

CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET L'ANTINOMIE DE L'EAU QUI DÉSHYDRATE

C. PIÉRARD-FRANCHIMONT (1, 2), T. HERMANN-S-LÉ (3, 4), S.L. PIÉRARD (5), G.E. PIÉRARD (6, 7)

RÉSUMÉ : La couche cornée matérialise l'interface entre le corps et son environnement. Cette structure est influencée par le climat et les saisons. De nombreux paramètres physico-chimiques sont impliqués par cette relation. Parmi eux, l'humidité relative, le point de rosée, la perte insensible en eau et les concepts de l'eau-comme-de-la-glace et de l'eau-en-vrac.
MOTS-CLÉS : Couche cornée - Point de rosée - Cornéocyte - Saison

CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET COUCHE CORNÉE

La perception d'un effet de serre dans l'atmosphère et les divers changements climatiques qui l'accompagnent sont des situations qui interpellent l'actualité. Les facteurs climatiques qui risquent d'intensifier leurs influences ont potentiellement un effet sur la peau, en particulier sur la couche cornée. En effet, cette dernière, produit ultime de la différenciation de l'épiderme, matérialise une des frontières majeures entre l'organisme et l'environnement. Sans elle, la vie ne serait pas possible parce que la porte serait ouverte à la pénétration de xénobiotiques toxiques et à une grande diversité de microorganismes. Dans l'autre sens, la même structure veille à limiter la fuite d'eau, d'électrolytes et d'autres biomolécules constitutives du corps (1). La couche cornée est formée de cellules mortes, les cornéocytes. Elle n'est cependant pas une barrière protectrice inerte, mais correspond à une structure dynamique répondant de manière interactive à de nombreuses sollicitations externes.

(1) Chargé de Cours adjoint, Chef de Laboratoire, (2) Chef de Service de Dermatologie, CHR, Huy, (3) Consultant Expert Clinique, Service de Dermatopathologie, Unilab Liège, CHU de Liège, (4) Dermatologue, Unité de Dermatologie, Centre de Diagnostic, Verviers. (5) Ingénieur doctorant, INTEL SIG, Institut Montéfiore, Université de Liège. (6) Professeur invité, Laboratoire LABIC, Département des Sciences Cliniques, Université de Liège, (7) Professeur honoraire, Université de Franche-Comté, Besançon, France.

CLIMATIC CHANGES AND THE ANTINOMY OF DEHYDRATING WATER
SUMMARY : The stratum corneum materializes the interface between the body and its environment. Such a structure is influenced by the climate and seasons. A series of physico-chemical parameters are involved in this relationship. Among them, the relative humidity, the dew point, the insensible loss of water and the concepts of water-as-ice and the higgledy-piggledy-water.

KEYWORDS : Stratum corneum - Dew point - Corneocyte - Season

HUMIDITÉ RELATIVE ET POINT DE ROSÉE

L'environnement, en particulier la combinaison de l'humidité et de la température ambiante, influence vraisemblablement la texture de la couche cornée. La xérose hivernale en est l'archétype (2-6).

L'humidité relative (HR) dans l'atmosphère est définie, pour chaque température ambiante, par le rapport entre le contenu en vapeur d'eau dans l'air et la quantité nécessaire pour atteindre la saturation. Pour une HR donnée, l'humidité de l'air diminue avec la température. C'est pour cela que la notion de point de rosée tire toute son importance. Le point de rosée correspond à la température ambiante à laquelle la vapeur d'eau se condense, c'est-à-dire lorsque la HR est à son maximum, à 100%. Une telle situation est applicable à l'interface entre la surface cutanée et l'environnement. Une relation a été suggérée entre les propriétés physiques de la couche cornée et une modification critique du point de rosée environnemental (7, 8).

EAU ET COUCHE CORNÉE

La quantité moyenne d'eau contenue dans le corps humain adulte représente près de deux tiers de son poids total. L'eau intracellulaire correspond, elle-même, aux deux tiers de cette quantité et l'eau extracellulaire (plasma, lymphes et liquide interstitiel), au tiers restant. Dans cet ensemble, l'eau retenue par la peau est estimée entre 6 et 8 litres environ, soit 10% du poids corporel d'un adulte. Elle est principalement répartie dans le derme où elle est fixée sur les protéoglycanes et glycoprotéines de struc-

ture, formant un gel semi-fluide. L'épiderme renferme près de 120 ml d'eau, correspondant à environ 60% de sa masse, alors que la couche cornée en contient à peine 20 ml, soit 10 à 20% environ de sa masse.

Dans la couche cornée, l'eau est fixée à des substances hydrosolubles et hygroscopiques intracellulaires, globalement appelées le «Natural Moisturizing Factor» ou NMF par les auteurs anglo-saxons. Ce NMF contenu dans les cornéocytes est formé au cours de la maturation épidermique. Il peut représenter jusqu'à 10% de la masse des cornéocytes et est principalement composé d'acides aminés, d'acide pyrrolidone carboxylique, d'acide lactique, d'urée, de sucres et de sels minéraux. Le NMF est issu de la transformation, au niveau de la couche granuleuse, de la profilaggrine en filaggrine pour former un complexe avec des kératines (K1 et K10) dans les couches les plus profondes de la couche cornée. Par la suite, la dégradation protéolytique de cette filaggrine aboutit en éléments au fort pouvoir osmotique captant les molécules d'eau.

Cette eau fixée au NMF est un des composants majeurs de l'hydratation de la partie superficielle de la peau. Il représente une modalité statique du phénomène. Un second aspect, de nature dynamique, est lié à la perméabilité de la couche cornée et à ses capacités de barrière diffusionnelle. La couche cornée correspond à une barrière lipidique sélective dont la perméabilité dépend, d'une part, de l'intégrité et de la nature des lipides intercornéocytaires. Ces derniers correspondent à des céramides, au cholestérol, à des esters de cholestérol et à des acides gras. D'autre part, leur organisation structurale lamellaire entre les cornéocytes est importante.

XÉROSE, PEAU SÈCHE OU PEAU RÊCHE ?

Le taux d'hydratation de la couche cornée influence directement sa souplesse et son élasticité, mais rien n'indique que l'état communément dit de «peau sèche» en soit affecté, en mieux ou en pire. Être sous la pluie ou sous la douche améliore-t-il l'état cutané de surface ? Tous s'accordent pour répondre par la négative.

Une xérose est présumée être une peau sèche, déshydratée, qui requiert les applications d'une crème hydratante pour en décroître transitoirement la sévérité. Ce discours est commun en cosmétologie. Cependant, l'eau appliquée sur une xérose ne l'améliore pas. Au contraire, ce contact peut en aggraver la présentation.

Qu'y a-t-il derrière cette antinomie rapportant que l'eau aggrave la déshydratation d'une peau prétendue sèche ? Pour répondre à cette question, il est crucial d'identifier et de nommer les faits avec précision. Tout d'abord, une xérose correspond à une couche cornée à la surface rêche. L'examen visuel et tactile ne révèle rien de son éventuelle sécheresse (9). Cependant, lorsque des méthodes objectives de bioingénierie sont utilisées, toute xérose révèle une altération de ses propriétés électriques (capacitance, conductance, impédance) qui suggère une réduction de la quantité d'eau libre dans la couche cornée (10). Donc, la xérose associe une texture à la fois rêche et déshydratée de la couche cornée.

La question suivante vise à savoir si toute diminution de l'hydratation superficielle de la peau est la cause ou la conséquence d'une xérose, voire même s'il y a ou non un lien de causalité entre les deux. En d'autres termes, quelles sont les origines, la structure et les caractéristiques fonctionnelles d'une xérose ? De prime abord, il apparaît réducteur d'attribuer tout processus xérotique uniquement à un manque d'eau dans la couche cornée, en particulier en réponse à des variations climatiques.

DIVERSITÉ DES XÉROSES

Une xérose se caractérise par la combinaison de l'épaississement de la couche cornée, de son état compacté moins flexible, et de sa surface rêche souvent déshydratée (11). Tout le monde s'accorde à dire que la xérose n'est pas un désordre unique. Elle a une origine multifactorielle. Les xéroses cosmétiques incluant la peau dite sèche des mains, des jambes et les pellicules (6,12) sont distinctes des maladies xérotiques telles que le psoriasis, la xérose atopique, la xérose diabétique, les ichtyoses,... (13). Elles peuvent également résulter des effets d'un environnement climatique défavorable (2-6,14) ou d'une hygiène déséquilibrée par l'emploi excessif d'agents nettoyants détersifs (15). Plus rarement, il s'agit de troubles particuliers d'origine génétique du groupe des ichtyoses.

XÉROSES, PERTE INSENSIBLE EN EAU ET POINT DE ROSÉE ENVIRONNEMENTAL

Une des fonctions majeures de la peau est, d'une part, de protéger le corps contre l'intrusion de xénobiotiques et contre des agressions physiques. D'autre part, il s'avère vital de limiter la perte insensible en eau (PIE), en électrolytes et autres biomolécules corporelles.

La couche cornée est le siège de cette ligne de défense qui est bien adaptée aux conditions de réparation lors d'un endommagement, car elle est constamment renouvelée. Cependant, l'environnement et les facteurs individuels peuvent parfois agir de façon complexe et intriquée, et induire certaines anomalies. En effet, l'exposition aux agents chimiques, aux microorganismes, à des températures faibles ou à une hygrométrie basse peut induire des signes et symptômes de xérose et provoquer un déséquilibre de la fonction barrière cutanée (16, 17).

En cas de réduction de la PIE, la couche cornée est moins imprégnée en eau, elle perd sa souplesse, et l'activité des enzymes de clivage des cornéodesmosomes est réduite. Il en résulte une xérose dont l'exemple le plus typique est celui de la xérose hivernale des jambes.

Lors d'une défaillance aiguë ou chronique de la fonction barrière avec accroissement de la PIE, une hyperplasie de l'épiderme et une inflammation cutanée prennent place via une augmentation de la production et de la sécrétion de diverses cytokines. Dès lors, des manifestations de xérose et d'altération de la fonction barrière apparaissent en combinaison avec une altération de la cohésion intercornéocytaire (18). Le processus de xérose est ainsi enclenché. Un exemple typique est la xérose induite par les tensioactifs.

La cohésion entre les cornéocytes dépend principalement de la persistance des jonctions intercellulaires. Les desmosomes de la couche granuleuse subissent des modifications notables avant d'être transformés en cornéodesmosomes (19). Une protéine particulière, la cornéodesmosine, sécrétée par les kératinocytes des dernières couches vivantes, est incorporée dans la région extracellulaire de ces jonctions. Les cadhérines desmosomiales transmembranaires (les desmoglénines et les desmocollines) se trouvent figées dans leur position sur le pourtour cellulaire au moment de la transition entre la couche granuleuse et la couche cornée. D'une part, leurs extrémités extracellulaires sont colonisées par la cornéodesmosine et, en même temps, les extrémités intracellulaires des cadhérines deviennent immobilisées par les pontages de l'enveloppe cornifiée. Leur sort dépend de l'action protéolytique des enzymes sécrétées dans les espaces extracellulaires au moment de la formation de la couche cornée.

Ce n'est donc pas la dessiccation de la couche cornée qui est directement responsable d'une xérose. Le mécanisme de base est, en fait, un déficit de desquamation qui garde une cohésion

excessive entre les cornéocytes superficiels (18). Sur un plan biologique, la persistance des cornéodesmosomes résulte de la fonction défectueuse d'enzymes devant intervenir pour les scinder dans l'espace intercornéocytaire.

L'application d'eau sur une xérose n'hydrate pas substantiellement et durablement la couche cornée car, sous forme libre, l'eau va s'écouler ou s'évaporer rapidement. En revanche, elle risque de solubiliser et d'emporter de petites molécules hygroscopiques du NMF (20). De ce fait, les cornéocytes perdent leur eau intracellulaire. Il en résulte que l'eau déshydrate probablement une couche cornée xérotique.

CONCEPT DE L'EAU-COMME-DE-LA-GLACE ET DE L'EAU-EN-VRAC

L'agencement des molécules d'eau dans la couche cornée a une influence considérable sur ses propriétés physiques (21). Les molécules d'eau autour des structures apolaires en solution dans l'eau s'organisent selon une structure d'eau-comme-de-la-glace. En l'absence de cette eau-comme-de-la-glace, les protéines s'agrègent par leurs pôles hydrophobes. L'eau-en-vrac résulte de l'eau-comme-de-la-glace après sa fusion lors de l'établissement de liaisons/interactions hydrophobes. Ainsi, la différenciation des kératinocytes par l'agrégation des trios filaggrine/K1/K10 est promue par une baisse de la teneur en eau organisée dans la couche granuleuse. La captation de l'eau-comme-de-la-glace pourrait être assurée par la structure lipidique riche en glucosylcéramides dont l'apparition dans la couche granuleuse est contemporaine du début de la baisse de la teneur en eau. Contrairement à un dogme tenace, une xérose n'est pas améliorée par une augmentation de l'hydratation de la couche cornée, mais par la capture d'eau-comme-de-la-glace dans la couche granuleuse (21).

La baisse hivernale de la température provoque une baisse de la quantité d'eau organisée et confère une aggravation de la xérose. Une désynchronisation de la synthèse ou une modification de la structure et/ou de la composition des bicouches de glucosylcéramides de la couche granuleuse pourraient être à l'origine de certains types de xérose.

CONCLUSION

La fonction vitale de la barrière cutanée, ou plus précisément d'imperméabilisation relative de la peau, est paradoxalement assurée par une

structure très mince faite de cornéocytes dévitalisés entre lesquels sont interposés des lipides organisés en bicouches lamellaires. Cette structure est sous la dépendance des modifications de l'environnement, en particulier le climat. Un ensemble de paramètres physico-chimiques est impliqué. C'est ainsi que l'humidité relative de l'air ambiant, le point de rosée, la perte insensible en eau par la couche cornée et les concepts de l'eau-comme-de-la-glace et de l'eau-en-vrac prennent toute leur importance en dermatocologie et en physiologie cutanée.

BIBLIOGRAPHIE

1. Rawlings AV, Matts PJ.— Stratum corneum moisturization at the molecular level : an update in relation to the dry skin cycle. *J Invest Dermatol*, 2005, **124**, 1099-1110.
2. Kikuchi K, Kobayashi H, Le Fur I, et al.— The winter season affects more severely the facial skin than the forearm skin : comparative biophysical studies conducted in the same Japanese females in later summer and winter. *Exog Dermatol*, 2002, **1**, 32-38.
3. Piérard-Franchimont C, Piérard GE.— Beyond a glimpse at seasonal dry skin. A review. *Exog Dermatol*, 2002, **1**, 3-6.
4. Andersen F, Andersen KH, Kligman AM.— Xerotic skin of the elderly : a summer versus winter comparison based on biophysical measurements. *Exog Dermatol*, 2003, **2**, 190-194.
5. Rawlings AV.— Dry skin : environmental aspects. *Exog Dermatol*, 2004, **3**, 72-80.
6. Delvenne M, Piérard-Franchimont C, Seidel L, et al.— The weather-beaten dorsal hand clinical rating, shadow casting optical profilometry, and skin capacitance mapping. *Biomed Res Int*, 2013, **2013**, Article ID 913646.
7. Xhauflaire-Uhoda E, Paquet P, Piérard GE.— Dew point effect of cooled hydrogel pads on human stratum corneum biosurface. *Dermatology*, 2008, **216**, 37-39.
8. Devillers C, Piérard GE, Quatresooz P, et al.— Environmental dew point and skin and lip weathering. *J Eur Acad Dermatol Venereol*, 2010, **24**, 513-517.
9. Piérard-Franchimont C, Piérard GE.— Entre factice et factuel, de la peau sèche à la peau rêche. *Rev Med Liège*, 2000, **55**, 945-949.
10. Lee CM, Maibach HI.— Bioengineering analysis of water hydration : an overview. *Exog Dermatol*, 2002, **1**, 269-275.
11. Piérard GE, Masson P, Rodrigues L, et al.— EEMCO guidance for the assessment of dry skin (xerosis) and ichthyosis : evaluation by stratum corneum strippings. *Skin Res Technol*, 1996, **2**, 3-11.
12. Xhauflaire-Uhoda E, Piérard-Franchimont C, Piérard GE, et al.— Weathering of the hairless scalp : a study using skin capacitance imaging and ultraviolet light-enhanced visualization. *Clin Exp Dermatol*, 2010, **35**, 83-85.
13. Piérard GE, Piérard-Franchimont C, Scheen A.— Critical assessment of diabetic xerosis. *Expert Opin Med Diagn*, 2013, **7**, 201-207.
14. Piérard GE, Piérard-Franchimont C, Delvenne P.— Le point de rosée en berne et la couche cornée hivernale. *Rev Med Liège*, 2014, **69**, 68-71.
15. Imokawa G.— Surfactant-induced depletion of ceramides and other intercellular lipids : implication for the mechanism leading to dehydration of the stratum corneum. *Exog Dermatol*, 2004, **3**, 89-98.
16. Denda M, Sato J, Masuda Y, et al.— Exposure to a dry environment enhances epidermal permeability barrier function. *J Invest Dermatol*, 1998, **111**, 858-863.
17. Yoshizawa Y, Kitamura K, Kawana S, et al.— Water, salts and skin barrier of normal skin. *Skin Res Technol*, 2003, **9**, 31-33.
18. Piérard GE, Goffin V, Hermanns-Lê T, et al.— Corneocyte desquamation. *Int J Mol Med*, 2000, **6**, 217-221.
19. Harding CR, Watkinson A, Rawlings AV, et al.— Dry skin, moisturization and corneodesmolysis. *Int J Cosmet Sci*, 2000, **22**, 21-52.
20. Tagami H, Kobayashi H, Zhen XS, et al.— Environmental effects on the functions of the stratum corneum. *J Invest Dermatol Symp Proc*, 2001, **6**, 87-94.
21. Forestier JP.— Peau sèche-rêche et «Hydratation». Concept de la capture de l'eau organisée comme de la glace. *Int J Cosmet Sci*, 2004, **26**, 183-195.

Les demandes de tirés à part sont à adresser au Pr. C. Franchimont, Service de Dermatopathologie, CHU de Liège, Belgique.
Email : claudine.franchimont@ulg.ac.be