

Stratégie d'évaluation du risque pour la prévention de contraintes ou d'inconfort dans des conditions de travail thermiques

Ce document dont je fus le rédacteur principal (Prof. J. Malchaire) a fait l'objet d'une norme internationale 15265. Etant donné que je suis l'auteur du concept de base (stratégie SOBANE), que je n'ai jamais été rémunéré pour ce travail et que je n'ai cédé les droits d'auteur à personne, je considère que j'ai le droit de le diffuser, quoi qu'en pense l'ISO.

Le programme PREVHEAT disponible via mon répertoire DROPBOX suit la procédure de l'Étape 1, Observation. La brochure SOBANE-CHALEUR disponible sur mon site www.deparisnet.be détaille l'application des différentes étapes.

1. Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit une stratégie permettant d'évaluer et d'interpréter le risque de contraintes physiologiques ou d'inconfort pouvant survenir lors du travail réalisé dans un environnement climatique donné.

Elle est applicable dans toute situation de travail présentant des conditions stables ou variables en matière de climat, de métabolisme énergétique ou de tenue vestimentaire.

La présente Norme internationale ne décrit pas un simple mode opératoire, mais spécifie une stratégie en trois étapes qu'il est possible de dérouler pour obtenir une connaissance de plus en plus approfondie des conditions de travail, préalable indispensable pour tirer les conclusions les plus appropriées sur le risque encouru et identifier les mesures de contrôle et de prévention les plus pertinentes.

Elle est expressément orientée vers la prévention et/ou le contrôle des problèmes relatifs au travail en ambiances chaudes ou froides.

L'évaluation du risque de troubles et/ou d'inconfort généré par la chaleur ou le froid n'est par conséquent réalisée que dans la mesure où elle est requise pour atteindre ce but.

Cependant, les utilisateurs doivent se conformer aux législations nationales qui peuvent exiger de réaliser plus systématiquement l'évaluation du risque.

Dans la mesure où la stratégie est principalement axée sur la prévention et la conception des conditions de travail, elle concerne un sujet moyen.

À la fin de chaque étape de la stratégie, des différences interindividuelles sont prises en compte par une surveillance médicale (à court terme) et un suivi (à long terme).

Cependant, les Normes internationales sur lesquelles se fonde la présente stratégie comportent déjà un certain degré de sécurité, dans la mesure où leurs limites et/ou recommandations visent à protéger la majorité des travailleurs aptes.

2. Principes généraux de la stratégie

Le principal objectif de l'évaluation des risques liés à l'environnement thermique de travail n'est pas de quantifier les risques mais plutôt de les prévenir ou de les éliminer, voire de les réduire au moins au maximum.

Le nombre de situations de travail posant des problèmes d'ordre thermique est élevé et il serait utopique et irréalisable de vouloir les analyser tous en détail.

Ce serait en outre inutile, car, dans la majorité des cas, il est possible de trouver facilement des solutions sur la base d'*observations* simples et directes.

Dans certains cas, cependant, une **analyse** plus détaillée incluant des mesurages est nécessaire, et dans d'autres cas, il peut s'avérer nécessaire de procéder à une **expertise** fondée sur des techniques d'évaluation plus sophistiquées.

Par conséquent, la stratégie est fondée sur une méthode progressive en trois étapes dont les caractéristiques sont résumées dans le Tableau 1.

La méthode a été élaborée pour déterminer l'existence éventuelle et les circonstances d'un problème, ainsi que pour recueillir les informations nécessaires à l'élimination du problème ou du moins à l'amélioration des conditions.

Tableau 1 — Comparaison des caractéristiques des trois étapes de la stratégie

Modalités	Étape 1 « <i>Observation</i> »	Étape 2 « <i>Analyse</i> »	Étape 3 « <i>Expertise</i> »
Quand ?	Lorsqu'un «problème» est détecté	Cas plus compliqués	Cas très compliqués
Comment ?	Observations qualitatives	Mesurages courants	Évaluation et mesurages spécialisés
Coût ?	Faible	Moyen	Élevé
Durée (ordre de grandeur)	2 h	1 journée	Quelques jours
Par qui ?	Travailleurs + management de la société	Dito + spécialistes	Dito + spécialistes + experts
Compétences — situation de travail: — ergonomie:	Élevée Moyenne	Moyenne Élevée	Faible Spécialisée

Étape 1 — L'**observation** doit être réalisée par des membres de la société ayant une parfaite connaissance des conditions de travail mais n'ayant pas nécessairement reçu une formation en ergonomie. Elle vise à déterminer la situation de travail dans toutes les circonstances, pendant la journée et tout au long de l'année, et non à un moment spécifique.

Étape 2 — L'**analyse** est réalisée par les mêmes personnes, avec l'assistance de spécialistes disposant d'une formation spécifique en ergonomie de l'environnement thermique. Elle porte sur la situation de travail dans des circonstances particulières (été, nuit, ...) identifiées au cours de la première étape et nécessite de réaliser des mesurages courants.

Étape 3 — L'**expertise** est réalisée par les mêmes personnes, avec l'assistance complémentaire d'experts hautement spécialisés. Elle concerne les situations de travail dans des ambiances thermiques extrêmement complexes et implique des mesurages élaborés ou très spécifiques.

3. Étape 1: «*Observation*»

3.1. Objectifs

Les objectifs de cette étape sont les suivants: ☐ recueillir des informations sur la situation en général et plus particulièrement sur les conditions de travail, les conditions climatiques et les sources de chaleur ou de froid; ☐ définir des mesures techniques simples, à mettre directement en œuvre pour prévenir/contrôler le risque; ☐ évaluer l'utilité de réaliser une «analyse» plus approfondie.

3.2. Mode opératoire

3.2.1. Décrire la condition de travail réputée source de problème thermique ou susceptible de le devenir. Il peut s'agir, par exemple, de «l'atelier A le matin en hiver» ou «lors du nettoyage du four, en toute saison».

3.2.2. Évaluer la situation pour chacun des six paramètres pris séparément, en utilisant les échelles décrites dans le Tableau 2. Consigner également l'avis général des travailleurs.
Il convient de rappeler que le principal intérêt de la démarche ne réside pas dans la note proprement dite, mais dans l'analyse des raisons qui la justifient et dans l'identification des moyens pour l'améliorer.

Tableau 2 — Échelles de notation pour la méthode «Observation»

Note	Condition
Température de l'air	
-3	en règle générale: gel
-2	en règle générale entre 0 °C et 10 °C
-1	en règle générale entre 10 °C et 18 °C
0	en règle générale entre 18 °C et 25 °C
1	en règle générale entre 25 °C et 32 °C
2	en règle générale entre 32 °C et 40 °C
3	en règle générale, supérieure à 40 °C
Humidité de l'air	
-1	gorge/yeux secs au bout de 2 h à 3 h
0	normale
1	peau moite
2	peau totalement mouillée
Rayonnement thermique	
-1	froid ressenti au niveau du visage au bout de 2 min à 3 min
0	aucun rayonnement perçu
1	chaleur ressentie au niveau du visage au bout de 2 min à 3 min
2	rayonnement insupportable au niveau du visage après plus de 2 min
3	sensation de brûlure immédiate
Mouvements de l'air	
-2	forts mouvements d'air froid
-1	légers mouvements d'air froid
0	aucun mouvement d'air
1	légers mouvements d'air chaud
2	forts mouvements d'air chaud
Charge de travail physique	
0	travail de bureau: contraintes musculaires très faibles, mouvements occasionnels à vitesse normale
1	travail modéré des bras ou des jambes: utilisation de machines lourdes tout en marchant en permanence
2	travail intense des bras et du tronc: manipulation d'objets lourds, pelletage, coupe de bois marche rapide ou transport d'une charge lourde
3	travail très intense à vitesse élevée: escaliers, échelles
Tenue vestimentaire	
0	légère, souple, ne présentant aucune gêne pour le travail
1	longue, plus lourde, avec une légère incidence sur le travail
2	encombrante, lourde, spéciale pour le rayonnement, l'humidité ou les températures froides
3	combinaisons spéciales avec gants, capuches, chaussures
Opinions des travailleurs	
-3	tremblement, très net inconfort du corps entier
-2	inconfort local important, sensation générale de refroidissement
-1	inconfort local léger dû au froid
0	aucun inconfort
1	légère sudation et inconfort, soif

2	sudation importante, grande soif, rythme de travail modifié
3	sudation excessive, travail extrêmement fatigant, tenue vestimentaire

3.2.3. Consigner les résultats dans le Tableau 3.

Tableau 3 — Tableau des notes attribuées à la situation actuelle

Paramètres	-3	-2	-1	0	1	2	3
Température de l'air							
Humidité de l'air	—	—					—
Rayonnement thermique	—	—					
Mouvements de l'air	—	—					
Charge de travail physique	—	—					—
Tenue vestimentaire	—	—	—				
Opinions des travailleurs							

3.2.4. Si la situation n'est pas idéale (notes en dehors de la plage entre -1 et 1), identifier les raisons et décrire l'importance du problème (sources, surfaces, emplacement, etc.

Les échelles mentionnées dans le Tableau 2 sont conçues de sorte que la situation optimale corresponde à zéro dans chaque cas. Si un ou plusieurs paramètres s'écartent de cette valeur optimale, il convient de prendre des mesures de prévention. Plus l'écart est important, plus la nécessité de trouver des solutions est grande.

Si le processus industriel n'impose pas de manière stricte les paramètres thermiques, rechercher des solutions pour améliorer la situation en tenant compte des exemples de mesures de prévention données dans l'Annexe A.

Déterminer, si nécessaire, les mesures à prendre à court terme: boissons chaudes ou froides, périodes de récupération, organisation du travail, tenue vestimentaire, etc. Il convient de considérer les mesures à court terme comme provisoires. Elles attestent de la nécessité de réaliser une «Analyse» approfondie pour résoudre le problème en termes techniques.

Évaluer quelles seraient les notes si la situation était améliorée comme proposé. Sur la base des échelles décrites dans le Tableau 2, estimer les conditions futures, en tenant compte des mesures de prévention/contrôle.

Si la prédiction de la situation future se révèle difficile à réaliser ou peu fiable, ceci indique la nécessité de réaliser une «Analyse» approfondie pour estimer le risque résiduel et identifier les mesures de contrôle supplémentaires à envisager.

3.2.5. Consigner ces notes dans le Tableau 4.

Tableau 4 — Tableau des notes attribuées à la situation envisagée

Paramètres	-3	-2	-1	0	1	2	3
Température de l'air							
Humidité de l'air	—	—					—
Rayonnement thermique	—	—					
Mouvements de l'air	—	—					
Charge de travail physique	—	—					—
Tenue vestimentaire	—	—	—				
Opinions des travailleurs							

3.2.6. Décider de la nécessité de réaliser une «analyse» plus approfondie pour quantifier et résoudre le problème.

À cet effet, comptabiliser le nombre de notes en dehors de l'intervalle de -1 à 1 pour la situation envisagée dans le futur.

À l'issue de l'étape «**Observation**», l'utilisateur doit déterminer si, pour cette situation de travail, une «**Analyse**» plus approfondie est nécessaire.

4. Étape 2: «Analyse»

4.1. Objectifs

Compte tenu des conditions sélectionnées à l'étape 1, «**Observation**», les objectifs de l'étape 2, «**Analyse**» sont les suivants:

- quantifier le risque d'inconfort ou de contrainte thermique en fonction des valeurs minimale et maximale des paramètres climatiques;
- déterminer l'organisation optimale du travail;
- déterminer si une «expertise» (étape 3) est nécessaire;
- justifier auprès de l'employeur le coût des mesures de prévention identifiées à l'étape 1, si nécessaire.

4.2. Mode opératoire

4.2.1. Analyser la séquence des activités au poste de travail.

- a) Description des activités.
- b) Durées moyenne et maximale.
- c) Période concernée par la situation de travail.
- d) Nombre de travailleurs exposés.
- e) Facteurs à quantifier de manière précise:
 - température de l'air: si augmentation ou diminution anormale;
 - humidité de l'air: si différente de l'extérieur;
 - rayonnement: si exposition au soleil ou à des surfaces très chaudes ou froides;
 - mouvements de l'air: si courant d'air;
 - charge de travail: si élevée ou inconnue;
 - caractéristiques des vêtements: si tenue vestimentaire spéciale.

Il est recommandé de consigner les informations dans un tableau similaire dans le Tableau 5.

Tableau 5 — Synthèse des informations relatives à la séquence des activités à analyser

Durée	Activité		Travailleurs exposés	Facteurs à quantifier
	Moyenne	Maximale		

4.2.2. Évaluer la situation de travail:

- a) au cours de cette période, jour(s) représentatif(s) des conditions climatiques et de travail;
- b) conditions climatiques extérieures: températures, humidité, exposition solaire, pluie, etc.
- c) mesurage ou estimation des valeurs moyenne et maximale au cours du ou des jours représentatifs;
- d) calcul des indices suivants, conformément aux normes afférentes:
 - isolement thermique requis du vêtement (IREQ);
 - vote moyen prévisible (PMV) et pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD);
 - température humide et de globe noir (WBGT);
 - astreinte thermique prévisible (PHS) et durée limite d'exposition (DLE).

Il est recommandé de consigner les informations dans un tableau similaire au Tableau 6.

Tableau 6 — Évaluation des conditions de travail pour chaque activité

Paramètres	Activité		Activité	
	moyenne	max	moyenne	max
t_a température de l'air				
RH humidité relative				
t_g température de globe				
v_a vitesse de l'air				
M métabolisme				
clo isolement thermique				
IREQ				
PMV PPD				
WBGT				
PHS/DLE				

4.2.3. Évaluer la classe de risque pour la situation actuelle en utilisant l'échelle du Tableau 7.

Tableau 7 — Classes de risque

Classe	Critères
Contrainte immédiate	DLE < 30 min
Contrainte à court terme	$I_{clr} < IREQ_{min}$ et DLE < 120 min
Contrainte à long terme	$PMV < -2$ et $IREQ_{min} \leq I_{clr} \leq IREQ_{neutre}$
Inconfort dû au froid	$-2 \leq PMV < -0,5$
Confort	$-0,5 \leq PMV \leq 0,5$
Inconfort dû au chaud	$0,5 < PMV \leq 2$
Contrainte à long terme	DLE < 480 min
Contrainte à court terme	DLE < 120 min
Contrainte immédiate	DLE < 30 min

Pour les trois derniers cas, déduire les informations suivantes:

- perte hydrique moyenne prévisible sur une journée de 8 h;
- risque prévisible d'élévation de la température corporelle centrale.

4.2.4. Déterminer l'acceptabilité de cette condition de travail en comparant la durée moyenne et la durée maximale de chaque activité avec les durées limites d'exposition admissibles (DLE).

4.2.5. Définir des techniques de prévention/contrôle pour chaque paramètre, ainsi que l'organisation optimale du travail.

4.2.6. Déterminer le risque résiduel après mise en œuvre de ces mesures de prévention/contrôle, en utilisant les critères du point 4.2.3 ci-dessus. L'acceptabilité peut être déterminée en comparant la DLE prévisible pour chaque activité avec la durée réelle de travail.

4.2.7. Décider de la nécessité de réaliser une étape 3, «expertise».

4.2.8. Définir les mesures de protection à court terme.

4.2.9. Définir les exigences de suivi médical à court terme.

4.2.10. Définir les exigences de suivi médical à long terme.

Les résultats de l'étape «analyse» peuvent être synthétisés dans un tableau similaire au Tableau 8.

Tableau 8 — Évaluation du risque et mesures de contrôle pour chaque activité

Évaluation	Activité	Activité
Risque		
a) Classe de risque		
b) Si contrainte thermique à la		

chaleur:		
- débit sudoral		
- perte hydrique par jour		
- DLE		
Acceptabilité		
Mesures de prévention/contrôle		
Risque résiduel		
a) Classe de risque		
b) Acceptabilité		
Nécessité d'une expertise		
Mesures à court terme		
Suivi médical		

5. Étape 3: «Expertise»

5.1.Objectifs

Les objectifs à cette étape sont les suivants:

- mieux caractériser certaines sources de chaleur ou de froid et/ou certains phénomènes thermiques dans l'environnement de travail au moyen de mesurages spécifiques;
- déterminer l'exposition globale des travailleurs et rechercher des mesures spéciales de prévention/contrôle à mettre en œuvre par le biais d'une analyse plus affinée des activités et des paramètres climatiques.

5.2.Mode opératoire

5.2.1. Déterminer les conditions à étudier plus en détail et les jours représentatifs.

5.2.2. Évaluer le risque dans la situation actuelle.

5.2.3. Pour chaque séquence d'activités, recueillir des données concernant: la durée, la température de l'air, l'humidité de l'air, le rayonnement, la vitesse de l'air, le métabolisme énergétique, l'isolement thermique du vêtement, et ce dans des conditions moyennes et extrêmes.

5.2.4. Évaluer le risque par activité et d'une façon générale en utilisant les indices thermiques suivants:

- isolement thermique requis du vêtement (IREQ) pour des conditions climatiques froides;
- PMV et PPD pour les situations de confort et d'inconfort;
- astreinte thermique prévisible (PHS) pour des conditions présentant une contrainte thermique à la chaleur.

5.2.5. Définir des mesures de prévention/contrôle.

5.2.6. Rechercher des modifications à apporter à chaque paramètre, à la totalité des paramètres et/ou à l'organisation du travail (périodes de repos, etc.)

5.2.7. Si nécessaire, réaliser des analyses détaillées et spécialisées de chaque source de chaleur ou de froid.

5.2.8. Évaluer le risque résiduel après mise en œuvre des mesures de prévention/contrôle.

5.2.9. Déterminer les mesures de protection individuelle.

5.2.10. Définir les exigences de suivi médical à long terme.

Annexe A (informative) Exemples de mesures de prévention

1 Température de l'air

- Placer les sources de chaleur ou de froid à la périphérie.
- Éliminer les sources d'air chaud ou froid.
- Isoler les surfaces chaudes.
- Évacuer l'air chaud ou froid localement.
- Aérer sans courants d'air.
- Utiliser des vêtements à isolement thermique inférieur ou supérieur.

2 Humidité de l'air

- Éliminer les fuites de vapeur et d'eau.
- Clôturer les surfaces refroidies à l'eau ou toute surface d'évaporation.
- Utiliser des vêtements étanches mais perméables à la vapeur.

3 Rayonnement thermique

- Réduire les surfaces de rayonnement.
- Utiliser des écrans réflecteurs.
- Isoler ou traiter la surface de rayonnement.
- Placer les postes de travail à distance des surfaces de rayonnement.
- Utiliser des vêtements de protection spéciaux réfléchissant le rayonnement.

4 Mouvements de l'air

- Réduire ou éliminer les courants d'air.
- Utiliser des écrans de protection locale contre les courants d'air.
- Placer les postes de travail à distance des courants d'air.

5 Charge de travail physique

- Réduire les mouvements pendant le travail.
- Réduire les déplacements.
- Réduire la vitesse des mouvements.
- Réduire les efforts, utiliser une assistance mécanique, etc.
- Améliorer les postures.

6 Tenue vestimentaire

- Améliorer la conception de la tenue vestimentaire.
- Sélectionner des matériaux plus appropriés.
- Chercher des matériaux plus légers.

Bibliographie

- [1] ISO 11399, *Ergonomie des ambiances thermiques — Principes et application des Normes internationales pertinentes*
- [2] ISO 7726, *Ergonomie des ambiances thermiques — Appareils de mesure des grandeurs physiques*
- [3] ISO 9920, *Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination de l'isolement thermique et de la résistance à l'évaporation d'une tenue vestimentaire*
- [4] ISO 8996, *Ergonomie de l'environnement thermique — Détermination du taux métabolique*
- [5] ISO/TR 11079, *Évaluation des ambiances froides — Détermination de l'isolement requis des vêtements*
- [6] ISO 7730, *Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination analytique et interprétation du confort thermique utilisant le calcul des indices PMV et PPD et confort thermique local*
- [7] ISO 7243, *Ambiances chaudes — Estimation de la contrainte thermique de l'homme au travail, basée sur l'indice WBGT (température humide et de globe noir)*
- [8] ISO 7933, *Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondées sur le calcul de l'astreinte thermique prévisible*
- [9] ISO 9886, *Ergonomie — Évaluation de l'astreinte thermique par mesures physiologiques*
- [10] ISO 12894, *Ergonomie des ambiances thermiques — Surveillance médicale des personnes exposées à la chaleur ou au froid extrêmes*