Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHLEBOLOGIE
SOCIÉTÉ CANADIENNE DE PHLÉBOLOGIE
CANADIAN SOCIETY OF PHLEBOLOGY

Étude comparative du transfert de la vapeur d'eau dans différents articles de compression médicale.

Comparative study of water vapour transfer through various medical compression garments.

Gardon-Mollard C.[1], Gogué-Meunier G.[2]

Résumé

La thermorégulation chez l'homme repose majoritairement sur les échanges thermiques cutanés. L'excès calorique est régulé par l'intermédiaire de la peau sous la forme d'échange calorique et l'élimination d'eau sous forme de transpiration.

D'un point de vue médical, l'étude des modifications de la thermorégulation induite par les produits de compression est importante car elle conditionne le confort au porté qui représente souvent un frein à l'observance du traitement. Les échanges thermiques et hydriques vont donc dépendre des caractéristiques physiques des fibres utilisées.

Cette étude a pour but de comparer les capacités de gestion de l'humidité de différents bas de compression selon un protocole développé par l'IFTH, par l'étude de la dynamique d'évaporation.

Après prélèvement sur jambe Hohenstein, l'échantillon du bas de compression est positionné en extension entre un support inférieur, où est déposée une goutte d'eau calibrée et une buse supérieure où le passage de la vapeur d'eau est mesuré.

L'exploitation des résultats sous forme de groupes de performances permet de différencier les articles, et confirme le verbatim d'utilisateurs de la compression médicale. De nombreux patients et sportifs signalent une sensation de « jambes froides » sous compression et apprécient la sensation de fraicheur ainsi apportée en atmosphère chaude.

Summary

In humans, thermoregulation is governed mainly by skin heat exchange. Caloric excess is regulated via the skin, in the form of calorie exchange and water elimination in the form of perspiration.

From a medical standpoint, the study of thermoregulation modifications induced by compression garments is important as this factor determines patient comfort, the lack of which tends to reduce treatment observance. Heat and moisture exchanges will therefore be dependent upon the physical characteristics of the fibres used.

The purpose of this study was to compare the moisture management capacities of various compression stockings, according to a protocol developed by the IFTH, by examining evaporation dynamics.

Samples collected from compression stockings on Hohenstein leg were placed in extension between a lower support upon which a calibrated water drop was placed, and an upper nozzle through which vapour passage was measured.

The processing of results in the form of performance groups enabled items to be distinguished, confirming verbal accounts by users of medical compression garments. Numerous patients and athletes reported a «cold leg» sensation under compression, underlining its benefits in warm environments.

1. Christian Gardon-Mollard, Angiologie - Médecine vasculaire, 7, avenue de Royat, F-63400 Chamalières.
2. Guillaume Gogué-Meunier, Ingénieur Institut Textile et Chimique de Lyon, Actovia, Le Bourg, F-71540 Reclesne.
Institut Français du Textile et de l'Habillement, IFTH Centre-Est - Île de France, 270, rue du Faubourg Croncels, F-10000 Troyes.
Medi France, ZI Charles de Gaulle, 25, rue Henri Farman, F-93297 Tremblay-en-France Cedex.

Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

Les résultats comparatifs des tests qui étudient simultanément les taux de rétention, la dynamique de séchage, la densité de flux maximal et la dynamique d'évaporation mettent en évidence des performances variables selon les articles étudiés qui sont le reflet de capacités d'évaporation différentes.

L'évaporation (passage de la phase liquide à la phase gazeuse) étant une source de refroidissement, certaines combinaisons textiles sont plus favorables que d'autres à l'optimisation de ce phénomène. Le choix judicieux des fibres et leur combinaisons est donc susceptible d'augmenter la sensation de fraicheur ressentie par le patient.

Cette étude donne quelques explications sur des sensations longtemps considérées comme subjectives, ressenties au porté de certaines étoffes qui contiennent majoritairement des polyamides, de l'élasthanne, et secondairement des cellulosiques ou de la soie.

Mots-clés : *compression médicale, thermorégulation, vapeur d'eau, transfert, textile.*

The comparative results of tests simultaneously studying retention rates, drying dynamics, maximum flow density and evaporation dynamics revealed variable performance levels depending on the items studied, reflecting their varying evaporation abilities.

As evaporation (transition from liquid to gas phase) is a source of cooling, certain textile combinations are better able to optimize this phenomenon than others. The judicious choice and combination of fibres should therefore increase the sensation of coolness experienced by the patient.

This study provides several explanations concerning sensations long considered to be subjective, experienced when wearing certain fabrics comprised mainly of polyamides, elastane, and secondarily cellulose fibres or silk.

Keywords: medical compression, thermoregulation, water vapour, transfer, textile.

Introduction

De nombreux travaux relatifs à l'intérêt et la mise en œuvre des bas de compression dans le traitement de la maladie veineuse [1, 2, 3] ont été publiés.

Depuis la fin des années 1990, une diversification importante des textiles à base d'élastomère a amélioré l'image et le ressenti au porter de ces dispositifs médicaux par l'emploi de matières douces, colorées, façonnées, et de nouvelles fibres fonctionnelles.

La gestion des flux d'eau et d'humidité de la peau à travers le textile est une question importante dans l'utilisation des vêtements en général [4, 5, 6], et de la compression médicale en particulier.

La thermorégulation chez l'homme est singulière car elle repose majoritairement, contrairement aux autres mammifères, sur les échanges thermiques cutanés.

En effet, en cas d'élévation de la température centrale du corps, l'excès calorique est régulé par l'intermédiaire de la peau, sous la forme d'échange calorique et l'élimination d'eau par la transpiration [7].

Si la peau est à l'air libre, sans vêtements, ces échanges se font rapidement aussi bien dans le sens d'un refroidissement que d'un réchauffement. En revanche, s'il existe un vêtement, les échanges caloriques et hydriques vont être influencés par les qualités variables du textile porté.

Cette notion conditionne les différences vestimentaires des hommes selon les climats qu'ils fréquentent et facilite de ce fait leur adaptation rapide à un nouvel environnement climatique. Cette adaptation n'est possible chez l'animal que par le biais de mutations, selon la théorie de Darwin [8], qui se produisent sur des millions d'années. Un ours polaire doté d'une fourrure importante ne peut survivre dans le climat chaud et sec de la savane africaine faute d'une thermorégulation rapidement adaptable.

D'un point de vue médical, l'étude des modifications de la thermorégulation induite par les produits de compression tels que les chaussettes est importante car elle conditionne le confort au porté en saison chaude qui représente souvent sous nos climats tempérés un frein à l'observance du traitement.

À titre d'exemple, tous les alpinistes ou les membres des expéditions polaires évoluant en atmosphère très froide, savent bien qu'il ne faut pas porter de coton à même la peau, au risque de voir la transpiration retenue dans la fibre absorbante geler et transformer le sportif ou l'explorateur en glaçon…

Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

Les échanges thermiques et hydriques vont donc dépendre des caractéristiques physico-chimiques des fibres utilisées et de leur capacités à absorber et à conserver l'humidité ou à l'inverse à transférer plus ou moins facilement et rapidement l'eau vers l'extérieur [9, 10, 11, 12].

On connaît bien les qualités « hydrophiles » du coton et la faible capacité d'absorption de l'eau des fibres polyamides telles que le nylon qui est responsable du séchage rapide de nos maillots de bain en été !

Un phénomène physique important en la matière est à rappeler : l'évaporation (passage de la phase liquide à la phase gazeuse) produit un abaissement de la température et par conséquent une sensation de fraîcheur.

L'IFTH, Institut Français du Textile et de l'Habillement, a développé une nouvelle méthode de mesure du transfert de l'humidité à travers les étoffes, permettant une approche fine des performances des matériaux textiles.

Buts de l'étude

Pour tout liquide au contact d'un espace libre, il existe en-dessous de la température d'ébullition deux états simultanés : gaz et liquide ; des transformations réciproques de l'une en l'autre sont permanentes.

Lorsque la vapeur d'eau est émise à partir de la peau, elle ne reste pas à proximité du corps. Elle diffuse dans l'atmosphère, dont la pression reste constante. Même si la pression partielle de vapeur est plus importante à proximité du corps, producteur d'eau sous forme liquide, l'équilibre stationnaire liquide-gaz ne peut se faire car le système est ouvert ; la pression partielle de la vapeur ne peut ainsi atteindre la pression de vapeur saturante, ce qui engendre une évaporation permanente au contact de l'air. Cette évaporation est d'autant plus rapide que la température du corps et celle de l'eau liquide exsudée est élevée.

Le liquide s'évapore plus ou moins vite en fonction de sa volatilité propre, mais aussi de l'agitation de l'air, de la surface du liquide et de la présence d'une source de chaleur. Les molécules dont l'énergie cinétique est la plus importante partent en premier, abaissant la moyenne de celles qui restent : il y a donc refroidissement du liquide, et sensation de fraîcheur sur la peau. Les étoffes textiles proches du corps jouent un rôle important en influençant, entre autres, ces différents paramètres.

L'étude a pour but de comparer des capacités de gestion de l'humidité de différentes compositions textiles des bas de compression selon un protocole d'étude développé et mis au point par l'IFTH. L'analyse des résultats de l'étude porte sur les articles dont la composition communiquée par le fabricant est comparable.

Matériel

Jambe Hohenstein

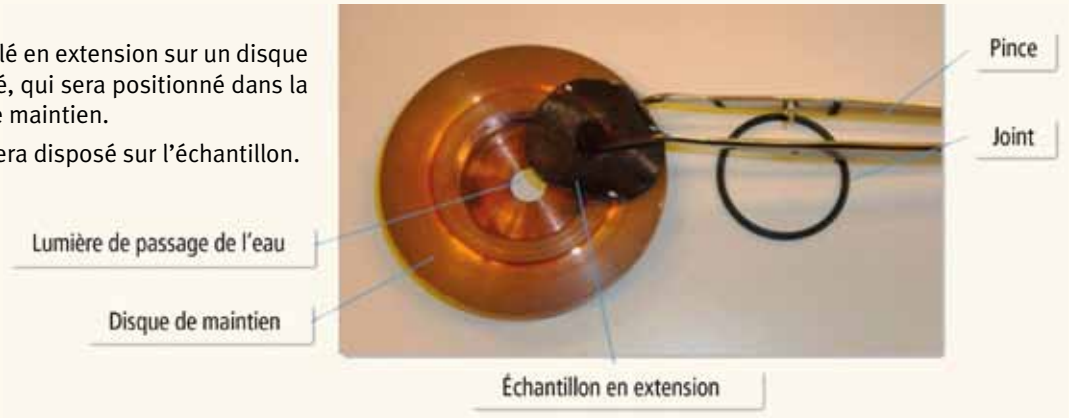
La jambe Hohenstein est un modèle de jambe en bois de l'Institut allemand Hohenstein servant de référence internationale pour la définition des zones de mesure de pression *in vitro* des articles de compression médicale.

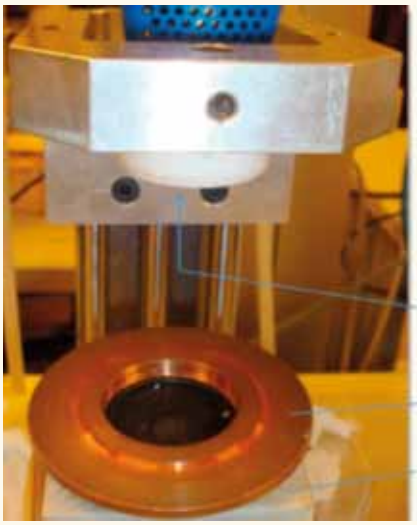
Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

Matériel IFTH – Méthode Transvap

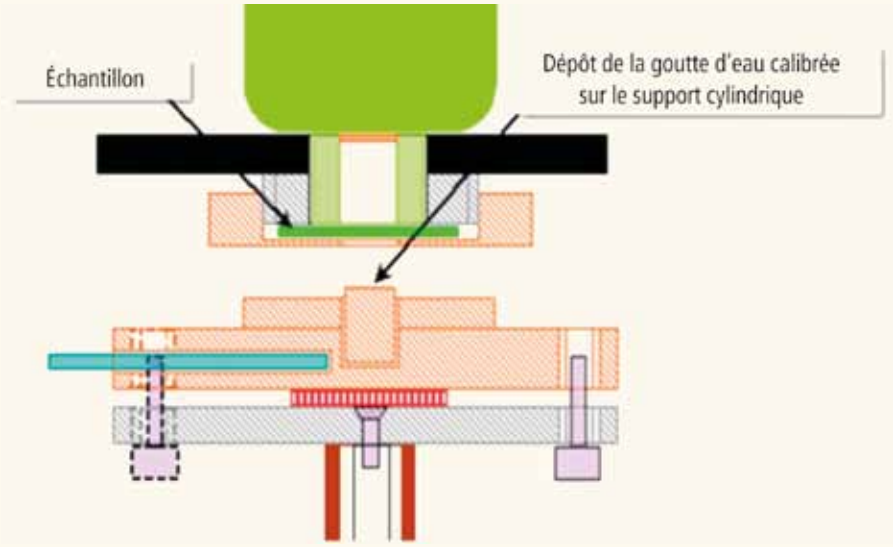
Échantillon noir collé en extension sur un disque semi-rigide plastifié, qui sera positionné dans la cavité du disque de maintien.

Le joint circulaire sera disposé sur l'échantillon.





Échantillon et joint positionnés dans le disque de maintien, au-dessus du cylindre sur lequel est déposée la goutte d'eau calibrée.



Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

Méthodes

Descriptif général du test selon la méthode Transvap – Institut Français du Textile et de l'Habillement

Cette méthode étudie la dynamique d'évaporation de l'eau à travers une étoffe. Pour ce faire, l'étoffe est mise en contact avec une goutte d'eau de quantité connue. L'eau et l'ensemble du dispositif (support chauffant / petite chambre / étoffe) sont maintenus à la température de la peau (soit 35 °C – valeur ajustable). Cette eau est absorbée par l'étoffe et diffusée à travers la structure interne pour être émise sous forme de vapeur sur la face opposée. Le flux de vapeur passant à travers la buse est ensuite mesuré en fonction du temps.

Les phénomènes mis en jeu sont principalement, après contact forcé de l'échantillon et de l'eau :
– le transfert de l'eau liquide,
– la mouillabilité,
– la diffusion d'eau liquide,
– l'évaporation,
– le séchage,
– l'absorptivité.

La méthode Transvap reproduit les conditions de sudation de la peau pendant une activité physique.

La dynamique de transfert de l'humidité dans l'étoffe est décrite ci-dessous. La courbe prise en compte est celle de la densité de flux de vapeur [g/(m²s)], en fonction du temps (s).

Initialement, une goutte d'eau est déposée sur la surface du support cylindrique chauffant.

Établissement du phénomène

Diffusion de l'eau liquide dans l'étoffe et début d'évaporation de l'eau de surface.

La goutte d'eau étant absorbée par l'étoffe, la quantité d'eau de surface augmente.

Pour une étoffe ajourée, la quantité d'eau de surface peut être entendue comme l'eau en superficie du support cylindrique et des fils, sujette à l'évaporation dans l'air.

La pente maximale de la première partie de la courbe permet d'obtenir la valeur de « dynamique d'évaporation » ; la mesure consiste à mesurer la quantité de vapeur d'eau passant dans la buse.

Dynamique d'évaporation

Évaporation de l'eau de surface.

Arrêt de la diffusion de l'eau liquide dans l'étoffe.

La valeur de « flux maximum » correspond au plateau de la courbe, où la quantité d'eau de surface et du flux d'évaporation sont stabilisés.

La quantité d'eau de surface se stabilise puis diminue.

Dynamique de séchage

Après arrêt de la diffusion de l'eau liquide dans l'étoffe, la quantité d'eau de surface et le flux d'évaporation diminuent, et la phase de séchage se met en place.

Elle correspond au passage progressif de l'eau profonde (eau se trouvant dans la structure même des fils) en eau de surface et à son évaporation. L'étoffe ne contient plus d'eau de surface, et sèche.

C'est l'étape lente du phénomène, la pente maximale déterminant la valeur de « dynamique de séchage ». La différence entre le cumul de l'eau évaporée (par l'intégrale de la courbe) et de l'eau initialement déposée permet de calculer le « taux de rétention » de l'étoffe.

La méthode Transvap permet donc l'étude simultanée de plusieurs propriétés selon les conditions d'usage. En particulier, cette méthode fournit les caractéristiques suivantes :
- La dynamique d'évaporation caractérisant la vitesse d'établissement du transfert de l'humidité dans l'étoffe, et d'évaporation.
- La densité de flux de vapeur maximale déterminant la capacité de l'étoffe à évacuer l'humidité.
- La dynamique de séchage caractérisant l'affinité de l'étoffe avec l'eau.
- Le taux de rétention évalué à partir de la quantité d'eau maintenue dans l'étoffe après l'essai.

Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

Protocole de l'étude (*) TRC-10-1467 réalisée par l'Institut Français du Textile et de l'Habillement

Les 7 bas de compression testés sont tous :

- De taille comparable ;
- De la même classe de compression (classe II française - entre 15 et 20 mm de mercure) ;
- De couleur noire.

Déroulement de l'étude

- Lavage préalable de l'ensemble des articles selon la norme ISO6330, et séchage à plat ;
- Prélèvement des échantillons en extension de 35 mm de diamètre (**) sur jambe Hohenstein entre les repères horizontaux B et C ;
- Test selon la méthode Transvap avec extension identique à celle obtenue sur jambe Hohenstein.

Précisions

- Le repère B correspond sur jambe humaine et jambe Hohenstein à la zone de la cheville de la plus petite circonférence.
- Le repère C correspond sur jambe humaine et jambe Hohenstein à la zone du mollet de la plus grande circonférence.

Après prélèvement en extension sur jambe Hohenstein, l'échantillon est positionné en extension sur la partie inférieure d'une buse. Une quantité déterminée d'eau liquide (0,88 mg, soit environ 1 µL) est déposée sur un support cylindrique chauffant, au-dessous et sans contact préalable avec l'échantillon en extension. Par rapprochement de la partie soutenant la buse et du support cylindrique, un contact est établi entre la goutte d'eau et l'échantillon en extension.

La vapeur d'eau passe exclusivement par la buse supérieure au cours du test, et un capteur spécifique en contact avec l'éprouvette mesure l'évaporation sur une zone de 7 mm de diamètre. Le système est fermé, l'eau et l'ensemble du dispositif étant maintenus à 35 °C.

Cette procédure permet de respecter les différences entre une structure compacte et une structure ajourée. Les phénomènes de ventilation et d'évaporation peuvent en effet différer entre une maille relaxée et une maille en extension [13, 14, 15].

Résultats

Résultats bruts

	MEDI		R2		R3		R4	
	Moyenne	CV (%)	Moyenne	CV (%)	Moyenne	CV (%)	Moyenne	CV (%)
Masse d'eau déposée (mg)	0,88	0,0	0,88	0,0	0,88	0,0	0,88	0,0
Masse d'eau évaporée (mg)	0,758	3,2	0,714	0,6	0,641	4,6	0,740	1,6
Dynamique d'évaporation (s–1)	1,01E–01	4,0	1,19E-01	3,0	1,13E–01	1,8	9,08E–02	5,4
Densité de flux max. (g/m²/s)	2,80E–02	0,4	2,71E–02	0,8	2,63E–02	4,4	2,78E–02	1,4
Dynamique de séchage (s–1)	9,62E–03	5,1	8,14E–03	2,7	6,49E–03	5,7	6,95E–03	15,4
Taux de rétention (%)	13,8	19,6	18,9	2,7	27,2	12,4	15,9	8,3

	R5		R6		R7	
	Moyenne	CV (%)	Moyenne	CV (%)	Moyenne	CV (%)
Masse d'eau déposée (mg)	0,88	0,0	0,88	0,0	0,88	0,0
Masse d'eau évaporée (mg)	0,746	0,8	0,727	1,8	0,773	2,7
Dynamique d'évaporation (s–1)	1,03E–01	1,2	8,70E–02	3,7	8,95E–02	0,3
Densité de flux max. (g/m²/s)	2,81E–02	2,2	2,69E–02	2,3	2,70E–02	3,1
Dynamique de séchage (s–1)	8,67E–03	16,7	9,64E–03	12,6	1,00E–02	2,1
Taux de rétention (%)	15,3	4,2	17,3	8,5	12,2	19,2

TABLEAU 1 : Tableau de résultats bruts (IFTH). Codes couleurs, voir Tableau 2.

* Les conditions de prélèvement, de lavage ainsi que les dimensions d'application ont été communiquées par la société MEDI.

** Un disque semi-rigide perforé est inséré entre la jambe Hohenstein et l'article de compression, puis l'étoffe est collée au disque en périphérie. On procède enfin au découpage de la circonférence pour obtenir l'échantillon en extension.

Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

Interprétation et visualisation des résultats

Des bornes par propriété ont été définies afin de pouvoir comparer les performances de l'ensemble des articles. Pour les établir, l'étendue de chaque série a été divisée en trois intervalles, dont on retient les deux bornes centrales. Au cas où une différence inférieure à 5 % de l'une par rapport à l'autre est constatée, on considère alors la médiane de la série. L'article R3 est exclu de la prise en compte des valeurs, n'étant pas de composition comparable (présence de coton).

	Groupe I	Borne 1	Groupe II	Borne 2	Groupe III
Dynamique d'évaporation (s–1)		1,08E–01		9,76E–02	
Densité de flux max. (g/m²/s)		2,75E–02			
Dynamique de séchage (s–1)		9,01E–03		7,98E–03	
Taux de rétention (%)		14,4		16,7	

TABLEAU 2 : Tableau récapitulatif des bornes et groupes de performances.

Dynamique d'évaporation	**Dynamique de séchage**
Valeur > $1{,}08 \cdot 10^{-1}$ => groupe I	Valeur > $9{,}01 \cdot 10^{-3}$ => groupe I
$1{,}08 \cdot 10^{-1} \geq$ valeur > $9{,}76 \cdot 10^{-2}$ => groupe II	$9{,}01 \cdot 10^{-3} \geq$ valeur > $7.98 \cdot 10^{-3}$ => groupe II
$9{,}76 \cdot 10^{-2} \geq$ valeur => groupe III	$7{,}98 \cdot 10^{-3} \geq$ valeur => groupe III
Densité de flux max.	**Taux de rétention**
Valeur > $2{,}75 \cdot 10^{-2}$ => groupe I	Valeur < 14,4 % => groupe I
$2{,}75 \cdot 10^{-2} \geq$ valeur => groupe II	14,4 % ≤ valeur < 16,7 % => groupe II
	16,7 % ≤ valeur => groupe III

On affecte une valeur indicielle à chaque position, avec indice maximal pour le groupe de performances supérieures.

- Groupe I : groupe de performances supérieures dans la série – indice de performance 3
- Groupe II : groupe de performances moyennes dans la série – indice de performance 2
- Groupe III : groupe de performances inférieures dans la série - indice de performance 1

On établit ensuite un diagramme en bâtons rassemblant l'ensemble des performances **(Figure 1)**.

Discussion

La dynamique d'évaporation est l'étape rapide du processus ; les performances de l'article R2 (R3 exclu) sont supérieures aux autres, les articles R4, R6 et R7 présentent des performances inférieures.

Le flux maximal apparaît comme plus homogène : deux groupes sont identifiables au lieu de trois. Les articles MEDI, R4 et R5 révèlent des performances supérieures.

La dynamique de séchage, étape lente du processus, est inférieure à la dynamique d'évaporation : on note un facteur minimal de 9 entre les deux dynamiques. Le groupe de performances supérieures est composé de MEDI, R6 et R7.

Plus le taux de rétention est faible, plus il reflète une capacité de l'étoffe à se séparer de l'eau résiduelle. Un taux de rétention faible traduit donc une plus forte capacité à relâcher l'eau résiduelle, à quantité d'eau absorbée comparable. Les articles MEDI et R7 montrent des performances supérieures.

Globalement, trois produits se distinguent de cette étude, par des performances plus homogènes et plus proches des groupes de performances supérieures : MEDI, R5 et R7.

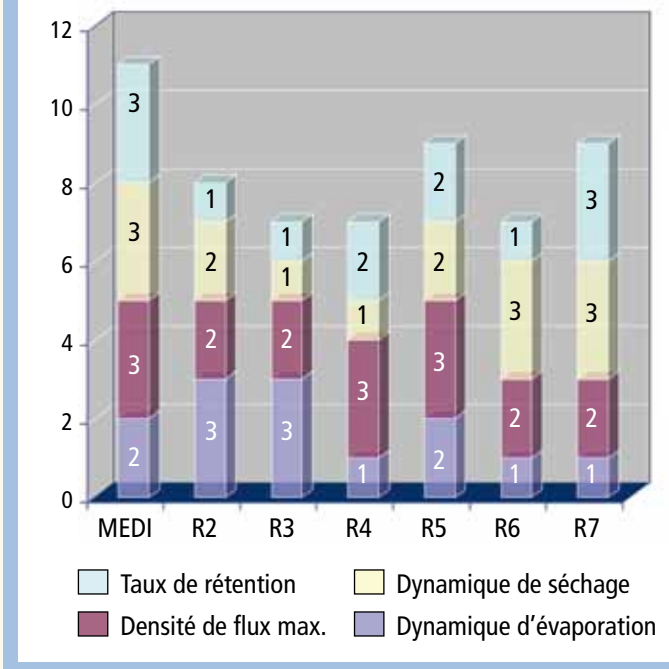


FIGURE 1 : Visualisation par indices de performances cumulés.

Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

Conclusion

Les résultats de cette étude confirment le verbatim d'utilisateurs de la compression médicale : de nombreux patients signalent une sensation de « jambes froides » sous compression et de nombreux sportifs qui utilisent de plus en plus fréquemment la compression à l'effort apprécient la sensation de fraicheur apportée par le port de chaussettes en atmosphère chaude.

Il est probable que cette sensation de fraîcheur soit à mettre en relation avec :
– la chasse sanguine des couches superficielles de la peau provoquée par la pression du bas ;
– l'évaporation renforcée de l'eau grâce aux propriétés physico-chimiques du textile.

Ce qui signifie que, contrairement aux idées habituelles, le port de certaines compressions veineuses en été est une source de « fraîcheur » induite par une augmentation significative de l'évaporation de l'humidité de la peau.

Ce phénomène ressenti est un argument en faveur de l'utilisation des « fibres climatiques » qui augmentent le bien-être au porté et favorisent l'observance de ce traitement traditionnellement « délaissé ou refusé » en période ou en atmosphère chaude.

Cette étude a été réalisée grâce au soutien scientifique du laboratoire de recherche MEDI
Medi GmbH & Co. KG, Medicusstraße 1, 95448 Bayreuth, Germany.

Références

1. Gardon-Mollard C., Ramelet A.-A. La compression médicale, 2e éd. Paris : Masson ; juillet 2008, 448 p. ISBN 9782294093715.
2. Haute Autorité de Santé. Dispositifs de compression médicale à usage individuel. Utilisation en pathologies vasculaires, septembre 2010 [en ligne], disponible sur : http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_937492/evaluation-des-dispositifs-de-compression-medicale-a-usage-individuel-utilisation-en-pathologies-vasculaires (consulté le 11/05/2011).
3. Avril S., Drapier S., Bouten L., Couzan S. Étude mécanique des articles de contention et de leurs effets sur la jambe humaine. Mécanique et Industries 2009 ; 10(1) : 7-13.
4. Scheurell D.M., Spivak S.M., Hollies N.R.S. Dynamic Surface Wetness of Fabrics in Relation to Clothing Comfort. Textile Research Journal ; July 1985, 55 : 394-9.
5. Scott R.F., Amundsen R., Mallory G., Havenith G. Benchmarking Functionality of Historical Cold Weather Clothing. Journal of Fiber Bioengineering and Informatics 2010 ; Vol. 3 : No. 3.
6. Zhang C., Wang X., Yonggang L.V., Juanjuan M.A., Huang J. A new method for evaluating heat and water vapor transfer properties of porous polymeric materials. Polymer Testing 2010 ; 29 (5) : 553-7.
7. Vickers M., Manicom C., Schwarzkopf L. Extending the cost-benefit model of thermoregulation: high-temperature environments. The American Naturalist 2011 ; 177(4) : 452-61.
8. Ruxton G.D., Wilkinson D.M. Thermoregulation and endurance running in extinct hominins: Wheeler's models revisited. Journal of Human Evolution 2011 ; 11.
9. Duck Weon L. Temperature and Humidity Control in Multi-Layered Garments. Thesis in Fiber and Polymer Science, Raleigh, North Carolina, Faculty of North Carolina State University, 2011, 258 p.
10. Bedek G., Salaun F., Martinkovska Z., Devaux E., Dupont D. Evaluation of thermal and moisture management properties on knitted fabrics and comparison with a physiological model in warm conditions. Applied Ergonomics 2011, ISSN 0003-6870.
11. Skenderi Z., Salopek Cubric I., Srdjak M. Water Vapour Resistance of Knitted Fabrics under Different Environmental Conditions. Fibers & Textiles in Eastern Europe 2009 ; 17, No.2 (73) : 72-5.
12. Ozdi N.l, Marmarali A., Donmez Kretzschmar S. Effect of yarn properties on thermal comfort of knitted fabrics. International Journal of Thermal Sciences2007 ; 46 (12) : 1318-22, ISSN 1290-0729.
13. Volkmar T. Bartels. Thermal comfort of aeroplane seats: influence of different seat materials and the use of laboratory test methods. Applied Ergonomics 2003 ; 34 (4) : 393-9, ISSN 0003-6870.
14. Xu D.H., Cheng J.X., Zhou X.H. A Model of Heat and Moisture Transfer through Parallel Pore Textiles. Journal of Fiber Bioengineering and Informatics 2010 ; 3 (4).
15. Das B., Das A., Kothari V.K., Fanguiero R., de Araújo M. Moisture transmission through textiles. Part I: processes involved in moisture transmission and the factors at play. Autex Research Journal 2007 ; 7 (2).