

Le microclimat ou l'ambiance thermique

OBJECTIFS

DEFINITION. Le microclimat ou l'ambiance thermique - Les facteurs physiques qui influencent l'échange de chaleur entre le corps et l'environnement extérieur.

Le métabolisme

L'être humain comme tous les animaux à sang chaud conserve une température interne pratiquement constante, malgré les variations importantes de son environnement. Ceci est possible grâce au métabolisme qui extrait des aliments, l'énergie nécessaire à l'organisme. Le métabolisme basal désigne la production d'énergie d'un être humain assis, au repos.

La production thermique est permanente mais est toujours liée à l'activité physique de la personne. Plus le travail musculaire est intense et plus la production de chaleur est importante.

Table nr.1.

Activité	Niveau d'activité (nombre de fois le métabolisme basal)	Puissance pour une personne moyenne (70 kg et 1,70 m) [W]
Sommeil	0,7	74
Couché, au repos	0,8	84
Assis, au repos	1	106
Assis, travail mental	1,1	116
Debout, au repos	1,2	127
Debout, activité légère (achat, laboratoire, industrie légère)	1,6	169
Debout, activité moyenne (vente, travail ménager, travail sur machine)	2	211
Debout, activité soutenue (travail de garage)	3	317
Marche 4 km/h	2,2	232
Course 10 km/h	7,6	800
Course 25 km/h	43	4500
Course 30 km/h	105	11000
Football	10,3	1080
Nage 1,6 km/h	5,4	570

Échanges thermiques entre le corps humain et son environnement

Les échanges calorifiques se font par différents mécanismes:

- L'évaporation : le mécanisme de la transpiration, grâce à son évaporation, rafraîchit la surface de la peau.
- La convection: échange de calories entre l'air ambiant et le corps humain. Ces échanges sont accentués par la vitesse de l'air et par l'écart de température entre l'air et le corps (généralement, la vitesse de l'air est comprise entre 0,1 et 0,3 m/s; on parle de courant d'air au-delà de 0,3 m/s).

- Le rayonnement: échange de radiations infrarouges entre le corps et les parois. Une paroi froide (telle une vitre ou un mur mal isolé ou humide) absorbe la chaleur du corps, alors qu'un mur exposé au soleil toute la journée transmet sa chaleur le soir sans même le toucher.
- La conduction: échange par contact direct avec une surface. Par exemple, marcher pieds nus sur un carrelage froid contribue à une perte de calories pour le corps.

Niveau de l'habillement

L'habillement, en ajoutant une isolation thermique autour du corps humain, diminue la température de surface en contact avec l'ambiance. Il en résulte des puissances échangées par convection et par rayonnement plus faibles, même si la surface extérieure a été augmentée. Les vêtements courants sont perméables à la vapeur d'eau et restent sans incidence sur la transpiration. Les tenues vestimentaires sont évaluées par leur résistance thermique, c'est à leur aptitude à s'opposer au passage de la chaleur. On prend pour référence la tenue d'intérieur d'hiver.

Table nr. 2

Tenue vestimentaire	Niveau d'habillement (nombre de fois l'isolation de référence)	Résistance thermiques [m ² .°C/W]
Nu	0	0
Short	0,1	0,016
Tenue tropicale : Tee-shirt, short, sandales	0,3	0,047
Tenue d'été : Chemise à manches courtes, pantalon léger, socquette, chaussures	0,5	0,078
Tenue de travail légère : Sous-vêtements, chemises à manches longues, pantalon, chaussettes, chaussures	0,7	0,124
Tenue d'intérieure d'hiver : Sous-vêtements, chemises à manches longues, pull-over, pantalon, chaussettes, chaussures	1	0,155
Tenue de ville européenne, traditionnelle : Sous-vêtements, chemises à manches longues, complet avec pantalon, gilet et veste, imperméable, chaussettes épaisses, grosses chaussures	1,5	0,233
Tenue chaude d'extérieur : Sous-vêtements, chemises à manches longues, pantalon épais, pull-over, manteau, chaussettes épaisses, grosses chaussures, bonnet, gant, écharpe	2	0,310

Les échanges thermiques entre le corps humain et son environnement sont conditionnés par quatre grandeurs physiques :

- La température
- L'humidité
- La vitesse
- La radiation calorique

L'ambiance thermique peut être ressentie comme chaude, neutre ou froide.

L'ambiance chaude

- La température ↑
- L'humidité ↑
- La vitesse ↓
- La radiation calorique +

Les réactions physiologiques

Lorsque la température ambiante augmente, la température corporelle a tendance à augmenter et l'organisme réagit pour maintenir cette température constante en augmentant le débit sanguin périphérique et les déperditions calorifiques par la sudation, accroissant ainsi le transfert de chaleur vers l'environnement.

Mais dans une ambiance extrême, le gain de chaleur dépasse les capacités d'élimination, entraînant une augmentation de la température corporelle augmente et donc des risques graves pour la santé. Ces risques sont d'autant plus graves que les individus exposés sont généralement incapables de reconnaître leurs propres symptômes de stress thermique.

L'ambiance froide

- La température ↓
- L'humidité ↑
- La vitesse ↑
- La radiation calorique -

Les réactions physiologiques

L'exposition d'un sujet à une ambiance froide se traduit principalement par un refroidissement plus ou moins rapide du corps, et en premier lieu des terminaisons que sont les pieds et les mains. Afin de faire face à une diminution de la température, l'organisme met en place des mécanismes d'adaptation : la vasoconstriction des vaisseaux cutanés, pour diminuer les surfaces d'échange avec l'extérieur, la diminution de la sudation jusqu'à son arrêt, l'augmentation de la production de chaleur par travail musculaire et frissons thermiques.

Mais dans une ambiance extrême, les pertes ne peuvent être compensées par ces mécanismes, entraînant des risques pour la santé.

La température ambiante

La température se mesure, soit en degré Celsius noté °C, soit en degré Kelvin noté K tel que $1^{\circ}\text{C} = 273,15 \text{ K}$, soit en [degré Fahrenheit](#).

Pour mesurer la température, il existe plusieurs types de thermomètres: Le thermomètre avec mercure, alcool, crécelle, Le thermomètre à maxima et à minima, Le thermomètre isotopique, Le thermomètre électronique.

Ce terme désigne la température de l'air mesurée à l'abri de tout rayonnement, à une hauteur d'environ 1,50 mètre du sol.

Consignes générales

20 - 22°C; maximum 26°C en été.

Les températures ambiantes ↑ pour différentes activités.

Ecart de température tête – pieds

L'homogénéité de température de l'air ambiant est aussi un critère de confort. La température des pieds est mesurée à 10 cm de hauteur, celle de la tête à 1,10 m ou 1,70 m selon de la personne est assise ou debout. L'écart entre ces deux températures devrait rester inférieur à 2 °C.

La température ressentie est fonction de la température de l'air ambiant et de la température à la surface du sol, des parois et du plafond. Une impression de bien-être est ressentie lorsque l'écart entre la température moyenne de ces surfaces et celle de l'air ambiant est inférieure à $\pm 4^{\circ}\text{C}$. A partir d'une différence de 4°C, l'écart entre la température de l'air et celle des parois devient perceptible. Une paroi froide augmente l'inconfort et nécessite une augmentation de la température de l'air pour atteindre une zone de confort.

La radiation calorique

Valeur recommandée: 1 cal/cm²/min

La température radiante moyenne c'est la moyenne des températures de surface des parois qui entourent la personne.

Température résultante

Pour simplifier l'étude quantitative des échanges par convection et rayonnement, on définit **la température résultante** comme la moyenne de la température de l'air et de la température radiante moyenne. On imagine que l'air et les parois ont une température identique telle que la puissance globale échangée par convection et rayonnement est identique.

Température résultante = (Température ambiante + Température radiante moyenne)/2

Dans l'exemple présenté ci-dessous, les températures ambiante et radiante moyenne ont pour valeurs respectives, 22 et 16 °C. La température résultante est donc égale à :

Température résultante = $(22 + 16) / 2 = 38 / 2 = 19^{\circ}\text{C}$

Lorsque la température de l'air ambiant passe de 22 à 19 °C, la chaleur échangée par convection augmente. A l'inverse, lorsque la température radiante moyenne passe de 16 à 19

°C, la chaleur échangée par rayonnement diminue. Ces deux variations se compensent mutuellement de façon que la somme des deux quantités de chaleur échangée reste constante

Rayonnement asymétrique

Une personne entourée de surfaces chaude et froide ressent la différence de rayonnement de ces surfaces. La partie de son corps exposée au rayonnement de la surface chaude, le capte et se réchauffe. A l'inverse, l'autre partie de son corps rayonne vers la surface froide et se refroidit. Ceci impose à l'organisme, un transfert de chaleur interne, perçu comme désagréable.

La vitesse relative de l'air

C'est la vitesse de déplacement de l'air sur le corps de la personne. L'air en mouvement accélère les échanges thermiques par convection au niveau de la peau. Si l'air est plus froid que la peau (30 à 33°C), la **sensation de froid** est d'autant plus importante que la température de l'air ambiant est faible.

Quand l'air circule rapidement autour du corps humain, il emporte beaucoup de chaleur par convection et aussi par évaporation, ce qui donne la sensation que l'air est plus froid. Mais une vitesse de l'air excessive, constitue un désagrément pour les personnes qui se plaignent alors, de ressentir des « courants d'air ».

La vitesse de l'air, 0,1 – 0,3 m/s.; ne doit pas dépasser 0,4 m/s.

- **L' humidité de l'air (L'hygrométrie de l'air)**

L' humidité relative c'est le rapport entre la masse de vapeur d'eau contenue dans l'air et la masse maximale qu'il peut contenir à la même température (air saturé). Par exemple, si l'hygrométrie est égale à 50%, cela signifie que l'air contient moitié moins d'humidité que l'air saturé à la même température. L'hygrométrie est facilement mesurable. Il y a quelques méthodes pour mesurer l'humidité.

Méthode gravimétrique

Cette méthode est utilisée pour mesurer l'humidité des solides ou des gaz. On doit d'abord peser un échantillon. Par la suite, on chauffe la matière et on la pèse une nouvelle fois. En soustrayant la nouvelle masse de la masse de départ, on peut déterminer la quantité d'eau qui était présente. On trouve donc l'[humidité absolue](#). Cette méthode est surtout utilisée pour étalonner les appareils de grandes précisions.

Méthode hygrométrique

Hygromètre à cheveux

L'hygromètre le plus simple est l'hygromètre à cheveux. Il utilise la propriété du [crin](#) de [cheval](#) ou du [cheveu](#) humain qui s'allonge ou se raccourcit lorsque l'hygrométrie varie. L'allongement du cheveu est de l'ordre de 2 % lorsque l'humidité (relative) varie de 0 à 100 %. Les cheveux [blonds](#) sont plus sensibles aux variations d'humidité que les cheveux bruns.

Méthode psychrométrique

Psychromètre.

On peut aussi mesurer le taux d'humidité à l'aide d'un psychromètre. Cet instrument est formé de deux thermomètres : le thermomètre « sec », qui mesure la température de l'air ambiant, et le thermomètre « mouillé » dont l'extrémité est entourée d'une mousseline humide. En s'évaporant, l'eau de la mousseline abaisse la température du thermomètre mouillé. Plus l'air ambiant est sec, plus la température du thermomètre mouillé diminue (et plus l'écart entre les deux thermomètres est important); à l'inverse, plus l'air ambiant est humide, moins la température du thermomètre mouillé diminue. A 100 % d'humidité, température de l'air, température du thermomètre mouillé et température du point de rosée sont identiques. La différence de température entre les deux thermomètres donne donc une indication du taux d'humidité.

Utilisez le tableau suivant pour calculer le pourcentage d'humidité relative de l'air. Il suffit de trouver le point de rencontre de la température du thermomètre mouillé avec celle du thermomètre sec.

Table nr. 3

		Température du thermomètre sec (Celsius)										
		10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Température du thermomètre mouillé (celcius)	2	15										
	4	34	21	10								
	6	55	39	26	15	7						
	8	77	58	42	30	20	12	6				
	10	100	78	60	46	34	24	17	10			
	12		100	79	63	49	37	28	20	14	5	
	14			100	81	65	51	40	31	24	18	9
	16				100	82	66	54	43	34	27	21
	18					100	83	68	56	46	37	30
	20						100	83	69	58	48	39
	22							100	84	71	59	50
	24								100	85	72	61
	26									100	85	73
	28										100	86
	30											100

De préférence, l'hygrométrie doit rester comprise dans l'intervalle 35 - 65 %, optimal 50 %,

Pourquoi supporte-t-on aussi difficilement un taux d'humidité élevé lorsqu'il fait chaud ? Simplement parce que notre corps a besoin de transpirer pour contrôler sa température. En d'autres mots, c'est en transpirant qu'il se rafraîchit. Or, lorsque l'air est très humide à l'extérieur, cet air ne peut absorber l'eau dont le corps désire se débarrasser. L'être humain se trouve donc dans l'impossibilité d'évacuer son surplus d'eau et en ressent des effets désagréables.

Température résultante de confort

Indice inférieur à 27°C: Normal.
Indice compris entre 27°C et 31°C: Fatigue.
Indice compris entre 32°C et 40°C: Coup de soleil, crampes musculaires et épuisement physique.
Indice compris entre 41°C et 53°C: Epuisement, coup de chaleur possible.
Indice supérieur à 53°C: Risque élevé de coup de chaleur et de coup de soleil.

Questions

1. Quels sont les mécanismes de thermolyse?
2. Quelles sont les valeurs recommandées pour les facteurs physiques de microclimat?
3. Si un volume d'air ne contient que la moitié de la vapeur d'eau qu'il pourrait contenir, quelle est sa valeur d'humidité relative ?

4.

Complétez le tableau suivant : Consultez le [tableau](#) sur l'humidité relative

Température du thermomètre sec	Température du thermomètre mouillé	Humidité relative
22 °C	° C	100 %
22 °C	16 °C	%
22 °C	8 °C	%

5. En vous servant du [tableau](#), trouvez la bonne paire de valeurs d'humidité relative qui correspond à la situation suivante :

- a) température de l'air ambiant = 26 °C
température du thermomètre mouillé = 16 °C

b) température de l'air ambiant = 10 °C
température du thermomètre mouillé = 4 °C

34 % et 46 %
34 % et 34 %
100 % et 46 %

6. Déterminer la plage de température résultante qui satisfait le confort d'une personne debout avec une activité moyenne et une tenue d'intérieur pour l'hiver.

7. Déterminer la plage de température résultante qui satisfait le confort d'une personne assise au repos et une tenue d'été.

8. Quelle est la température ressentie par notre corps (indice de chaleur), quand la température de l'air est 35°C et l'humidité relative est 60%?

9. Évaluez-vous le microclimat dans la salle de classe avec l'impact sur l'organisme humain.