

Evaluation de la contrainte thermique dans une fonderie et une forge industrielle

-1- FERNANE-NECHAB Malika (a), -2- OUAZ Meriem (b), -3- HADDAR Mustapha (c)

(a) Médecin du travail, EPH Rouïba ;

(b) Maître de conférences, médecin du travail, EPH Rouïba ;

(c) Professeur, chef de service de médecine du travail, EPH Rouïba.

Résumé:

Le travail à la chaleur touche plusieurs secteurs d'activités (industrie, agriculture, BTP, secteur tertiaire...) notamment pendant la période chaude. Notre étude a été menée afin d'établir un état des lieux relatif aux ambiances thermiques chaudes de travail dans le secteur industriel qui est particulièrement concerné du fait du processus du travail qui impose l'exposition à la chaleur parfois dans des conditions éprouvantes s'ajoutant à des conditions climatiques défavorables. L'indice de contrainte thermique où **WBGT** (Wet Bulb Globe Température) que nous avons utilisé et calculé pour les postes de travail inclus dans notre enquête nous a permis d'évaluer les situations d'exposition à la chaleur et d'établir le diagnostic de contrainte thermique pour les postes étudiés au niveau d'une unité de fonderie et d'une forge industrielle.

1. Introduction:

L'ambiance thermique est un facteur de conditions de travail jouant un rôle important sur la santé, la sécurité et le confort des travailleurs. Les métiers dans lesquels l'homme était exposé à des ambiances thermiques chaudes se sont profondément modifiés au cours des 30 dernières années. La prévention contre ce risque adoptée dans les pays du nord ne doit pas faire oublier la situation qui prévaut dans les nouveaux pays industrialisés, entre autres dans notre pays, situé sous des latitudes où les contraintes climatiques s'additionnent aux contraintes d'origine technologique et professionnelle.

2. Aspects législatifs et réglementaires:

2-1. Réglementation Algérienne: (1, 2, 3, 5)

Il n'existe pas de textes réglementaires spécifiques en matière d'ambiance thermique chaude de travail, cependant **la loi n° 88-07 du 26 janvier 1988** relative à l'hygiène, la sécurité et la médecine du travail définit les voies et les moyens dont le but est d'assurer aux travailleurs les meilleures conditions de vie en entreprise, notamment l'article 4 qui stipule : « ... L'ambiance de travail devra répondre aux conditions de confort et d'hygiène, notamment de cubage, d'aération, de ventilation, d'éclairage, d'ensoleillement, de chauffage, »;

Le décret exécutif n°91-05 du 19 janvier 1991 définit les prescriptions générales de protection applicables en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail ;

L'arrêté interministériel du 09 juin 1997 fixe la liste des travaux où les travailleurs sont fortement exposés aux risques professionnels: « travaux exposant à des hautes températures »;

L'arrêté interministériel du 5 mai 1996 fixe la liste des maladies présumées d'origine professionnelle. Le tableau n° 57 répare les crampes musculaires engendrées par le travail à haute température dans les mines de potasse et le tableau n° 70 indemnise la cataracte provoquée par les rayonnements thermiques de verre ou de métal porté à incandescence.

2-2. Normes internationales et européennes: (12, 13, ..., 18)

Un comité d'experts internationaux élabore depuis plus de 20 ans des normes ou codes de bonnes pratiques relatifs à l'ergonomie des ambiances thermiques de travail. Ce comité est commun à l'International Standard Organisation (ISO) et au Comité Européen de Normalisation (CEN).

L'ergonomie des ambiances thermiques est représentée par 12 normes ISO. Elles couvrent principalement:

- Les indices PMV et PPD qui sont recommandés pour évaluer les situations de confort thermique (décrits par la norme ISO 7730);
- L'indice WBGT qui est préconisé comme méthode de dépistage des conditions thermiques susceptibles d'être dangereuses (décrit par la norme ISO 7243) ;
- Le calcul de la sudation requise et de l'astreinte thermique prévisible (Predict Heat Strain ou PHS) recommandé pour étudier de manière plus précise les situations de contrainte thermique par la chaleur et optimiser les conditions d'exposition (norme ISO 7933) ;
- La production de chaleur métabolique dont les quatre niveaux sont décrits par la norme ISO 8996 ;
- La détermination de l'isolement thermique vestimentaire (norme ISO 9920) ;
- Les mesures physiologiques de l'astreinte thermique : la norme ISO 9886 décrit les principes des différentes méthodes de mesurage de la contrainte physiologique ce qui est important pour les médecins du travail ;
- La surveillance médicale des personnes exposées à la chaleur et au froid extrêmes abordée par la norme ISO 12894, elle concerne essentiellement les médecins ;
- Les appareils et les méthodes de mesures (abordés par la norme ISO 7726, elle s'adresse plus directement aux fabricants d'appareils de mesurage) ;
- Un certain nombre d'autres normes sont en cours d'élaboration, notamment celles concernant l'évaluation de l'ambiance thermique dans les véhicules, l'application des normes d'ambiance thermique pour les

personnes âgées et à capacité réduite et le contact humain avec des surfaces chaudes et des surfaces froides.

2-3. Réglementation européenne: (9)

La directive européenne 89/ 654 définit les prescriptions minimales de sécurité et de santé pour les lieux de travail et en particulier pour les ambiances de travail. Il est important d'insister sur le fait que la directive prescrit des objectifs et non des moyens. La directive dit ce qu'il faut atteindre, elle ne dit pas comment. En revanche les normes ISO et CEN définissent comment cela peut se faire.

3. Problématique:

La contrainte thermique liée au travail en ambiance chaude est évidemment majorée par les conditions climatiques durant la saison estivale dans les pays chauds. Etablir un état des lieux relatif à ces situations s'est imposé dans le but d'évaluer l'impact de cette exposition sur les travailleurs au niveau d'une fonderie et d'une forge industrielle.

4. Objectifs de l'étude:

- Etudier les conditions de travail et identifier les sources de chaleur au niveau des deux unités.
- Evaluer l'ambiance thermique de travail, sa perception et son impact sur les travailleurs les plus exposés.

5. Méthodes et matériels:

- ✓L'étude a porté sur l'évaluation de l'ambiance thermique de travail au niveau d'une fonderie et d'une forge industrielle durant l'année 2011 (période Janvier – Juin) ;
- ✓Elle a concerné les postes de chauffeurs de fours et les postes d'estampage au niveau de la forge ; les postes de chauffeurs de fours (four à arc et four à induction), les postes de conducteurs de poches de traitement et des poches de coulée, ainsi que les pontiers et les agents d'addition des alliages au niveau de la fonderie ;
- ✓Pour l'analyse des conditions de travail, nous avons appliqué une méthode d'analyse ergonomique dite SOBANE qui est une approche à quatre niveaux décrite par Malchaire en 1997, (le dépistage participatif des risques auprès des travailleurs (DEPARIS), l'observation directe des situations de travail, l'analyse avec mesurage des paramètres thermiques et l'expertise qui nécessite l'intervention d'experts pour les problèmes qui n'ont pas trouvé de solutions aux niveaux précédents). Cette méthode fait l'objet de la norme ISO 15265 dont le questionnaire a ciblé 43 travailleurs dans notre étude ; (6, 7, ..., 11)
- ✓L'évaluation et le mesurage de la température de l'air, de l'humidité de l'air, du rayonnement thermique et du WBGT ont été réalisés par un appareil de mesure dit "WBGT Heat Stress Meter", étalonné, modèle 800036;
- ✓La charge de travail a été appréciée par analogie à une activité similaire des tables de Spitzer et de la norme ISO 8996; (15, 19)
- ✓L'isolement thermique vestimentaire a été calculé à partir de l'isolement unitaire des vêtements des tables de la norme ISO 9920. (17)

6. Résultats :

L'application de la méthode SOBANE pour l'étude des conditions de travail et l'évaluation de l'ambiance thermique au niveau des deux unités nous a amené aux résultats suivants :

6-1. Résultats du dépistage participatif des risques (DEPARIS) : les résultats de cette première étape de l'étude sont résumés dans le tableau 1.

✓ Les rubriques colorées en rouge représentent des situations inacceptables et insatisfaisantes, à améliorer en urgence et qui nécessitent des études plus approfondies. Ce sont :

- 1- Le risque d'accident ;
- 2- Le bruit ;
- 3- L'ambiance thermique ;
- 4- Le risque chimique et biologique ;
- 5- L'éclairage au niveau de la fonderie ;
- 6- Les commandes et signaux au niveau de la fonderie ;
- 7- Les outils et matériels de travail au niveau de la fonderie.

✓ Les rubriques colorées en jaune désignent une situation moyenne, inconfortable au travail, corrigeable sans études détaillées mais qui reste non négligeable, car l'absence d'amélioration peut induire des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs. Ces situations sont :

- 1- Les aires du travail ;
- 2- L'organisation technique entre postes ;
- 3- Les emplacements de travail ;
- 4- Le travail répétitif ;
- 5- Les manutentions ;
- 6- Les vibrations ;
- 7- La charge mentale ;
- 8- L'environnement social local et général ;
- 9- Le contenu du travail ;
- 10- Les outils et matériel de travail à la forge.

✓ Les rubriques colorées en vert représentent une situation tout à fait satisfaisante et confortable pour le bon déroulement de l'activité des salariés, mais leur surveillance doit être régulière afin de déceler la moindre anomalie. Il s'agit des :

- 1- Relations de travail entre opérateurs
- 2- Commandes et signaux au niveau de la forge.

Tableau 1 : Tableau de synthèse du DEPARIS

Critères	A	B
Les aires du travail	😊	😊
L'organisation technique entre postes	😊	😊
Les emplacements de travail	😊	😊
Les risques d'accident	😞	😞
Les commandes et signaux	😊	😞
Les outils et matériel de travail	😊	😞
Le travail répétitive	😊	😊
Les manutentions	😊	😊
La charge mentale	😊	😊
L'éclairage	😊	😞
Le bruit	😞	😞
Les ambiances thermiques	😞	😞
Les risques chimiques et biologiques	😞	😞
Les vibrations	😊	😊
Les relations de travail entre opérateurs	😊	😊
L'environnement social local et général	😊	😊
Le contenu du travail	😊	😊
L'environnement psychosocial	😊	😊

😊 : Situation tout à fait satisfaisante.

😊 : Situation moyenne, à améliorer

😞 : Situation insatisfaisante, à améliorer nécessairement

A : Forge (secteur estampage).

B : Fonderie (secteur fusion et la coulée).

6-2. Rapport de l'étude de l'observation:

L'ambiance thermique de travail figure parmi les situations inacceptables, susceptibles d'être dangereuses pour la santé et nécessitant des études plus approfondies, elle a donc fait l'objet de la deuxième étape d'observation et cela en raison de :

- La fréquence et la permanence de l'exposition à la chaleur ;

- La fréquence des plaintes exprimées par les travailleurs lors des consultations concernant leur ambiance thermique de travail ;
- L'absence de modernisation du processus du travail ;
- Le facteur saisonnier aggravant la contrainte thermique en saison chaude particulièrement en été.

6-2-1. Description des situations de travail :

✓ Au niveau de l'unité forge :

Il existe six (06) groupes de travailleurs pour six (06) fours et six (06) pilons :

- 02 groupes grands pilons (05 et 09 tonnes) et donc la production de la grande pièce ;
- 04 groupes petits pilons (2.5 tonnes) et c'est la production de la petite pièce.

Ces groupes sont organisés de la même manière et qui est représentée dans la figure 1 ;

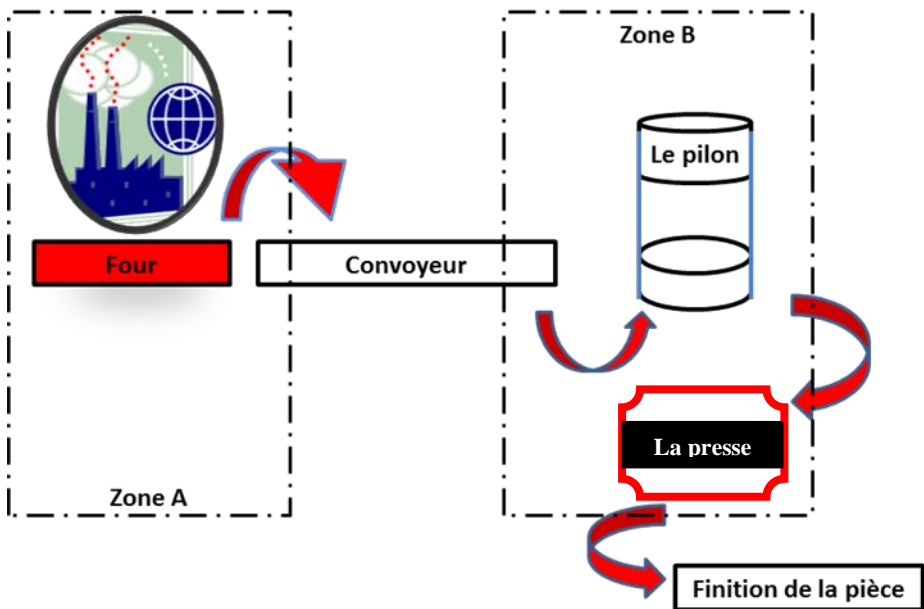


Figure 1 : Schéma représentatif des différentes zones de travail au niveau de la forge

✓ **Au niveau de l'unité fonderie** : on retrouve le secteur fusion et la zone de coulée dont les différentes zones de travail sont représentées dans la figure 2 ;

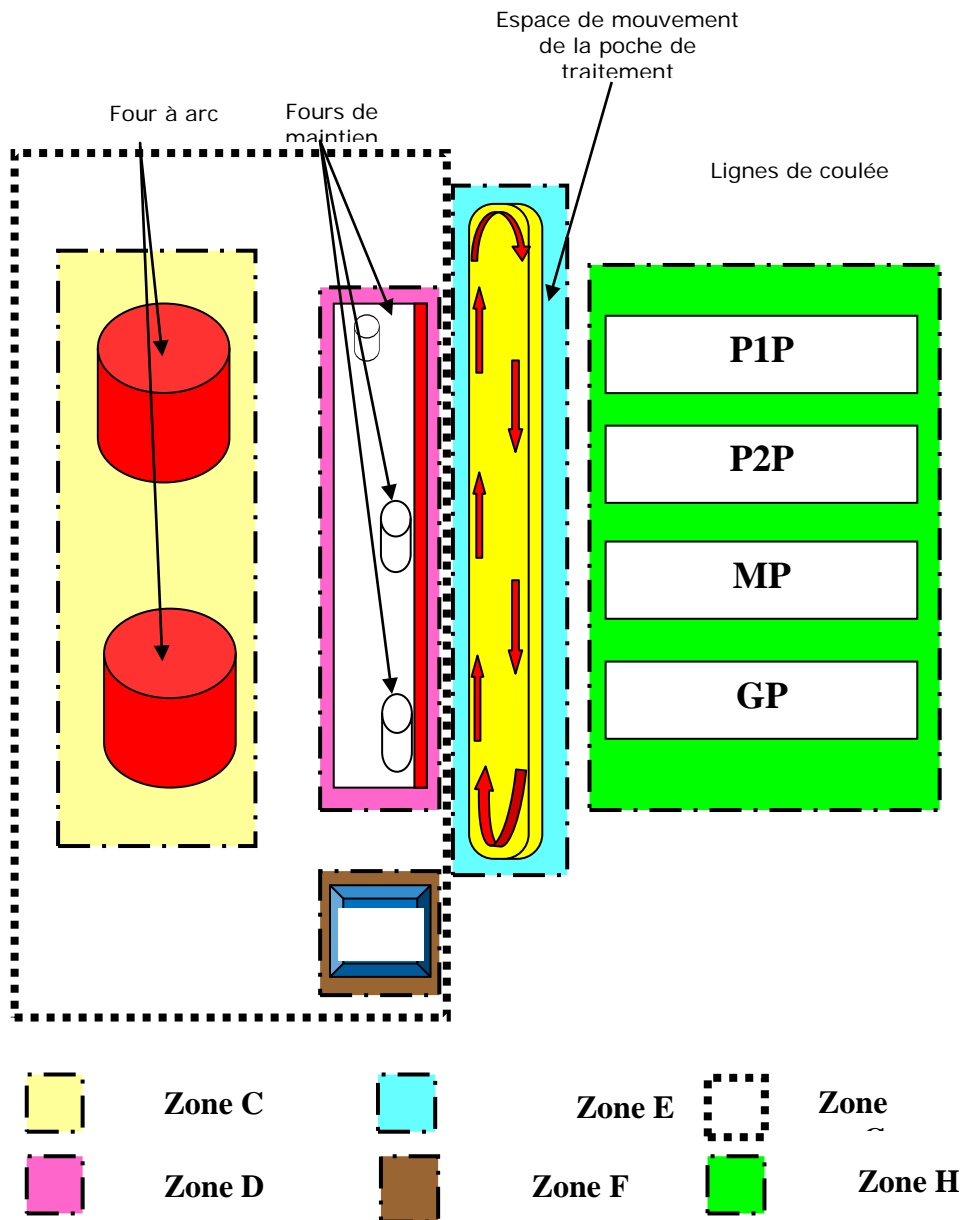


Figure 2 : Schéma représentatif des différentes zones de travail au niveau de la fonderie

Le tableau 2 décrit de manière succincte les différentes zones de travail représentées dans la figure 1 et la figure 2 et les activités effectuées au niveau de chacune d'elles.

Tableau 2 : Description des zones de travail et des activités dans chaque zone

	Situations de travail	Zones	Nombre de salariés	Description succincte de l'activité
Forge	Conduite de four	A	01	Enfourner et défourner des lopins de métal.
	Estampage	B	02	Façonner la pièce à laide du marteau pilon à partir de lopins de métal chauffés à incandescence (1200-1400°C).
Fonderie	Conduite de four à arc	C	03	Intervenir sur du métal en fusion à 1500°C ; Décrasser le four à arc et la poche de transfert ; Réaliser des prélèvements de médailles.
	Conduite de four de maintien	D	03	Assister le pontier lors du remplissage des fours de maintien ; Intervenir sur du métal en fusion à 1500°C.
	Conduite de poche de traitement	E	01	Conduire la poche de traitement ; Livrer le métal pour les lignes de coulée.
	Addition des alliages	F	01	Mettre les alliages au fond de la poche de traitement.
	Conduite de pont	G	02	Chargement des fours en métal solide (four à arc) et liquide (fours à induction).
	La coulée des moules	H	02 par ligne	Décrasser la poche de coulée ; Procéder à la coulée des moules.

A la fin de notre observation et après l'étude des résultats du questionnaire concernant l'évaluation de l'aspect subjectif de la contrainte thermique par le travailleur (normes ISO 10551 (étape de l'observation de la méthode SOBANE)) qui est une évaluation de sa perception de la température de l'air, de l'humidité de l'air, du rayonnement thermique, des mouvements de l'air, de la charge de travail physique et de la tenue vestimentaire ; nous avons constaté qu'il existe des anomalies concernant certains paramètres surtout en été, qui sont :

- ✓ La température de l'air : **81%** des salariés perçoivent la température de l'atelier en été au-delà de 40°C (extrême) et **19%** la perçoivent très élevée (en général entre 32 et 40°C) ;
- ✓ L'humidité de l'air : est perçue comme élevée (peau moite) à très élevée (peau trempée) en été par la majorité des salariés (84%) ;

- ✓ Pour 93% des opérateurs, le rayonnement thermique est très chaud (dont 31% jugent qu'il est impossible de tenir la main ou le visage exposés pendant plus de 2 minutes), à extrême (sensation de brûlures immédiate (62%)) ;
- ✓ Le courant de convection d'air émanant des fours est fort-chaud, il est perçu par plus de la moitié des travailleurs (52%) ;
- ✓ Une proportion de 57% des opérateurs estime que la charge physique de leur travail est très lourde (travail très intense, à très grande vitesse, le salariés est très vite fatigué), et 43% trouvent que la charge de leur travail est lourde (travail intense des bras ou du tronc, port d'objets lourds) ;
- ✓ Concernant la tenue vestimentaire, plus de la moitié des travailleurs (55%) la trouvent confortable (vêtements ordinaires sans entraves pour le travail), plus d'un tiers (36%) la trouvent gênante (vêtements longs, plus lourds, entravant légèrement le travail) et moins d'un dixième (9%) l'estiment très gênante (vêtement spéciaux, très amples, lourds, avec traitement spécial contre le rayonnement ou l'humidité).

6-3. les résultats de l'analyse:

Les conclusions de l'étape précédente d'observation imposent une étude plus approfondie des paramètres thermiques, d'où le passage à la troisième phase d'analyse des conditions de travail en ambiance chaude de la méthodologie **SOBANE** et qui a concerné les éléments suivants :

- La charge de travail : l'activité des salariés a été observée en continu et la dépense énergétique a été estimée par dépistage et analogie à une activité similaire selon les tables de Spitzer et al 1982 et la norme ISO 8996 ; ainsi on a qualifié de :
 - ✓ Très élevée : la dépense énergétique des estampeurs, des conducteurs de fours à arc et à induction ;
 - ✓ Elevée : celle des conducteurs de poches de traitement et les couleurs ;
 - ✓ Modérée : celle des conducteurs de fours (à la forge) et les pontiers.
- La tenue vestimentaire : L'isolement vestimentaire exprimé en clo est pris en compte pour chaque groupe de travailleurs (tableau 3). Pour les vêtements de travail classiques, l'isolement est déterminé à partir des tables de la norme ISO 9920 ;
- Les autres paramètres : trois paramètres climatiques ont été mesurés à savoir la température de l'air, l'humidité relative et la température du globe noir en plus d'un indice empirique de dépistage des situations de travail à la chaleur qui est le WBGT. La mesure et l'évaluation de ces paramètres aux niveaux des différents postes de travail concernés par l'étude ont été réalisées par un matériel de mesure dit « WBGT Heat Stress Meter ».

Ces mesures ont été effectuées durant des journées de travail représentatives de point de vue charge de travail et ambiance climatique, durant le mois de Mai et le mois de Juin, à différents moments de la journée de travail (09 heures, 11 heures, midi et 14 heures) et à différents niveaux

du poste de travail (à 0.1 m, 1.1 m et 1.7 m du sol) pour le WBGT, et à une hauteur de 1.5 mètre pour les autres paramètres (Ta, Tg et l'humidité relative). Le WBGT moyen a été calculé par la suite par la formule :

$$\text{WBGT moyen} = \text{WBGT à 0.1m} + 2\text{WBGT à 1.1m} + \text{WBGT à 1.7m} / 4$$

(Seul le WBGT moyen calculé est reporté dans les tableaux d'analyse).

Tableau 3 : L'isolement thermique vestimentaire des différents groupes de travailleurs

Le groupe de travailleurs	L'isolement vestimentaire en clo
Estampeur	1.71
Conducteur de four (forge)	1.60
Conducteurs de fours à arc et à induction	1.60
Conducteurs de poches de traitement	1.60
Pontiers	1.60
Couleurs	1.71

Remarque : les postes de conducteur de poche de traitement et d'addition des alliages n'ont pas fait l'objet des mesures pour les raisons suivantes :

✓ Les difficultés techniques de réalisation sur le poste de conducteur de poche de traitement. Notre intervention risque d'entraver le déroulement normal de l'activité et peut entraîner le refroidissement du métal qui doit être livré aux lignes de coulée à une température prédéterminée. Les mesures doivent se faire avec le même appareil posé au niveau du poste avec un système d'enregistrement lié à un micro-ordinateur portable et un logiciel spécifique (ces accessoires manquent à notre appareil).

✓ Pour le poste d'addition des alliages, la durée de l'opération est très courte et ne concorde pas avec notre travail. L'étude de la contrainte thermique dans ces conditions doit faire appel aux mesures physiologiques qui demandent d'autres techniques et d'autres moyens qui ne figurent pas dans les objectifs de notre étude.

Tous les salariés (43) étaient volontaires pour participer à l'étude, leurs caractéristiques personnelles sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Caractéristiques des salariés occupants les postes étudiés

Atelier	Paramètres	Moyenne	Extrêmes	Ecart-type
Forge	Age (années)	32.89	24 – 43	4.73
	Taille (cm)	175.84	160 – 186	6.68
	Poids (kg)	83.84	64 – 105	10.38
	BMI (kg/m ²)	27.18	18.69 - 32.87	3.32
Fonderie	Age (années)	42	20 – 56	10.38
	Taille (cm)	173.65	165 – 188	5.61
	Poids (kg)	78.17	58 – 107	11.32
	BMI (kg/m ²)	25.99	19.60 – 34.93	3.94

Le mesurage des paramètres thermiques et du WBGT a concerné les phases de travail les plus exposantes à la chaleur ; le tableau 5 rapporte ces phases avec leur durée moyenne et maximale et leur répétitions sur la journée de travail.

Tableau 5 : Informations complémentaires concernant l'analyse des phases de travail exposant à la chaleur et leurs durées moyennes et maximales

	Circonstances de travail	Activités analysée	Durée moyenne	Durée maximale	Nombre de cycle/8h
Forge	Conducteur de four à la forge	Enfournement des lopins de métal, Défournement des lopins de métal,	✓ 7 mn ✓ 20 mn	✓ 10mn ✓ 30mn	10 à 11
	Estampeur petits pilons	Forgeage de la pièce : petite et moyenne (de 200g à 40 kg),	✓ 30 mn	✓ 40 mn	10 à 11
	Estampeur grands pilons	Forgeage de la grande pièce (40 à 160 kg),	✓ 30 mn	✓ 40 mn	4 à 6
Fonderie	Conducteur de four à arc	Décrassage du four à arc, Décrassage de la poche de transfert, Prélèvement de médailles,	✓ 10mn ✓ 7 mn ✓ 5mn	✓ 15 mn ✓ 10mn ✓ 7 mn	3 à 4
	Conducteur de four de maintien	Décrassage des fours de maintien,	✓ 5 mn	✓ 7 mn	3 à 7
	Pontier	Transvasement du métal en fusion dans les fours à induction,	✓ 15 mn	✓ 20 mn	3 à 4
	Couleur	Remplissage des moules par du métal en fusion,	✓ 10 mn	✓ 15 mn	10 à 13

6-3-1. Les résultats du mesurage:

Les mesurages présentés dans ce document ont concernés les circonstances de travail sus-citées, dans les conditions climatiques suivantes :

- ✓ Situation 1 : Température de l'air extérieur 30 °C, humidité 50% ;
- ✓ Situation 2 : Température de l'air extérieur 24°C, humidité 48%.

L'analyse des résultats des tableaux 6 et 7 comparativement à la situation optimale définie par une température de l'air comprise entre 18 et 25°C, rejoint les résultats de l'étape précédente d'observation et conclue à une situation d'ambiance thermique de travail insatisfaisante ; cependant seul le calcul de l'indice WBGT pour chaque travailleur peu nous amener à parler d'inconfort ou de contrainte thermique pour les situations étudiées.

Les résultats d'analyse de l'indice de la contrainte thermique ou WBGT sont présentés dans le tableau 8. Le WBGT a été calculé pour chaque poste, il est égal à la moyenne des indices WBGT moyens pour caque activité pondérés par la durée de ces activités respectives (Les travailleurs étant acclimatés à la chaleur et en l'absence du courant d'air).

L'indice WBGT calculé pour les différentes situations de travail objective une situation de contrainte thermique pour l'ensemble des postes étudiés sauf pour le poste de conducteur de four à la forge dans les conditions climatiques de température de l'air à 24°C (situation 2).

Les valeurs mesurées de l'indice WBGT sont supérieures à 25°C. Dans ces situations de travail la santé des travailleurs est menacée et le calcul de l'indice de sudation requise s'impose afin de déterminer l'astreinte thermique et calculer les durées limites d'expositions. Le débit sudoral dans ce cas ne doit pas dépasser 600 g/h ;

Pour toutes les contraintes qui entraînent un débit sudoral supérieur à cette valeur, des mesures physiologiques seront nécessaires à évaluer (la perte de poids due à la sudation ; les variations de la température buccale et les variations de la fréquence cardiaque de repos entre le début et la fin de l'exposition à la contrainte). Ces mesures sont de réalisation pratique difficile, elles demandent en fait la mise en place de moyens humains et matériels assez lourds et spécifiques pour ne pas entraver le déroulement normal de l'activité des salariés et fausser les résultats.

Tableau 6 : Résultats du mesurage dans la situation 1

	Activité	Ta (°C)	Tg (°C)	Humidité (%)	WBGT moyen (°C)
Forge	Enfournement des lopins de métal	34	54	45	32
	Défournement des lopins de métal,	32	40	55	29
	Forgeage de la pièce : petite et moyenne (de 200g à 40 kg),	31	36	55	27.1
	Forgeage de la grande pièce (40 à 160 kg),	32	50	53	30
Fonderie	Décrassage du four à arc	32	50	52	31
	Décrassage de la poche de transfert,	31	55	50	31
	Prélèvement de médailles	32	55	50	30
	Décrassage des fours de maintien	35	65	45	36
	Transvasement du métal en fusion dans les fours à induction	/	/	/	/
	Remplissage des moules par du métal en fusion,	32	41	53	29

Tableau 7 : Résultats du mesurage dans la situation 2

	Activité	Ta (°C)	Tg (°C)	Humidité (%)	WBGT moyen (°C)
Forge	Enfournement des lopins de métal	30	45	50	29
	Défournement des lopins de métal,	28	36	55	26
	Forgeage de la pièce : petite et moyenne (de 200g à 40 kg),	28	45	55	26
	Forgeage de la grande pièce (40 à 160 kg),	29	40	50	27.3
Fonderie	Décrassage du four à arc	26	49	63	28
	Décrassage de la poche de transfert,	28	52	58	29
	Prélèvement de médailles	28	52	60	28
	Décrassage des fours de maintien	32	56	50	33
	Transvasement du métal en fusion dans les fours à induction	31	41	62	30
	Remplissage des moules par du métal en fusion,	/	/	/	/

Tableau 8 : Analyse de l'indice de la contrainte thermique(WBGT)

	Poste de travail	Charge de travail	WBGT limite	WBGT calculé		Commentaires
				T _{ext} : 24°C	T _{ext} : 30°C	
La forge	Conducteur de four	Modérée	28	26.77	29.77	Contrainte thermique (T _{ext} 30°C) ; Situation d'inconfort (T _{ext} : 24°C)
	Estampeur PP	Très élevée	23	26.00	27.10	Contrainte thermique (T _{ext} 30°C et T _{ext} : 24°C) ;
	Estampeur GP	Très élevée	23	27.30	30.00	Contrainte thermique (T _{ext} 30°C et T _{ext} : 24°C) ;
La fonderie	Conducteur de four à arc	Très élevée	23	28.31	30.77	Contrainte thermique (T _{ext} 30°C et T _{ext} : 24°C) ;
	Conducteur de four de maintien	Très élevée	23	33.00	36	Contrainte thermique (T _{ext} 30°C et T _{ext} : 24°C) ;
	Pontier	Modérée	28	30.00	/	Contrainte thermique (T _{ext} : 24°C) ;
	Couleur	Elevée	25	/	29	Contrainte thermique (T _{ext} 30°C) ;

La situation de **contrainte thermique** prédomine pour l'ensemble des postes de travail étudiés. Mais qu'en est-il du régime d'alternance travail-repos ? Le tableau 9 résume ces situations en se référant aux normes en la matière, notamment la norme **ISO 7243**.

Tableau 9 : Le régime d'alternance travail-repos

Poste de travail	Régime d'alternance Travail/repos calculé	Régime d'alternance travail/ repos recommandé	Commentaires
Conducteur de four	70% / 30%	75% / 25%	Valeur recommandée respectée
Estampeur PP	70% / 30%	50% / 50%	Deux travailleurs qui s'alternent (normes respectées)
Estampeur GP	60% / 40%	25% / 75% 50% / 50%	Trois estampeurs qui s'entraident (normes respectées)
Conducteur de four à arc	25% / 75%	25% / 75%	Valeur recommandée respectée
Conducteur de four de maintien	50% / 50%	25% / 75%	Trois travailleurs sur la plateforme qui s'entraident (normes respectées)
Pontier	25% / 75%	50% / 50%	Valeur recommandée respectée
Couleur	50% / 50%	50% / 50%	Valeur recommandée respectée

Les durées réelles du travail et du repos répondent aux normes, mais il faut souligner qu'il n'existe pas d'espace de repos climatisé ou du moins confortable pour récupérer après une telle exposition à la chaleur. Le repos se déroule sur le lieu même du travail et souvent en position debout, cependant certains postes notamment la cabine de contrôle des fours à arc et le conducteur des fours de maintien sont dotés de chaises.

7. La discussion

7-1 : Difficultés de l'enquête :

Notre étude s'est déroulée dans une ambiance à haut risque, travail à proximité des sources de chaleur avec le risque de projection et d'éclaboussures de métal liquide sur la peau, et d'exposition aux fumées et poussières ainsi qu'aux salissures.

La collecte des données a été entravée par le manque d'informations relatives aux caractéristiques des tenues vestimentaires de travail.

Pour ne pas entraver le déroulement normal de l'activité des salariés, nous avons été contraints d'effectuer le questionnaire au poste de travail, en s'exposant aux nuisances et essentiellement au bruit qui a gêné considérablement l'entretien et la prise d'informations.

Tenant compte du niveau d'instruction des travailleurs, hétérogène, l'entretien s'est déroulé dans la langue maîtrisée par l'opérateur.

7-2 : Limites des outils utilisés :

La méthode SOBANE est une méthode ergonomique très complexe et laborieuse. Elle passe d'abord par une évaluation globale des conditions de travail dans le cadre du dépistage participatif de l'ensemble des risques avant d'aborder l'étude du risque lié à l'ambiance thermique, cette démarche nécessite plus de temps et plus d'énergie.

Le questionnaire présente des lacunes inhérentes au rapport enquêteur-enquêté: manque d'objectivité, restriction de l'information ou exagération.

Le matériel de mesure: le manque d'accessoires devant accompagner l'appareil de mesure, notamment l'absence du câble ESB, le logiciel et le microordinateur portable qui auraient multiplié et facilité les mesures et surtout renforcé l'analyse et l'interprétation des résultats, a été une contrainte supplémentaire.

Parmi les limites de l'enquête, la réalisation de ce travail pendant une durée limitée, qui n'a pas permis de cerner l'ensemble des données climatiques en fonction des périodes de l'année.

7-3 : La méthodologie :

La méthode SOBANE nous a permis de mieux connaître les situations de travail au niveau des deux unités forge et fonderie, d'avoir une approche globale sur les conditions de travail au niveau de ces unités, d'observer et

d'analyser dans le détail le risque lié à l'ambiance thermique chaude de travail, afin de proposer des solutions simples et pertinentes pour améliorer les conditions de travail de façon générale et particulièrement l'ambiance thermique de travail.

Le dépistage participatif des risques (DEPARIS) a mis en évidence les différents risques perçus par le travailleur ce qui a permis de les recenser à travers les 18 rubriques de cette première partie de la méthode SOBANE.

La deuxième étape d'observation s'est focalisée sur le risque thermique avec l'utilisation d'un questionnaire ciblant 43 travailleurs.

La troisième étape d'analyse a nécessité le recours à un matériel de mesure qui est le « WBGT Heat Stress Meter », c'est un matériel léger, transportable, facile à manier, la lecture se faisant 15 secondes après l'allumage.

Le WBGT qu'on a mesuré nous a permis de déterminer l'effet combiné de la température de l'air, l'humidité, le rayonnement thermique et la vitesse du vent sur les gens.

7 -4 : Synthèse des résultats

- ✓ Notre étude a été menée dans une grande entreprise nationale relevant du secteur industriel ;
- ✓ La population concernée par l'enquête est exclusivement masculine, relativement jeune (moyenne d'âge 37.44 années), en bonne santé, qui est en surpoids avec une moyenne de l'Indice de Masse Corporelle (IMC) de 26.58 kg/m² et le pourcentage de fumeurs dans cette population est de 57% ;
- ✓ Les salariés sont expérimentés avec une moyenne d'ancienneté au poste de 12.19 années, ils travaillent en équipe en 2X8, dans des petits groupes de deux à trois travailleurs, le travail isolé ne concerne que les pontiers qui se retrouvent seul dans la cabine de commande du pont à une hauteur de plus de 12 m dans une atmosphère très polluée et à des température très élevées surtout durant le transvasement du métal dans les fours de maintien et l'opération de raboutage des électrodes ;
- ✓ Tous les travailleurs sont acclimatés à la chaleur. Ils sont exposés à la chaleur d'une façon discontinue ;
- ✓ Les sources de chaleur sont représentées par les fours à 1400 – 1500°C, les lopins de métal portés à incandescence à 1200 – 1400°C, le métal en fusion à 1530 – 1550°C et les poches de métal à 800 – 900°C contenant un métal en fusion à 1540 – 1550°C ;
- ✓ La distance qui sépare les opérateurs des sources de chaleur ne dépasse pas 3 mètres, elle est inférieure à 50 cm dans 48% des cas ;
- ✓ Plus de 63% des salariés ont déjà présenté des brûlures suite à leur exposition à la chaleur, aucun autre effet aigu ou chronique n'a été rapporté ;
- ✓ L'ambiance thermique de travail est en général très chaude et brûlante au niveau de la tête ;
- ✓ La température de l'atelier en été est très élevée à extrême ;

- ✓ Le courant fort-chaud de convection des fours est perçu par plus de la moitié des travailleurs (52%) ;
- ✓ Les valeurs mesurées dans la troisième étape d'analyse concordent avec l'appréciation subjective des salariés de leur environnement de travail, seules les durées d'exposition à la chaleur ont été majorées ;
- ✓ L'indice WBGT mesuré nous a permis d'établir un diagnostic de la situation de travail à la chaleur au niveau des deux unités. Il a mis en évidence **une contrainte thermique** qui concerne l'ensemble des postes étudiés ;
- ✓ En ce qui concerne le régime d'alternance travail/repos établi sur la base du WBGT, les normes recommandées sont respectées, mais les conditions dans lesquelles se déroule le repos sont à améliorer.

7-5 : Comparaison à d'autres études nationales et internationales :

La comparaison des résultats de notre étude à des études similaires s'avère très difficile car :

7-5-1. A l'échelle nationale :

Aucune publication sur la thématique n'a été retrouvée. L'équipe de médecine de travail de Annaba a réalisé une étude sur le travail en ambiance chaude au niveau du complexe sidérurgique El-Hadjar qu'ils ont communiqué aux journées nationales de médecine de travail mais qu'on n'a pas retrouvé ;

7-5-2. A l'échelle internationale :

Les différences climatiques et socio-économiques entre les pays du nord et ceux du sud rendent cette comparaison délicate, en effet les évolutions technologiques et surtout la modernisation et la mécanisation du processus de travail dans ces pays a beaucoup réduit les situations d'exposition régulière à la chaleur et a fait apparaître un autre problème qui est l'exposition ponctuelle à la chaleur dans des situations éprouvantes notamment dans le secteur nucléaire.

Les chiffres de l'enquête SUMER (1996) montrent que 19 % des salariés en France sont exposés aux nuisances thermiques (chaleur ou froid). De même, les résultats de l'enquête du ministère du travail (1993) sur les conditions et l'organisation du travail révèlent qu'en 1991 plus d'un quart des salariés français déclaraient travailler à une température élevée.

8. Recommandations:

La prévention du risque lié au travail à la chaleur est basée sur :

- ✓ L'adaptation de l'organisation du travail ;
- ✓ La prévention technique ;
- ✓ La prévention médicale.

8-1. Adaptation de l'organisation du travail :

La planification des opérations, l'organisation de périodes de repos ainsi que l'acclimatement permettent de réduire le risque d'accidents dus à la chaleur.

8-1-1. Programmation des opérations : consiste à planifier les opérations chaudes et lourdes durant la saison et les moments de la journée les plus frais et à réajuster les horaires de travail durant la période chaude et le mois de carême.

8-1-2. Optimisation du cycle travail-repos :

- ✓ Les périodes de repos calculées à partir de l'indice WBGT doivent être respectées ;
- ✓ Des périodes de repos de 10 minutes doivent être réparties régulièrement au cours du travail à la chaleur ;
- ✓ Le repos doit se dérouler dans un endroit frais en position assise ou allongée, près des postes de travail.

8-2. La prévention technique :

Toutes les mesures de prévention-amélioration doivent essayer de se rapprocher le plus possible de la situation optimale par :

8-2-1. La réduction de la température de l'air et de l'humidité et de la vitesse de l'air : peut ce faire de trois façons complémentaires :

- Réduction des apports de l'extérieur ;
- Réduction des apports de chaleur et d'humidité à l'intérieur des locaux ;
- Ventilation générale avec amélioration de la vitesse de l'air (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).

8-2-2. Réduction du rayonnement thermique: par la mise en place d'écran de séparation réfléchissant entre les différentes sources de chaleur et l'opérateur.

8-2-3. Adaptation des vêtements aux conditions de travail : la caractéristique du vêtement à considérer est différente s'il s'agit d'un problème de convection, de rayonnement ou d'évaporation. Dans tout les cas, il est nécessaire de surveiller l'esthétique du vêtement, son adaptation au travail, son confort, ainsi que les possibilités de nettoyage.

8-2-4. Réduction de la charge physique de travail: réduire le métabolisme, c'est-à-dire la production interne de chaleur, est l'action la plus efficace pour réduire la contrainte thermique. Il faut donc rechercher les façons de travailler pour éviter les efforts, les déplacements et adapter les outils de travail pour une préhension plus facile, une aide aux manutentions; autrement dit il faut moderniser le processus de travail et mécaniser les tâches lourdes.

8-2-5. Des boissons doivent être proposées pour les salariés dans le dessein d'éviter la déshydratation à long terme. La solution optimale consiste à installer des fontaines d'eau refroidie à 10-15°C près des postes de travail. Il faut cependant veiller scrupuleusement à la propreté de ces fontaines;

8-3. Prévention médicale :

Le médecin du travail a une responsabilité spécifique à différents niveaux:

- Sélection médicale des salariés affectés à ce type de tâches ;
- Surveillance régulière de l'état de santé des salariés ;
- Amélioration de la tolérance physiologique des salariés à la chaleur ;
- Formation et encadrement des salariés ;
- Supervision médicale directe de certaines opérations à contrainte élevée.

8-3-1. Sélection médicale des salariés:

Un écartement définitif doit être décidé pour les salariés souffrant de :

- ✓ une déficience congénitale en glandes sudoripares ;
- ✓ la mucoviscidose ;
- ✓ le diabète mal équilibré ou au stade de la polyneuropathie ;
- ✓ troubles cardiaques graves.

L'écartement est plus conditionnel dans le cas de certaines pathologies telles que les atteintes cardio-respiratoires chroniques, les pathologies endocriniennes et la prise de certains médicaments (les antidépresseurs tricycliques, les antihistaminiques, les diurétiques, les agents bêtabloquants,...).

8-3-2. Surveillance régulière de l'état de santé des salariés :

Le personnel de la forge et de la fonderie font partie des catégories de travailleurs hautement exposés aux risques professionnels, ils doivent bénéficier d'une surveillance médicale spéciale tout les 6 mois (Arrêté interministériel n° 33 du 9 juin 1997, fixant la liste des travaux où les travailleurs sont fortement exposés aux risques professionnels : risque chimique, travail à des hautes températures, ...).

8-3-3. Amélioration de la tolérance physiologique des salariés à la chaleur « acclimatement » : l'exposition du salarié non acclimaté doit être progressive les premiers jours et le salarié doit bénéficier d'un encadrement renforcé, et d'une surveillance médicale.

8-3-4. Formation et encadrement des salariés :

8-3-5. Supervision médicale directe de certaines opérations à contrainte élevée « surveillance d'opérations à risque » : la surveillance de la santé individuelle sur les lieux de travail s'impose dans certaines situations telles que :

- ✓ Une exposition susceptible d'être exceptionnellement sévère (par exemple lors d'un travail d'entretien particulier) ;
- ✓ Ou encore lorsque des vêtements de protection étanches doivent être utilisés (réduisant considérablement les échanges thermiques).

Dans ces circonstances, le médecin utilise son sens clinique et sa connaissance des symptômes d'intolérance pour apprécier la situation et décider arrêt ou non de l'exposition pour tel ou tel salarié, en s'appuyant sur des critères de jugement objectifs fournis par l'enregistrement de variables physiologiques d'astreinte (telles que la fréquence cardiaque, la température centrale et la perte de poids).

9. CONCLUSION

Ce travail nous a permis d'établir un état des lieux relatif à l'ambiance thermique chaude de travail en milieu industriel dans une grande entreprise du centre du pays. L'étude effectuée au niveau des deux unités fonderie-forge a montré un grand écart par rapport aux normes internationales en matière d'ambiance thermique de travail. Ce diagnostic a été établi par la mesure de l'indice WBGT qui est actuellement le seul paramètre demandé dans plusieurs pays notamment au Japon et dans certains pays anglo-saxons.

En l'absence d'une réglementation algérienne en matière de prévention et de réparation des effets dus à l'exposition à la chaleur (hormis le tableau 57 et le tableau 70 qui sont très limitatifs de point de vue de la pathologie et de la liste des travaux) qui protégerait les salariés, le médecin de travail reste démuné face à cette situation et se contente de rédiger des recommandations d'amélioration qui n'aboutissent pas.

L'aspect culturel est à prendre en considération dans les situations de travail à la chaleur, notamment le mois de jeûne où les travailleurs sont appelés à réaliser les mêmes tâches sans possibilité de se réhydrater de façon correcte. Ces situations concernent essentiellement les travailleurs des hauts fourneaux et les travailleurs au sud du pays. Dans le cas de perspectives de recherche, il serait intéressant d'initier une étude sur l'ambiance thermique de travail pendant le mois de carême dans les secteurs d'activités exposant à la chaleur.

Bibliographie :

- (1) Arrêté interministériel du 5 mai 1996 fixant la liste des maladies présumées d'origine professionnelle.
- (2) Arrêté interministériel du 09 juin 1997 fixant la liste des travaux ou les travailleurs sont fortement exposés aux risques professionnels.
- (3) Décret exécutif n°91-05 du 19 janvier 1991 relatif aux prescriptions générales de protection applicables en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail.
- (4) Claude Thony et Norbert vieux. Pratique des visites d'entreprises et des études de postes. Etude de l'ambiance thermique à un poste de travail exposé à la chaleur, 1996, 141-148, 267-275.
- (5) Loi n° 88-07 du 26 janvier 1988 relative à l'hygiène, la sécurité et la médecine du travail.
- (6) Malchaire J. Stratégie générale de gestion des risques professionnels. Illustration dans le cas des ambiances thermiques au travail. Cah Notes DOC – hygiène et sécurité au travail – N°186, premier trimestre, 2002.
- (7) Malchaire J. Stratégie SOBANE et guide de dépistage DEPARIS, direction générale, Humanisation du travail, janvier 2007.
- (8) Malchaire J. Stratégie SOBANE et méthode de dépistage DEPARIS, série stratégie SOBANE. Gestion des risques professionnels, SPF emploi, travail et concertation sociale, 2003.

- (9) Malchaire J. Travail à la chaleur. Encyclopédie Médico – Chirurgicale 16 – 782 – A – 10, 2004, 1 – 4, 9 – 11.
- (10) Mairiaux Ph, Malchaire J. le travail en ambiance chaude. Principes, méthodes, mise en œuvre. Paris Masson, 1990, 5, 6, 13, 23 – 44, 45 – 55, 87 – 100.
- (11) Meyer JP, Vogt J et al. Compagne de comparaison de la validité respective des principaux indices de contrainte thermique. Institut national de recherche et de sécurité (CECA n°7247 – 22 – 006), juin 1997.
- (12) Norme ISO 7243. Ambiances thermiques chaudes – Détermination de l'indice de la contrainte thermique WBGT, 2002.
- (13) Norme ISO 7730. Ambiances thermiques chaudes - Détermination analytique et interprétation du confort thermique à l'aide des calculs des indices PMV et PPD et confort thermique local, 2003.
- (14) Norme ISO 7933. Ambiances thermiques chaudes – Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondée sur le calcul de la sudation requise. Organisation Internationale de Normalisation, Genève, 2002.
- (15) Norme ISO 8996. Ergonomie des ambiances thermiques – Détermination de la production de chaleur métabolique, 2003.
- (16) Norme ISO 9886. Ergonomie des ambiances thermiques – Evaluation de l'astreinte thermique par mesures physiologiques, 2002.
- (17) Norme ISO 9920. Ergonomie des ambiances thermiques – Détermination de l'isolement thermique vestimentaire et de la résistance à l'évaporation d'une tenue vestimentaire, 1995.
- (18) Norme ISO 15265. Ergonomie des ambiances thermiques. Stratégie d'évaluation du risque pour la prévention de contrainte ou d'inconfort dans des conditions de travail thermique.
- (19) Spitzer H. Tables donnant la dépense énergétique en calories pour le travail physique. L'étude du travail, 1965.