Article 16

Climat des locaux

Tous les locaux doivent être suffisamment ventilés, naturellement ou artificiellement, en fonction de leur utilisation. La température ambiante, la vitesse et l'humidité relative de l'air doivent être calculées et réglées les unes par rapport aux autres de telle façon que le climat des locaux soit adapté à la nature du travail et ne soit pas préjudiciable à la santé.

Le présent article décrit, de manière générale et distincte, les prescriptions à respecter pour la température, la vitesse et l'humidité de l'air ainsi que la teneur en dioxyde de carbone (CO_2). Les paramètres doivent être réglés les uns par rapport aux autres de manière à garantir un climat qui ne nuise pas à la santé. En raison de la complexité technique du domaine, il convient de présenter d'abord les principales règles de protection de la santé avant d'entrer dans le détail des prescriptions issues des normes dans l'annexe technique.

Température ambiante

Une température adaptée à l'être humain et à ses activités est l'un des critères climatiques physiques des plus importants. Il faut distinguer différentes définitions du terme physique « température » :

- Température de l'air :
  température de l'air au lieu examiné (au poste de travail)
- Température de l'air ambiant :
  température de l'air au milieu d'une pièce, mesurée à 1 m du sol

  La température de l'air et la température de l'air intérieur se mesurent et s'évaluent à l'aide d'un thermomètre.
- Température ambiante (température opérative)
  Ce paramètre correspond à la température ressentie par l'être humain au lieu examiné (poste de travail). Elle est décisive pour le confort thermique des personnes (voir explication dans l'annexe technique). Elle est composée de la température de l'air au lieu examiné et de la température de rayonnement des surfaces environnantes (sols, cloisons, plafonds etc.). La plupart des prescriptions des normes font référence à la température ambiante. Pour mesurer et évaluer la température, il faut inclure dans l'analyse tous les paramètres physiques mentionnés (voir annexe technique « Température ambiante »).

La relation entre température ambiante et température de l'air est décrite à l'annexe technique « Température ambiante ». S'il existe un grand écart entre la température de l'air et celle des surfaces environnantes, la température de l'air diffère de la température ambiante. C'est par exemple le cas dans un bâtiment dont un mur est exposé au rayonnement solaire (surtout à la saison chaude) ou en raison de parois peu isolantes et lorsqu'on utilise des dispositifs climatiseurs locaux (par ex. plafond froid).
L'illustration 316-1 présente, au niveau de la physiologie du travail, les températures d'air favorables pour l'été et l'hiver, dans les bureaux et pour divers niveaux d'effort physique. Pendant les périodes de canicule, des températures plus élevées devront être temporairement tolérées dans les locaux dépourvus de refroidissement (SN 520 180). La brochure « *Travailler dans des bureaux en période de forte chaleur* » donne des conseils sur la manière de gérer la chaleur dans les locaux. La nécessité d'un refroidissement de l'air par des installations de ventilation lors de périodes saisonnières de forte chaleur est décrit dans la norme SN 546 382/1.

Les indications de température ambiante de la norme SN 546 382/1 s'appliquent aux locaux chauffés, refroidis ou ventilés mécaniquement : selon la température extérieure, elles se situent entre 20.5 °C et 26.5 °C. Dans les locaux partiellement climatisés, la différence entre la température extérieure et la température ambiante ne doit pas être excessive lors des périodes de chaleur (pas plus de 8 °C pour les locaux refroidis ; lorsque les températures extérieures dépassent 32 °C (pendant 48 h), ne pas réduire la température ambiante en-dessous de 26.5 °C).
Afin d'évaluer en profondeur la situation sur un poste de travail, il s'agit de déterminer le « confort thermique ». Pour ce faire, il convient de prendre en considération, outre la température de l'air et la température ambiante, l'activité physique, l'habillement, l'humidité et la vitesse de l'air (voir l'annexe « Confort thermique »).

Plages de température d'air adéquates au plan de la physiologie du travail	
Température de l'air (°C)	Activité
21 … 23	Travail de bureau Travail assis (saison froide, hiver, « période de chauffage »)
23 … 26	Travail de bureau Travail assis (saison chaud, été, « période de refroidissement »)
18 …. 21	En position debout et en mouvement Effort physique léger à modéré (par ex. préparation de commandes)
16 … 19	Effort physique modéré (par ex. montage)

Illustration 316-1: Plages de température d'air adéquates au plan de la physiologie du travail pour différentes activités physiques

[1] Pendant les périodes de forte chaleur, des températures supérieures doivent être tolérées (cf. rubrique « Annexe technique »).

Pour le « confort local » (c-à-d. le ressenti des extrémités du corps), les différences de température locales entre le plafond et le sol (ou entre la tête et les chevilles) doivent également être prises en compte : La température de l'air au niveau du sol ne devrait pas être inférieure de plus de 3 °C à celle à hauteur de la tête. La température de la surface au sol devrait se situer entre 19 °C au minimum et 28 °C au plus. Les sols froids (béton, métal) requièrent des revêtements isolants et le port de chaussures isolantes, à mettre à disposition par l'employeur.
En vertu de l'ordonnance sur la protection de la maternité, les travaux effectués à l'intérieur par des températures ambiantes supérieures à 28 °C doivent être considérés comme dangereux pour les femmes enceintes. L'évaluation doit être confiée à un spécialiste, qui mesurera pour ce faire non seulement la température de l'air, mais aussi la température de rayonnement des surfaces délimitant le local (voir ci-dessus et à l'annexe : « Température ambiante »). En outre, pour pouvoir évaluer la situation dans son ensemble, il faut prendre en compte le confort thermique (voir l'annexe technique : « Confort thermique »).

Humidité de l'air

Chez une personne en bonne santé, les muqueuses des voies respiratoires présentes dans les cavités nasales et la trachée constituent un système d'humidification performant (voir la fiche d'information de l'Office fédéral pour l'énergie, OFEN). Le taux optimal d'humidité relative au niveau physiologique se situe entre 30% et 60 %. Ces valeurs ne sont pas absolument strictes. Une humidité trop faible ou trop élevée est défavorable à la santé et peut endommager à terme les bâtiments et doit donc être évitée. Lorsque l'humidité est trop faible, les voies respiratoires risquent de se dessécher ; à partir d'environ 60 % d'humidité, l'air paraît « lourd » et étouffant, surtout à températures ambiantes élevées. Les taux d'humidité trop élevés peuvent endommager le bâtiment (par

ex. par développement de moisissures). Il faut garder à l'esprit que les prescriptions des normes se réfèrent à l'humidité spécifique et non à l'humidité relative (→ voir l'annexe technique « Humidité de l'air »).
L'illustration 316-2 présente les plages d'humidité relative agréables au niveau physiologique pour l'hiver (à des températures de l'air situées entre 21 et 23 °C) et pour l'été (entre 23 °C et 26 °C).

Humidité relative de l'air
Hiver : 30-50 %
Été : 40-60 %

Illustration 316-2: Prescriptions pour les plages d'humidité relative agréables sur le plan physiologique (Plateau suisse)

Au-delà d'un certain niveau, l'air « lourd », est ressentie comme désagréable, surtout lorsque la température intérieure est élevée. Les conditions sont tolérables au niveau physiologique lorsque l'humidité relative est limitée aux valeurs arrondies suivantes :

à partir de 24 °C : < 60 %
à partir de 26 °C : < 55 %
à partir de 28 °C : < 50 %

Dans les locaux de travail où l'humidité relative est trop faible en permanence (par ex. locaux de production nécessitant des conditions sèches), l'air doit autant que possible être exempt de poussières. Il faut en outre mettre de l'eau potable à disposition des travailleurs.
En l'absence de besoins particuliers quant au climat des locaux, humidifier l'air ambiant, surtout pendant les périodes de chauffage, n'est pas nécessaire et consomme trop d'énergie. La norme SN 546 382/1 et la fiche d'information « Humidification de l'air » de l'OFEN (805.162.1) expliquent les circonstances où une humidification artificielle est indiquée. Cette brochure traite aussi des décharges électrostatiques dues à une trop faible humidité.
Pour des indications techniques en lien avec l'humidité de l'air, veuillez consulter l'annexe technique « Humidité de l'air »

Vitesse de l'air et risques de courants d'air

Les courants d'air peuvent provoquer un sentiment d'inconfort au poste de travail, en particulier lorsque l'on travaille en position assise, même si la vitesse de l'air est faible. En présence de courants d'air, la peau ne perçoit pas le mouvement de l'air, mais de faibles variations de température. La sensibilité à ce phénomène varie d'une personne à l'autre (sexe, âge, état de santé, etc.). Les plaintes concernant les courants d'air doivent être prises au sérieux et tirées au clair, dans la mesure où elles peuvent engendrer des problèmes de santé, de l'insatisfaction et une baisse des performances au poste de travail.

Les courants d'air peuvent être causés par :

- des portes et fenêtres ouvertes ou perméables ;
- des fenêtres et cadres avec une isolation thermique insuffisante (valeur U élevée) ;
- des parois extérieures avec une isolation thermique insuffisante ou comportant des lacunes d'isolation ;
- de grandes surfaces vitrées (courants catabatiques), éventuellement sans radiateurs appropriés ;
- des locaux hauts de plafond (courants catabatiques) ;
- des installations de climatisation (courants d'air à proximité du poste de travail) ;
- Bouches de soufflerie à proximité du poste de travail.

L'illustration 316-3 présente la vitesse de l'air local moyenne admissible à diverses températures locales dans un bureau, sous ventilation mécanique/naturelle. Du point de vue physiologique, l'organisme tolère des vitesses supérieures lorsque la température intérieure est élevée. En 'été, dans les bâtiments à ventilation naturelle, des ventilateurs peuvent être utiles pour refroidir les locaux. Toutefois, l'effet de refroidissement provoqué par la

transpiration n'est efficace qu'à des températures inférieures à 30-32 °C environ. Lorsque les températures sont basses, la sensibilité aux courants d'air augmente, d'où les valeurs admissibles moins élevées (voir l'annexe technique « Risque de courants d'air »).
Pour des activités artisanales et industrielles, des vitesses légèrement supérieures sont admissibles, voire avantageuses. Exemples : lors du port de vêtements de protection pour travailler à des postes de peinture pourvus d'une arrivée et évacuation directe de l'air, ou travaux pénibles en général.
Les courants d'air désagréables, inévitables pour des raisons techniques, peuvent être en partie compensés par une température de l'air plus élevée (ou, à la rigueur, par une réduction de l'humidité). Pour les travaux dangereux au sens de la directive CFST 6508, l'équipement de protection individuelle prime toujours sur le confort thermique.

Climat des locaux et « confort thermique »

Les paramètres décrits ci-dessus (température, humidité et vitesse de l'air, etc.) doivent être réglés les uns par rapport aux autres de telle façon que le climat des locaux soit favorable à la santé. Pour ce faire, le concept de « confort thermique » intègre plusieurs paramètres et facteurs dans une évaluation globale permettant de calculer un indice de confort (PMV = Predicted Mean Vote = vote moyen prévisible du confort thermique), ainsi qu'un pourcentage d'insatisfaction parmi une population statistique moyenne (PPD = predicted percentage dissatisfied = Pourcentage prévisible d'insatisfaits du confort thermique) (voir l'annexe technique « Confort »).
Le confort thermique est atteint lorsque la régulation thermique de l'organisme (absorption et émission de chaleur) est en équilibre avec les facteurs environnementaux. Le corps humain perd la plus grande partie de sa chaleur par le rayonnement, l'évaporation de la transpiration, l'expiration et la conduction (chaleur de contact). Les facteurs déterminants pour l'équilibre thermique de l'être humain sont : la température ambiante (température de l'air et des surfaces délimitant le local), la vitesse et la turbulence de l'air, l'humidité relative de l'air, ainsi que l'activité et l'isolation des vêtements.
La norme SN EN ISO 7730 tient compte de ces facteurs pour calculer le confort thermique (voir l'annexe technique « Confort thermique »). Le résultat permet de prédire un pourcentage statistique de personnes insatisfaites (PPD). Dans les bureaux au moins la catégorie B (max. 10 % de personnes insatisfaites, voir l'annexe technique « Confort thermique ») doit être atteinte.

Locaux Température de l'air [°C]	Vitesse maximale de l'air par type de ventilation et niveau de sensibilité [m/s]		
	Ventilation mécanique	Ventilation mécanique	Ventilation naturelle
	« sensible »	« normal »	« les deux groupes »
20	0.10	0.12	0.15
22	0.11	0.14	0.17
24	0.12	0.16	0.19
26	0.14	0.18	> 0.20

Illustration 316-3: Vitesses maximales de l'air en fonction de la température locale de l'air et du type de ventilation. Hypothèses : ventilation mécanique DR = 15 % (DR = Draft Risk = risque de courants d'air), ventilation naturelle DR = 20 % (les deux avec un degré de turbulence de 50 % selon SN EN 520 180, complétées par le calcul pour DR = 10 %, pour les personnes particulièrement sensibles)

Outre le confort global, il faut aussi prendre en considération le confort local. Cette notion concerne en particulier la sensibilité des extrémités (bras vs. mains, jambes vs. pieds, tête vs. nuque) aux courants d'air (voir l'annexe technique « Confort thermique »).

Qualité de l'air sur la base du « dioxyde de carbone CO_2 »

Les critères de qualité générale de l'air sont décrits dans le commentaire de l'article 18 OLT 3 (Pollution de l'air). Les normes classent en général le dioxyde de carbone (CO_2) sous le chapitre « Climat des locaux ». Dans les locaux dépourvus de sources de polluants internes, l'être humain est la principale source de CO_2, d'odeurs et de germes. Le CO_2 fait office de « paramètre indicatif » de la qualité de l'air ; la concentration de CO_2 est fonction de l'occupation du local et des conditions de ventilation.

L'illustration 316-4 présente la classification de la qualité de l'air en fonction de la concentration de CO_2 du point de vue de la protection de la santé et de SN 546 382/1 pour les locaux à ventilation mécanique. Les concentrations supérieures à 1'000 ppm de CO_2 peuvent provoquer des états de fatigue et de malaise, des troubles de la concentration et des maux de tête transitoires. Des valeurs très élevées sur plusieurs heures entraînent des baisses notables de performance et une fatigue considérable (→ risque accru en cas d'activités de surveillance). La teneur en CO_2 de l'air extérieur et de l'air intérieur non pollué s'élève à environ 380-450 ppm.

L'air est considéré comme de bonne qualité lorsque la concentration de CO_2 est inférieure à 1'000 ppm. Dans les locaux à ventilation mécanique, le débit d'air neuf (= air extérieur) doit être réglé de manière à ce que la concentration de CO2 atteigne la catégorie de qualité d'air intérieur (INT) appropriée pour l'usage prévu du local.

Dans les locaux à ventilation naturelle, la concentration de CO_2 est fonction du nombre de personnes dans le local et du comportement de ventilation (la fréquence d'aération). Lorsque le local est très peuplé et que le renouvellement de l'air est faible, le taux de CO_2 augmente rapidement ; un bon comportement d'aération permet de pal-

Concentration de CO_2 dans l'air am-biant [ppm]	Termes Qualité de l'air, notion « protection de la santé »	Qualité de l'air classification selon SN 546 382/1 (locaux à ventilation mécanique)
≤ 1'000*	bonne à très bonne	élevée (INT 1) moyenne (INT 2)
> 1'000…1'400	moyenne	moyenne (INT 3)
> 1'400...2'000	faible	faible (INT 4)
> 2'000	inacceptable sur le plan de l'hygiène Possibles atteintes à la santé Dans les locaux à ventilation naturelle : nécessité d'agir à 2000 ppm (valeur maximale) : → aérer régulièrement en créant un courant d'air ; → étudier une amélioration de l'aération du lo-cal.	inacceptable sur le plan de l'hygiène Locaux à ventilation mécanique : → examen technique de l'installation, des données des plans, etc.

Illustration 316-4: Classes de qualité de l'air selon la terminologie de la protection de la santé et selon SN 546 382/1 (pour les locaux à ventilation mécanique). *Nombre de Pettenkofer pour une bonne qualité d'air : 1'000 ppm de CO_2. INT = qualité de l'air intérieur.

lier ce problème. Au plus tard à partir d'un seuil de 2000 ppm de CO_2, il faut aérer intensivement (voir l'annexe « Qualité de l'air, dioxyde de carbone »).

Annexe technique

Température ambiante

Comparaison entre température ambiante et température de l'air ambiant
La température ambiante se mesure (de manière similaire au confort thermique) au moyen de capteurs de mesure pour la température de l'air et la température de rayonnement (globe noir) (voir l'illustration 316-12). La température ambiante est une valeur moyenne entre la température de l'air et la température de rayonnement des surfaces délimitant le local, pondérée par la vitesse de l'air.
Relation : température ambiante, température de l'air et température de rayonnement des surfaces environnantes (valable pour les vitesses d'air moyennes < 0.2 m⁄sec) :

$$T_{amb} = 0.5 \times (T_{air} + T_{m,rayonnement}) \quad [°C]$$

T_{amb}	=	Rtempérature ambiante en °C
T_{air}	=	température de l'air en °C
$T_{m,rayonnement}$	=	moyenne des températures de rayonnement des surfaces délimitant le local en °C

Illustration 316-5 : Valeurs cibles selon SNR 592 024 pour les locaux à ventilation mécanique dans des bureaux et les bases de calcul (vitesse de l'air, humidité relative, habillement (clo) et activité (met)).
La température ambiante (température ressentie) dans les locaux de bureaux (chauffés, refroidis ou à ventilation mécanique) se situe entre 20.5 et 26.5°C, selon la température extérieure moyenne glissante sur 48 h (SN 546 382/1).
Pour les locaux à ventilation naturelle (hors période de chauffage et sans refroidissement), la température ressentie devrait se situer entre 20.5 et 25 °C (période froide) ou 22°C et 30.5 °C (période chaude), selon la température extérieure moyenne mobile sur 48 h (SN 520 180).

Température ambiante agréable en fonction de l'activité et de l'habillement

L'activité physique (→ dégagement de chaleur) d'une personne et le type de l'habillement (= résistance thermique) déterminent le confort thermique (SN EN ISO 7730). L'activité détermine l'activité métabolique de l'organisme, indiquée en « met » (= metabolic activity) avec l'unité : Watt/m2 de surface corporelle. Un adulte pesant 70 kg dégage environ 100 Watt sous forme de chaleur.

Conditions extérieures	Critères de dimen-sionnement selon SNR 592 024	Base de calcul
	Température de l'air ambiant (°C)	
Hiver (période de chauffage)	20 … 24	Vitesse de l'air max. 0.13 m/s Humidité rel. 30 % Valeur clo 1.0 / valeur met 1.2
Été (période de refroidis-sement)	23.5 ... 26.5	Vitesse de l'air max. 0.18 m/s Humidité rel. 60 % Valeur clo 0.5 / valeur met 1.2 Valable uniquement pour les locaux à refroidissement méca-nique !

Illustration 316-5: Valeurs de dimensionnement pour les températures de l'air ambiant dans les locaux de bureaux selon SNR 592024

L'isolation des vêtements se mesure avec l'unité « clo » (= clothing, vêtements/habillement), indiquant la résistance à la conductivité thermique. Cette valeur peut varier entre 0 et 3, selon l'isolation des vêtements. 0 correspondant à un état de nudité intégrale et 3 à l'habillement adéquat aux conditions hivernales les plus rudes. La norme fournit des indications plus détaillées quant à l'habillement. Pour les travaux de bureau en été, on supposera une valeur clo de 0.5 à 0.8 ; pour l'hiver 1.0 à 1.2.

L'illustration 316-6 présente de manière schématique diverses températures et plages de températures ressenties comme optimales (pour les locaux chauffés ou refroidis) pour diverses activités (ou émission de chaleur, axe des y) et différents niveaux d'habillement (clo) (axe des x). (Exemple : travail de bureau (met = 1.2 clo = 1.0) → température ambiante 21.5 °C et marge de dispersion ± 2.5 °C).

Plus l'activité est pénible physiquement parlant, plus la température ambiante devrait être basse. Par exemple, s'il est vrai qu'une température ambiante de 22 °C est ressentie comme agréable par les personnes portant des vêtements relativement chauds du type chemise à manche longue / pantalon / pull, 15 °C suffisent avec le même habillement s'agissant de travailleurs exerçant une activité moyennement pénible en position debout (p. ex. montage). L'habillement doit toujours être adapté à la performance physique et aux conditions extérieures, en fonction de la saison.

Humidité de l'air

L'humidité de l'air est définie dans les normes par sa teneur en eau. Elle est exprimée moyennant un rapport de masse (humidité spécifique/absolue) : g de vapeur d'eau par kg d'air sec, voir SN 546 382/1 pour les ventilations mécaniques. La valeur

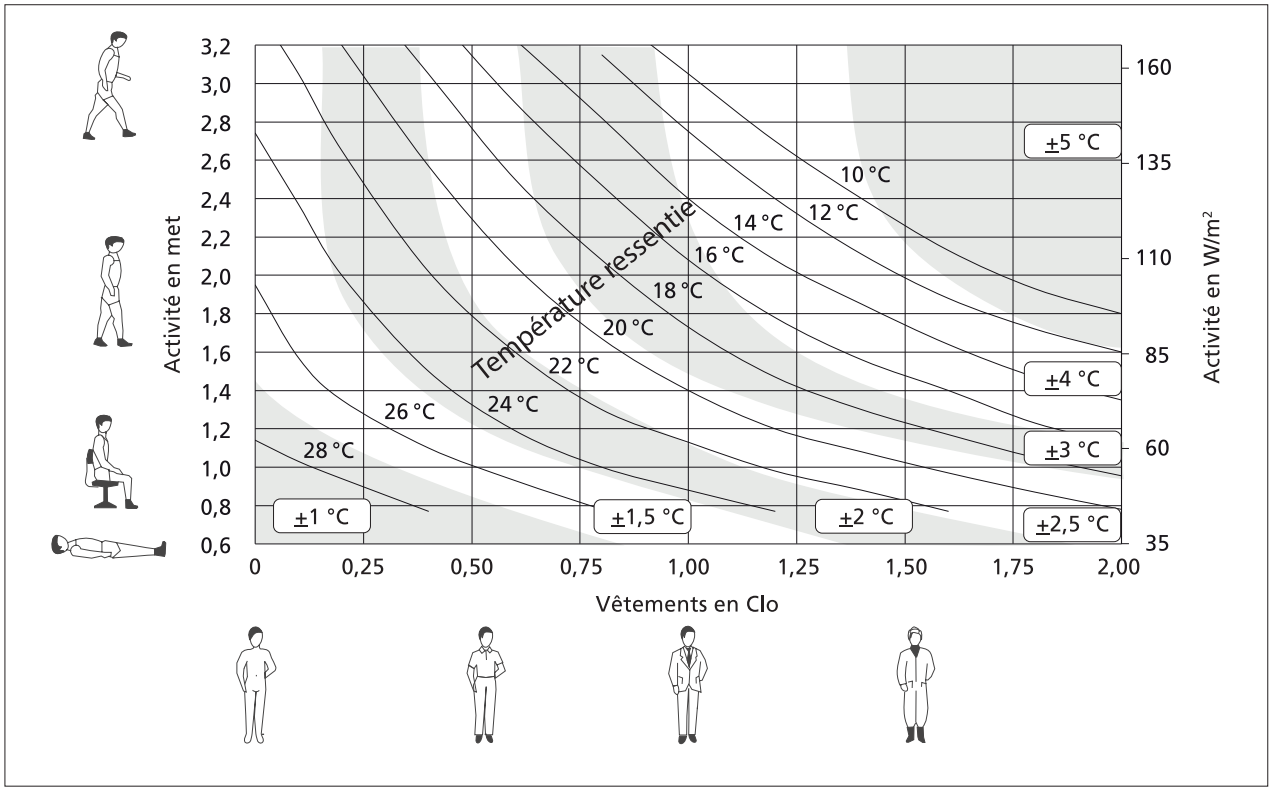

Illustration 316-6: température ressentie optimale en fonction de l'activité et de l'habillement (selon SN EN ISO 7730 et SN 520 180) pour les locaux chauffés/refroidis ; (hypothèses : humidité de l'air 50 %, vitesse de l'air≤ 0.1 m/s, PPD ≤ 10 %). (Source: SN EN ISO 7730)

absolue est indépendante de la pression atmosphérique et de l'altitude. L'humidité relative par contre varie en fonction de la pression et de l'altitude. L'humidité relative prend en général pour point de référence le Plateau suisse (jusqu'à une altitude max. de 800 m ; pour les conversions, voir SN 520 180).
SN 546 382/1 prend les seuils d'humidité supérieur et inférieur comme référence. L'illustration 316-7 présente la plage optimale au niveau physiologique pour l'humidité relative de l'air et les valeurs de référence normatives (voir le cahier technique SNR 592024). Le tableau présente les limites de température permettant de respecter les seuils inférieur et supérieur de la teneur en eau selon SN 546 382/1 (4.9 g/kg = seuil inférieur, 13.7 g/kg = seuil supérieur ; hypothèse pour le seuil de confort : 12.4 g/kg). Les prescriptions d'humidité minimale des normes doivent aussi être respectées dans les locaux sans humidification active.
Les autres indications de SN 530 180 et SN 546 382/1 doivent être prises en compte : les valeurs limites ne sauraient être dépassées de plus de 10 % pendant toute la durée d'utilisation. Afin d'éviter tout endommagement du bâtiment et tout risque de moisissures, la moyenne journalière doit rester en-deçà des limites supérieures. Les deux normes fournissent des informations détaillées à ce sujet (conditions d'application de ces prescriptions : ventilation mécanique, humidification, déshumidification, refroidissement, chauffage).

Vitesse de l'air et risque de courants d'air

L'évaluation du risque de courants d'air a pour but de limiter une trop grande perte de chaleur par les parties du corps sensibles aux courants (nuque, pieds).
Le risque de courants d'air (DR = Draught Rating, Draft Risk) se calcule d'après les paramètres suivants :

- température locale,
- vitesse de l'air,
- turbulence de l'air

set les facteurs individuels suivants :

- type d'habillement/tenue vestimentaire (=clo) et activité métabolique (=met) (voir SN EN ISO 7730 et SN 520 180).

La valeur DR indique le pourcentage statistique de personnes insatisfaites à cause des courants d'air.
Les normes indiquent la vitesse de l'air maximale admise en pratique pour certaines températures de l'air, en admettant un certain degré de turbulence et avec une activité et un habillement donnés.
L'illustration 316-8 présente la vitesse moyenne locale de l'air admissible en fonction de la température d'air locale au poste de travail. Postulat de base : turbulence = 50 %, risque de courants DR = 15 % (pour ventilation mécanique), DR = 20 %

Humidité relative selon critères de dimensionnement SNR 592024 pour bureaux	Limite inférieure et supérieure d'humidité SN 546382/1 (rapport de masse, g d'eau par kg d'air)
Hiver (période de chauffage) ≥ 30 % à 50 %	Limite inférieure : 4.9 g/kg : correspond ≈ min. 30 %, à une température < 21 °C limite supérieure : 13.7 g/kg : → correspond à max. ≈ 62 % à une température > 26 °C Attention : seuil de confort (12.4 g/kg) → voir le chapitre Humidité de l'air : max. 55 % à 26 °C
Été (période de refroidissement) 40 à ≤ 60 %	

Illustration 316-7: Valeurs de référence pour l'humidité relative dans les bureaux (base physiologique) et seuils de température calculés sur la base de la norme SN 546 382/1) pour le Plateau suisse : 400 m / pression absolue p = 966 hPa

(pour la ventilation naturelle), voir SN 520 180. L'illustration représente aussi, en-dessous, la courbe pour les personnes et postes de travail sensibles (DR = 10 %) (pertinente seulement en-dessous de 24 °C).

Confort thermique selon SN EN ISO 7730

Champ d'application spatial
Les recommandations quant au confort thermique doivent être respectées pendant toute la durée d'utilisation. Les indications des normes s'appliquent à une certaine zone de séjour, supposant des distances minimales suivantes par rapport aux surfaces qui la délimitent (sols, cloisons, plafonds) (exemples) :

- distance par rapport aux fenêtres / portes sur l'extérieur : 1.0 m
- distance par rapport aux parois intérieures/extérieures 0.5 m

Les normes SN 520 180 et SN 546 382/1 constituent la base de la planification du climat des locaux. Une évaluation globale du confort thermique doit prendre en compte l'inconfort local dans la zone de travail.

Indice de confort PMV et pourcentage prévisible de personnes insatisfaites PPD

Les six paramètres suivants, combinés au moyen d'une formule empirique complexe connue sous le nom de modèle de Fanger, permettent de calculer le PMV (predicted mean vote = vote moyen prévisible du confort thermique) :

- Température au globe thermomètre (°C)
- Température de rayonnement (°C)
- Température de l'air (°C)

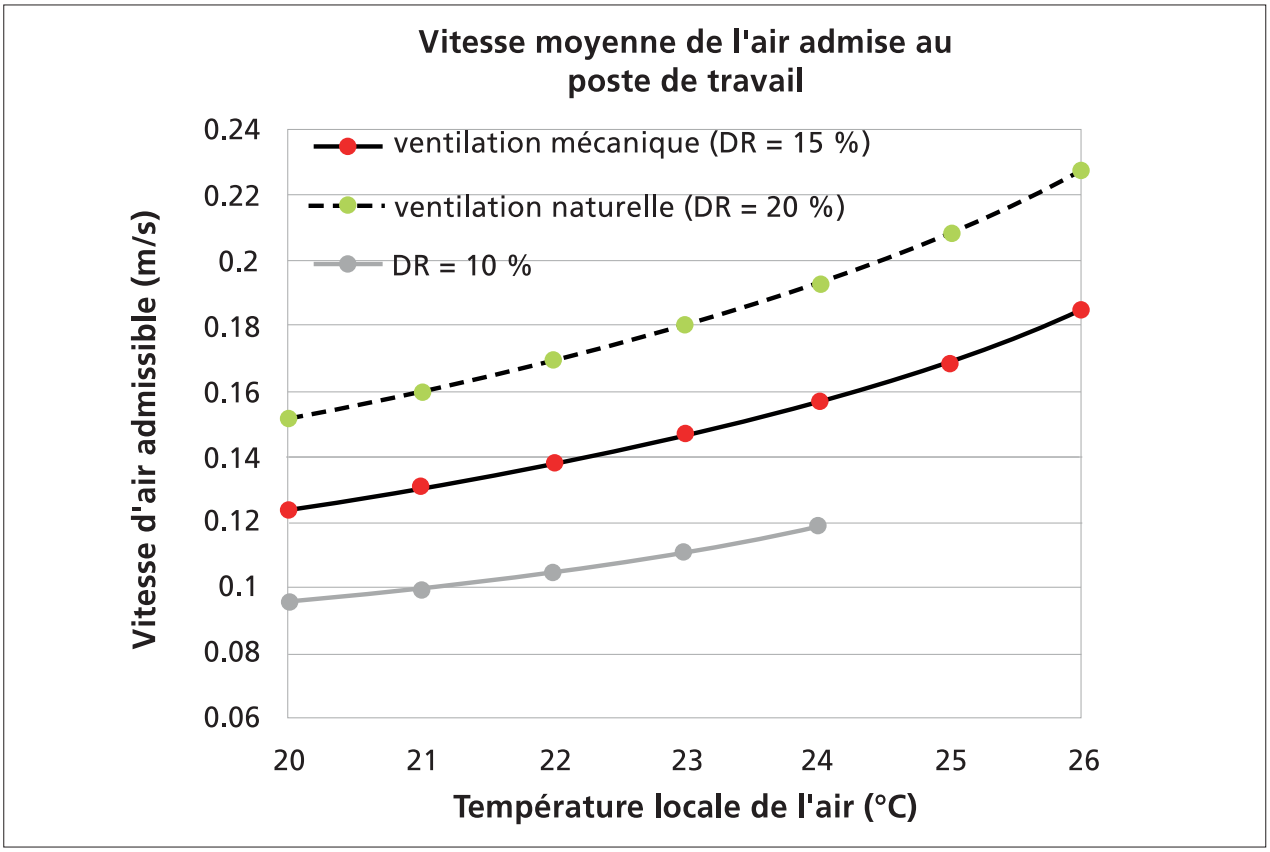

Illustration 316-8: Vitesse locale de l'air moyenne admise au poste de travail, en fonction de la température locale de l'air, pour ventilation mécanique, naturelle et personnes / zones de travail sensible

- Humidité de l'air (%)
- Vitesse de l'air (m/s)
- Activité : valeur met (-)
- Habillement : valeur clo (-)

En règle générale, il se situe entre -3 et +3. 0 correspond à la valeur neutre, d'un confort optimal. La valeur PPD (predicted percentage dissatisfied = pourcentage prévisible de personnes insatisfaites), résultant aussi d'un calcul, indique le pourcentage des personnes insatisfaites avec le climat du local. Un PPD de moins de 5 % correspond à un PMV de 0 et reflète un confort thermique optimal. D'un point de vue statistique, même sous conditions climatiques optimales, il peut y avoir 5 % de personnes insatisfaites !
Ces calculs reposent sur les données d'études scientifiques réalisées dans les années 80 auprès de personnes invitées à évaluer subjectivement leur confort sous diverses conditions climatiques expérimentales. Ces résultats ont donné lieu à la norme SN EN ISO 7730 (voir SN 520 180).

Catégories
Pour un espace de bureau, l'objectif est d'atteindre la catégorie B, avec un pourcentage de personnes insatisfaites ≤ 10 % PPD (catégorie B) / un PMV situé entre -0.5 (légèrement frais) et +0.5 (légèrement tiède). Les scores PMV/PPD concernent le corps entier. Il faudra donc dans certains cas encore déterminer l'inconfort local (par ex. tête/nuque).

Qualité de l'air sur la base du « dioxyde de carbone CO_2 »

Dans les locaux occupés par des personnes, sans sources de polluants, le dioxyde de carbone (CO_2) fait office d'indicateur de la qualité de l'air. S'agissant de la concentration en CO2 et en oxygène (O2) (cf. ci-dessous), on notera que la consommation d'oxygène par les personnes présentes dans une pièce ne fait pas diminuer de manière significative sa concentration dans l'air, sauf en cas d'incendie ou d'occupation très dense et prolongée du local en l'absence de renouvellement d'air.
Composition de l'air :

Air extérieur (niveau général)	Air exhalé
Oxygène: 21% = 210'000 ppm	18% = 180'000 ppm
Dioxyde de carbone 0.04% = 400 ppm	4% = 40'000 ppm
Consommation d'air en respirant (position assise tranquille) : env. 10 litres d'air par minute.	

La teneur en CO_2 dans l'air extérieur ou l'air intérieur non vicié est d'env. 0.04 % volume (400 ppm CO_2), celle de l'oxygène O_2 est d'env. 21 % (env. 210'000 ppm). Lors d'une activité bureautique normale, chaque personne exhale env. 18-22 l/h de CO2 avec une concentration de CO2 d'environ 35'000 ppm et d'O_2 d'environ 180'000 ppm. La proportion d'O_2 dans l'air s'élève à 21 % ; en général, la présence de personnes ne l'affecte pas de manière significative[2]. 1'000 ppm de CO_2 dans une salle diminuent la proportion d'O_2 que de 0.1 %.

[2] En comparaison, dans les locaux industriels appauvris en oxygène, les concentrations d'O_2 varient, en fonction des activités, de 13 à 17 %

PMV	Confort
-3	froid
-2	frais
-1	légèrement frais
0	neutre (⟶ 5 % d'insatisfaits !)
+1	légèrement tiède
+2	tiède
3	tiède

Illustration 316-9: redicted mean vote PMV ; (Vote moyen prévisible pour le confort thermique) (selon SN EN ISO 7730)

Catégorie	PPD [%]	PMV [-]
Catégorie A	≤ 6	-0.2 … +0.2
Catégorie B	≤ 10	-0.5 ... +0.5
Catégorie C	≤ 15	-0.7 … +0.7

Illustration 316-10: Définition des catégories de PPD (=Pourcentage prévisible d'insatisfaits du confort thermique) et de PMV (vote moyen prévisible) (selon SN EN ISO 7730)

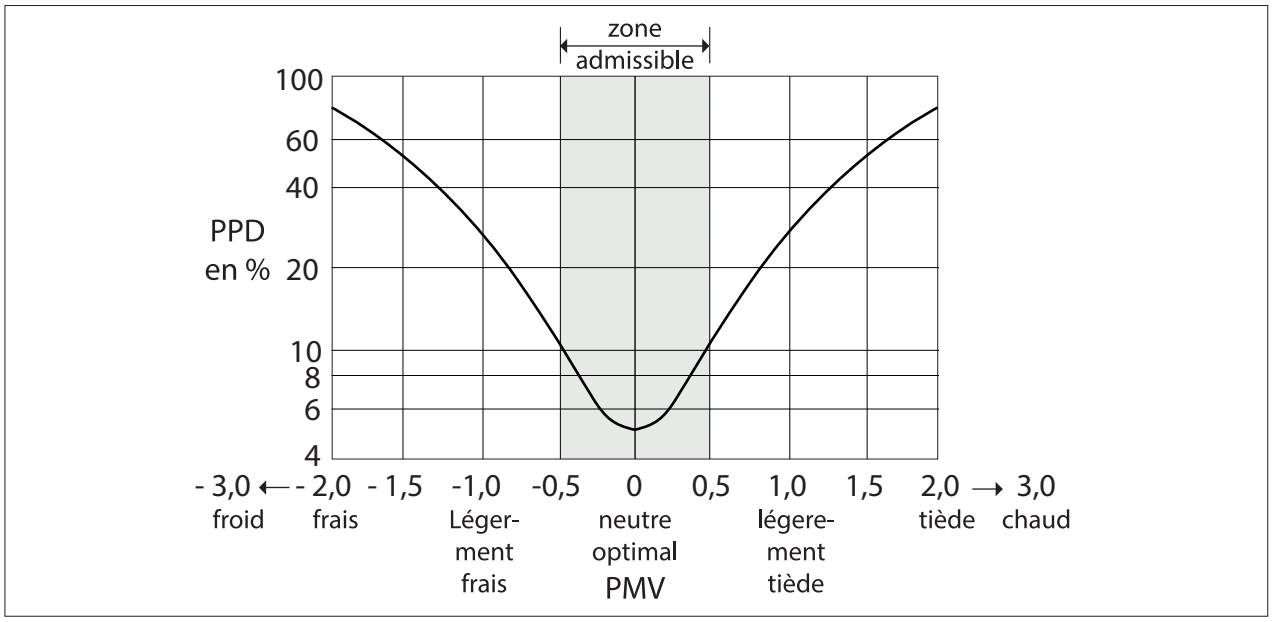

Illustration 316-11: Relation entre PMV et PPD et zone admissible pour la catégorie B avec PPD < 10 %.
(selon SN EN ISO 7730)

Illustration 316-12: Dispositif de mesure du climat des locaux : capteurs de mesure de gauche à droite :
thermomètre globe (« globe noir ») (1), capteur de CO2 (2), capteurs d'humidité relative, température d'air et pression atmosphérique (3), capteur de vitesse d'air (anémomètre)(4).

Dans les locaux à ventilation mécanique et à condition que l'apport en air frais corresponde au taux d'occupation, la concentration de CO_2 se situe dans les limites des catégories de qualité d'air intérieur (INT) recommandés (voir illustration 316-4 et SN 546 302/1).
Dans les locaux à ventilation naturelle, la concentration de CO_2 peut augmenter rapidement, en fonction du taux d'occupation et de l'insuffisance du renouvellement de l'air. Un régime d'aération approprié s'impose par conséquent. Au plus tard à partir d'un seuil de 2'000 ppm de CO_2, une aération intensive est nécessaire.

Contrainte liée à la chaleur dans les espaces confinés pendant les canicules

En cas de travail dans des locaux dépourvus de possibilités d'abaissement de la température, des troubles de santé liés à la chaleur peuvent survenir pendant les périodes de canicule. Certains groupes de travailleurs sont particulièrement exposés, par exemple les femmes enceintes, les individus en surcharge ou déficit pondéral et les collaborateurs âgés. Lorsque les températures excèdent 30 °C, une vigilance accrue est requise dans la mesure où, passé ce seuil, les affections liées à la chaleur sont susceptibles de se manifester relativement vite. De l'eau fraîche devrait toujours être mise à disposition. Par ailleurs, les tâches effectuées dans des cabines de conducteur non climatisées (par exemple bus, véhicules utilitaires, trams, grues, locomotives) comptent au nombre des activités réputées pénibles du fait de la température et exigent des mesures de protection particulières, vu que la température intérieure peut dépasser de beaucoup celle régnant à l'extérieur. Le système cardiovasculaire est fortement sollicité et l'attention diminuée. Les cabines de chauffeur devraient dès lors être équipées, autant que faire se peut, d'installations de climatisation. À défaut, des mesures de soulagement sont à prendre (par exemple régime des pauses, boissons).

Indice de chaleur pour l'estimation de la contrainte liée à la chaleur

Les indices de chaleur (par exemple HUMIDEX, WBGT) qui définissent la température ressentie sur la base de la température de l'air mesurée, de l'humidité relative et d'autres paramètres (par exemple la vitesse de l'air) constituent des outils précieux pour évaluer la contrainte liée à la chaleur. Agissant sur la thermorégulation du corps, notamment la transpiration, ces facteurs influencent considérablement la sensation de bien-être. Ainsi, une humidité importante entrave la transpiration de la peau et, combinée à une température élevée, engendrera une impression de chaleur étouffante. Or, ce phénomène affecte la circulation sanguine beaucoup plus sérieusement que la chaleur sèche. Cela explique pourquoi l'organisme supportera nettement mieux des températures torrides dépassant 40 °C dans des régions désertiques que la chaleur modérée de 30 °C dans une forêt tropicale où règne en revanche une humidité de 100 % h.r.. La contrainte due à la chaleur est un risque qui croît à mesure que la température et l'humidité de l'air augmentent. Un indice de chaleur traduit comment ces facteurs combinés influence la sensation éprouvée de facto par une personne et son bien-être.
En période caniculaire et pour des activités à l'intérieur de bâtiments, les indices climatiques permettent une estimation approximative de la contrainte thermique, cela sur la base de diverses hypothèses.
A l'aide de telles méthodes, il est possible d'établir de manière empirique une température corrigée (p. ex. WBGT), respectivement de manière analytique un indice climatique (p. ex. Humidex, PMV, PPD). Ces valeurs sont classées dans des catégories de risques données, impliquant la prise de mesures de protection appropriées.
Les organes d'exécution des cantons ou le SECO sont en mesure de fournir toutes informations complémentaires.

Références

Normes :

- *Norme SN 520 180 « Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments »*
- *Norme SN 546 382/1 « Installations de ventilation et de climatisation - Bases générales et performances requises »*
- *Norme SN EN ISO 7726 « Ergonomie des ambiances thermiques — Appareils de mesure des grandeurs physiques »*
- *Norme SN EN ISO 7730 « Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local »*
- *Norme SN EN ISO 7243 « Ergonomie des ambiances thermiques — Estimation de la contrainte thermique basée sur l'indice WBGT (température humide et de globe noir) » (ISO 7243)*

Règle suisse :

- *SNR (règle suisse) 592024 SIA « Données d'utilisation des locaux pour l'énergie et les installations du bâtiment »*

Cahiers techniques, flyers ; Brochures:

- *Aide-mémoire SECO « Travailler dans des bureaux en période de forte chaleur »*
- *Aide-mémoire Suva 44021 « Humidification de l'air »*
- *Humidification de l'air – Fiche d'information pour les spécialistes de la branche de la ventilation, de l'architecture et de l'exploitation des bâtiments, OFEN, n° 805.162.1F, www.publicationsfederales.admin.ch*