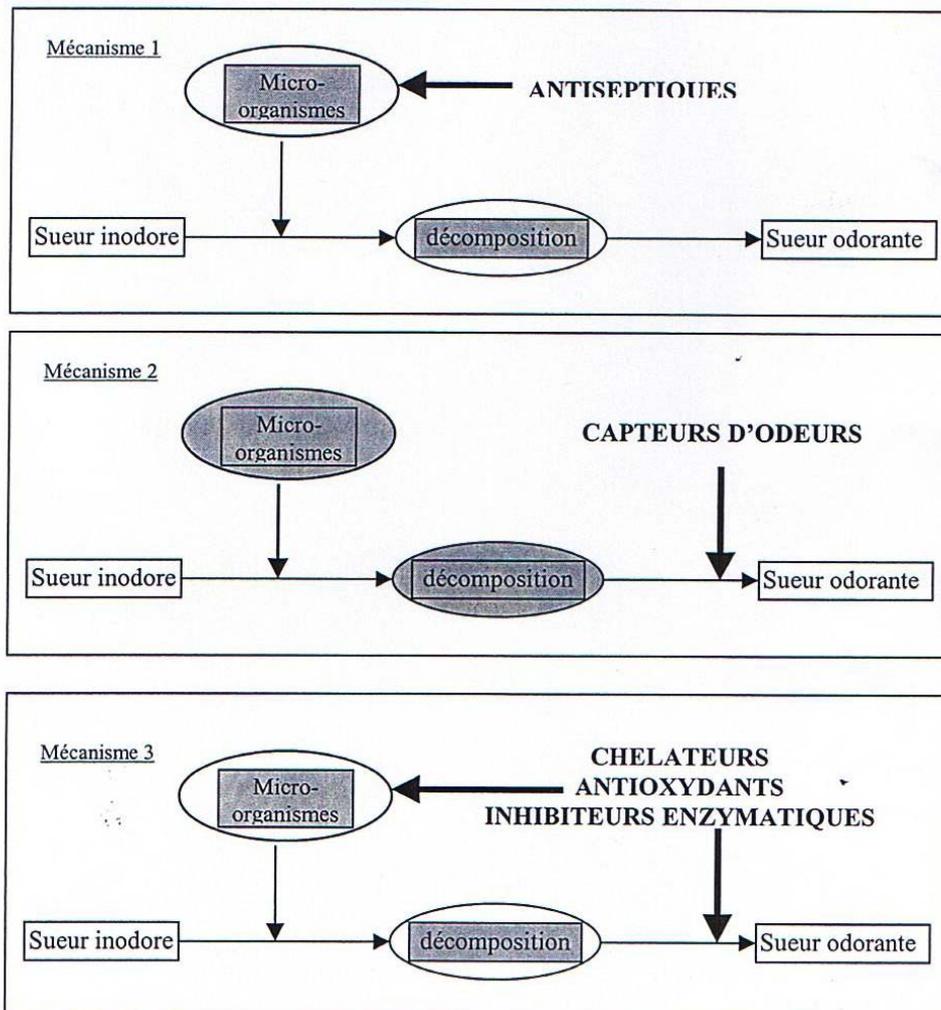


Figure 16 : Mécanismes d'action des déodorants [47]

IV-1-3-1 Les bactéricides

Les odeurs corporelles proviennent principalement de la décomposition de la sueur apocrine et secondairement eccrine. Ceci est dû à la présence sur la peau de microorganismes tels que *Propionibacterium*, *Corynebacterium*, *Micrococcus*, *Staphylococcus* avec formation d'acides gras à chaîne courte. Le film hydrolipidique se décompose également et les composants responsables de l'odeur sont principalement ceux du sébum, du cholestérol et les stéroïdes androgènes [52].

Les déodorants bactéricides agissent en détruisant les bactéries présentes à la surface de la peau au niveau des zones axillaires, des mains et des pieds.

IV-1-3-1-1 Les phénols halogénés

IV-1-3-1-1-1 L'hexachlorophène

L'hexachlorophène (figure 17) est le principal représentant de la famille des chlorophénols.

C'est un excellent antiseptique, actif essentiellement sur les bactéries à Gram +.

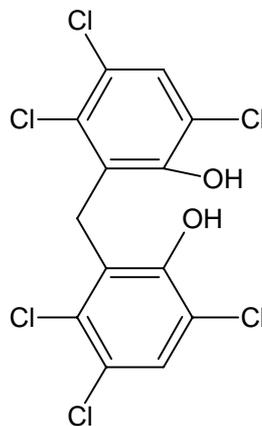


Figure 17 : Formule de l'hexachlorophène [52]

Il est toxique par absorption cutanée et par ingestion. Il entraîne notamment des troubles digestifs et neurologiques parfois très graves (leucoencéphalopathie) en cas d'applications répétées ou d'utilisation à des concentrations très importantes [83].

En 1972, sa présence accidentelle dans un talc a conduit au décès de plusieurs nourrissons (affaire du talc Morhange).

Par ailleurs, son pouvoir allergisant est non négligeable.

Aux Etats-Unis, la FDA a interdit depuis 1972 l'emploi de l'hexachlorophène en dehors des produits vendus sur prescription. En Europe, le produit est encore utilisé mais à des concentrations maximales de 0,1%. Il tend à être remplacé par le triclosan dans la plupart des déodorants [57].

IV-1-3-1-1-2 Le triclosan

L'antiseptique le plus connu est le triclosan commercialisé sous le nom d'IRGASAN DP 300[®] (figure 18).

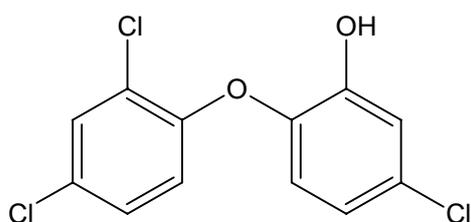


Figure 18 : Formule du triclosan [52]

C'est un agent antimicrobien de synthèse, essentiellement actif sur les bactéries Gram+ et à un moindre degré sur les Gram-, les levures et les moisissures [12, 53].

Il est utilisé dans les préparations déodorantes à des concentrations comprises entre 0,05% et 0,3% [57].

Il est bien toléré, faiblement irritant et peu allergisant [28, 52].

On retrouve le triclosan dans les produits ZELANE[®], KLORANE[®], AKILEINE[®]

IV-1-3-1-1-3 Autres dérivés des chlorophénols

On retrouve le trichlorodiphényléther, qui a une action déodorante, dans le pain déodorant SPIRIAL[®] des laboratoires SVR.

De même, le dichlorophène et le bromochlorophène appartenant à la même famille sont présents comme agents déodorants antibactériens, respectivement dans les sprays SCHOLL[®] pour chaussures et AKILEINE[®] pour chaussures.

IV-1-3-1-2 Les dérivés halogénés de carbanilide

Le représentant le plus connu est le trichlorocarbanilide ou trichlorocarban ou TCC (figure 19).

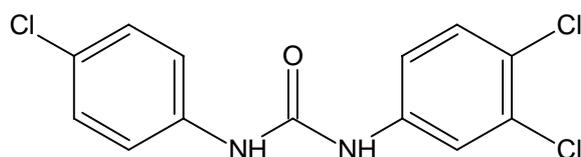


Figure 19 : Formule du trichlorocarban [47]

Il présente une activité bactéricide sur les bactéries Gram+ à la concentration de 0,5 à 1,5%.

Il est dégradé par la chaleur. Il provoque peu d'effets secondaires et de réactions allergiques. En revanche, on peut observer des phénomènes de photosensibilisation [45, 83].

Son usage est plutôt limité dans les déodorants. On le trouve dans le savon déodorant SEPTOSAN[®], mais reste très utilisé dans les savons antiseptiques tels que SEPTIVON[®], SOLUBACTER[®].

IV-1-3-1-3 Les dérivés halogénés de salicylanilide

Le tribromosalicylanilide, autrefois utilisé, est désormais interdit.

Le trichlorosalicylanilide et le tetrachlorosalicylanilide possèdent une très bonne activité antiseptique, mais ils ne sont plus utilisés actuellement en raison de leur fort pouvoir photosensibilisant [14,52].

IV-1-3-1-4 La chlorhexidine

La chlorhexidine possède une action bactéricide sur les Gram+ et à un moindre degré sur les Gram-, les levures et les moisissures [53].

Elle est désormais très peu utilisée dans les déodorants.

IV-1-3-1-5 Les ammoniums quaternaires

Ce sont essentiellement les chlorures de benzalkonium et de benzéthonium. Ils possèdent une bonne efficacité sur les bactéries Gram+, les levures et les moisissures, mais une activité modérée sur les Gram- [28].

Leur emploi peut entraîner quelques irritations ou réactions allergiques [28].

Leur emploi est très rare dans les déodorants actuels. On en retrouve cependant dans certains sprays de la gamme SCHOLL®.

IV-1-3-1-6 Les huiles essentielles

Les huiles essentielles peuvent inhiber la croissance de bactéries productrices d'exoenzymes.

On peut utiliser les huiles essentielles de vetiver et de santal, qui agissent sur les corynébactéries à exoenzymes et sur les dermatophytes responsables de mycoses.

L'huile essentielle de géranium est active sur la flore bactérienne du pied responsable de la formation des mauvaises odeurs.

Les huiles essentielles de sarriette, de thym ou de cannelle agissent également sur les microorganismes bactériens et fongiques mais elles respectent moins la flore commensale et sont plus agressives pour l'épiderme [91].

Leur activité est due à la présence de composés phénoliques (thymol, eugénol...).

Elles contiennent des fractions terpéniques très sensibilisantes [72].

Ces huiles essentielles sont présentes dans de très nombreux produits : AKILEINE® galets de bain (lavande, romarin...), la POUDRE DU MARCHEUR® (pin, lavande), PEDIROL® (romarin).

Par ailleurs, le farnésol (figure 20), très utilisé dans les déodorants, est extrait des huiles essentielles de rose, jasmin et fleur d'oranger.

C'est un sesquiterpène acyclique utilisé à des concentrations comprises entre 0,1 et 0,3% qui possède une action bactériostatique sur les gram positifs. Il a un fort pouvoir inhibiteur sur *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus* et sur les corynébactéries. Il est non toxique mais peut être sensibilisant [47].

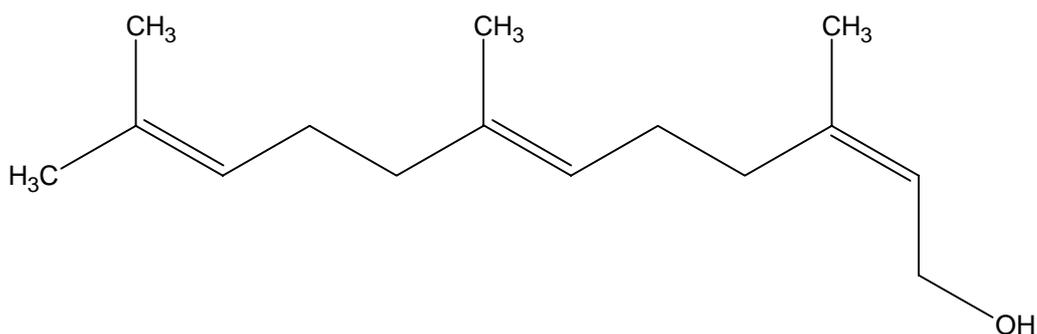


Figure 20 : Formule du farnésol [47]

On retrouve le farnésol dans les gammes KEOPS[®], PEDIRELAX[®], NEUTROGENA[®]....

IV-1-3-1-7 L'acide undécylénique

L'acide undécylénique (figure 21) est un acide gras insaturé, obtenu industriellement par pyrolyse de l'huile de ricin [88].

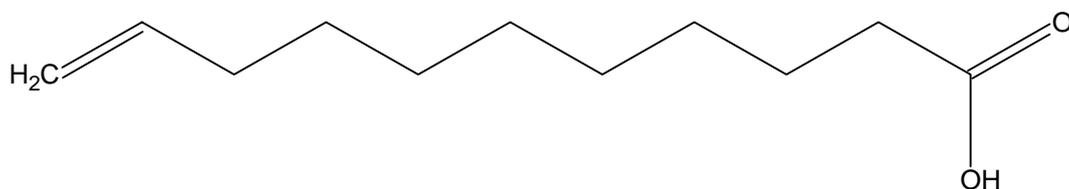


Figure 21: Formule de l'acide undécylénique [47]

Il présente, ainsi que ses dérivés (undécylénate de zinc...), une activité antibactérienne et antifongique, une faible toxicité et une bonne tolérance locale.

On retrouve ces molécules dans différentes gammes telles que PODIOS[®], PEDIRELAX[®]...

IV-1-3-2 Les capteurs d'odeurs

Contrairement aux déodorants bactéricides qui agissent en amont, en empêchant la formation de sueur malodorante, les capteurs d'odeurs agissent sur la sueur excrétée en neutralisant les produits malodorants volatils formés après dégradation enzymatique de la sueur.

Ils agissent par absorption ou chélation et empêchent ainsi la perception sensorielle de mauvaises odeurs.

IV-1-3-2-1 Les résines échangeuses d'ions

L'utilisation des résines échangeuses d'ions localement inoffensives fut l'œuvre de Thurmon et Ottenstein puis de Ikai [86].

Les résines se présentent sous la forme de poudres très fines constituées par un réseau macromoléculaire tridimensionnel polymérisé sur lequel les groupements échangeurs anioniques ou cationiques sont ensuite greffés.

Le principe est d'absorber les composants malodorants ou pouvant le devenir : par exemple, les acides gras vont être absorbés, échappant alors à l'oxydation et à la dégradation à la surface de la peau.

Les résines échangeuses d'anions vont absorber les acides gras. Les résines échangeuses de cations vont absorber l'ammoniaque.

Les ions sont ainsi piégés sous forme de sels insolubles et de complexes.

Par exemple, l'Amberlite X64[®] et l'Amberlite X87[®] absorbent dans une sueur 50% de l'acide lactique, 26% de l'ammoniaque et 27% de l'urée.

On peut associer les deux types de résines ; elles peuvent également être associées à d'autres actifs tels que les sels d'aluminium dans les antitranspirants [57, 76, 86].

IV-1-3-2-2 Les sels de polyacides organiques

Les acides gras à chaîne courte (moins de 6 atomes de carbone) tels que l'acide ricinoléique ou l'acide sénésoïque ont la propriété d'interférer avec les composants volatils

odorants et de s'opposer ainsi aux odeurs déjà formées qu'elles piègent dans des complexes d'inclusion par un phénomène de captation physico-chimique [31].

C'est ainsi qu'on utilise les sels métalliques d'acides organiques tels que le ricinoléate de zinc (figure 22).

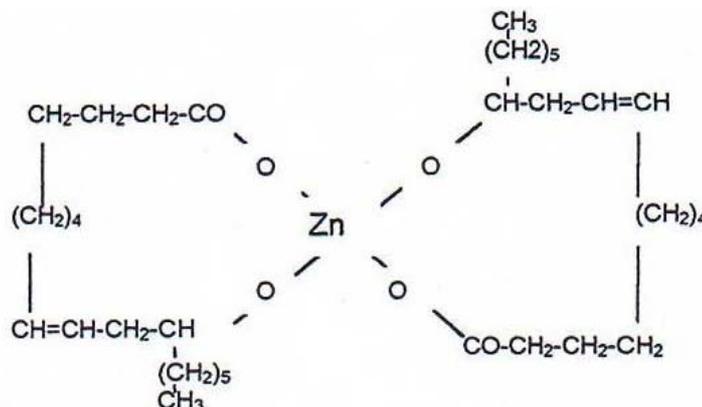


Figure 22 : Formule du ricinoléate de zinc [76]

Les sels métalliques de l'acide ricinoléique ont une très forte affinité pour les molécules organiques de faibles poids moléculaires, les acides gras à chaîne courte, les amines, les mercaptans.

La société Goldschmidt a mis au point à partir du ricinoléate de zinc, une gamme de matières premières déodorantes dépourvues de propriétés bactéricides ou fongicides. Elles n'interfèrent pas avec la flore naturelle de la peau et n'inhibent pas la transpiration naturelle. Elles agissent en fixant les odeurs formées pendant la décomposition bactérienne lors de la transpiration [57].

Dans cette gamme de matières premières, baptisée TEGO, on trouve :

- TEGO Deo PY 88 ou ricinoléate de zinc hautement actif utilisable dans tous les types d'émulsions notamment les crèmes ;
- TEGO Deo JP 100 convient particulièrement aux formulations déodorantes à forte teneur en eau et donc adapté aux formes sticks et roll-on ;
- le grade HY 77 est destiné aux formes à hautes teneurs en alcool telles que les sprays (teneur en eau inférieure à 30%), les sticks, les roll-on et les crèmes [57].

A la différence des bactéricides, l'avantage du ricinoléate de zinc est d'agir aussi bien sur les nouvelles odeurs que sur les odeurs préformées. Par ailleurs, il bénéficie d'une parfaite innocuité [31].

IV-1-3-2-3 Le Sinodor[®]

C'est un ester aliphatique insaturé (citronellyl 3-methylbut-2-enoate) qui présente un pouvoir désodorisant basé sur des réactions physicochimiques complexes avec les odeurs corporelles.

Il ne présente aucune activité bactéricide mais il élimine les odeurs désagréables ainsi que les odeurs axillaires imprégnées dans les vêtements [7].

Il est utilisé dans les déodorants axillaires, plantaires et buccaux [7].

On le retrouve par exemple dans les gammes KEOPS[®] et PEDIRELAX[®].

IV-1-3-3 Les antioxydants

On trouve essentiellement le butylhydroxyanisole (BHA), le butylhydroxytoluène (BHT) et la vitamine E ou tocophérol.

Ils agissent en diminuant l'oxydation des lipides (rancissement) présents dans la sueur apocrine, phénomène responsable de la formation d'acides gras malodorants.

Ces trois molécules ont l'inconvénient d'être à l'origine de sensibilisations [27, 31].

On retrouve notamment la vitamine E dans la gamme KLORANE[®].

IV-1-3-4 Les inhibiteurs enzymatiques

Il s'agit essentiellement du triéthylcitrate (TEC) (figure 23).

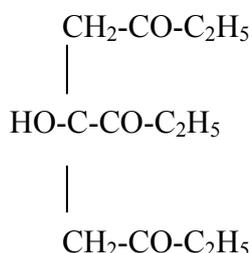


Figure 23: Formule du triéthylcitrate [76]

Par inhibition des estérases microbiennes, il empêche la dégradation des triglycérides en acides gras.

Après son application sur la peau, le triéthylcitrate est attaqué par les estérases de la surface cutanée. Il est alors hydrolysé en diester puis en acide citrique entraînant une diminution du pH et une perte d'activité des enzymes cutanées (figure 24). La sueur n'étant plus dégradée, aucune odeur désagréable n'est formée [67].

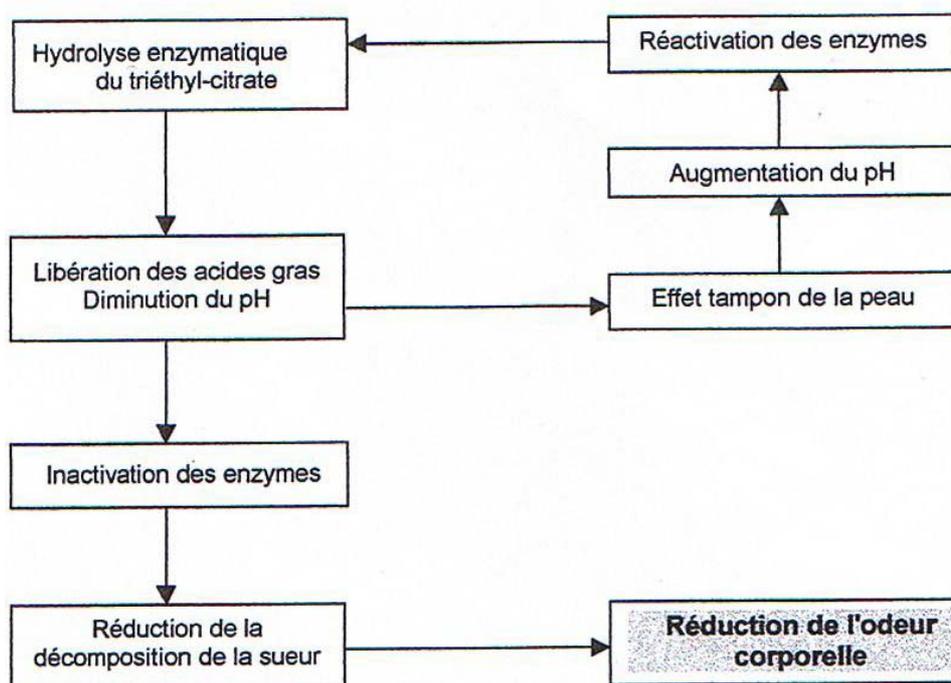


Figure 24 : Mécanisme d'action du triéthylcitrate [76]

Le triéthylcitrate est utilisé à des concentrations allant de 1 à 5%, le plus souvent en association avec d'autres actifs (antitranspirants et antioxydants). Il possède une excellente tolérance [67].

IV-1-3-5 Les chélateurs métalliques

Ce sont essentiellement les sels cuivriques et zinciques. Ils agissent en piégeant les produits de décomposition présents dans la sueur [27, 37].

IV-1-3-6 Les absorbants

Le talc, l'amidon, les dérivés de cellulose ont la propriété d'absorber l'humidité et les mauvaises odeurs et peuvent donc être incorporés dans des produits déodorants. Il s'agit le plus souvent de poudres qui sont utilisées en association [30, 37, 87].

La poudre ZEASORB[®] à base de talc et de cellulose est utilisée dans la transpiration et la macération des mains, pieds, aisselles et les plis des obèses.

IV-1-3-7 Les modificateurs de pH

Il s'agit essentiellement de l'acide α cétoglutarique qui maintient le pH de la sueur dans les zones acides.

Il va réagir avec l'ammoniaque en la complexant et se transforme en acide glutamique, d'où une action déodorante [52].

Les différents déodorants disponibles à l'officine sont regroupés selon leur forme galénique dans les tableaux X, XI, XII, XIII, XIV et XV.

Dénomination du produit	Composition	Utilisations
AKILEINE®	- silice - triclosan	-pieds
DRY-FOOT®	- acide acétoglutarique - talc - amidon	- pieds -chaussures, chaussettes
PEDIRELAX®	- farnésol - undécylénate de zinc - silice, talc	- pieds -chaussures
POUDRE DU MARCHEUR®	- trichlocarban - triclosan - talc - amidon - huiles essentielles	- pieds
SALTRATES®	- talc - cellulose - silice - huile essentielle de thym	-pieds
ZEASORB®	- cellulose - talc	- pieds - mains - aisselles - plis (obèses)
ZIRCONAL®	- talc - silice - huile essentielle de menthe	- pieds - chaussures - chaussettes -mains

Tableau X : Exemples de poudres déodorantes disponibles à l'officine

Dénomination du produit	Composition	Utilisations
NEUTROGENA [®] crème	- farnésol	- pieds
PEDIRELAX [®] gel	- farnésol 0,2% - HE de sauge et melaleuca	- pieds
ZIRCONAL [®] crème	- chlorhexidine - huiles essentielles (citron, menthe)	-pieds

Tableau XI : Exemples de crèmes et gels déodorants disponibles à l'officine

Dénomination du produit	Composition	Utilisations
ETIAXIL [®] quotidien	- triclosan - limonène, eugénol, géraniol	-aisselles
KLORANE [®] déodorant sec	- triclosan - triéthylcitrate	-aisselles -pieds
NEUTROGENA [®]	- farnésol - tocophérol	-pieds
SCHOLL [®] spray podologique antiodeur	- triclosan -dichlorophène -acide undécylénique	-chaussures
SUDINE [®] spray chaussures	- triclosan - huile essentielle de lavande	-chaussures

Tableau XII : Exemple de sprays déodorants disponibles à l'officine

Dénomination du produit	Composition	Utilisations
BIOTHERM [®]	- talc - silice	-aisselles
KEOPS [®]	- sinodor	-aisselles
SPIRIAL [®] (SVR)	- triéthylcitrate	-aisselles
ZIRCONAL [®]	- triclosan	-aisselles

Tableau XIII : Exemples de roll-on déodorants disponibles à l'officine

Dénomination du produit	Composition	Utilisations
KEOPS [®]	- sinodor	-aisselles
MELA'AURA [®]	- triclosan	-aisselles
TOLERIANE [®] (Roche Posay)	- talc	- aisselles
VICHY [®] homme	- talc - BHT -huile essentielle de sauge, lavande	-aisselles
VICHY [®] peaux sensibles	- ricinoléate de zinc	-aisselles
ZELANE [®]	-sinodor	-aisselles

Tableau XIV : Exemples de sticks déodorants disponibles à l'officine

Dénomination du produit	Forme	Composition	Utilisations
AKILEINE [®]	Galets de bains	-Huiles essentielles (cèdre, romarin, lavandin, citron)	Pieds
KLORANE [®]	lingettes	-triclosan	Mains, pieds, aisselles
PEDIROL [®]	lotion	-Huiles essentielles (cyprés, pin, myrrhe, sauge)	Pieds
SPIRIAL [®]	Pain déodorant	-trichlorodiphényléther -triéthylcitrate	toutes zones du corps

Tableau XV : Exemples de déodorants sous forme diverses disponibles à l'officine

IV-2 Les différents types de présentations cosmétiques

Les déodorants et antitranspirants sont probablement les produits cosmétiques présentés sous les formes les plus diverses et nombreuses.

Les consommateurs peuvent alors effectuer leur choix en fonction de la zone à traiter, de l'importance de la sudation et bien sûr de leurs goûts personnels.

IV-2-1 Les aérosols

La Pharmacopée les appelle « Préparations pharmaceutiques pressurisées » et ils sont communément appelés « bombes aérosols » (figure 25).

Ce sont des préparations contenant un ou plusieurs actifs. Le système aérosol consiste à faire passer à travers un orifice diffuseur un liquide poussé par un gaz sous pression, le plus souvent un hydrocarbure (propane, butane, isobutane...). L'emploi de certains gaz propulseurs tels que les dérivés chlorofluorés est désormais interdit du fait de leur contribution à la destruction de la couche d'ozone [33, 50].

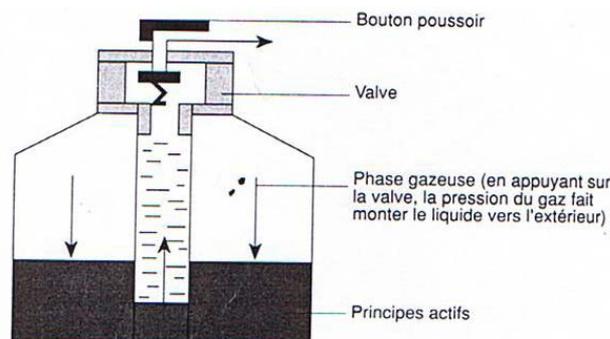


Figure 25 : Schéma d'une préparation pharmaceutique pressurisée [33]

Le liquide est transformé en un fin brouillard de particules au moment de l'ouverture de la valve sous l'action d'une pression sur le diffuseur.

Cette forme a l'avantage d'être facile d'utilisation, d'être peu sujette à la contamination bactérienne et d'être très hygiénique. En revanche, du fait de la présence des

hydrocarbures, ils sont inflammables et leur stockage doit se faire à l'abri de toute source de chaleur.

Il existe également des aérosols "secs" déposant sur l'actif sous forme de pellicule fine, le véhicule s'évaporant avant le contact cutané. Ils sont constitués d'une suspension en poudre dans un milieu organique lipophile. Dans ce cas, il faut bien agiter avant l'emploi [33, 50, 81].

IV-2-2 Les atomiseurs vaporisateurs

Leur composition est analogue à celle des aérosols, mais l'absence de gaz propulseur implique la nécessité d'une pression manuelle pour la vaporisation.

Le produit est généralement en solution hydroalcoolique, l'éthanol permettant l'évaporation du liquide lors de l'application sur la peau [11].

L'incorporation des sels de zirconium est interdite dans les aérosols et les vaporisateurs, leur inhalation chronique pouvant provoquer des lésions granulomateuses pulmonaires [45].

IV-2-3 Les sticks

Ce sont des bâtons cylindriques ou de section elliptique ayant un aspect de gels solides qui sont introduits dans des étuis en plastique rigide avec un poussoir le plus souvent actionné par une vis.

Ce sont des sticks suspensions dans lesquels la suspension devient solide par addition d'agents gélifiants [11].

Les sticks antitranspirants sont formulés à base de cires ou corps gras qui demeurent opaques. Ils ne contiennent ni eau ni alcool. On trouve généralement l'actif (particules de sels d'aluminium ou d'aluminium-zirconium), des gélifiants, des émoullients (silicones tels que cyclométhicone), des agents de suspension et des antioxydants.

Les sticks déodorants sont eux à base de stéarate de sodium (agent gélifiant) et ils peuvent être ou non à base d'alcool.

Dans les sticks alcooliques, l'excipient est un gel dans l'alcool contenant des humectants (glycérine,...). Ils sont le plus souvent transparent et donnent une sensation de fraîcheur due à l'évaporation de l'alcool.

Il existe aussi des sticks sans alcool. Dans ce cas, ils sont formulés à base de propylène glycol ou de glycérol et sont moins irritants mais aussi moins rafraîchissants [11, 27, 47].

La durée d'emploi des sticks alcooliques est limitée dans le temps, l'évaporation de l'alcool provoquant la diminution de leur diamètre [35, 52].

IV-2-4 Les flacons à billes ou « roll-on »

Ils fonctionnent comme un stylo à bille : ils libèrent leur contenu par frottement d'une bille sur la peau.

Ce sont généralement des émulsions « huile dans eau » ou des préparations hydroalcooliques (suspensions anhydres).

Les émulsions contiennent des tensioactifs non ioniques (monostéarate de glycérol...), un agent stabilisateur d'émulsion (silicate de magnésium et d'aluminium), des humectants (glycérine, propylèneglycol...). Ils contiennent près de 75% d'eau.

Les inconvénients de cette formulation sont la sensation de froid et d'humidité qui suit son application, le temps de séchage assez long du produit et l'effet de poissage durant le séchage [15, 52].

Les préparations hydroalcooliques contiennent des émoullients, de l'alcool, de la silice et du talc. Ces formulations contiennent jusqu'à 60 à 70% de silicone fluide volatile (telle que la cyclométhicone) ce qui permet de supprimer la sensation de froid provoquée par l'alcool et qui facilite l'évacuation du produit au contact de la peau laissant peu de traces sur la peau et un toucher non gras. Cependant, ils restent encore chers à cause de leur haute teneur en silicones [15, 57].

Les formes sticks et roll-on sont en pleine expansion, tendant à supplanter les formes aérosols. Elles sont d'utilisation aisée mais elles ne peuvent être utilisés que sur les aisselles.

IV-2-5 Les poudres

Elles sont surtout utilisées pour les problèmes de transpiration des pieds et plus rarement pour les mains moites.

Elles peuvent être appliquées directement sur la plante des pieds ou dans les chaussures ou chaussettes. Elles sont présentées en flacon-poudreux ou sous forme d'aérosols.

Elles contiennent des complexes absorbants et astringents d'origine minérale et végétale (talc, amidon, kaolin...) [11, 52]

IV-2-6 Les crèmes

Ce sont des émulsions huile dans eau qui séchent sans laisser de résidus huileux sur la peau.

Les crèmes devraient être la forme de choix des antitranspirants. En effet, la présence de corps gras et de gélifiants limite les réactions d'irritation, et le mode d'application facilite le contact du produit avec les orifices d'excrétion de la sueur augmentant son activité. Mais, elles restent peu appréciées par crainte de dépôts gras sur les vêtements et du contact du produit avec les mains [35, 52].

IV-2-7 Les gels

Ils sont constitués de liquides gélifiés à l'aide d'agents gélifiants appropriés. Un gel est formé par un réseau tridimensionnel organisé de macromolécules qui emprisonnent un liquide en son sein [27].

Ils permettent une action longue durée grâce à une formule concentrée en actifs.

Le gel est non gras, pénètre facilement et laisse une sensation de fraîcheur. Malgré cela, les gels sont des formes encore peu utilisées [47, 50].

IV-2-8 Les lotions

Elles sont surtout utilisées en cas d'hyperhidrose plantaire, plus rarement pour les mains.

IV-2-9 Les savons

On peut trouver des savons liquides ou solides (pains dermatologiques).

Ils sont surtout employés pour des actifs antiseptiques (triclosan, trichlorocarban) à une concentration inférieure à 3% [52].

IV-2-10 Les lingettes

C'est la forme la plus récente offerte au consommateur. Le support est un non-tissé cellulosique imbibé d'une solution dont la composition est identique à celles des aérosols ou flacons-billes par exemple. Le conditionnement doit être parfaitement hermétique, sous film alumino-plastique pour éviter une évaporation trop rapide du solvant [52].

Cette forme galénique permet d'éviter les contaminations bactériennes, et son côté pratique notamment en voyage, séduit de plus en plus de consommateurs.

IV-3 Les effets indésirables

Lorsqu'une molécule est mise au contact de la peau, plusieurs risques potentiels guettent son utilisateur.

Les risques les plus réels pour les déodorants et antitranspirants sont l'irritation cutanée, les réactions allergiques et la photosensibilisation.

IV-3-1 L'irritation cutanée

L'irritation du tégument par un produit chimique est une atteinte à son intégrité qui se traduit par des lésions plus ou moins importantes de l'épiderme et par l'apparition d'une réaction inflammatoire dans le derme sous-jacent. Cela peut se traduire par un érythème, des brûlures, picotements ou pigmentations localisées.

Elle ne fait pas intervenir de mécanismes immunologiques.

Ces réactions peuvent être dues au constituant lui-même (pH acide...), à une utilisation inappropriée (pulvérisation du gaz propulseur trop près, applications trop rapprochées...) ou à l'état de la peau (peau humide, lésée...) [11, 60, 86,].

IV-3-2 Le risque allergique

Des dermatites allergiques ont été observées chez des utilisateurs de déodorants et d'antitranspirants. Dans le domaine des cosmétiques, les déodorants sont responsables d'environ 5 % des eczémas de contact.

Ce sont des réactions immunologiques qui nécessitent l'intervention d'une substance allergisante et d'une prédisposition chez un individu donné. Elles se manifestent par un prurit, un eczéma ou un érythème.

Parmi les principaux allergènes des cosmétiques, peuvent être concernés dans les déodorants :

- les conservateurs (l'EUXYL K400, parabens...);
- les parfums (comprenant des fractions terpéniques, vanilliques ou cinnamiques...);
- les émulsifiants;
- les actifs eux-mêmes tels que les antiseptiques, les huiles essentielles ou le tocophérol.

Néanmoins, si l'irritation due à un déodorant est relativement fréquente, l'allergie, elle, est plus rare.

Parmi les réactions allergiques, on peut observer également des phénomènes de photosensibilisation. En effet, certaines substances chimiques de poids moléculaire relativement bas peuvent induire une réaction allergique après exposition au soleil.

Les molécules responsables sont appelées photoallergènes. On retrouve notamment l'hexachlorophène, le dichlorophène et le trichlorocarban ainsi que certains excipients.

Elles se manifestent par des démangeaisons, un érythème ou un œdème localisé exclusivement sur les régions découvertes, exposées à la lumière [11, 16, 17, 72, 73, 90].

IV-3-3 La corrosion vestimentaire

Ce problème se pose essentiellement avec les sels d'aluminium, la forte acidité de leur solution les rendant agressifs pour les vêtements.

Il faut tenir compte de la nature du métal, du pH du produit fini, de la présence ou non d'humectants, de substances tampons, et de la technique de nettoyage. Le premier lavage doit s'effectuer à l'eau froide et non calcaire.

L'altération porte à la fois sur le textile lui-même (diminution de la résistance à la rupture) et sur la coloration (virage des teintes acido-sensibles, formation de taches colorées par formation de savons d'aluminium).

Pour y remédier, des substances tampons tel que le glycolle ou des poudres inertes (ZnO) ont été ajoutées dans les formules ; ceci a permis d'améliorer les conditions d'utilisations des antitranspirants sans toutefois arriver à un résultat parfait [86].

IV-3-4 Aluminium et maladie d'Alzheimer

Plusieurs articles parus dans la presse mettant en cause la responsabilité de l'aluminium dans la maladie d'Alzheimer ont attiré l'attention des consommateurs.

En novembre 2000, un groupe de travail "Aluminium et cosmétiques" s'est tenu à l'Afssaps pour déterminer le risque potentiel lié à l'utilisation de l'aluminium dans les produits cosmétiques, en particulier, dans les déodorants/antiperspirants qui peuvent en contenir jusqu'à 20%. L'aluminium est neurotoxique mais aucune corrélation n'a pu être faite entre la maladie d'Alzheimer et l'aluminium.

Concernant les données relatives au passage transcutané de l'aluminium, les conclusions des travaux réalisés sur de la peau de souris sont en faveur d'un passage à 100%. Mais, d'importants problèmes méthodologiques se posent : la peau de souris n'est absolument pas adaptée pour des études de biodisponibilité transposables à l'homme et la peau utilisée a été épilée, ce qui remet en cause l'intégrité de la barrière cutanée.

Pour des données exploitables, il faudrait refaire ces études sur de la peau humaine voire de la peau de porc, en respectant les notes explicatives européennes existantes sur ces méthodes. Au vu de ces données, il n'existe pas d'éléments suffisants pour restreindre l'usage de l'aluminium dans les produits cosmétiques.

Un protocole d'étude du passage transcutané de l'aluminium chez l'homme serait à envisager vu l'absence de données de biodisponibilité exploitables [2, 87].

IV-3-5 Déodorants et risque cancérigène

Depuis quelques années, de nombreuses rumeurs relayées par les médias et Internet, ont fait état d'un lien entre l'utilisation régulière de certains cosmétiques et la survenue de cancers.

Une équipe américaine a affirmé que le rasage des aisselles associé à l'utilisation d'un déodorant (ou d'un anti-transpirant) augmente le risque de cancer du sein. C'est bien l'association de ces deux pratiques qui serait en cause, les rasoirs étant accusés de causer des micro-lésions susceptibles de laisser passer des substances toxiques contenues dans les déodorants notamment les parabens.

Alertées par l'écho médiatique de ces études, les autorités sanitaires françaises se sont également penchées sur la question et nous précisent la place particulière des parabens.

Les esters de l'acide para-hydroxybenzoïque (esters de méthyle, éthyle, propyle, butyle ou benzyle) ou parabens, sont utilisés comme conservateurs dans des aliments, des produits cosmétiques et dans 1096 spécialités pharmaceutiques. Les parabens présentent une très faible toxicité générale et sont bien tolérés (des allergies peuvent tout de même survenir à type d'urticaire ou de dermatite).

Ils ne sont pas mutagènes et les études effectuées chez l'animal n'ont pas mis en évidence de potentiel cancérigène. Cependant, plusieurs études réalisées ont montré que les parabens exerçaient une activité oestrogénique faible (au moins 100 000 fois plus faible que celle du 17 bêta-oestradiol). Une étude récente suggère l'accumulation des parabens dans le tissu mammaire cancéreux. Bien que cette étude comporte de nombreux biais techniques et méthodologiques, l'auteur émet l'hypothèse d'une relation entre la présence de parabens dans le tissu mammaire, leur activité oestrogénique et l'induction de cancer du sein. Une étude épidémiologique conduite sur des femmes présentant un cancer du sein n'a pas mis en évidence de relation entre cette pathologie et l'utilisation de produits cosmétiques. Les chercheurs de l'Institut National du Cancer n'ont connaissance d'aucune étude qui confirme le moindre lien entre l'utilisation d'antitranspirants ou de déodorants sous les aisselles et l'apparition de cancer du sein. La FDA, qui contrôle les produits alimentaires, les

cosmétiques, les médicaments et les dispositifs médicaux, n'a pas non plus la moindre preuve ou la moindre donnée scientifique qui soutienne la théorie selon laquelle les ingrédients des antitranspirants ou déodorants utilisés sous les aisselles causeraient des cancers [3, 19, 29, 34, 55, 58].

Cependant l'accumulation potentielle des parabens dans le tissu mammaire, liée à l'utilisation de produits contenant ces conservateurs, et l'implication éventuelle des parabens dans la survenue du cancer du sein doivent faire l'objet d'études plus approfondies dans les années à venir.

CONCLUSION

La sécrétion sudorale, normale et indispensable au bon fonctionnement de notre organisme, permet d'assurer, grâce aux glandes sudoripares eccrines, la régulation de la température interne de l'organisme par évaporation d'eau à la surface du corps. Ainsi, notre organisme peut s'adapter aux variations extérieures en maintenant la température corporelle à 37°C.

Parallèlement, le rôle des glandes sudoripares apocrines paraît secondaire. Leur activité, peu soumise aux variations de température reste mystérieuse. C'est lorsque cette sueur est dégradée par les bactéries que se forme l'odeur de transpiration.

L'hyperhidrose, c'est-à-dire la production de sueur excessive, associée ou non à des mauvaises odeurs, peut être très mal vécue dans nos sociétés où elle devient un risque de rejet et d'exclusion.

Pour faire face à des demandes de plus en plus fréquentes, des méthodes presque radicales sont désormais utilisées : on peut recourir à des techniques médicales telles que l'ionophorèse ou l'injection de toxine botulique, voire à la chirurgie.

Heureusement, le plus souvent, une hygiène corporelle minutieuse et régulière est la plus efficace des mesures de prévention. Dans la plupart des cas on préconisera l'utilisation d'un antitranspirant ou d'un déodorant : ils bénéficient d'une bonne efficacité, d'une bonne tolérance et leurs conditionnements variés peuvent répondre à toutes les attentes. En effet, les gammes de produits déodorants et antitranspirants se diversifient pour répondre de mieux en mieux aux problèmes de chacun (peaux sensibles...).

Même si la plupart des achats se font en grande distribution, le pharmacien d'officine, de part ses connaissances et son contact privilégié avec le client, peut répondre à la demande du public de plus en plus soucieux de son aspect et recherchant efficacité et sécurité et peut ainsi espérer conserver une partie de ce marché.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Structure de la peau	9
Figure 2: Morphologie de l'appareil pilo-sébacé.....	16
Figure 3: Structure générale de la glande eccrine	19
Figure 4: Structure microscopique de la paroi du peloton sécrétoire de la glande eccrine.....	20
Figure 5: Structure microscopique du canal excréteur de la glande eccrine	21
Figure 6: Structure générale de la glande sudoripare apocrine	22
Figure 7: La pompe Na ⁺ , ATP dépendante	25
Figure 8: La pompe Na ⁺ , K ⁺ -ATP dépendante	26
Figure 9: Fonctionnements comparés d'un caloduc et d'une glande sudorale émettrice de vapeur d'eau.....	30
Figure 10: Mécanisme de la sudation thermique	35
Figure 11: Hyperhidrose palmaire.....	40
Figure 12: Séance d'ionophorèse.....	50
Figure 13: Points d'injections palmaires	53
Figure 14: Les différents niveaux d'action de la lutte contre la transpiration	57
Figure 15: Formule de la méthénamine.....	65
Figure 16: Mécanismes d'action des déodorants	70
Figure 17: Formule de l'hexachlorophène.....	71
Figure 18: Formule du triclosan	72
Figure 19: Formule du trichlorocarban	73
Figure 20: Formule du farnésol.....	75
Figure 21: Formule de l'acide undécylénique	75
Figure 22: Formule du ricinoléate de zinc	77
Figure 23: Formule du triéthylcitrate	78
Figure 24: Mécanisme d'action du triéthylcitrate.....	79
Figure 25: Schéma d'une préparation pharmaceutique pressurisée.....	85

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Densité moyenne des glandes eccrines par cm ²	18
Tableau II: Concentration des principaux constituants de la sueur eccrine	27
Tableau III: Exemple de poudres antitranspirantes disponibles à l'officine.....	66
Tableau IV: Exemples de crèmes antitranspirantes disponibles à l'officine	67
Tableau V: Exemples de gels antitranspirants disponibles à l'officine	67
Tableau VI: Exemple de sprays antitranspirants disponibles à l'officine.....	68
Tableau VII: Exemple de lotions antitranspirantes disponibles à l'officine.....	68
Tableau VIII: Exemples de roll-on antitranspirants disponibles à l'officine.....	69
Tableau IX: Exemples de sticks antitranspirants disponibles à l'officine	69
Tableau X: Exemples de poudres déodorantes disponibles à l'officine	81
Tableau XI: Exemples de crèmes et gels déodorants disponibles à l'officine.....	82
Tableau XII: Exemple de sprays déodorants disponibles à l'officine	82
Tableau XIII: Exemples de roll-on déodorants disponibles à l'officine.....	83
Tableau XIV: Exemples de sticks déodorants disponibles à l'officine	83
Tableau XV: Exemples de déodorants sous forme diverses disponibles à l'officine	84

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] AFSSAPS

Botox® : Avis de la commission de transparence (2003)

[2] AFSSAPS

Vigilances. Bulletin n°5: Janv/Fev 2001

[3] AFSSAPS

Vigilances, bulletin n°20; Avril 2004

[4] AGACHE P.

Physiologie de la peau et explorations fonctionnelles cutanées

Tec & Doc Lavoisier Ed, 2000 ; Paris

[5] AGACHE P., CANDAS V.

Physiologie de la sécrétion sudorale eccrine.

Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Dermatologie, 2001, 6 p.

[6] AISSAOUI M. CABANE J.

Les hyperhidroses

Concours méd. ; 1996 ; 118 (40) : 2910-2912

[7] Anonyme

Le sinodor, nouvelle molécule désodorisante

Parf Cosm Ar, 1995, 123: 80

[8] ARNDT K.

Thérapeutique dermatologique

Pradel Ed 1997; Paris

[9] BACOURT F.

Hyperhidrose palmaire

Concours méd. ; 1998 ; 120 (12) : 874-876

[10] BASSEREAU G.

Hyperhidrose localisée : Apport thérapeutique de la toxine botulique

J. méd. esth. chir. dermat. 2003, 30(117) : 23-27

[11] BECHAUX S

Actualités sur les antiperspirants

Dermatologie pratique 1997 ; 195 : 10-12

[12] BENOHANIAN A.

Antiperspirants and deodorants

Clin Dermatol 2001; 19: 398–405

[13] BODOKH I.

Hyperhidrose palmaire

Ann. Dermatol. Vénéreol. 2003; 130 : 561-564

[14] BONERANDI J.J. PEROUSE D

Sudation, anti-transpirants et déodorants

Nouv. Dermatol. ; 1985; 4(3): 120-122

[15] BRANKO S, SHAPIRO I.

Nouveau tensioactif pour produits de toilette : nouvelles formulations de déodorants,

Parf. Cosm. Ar. 1994; 115:74-75

[16] BRUZE M, JOHANSEN JD, ANDERSEN KE, FROSCH P, GOOSSENS A,

LEPOITTEVIN JP, RASTOGI SC, WHITE I, MENNE T

Déodorants : étude de provocation expérimentale avec l'aldéhyde cinnamique.

J Am Acad Dermatol 2003 Feb; 48(2):194-200

- [17] BRUZE M, JOHANSEN JD, ANDERSEN KE, FROSCH P, GOOSSENS A,
LEPOITTEVIN JP, RASTOGI SC, WHITE I, MENNE T
Deodorants: an experimental provocation study with isoeugenol
Contact Dermatitis 2005 May; 52(5):260-7
- [18] BURKITT H.G., YOUNG B., HEATH J.W.
Histologie fonctionnelle weather 3ème éd.
Arnette Ed 1993; Paris
- [19] DARBRE PD, ALJRRAH A, MILLER WR, COLDHAM NG, SAUER MJ, POPE GS
Concentrations of parabens in human breast tumours
J Appl Toxicol. 2004 Jan-Feb; 24(1):5-13
- [20] DEGOUY A, AUBIN A, AUBIN F, MONNIER G, HUMBERT P
La toxine botulique en dermatologie
Ann. Dermatol. Vénéreol. 2000 ; 127 : 638-642
- [21] DESNOS P, HENRIET JP, VIGNERON JL, CORSON N, MUNOZ MH, BONERANDI
**Traitement de l'hyperhidrose par l'ionophorèse : principe, matériel, méthodologies,
résultats à propos de 93 cas.**
Nouv. dermatol. 1988; 7(5): 551-554
- [22] DESPOPOULOS A., SILBERNAGL S.
Atlas de poche de physiologie 3^{ème} édition
Ed Flammarion ; 2001 ; Paris
- [23] DUBERTRET L.
Thérapeutique dermatologique
Flammarion Ed 2001 ; Paris

[24] DUBUS P. VERGIER B.

Histologie cutanée.

Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Cosmétologie et Dermatologie esthétique, 2000 : 9 p.

[25] DUMONT P

Hyperhidrose : place du traitement chirurgical

Ann. Dermatol. Vénéreol. 2000, 127 : 1053-1054

[26] ELKHYAT A, AGACHE P

Le traitement de l'hyperhidrose par ionophorèse d'eau faiblement minéralisée

J. Méd. Esth. Chir. Derm. 1993, 20(80) : 251-255

[27] ESTRADÉ M.N.

Guide pratique du conseil cosmétologique à l'officine

Ed Pro officina 1998

[28] FRIMAT P.

Antiseptiques, savons, détergents et surfactants: quelle classification, quelles propriétés ?

Progrès en dermato-allergologie: Nancy, 1998; Montrouge: John Libbey eurotext, 1998, IV: 133-140

[29] GIKAS PD, MANSFIELD L, MOKBEL K.

Do underarm cosmetics cause breast cancer

Int J Fertil Womens Med. 2004 Sep-Oct; 49(5):212-4

[30] GREGOIRE B.

Les soins des pieds

Moniteur pharm. Lab., 2003, 2474, cahier n°10 :10-11

[31] GUILLET G., SASSOLAS B., GRULIER A.

L'odorat en dermatologie

Ann. Dermatol. Vénéreol. 1994, 121: 661-666

- [32] HAGAN DB, LENG FJ, SMITH PM, SNOW M, WATSON A
Antiperspirant compositions based on titanium salts
Int. J. Cosmetic Sci., 1997, 19: 271-280
- [33] HAMON LORLEAC'H F, HARLAY A, HUARD A, RIDOUX L
Le guide du préparateur en pharmacie
Ed Masson, 1998
- [34] HARVEY PW
Parabens, oestrogenicity, underarm cosmetics and breast cancer: a perspective on a hypothesis
J Appl Toxicol. 2003 Sep-Oct; 23(5):285-8
- [35] HELWES L., KLEPAK PH.
Reheis : Principes actifs pour déodorants secs
Parf. Cosm. Ar. 1990, 92 : 119-125
- [36] HERNANDEZ M., MERCIER-FRESNEL M.M.
Le nouveau précis d'esthétique cosmétique 6^{ème} éd.
VIGOT Ed 2003; Paris
- [37] HERVE N.
La cosmétologie sur le bout des doigts, pieds, mains, ongles
Moniteur pharm. Lab.; 2000 ; 2374, cahier n°43 :2-8
- [38] HOUDAS Y., GUIEU J.D.
La fonction thermique
Simep Ed 1977 ; Villeurbanne.
- [39] KAMINA P.
Anatomie générale 2^{ème} édition
Maloine Ed 1990

[40] KREYDEN O

Iontophoresis for palmoplantar hyperhidrosis

J. Cosmetic Dermatol. 2004; 3: 211-214

[41] LABORATOIRE ARKOPHARMA

Précis de phytothérapie : La santé par les plantes

Ed Alpen, 2003

[42] LACOMBE M.

Abrégé d'anatomie et de physiologie humaine 4^{ème} Ed

Ed Lamarre 1987 ; Pari

[43] LAMBERT D.

Pathologie non tumorale des glandes sudorales.

Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Dermatologie, 2002 :10 p.

[44] LAMBERT D.

Traitement de l'hyperhidrose en dehors des antisudoraux.

Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Cosmétologie et Dermatologie esthétique, 2000, 4 p.

[45] LAMBERT D., BOUILLET F.

Antisudoraux

Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Cosmétologie et Dermatologie esthétique, 2000, 6 p.

[46] LAMBERT D. RAT P.

Hypersudations : diagnostic et traitement

Nouv.dermatol. 2002 ; 21(7) : 323-330

[47] LAMBOLEY P.

Le pharmacien, les déodorants et les antitranspirants

Thèse Doct. Pharm.; 2001, Poitiers

- [48] LAZARETH I, PRIOLLET P
Traitement des hyperhidroses
Ann. Dermatol. Vénéreol. 1988 ; 115 : 1063-1068
- [49] LE BOUARD E.
Déodorants et antiperspirants
Thèse Doct. Pharm., 2001, Rennes
- [50] LE HIR A
Pharmacie galénique : bonnes pratiques de fabrication des médicaments 8^{ème} édition
Ed Masson, Paris, 2001
- [51] MAILLARD H, BRIAND N, BARA C, CELERIER P
Efficacité de la toxine botulique A dans le traitement de l'hyperhidrose axillaire et palmaire : 10 cas
Ann. Dermatol. Vénéreol. 2003 ; 130 : 511-513
- [52] MARTINI MC
Introduction à la dermopharmacie et à la cosmétologie
Ed Tec & Doc; 2003
- [53] MARTINI MC, SEILLER M
Actifs et additifs en cosmétologie
Tec&Doc Lavoisier Ed ; Paris ; 1992
- [54] MASSON JL
L'homéopathie de A à Z
Ed Marabout, 2003
- [55] McGRATH KG
An earlier age of breast cancer diagnosis related to more frequent use of antiperspirants/deodorants and underarm shaving.
Eur J Cancer Prev. 2003; 12(6):479-85

[56] MELISSOPOULOS A., LEVACHER C.

La peau : structure et physiologie

Tec & Doc Lavoisier Ed 1998 ; Paris

[57] MILLET P.

Déodorants : des formulations tirées par le marketing

Parf. Cosm. Act. , 1998, 139: 52-55

[58] MIRICK DK, DAVIS S, THOMAS DB.

Antiperspirant Use and the Risk of Breast Cancer

J Nat Cancer Inst, 2002 ; 94(20): 1578-80.

[59] MONNIER G.

Hypersialorrhée, hypersudation et toxine botulique

Ann. réadapt. méd. phys. 2003; 46: 338–345

[60] MONTEMARANO AD, SAU P, JOHNSON FB, JAMES WD

Cutaneous granulomas caused by an aluminum-zirconium complex: an ingredient of antiperspirants.

J. Am. Acad. Dermatol. 1997; 37: 496-498

[61] MOREL P.

Initiation à la cosmétologie pratique

Tec & Doc Ed 1987 ; Paris

[62] MORELLE J.

Traité de biochimie cutanée volume I

Editions Varia 1957 ; Paris

[63] MORELLE J.

Transpiration et antitranspirants 1^{ère} partie

Parf. Cosm. Ar. 1989, 85: 73-78

[64] MORELLE J.

Transpiration et antitranspirants 2^{ème} partie

Parf. Cosm. Ar. 1989; 86: 83-88

[65] NICOLAS C, GROSDIDIER G, GRANEL F, BARBAUD A, SCHMUTZ JL

Endoscopic sympathectomy for palmar and plantar hyperhidrosis: results in 107 patients

Ann. Dermatol. Vénéreol. 2000 ; 127 : 1057–1063

[66] OCHONISKY S.

Hyperhidroses

Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris), AKOS Encyclopédie Pratique de Médecine, 1998, 4 p

[67] OSBERGHAUS R

Non microbiocidal deodorizing agents

Cosmet toilet 1980 ; 95 ; 7 :48-50

[68] PEYREFFITTE G., MARTINI MC. , CHIVOT M.

Biologie de la peau. 3^{ème} éd.

Simep Ed 1997; Paris

[69] PICHARD AS

L'été de tous les dangers... pour les pieds

Quotidien pharm. 2003, 2133

[70] PIERARD GE, ARRESE J et PIERARD-FRANCHIMONT C.

Sécrétion sudorale

Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Cosmétologie et Dermatologie esthétique, 2000, 5 p.

[71] PISTORIUS MA PLANCHON B.

Hyperhidrose.

Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Angéiologie, 2002, 4 p

- [72] PONS-GUIRAUD A
Tolérance aux cosmétiques: Le point en 1995
Nouv. Dermatol., 1995 ; 14 :514-521
- [73] PRUNIERAS M.
Précis de cosmétologie dermatologique 2^{ème} éd
Masson Ed 1989; Paris
- [74] RAYNAL-NORMAND C
Transpiration
Moniteur pharm. lab. 1992; 1980 : I-VII
- [75] REVUZ J., TOURAINE R.
Dermatologie clinique et vénéréologie 2^{ème} Ed
Ed Masson; Paris; 1984
- [76] REYSER I.
Antisudoraux et déodorants
Thèse doct phar, 1999, Besançon
- [77] ROBERT P.
Dermopharmacologie clinique
Maloine Ed 1985 ; Paris
- [78] ROBIN J.
Manuel pratique de cosmétologie
Ed les nouvelles esthétiques ; 2003 ; Paris
- [79] SAMSON WRIGHT
Physiologie appliquée à la médecine 2^{ème} édition
Ed Flammarion ; 1980 ; Paris

- [80] SAURAT JH, GROSSHANS E, LAUGIER P, LACHAPELLE JM
Précis de dermatologie et vénéréologie
Ed Masson ; 1987 ; Paris
- [81] SEILLER M, MARTINI MC
Formes pharmaceutiques pour application locale
Tec & Doc ; Paris, 1996
- [82] Site Internet : <http://membres.lycos.fr>
- [83] Site Internet de la BIAM (banque de données automatisée des médicaments)
<http://www.biam2.org>
- [84] TAERON C
Sus à la transpiration
Act. pharm., 2002 ; 408 : 49-50
- [85] TETAU M.
Traité de dermatologie homéopathique
Ed Similia, 1989
- [86] THIERS H.
Les cosmétiques
Ed Masson ; 1986
- [87] VANDENDRIESSCHE M.
Contrôler la transpiration
Quotidien pharm. ; 2004 ; 2236
- [88] VAUTION C, FOURNIAT J
L'acide undécylénique et ses dérivés
Parf. Cosm. Ar. 1991, 99:73-75

[89] VIDAL

Edition du VIDAL ; 2005

[90] VIGAN M.

Les nouveaux allergènes des cosmétiques : la cosmétovigilance

Ann. Dermatol. Vénérolog ; 124, 8 :p571

[91] VIOLLON C, CHAUMONT JP

Ciblage de bactéries cutanées

Parf. Cosm.ar. 1994; 116:67-70

[92] WICHTL M, ANTON R

Plantes thérapeutiques: tradition, pratique officinale, science et thérapeutique.

Ed Tec & Doc, Paris, 1999

Nom-Prénoms: BRISARD Anne

Titre de la Thèse: L'hyperhidrose : traitements et solutions

Résumé de la Thèse : La transpiration est un phénomène physiologique sain et naturel qui permet à l'organisme de maintenir un équilibre thermique essentiel à son bon fonctionnement. Excessive, elle peut aussi devenir un réel problème, voire un véritable handicap, tant sur le plan personnel que professionnel. Dans un premier temps, nous étudierons la physiologie de la peau, des glandes sudoripares et le mécanisme de la sudation et ses pathologies associées. Puis, nous présenterons les différents traitements médicaux et chirurgicaux existant ainsi que les produits cosmétiques qui peuvent être utilisés dans les hyperhidroses.

MOTS CLES : GLANDES SUDORIPARES

SUDATION

HYPERHIDROSE

ANTITRANSPIRANTS

DEODORANTS

JURY

PRESIDENT: Mr Alain PINEAU, Professeur de Toxicologie

Faculté de Pharmacie de Nantes

ASSESEURS: Mme Laurence COIFFARD, Professeur de Cosmétologie (Directeur de Thèse)

Faculté de Pharmacie de Nantes

Mr Jérôme GUILLET, Pharmacien

Rue, de Beaugency 44230 St Sébastien s/Loire

Adresse de l'auteur : 8 boulevard de la prairie au duc 44200 NANTES