

FICHES D'AIDE

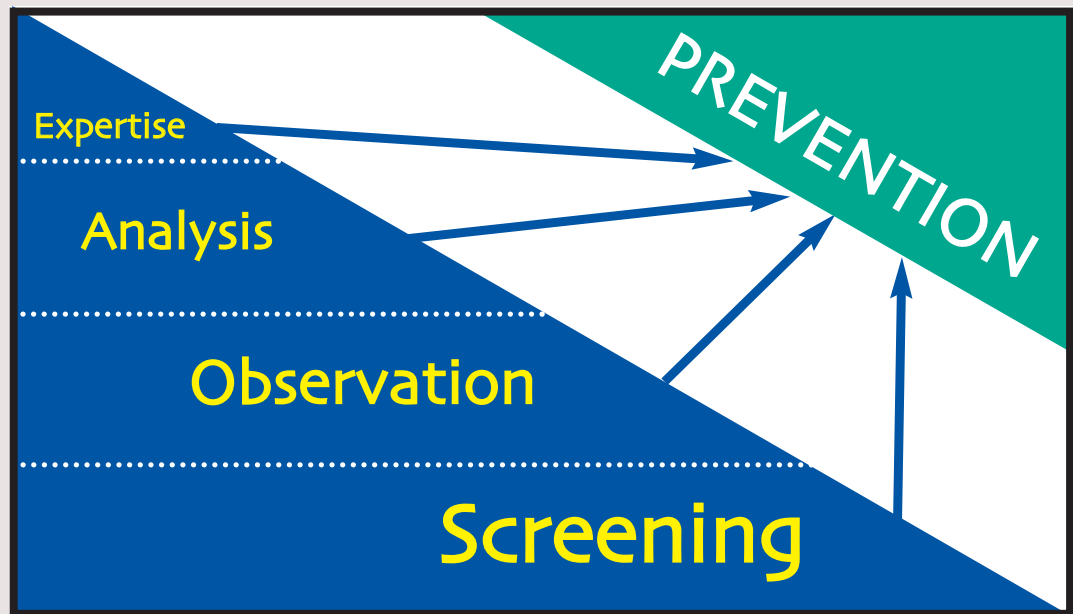


TABLE DES MATIÈRES DES FICHES D'AIDE

Niveau 2, Observation

Fiche 1 (Observation):	Introduction générale.	51
Fiche 2 (Observation):	Améliorations techniques	52
Fiche 3 (Observation):	Charge physique de travail.	53
Fiche 4 (Observation):	Protection individuelle	54
Fiche 5 (Observation):	Effets liés au travail au froid et au chaud.	55
Fiche 6 (Observation):	Réglementation.	56
Fiche 7 (Observation):	Boissons	57
Fiche 8 (Observation):	Organisation du travail.	58

Niveau 3, Analyse

Fiche 9 (Analyse):	Améliorations techniques	59
Fiche 10 (Analyse):	Caractérisation de l'humidité de l'air (diagramme psychrométrique).	63
Fiche 11 (Analyse):	Charge physique de travail.	64
Fiche 12 (Analyse):	Protection individuelle	76
Fiche 13 (Analyse):	Effets liés au travail au froid et au chaud.	78
Fiche 14 (Analyse):	Réglementation.	79
Fiche 15 (Analyse):	Boissons	83
Fiche 16 (Analyse):	Organisation du travail.	84
Fiche 17 (Analyse):	Surveillance de la santé	85
Fiche 18 (Analyse):	Recommandations pour les mesurages.	88
Fiche 19 (Analyse):	Ordres de grandeur de rayonnement.	90
Fiche 20 (Analyse):	Indices de confort thermique	91
Fiche 21 (Analyse):	Indice WBGT	93
Fiche 22 (Analyse):	Indice Predicted Heat Strain (PHS).	94

Niveau 4, Expertise

Fiche 23 (Expertise):	Optimalisation des périodes de repos	95
-----------------------	------------------------------------------------	----

FICHE 1

INTRODUCTION GÉNÉRALE

- La température du corps doit rester égale à 37°C
Pour qu'il en soit ainsi, le corps:
 - produit de la chaleur: c'est le métabolisme, qui augmente avec la charge physique de travail
 - et il en perd essentiellement par la peau:
 - * en **réchauffant** l'air ambiant (mais s'il fait très chaud, c'est la peau qui se réchauffe et le corps gagne de la chaleur)
 - * en **rayonnant** de la chaleur vers les surfaces plus froides (mais devant un four, la peau va plutôt capter un rayonnement chaud et le corps gagne de la chaleur)
 - * en **évaporant** de la sueur si elle transpire (mais s'il fait chaud et humide, cette sueur ne s'évapore pas et reste sur la peau moite).

Afin d'équilibrer ces gains et ces pertes, la personne va jouer sur:

- la vitesse de l'air: l'augmenter (courant d'air) ou la réduire pour augmenter ou réduire l'évaporation et l'échange avec l'air ambiant
- le vêtement.

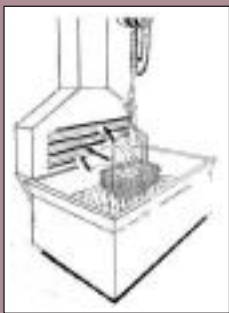
Le bilan thermique est donc fonction de 6 facteurs:

- la température de l'air
- l'humidité de l'air
- le rayonnement de chaleur
- les courants d'air
- la production de chaleur (métabolisme fonction de la charge physique de travail)
- le vêtement.

Pour juger si une situation de travail est acceptable, il faut considérer ces 6 facteurs.

- On parle de **confort thermique** lorsque la personne ne souhaite avoir ni plus chaud ni plus froid. Dans des conditions de confort la personne ne transpire presque pas, la charge physique de travail est faible, le vêtement est léger, il n'y a presque pas de rayonnement de chaleur et la température est entre 18 et 25°C.
- S'il fait **plus chaud**, la situation de travail devient:
 - **inconfortable**: le sujet transpire de plus en plus et enlève ses vêtements
 - **dangereuse** avec un risque de **déshydratation**: le sujet transpire abondamment et ne boit pas assez
 - **dangereuse** avec un risque de **coup de chaleur**: la température de son corps s'élève progressivement.
- S'il fait **plus froid**, la situation de travail devient:
 - **inconfortable**: le sujet a froid et ajoute des vêtements
 - **très inconfortable**: le sujet commence à frissonner et a tendance à bouger pour augmenter sa production de chaleur
 - **dangereuse**: le sujet perd trop de chaleur; la température de son corps baisse progressivement.





FICHE 2

AMÉLIORATIONS TECHNIQUES

- La **situation de travail optimale** est celle où:
 - la température est entre 18 et 25°C
 - l'humidité de l'air est ni trop faible, ni trop importante
 - toutes les parois, fenêtres... sont à la même température que l'air et il n'y a pas de rayonnement thermique particulier
 - l'air se déplace lentement sans courant d'air
 - la personne est assise et le travail est léger
 - les vêtements sont ordinaires et en cotonToutes les mesures de prévention-amélioration doivent essayer de se rapprocher le plus possible de cette situation optimale.
- **Amélioration de la température de l'air et de l'humidité**
 - réduisez les entrées de chaleur ou de froid venant de l'**extérieur**:
 - * par les murs et la toiture
 - * par les parois vitrées
 - éliminez toutes les entrées d'eau
 - réduisez des apports de chaleur ou de froid **intérieurs**
 - * calfeutrez les surfaces froides
 - * isolez les surfaces chaudes (conduites, parois...)
 - * évacuez les gaz chauds et humides (surtout les gaz de combustion)
 - * éliminez toutes les fuites d'eau et de vapeur.
- **Réduction du rayonnement de chaleur**
 - placez entre les surfaces chaudes et les salariés des écrans pleins recouverts d'aluminium
 - peignez en blanc ou, de préférence, en peinture aluminisée les surfaces chaudes telles que les parois d'un four..., s'il n'est pas possible d'en améliorer l'isolation thermique ou de les recouvrir d'un écran en aluminium.
- **Amélioration de la vitesse de l'air**
 - la vitesse de l'air ne doit être
 - * ni trop élevée: les courants d'air importants ne sont jamais supportés par les salariés
 - * ni trop faible: sinon inconfort à cause des odeurs, de la transpiration qui ne s'évapore pas...
 - les jets d'air vers le visage ou la nuque doivent être évités car la sensation de fraîcheur à court terme peut être associée à des douleurs musculaires à moyen terme
 - ventilez avec de l'air extérieur, éventuellement réchauffé à la température de confort.
- **Adaptation des vêtements aux conditions de travail**
 - en cas de rayonnement, prévoyez des vêtements réfléchissants, surtout pour la partie du corps exposée
 - s'il fait très humide: prévoyez un tissu absorbant la sueur mais perméable à la vapeur
 - s'il fait froid: prévoyez une tenue vestimentaire ni trop peu ni trop isolante, couvrant l'ensemble du corps (pieds, bras, mains, visage, tête)
 - dans tous les cas, surveillez l'esthétique du vêtement, son adaptation au travail, son confort, ainsi que les possibilités de nettoyage.
- **Réduction de la charge physique de travail**
 - modifiez la façon de travailler pour éviter les efforts, les déplacements...
 - adaptez les outils de travail: préhension plus facile, aides à la manutention...

FICHE 3

CHARGE PHYSIQUE DE TRAVAIL



• Introduction

Différentes méthodes, de précision croissante, peuvent être utilisées pour évaluer la charge physique de travail, c'est-à-dire l'énergie par seconde (la puissance) développée par le corps pour accomplir le travail.

Ce sont:

- une classification en léger, moyen, lourd, très lourd
- une évaluation à partir de la zone corporelle impliquée
- des tables d'activités spécifiques
- une estimation à partir de la fréquence cardiaque.

Seule la première méthode sera décrite dans cette fiche **d'Observation**.

La dépense d'énergie exprimée en **watts** est une valeur absolue, fonction de l'activité, mais qui peut être perçue différemment entre les personnes (hommes et femmes par exemple).

• Classification en léger, moyen, lourd, très lourd (voir fiche 6)

Les qualificatifs de léger, moyen, lourd, très lourd sont utilisés pour un travail **EN CONTINU** de **8 h**. Ils n'ont pas de sens pour un travail occasionnel de quelques instants.

Exemple:

- * monter un escalier est un travail très lourd s'il doit être fait pendant 8 h en continu
- * c'est tout à fait acceptable si cela dure 30 secondes.

Classe	Métabolisme watts	Exemples
Repos assis	100	
Repos debout	120	
Léger	180	<ul style="list-style-type: none"> • Travail de secrétariat • Travail assis manuel léger (taper sur un clavier, dessiner, coudre...) • Travail assis avec de petits outils, inspection, assemblage léger • Conduite de voiture, opération d'une pédale... • Forage, polissage légers de petites pièces • Utilisation de petites machines à main • Marche occasionnelle lente
Moyen	300	<ul style="list-style-type: none"> • Travail soutenu des mains et des bras (clouage, vissage...) • Conduite d'engins, tracteurs, camions... • Manutention occasionnelle d'objets moyennement lourds • Marche plus rapide (3,5 à 5,5 km/h)
Lourd	410	<ul style="list-style-type: none"> • Travail intense des bras et du tronc • Manutention d'objets lourds, de matériaux de construction • Pelletage, sciage à main, rabotage • Marche rapide (5,5 à 7 km/h) • Pousser, tirer chariots, brouettes
Très lourd	520	<ul style="list-style-type: none"> • Travail très intense et rapide • Pelletage lourd, creusage • Montée d'escaliers ou d'échelles • Marche très rapide, course (>7km/h)

FICHE 4

PROTECTION INDIVIDUELLE

Différents types de vêtements existent:

- **Contre la chaleur:** du vêtement peu isolant (chemisette) à très isolant (veste d'hiver).



Vandeputte Safety

- **Contre le rayonnement** grâce à des matériaux aluminisés
La protection est d'autant plus importante que la surface du corps recouverte est grande.



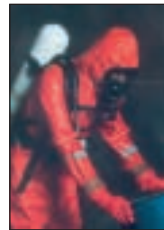
Vandeputte Safety

- **Contre les liquides** (pluie...): le vêtement doit être imperméable à la pluie mais doit laisser passer la transpiration.



Vandeputte Safety

- **Contre les gaz** (vapeurs, solvants...): ces vêtements sont totalement imperméables et sont très vite inconfortables car la transpiration n'est pas évacuée et le corps devient tout mouillé.



Vandeputte Safety

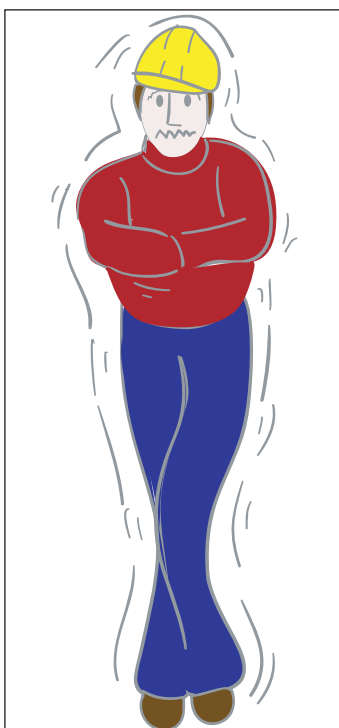
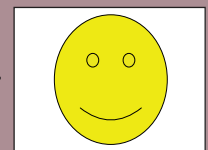
- **Contre le froid:** vêtements isolants, perméables à la transpiration sans omettre de couvrir les extrémités (bras, mains, jambes et pieds).

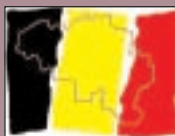
Des vêtements spéciaux sous forme de **combinaisons étanches** existent pour des conditions de travail très particulières (déflocage (amiante), industrie pharmaceutique, industrie électronique...).

FICHE 5

EFFETS LIÉS AU TRAVAIL AU FROID ET AU CHAUD

Domage	Description
Hypothermie	La température du corps descend en-dessous de 35°C, de nombreuses fonctions vitales peuvent être menacées, voire détériorées
Engelures	La température des doigts, des mains et des pieds descend en-dessous de 15°C, enflure douloureuse avec parfois ampoules et crevasses
Frissons	Des mouvements involontaires sont produits par l'organisme lorsque la sensation de froid est trop intense
Inconfort par le froid	Sensation de gêne sans gravité
Confort	Sensation neutre - ni chaud ni froid
Inconfort par le chaud	Sensation de gêne associée à une température de peau en moyenne trop élevée et à une transpiration trop abondante
Contrainte	Durée maximale de travail limitée du fait d'une accumulation de chaleur ou/et d'une transpiration excessive
Déshydratation	Appauvrissement en eau de l'organisme qui peut influencer certaines fonctions physiologiques.
Hyperthermie	Élévation de la température centrale au-delà de 38°C, la personne transpire de façon abondante. Cet état ne doit pas être confondu avec la fièvre où la personne est malade et ne transpire pas (elle va commencer à transpirer si on lui donne un médicament pour faire baisser cette température)
Coup de chaleur	Blocage soudain de la transpiration avec élévation brutale de la température centrale. Ceci risque de se produire si la température du corps est plus élevée que 39,5°C





FICHE 6

RÉGLEMENTATION

- **Objectifs:** l'employeur doit prendre toutes les mesures pour prévenir les risques et protéger les salariés.
- **L'employeur** doit mettre en place des mesures de prévention basée sur l'**analyse des risques**, qui tient compte des facteurs suivants :
 - Température de l'air °C
 - Humidité relative %
 - Vitesse de l'air m/s
 - Rayonnement thermique
 - Charge physique de travail
 - Caractéristiques du vêtement
 - Combinaison de ces facteurs
 - Evolution au cours du temps de ces facteursL'employeur évalue les ambiances thermiques et, si nécessaire, les mesure.



- **Les températures minimales** (valeurs d'action) de l'air en ambiance froide sont
 - 18° C pour un travail très léger
 - 16° C pour un travail léger
 - 14° C pour un travail moyen
 - 12° C pour un travail lourd
 - 10° C pour un travail très lourd



- Les **valeurs d'action** lors du travail à la chaleur sont définies sur base de l'indice WBGT (fiche 21). Cet **INDICE** est calculé à partir de différents facteurs climatiques et ne doit pas être confondu avec la température de l'air (voir la remarque ci-bas). Les ambiances limites dépendent de la charge physique de travail (voir fiche 3):
 - 29 pour un travail léger ou très léger
 - 26 pour un travail moyen
 - 22 pour un travail lourd
 - 18 pour un travail très lourd

L'indice WBGT tient compte directement ou indirectement de la température, de l'humidité, des courants d'air et du rayonnement thermique. Aussi, la valeur de l'indice WBGT ne devrait pas être exprimée en degrés Celsius et ne doit surtout pas être confondue avec la température de l'air. En effet, on peut avoir un WBGT de 25 seulement alors que la température de l'air est de 40°C! Voir la fiche 21 (**Analyse**) pour plus d'information.

- En cas de **dépassement**, l'employeur procède préalablement, sur base de l'analyse des risques, à l'établissement d'un programme de mesures techniques et organisationnelles. Ce programme porte notamment sur :
 - Les actions sur les paramètres climatiques
 - La diminution de la charge de travail physique
 - Les méthodes de travail alternatives
 - La limitation de la durée et de l'intensité de l'exposition
 - L'adaptation des horaires
 - Les vêtements à fournir
 - Les boissons à mettre à disposition.
- **Surveillance de la santé**
 - Les travailleurs sont soumis à une surveillance de la santé appropriée lorsque, du fait de leur travail quotidien normal, ils sont exposés **régulièrement pour des raisons technologiques**:
 - 1° **au froid**, lorsque la température est inférieure à 8 °C ;
 - 2° **à la chaleur**, lorsque les valeurs d'action ont été transgressées.
 - Cette surveillance de la santé est effectuée avant que le travailleur ne soit mis au travail et est répétée annuellement.
 - Les travailleurs sont soumis à une surveillance de la santé appropriée, quand ils sont occupés habituellement à l'extérieur.

FICHE 7

BOISSONS

- **Contrainte par le froid:**

- Boire des boissons chaudes.



- **Contrainte par le chaud**

- Boire de l'eau ou des boissons NON gazeuses et NON sucrées à 10 - 15°C.



- **Évitez dans les deux cas:**

- les boissons gazeuses: sinon troubles gastriques
 - les boissons sucrées: sinon gain de poids à la longue
 - le café ou le thé fort qui entraîne de la nervosité
 - des boissons alcoolisées
 - de l'eau trop froide qui donne des troubles gastriques et ne remplace que très lentement la sueur
 - de grandes quantités en une fois, ce qui entraîne des lourdeurs d'estomac
 - de l'eau salée ou des tablettes de sel: la perte en sel est acceptable, sauf dans des expositions extrêmes répétées, et il n'y a pas lieu de donner un apport de sel
- Installez des **fontaines d'eau refroidie** à 10 -15°C près des postes de travail.



Vandeputte Safety



FICHE 8

ORGANISATION DU TRAVAIL

- **Amélioration de la tolérance corporelle**

- on peut s'habituer petit à petit (s'acclimater) au travail à la chaleur. Le corps s'adapte à une meilleure transpiration et résistance, grâce à une adaptation du système circulatoire et de la peau
- il faut s'habituer à boire plus que d'habitude pour compenser les pertes d'eau par transpiration.

- **Programmation des opérations**

- planification des opérations à l'extérieur durant la saison chaude
- planification des opérations chaudes durant la saison fraîche ou froide
- programmation des travaux lourds et chauds aux moments de la journée les plus frais
- réajustement des horaires de travail durant la période chaude.



- **Optimisation du cycle de travail-repos**

- période de repos (15 - 30 min) en milieu chaud avec boissons chaudes, à intervalles réguliers (30 à 45 min), pendant le travail en ambiance très froide (entrepôts frigorifiques)
 - répartition régulière de périodes de repos courtes (10 min) au cours du travail à la chaleur
 - se former à reconnaître les signes de malaises (fréquence cardiaque trop élevée, vertiges, crampes, sudation anormale...) et arrêter le travail dès l'apparition de ces malaises
 - en cas de dépassement des valeurs limites (fiche 6), l'article 148 decies (point 4.2) du RGPT décrit les régimes travail/repos à pratiquer.
- **Bannir** tout facteur - notamment financier (**primes**) - susceptible d'aggraver la prise de risque.



FICHE 9

AMÉLIORATIONS TECHNIQUES

• Réduction de la température de l'air et de l'humidité

L'objectif est de supprimer tout risque pour la santé (hypo ou hyperthermie ou déshydratation) et de s'approcher le plus possible des conditions de confort.

• réduction des apports ou déperditions de chaleur de ou vers l'extérieur:

- * réduisez les échanges thermiques des murs et toitures:
 - par une meilleure isolation thermique:
 - double toiture
 - matériaux isolants
 - par une réflexion du rayonnement solaire:
 - toitures peintes en blanc (chaux)
 - recouvrement en aluminium
 - par un refroidissement extérieur:
 - arrosage des toits, mais sans pénétration de l'eau dans les locaux
- * réduisez les échanges par les parois vitrées:
 - par une orientation des parois hors du rayonnement solaire
 - par un vitrage double ou réfléchissant le rayonnement infrarouge
 - par le placement de stores idéalement à l'extérieur (suppression de l'apport thermique dans le local)
- * éliminez toutes les entrées d'eau (pluie, fuites...).

• réduction des apports de chaleur ou de froid internes:

- * calfeutrage des surfaces froides
- * isolation thermique des surfaces chaudes (conduites, parois...)
- * évacuation à la source des gaz chauds et humides générés (surtout si gaz de combustion)
- * élimination de toutes les fuites d'eau et de vapeur.

• ventilation générale:

- * ventilez avec de l'air extérieur, éventuellement réchauffé à la température de confort correspondante
 - en respectant impérativement les limites de vitesse d'air décrites ci-dessus
 - de préférence de bas en haut en été: avec pulsion dans la zone de travail et reprise plus haut ou en toiture
- * le débit doit être calculé pour contrebalancer les apports en chaleur ou les déperditions thermiques.

• Réduction du rayonnement thermique

• écran noir entre la source et le salarié:

- * l'écran est porté à haute température
- * il réémet un rayonnement thermique important
- * l'efficacité est très faible.

• écran quelconque recouvert sur les deux faces d'une feuille d'aluminium:

- * la feuille brillante réfléchit la majeure partie du rayonnement
- * la température reste modérée
- * la réémission d'un rayonnement thermique est faible
- * l'efficacité est grande.

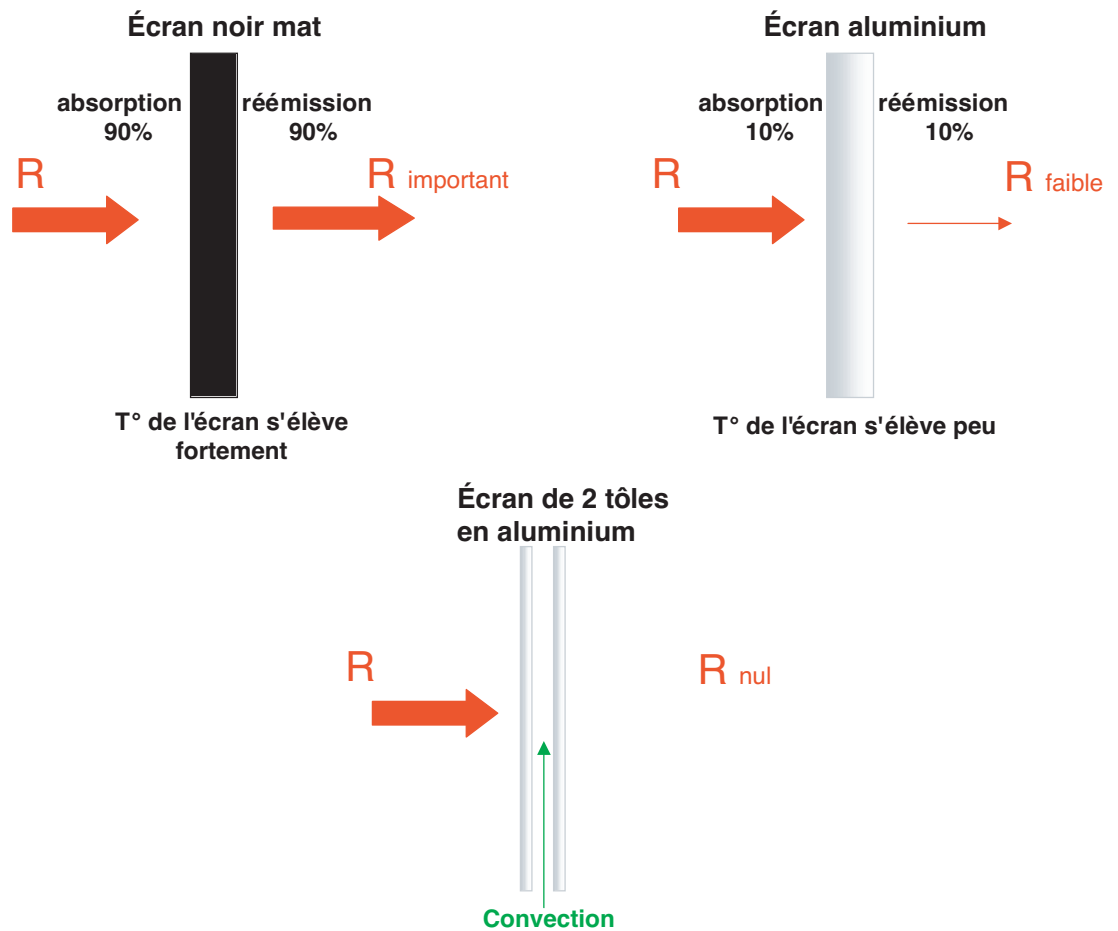
• écran constitué de deux plaques d'aluminium espacées de quelques centimètres:

- * l'air circulant entre les plaques les refroidit
- * l'efficacité est totale.



• **recommandations:**

- * réduisez au minimum l'exposition au rayonnement par des écrans pleins en aluminium
- * placez des grillages en aluminium devant les surfaces devant être vues
- * peignez en blanc ou, de préférence, en peinture aluminisée les surfaces chaudes (telles que murs), s'il n'est pas possible d'en améliorer l'isolation thermique ou de les recouvrir d'un écran en aluminium.



• **Amélioration de la vitesse de l'air**

- la vitesse de l'air ne peut dépasser
 - * 10 m/s lors d'une exposition de courte durée
 - * 3 m/s lors d'un travail intermittent
- si la température de l'air est acceptable
 - * 1 m/s au maximum lors d'un travail en continu en position debout et pour un travail lourd
 - * 0,5 m/s au maximum et de préférence 0,2m/s lors d'un travail en continu en position assise
- des courants d'air plus importants ne sont pas tolérés par les salariés
- la température de l'air insufflé doit être la plus proche possible de la température de confort (voir la *fiche 20*) correspondant à l'activité du salarié
- les jets d'air vers le visage ou la nuque doivent être évités, la sensation de fraîcheur à court terme pouvant être associée à des douleurs musculaires à moyen terme.

• **Adaptation des vêtements**

- en cas de rayonnement, réduisez les surfaces rayonnantes au minimum et prévoyez des vêtements réfléchissants, uniquement pour la partie du corps exposée (ex.: poitrine recouverte d'un tissu léger aluminisé microperforé pour une diffusion de la vapeur, avec le dos et le reste du corps vêtu d'un tissu en coton léger)



Source Vandeputte Safety

- si forte humidité: prévoyez un tissu absorbant la transpiration et très perméable à la vapeur
- si contrainte par la chaleur: prévoyez un vêtement légèrement ample, permettant une ventilation interne, très peu isolant et le plus léger possible (attention: problème de sécurité avec les vêtements trop larges)
- si contrainte par le froid: prévoyez une tenue vestimentaire ni trop ni trop peu isolante, assurant une protection de l'ensemble du corps (pieds, bras, mains, visage, tête)
- dans tous les cas, surveillez:
 - * l'esthétique du vêtement
 - * son adaptation au travail
 - * son confort
 - * ses possibilités de nettoyage.

• **Charge physique de travail:** voir la *fiche 11*.

• **Recherche de l'efficacité d'améliorations techniques**

Le programme PHS.EXE permet rapidement et simplement, en modifiant les paramètres de la situation de travail, de rechercher l'efficacité des améliorations techniques.

Ce programme est disponible à l'adresse INTERNET:

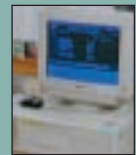
<http://www.deparisnet.be/chaleur/Chaleur.htm#programmes>

L'efficacité se traduit par un allongement de la durée maximale de travail (DLE = Durée Limite d'Exposition).

Le tableau ci-dessous donne un exemple d'une telle recherche:

Condition	1	2	3	4	5	6	7
t _a (°C)	40			34	34	34	30
t _g (°C)	45	42			40	40	35
HR %	60			60	60	60	30
v _a (m/s)	0,1		0,5		0,5	0,5	0,5
M (W)	360					270	270
clo	0,6					0,5	0,5
DLE (min)	32	36	36	62	290	>8 h	>8 h
PMV	-	-	-	-	-	4,4	2,6
PPD	-	-	-	-	-	100%	95%

- | | | |
|--------------|--------------------------------------|--------------|
| condition 1: | situation de départ | DLE= 32 min |
| condition 2: | réduction partielle du rayonnement | DLE= 36 min |
| condition 3: | augmentation de la vitesse | DLE= 36 min |
| condition 4: | réduction de la température de l'air | DLE= 62 min |
| condition 5: | cumul des actions précédentes | DLE= 290 min |



- condition 6: réduction supplémentaire de la charge physique de travail et amélioration du vêtement DLE > 8 h, PMV = 4,4 et PPD = 100%
la situation est sans danger mais extrêmement inconfortable
- condition 7: amélioration supplémentaire de tous les facteurs: la situation reste inconfortable pour 95% des salariés mais est beaucoup plus supportable

L'exemple montre que:

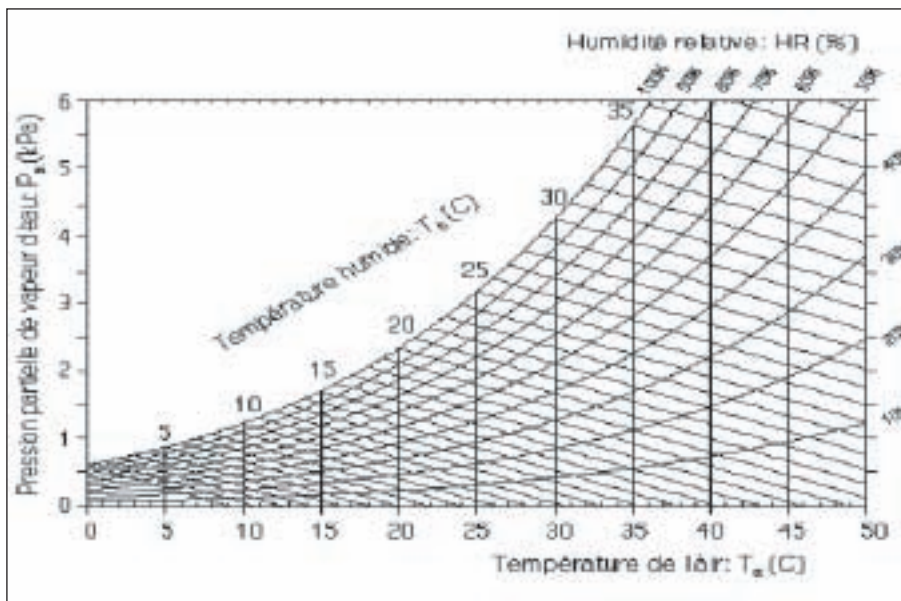
- une action sur un seul paramètre ne se traduit généralement que par une amélioration faible des conditions de travail
- agir un peu sur tous les paramètres aboutit généralement à une amélioration substantielle et peu coûteuse.

FICHE 10

CARACTÉRISATION DE L'HUMIDITÉ DE L'AIR (DIAGRAMME PSYCHROMÉTRIQUE)

- L'humidité de l'air se caractérise par :
 - la **pression partielle de vapeur d'eau** (p_a , kilopascals ou **KPa**): la contribution de la vapeur d'eau à la pression atmosphérique
 - la **température de rosée** (t_{dp} , °C): température à laquelle il faut abaisser l'air pour assister à la condensation partielle de la vapeur d'eau
 - l'**humidité relative** (**HR %**): pourcentage de la pression partielle de vapeur d'eau p_a par rapport à la pression de vapeur à la saturation à la même température
 - la **température humide** (t_h , °C): température minimale d'une nappe d'eau soumise à évaporation forcée dans l'air considéré à une température et humidité données.
- Les **expressions mathématiques** suivantes permettent de passer d'une caractéristique à l'autre:
 - pression de vapeur à la saturation à la température t_a

$$p_{a,s,t_a} = 0,6105 \exp (17,27 t_a / (t_a + 237,3))$$
 - $HR = 100 \cdot p_a / p_{a,s,t_a}$
 - $p_a = p_{a,s,t_h} - (t_a - t_h) / 15$
- **Diagramme psychrométrique**
 - les relations entre les quatre caractéristiques se retrouvent dans le diagramme psychrométrique de la figure suivante:
Exemple: Si $t_a = 30^\circ\text{C}$ et $HR = 50\%$, on a
 - * température de rosée $t_{dp} = 18^\circ\text{C}$
 - * $p_a = 2,1 \text{ kPa}$
 - * $t_h = 22^\circ\text{C}$





FICHE 11

CHARGE PHYSIQUE DE TRAVAIL

1. Introduction

Le métabolisme mesure le coût énergétique de la charge musculaire associée à la conversion des sucres et graisses en énergie mécanique et thermique et donne un indice numérique de l'activité.

La charge physique de travail influence de manière déterminante le confort ou la contrainte résultant de l'exposition à un environnement thermique.

En particulier, dans des climats chauds, les niveaux élevés de production métabolique de la chaleur liée au travail musculaire aggravent la contrainte due à la chaleur, car de grandes quantités de chaleur doivent être perdues la plupart du temps par évaporation de sueur.

2. Principe et précision

L'efficacité mécanique du travail musculaire et le travail "utile" est faible.

Dans la plupart des travaux industriels, elle est à ce point faible (quelques %) qu'elle est supposée égale à zéro. Ceci signifie que l'énergie totale au travail est supposée transformée en chaleur.

Le tableau I énumère les différentes approches qui peuvent être utilisées pour déterminer le métabolisme, ainsi que leur précision.

Selon la stratégie **SOBANE**, quatre niveaux sont considérés:

- Niveau 1, **Dépistage**: Deux méthodes simples et faciles sont présentées pour caractériser rapidement la charge physique de travail moyenne pour une profession donnée ou pour une activité donnée:
 - méthode A: classification selon le métier
 - méthode B: classification selon le genre d'activité.

Les deux méthodes fournissent une évaluation grossière et peu précise.

À ce niveau, une inspection du lieu de travail n'est pas nécessaire.

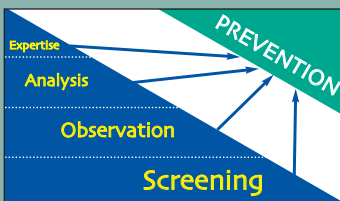
- Niveau 2, **Observation**: Trois méthodes sont présentées pour des personnes avec une connaissance parfaite des conditions de travail, mais sans nécessairement une formation en ergonomie. Elles permettent de caractériser la charge moyenne dans une situation de travail à un instant spécifique:
 - méthode A: le métabolisme est déterminé en fonction de la posture du corps et des efforts et postures des segments corporels
 - méthode B: le métabolisme moyen est déterminé en fonction de la vitesse de travail
 - méthode C: le métabolisme moyen est déterminé directement en fonction de l'activité.

Une procédure est décrite pour enregistrer les activités au cours du temps et pour calculer le métabolisme moyen pondéré dans le temps, en utilisant les données des méthodes ci-dessus.

La précision reste faible.

Une étude de temps est nécessaire pour déterminer le métabolisme dans les situations de travail qui impliquent un cycle de différentes activités.

- Niveau 3, **Analyse**: Le métabolisme moyen est déterminé à partir des enregistrements de fréquence cardiaque sur une période représentative. Cette méthode de détermination indirecte du métabolisme est basée sur la relation existant entre la



consommation d'oxygène et la fréquence cardiaque dans des conditions définies. La méthode s'adresse aux personnes qualifiées en santé au travail.

- Niveau 4, **Expertise**: Les méthodes disponibles à ce niveau sont:
 - le mesurage de la consommation d'oxygène
 - la méthode directe par calorimétrie.

Elles ne seront pas présentées ici.

Tableau 1 –
comparaison des méthodes de détermination du métabolisme

Niveau	Méthode	Précision	Inspection du lieu de travail
Dépistage	A. Classification selon le métier	Information approximative	Non nécessaire, mais une information est requise concernant l'équipement technique et l'organisation du travail
	B. Classification selon le genre d'activité	Risque très grand d'erreur	
Observation	A. Tables en fonction des postures et efforts	Risque élevé d'erreur Précision: $\pm 20\%$	Etude des temps nécessaire
	B. Tables en fonction des vitesses		
	C. Tables pour des activités spécifiques		
Analyse	Evaluation à partir d'enregistrement de la fréquence cardiaque dans des conditions définies	Risque moyen d'erreur Précision: $\pm 10\%$	Non nécessaire
Expertise	Mesurage de consommation d'oxygène	Erreurs dans les limites de la précision de la mesure ou de l'étude de temps Précision: $\pm 5\%$	Étude de temps nécessaire
	Calorimétrie directe		Non nécessaire

Les facteurs principaux affectant la précision sont:

- les différences individuelles
- les différences dans l'équipement de travail
- les variations dans la vitesse de travail
- les différences de techniques de travail et de compétences professionnelles
- les différences de genre et de caractéristiques anthropométriques
- les différences culturelles
- lors de l'utilisation des tableaux, les différences entre observateurs et leur niveau de formation
- en utilisant le niveau 3, la précision de la relation entre la fréquence cardiaque et la consommation d'oxygène, et la présence d'autres facteurs influençant la fréquence cardiaque

3. Niveau 1, Dépistage

- **Evaluation du métabolisme par profession**

Le tableau 2 donne le métabolisme moyen pour différentes professions. Des variations importantes peuvent survenir en raison de différences en ce qui concerne la technologie, la nature exacte du travail, l'organisation du travail, etc.

Tableau 2 - Métabolisme pour différentes professions



	Métier	Métabolisme (watts)
Artisans	Maçon	200 - 290
	Charpentier	200 - 310
	Vitrier	160 - 230
	Peintre	180 - 230
	Boulangier	200 - 250
	Boucher	190 - 250
	Horloger	100 - 130
Industrie minière	Mineur de charbon	200 - 400
	Ouvrier de four à coke	210 - 310
Sidérurgie	Ouvrier de haut fourneau	310 - 400
	Ouvrier de four électrique	220 - 260
	Mouleur manuel	250 - 430
	Mouleur à la machine	190 - 300
Métallurgie	Ouvrier de fonderie	250 - 430
	Forgeron	160 - 360
	Soudeur	130 - 220
	Tourneur	130 - 220
	Foreur	140 - 250
	Mécanicien de précision	130 - 200
Imprimerie	Imprimeur	125 - 170
	Relieur	135 - 200
Agriculture	Jardinier	200 - 340
	Conducteur de tracteur	150 - 200
Transport	Conducteur de voiture	125 - 180
	Chauffeur de bus	135 - 225
	Conducteur de tramway	145 - 210
	Grutier	115 - 260
Divers	Aide de laboratoire	150 - 180
	Enseignant	150 - 180
	Vendeur	180 - 220
	Secrétaire	125 - 150

• **Evaluation du métabolisme par catégories**

Le tableau 3 définit 6 classes de métabolismes: repos (assis ou debout), léger, moyen, lourd, très lourd.

Ces qualificatifs sont utilisés pour un travail **EN CONTINU** de **8 h** (en tenant compte des pauses habituelles). Ils n'ont pas de sens pour un travail occasionnel de quelques instants.

Exemple: monter un escalier est un travail très lourd s'il doit être fait pendant 8 h en continu; c'est tout à fait acceptable si cela dure 30 secondes.

Pour chaque classe, la moyenne et la gamme des valeurs de métabolisme sont indiquées ainsi qu'un certain nombre d'exemples. Ces activités sont censées inclure des pauses de détente courtes.

Tableau 3 – Catégories de métabolisme

Classe	Métabolisme (watts)	Exemples
Repos assis	100	
Repos debout	120	
Léger	180 (130 – 240)	<ul style="list-style-type: none"> • Travail de secrétariat • Travail assis manuel léger (taper sur un clavier, dessiner, coudre...) • Travail assis avec de petits outils, inspection, assemblage léger • Conduite de voiture, opération d'une pédale... • Forage, polissage légers de petites pièces • Utilisation de petites machines à main • Marche occasionnelle lente
Moyen	300 (241 – 355)	<ul style="list-style-type: none"> • Travail soutenu des mains et des bras (clouage, vissage...) • Conduite d'engins, tracteurs, camions... • Manutention occasionnelle d'objets moyennement lourds • Marche plus rapide (3,5 à 5,5 km/h)
Lourd	410 (356 – 465)	<ul style="list-style-type: none"> • Travail intense des bras et du tronc • Manutention d'objets lourds, de matériaux de construction • Pelletage, sciage à main, rabotage • Marche rapide (5,5 à 7 km/h) • Pousser, tirer chariots, brouettes
Très lourd	520 (> 466)	<ul style="list-style-type: none"> • Pelletage lourd, creusage • Travail très intense et rapide • Montée d'escaliers ou d'échelles • Marche très rapide, course (>7km/h)

4. Niveau 2, Observation

A. Evaluation du métabolisme par décomposition de la tâche

Le métabolisme est ici estimé à partir des observations suivantes:

- le segment de corps impliqué dans le travail: les deux mains, un bras, deux bras, le corps entier
- la charge physique de travail pour ce segment de corps: léger, moyen, lourd
- la posture de corps: au repos, à genoux, accroupi, debout, debout penché

Le tableau 4 donne la valeur moyenne et la gamme des métabolismes pour une personne standard, assise, en fonction du segment corporel impliqué et de la charge physique de travail.

Le tableau 5 donne les corrections à ajouter quand la posture est différente d'assise.

Il s'agit à nouveau de léger, moyen et lourd au sens d'une durée de travail de 8h .

La charge doit être appréciée selon les capacités moyennes des salariés et **NON** en fonction des capacités d'un salarié particulier, ni, a fortiori, de l'observateur.



Tableau 4 -
Charge physique de travail (en watts) pour un sujet assis,
en fonction de l'intensité du travail et
de la zone corporelle impliquée

Zone corporelle impliquée		Travail		
		Léger	Moyen	Lourd
Les 2 mains	Moyenne	125	155	170
	Gamme	<135	135-160	>160
Un bras	Moyenne	160	200	235
	Gamme	<180	180-215	>215
Les 2 bras	Moyenne	215	250	290
	Gamme	<235	235-270	>270
Le corps	Moyenne	325	440	600
	Gamme	<380	380-510	>510

Tableau 5 - Supplément dû à la posture principale du corps

Posture du corps	Métabolisme (watts)
Assis	0
À genoux	20
Accroupi	20
Debout	25
Debout penché	35

B. Evaluation du métabolisme en fonction de la vitesse de travail

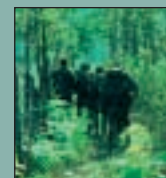
Le tableau 6 permet d'évaluer le métabolisme pour une activité de déplacement en fonction de la vitesse de ce déplacement.

Tableau 6 - Métabolisme lié à la vitesse de travail

Le métabolisme basal (80 W) doit être ajouté aux valeurs résultantes

Type de travail	Métabolisme W par (m/min)
Métabolisme en fonction de la vitesse de marche en mètres par minute (m/min)	
Marche: 0,55 à 1,40 m/min (2 à 5 km/h)	200 *
Marche en montant: 0,55 à 1,40 m/min (2 à 5 km/h)	
Pente 5°	320
Pente 10°	500
Marche en descendant: 0,55 à 1,40 m/min (2 à 5 km/h)	
Pente 5°	110
Pente 10°	90
Marche avec une charge sur le dos: 1,1 m/min (4 km/h)	
charge de 10 kg	225
charge de 30 kg	330
Métabolisme lié à la vitesse de montée en m/min (distance verticale par seconde)	
Montée d'escaliers	3240
Descente d'escaliers	945
Montée d'une échelle inclinée	
Sans charge	3000
charge de 10 kg	3400
charge de 20 kg	4000
Montée d'une échelle verticale	
Sans charge	3800
charge de 10 kg	4300
charge de 20 kg	4900

* par exemple: si marche à 0,7 m/min, le métabolisme est égal à $80 + 200 * 0,7 = 220$ W



C. Evaluation du métabolisme pour des activités typiques

Le tableau 7 fournit des valeurs du métabolisme pour des activités typiques.

Tableau 7 - Métabolisme pour des activités spécifiques

Activités	M (watts)
Sommeil	70
Repos assis	100
Repos debout	125
Marche chemin uni, solide, de niveau	
1. sans charge	
à 2 km/h	200
à 3 km/h	250
à 4 km/h	300
à 5 km/h	360
2. avec charge	
10 kg de charge, 4 km/h	330
30 kg de charge, 4 km/h	450
Marche chemin uni, solide, en montée	
1. sans charge	
5° inclinaison, 4 km/h	320
15° inclinaison, 3 km/h	380
25° inclinaison, 3 km/h	540
2. avec charge 20 kg	
15° inclinaison, 4 km/h	490
25° inclinaison, 4 km/h	740
Descente à 5 km/h, sans charge	
5° inclinaison	240
15° inclinaison	250
25° inclinaison	320
Echelle 70° vitesse 11,2 m de dénivellation par minute	
non chargé	520
20 kg de charge	650
Pousser ou tirer des wagonnets, 3,6 km/h, chemin plat, solide	
force de poussée : 12 kg	520
force de poussée : 16 kg	670
Porter une brouette, chemin uni, 4,5 km/h, bandage en caoutchouc, 100 kg de charge	410
Limer du fer	
42 coups de lime/min	180
60 coups de lime/min	340
Travail au marteau (2 mains), poids du marteau: 4,4 kg, 15 coups/min	520
Menuiserie	
sciage à la main	400
sciage à la machine	180
rabotage à la main	540
Maçonnage, 5 briques/min	310
Vissage	180
Creuser une tranchée	520
Travail sur machine-outil	
léger (réglage, assemblage)	180
moyen (chargement)	250
lourd	380
Travail avec une machine manuelle	
léger (polissage léger)	180
moyen (ponçage)	290
lourd (forage lourd)	410



D. Evaluation du métabolisme moyen au cours d'un travail variable

Pour déterminer le métabolisme moyen sur une phase de travail, il est nécessaire d'effectuer une étude des temps d'exécution qui inclut une description détaillée du travail. Ceci demande de classer chaque activité en tenant compte de facteurs tels que la durée de l'activité, les distances parcourues, les hauteurs, les poids manipulés, le nombre d'actions effectuées...

Le métabolisme pour un cycle de travail peut être déterminé à partir des métabolismes des diverses activités et des durées respectives par:

$$M = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n M_i t_i$$

où

- M est le métabolisme moyen du cycle de travail, en watts
- M_i est le métabolisme de l'activité i , en watts
- t_i est la durée de l'activité, en secondes
- T est la durée, en secondes, de la phase de travail considérée et est égal à la somme des durées partielles t_i

L'enregistrement des activités professionnelles et la durée des activités pendant un jour ouvrable ou pendant une période particulière peut être simplifié en employant le journal décrit au tableau 8.

Tableau 8 – Journal d'enregistrement des activités

Date						
Sujet						
Lieu de travail						
Température de l'air (°C)						
Température de globe (°C)						
Humidité relative de l'air (RH %)						
Vitesse de l'air (m/s)						
Isolement vestimentaire (clo)						
Heure	Minute	Numéro de la tâche				
		1	2	3	---	n
..						
..						

La procédure préconisée est la suivante:

- choisir un opérateur représentatif
- déterminer la phase de travail à analyser, en s'intéressant à sa représentativité
- observer le travail de cet opérateur pendant la phase déterminée
- déterminer les composantes de la tâche et le métabolisme correspondant, au moyen des tableaux 4, 5, 6 ou 7
- numéroter ces composantes et préparer le journal
- enregistrer le numéro de la composante dès qu'elle débute

Après l'observation:

- calculer le temps passé à chaque composante de la tâche
- calculer le métabolisme moyen par l'expression ci-dessus

La table des résultats peut prendre la forme du tableau 9:

Tableau 9 - Table récapitulant les résultats

Tâche:..... Date:..... Observateur:.....

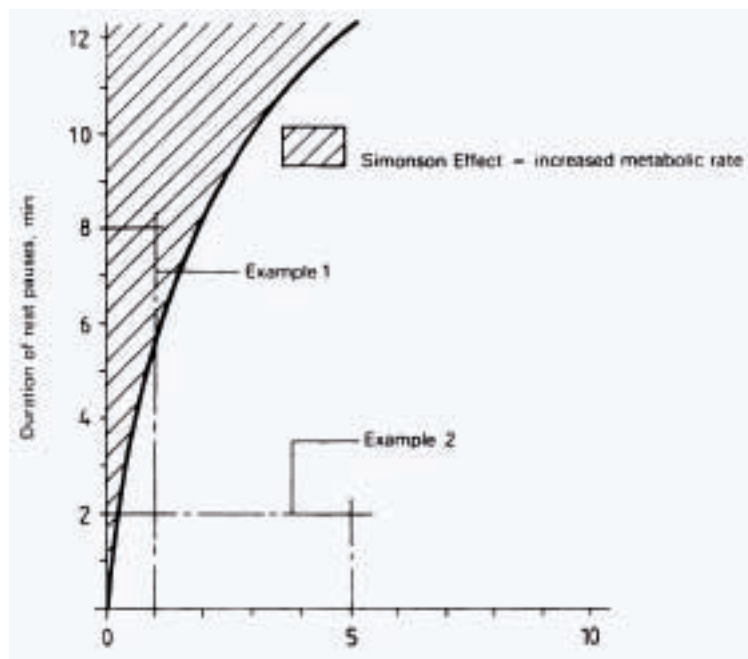
Composantes		M_i	Temps	Produit
N°	Description	W	t_i sec	$M_i t_i$
1	Tâche 1	M_1		
2	Tâche 2	M_2		
..				
i	Tâche i	M_i		
..				
n	Tâche n	M_n		
	Total			
	Métabolisme moyen			

Influence des durées de travail et de repos

La méthode exposée ci-dessus ne peut pas être utilisée pour l'évaluation du métabolisme moyen pour des conditions de travail avec alternances de périodes courtes d'activité et longues de repos. Dans ce cas-ci, elle conduirait à une sous-estimation du métabolisme (connu sous le nom d'effet de Simonson). La limite de validité des combinaisons repos - travail est donnée à la figure 1:

- l'exemple 1 concerne un cycle de 8 min de repos et 1 min de travail. Dans ce cas, la technique exposée ci-dessus pour calculer le métabolisme moyen mènerait à une sous-estimation de la valeur réelle du métabolisme
- dans l'exemple 2, les tableaux peuvent être employés avec la précision indiquée.

Figure 1 – Domaine d'augmentation du métabolisme



L'augmentation du métabolisme dû à l'effet de Simonson dépend du type de travail et des groupes musculaires utilisés.

E. Interpolation entre les valeurs données par les tableaux

L'interpolation des valeurs métaboliques est correcte.

Quand les vitesses de déplacement diffèrent de celles indiquées dans les tableaux, l'interpolation n'est cependant valable que dans une marge de $\pm 25\%$ de la vitesse indiquée.

F. Cas des opérateurs non "standards"

Les valeurs rapportées dans les tableaux ont été normalisées pour un opérateur "standard", travaillant dans un environnement thermique confortable.

Pour une personne donnée accomplissant une tâche donnée, le métabolisme peut varier dans certaines limites autour des valeurs moyennes données dans les tables, du fait de l'influence des facteurs mentionnés précédemment.

On peut estimer que:

- pour le même travail et dans les mêmes conditions de travail, le métabolisme peut varier d'environ $\pm 5\%$ d'une personne à une autre
- pour une personne formée à l'activité, la variation est d'environ 5% dans des conditions de laboratoire.

Sur le terrain, c'est-à-dire quand l'activité n'est pas exactement la même d'une fois à une autre, une variation allant jusqu'à plus de 20% peut être constatée.

Vu ce risque d'erreur, il n'est pas normalement justifié, à ce niveau de l'évaluation, de prendre en considération les différences de taille, genre... des sujets.

La considération du poids du sujet peut se justifier seulement pour des activités comportant des mouvements du corps entier, tels que marcher, s'élever, soulever un poids...

En ambiances chaudes, une augmentation d'au maximum 10 à 20 W peut survenir du fait de la fréquence cardiaque accrue et de la transpiration. Une telle correction n'est pas justifiée ici.

D'autre part, en ambiances froides, une augmentation pouvant atteindre 400 W peut être observée si l'opérateur frissonne. Le port de l'habillement lourd augmente également le métabolisme, en augmentant le poids du sujet et en diminuant la facilité des mouvements.

5. Niveau 3, Analyse

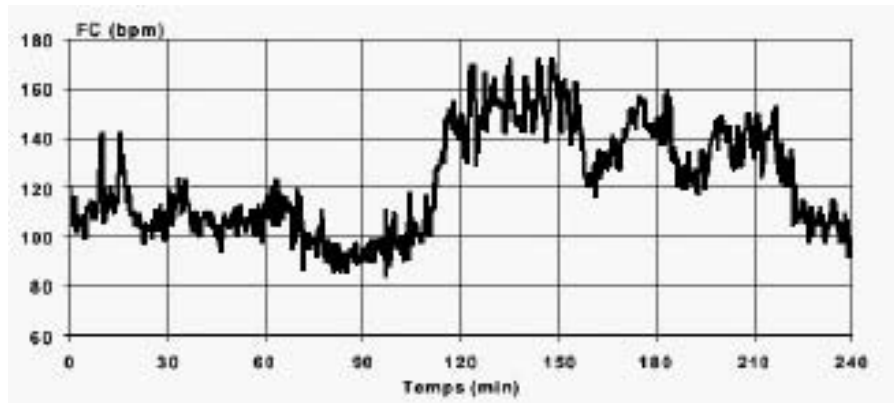
• Estimation du métabolisme à partir de la fréquence cardiaque

La fréquence cardiaque à un moment donné peut être considérée comme une somme de plusieurs composants.

$$FC = FC_0 + \Delta FC_M + \Delta FC_S + \Delta FC_T + \Delta FC_N + \Delta FC_E$$

où

- FC_0 est la fréquence cardiaque, en battements par minute, au repos, en position couchée, dans des conditions thermiques neutres
- ΔFC_M est l'augmentation de la fréquence cardiaque due à la charge musculaire dynamique, dans des conditions thermiques neutres
- ΔFC_S est l'augmentation de la fréquence cardiaque due au travail musculaire statique. Cette composante dépend de la relation entre la force utilisée et la force volontaire maximale du groupe musculaire en fonctionnement
- ΔFC_T est l'augmentation de la fréquence cardiaque due à la contrainte thermique. Cette composante est discutée dans la norme ISO 9886
- ΔFC_N est l'augmentation de la fréquence cardiaque due à la charge mentale
- ΔFC_E est la composante résiduelle de la fréquence cardiaque due, par exemple, aux effets respiratoires, au rythme circadien, à la déshydratation.



Dans le cas du travail dynamique utilisant les groupes musculaires principaux, avec seulement un peu de charge musculaire statique et en l'absence de contrainte thermique et de charge mentale, le métabolisme peut être estimé en mesurant la fréquence cardiaque pendant le travail.

Une relation linéaire peut alors être supposée entre la fréquence cardiaque et le métabolisme. Si les restrictions mentionnées ci-dessus sont prises en considération, cette méthode peut être plus précise que les précédentes.

La fréquence cardiaque peut être enregistrée sans interruption, par exemple en utilisant un équipement télémétrique, ou peut être mesurée manuellement, avec une précision réduite, en comptant les pulsations artérielles (voir ISO 9886).

La fréquence cardiaque moyenne peut être calculée sur des intervalles fixes de temps, par exemple 1 minute, sur différents cycles de fonctionnement ou sur la durée totale de la journée de travail.

En présence d'une charge thermique importante, de travail musculaire statique, de travail dynamique avec de petits groupes musculaires, ou encore d'une charge mentale importante, la pente et la forme de la relation fréquence cardiaque - métabolisme peuvent changer considérablement. La procédure pour corriger les valeurs de fréquence cardiaque pour l'effet thermique est décrit dans la norme ISO 9886.

• Relation fréquence cardiaque - métabolisme

La relation fréquence cardiaque - métabolisme peut être déterminée en enregistrant la fréquence cardiaque à différents niveaux de charge musculaire pendant une expérience dans un environnement climatique neutre. Étant donné que le type d'effort (sur cycloergomètre, step-test, ou tapis roulant) et l'ordre et la durée des niveaux d'effort ont une influence sur les deux paramètres, il est nécessaire d'utiliser une procédure de test normalisée.

En général, la linéarité est correcte dans la gamme:

- au-dessus de 120 battements par minute (bpm), parce que la composante mentale peut alors être négligée.
- jusqu'à 20 battements au-dessous de la fréquence cardiaque maximum du sujet, parce que la fréquence cardiaque tend à se stabiliser au-dessus de cette valeur. La fréquence cardiaque maximale individuelle peut être estimée par les formules suivantes

$$FC_{\max} = 205 - 0,62 \times \text{âge} \quad \text{ou} \quad FC_{\max} = 220 - \text{âge}$$

Par régression des données dans cet intervalle, les coefficients FC_0 et RM de l'expression suivante peuvent être déterminés.

$$FC = FC_0 + RM \cdot (M - M_0)$$

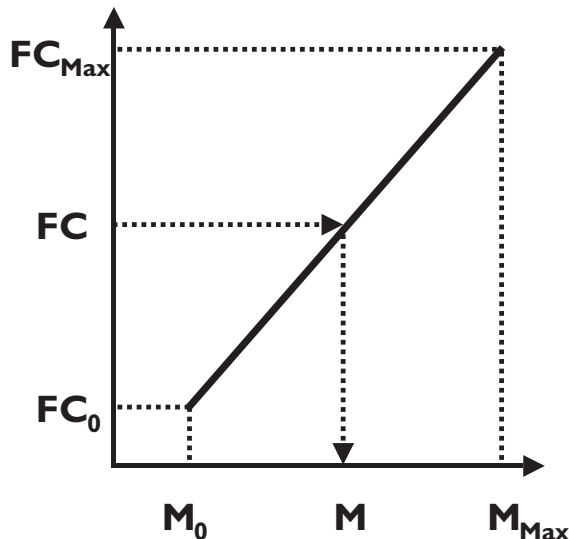
où

- M est le métabolisme, en watts
- M_0 est le métabolisme au repos, en watts
- RM est l'augmentation de fréquence cardiaque par unité de métabolisme

- FC_0 est la fréquence cardiaque au repos, dans les conditions correspondant au métabolisme M_0 et en conditions thermiques neutres.

Cette expression peut également être écrite:

$$M = (FC - FC_0) / RM + M_0$$



La relation est utilisée pour dériver le métabolisme à partir de la fréquence cardiaque moyenne mesurée.

Le tableau 10, donne, avec une certaine perte de précision, la relation $FC - M$ en fonction de l'âge et du poids de la personne.

Tableau 10 - Relation Métabolisme (en watts) – Fréquence cardiaque, prédite en fonction de l'âge et du poids du sujet (femmes et hommes)

Age (années)	Poids				
	50 kg	60 kg	70 kg	80 kg	90 kg
Femmes					
20	5.2 FC - 270	6.1 FC - 324	6.8 FC - 378	7.6 FC - 427	8.1 FC - 473
30	5.0 FC - 257	6.0 FC - 311	6.7 FC - 361	7.2 FC - 410	7.9 FC - 457
40	4.9 FC - 244	5.6 FC - 165	6.3 FC - 346	7.0 FC - 392	7.7 FC - 439
50	4.7 FC - 229	5.4 FC - 279	6.1 FC - 328	6.7 FC - 373	7.4 FC - 418
Hommes					
20	6.7 FC - 361	7.6 FC - 428	8.5 FC - 491	9.4 FC - 553	10.1 FC - 610
30	6.5 FC - 355	7.4 FC - 419	8.3 FC - 482	9.2 FC - 542	9.9 FC - 600
40	6.3 FC - 346	7.2 FC - 410	8.1 FC - 472	9.0 FC - 531	9.7 FC - 587
50	6.1 FC - 335	7.2 FC - 400	7.9 FC - 461	8.8 FC - 518	9.5 FC - 574

6. Niveau 4, Expertise

Les méthodes d'expertise, extrêmement difficiles à mettre en œuvre et nécessitant des appareils très coûteux, ne seront pas exposées ici. Le lecteur intéressé en trouvera la description dans la norme ISO 8996.



FICHE 12

PROTECTION INDIVIDUELLE

1. Isolement contre la chaleur

- L'isolement thermique du vêtement se définit en clo. Les ordres de grandeur sont:

Tenue vestimentaire	Icl (clo)
Tenue de tennis	0,5
Chemise courte sans cravate, pantalon léger	0,6
Salopette de travail	0,7
Chemise longue, cravate	0,8
Tenue d'hiver, sans veston	0,9
Complet veston, cravate	1,0
Avec pardessus, veste d'hiver	1,3



Vandeputte Safety



Vandeputte Safety

2. Isolement contre le rayonnement

- La protection contre le rayonnement s'obtient au moyen de matériaux aluminisés:
 - une peinture aluminisée réduit le rayonnement de 60%
 - une feuille d'aluminium brillant: de 80%
 - une métallisation à l'aluminium sous vide: de 95%.

Consultez le fabricant pour avoir les caractéristiques réelles.

- Cette réduction est limitée aux surfaces couvertes, soit à:
 - 35% de la surface corporelle par une veste aluminisée
 - 20% par des manches aluminisées et gants
 - 40% par un pantalon et des souliers aluminisés.
- Le vêtement aluminisé peut nuire à l'évaporation de la sueur de sorte que l'avantage au point de vue rayonnement soit réduit, annulé et parfois aggravé par une réduction de l'évaporation.
- L'efficacité du vêtement aluminisé est très rapidement réduite par la salissure, le vieillissement...



Vandeputte Safety

3. Isolement contre l'évaporation

- Les vêtements imperméables à l'air doivent rester **perméables à la vapeur d'eau** sous peine de créer un microclimat qui pourrait poser plus de problèmes que le climat extérieur.
- Les vêtements humides doivent être séchés au plus vite.



Vandeputte Safety

4. Protection contre le froid

- Consulter les fabricants pour obtenir les renseignements nécessaires concernant:
 - l'isolement thermique
 - la perméabilité à la vapeur.
- Les vêtements utilisés spontanément par les salariés sont souvent trop isolants, de sorte qu'ils transpirent trop abondamment. Le vêtement devient mouillé, malsain, inconfortable et perd ses caractéristiques.
- Ce surcroît de vêtement sur le corps est souvent dû à un déficit au niveau des bras, des mains, des jambes et des pieds. Il est indispensable d'assurer une protection cohérente sur l'ensemble du corps.

5. Protection étanche

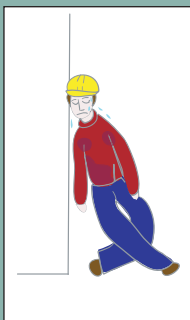
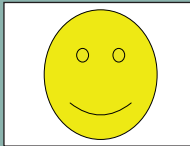
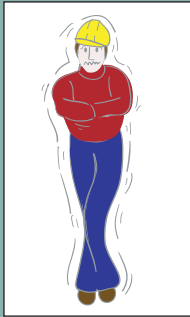
- Les combinaisons étanches sont utilisées dans l'industrie chimique, nucléaire, pharmaceutique, électronique...:
 - certaines sont totalement imperméables à l'eau et à la vapeur
 - certaines sont ventilées intérieurement.
- En-dessous de la combinaison se crée très rapidement un environnement saturé en vapeur d'eau qui empêche fortement les pertes de chaleur.
- La durée de travail doit être limitée pour éviter les cas d'hyperthermie.
- Chaque type de combinaison et chaque situation de travail représente un cas particulier et une **Expertise** (niveau 4) est nécessaire dans chaque cas pour déterminer les conditions de travail permises.



Vandeputte Safety

FICHE 13

EFFETS LIÉS AU TRAVAIL AU FROID ET AU CHAUD



Domage	Commentaire - gravité
Hypothermie	Lorsque la température du corps descend en-dessous de 35°C, de nombreuses fonctions vitales peuvent être menacées, voire détériorées: gravité importante en-dessous de 32°C
Engelures	Lorsque la température des doigts, des mains et des pieds descend en-dessous de 15°C, enflure douloureuse avec parfois ampoules et crevasses: gravité moyenne
Frissons	Mouvements involontaires produits par l'organisme lorsque la sensation de froid est trop intense: inconfort sans aucune gravité
Inconfort par le froid	Sensation de gêne sans gravité associée à une température de peau en moyenne trop faible
Confort	Sensation neutre - ni chaud ni froid - fortement fonction du climat, de l'activité et des vêtements
Inconfort par le chaud	Sensation de gêne associée à une température de peau en moyenne trop élevée et à une transpiration trop abondante
Contrainte	Situation de travail pour laquelle la durée maximale de travail doit être limitée entre 2 et 8 heures du fait d'une accumulation lente de chaleur ou/et d'une transpiration excessive
Déshydratation	Appauvrissement en eau de l'organisme susceptible d'influencer sur certaines fonctions physiologiques. Le déficit en eau ne devrait pas dépasser 3% du poids corporel
Hyperthermie	Élévation de la température centrale au-delà de 38°C
Crampe de chaleur	Contraction musculaire due à la perte en sodium au niveau des muscles du fait de la transpiration: faible gravité, mais douleur intense. Ce phénomène est rare du fait de la consommation excessive en sel dans l'alimentation générale
Syncope de chaleur	Chute de tension due à l'afflux de sang à la fois aux muscles et à la peau. Il en résulte un déficit sanguin au cerveau et une syncope. Gravité fonction des circonstances (chutes...). Ce phénomène, peu grave en lui-même, indique une fragilité manifeste de la personne
Coup de chaleur	Blocage soudain de la transpiration avec élévation brutale de la température centrale. Ce phénomène risque d'apparaître à partir de température de 39,5°C et est très grave lorsque des températures de 41, 42°C sont atteintes
Contrainte immédiate	Situation de travail dans laquelle la température centrale du salarié pourrait s'élever de 1°C en moins de 30 min. Une surveillance médicale directe s'impose

FICHE 14

RÉGLEMENTATION



La présente fiche est basée sur l'arrêté royal du 4 juin 2012 relatif aux ambiances thermiques, publié au moniteur belge le 21 juin 2012. Cet AR constitue le chapitre II Ambiances thermiques du Titre IV Facteurs d'environnement et agents physiques du code sur le Bien-être. Elle résume très fortement le texte qui doit être consulté in extenso. Une brochure explicative de cet AR sur les ambiances thermiques est également disponible auprès du SPF Emploi, Travail et Concertation sociale (<http://www.emploi.belgique.be/>)

Cet arrêté royal et notamment les valeurs d'action d'exposition qui y sont reprises concernent principalement des situations de contrainte thermique, au froid ou à la chaleur, autrement dit des situations pouvant entraîner un risque pour la santé des travailleurs.

En général, la plupart des problèmes d'ambiances thermiques rencontrés dans les entreprises concernent surtout des situations d'inconfort thermique.

Si les valeurs d'action d'exposition sont dépassées, il y a un risque pour la santé du travailleur, risque qui doit être précisé sur base de l'analyse des risques et de laquelle des mesures de prévention adéquates vont être déterminées.

Si ces valeurs d'action d'exposition ne sont pas dépassées et qu'il existe un problème lié à l'ambiance thermique, il est important de trouver des solutions à ce problème pour à la fois le bien-être du travailleur mais aussi pour un travail plus efficace et de meilleure qualité.

Un arrêté royal spécifique aux lieux de travail sera bientôt disponible et précisera notamment des modalités pour la température.

La norme ISO 7730 « Ambiances thermiques modérées - Détermination des indices PMV et PPD et spécifications des conditions de confort thermique » est la référence conseillée pour prendre en charge les problèmes d'inconfort thermique (voir Fiche 20).

Section I : Champ d'application et définitions

Section II : Analyse des risques et mesures de prévention

L'employeur réalise une analyse des risques des ambiances thermiques d'origine technologique ou climatique présentes sur le lieu de travail en tenant compte des facteurs suivants :

- 1° la température de l'air, exprimée en degrés Celsius ;
- 2° l'humidité relative de l'air, exprimée en pourcentage ;
- 3° la vitesse de l'air, exprimée en mètre par seconde ;
- 4° le rayonnement thermique dû au soleil ou aux conditions technologiques ;
- 5° la charge physique de travail évaluée par l'énergie à développer par seconde, nécessaire pour accomplir un travail, et calculée en watts. Pour un travail en continu de 8 heures, la charge physique peut être qualifiée de très légère (moins de 117 watts), légère (117 à 234 watts), moyenne (235 à 360 watts), lourde (361 à 468 watts) et très lourde (plus de 468 watts) ;
- 6° les méthodes de travail et les équipements de travail utilisées ;
- 7° les caractéristiques des vêtements de travail et des équipements de protection individuelle ;
- 8° la combinaison de l'ensemble de ces facteurs.

L'analyse des risques tient compte de l'évolution de ces facteurs au cours de la durée du travail, des circonstances de travail variant fréquemment et des variations saisonnières.

Dans le cadre de l'analyse des risques, l'employeur évalue les ambiances thermiques et, si nécessaire, les mesure.

Sur base de l'analyse des risques, l'employeur détermine les mesures de prévention adéquates.



Section III : Valeurs d'action d'exposition

1. Pour l'exposition au froid

Les valeurs d'action d'exposition sont fixées en fonction de la charge physique de travail. La température de l'air ne peut pas être inférieure à :

- 18° C pour un travail très léger
- 16° C pour un travail léger
- 14° C pour un travail moyen
- 12° C pour un travail lourd
- 10° C pour un travail très lourd

2. Pour l'exposition à la chaleur

Les valeurs d'action d'exposition sont fixées à partir de l'indice WBGT en fonction de la charge physique de travail :

- 29 pour un travail léger ou très léger
- 26 pour un travail moyen
- 22 pour un travail lourd
- 18 pour un travail très lourd

La fiche 21 explique l'indice de contrainte thermique WBGT et la manière soit de le calculer à partir des paramètres climatiques soit de directement le mesurer

Section IV : Programme de mesures techniques et organisationnelles

Lorsque les températures régnautes peuvent transgresser, pour des raisons technologiques ou climatiques, les valeurs d'action, l'employeur procède préalablement, sur base de l'analyse des risques, à l'établissement d'un programme de mesures techniques et organisationnelles afin de prévenir ou de limiter au minimum l'exposition, selon le cas, au froid ou à la chaleur et les risques qui en découlent.

Ce programme porte notamment sur

- Les actions sur les paramètres climatiques
- La diminution de la charge de travail physique
- Les méthodes de travail alternatives
- La limitation de la durée et de l'intensité de l'exposition
- L'adaptation des horaires
- Les vêtements à fournir
- Les boissons à mettre à disposition sans frais pour les travailleurs

L'alternance des périodes de présence au poste de travail et des temps de repos est déterminée dans l'ordre suivant :

- 1° l'employeur qui applique la norme NBN EN ISO 7243, la norme NBN EN ISO 7933 ou la norme NBN EN ISO 9886 est présumé d'avoir pris des mesures appropriées relatives à l'alternance des périodes de présence au poste de travail et des temps de repos ;
- 2° si l'employeur ne désire pas appliquer les normes visées au 1°, l'alternance des périodes de présence au poste de travail et des temps de repos est fixée après avis du conseiller en prévention-médecin du travail et après l'accord préalable des représentants des travailleurs dans le comité, ou à défaut, de la délégation syndicale ;
- 3° si l'employeur ne désire pas appliquer les normes visées au 1° et si l'alternance des périodes de présence au poste de travail et des temps de repos ne peut pas être fixée en application du 2°, cette alternance est fixée conformément aux dispositions d'une convention collective de travail conclue dans la commission paritaire dont relève l'employeur et rendue obligatoire par arrêté royal, pour autant que ces dispositions garantissent une protection comparable à celle déterminée à l'annexe 1er ;
- 4° si l'employeur ne désire pas appliquer les normes visées au 1° et si l'alternance des périodes de présence au poste de travail et des temps de repos ne peut pas être fixée en application du 2° ou 3°, l'employeur applique les dispositions reprises à l'annexe 1er. Alternance travail – repos

Section V : Mesures en cas de froid excessif

Sous-section I : Froid excessif d'origine technologique

Lorsque les températures régnautes pour des raisons technologiques dans des locaux réfrigérés sont inférieures aux températures minimales, l'employeur prend les mesures suivantes :

- 1° les travailleurs sont pourvus de vêtements de travail et d'équipements de protection individuelle adéquats ;
- 2° la vitesse de l'air dans ces locaux en présence des travailleurs est réduite à un niveau minimal, compatible avec le fonctionnement des installations ;

3° des moyens techniques sont prévus pour assécher les vêtements de protection après usage;

4° des boissons chaudes sont mises à disposition des travailleurs, sans que cela entraîne des frais pour les travailleurs.

En outre, chaque fois que le conseiller en prévention-médecin du travail l'estime nécessaire pour la santé des travailleurs, l'employeur prévoit un temps de repos dans un local de repos.

Sous-section 2 : *Froid excessif d'origine climatique*

Durant la période comprise entre le 1er novembre et le 31 mars de l'année suivante, les locaux de travail ouverts ainsi que les lieux de travail en plein air sont pourvus de dispositifs de chauffage en nombre suffisant.

Lorsque les conditions climatiques l'exigent et en tout cas lorsque la température extérieure est inférieure à 5 °C, ces dispositifs de chauffage doivent être mis en marche.

Sous réserve de l'accord préalable des représentants des travailleurs au Comité ou, à défaut, de la délégation syndicale, ces appareils de chauffage peuvent être installés dans des locaux, dans des constructions provisoires ou à d'autres endroits, afin d'offrir la possibilité aux travailleurs de se réchauffer périodiquement.

Par température extérieure inférieure à 5 °C, il est interdit aux exploitants de magasins de détail d'occuper des travailleurs aux comptoirs d'exposition ou de vente placés à l'extérieur et aux abords immédiats du magasin.

Par température extérieure inférieure à 10°C, les travailleurs occupés aux dits comptoirs doivent disposer d'un dispositif de chauffage suffisamment puissant, à moins que des mesures ne soient prises afin que ces travailleurs puissent se réchauffer régulièrement et aussi souvent que nécessaire.

En outre, ces travailleurs disposent d'un plancher permettant d'éviter le contact direct avec le sol et ils sont protégés autant que possible contre les intempéries.

Ces travailleurs ne peuvent effectuer ce travail avant 8 heures ou après 19 heures, ni pendant plus de 2 heures sans interruption d'au moins une heure, ni pendant plus de 4 heures par jour.

Section VI : Mesures en cas de chaleur excessive

Sous-section 1 : *Chaleur excessive d'origine technologique*

Lorsque, dans les locaux de travail fermés, la chaleur excessive d'origine technologique due à la convection est établie et que les valeurs d'action sont transgressées au niveau du poste de travail comportant la charge la plus lourde, l'employeur installe des dispositifs de ventilation artificielle ou un système d'aspiration conformément aux dispositions concernant l'aération des lieux de travail.

Lorsque la chaleur excessive d'origine technologique est causée par des rayonnements et que les valeurs d'action sont transgressées, des écrans de protection ou des vêtements de protection réfléchissants ou des vêtements de protection avec un système de refroidissement incorporé sont utilisés.

Si les mesures prescrites ne peuvent pas être prises ou s'avèrent inefficaces, la durée de l'exposition à la chaleur est réduite.

Cette réduction est opérée en alternant des périodes de présence au poste de travail concerné avec des temps de repos sur place ou dans des locaux de repos, qui répondent aux prescriptions relatives aux salles de récupération.

L'alternance des temps de présence au poste de travail et des temps de repos est déterminé conformément aux dispositions de l'article 6, §1er, alinéa 3.

En outre, l'employeur veille à la distribution, sans frais pour les travailleurs, de boissons rafraîchissantes, conformément à l'avis du conseiller en prévention-médecin du travail, afin de compenser la déshydratation résultant des conditions de travail.

Sous-section 2: *Chaleur excessive d'origine climatologique*

Lorsque les valeurs d'action sont transgressées, l'employeur prend les mesures suivantes :

1° si le dépassement continue, l'employeur installe dans un délai de 48 heures prenant cours au moment de la constatation du dépassement, dans les locaux de travail des dispositifs de ventilation artificielle conformément aux dispositions concernant l'aération des lieux de travail ;

- 2° si le dépassement continue après que le délai mentionné au point 1° est dépassé, l'employeur établit un régime de présence limitée au poste de travail et de temps de repos comme prévu à l'article 12, alinéas 2 et 3 ;
- 3° l'employeur veille à la distribution, sans frais pour les travailleurs, de boissons rafraîchissantes, conformément à l'avis du conseiller en prévention-médecin du travail, afin de compenser la déshydratation résultant des conditions de travail.

Lorsque le dépassement des valeurs d'action trouve son origine aussi bien dans des facteurs technologiques que dans des facteurs climatologiques l'employeur applique les dispositions des articles 10 à 12.

Les travailleurs sont protégés contre les rayonnements solaires par toute installation qui s'y prête ou en adaptant l'organisation du travail.

Les travailleurs exposés à un rayonnement solaire direct disposent d'équipements de protection collectifs ou individuels.

Sous-section 3 : Exposition de courte durée à une chaleur excessive grave lors d'interventions.

Lors d'une exposition de courte durée à une chaleur excessive grave lors d'interventions, la durée maximale d'exposition et l'organisation du travail sont déterminées au préalable par le conseiller en prévention médecin du travail.

Celui-ci peut décider d'organiser pendant l'exposition une surveillance des paramètres physiologiques du travailleur concerné, afin d'éviter un dépassement des limites physiologiques.

Section VII : Surveillance de la santé

Les travailleurs sont soumis à une surveillance de la santé appropriée lorsque, du fait de leur travail quotidien normal, ils sont exposés régulièrement pour des raisons technologiques:

- 1° au froid, lorsque la température est inférieure à 8 °C ;
- 2° à la chaleur, lorsque les valeurs d'action ont été transgressées.

Cette surveillance de la santé est effectuée avant que le travailleur ne soit mis au travail et est répétée annuellement.

Les travailleurs sont soumis à une surveillance de la santé appropriée, quand ils sont occupés habituellement à l'extérieur.

Section VIII : Travailleurs appartenant à des groupes à risques particulièrement sensibles

Section IX : Information et formation des travailleurs

Les travailleurs qui sont exposés au froid ou à la chaleur excessifs reçoivent des informations et une formation en rapport avec ces risques, concernant notamment :

- 1° les résultats de l'analyse des risques, des évaluations et des mesurages de l'exposition en application de la section II et les lésions que pourraient entraîner cette exposition ;
- 2° les valeurs d'action visées à la section III ;
- 3° les mesures prises en application du présent arrêté en vue de prévenir ou de limiter au minimum les risques résultant d'une exposition au froid ou à la chaleur ;
- 4° l'importance et la façon de dépister et de signaler des symptômes physiques à attribuer au froid excessif ou à la chaleur excessive ;
- 5° l'importance de l'influence des caractéristiques individuelles sur la contrainte thermique ;
- 6° les comportements et pratiques professionnelles sûres, afin de limiter au minimum l'exposition ;
- 7° les conditions dans lesquelles les travailleurs ont droit à une surveillance de la santé en application de l'arrêté royal du 28 mai 2003 relatif à la surveillance de la santé des travailleurs.

Section IX : Dispositions abrogatoires et finales

FICHE 15

BOISSONS

- **Evitez la déshydratation:**
 - une déshydratation atteignant 3% de la masse corporelle entraîne déjà une augmentation de la fréquence cardiaque et une diminution de la sensibilité du système sudoral.
 - des limites assurant la protection de 50% et 95% de la population active sont dès lors proposées. Les pertes hydriques ne peuvent dépasser
 - * 7,5% de la masse corporelle pour un sujet moyen
 - * 5% de la masse corporelle pour 95% de la population active
- **Proposez des boissons**
 - **contrainte par le froid**
 - * boissons chaudes
 - **contrainte par le chaud**
 - * eau ou boissons non gazeuses et non sucrées à 10 -15°C
- **évités dans les deux cas:**
 - * les boissons gazeuses: sinon troubles gastriques
 - * les boissons sucrées: sinon gain de poids à la longue
 - * le café ou le thé trop forts qui entraînent de la nervosité
 - * les boissons alcoolisées
 - * l'eau trop froide qui donne des troubles gastriques et ne remplace que très lentement la sueur
 - * de grandes quantités en une fois, ce qui entraîne des lourdeurs d'estomac
 - * l'eau salée ou des tablettes de sel: la perte en sel est acceptable, sauf dans des expositions extrêmes répétées, et il n'y a pas lieu de donner un apport de sel.
- Installez des **fontaines d'eau refroidie** à 10 -15°C près des postes de travail.



Vandeputte Safety

FICHE 16

ORGANISATION DU TRAVAIL

1. Amélioration de la tolérance physiologique

• **Acclimatement à la chaleur:**

- l'acclimatement à la chaleur consiste en une amélioration des capacités de sudation et de résistance suite à une exposition répétée d'environ 10 jours consécutifs pendant 2 à 4 heures
- il est spécifique aux conditions rencontrées (humide sans rayonnement ou sec avec rayonnement)
- il disparaît après 15 jours sans exposition aux conditions de travail.

• **Acclimatement au froid:**

- l'acclimatement au froid consiste en une amélioration des capacités de vasoconstriction cutanée périphérique (les mains restent plus chaudes) et en un abaissement de la température centrale à laquelle apparaissent les frissons. Il s'agit donc d'une adaptation cardiovasculaire et cutanée.

2. Programmation des opérations

- Planification des opérations à l'extérieur durant la saison chaude
- Planification des opérations chaudes durant la saison fraîche ou froide
- Programmation des travaux lourds et chauds aux moments de la journée les plus frais
- Réajustement des horaires de travail durant la période chaude.



3. Optimisation du cycle de travail-repos

- Pendant le travail en ambiance très froide (entrepôts frigorifiques), des périodes de repos de 15 à 30 min doivent être programmées en milieu chaud avec boissons chaudes, à intervalles réguliers (30 à 45 min)
- Des périodes de repos courtes (10 min) doivent être réparties régulièrement au cours du travail à la chaleur. Cette répartition doit être programmée sur base de l'évolution de la sudation et de la température centrale
- Les salariés doivent être formés à reconnaître les signes de malaises (fréquence cardiaque trop élevée, vertiges, crampes, sudation anormale...) et il doit leur être permis d'arrêter le travail dès l'apparition de ces malaises
- Il est essentiel de bannir tout facteur – notamment financier (primes) – susceptible d'aggraver la prise de risque.



FICHE 17

SURVEILLANCE DE LA SANTÉ

Les dispositions légales reprises ci-dessous sont antérieures aux dispositions de l'arrêté royal du 28 mai 2003 (MB du 16 juin 2003) relatif à la surveillance de la santé des travailleurs.

- cet AR utilise la terminologie reprise dans les directives européennes et s'écarte donc de la terminologie qui était utilisée par le passé en Belgique

Ancienne terminologie	Nouvelle terminologie
surveillance médicale	surveillance de santé
surveillance médicale périodique	évaluation de santé périodique
examen médical	évaluation de santé
examen médical préalable	évaluation de santé préalable
examen médical périodique	évaluation de santé périodique
examen médical de reprise du travail	examen de reprise du travail
dossier médical	dossier de santé
fiche d'examen médical	formulaire d'évaluation de santé
examen d'embauche	évaluation de santé préalable

1. Sélection des salariés

- Un écartement définitif doit être décidé pour les salariés souffrant de:
 - déficience congénitale du système sudoral
 - diabète mal équilibré ou avancé
 - troubles cardiaques graves.
- L'écartement est plus conditionnel dans le cas de pathologies telles que:
 - des antécédents cardiovasculaires
 - de l'hypertension
 - des affections respiratoires
 - du diabète
 - l'alcoolisme
 - des maladies de la peau
 - certains traitements médicamenteux spécifiques
 - une condition physique insuffisante
 - des antécédents lors du travail à la chaleur.
- C'est au médecin du travail à se prononcer dans chaque cas en fonction des particularités de la personne et du travail à réaliser.



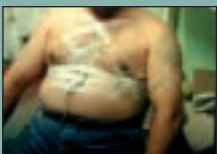
2. Formation des salariés et de la maîtrise

- Une formation et des informations, adaptées au cas rencontré, doivent être fournies à intervalles réguliers. Elles concernent:
 - la nature et la sévérité de la contrainte à laquelle les salariés sont exposés
 - la nature des signes avant-coureurs d'intolérance à la chaleur
 - le processus d'acclimatation

- les circonstances qui doivent inciter à réduire le temps d'exposition:
 - * les premiers jours suivant un retour de congé, ou la reprise du travail après maladie
 - * la sensation d'être fiévreux ou de commencer une grippe
 - * l'utilisation de substances servant à traiter des affections des voies respiratoires supérieures
 - * l'absorption aiguë d'alcool la veille ou dans les heures précédentes
 - * une sensation de grande fatigue
- l'intérêt de pratiquer de fréquentes et courtes périodes de repos lors d'une exposition prolongée à la chaleur
- les risques du travail isolé dans les zones très chaudes.

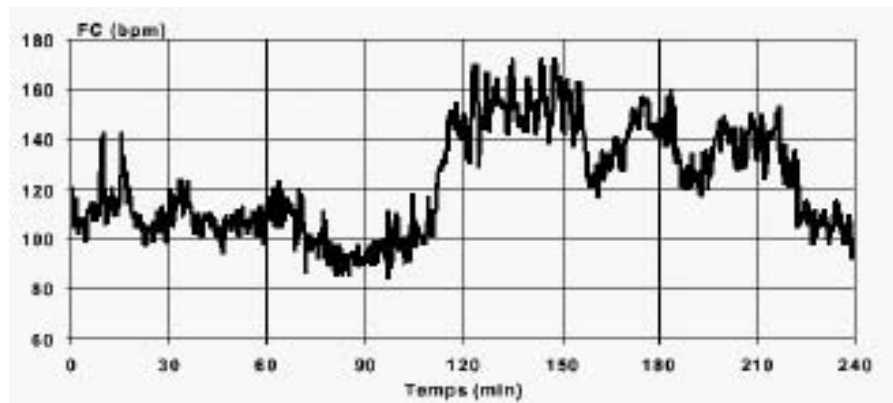
3. Surveillance périodique

- La surveillance médicale périodique consiste essentiellement à faire le bilan de l'évolution de la santé du salarié, de ses maladies chroniques, de l'intégrité de son système cardiovasculaire et de thermorégulation... par une anamnèse détaillée.



4. Monitoring lors d'une exposition

- **Une surveillance sur le lieu de travail** est requise dans les cas suivants:
 - une exposition exceptionnelle susceptible d'être sévère, lors d'un travail d'entretien particulier par exemple
 - une exposition récurrente pour laquelle la durée maximale de travail prédite est inférieure à 30 minutes, car dans ce cas, les différences interindividuelles jouent un rôle considérable
 - l'exposition de salariés particuliers, tels que des personnes souffrant d'un certain handicap, des personnes plus jeunes ou plus âgées...
- **Monitoring de la fréquence cardiaque:**
 - le monitoring doit de préférence être mené en continu, au moyen des systèmes d'enregistrement portables apparus dès 1990 dans les domaines sportif et des loisirs. A défaut, l'enregistrement discontinu doit consister à relever la FC toutes les 15 secondes.



- le monitoring doit couvrir
 - * une période de 10 à 15 minutes avant le travail de façon à établir la ligne de base
 - * la durée réelle de travail
 - * une période la plus longue possible après le travail, au cours de laquelle le salarié récupère.
- critères limites:
 - * la valeur maximale admissible de façon épisodique sur le lieu de travail est la FC maximale de la personne, réduite de 20 battements par minutes, soit:
200 - âge du sujet
 - * la valeur moyenne pendant le travail doit être d'autant plus faible que la durée de travail est longue, comme le montre le tableau suivant:

Durée (min)	5	10	20	40	80
FC	190-Age	190-Age	180-Age	170-Age	160-Age

- * la valeur moyenne à la 3ème, 4ème et 5ème minute de récupération, lorsque le salarié est resté assis au repos, doit être inférieure à 110 bpm, ou mieux, inférieure à la fréquence cardiaque de repos + 30 bpm.

• Monitoring de la température centrale:

- la température centrale peut être monitorée:
 - * en continu par la température rectale dans les mêmes circonstances que la fréquence cardiaque
 - * ou en discontinu par la température sous la langue avant, pendant et après (récupération) le travail:
 - si le milieu où se fait le mesurage est à une température ambiante supérieure à 18°C. Cette technique n'est donc pas utilisable dans des conditions froides
 - après 5 minutes avec la bouche fermée, de manière à uniformiser la température sous la langue
 - 15 minutes au moins après la prise de boissons
- critères limites:
 - * les valeurs maximales en ambiances chaudes sont:
 - pour la température rectale: 38°C
 - pour la température orale: 38,5°C. On peut tolérer une température buccale plus élevée parce qu'elle traduit mieux la température du sang et donc des centres de thermorégulation.
 - * la valeur minimale en ambiance froide est de 36°C pour la température rectale.

• Monitoring de perte de poids:

- le monitoring de la perte hydrique doit être réalisé au moyen d'une balance capable de mesurer 120 kg avec une précision de ± 50 g
- le mesurage doit être réalisé en début et en fin de journée, le salarié étant rigoureusement vêtu de la même manière à chaque fois et de préférence déshabillé
- il est indispensable de peser exactement ce que le salarié boit et mange, ainsi que ce qu'il rejette durant cette période (WC chimique portable)
- critères limites:
 - * la perte hydrique ne devrait pas dépasser 5% du poids corporel, de sorte que la perte de poids réelle, compte tenu de ce que boivent en général 95% des salariés dans ces conditions, ne dépasse pas 3% du poids corporel.



FICHE 18

RECOMMANDATIONS POUR LES MESURAGES



1. Mesurage de la température de l'air : t_a (°C)

• Mesurages qualitatifs à long terme:

- un thermohygrographe ou datalogger, placé au poste de travail pendant 1 à 2 semaines, permet d'étudier les variations de la température au cours du temps et de déterminer une période représentative pendant laquelle des mesurages quantitatifs corrects peuvent être réalisés.

• Mesurages quantitatifs:

- des mesurages ponctuels peuvent être réalisés durant cette période représentative, au moyen d'un thermomètre à mercure, d'un appareil électronique ou d'un psychromètre étalonnés
- l'appareil de mesure est placé au poste de travail à 1,5 m de hauteur en écartant les salariés et en abritant le capteur contre le rayonnement (soleil, four...) par un écran, la main ou une feuille de papier
- la durée de stabilisation de l'appareil dépend de celui-ci:
 - * 3 à 5 min pour un psychromètre
 - * 8 à 10 min pour un thermomètre à mercure
 - * de quelques secondes à 10 min pour un appareil électronique
- la précision souhaitée est de 0,2°C entre 10 et 30°C, et de 0,5°C en dehors.

2. Mesurage de l'humidité de l'air

• Mesurages qualitatifs à long terme:

- le thermohygrographe ou *datalogger* placé au poste de travail pendant 1 à 2 semaines permet tout autant d'étudier les variations de l'humidité relative au cours du temps et de déterminer une période représentative pendant laquelle des mesurages quantitatifs corrects peuvent être réalisés.

• Mesurages quantitatifs:

- des mesurages ponctuels peuvent être réalisés durant cette période représentative, au moyen de:
 - * un hygromètre mesurant l'humidité relative HR %
 - l'appareil est placé au poste de travail à 1,5 m de hauteur en écartant les salariés et en abritant le capteur contre le rayonnement (soleil, four...), par un écran, la main ou une feuille de papier
 - la durée de stabilisation de l'appareil dépend du temps de réponse de l'appareil.
 - la précision souhaitée est de 5%
 - * un psychromètre mesurant la température humide t_h (°C) avec
 - t_h la température humide peut être convertie en humidité relative (en tenant compte de la température de l'air) au moyen du programme informatique disponible sur INTERNET ou au moyen du diagramme psychrométrique présenté à la *fiche 10*.

Ce programme informatique est disponible à l'adresse INTERNET:

<http://www.deparisnet.be/chaleur/Chaleur.htm#programmes>

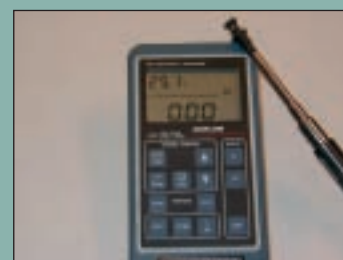
3. Mesurage du rayonnement thermique

- L'appareil le plus courant est le thermomètre à globe noir qui mesure la **température du globe noir** (t_g °C). Le globe doit avoir un diamètre de 15 cm et être peint en couleur noire mate. Si le diamètre est différent de 15 cm, une correction doit être apportée (en fonction de la température de l'air et de la vitesse). Elle peut être calculée par le programme disponible à l'adresse INTERNET:
<http://www.deparisnet.be/chaleur/Chaleur.htm#programmes>
- l'appareil est placé au poste de travail à 1,5 m de hauteur, toujours en tenant les salariés écartés
- la durée de stabilisation de l'appareil varie de 15 à 30 minutes selon le rayonnement à mesurer et l'appareil lui-même. Le rayonnement doit être constant durant cet intervalle de temps. S'il varie, le mesurage n'a aucun sens et des appareils plus spécialisés doivent être utilisés.
- **Températures planes de rayonnement:**
 - le mesurage des températures planes de rayonnement requièrent des appareils et des techniques coûteux et sophistiqués qui ne peuvent être mis en oeuvre qu'au niveau 4, **Expertise**. Il n'en sera pas question ici.
- **Température moyenne de rayonnement (t_r °C):**
 - cette température est celle de la sphère de grand diamètre, noire, mate, centrée sur le sujet, et qui échangerait avec lui la même quantité de chaleur par rayonnement que l'environnement de travail. Cette température peut être estimée à partir des paramètres t_g , t_a et v_a .



4. Mesurage de la vitesse de l'air : v_a (m/s)

- La gamme utile de vitesses d'air s'étend de 0 à 2 m/s, voire 5 m/s
- Les anémomètres à ailettes ne permettent guère de mesurer les vitesses inférieures à 0,5 m/s et ne peuvent dès lors être utilisés
- L'anémomètre à fil chaud peut être utilisé selon la procédure suivante:
 - placez l'appareil dans l'ambiance pendant 10 minutes pour le mettre en température
 - placez la sonde au poste de travail à différents endroits successivement, en l'orientant dans le sens du courant d'air (rechercher cette direction en faisant pivoter la sonde et en recherchant la vitesse la plus élevée)
 - lisez les vitesses minimales et maximales les plus fréquentes pendant 5 secondes et faites-en la moyenne arithmétique (attention l'échelle de lecture n'est pas linéaire en général)
 - pour les conditions de confort en particulier, répétez le mesurage au niveau du tronc, de la tête et des jambes.



5. Mesurage de la température humide naturelle : t_{hn} (°C)

Cette température intervient dans le calcul de l'indice WBGT (voir la *fiche 21*).

- Il n'est pas recommandé de mesurer directement t_{hn} du fait qu'il s'agit:
 - d'un mesurage global non défini physiquement
 - au moyen d'un appareil peu standardisé
 - qui camoufle les données primaires climatiques
- Il est recommandé de mesurer séparément la température et l'humidité de l'air, la température du globe noir et la vitesse de l'air et ensuite d'estimer t_{hn} et l'indice WBGT au moyen du programme informatique disponible à l'adresse INTERNET:

<http://www.deparisnet.be/chaleur/Chaleur.htm#programmes>

FICHE 19

ORDRES DE GRANDEUR DE RAYONNEMENT

1. Rayonnement solaire

- Les différences ($t_g - t_a$) dépendent de la température, de la vitesse de l'air, du temps et de la position du soleil. Les valeurs suivantes ne sont donc données qu'à titre indicatif:
 - rayonnement solaire direct à l'extérieur: $t_g - t_a = 15$ à 25°C
 - à l'intérieur d'un bureau:



Fenêtres	Rayonnement solaire	Stores	Distance de la fenêtre	$t_g - t_a$ °C
-	Nul	-	-	0
Fermées	Indirect (ombre)	Oui	2 m	1
Fermées	Direct (soleil)	Oui	1 m	3
Ouvertes ou fermées	Indirect (ombre)	Non	2 m	2
Fermées	Direct (soleil)	Non	1 m	14
Ouvertes	Direct (soleil)	Non	1 m	20

2. Rayonnement de machines

- Les différences ($t_g - t_a$) dépendent de la situation de travail et ne sont données qu'à titre indicatif.



	Condition	$t_g - t_a$ °C
R négligeable	Pas de source de chaleur liée à la fabrication	5
R faible	Équipement (ensembles, machines...) Avec production de chaleur dans la zone de travail	5 à 20
R moyen	Près des surfaces chaudes telles que foyers de chauffe ou fours de trempe dans l'industrie du verre	10 à 15
R élevé	Près (2 à 5 m) des surfaces très chaudes (température 200 à 500°C)	15 à 18
R très élevé	Très proche (< 2 m) de surfaces très chaudes, telles que tôles d'acier, coulées de fonte...	18 à 20

• Evaluation basée sur la sensation thermique

- en fonction de la durée pendant laquelle le rayonnement thermique peut-être toléré par la main sans sensation de brûlure.

Durée (secondes)	t_g (°C)
240	55
50	70
20	90

FICHE 20

INDICES DE CONFORT THERMIQUE

Les indices **PMV** et **PPD** sont décrits par la norme **ISO 7730** «Ambiances thermiques modérées - Détermination des indices PMV et PPD et spécifications des conditions de confort thermique».

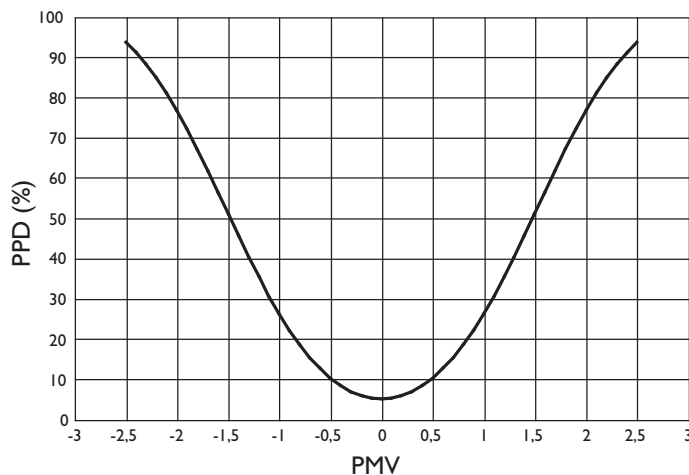
• L'indice **PMV (Predicted Mean Vote)** prédit la valeur moyenne des votes d'un grand groupe de personnes sur l'échelle de sensation thermique à 7 points suivante:

- * +3 très chaud
- * +2 chaud
- * +1 légèrement chaud
- * 0 ni chaud, ni froid
- * -1 légèrement froid
- * -2 froid
- * -3 très froid

Il est basé sur l'équation du bilan thermique et est déterminé en fonction du métabolisme, de l'isolement vestimentaire et des quatre paramètres climatiques (t_a , t_g , t_r , v_a).

• L'indice **PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied)** prédit quantitativement le pourcentage de personnes insatisfaites, car trouvant l'ambiance thermique trop chaude ou trop froide et qui voteraient -3, -2, +2, +3.

• La figure ci-dessous donne la correspondance entre les indices PMV et PPD



On remarque que:

- dans la situation optimale (PMV = 0, ni chaud ni froid), le taux d'insatisfaction est de 5% parmi des personnes connaissant les mêmes conditions thermiques, métaboliques et de vêtements
- le taux d'insatisfaction augmente de la même manière si le PMV s'écarte de 0 vers le froid et vers le chaud.



Valeurs optimales:

- Pour obtenir une situation de confort thermique, il est recommandé que:
 - le PPD soit inférieur à 10%
 - * ce qui correspond à un PMV compris entre -0,5 et +0,5
- En plus, il est recommandé que:
 - la vitesse de l'air reste en dessous de 0,5 m/s
 - l'humidité relative soit comprise entre 30 et 70%
 - * pour éviter des problèmes biologiques (champignons, moisissures...), il est souvent recommandé de ne pas dépasser 50%
 - la différence de température entre 1,1 m et 0,1 m du sol soit inférieure à 3°C
 - la température de surface du sol soit comprise entre 19 et 26°C.
- ∑ Le programme disponible à l'adresse INTERNET

<http://www.deparisnet.be/chaleur/Chaleur.htm#programmes>, permet de calculer ces indices.

Exemple: travail de secrétariat (170 W) en été:

- $t_a = 30^\circ\text{C}$, $t_g = t_a$ (pas de rayonnement), $v_a = 0,2$ m/s, HR = 50%
- Tenue vestimentaire: chemise courte sans cravate: 0,6 clo
- PMV = 1,8 (chaud) PPD = 66%

La situation sera jugée très inconfortable.

Pour que le confort soit assuré (PPD = 10%), il faudrait ramener la température de l'air à 24°C environ (ou réduire la charge physique de travail et/ou l'habillement).

FICHE 21

INDICE WBGT

L'indice **WBGT** est décrit par la **norme ISO 7243** «Ambiances chaudes - Détermination de l'indice de contrainte thermique WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)».

- Il est proposé comme une **première approche** des conditions de travail à la chaleur. En cas de dépassement des valeurs de référence, une analyse plus détaillée doit être menée sur base de l'indice *Predicted Heat Strain* (fiche 22).
- Il est **applicable** pour l'évaluation de l'effet moyen de la chaleur sur l'homme durant une période représentative de son activité
 - mais non pour l'évaluation de la contrainte thermique durant de très courtes périodes,
 - ni pour l'évaluation de la contrainte thermique dans des conditions proches de la zone de confort.
- L'indice WBGT est défini comme suit:

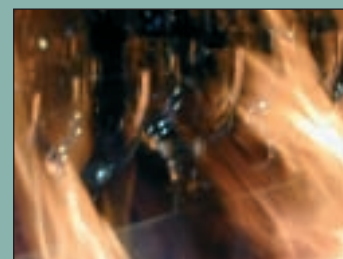
$$\text{WBGT} = 0,7 t_{\text{hn}} + 0,3 t_{\text{g}} \quad (\text{sans rayonnement solaire})$$

$$= 0,7 t_{\text{hn}} + 0,2 t_{\text{g}} + 0,1 t_{\text{a}} \quad (\text{en cas de rayonnement solaire})$$
 où :
 - t_{hn} est la température humide naturelle
 - t_{g} est la température du globe noir (15 cm de diamètre)
 - t_{a} est la température de l'air.
- L'indice WBGT **NE doit PAS être confondu** avec une température. Le tableau suivant donne quelques ordres de grandeur dans des situations de bureau et industrielles et illustre les différences.

Situation	t_{a} (°C)	t_{g} (°C)	HR (%)	V_{a} (m/s)	WBGT
Bureau en hiver	22	22	40	0,15	16,8
Bureau en été	30	30	30	0,15	22,2
Atelier fermé	35	35	30	0,15	26,3
Atelier ensoleillé	35	51	36	0,10	35,0

- Il est conseillé de **NE PAS mesurer directement** la température humide naturelle (voir *fiche 18*), mais de mesurer séparément t_{a} , HR ou t_{h} , t_{g} et v_{a} .
- La **réglementation** stipule des valeurs maximales de WBGT en fonction de la charge physique de travail (voir *fiche 14*).
- L'indice WBGT peut être calculé au moyen du **programme** informatique disponible à l'adresse INTERNET:

<http://www.deparisnet.be/chaleur/Chaleur.htm#programmes>



FICHE 22

INDICE PREDICTED HEAT STRAIN (PHS)



L'**indice PHS** est décrit par la **norme ISO 7933** "Ambiances thermiques chaudes - Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondée sur le calcul du Predicted Heat Strain", qui est un modèle mathématique du comportement physiologique à la chaleur d'un homme moyen.

- Cette méthode permet une **approche plus précise** que la méthode basée sur l'indice WBGT.
- A partir des 6 facteurs d'entrée (t_a , HR, t_{g} , v_a , M, I_{cl}), il prédit l'évolution au cours du temps
 - de la sudation
 - de la température centrale du corps.
- Les valeurs prédites à un moment donné, tiennent compte
 - non seulement des conditions climatiques et de travail existant à cet instant
 - mais de toute l'histoire antérieure d'exposition de la personne.
- Le programme informatique permet de déterminer la durée maximale de travail admissible (**DLE** = durée limite d'exposition) pour que soit:
 - 95% des sujets ne courent aucun risque de déshydratation importante (fiche 15)
 - le sujet moyen standard n'atteigne pas une valeur de température centrale de 38°C.
- Ce programme est disponible sur le site INTERNET:

<http://www.deparisnet.be/chaleur/Chaleur.htm#programmes>

FICHE 23

OPTIMALISATION DES PÉRIODES DE REPOS

Les facteurs suivants correspondent à une période de travail de 120 minutes suivie d'une période de repos de 30 minutes:

	Travail	Repos
Durée de travail	120 min	30 min
t_a	35°C	28°C
t_g	38°C	28°C
HR	50%	50%
v_a	0,3 m/s	0,15 m/s
M	300 W	100 W
I_{cl}	0.6 clo	0,6 clo

Pour un sujet non acclimaté, la figure 1 donne l'évolution de la température rectale (t_{re}) comme estimation de la température centrale du corps. On observe que la limite de 38°C est dépassée après 112 minutes. La figure 2 illustre l'évolution de la sudation (SW_p)

Si le travail est réorganisé de manière à répartir les 30 minutes de repos sur 3 périodes de 10 minutes, chacune prise après 3 périodes de travail de 40 minutes, la figure 3 montre que la limite de 38°C n'est plus dépassée, alors que les *conditions climatiques* sont restées les mêmes. La figure 4 montre l'évolution de la sudation dans cette situation.

Figure 1 - Evolution de la température rectale:

Exemple d'une période de travail de 120 minutes suivie d'une période de repos de 30 minutes

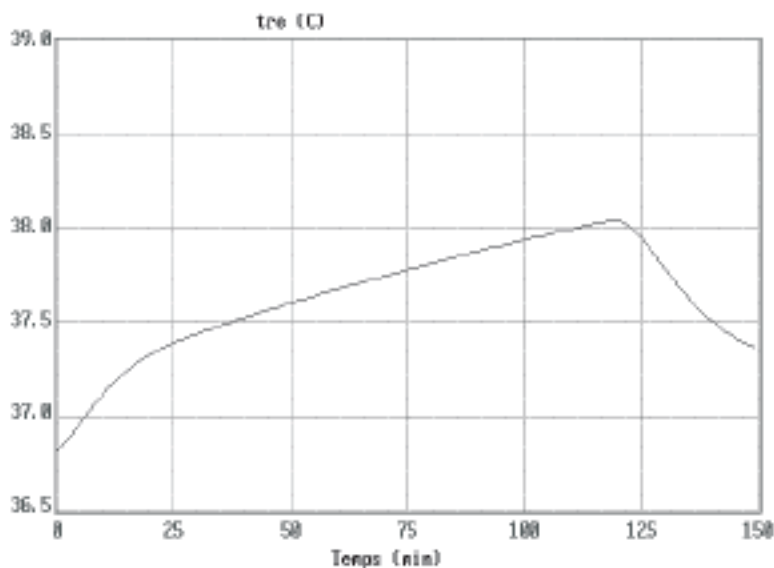


Figure 2 - Evolution de la sudation:

Exemple d'une période de travail de 120 minutes suivie d'une période de repos de 30 minutes

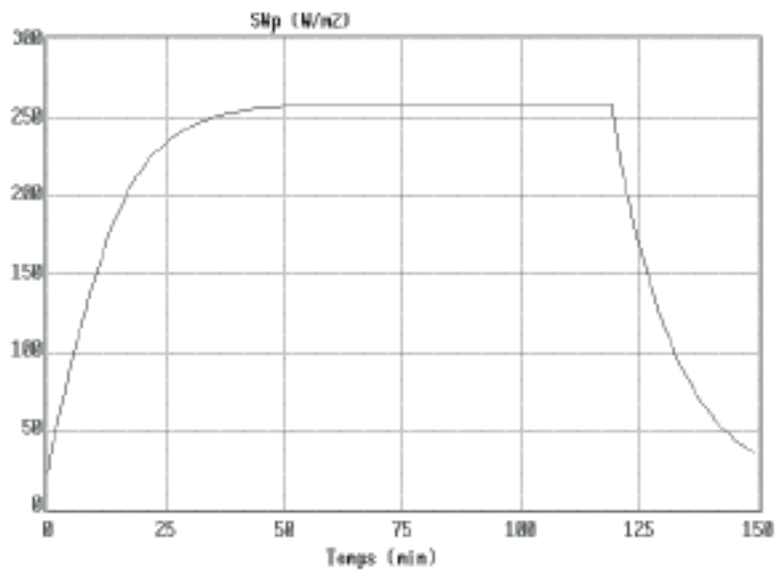


Figure 3 - Evolution de la température rectale:

Exemple de 3 périodes de travail de 40 minutes avec 3 périodes de repos de 10 minutes intercalées

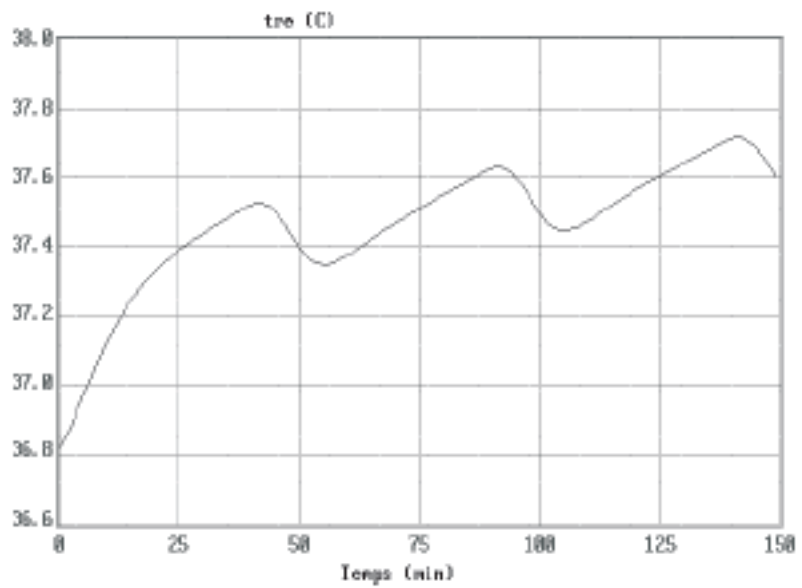
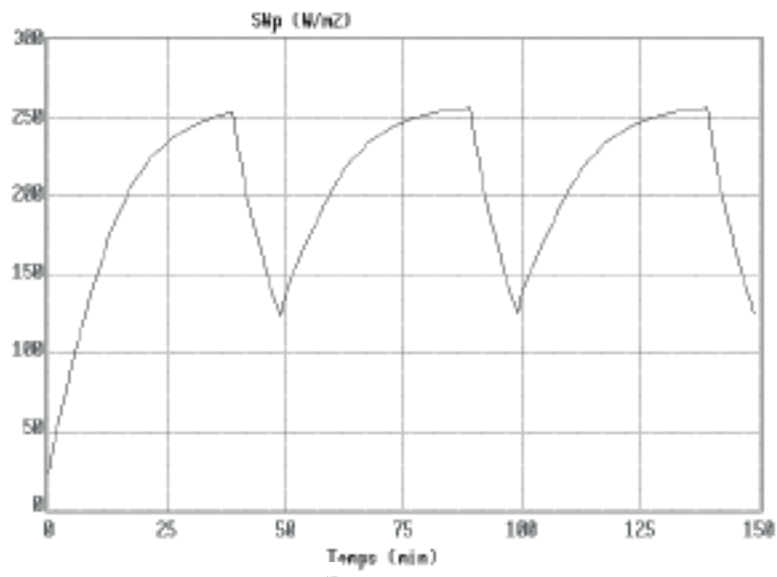


Figure 4 - Evolution de la sudation:

Exemple de 3 périodes de travail de 40 minutes avec 3 périodes de repos de 10 minutes intercalées



BIBLIOGRAPHIE

- Arrêté royal du 28 mai 2003 relatif à la surveillance de la santé des travailleurs (MB 16.06.2003)
- Faye C., Libert B. (1996) Travail à la chaleur avec port de combinaisons étanches - Expérimentation et modélisation. Mémoire commun de Licence en Ergonomie et de Licence en Médecine du Travail, Université catholique de Louvain, Bruxelles.
- Holmér I. (1994) Work in cold environments. Nordic Institute for Advanced Training in Occupational Health, Investigation report 31.
- Mairiaux Ph., Malchaire J. (1990) Le travail en ambiance chaude. Paris, Ed. Masson, pp.172.
- Malchaire J. (1988) Méthodologie générale d'interprétation des enregistrements continus de fréquence cardiaque aux postes de travail. Cah. Méd. Trav., Vol XXV, 4 : 181-186.
- Ministerul Muncii si Protectiei Sociale, Norme generale de protectie a muncii. Bucarest, Roumanie, 1996, p. 110.
- Mueller B.H., Peters H., Hettinger Th. (1990) Übersichtstabellen zur Belastungssituation am Arbeitsplatz Eisen- und Stahlindustrie. Band I. Forschungsanwendung Nr 23. Hrsg. Bundesanstalt fuer Arbeitsschutz. Bremerhaven:Wirtschaftsverlag NW.
- NBN EN ISO 7726 (2001) Ergonomie des ambiances thermiques - Appareils de mesure des grandeurs physiques (ISO 7726:1998)
- NBN EN ISO 7933 (2004) Ergonomie des ambiances thermiques - Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondées sur le calcul de l'astreinte thermique prévisible (ISO 7933:2004)
* révision à paraître: ISO / CD 7933: Ergonomics of the thermal environment: Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the Predicted Heat Strain
- NBN EN ISO 7730 (1996) Ambiances thermiques modérées - Détermination des indices PMV et PPD et spécifications des conditions de confort thermique (ISO 7730:1994)
- NBN EN 27243 (1994) Ambiances chaudes - Estimation de la contrainte thermique de l'homme au travail, basée sur l'indice WBGT (température humide et de globe noir) (ISO 7243 : 1989)
- NBN EN ISO 7726 (2001) Ergonomie des ambiances thermiques - Appareils de mesure des grandeurs physiques (ISO 7726:1998)
- NBN EN ISO 9920 (2003) Ergonomie des ambiances thermiques - Détermination de l'isolement thermique et de la résistance à l'évaporation d'une tenue vestimentaire (ISO 9920:1995)
- NBN EN ISO 8996 (2004) Ergonomie de l'environnement thermique - Détermination du métabolisme énergétique (ISO 8996:2004)
- NBN EN ISO 9886 (2004) Ergonomie - Evaluation de l'astreinte thermique par mesures physiologiques (ISO 9886:2004)
- Spitzer H., Hettinger T., Kaminsky G. (1982) Tafeln für den Energieumsatz bei Körperlicher Arbeit. 6. Auflage, Beuth Verlag GmbH, Berlin-Köln.



SOURCE DES ILLUSTRATIONS

Les illustrations ont été reproduites avec l'autorisation de:

- Vandeputte Safety (www.vandeputtessafetyproducts.com)



