



LE CONFORT THERMIQUE DES TERRAINS DE JEU :

revue de la littérature et enquête
auprès d'experts

National Program for Playground Safety



PRÉPARÉ POUR



Conseil canadien des normes
Standards Council of Canada

Canada



© National Program for Playground Safety de l'Université de Northern Iowa, 2020. Rapport préparé pour le Conseil canadien des normes, dans le cadre du projet n° 2019-64. Ce projet a été financé par le Programme de normes favorisant la résilience des infrastructures du Conseil canadien des normes, selon les orientations du Bureau des changements climatiques et de l'innovation de Santé Canada.

Préparé pour

Le Conseil canadien des normes

Auteurs

Eric Kennedy, Ph. D.^{a, b}
Heather Olsen, D. Éd.^{a, c}
Jennifer Vanos, Ph. D.^{c, d}

a National Program for Playground Safety (NPPS)

b Université Bucknell, Département de génie biomédical

c Université du Northern Iowa

d Université d'État de l'Arizona, École de développement durable

Équipe de projet

Daniel Vecellio, M. Sc., Université A&M du Texas

Kayla Dustin, chercheuse de premier cycle,
National Program for Playground Safety (NPPS)

Anna Bourke, chercheuse de premier cycle,
National Program for Playground Safety (NPPS)

Brooke Brown, chercheuse de premier cycle,
National Program for Playground Safety (NPPS)

Citation suggérée :

Kennedy, E., Olsen, H., and Vanos, J. (2020). Le confort thermique des terrains de jeu : revue de la littérature et enquête auprès d'experts (Rapport technique). National Program for Playground Safety, Université de Northern Iowa, 37 p. + annexes.

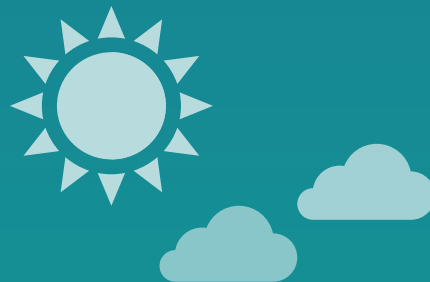


Table des matières

Sommaire	1
1. Introduction et contexte	3
1.1 L'enfant, le jeu et les terrains de jeu.....	4
1.2 Qu'est-ce que le confort thermique?	5
1.3 Confort thermique au terrain de jeu	6
2. Méthodologie.....	7
2.1 Revue de la littérature	7
2.2 Enquête sur le confort thermique et les terrains de jeu	7
2.3 Annexe informative sur le confort thermique	8
3. Revue de la littérature.....	9
3.1 Climat	9
3.2 Confort thermique dans les aires de jeu et les environnements extérieurs	14
3.3 Considérations sur la sécurité des enfants dans les terrains de jeu	17
3.4 Pratiques exemplaires dans la conception de terrains de jeu thermiquement confortables	20
4. Résultats de l'enquête et analyse.....	23
4.1 Expérience professionnelle des répondants	23
4.2 Priorités dans l'aménagement de terrains de jeu.....	24
4.3 Jeux d'eau et eau potable.....	25
4.4 Ombre dans les terrains de jeu	26
4.5 Facteurs environnementaux et jeu chez l'enfant	27
4.6 Données de l'enquête sur les facteurs environnementaux.....	28
4.7 Caractéristiques et éléments d'un aménagement thermiquement confortable.....	28
5. Analyse.....	31
5.1 Considérations sur le confort thermique dans l'aménagement des terrains de jeu	32
5.2 Sensibilisation et recherche	32
6. Conclusion	35
Annexe A	36
Introduction	36
Objectif des lignes directrices	36
Quatre facteurs du confort thermique.....	36
Conditions et pratiques d'aménagement ayant une influence sur le confort thermique	38
Caractéristiques et éléments ayant une influence sur le confort thermique	39
Définitions.....	40
Publications de référence pour les lignes directrices recommandées	41
Outils et ressources utiles	42
Remerciements	42
Références du rapport technique.....	43

Remerciements

Le présent rapport s'appuie sur les recherches du National Program for Playground Safety, dont les travaux ont été appuyés par le Programme de normes favorisant la résilience des infrastructures du Conseil canadien des normes, selon les orientations du Bureau des changements climatiques et de l'innovation de Santé Canada. Nous aimerions remercier tout particulièrement Gregory R.A. Richardson et Marla Desat du soutien et des conseils qu'ils nous ont offerts tout au long du projet. On obtiendra davantage de renseignements sur le projet de recherche en consultant <https://www.scc.ca/fr> ou en écrivant à info@ccn.ca.

Nous aimerions remercier ces personnes pour leur contribution :

Peter Ashmore, éducateur de la petite enfance

Mélanie Beaudoin, Institut national de santé publique du Québec

Bryan Belair, KSL Design

Scott Belair, Reliable Reporting

Ron Bernasch, JSW Associates

Sheila Boudreau, Emmons & Olivier Resources (EOR), Inc. et Université Ryerson

Robert Brown, Université A&M du Texas, Urbanisme et architecture de paysage

Fred Cahill, District scolaire du comté de Palm Beach

Heidi Campbell, Evergreen

Rowland Cave-Browne-Cave, Parcs municipaux de la Ville de Belleville

Cam Collyer, Evergreen

Andy Constantinou, Safe Play Recreation Inc.

Paul Coseo, Université d'État de l'Arizona, École de design, Herberger Institute for Design and the Arts

Tony DeJongh, ABC Récréation

Beverlie Dietze, Collège de l'Okanagan

Suzanne Dobbison, Cancer Council Victoria, Centre for Behavioural Research in Cancer

Ted Hoogstraten, inspecteur de terrains de jeu

Rolf Huber, Canadian Playground Advisory

Mark Koch, Blue Imp Recreational Products

Kenneth S. Kutska, International Playground Safety Institute

Ariane Middel, Université d'État de l'Arizona

Safoura Moazami, Santé publique Toronto

Marianne Mokrycke, OMC Landscape Architecture

Tim Richards, BC Recreation and Parks Association

Benjamin Ruddell, Université de Northern Arizona

Emmanuel Rondia, Conseil régional de l'environnement de Montréal

Alexandra Rutledge, Santé Canada

Leticia Ryan, Johns Hopkins Medicine

Jim Sanders, Playchek Services Inc.

Christine Simpson, Christine Simpson Consulting

Meghan Talarowski, Studio Ludo

Michelle Tustin, Crosby Hanna & Associates

Deb Veccia, Parcs municipaux de Chatham-Kent

Shelley Wagner-Trombley, ABC Récréation

Troy Wilkinson, District scolaire du comté de Palm Beach

Geeta Yadav, Skin Science Dermatology



SOMMAIRE

Les enfants sont attirés par les terrains de jeu; ce sont des lieux de plaisir et de rassemblement pour eux, leur famille, leurs amis et leur communauté. C'est pourquoi tout ce qui fait obstacle au jeu – températures ou conditions dangereuses, par exemple – peut nuire à leur santé et à leur bien-être.

En raison de divers facteurs liés à l'âge, les enfants sont plus vulnérables que les adultes à la chaleur du milieu ambiant et au stress thermique (Berry et coll., 2014). Comme ils ont la peau plus sensible, ils sont également plus susceptibles d'attraper un coup de soleil ou de se brûler (Volkmer et Greinert, 2011). L'augmentation prévue du nombre de journées très chaudes dans de nombreuses régions du Canada aura des répercussions importantes sur la santé humaine; il est donc de plus en plus important de tenir compte du confort thermique dans la planification, l'aménagement et la gestion d'espaces extérieurs (Berry, McBean et Séguin, 2008). En veillant à la sécurité et au confort thermiques des équipements et des aires de jeu en toute saison, on encouragera les enfants à jouer dehors et à être actifs plus longtemps.

Le présent rapport vise à renseigner le lecteur sur le confort thermique dans le contexte des terrains de jeu. Il présente aussi des principes d'aménagement visant à améliorer le confort thermique des terrains de jeu, ainsi que certaines particularités techniques couramment utilisées pour favoriser la sécurité et le confort des terrains de jeu en toute saison. Les lignes directrices présentées ici sont largement basées sur la littérature théorique et la littérature grise portant sur les terrains de jeu et le confort thermique, ainsi que sur les connaissances et les avis de divers experts du Canada et d'ailleurs. Ces lignes directrices peuvent être appliquées dès maintenant par les concepteurs et intégrées aux futures normes sur l'aménagement et les équipements.

Pour formuler des recommandations fondées sur des données probantes, l'équipe de projet du National Program for Playground Safety a produit les documents suivants, inclus dans le présent rapport :

1. **Une revue de la littérature** axée sur le confort thermique et le microclimat des terrains de jeu, les changements climatiques et les chaleurs extrêmes en contexte canadien, et la santé et la sécurité des enfants, en lien avec l'adaptation à la chaleur en milieu urbain et dans les terrains de jeu.
2. **Une évaluation des besoins exhaustive** – à laquelle a contribué tout un éventail de chercheurs, de scientifiques et d'experts – à partir de différents points de vue sur le confort thermique et les terrains de jeu. Elle a servi de base à l'élaboration de recommandations sur le confort thermique à placer en annexe de la prochaine version de la norme CAN/CSA Z614, *Aires et équipements de jeu*.
3. **Des recommandations sur l'aménagement et la gestion**, des suggestions pratiques pour la création d'espaces extérieurs thermiquement confortables pour encourager les enfants à jouer dehors et à être actifs. Les recommandations sont basées sur la revue de la littérature et les contributions des experts. La dernière partie du document fait état de la nécessité de continuer à recueillir des données et de quantifier les effets du confort thermique sur le jeu des enfants.
4. **Des recommandations sur les études à mener** : les données recueillies dans la littérature et l'enquête sur l'évaluation des besoins ont mis en lumière l'importance du confort thermique dans la création d'espaces extérieurs propices au jeu. Si le projet était surtout axé sur la formulation de recommandations sur le confort thermique à placer en annexe de la prochaine version de la norme CAN/CSA Z614, l'évaluation

des besoins et la revue de la littérature ont également permis d'en dégager quant aux études à mener pour améliorer le confort thermique des terrains de jeu au Canada. Le présent rapport propose donc des mesures qui dépassent la portée du projet.

5. **Un projet d'annexe informative sur le confort thermique**, qui a été soumis à l'Association canadienne de normalisation pour qu'elle envisage de l'inclure dans la prochaine version de la norme CAN/CSA Z614, *Aires et équipements de jeu*. Cette annexe présente un sommaire des pratiques ainsi que des suggestions d'aménagement pour améliorer le confort thermique des terrains de jeu. Ces lignes directrices s'appliqueraient dès la planification de l'aménagement d'un terrain de jeu.

Le rapport fait état d'un large consensus dans la littérature et chez les experts interrogés quant à l'importance du confort thermique dans les terrains de jeu. Les experts conviennent cependant que la gestion des déterminants environnementaux du confort thermique n'a pas été traitée avec autant d'attention que d'autres facteurs de sécurité présentés dans les normes sur l'équipement et l'aménagement (p. ex. matériaux, intégrité structurale, revêtements, inspection, entretien, etc.). Les experts interrogés, aussi bien théoriciens que praticiens (p. ex. architectes du paysage, concepteurs de terrains de jeu, ingénieurs, chercheurs en santé de l'enfant et éducateurs), s'entendent pour dire que le confort thermique pourrait et devrait être abordé dans les normes de sécurité sur les terrains de jeu. Il est essentiel d'étudier les liens entre les normes sur les équipements et l'aménagement des terrains de jeu, d'une part, et les aspects thermiques et environnementaux, d'autre part, pour aider l'ensemble des collectivités canadiennes à réfléchir à ces questions afin de se donner un cadre sur la sécurité et le confort thermiques dans les terrains de jeu.

Introduction et contexte



En 2014, le Groupe CSA a publié la cinquième édition de la norme CAN/CSA Z614, *Aires et équipements de jeu*, qui traite de mesures de sécurité contribuant à réduire le risque de blessures graves (CSA, 2014). Bien que la version actuelle de la norme fasse souvent référence à la chaleur, elle ne traite pas systématiquement de la façon de concevoir l'équipement de jeu et d'aménager l'espace pour tenir compte des chaleurs extrêmes. En octobre 2018, après avoir assisté à un exposé de Jennifer Vanos (Université d'État de l'Arizona) et Gregory R.A. Richardson (Santé Canada), le comité technique *Aires et équipements de jeu* (TC-S704) a convenu d'y ajouter une courte annexe informative à l'intention des praticiens sur la conception d'aires et d'équipements de jeu thermiquement confortables l'été, dans le contexte global d'un aménagement bioclimatique.

En mars 2019, le Conseil canadien des normes (CCN) a demandé au National Program for Playground Safety de revoir la littérature publiée sur le sujet et de communiquer avec des experts pour évaluer les besoins des parties prenantes, afin de formuler des recommandations sur la prise en compte du confort thermique dans les normes sur les aires et équipements de jeu, dans un contexte de changement climatique. L'annexe devait notamment se baser sur les meilleures données disponibles et sur une étroite concertation avec les parties prenantes. Le projet d'annexe, qui présente les résultats de recherches fondées sur des données probantes, a été remis au Groupe CSA en mai 2019 afin que le comité technique puisse en tenir compte dans la rédaction de la nouvelle édition de la norme CAN/CSA-Z614-14 *Aires et équipements de jeu*.

Le projet fait partie du Programme de normes favorisant la résilience des infrastructures du CCN, qui soutient l'élaboration de toute une gamme de documents de normalisation sur l'adaptation des infrastructures aux répercussions des changements climatiques. L'initiative comprend divers volets : un guide de normalisation pour les données météorologiques, l'information climatique et les prévisions relatives aux changements climatiques; l'élaboration et la révision de normes et de lignes directrices sur la préparation des infrastructures canadiennes aux changements climatiques; et le financement de nouvelles normes et lignes directrices pour renforcer les infrastructures du Nord.

1.1 L'enfant, le jeu et les terrains de jeu

Le jeu, c'est-à-dire la participation à une activité pour le plaisir, est le principal moyen de développement physique, social, émotionnel et intellectuel d'un enfant. Le jeu est jugé si essentiel au développement de l'enfant et à sa santé physique et mentale qu'il est explicitement mentionné dans l'article 31 de la *Convention relative aux droits de l'enfant* de l'ONU (Cohen, 1989).

Les terrains de jeu sont très appréciés en milieu urbain parce qu'ils favorisent le bien-être et le développement physique et social des enfants. Ce sont des lieux de plaisir et de rassemblement pour les enfants, leur famille, leurs amis et leur communauté. Malheureusement, aux États-Unis, environ 200 000 enfants se retrouvent aux urgences chaque année après s'être blessés dans un terrain de jeu (Adelson et coll., 2018). Des études rapportent que les terrains de jeu sont la principale cause de blessures subies pendant les loisirs chez les enfants d'un à sept ans, et la deuxième (après le vélo) chez les enfants de huit et neuf ans (Schwebel et coll., 2014). Au terrain de jeu, les fractures représentent plus de 90 % des blessures nécessitant une hospitalisation; elles sont surtout causées par des chutes, qui entraînent plus de 75 % de toutes les blessures (Laforest et coll., 2001; Mowat, 1998).

Malgré l'existence de nombreuses normes sur les surfaces et les équipements de jeu (Groupe CSA, ASTM International, ISO), le nombre de blessures stagne (Macarthur et coll., 2000; Keays et Skinner, 2012). Lors de l'aménagement ou du réaménagement d'un terrain de jeu, il faut bien sûr prendre en compte les éléments qui pourraient nuire au jeu, comme les risques posés par certains matériaux ou équipements, mais il est tout aussi important d'étudier les risques environnementaux. Une surexposition à des conditions entraînant un inconfort thermique (p. ex. températures ou rayonnements dangereux) peut également nuire à la santé et au bien-être de l'enfant. Elle peut aussi entraîner des problèmes à court terme comme le stress thermique et les malaises dus à la chaleur (Berry et coll., 2014; Vanos, 2015), ainsi que des problèmes de santé chroniques qui surviennent parfois des années plus tard, comme le cancer de la peau causé par une surexposition au rayonnement solaire (Dennis et coll., 2008; American Cancer Society, 2013).

Dans le passé, la prévention dans les terrains de jeu misait surtout sur l'intégrité et la conformité des

Les risques environnementaux dans les terrains de jeu de plus en plus étudiés

- L'exposition aux rayons UV et les coups de soleil pendant l'enfance sont liés à de nombreux cas de mélanomes et de cancers de la peau chez l'adulte (Dennis et coll., 2008; American Cancer Society, 2013).
- C'est souvent dans les terrains de jeu que l'on trouve les surfaces les plus chaudes en milieu urbain, ce qui amplifie les chaleurs extrêmes; par ailleurs, la plupart des terrains de jeu manquent d'ombre. (Olsen, Kennedy et Vanos, 2019; Bloch, 2019).
- Les recherches montrent que les matériaux actuels, pendant la période la plus chaude et ensoleillée (10 h à 14 h), peuvent exposer les enfants à des températures et à des équipements dangereux (Vanos et coll., 2016).

équipements et des matériaux, de sorte à minimiser les blessures (décès, fractures, traumatismes crâniens, etc.). Cependant, aucune recherche exhaustive n'a encore étudié les effets d'une exposition à des températures ou à des rayonnements extrêmes sur la santé des enfants, ni la façon dont l'aménagement ou les matériaux peuvent prévenir les maladies ou les blessures cutanées dues à la chaleur. Étant donné le nombre de blessures subies dans les terrains de jeu et les risques environnementaux élevés pour les enfants, il est crucial que les chercheurs et les praticiens comprennent mieux les effets combinés de l'aménagement des terrains de jeu sur les facteurs de risque (p. ex. exposition aux rayons UV, risques environnementaux, amortissement des impacts, blessures dues aux chutes et autres blessures courantes) afin d'améliorer l'aménagement des terrains de jeu, d'encourager les enfants à jouer, d'approfondir leurs connaissances sur le confort thermique chez l'enfant et surtout, de promouvoir la santé à court et à long terme.

Enfin, un terrain de jeu bien aménagé peut contribuer à faire aimer le plein air : il doit être adapté aux étapes de développement, inclusif, sécuritaire et thermiquement confortable pour que les enfants et les familles puissent s'y amuser librement (figure 1). Le confort thermique d'un terrain de jeu conditionne à la fois le niveau d'activité et la durée de fréquentation. Si les enfants trouvent le parc ou le terrain de jeu inconfortable, ils ont tendance à y rester moins longtemps ou à y être moins actifs (Vanos et coll., 2017a), et font donc moins d'exercice.



Figure 1.
Jeu actif dans un terrain de jeu confortable.

1.2 Qu'est-ce que le confort thermique?

Le confort thermique se définit comme un sentiment de satisfaction quant à l'environnement thermique. Il dépend de facteurs environnementaux (exposition au soleil, circulation de l'air, humidité et température de l'air) et comportementaux (habillement et activité physique), mais aussi psychologiques (expériences, attentes, durée de l'exposition, entre autres) (Nikolopoulou et Steemers, 2003).

Chaque aire de jeu a ses propres conditions atmosphériques locales, qui diffèrent de celles du secteur et de la région; ce microclimat dépend de divers facteurs anthropiques et naturels. La configuration particulière des températures, des vents, du rayonnement et du taux d'humidité dépend de diverses caractéristiques locales comme l'ombre, la végétation, le revêtement des surfaces et les structures. Le microclimat d'un terrain de jeu peut grandement influencer sur la fréquentation des parcs et des aires

de jeux, et donc sur le niveau d'activité physique (Semenzato et coll., 2011; Vanos et coll., 2017a; Huang et coll., 2016; Nasir et coll., 2013). **La sécurité et le confort thermiques sont essentiels à l'optimisation de l'expérience physique, sociale et émotionnelle de l'enfant pendant le jeu.**

En raison de divers facteurs liés à l'âge, les enfants sont plus vulnérables que les adultes à la chaleur du milieu ambiant et au stress thermique. Comme ils ont la peau plus sensible, ils sont également plus susceptibles d'attraper un coup de soleil ou de se brûler (Volkmer et Greinert, 2011). En assurant le confort thermique des équipements et des aires de jeux en toute saison, on encourage les enfants à sortir, à jouer et à être actifs plus longtemps.

L'augmentation prévue du nombre de journées très chaudes dans de nombreuses régions du Canada

aura des répercussions importantes sur la santé humaine; il est donc de plus en plus important de tenir compte du confort thermique dans la planification, l'aménagement et la gestion d'espaces extérieurs (Berry, McBean et Séguin, 2008). Par exemple, d'ici 2050, on prévoit une augmentation du nombre annuel de journées très chaudes (de 24 à plus de 40) à Windsor, la ville la plus méridionale du Canada, par rapport à la période 1976-2005 (Atlas climatique du Canada, 2018).

Lorsqu'on parle de confort thermique, on pense souvent aux chaleurs d'été, mais le froid peut également nuire à l'expérience de jeu. La recherche montre que les variations météorologiques et les changements de saisons influencent le comportement et le niveau d'activité physique (Tucker et Gilliland, 2007). Bien que le présent rapport traite surtout du confort thermique en été, il aborde la question du confort thermique en toute saison, puisque de nombreuses régions du pays connaissent quatre saisons bien distinctes, dont un hiver long et rigoureux. Le Canada est un grand pays, dont le climat varie beaucoup selon les régions. Les recommandations présentées ici sont donc globales et s'appliquent dans différentes zones géographiques et climatiques. La section *Sensibilisation et recherche* de la partie 5 souligne la nécessité de continuer à recueillir des données et, surtout, de quantifier les effets du confort thermique sur le jeu chez l'enfant.

1.3 Confort thermique au terrain de jeu

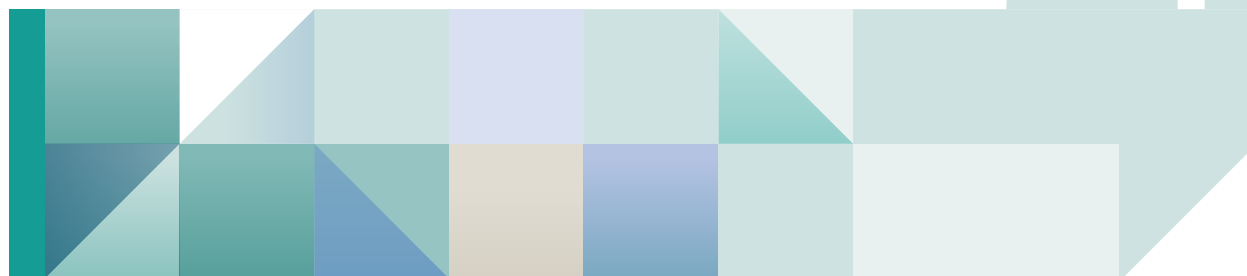
Le concept de confort thermique remonte aux années 1970 (Fanger, 1970), mais il est encore très peu appliqué au jeu des enfants et aux terrains de jeu. S'il est préoccupant de constater que les enfants passent de moins en moins de temps à jouer, il est particulièrement inquiétant de voir qu'ils jouent de moins en moins dehors (Burdette et Whitake, 2005). Cela pourrait être dû à des lacunes dans l'aménagement des espaces extérieurs qui les rendraient thermiquement inconfortables à certains moments de l'année; cette hypothèse doit cependant faire l'objet de recherches plus approfondies.

À l'heure où l'on constate dans le monde entier une augmentation des cas d'obésité infantile (Organisation mondiale de la Santé, 2019), le moment est bien choisi pour promouvoir le jeu en plein air (Murray et coll., 2013; RWJF, 2007), car les recherches montrent que le jeu non structuré favorise l'activité et la créativité chez l'enfant (Brussoni et coll., 2012; Ramstetter et coll., 2010; Pellegrini 2009). Par ailleurs, on s'intéresse de plus en plus aux avantages potentiels de l'aménagement de terrains de jeu naturels, qui amélioreraient les fonctions cognitives (Wells, 2000), le niveau d'activité physique (Dyment et Bell, 2007) et le comportement (Amoly et coll., 2014; Acar et Torquati, 2015), et répondraient mieux aux besoins des enfants, peu importe leur âge et leurs capacités (Dyment et Bell, 2007).

La publication de normes de sécurité comme CAN/CSA Z614, *Aires et équipements de jeu* (CSA, 2014) a contribué à prévenir les blessures et à améliorer la conception d'équipements et le choix de matériaux sécuritaires. Cependant, les normes actuelles excluent de nombreux facteurs importants, qui peuvent entraîner des blessures et des problèmes de santé chez les enfants, comme les températures extrêmes et l'exposition aux rayons UV (Moogk-Soulis, 2010; Vanos, 2015). Par ailleurs, les chaleurs extrêmes sont aggravées par les îlots de chaleur urbains et les conséquences du changement climatique; c'est souvent dans les terrains de jeu que l'on trouve certaines des surfaces les plus chaudes en milieu urbain, et il n'est pas rare que l'ombre y soit insuffisante (Olsen et coll., 2019; Bloch, 2019; Vanos et coll., 2016).

Étant donné les risques pour la santé des enfants (p. ex. augmentation des cas d'obésité et de l'exposition aux rayons UV), les conditions environnementales des terrains de jeu méritent qu'on s'y attarde. Il est impératif d'adopter **une vision plus globale de l'aménagement et de la sécurité dans les terrains de jeu** pour protéger la santé des enfants en prévenant l'hyperthermie, les brûlures thermiques, les coups de soleil et les maladies respiratoires (Hayes et coll., 2012; Winqvist et coll., 2016; Xu, Huang et coll., 2013), tout en favorisant l'activité physique grâce à l'aménagement d'espaces de jeu sûrs et propices à l'activité (Cosco et coll., 2014).

Méthodologie



Le présent rapport vise à renseigner le lecteur sur le confort thermique dans le contexte des terrains de jeu. Il présente des principes d'aménagement visant à améliorer ce confort thermique, ainsi que certains des aménagements couramment utilisés pour assurer la sécurité et le confort dans les terrains de jeu en toute saison. Le rapport aborde enfin la collecte et l'analyse de données en vue de la rédaction d'un texte qui pourrait être intégré dans les normes sur les équipements et l'aménagement, comme la norme CAN/CSA Z614, Aires et équipements de jeu.

2.1 Revue de la littérature

L'équipe de projet a passé en revue aussi bien la littérature théorique (articles scientifiques, revues à comité de lecture, monographies, etc.) que la littérature grise (magazines, livres, sites Web, lignes directrices, rapports techniques, etc.) afin de colliger et de rapporter les connaissances scientifiques sur les déterminants du confort thermique, ainsi que les pratiques exemplaires de gestion des facteurs environnementaux connexes.

Cette revue de la littérature a puisé à plusieurs sources, dans divers domaines : confort thermique, santé de l'enfant et stratégies d'aménagement, ainsi que températures extrêmes, chaleur, sécurité et autres facteurs environnementaux dans les terrains de jeu. Les documents consultés portent également sur la vulnérabilité des enfants devant les maladies dues à la chaleur, sur l'épidémiologie de l'exposition aux rayons UV et sur l'importance du jeu. L'équipe de projet a aussi étudié la littérature grise sur des sujets semblables, notamment des rapports d'administrations publiques, de secteurs d'activité ou d'organisations.

2.2 Enquête sur le confort thermique et les terrains de jeu

Pour mieux comprendre les liens entre le confort thermique et les autres aspects de la sécurité dans les terrains de jeu, le National Program for Playground Safety (NPPS), en concertation avec le groupe de travail sur le confort thermique du comité technique *Aires et équipements de jeu* (TC-S704) du Groupe CSA, a demandé à des experts de différents horizons d'exprimer leur jugement professionnel, de donner leur avis et de décrire leur expérience sur plusieurs sujets – santé et bien-être des enfants dans le jeu, conditions environnementales des terrains de jeu, confort thermique, aménagement des terrains de jeu et expérience des utilisateurs – en participant à *l'Enquête sur le confort thermique dans les aires de jeu pour enfants*. Toutes les méthodes d'enquête ont été révisées et approuvées par le comité d'éthique indépendant de l'Université Bucknell (n° 1819-076) au nom du National Program for Playground Safety de l'Université de Northern Iowa et de l'Université d'État de l'Arizona.

Au total, 80 experts ont été invités à participer à l'enquête, en fonction de leur domaine de spécialité et de leur expérience. De plus, comme il importait de recueillir des données sur le contexte canadien, ils ont aussi été recrutés en fonction de leur connaissance et de leur expérience des différentes régions du Canada. Dans l'ensemble, les répondants sont des spécialistes de diverses régions du pays ainsi que des experts d'envergure internationale. Au total, 55 personnes (69 %) ont répondu à l'enquête et fourni des renseignements.

L'enquête visait à recueillir leurs opinions et leur expérience sur quatre grands sujets :

- **Priorités pour les terrains de jeu** – Niveau de priorité des facteurs environnementaux par rapport aux autres facteurs de l'aménagement (notamment la sécurité)
- **Déterminants du confort thermique** – Perceptions quant à l'incidence de différents déterminants sur le confort thermique ou à leur importance relative
- **Stratégies d'atténuation** – Niveau de priorité de différents facteurs d'aménagement couramment associés à la gestion du confort thermique
- **Élaboration de normes** – Perceptions quant au traitement possible et souhaitable du confort thermique dans les normes; parallèlement, mise en lumière des suggestions les plus consensuelles et les plus convaincantes (sans être les plus connues), etc.

Les questions de l'enquête sont basées sur des concepts liés au confort thermique, tirés aussi bien de la littérature théorique (articles scientifiques, revues à comité de lecture, monographies, etc.) que de la littérature grise (magazines, livres, sites Web, lignes directrices, rapports techniques, etc.). Par exemple, on a demandé aux répondants de classer en ordre de priorité des caractéristiques qui améliorent la sécurité et le confort thermiques de l'enfant dans l'aire de jeu, comme l'ombre, l'utilisation de matériaux à faible réflectance solaire, la couleur et les matériaux des surfaces et des équipements et d'autres facteurs couramment mentionnés dans la littérature en rapport avec le confort thermique et l'aménagement. Certaines questions prenaient la forme d'une échelle de Likert des facteurs, alors que d'autres étaient des questions ouvertes. Les sections 4 et 5 présentent l'analyse des résultats ainsi que les recommandations qui ont servi à la rédaction d'une proposition de texte sur la prise en compte du confort thermique dans l'aménagement des terrains de jeu pour la prochaine édition de la norme CAN/CSA Z614, *Aires et équipements de jeu* (annexe A).

Domaines d'expertise des répondants :

1. **Climat/environnement** : Directeurs scientifiques, professeurs, chercheurs, ingénieurs spécialistes des écosystèmes
2. **Architecture paysagère, urbanisme, consultation en design** : Urbanistes, gestionnaires et exploitants de parcs municipaux, gestionnaires de l'aménagement de parcs, concepteurs de jeux, architectes du paysage
3. **Fabrication, installation, vente** : Installateurs de terrains de jeu (commerciaux, en bois ou en métal, recouvrement des surfaces), fabricants d'équipements
4. **Santé et bien-être de l'enfant** : Chercheur principal en prévention du cancer de la peau, professeurs, chercheurs en étude et prévention des blessures, pédiatres urgentologues, chercheurs
5. **Éducation, consultation, gestion des risques** : Consultants, experts en sécurité, adjoint de recherche en design, inspecteur de terrains de jeu

2.3. Annexe informative sur le confort thermique

Les résultats de l'enquête, combinés à la revue de la littérature, ont servi à interpréter les tendances et à formuler des recommandations sur les principaux facteurs environnementaux liés au confort thermique, ainsi que sur les diverses caractéristiques et pratiques de gestion et d'aménagement des terrains de jeu qui influencent le confort thermique.

C'est donc à partir de l'information recueillie dans la revue de la littérature et l'enquête que l'équipe de projet a rédigé une proposition d'annexe informative à la norme CAN/CSA Z614, *Aires et équipements de jeu*, en cours de révision. Cette annexe sur le confort thermique résume les pratiques et les suggestions d'aménagement qui peuvent améliorer le confort thermique d'un terrain de jeu. Les lignes directrices qui y figurent s'appliquent à la planification de l'aménagement et de la création d'un terrain de jeu.

L'annexe informative proposée en vue de la prochaine mise à jour de la norme CAN/CSA Z614, *Aires et équipements de jeu*, se trouve à l'annexe A du présent rapport.



Revue de la littérature

En 2014, le Groupe CSA a publié la cinquième édition de la norme CAN/CSA Z614, Aires et équipements de jeu, qui traite de mesures de sécurité contribuant à réduire le risque de blessures graves (CSA, 2014). Bien que la version actuelle de la norme fasse souvent référence aux conditions météorologiques, ni la norme elle-même ni ses annexes informatives ne traitent systématiquement de la façon de concevoir l'équipement de jeu et d'aménager l'espace pour tenir compte des chaleurs extrêmes et assurer le confort thermique. La revue de la littérature traite du confort thermique et des microclimats dans les terrains de jeu, du changement climatique et de la chaleur en contexte canadien, et de la santé et de la sécurité des enfants en ce qui touche le confort thermique, la chaleur et le rayonnement UV. On y dégage aussi les tendances émergentes en matière d'adaptation à la chaleur dans les zones urbaines et les terrains de jeu.

3.1 Climat

APERÇU DE LA VARIABILITÉ ET DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT

Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2014), le changement climatique se définit comme la « [v]ariation de l'état du climat, qu'on peut déceler [...] par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus. » On peut l'attribuer à deux types de facteurs. Le premier concerne la variabilité naturelle du système climatique, influencée par des éléments à la fois internes (p. ex. interactions océan-atmosphère comme El Niño-oscillation australe) et externes (p. ex. taches solaires ou cycles de Milankovitch). Le second a trait à l'influence anthropique (humaine), surtout à l'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre (GES) comme le dioxyde de carbone et le méthane dans l'atmosphère résultant de la combustion de combustibles fossiles. Ces gaz retiennent la

chaleur (l'énergie) dans le système terrestre; la quantité de chaleur emmagasinée augmente donc proportionnellement à la concentration de GES dans l'atmosphère. Les processus naturels équilibrent normalement les émissions de GES sur le long terme (trois décennies ou plus), mais l'explosion des sources anthropiques d'émissions de GES au cours du dernier siècle a considérablement accru l'énergie thermique disponible pour les processus atmosphériques (GIEC, 2014). Les records de température et les changements aux précipitations sont donc maintenant monnaie courante : 2018 arrive au quatrième rang des années les plus chaudes des temps modernes, avec une température moyenne supérieure de 0,83 % à la moyenne de la période 1951-1980, selon les données de la NASA et de la NOAA (NASA 2019). Selon Environnement et Changement climatique Canada (ECCC, 2015), de 1948 à 2013, la température moyenne annuelle au Canada a augmenté de 1,6 °C (par rapport à la moyenne de la période 1961-1990), le nord du pays enregistrant la plus forte hausse.

LE PASSÉ, LE PRÉSENT ET L'AVENIR DU CLIMAT CANADIEN

Le climat canadien se caractérise par sa diversité et sa variabilité : le long des côtes règne un climat maritime tempéré, alors qu'autour des Grands Lacs, il est plus chaud et plus humide; le climat de l'intérieur du pays est quant à lui sec et présente des températures extrêmes. La configuration des précipitations, des températures, des vents et des taux d'humidité, propre à chaque zone climatique, joue un rôle important dans la prise en compte du confort thermique pour l'aménagement d'espaces intérieurs ou extérieurs. On peut citer en exemple les villes situées dans les Prairies ou riveraines des Grands Lacs (comme Saskatoon, Winnipeg, Ottawa et Toronto), où les vagues de chaleur sont les plus fréquentes et les plus longues (Bellisario et coll., 2001; Smoyer-Tomic et coll., 2003).

L'augmentation record des températures au pays et son effet sur les maladies et les décès dus à la chaleur sont de mieux en mieux documentés (voir par exemple Cheng et coll., 2008; Seguin et Berry, 2008; Martin et coll., 2012). Une étude récente de Santé Canada (Vanos et Cakmak, 2014) a révélé une augmentation des masses d'air tropical, chaud et humide, dans la plupart des régions du pays (sauf complètement à l'ouest), qui remplacent

en été des masses d'air polaire, froid et sec. Ces résultats concordent avec les tendances à long terme observées aux États-Unis (Knight et coll., 2008; Vanos et Cakmak, 2013) et avec des études antérieures au Canada, comme celle de Vincent et coll. (2007) qui montrait une augmentation de la température de l'air, du point de rosée et de l'humidité spécifique d'un océan à l'autre. Ces augmentations se traduisent également par davantage de vagues de chaleur accablantes (temps chaud et humide).

La figure 2 montre les projections (valeurs futures) des températures estivales moyennes au Canada. Ces simulations sont basées sur le scénario d'émissions RCP 8.5, qui représente une augmentation du forçage radiatif (quantité d'énergie absorbée par mètre carré de sol) de 8,5 W/m² d'ici 2100, causée par le rejet continu de GES dans l'atmosphère; on appelle souvent ce scénario le « scénario du statu quo ». Les températures estivales moyennes devraient augmenter dans l'ensemble du pays. On s'attend à ce que dans la moitié sud du Canada, où vivent les deux tiers de la population, les températures de juillet et d'août soient supérieures de 5 °C aux valeurs du début de siècle, et à ce que cette hausse entraîne une augmentation de la fréquence des événements de chaleur extrême (Romero-Lankao et coll., 2014).

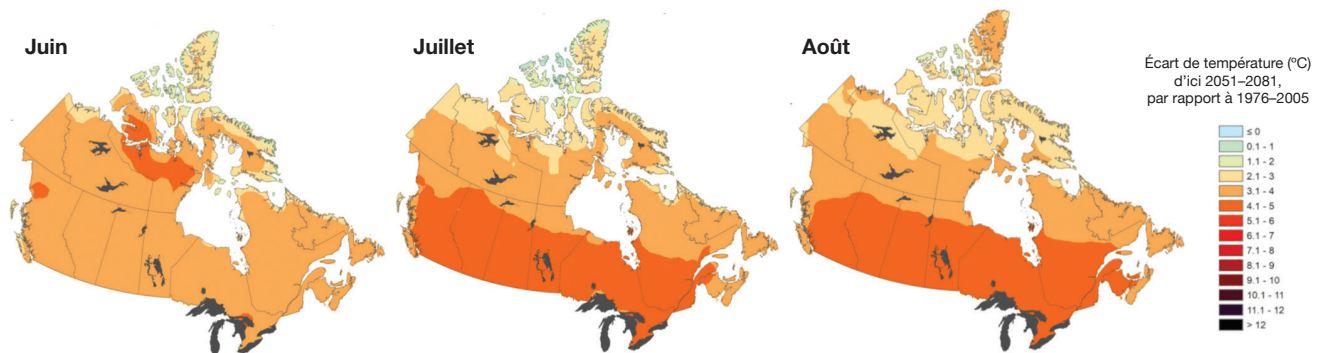


Figure 2.

Projections des températures estivales pour la période 2051-2081 par rapport à la période 1976-2005. Les cartes montrent une augmentation des températures estivales moyennes dans l'ensemble du Canada, selon le scénario d'émissions RCP 8.5. Les données à échelle réduite proviennent du Prairie Climate Centre (2017).

CHANGEMENTS CLIMATIQUES, EXPOSITION À LA CHALEUR EN MILIEU URBAIN ET SANTÉ HUMAINE

On s'attend à ce que les changements climatiques aggravent les chaleurs estivales, et les répercussions en milieu urbain seront exacerbées par l'effet d'îlot de chaleur urbain (Habeb et coll., 2015; Li et Bou-Zeid, 2013; Tan et coll., 2010). En 2017, 81 % des Canadiens (et 90 % des Ontariens) vivaient en milieu urbain, et ce nombre a explosé au cours du dernier siècle (Statistique Canada, 2017).

L'urbanisation modifie le paysage et donc le climat local. Elle amplifie l'effet d'îlot de chaleur urbain, qui, combiné au réchauffement climatique, a des effets importants sur les systèmes sociaux, économiques et sanitaires des villes, dès maintenant et pour longtemps (Grimmond et coll., 2010). La figure 3 illustre les îlots de chaleur urbains, avec de petits îlots de chaleur ou de fraîcheur. Comme on l'a dit, des études récentes font état de l'augmentation de la température des surfaces dans les terrains de jeu (Moogk-Soulis, 2010; Vanos et coll., 2016).

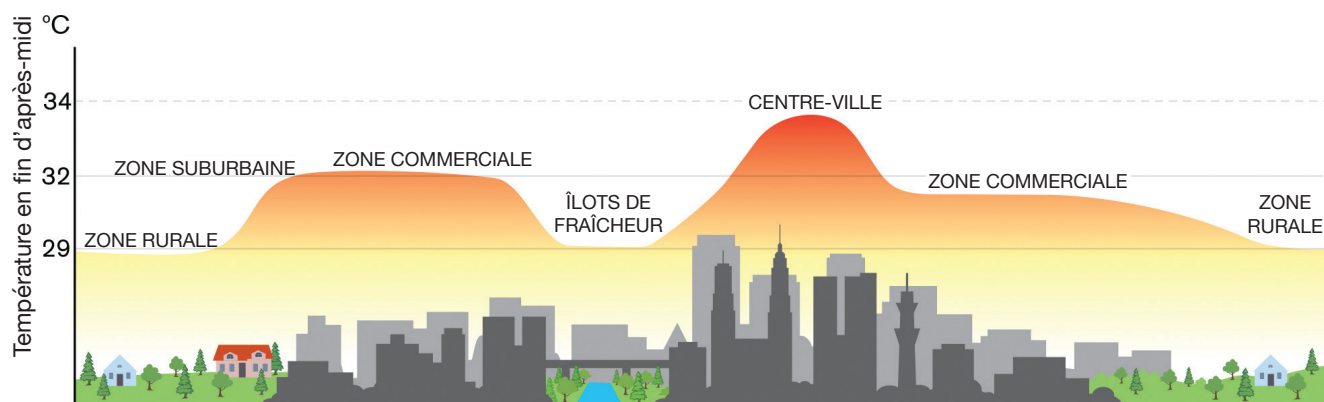


Figure 3.

Illustration de la variabilité de la température de l'air selon l'aménagement en zone urbaine. Les températures les plus basses correspondent aux milieux ruraux et aux îlots de fraîcheur des parcs (espaces bleus et verts), alors que les températures les plus hautes correspondent aux immeubles du centre-ville, des zones commerciales et des banlieues. Image : Julie Ann Wrigley Global Institute of Sustainability, Arizona State University.

Au Québec, début juillet 2018, une vague de chaleur écrasante a fait environ 86 victimes (Lebel et coll., 2019; MétéoMédia, 2018), et on estime qu'entre 1954 et 2000, les vagues de chaleur extrême combinées à la pollution de l'air ont causé en moyenne 462 décès par année à Toronto et 1 082 à Montréal (Cheng et coll., 2008). On dispose de peu de statistiques épidémiologiques adéquates sur la mortalité et la morbidité dues à la chaleur chez l'enfant au Canada, mais la question a été étudiée ailleurs dans le monde. Sur une période de cinq ans (de 2006 à 2010), 261 enfants de moins de 15 ans sont décédés aux États-Unis de diverses maladies dues à la chaleur (Berko et coll., 2014). Par ailleurs, une revue systématique menée par Xu et coll. (2014) a pu confirmer que les vagues de chaleur avaient aggravé la morbidité associée à des maladies rénales et respiratoires chez l'enfant, malgré les divergences relevées quant

à leur incidence sur le taux de mortalité infantile (certains travaux parlent de risques accrus, mais d'autres non) dans différents pays.

En général, les recherches sur la vulnérabilité des enfants à la chaleur concluent que le risque de morbidité associé à cette vulnérabilité est plus élevé que le risque de mortalité (comme chez les personnes âgées) (voir par exemple Kovats et Hajat, 2008; Knowlton et coll., 2009; Rhea et coll., 2012). De plus, la courte durée de l'enfance (de 0 à 14 ans) comparée à celle de l'âge adulte (de 18 à 65 ans) complique la production d'estimations solides des risques de mortalité, et les deux tranches d'âge sont donc souvent combinées en une seule, de 0 à 65 ans. Il faudrait étudier toute la gamme des problèmes de santé dus à la chaleur, du stress thermique à l'épuisement par la chaleur (voir section 3), pour

mieux comprendre ceux qui toucheraient les enfants et qui ne sont pas habituellement répertoriés dans les dossiers de santé. De telles données pourraient répondre aux grandes préoccupations des agences de santé publique, des intervenants d'urgence et des milieux hospitaliers quant à la santé de l'enfant en cas d'exposition à la chaleur (Knowlton et coll., 2009; Klinenberg, 2015; Winquist et coll., 2016), notamment en raison de la croissance de la population.

Le Canada est le pays du G7 dont la population augmente le plus vite, et le nombre d'enfants de moins de 15 ans continue d'y croître. Après avoir légèrement diminué avant 2008, leur nombre est monté à 5,66 millions en 2012 et devrait atteindre entre 5,9 et 11,1 millions d'ici 2061, selon le scénario de croissance utilisé (Statistique Canada, 2012), le plus gros de l'augmentation touchant les zones urbaines et les banlieues. Il pourrait donc être très utile de multiplier les efforts pour protéger les enfants qui jouent dans les terrains de jeu urbains. Au Canada, le programme de systèmes d'avertissement et d'intervention en cas de chaleur (SAIC) est axé sur la sensibilisation aux effets de la chaleur sur la santé par la promotion et l'éducation, ainsi que sur l'établissement des bases scientifiques et empiriques du programme (Davidge et coll., 2018), qui cible surtout les populations vulnérables, notamment les enfants. Les découvertes présentées ici pourraient étayer de nouvelles initiatives de sensibilisation des enfants et de leurs parents dans le cadre des SAIC.

LES ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS

Le milieu bâti urbain présente certaines caractéristiques – faible albédo, surfaces imperméables comme le ciment et la brique, asphalte, caoutchouc ou matières dérivées, gazon artificiel, etc. – qui absorbent de grandes quantités de rayonnements de courte longueur d'onde pour les réémettre sous forme de rayonnement de grande longueur d'onde (ce qui augmente la chaleur ressentie). C'est pourquoi la température moyenne de l'air et des surfaces est plus élevée dans les zones urbaines que dans les zones rurales : par une nuit claire et sans vent, la différence peut atteindre 8 °C (Oke, 1982). En

été, l'effet d'îlot de chaleur urbain aggrave des vagues de chaleur déjà intenses (Habeeb et coll., 2015; Li et Bou-Zeid, 2013; Tan et coll., 2010), et de nombreuses études montrent qu'à long terme, la température en milieu urbain tend à augmenter dans les grandes villes (Golden, 2004; O'Neill et Ebi, 2009), notamment la nuit, à cause de ces phénomènes (Mishra et coll., 2015). Des études récentes montrent du doigt la température élevée des surfaces dans les terrains de jeu (Moogk-Soulis, 2010; Vanos et coll., 2016), qui peut aussi faire augmenter la température de l'air et nuire au jeu.

Dans la plupart des villes, les stations météorologiques sont situées dans les aéroports, parfois à plusieurs dizaines de kilomètres du centre-ville et des secteurs où l'on trouve des îlots de chaleur; c'est très utile pour documenter le changement climatique à l'échelle planétaire et se soustraire à l'influence des milieux urbains. Cependant, il est possible de prendre des mesures directes (sur les bâtiments ou dans les parcs, par exemple) avec des micronets, des ensembles de stations météorologiques placés en milieu urbain (Muller et coll., 2013), qui peuvent rendre compte de l'hétérogénéité des variables atmosphériques à l'échelle de la ville ou du quartier avec une précision assez grande. Hardin et coll. (2017) ont utilisé des micronets dans quatre villes du nord-est des États-Unis pour calculer l'intensité de l'effet d'îlot de chaleur urbain dans différents secteurs, et ECCC s'est servi d'un système semblable (appelé mésonet plutôt que micronet) à Toronto pour recueillir des données sur les conditions météorologiques et la qualité de l'air afin d'étayer les prévisions et les décisions pendant les Jeux panaméricains de 2015 (Joe et coll., 2018). L'installation de capteurs et de stations météorologiques dans les parcs et les terrains de jeu est une façon originale de raffiner les données sur l'exposition aux conditions météorologiques pendant le jeu en vue de protéger la santé des enfants; éventuellement, il sera aussi possible de tirer parti de projets de « ville intelligente » pour mieux faire le lien entre les indicateurs environnementaux et les risques pour la santé dans les parcs et les terrains de jeu (voir par exemple Morabito et coll., 2015; Ramaswami et coll., 2016).

ADAPTATION À LA CHALEUR EN MILIEU URBAIN

L'été, les changements climatiques combinés à l'effet d'îlot de chaleur pourraient réduire le temps que les enfants passent à jouer dehors en raison 1) du risque de maladie due à la chaleur et 2) de l'inconfort thermique. Des études montrent une corrélation entre les observations météorologiques, notamment l'exposition aux rayonnements, et le confort thermique ressenti par les enfants dans les terrains de jeu (Vanos et coll., 2017a). Pour que les enfants gardent leurs bonnes habitudes et continuent à jouer dehors malgré le réchauffement de la planète, il faut mettre en place des mesures d'adaptation physiologique (acclimatation), comportementale, infrastructurelle et technologique (tableau 1).

Tableau 1.

Types de mesures d'adaptation au climat selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2014).

Type de mesures d'adaptation	Exemples pertinents
Physiologique	Acclimater les enfants à la chaleur au début de l'été; le processus peut s'étaler sur deux à quatre semaines.
Comportementale	Apprendre aux enfants à s'habiller adéquatement, à reconnaître le stress thermique, à porter un chapeau, à boire souvent.
Infrastructurelle	Ajouter de l'ombre (naturelle ou artificielle) dans les terrains de jeu; créer des îlots de fraîcheur dans les parcs pour y favoriser le jeu; utiliser des équipements de jeu qui retiennent et conduisent peu la chaleur.
Technologique	Utiliser des climatiseurs pour rafraîchir l'air à l'intérieur; installer des brumisateurs; instaurer des systèmes d'alerte caniculaire et santé; surveiller les conditions météorologiques dans les terrains de jeu (microclimats) pour éclairer les décisions des propriétaires, exploitants et utilisateurs.

Un aménagement paysager visant à atténuer la chaleur en milieu urbain peut contrer l'effet d'îlot de chaleur à l'échelle d'un quartier, entre autres par la création de parcs urbains (Brown, 2011). L'aménagement d'espaces verts peut abaisser considérablement la température environnante en créant de l'ombre et en permettant le refroidissement par évaporation (Bowler et coll., 2010; Brown et coll., 2015); les effets peuvent varier selon le type de végétaux et d'aménagement (Cao et coll., 2010; Chen et coll., 2014). L'installation d'infrastructures bleues ou vertes à des endroits précis peut créer ce qu'on appelle des « îlots de fraîcheur » dans l'environnement urbain, comme l'ont montré Vanos et coll. (2012) à Toronto. Les conditions propices aux îlots de fraîcheur pendant le jour (ombre des arbres, évapotranspiration, humidité du sol) peuvent en réduire l'efficacité pendant la nuit (Spronken-Smith et Oke, 1999), mais comme c'est le jour que les enfants fréquentent les terrains de jeu et les parcs, cela n'est pas un problème et constitue même un avantage à la saison froide. Dans l'ensemble, les efforts déployés pour créer des îlots de fraîcheur contribuent aussi à la réduction de l'effet d'îlot de chaleur et de la variation diurne ainsi qu'à l'aménagement d'espaces plus propices au jeu toute l'année.

Au cours des dernières décennies, le développement, la sensibilité et la précision des modèles climatiques urbains ont connu des progrès importants. Parallèlement, de nombreux travaux de recherche ont porté sur l'application de ces modèles à la prédiction du stress thermique dans diverses régions du monde. Malgré leur complexité, les modèles présentent des incertitudes importantes; on peut donc se demander comment établir, malgré ces incertitudes quant à la température de l'air, des facteurs de sécurité thermique dans les terrains de jeu. Les tendances historiques à long terme montrent que l'augmentation de la température est directement proportionnelle à la diminution du nombre d'heures de jeu possibles dans certaines villes (p. ex. selon les seuils de température fixés par les commissions scolaires). On peut citer en exemple El Cajon, en Californie, où le réchauffement a entraîné une réduction de 10 % des heures de jeu possibles le jour en été depuis 1999, selon le seuil fixé par la ville à 33 °C (92 °F), au-delà duquel il faut éviter l'activité physique à l'extérieur (San Diego Unified School District, 2017). À Phoenix, on constate une réduction de 6 % depuis 1973, selon le seuil fixé à 40,5 °C (105 °F) pour jouer dehors (MCPHD, 2018). Cependant, l'aménagement urbain peut abaisser

la température de l'air de plusieurs degrés, et la température des surfaces encore davantage. L'importance de ces changements dépend du type de climat, de la saison et de l'aménagement. Ce moyen d'intervention direct devrait être utilisé davantage dans les parcs et les terrains de jeu urbains afin d'abaisser les températures, de faciliter l'adaptation à la chaleur et d'atténuer les effets des changements climatiques.

3.2 Confort thermique dans les aires de jeu et les environnements extérieurs

Le climat canadien a toujours connu des chaleurs extrêmes entraînant des risques pour la santé, mais le problème risque de s'aggraver avec les changements climatiques prévus. Les zones de chaleur urbaines et anthropiques à petite échelle amplifient et allongent les épisodes de chaleur; l'été, cela nuit au confort thermique et donc à l'utilisation des espaces récréatifs dans les grandes villes canadiennes.

DÉFINITION DU CONFORT THERMIQUE À L'EXTÉRIEUR

Dans l'aménagement d'un espace extérieur, il importe de tenir compte du confort thermique, de la sensation thermique et du changement souhaité. Le confort thermique, ou l'absence d'inconfort, se définit comme « un sentiment de satisfaction quant à l'environnement thermique » (Fanger, 1970); il faut le distinguer des équations de transfert de chaleur ou de masse et du bilan énergétique utilisés dans les modèles d'équilibre énergétique (voir plus loin). Le niveau de confort thermique se caractérise souvent à l'aide de l'échelle de sensation thermique de l'ASHRAE.

Les principaux facteurs environnementaux qui influencent le confort thermique sont la température atmosphérique, le rayonnement, la vitesse du vent (ventilation) et l'humidité. La température est importante, parce qu'elle représente la quantité de chaleur contenue dans l'air à la suite d'un transfert de chaleur sensible (c'est-à-dire un transfert d'énergie sous forme de chaleur sans changement de phase) qui

se fait principalement de la surface du sol vers les couches inférieures de l'atmosphère (bien qu'en milieu urbain le transfert de chaleur sensible à partir de surfaces verticales soit aussi important). Les principaux comportements qui influencent le confort thermique sont l'habillement et l'activité physique (métabolisme). La figure 4 présente un exemple de sondage sur le confort thermique mené auprès d'enfants pour évaluer leur perception (Vanos et coll., 2017a). Ce type de méthode permet d'évaluer subjectivement la façon dont les enfants perçoivent la température extérieure afin de mieux connaître leurs réactions et leur satisfaction quant aux espaces aménagés pour favoriser leur santé et leur niveau d'activité.

N° d'élève : _____ Date : _____
 Heure: _____

1) Trouves-tu qu'il fait...? (*sensation thermique*)

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Très froid	Froid	Un peu froid	Ni chaud ni froid	Un peu chaud	Chaud	Très chaud

2) Aimerais-tu qu'il fasse...? (*changement souhaité*)

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beaucoup plus chaud	Un peu plus chaud	Ni plus chaud, ni plus froid	Un peu plus froid	Beaucoup plus froid	

3) Trouves-tu la température confortable? (*satisfaction*)

OUI NON

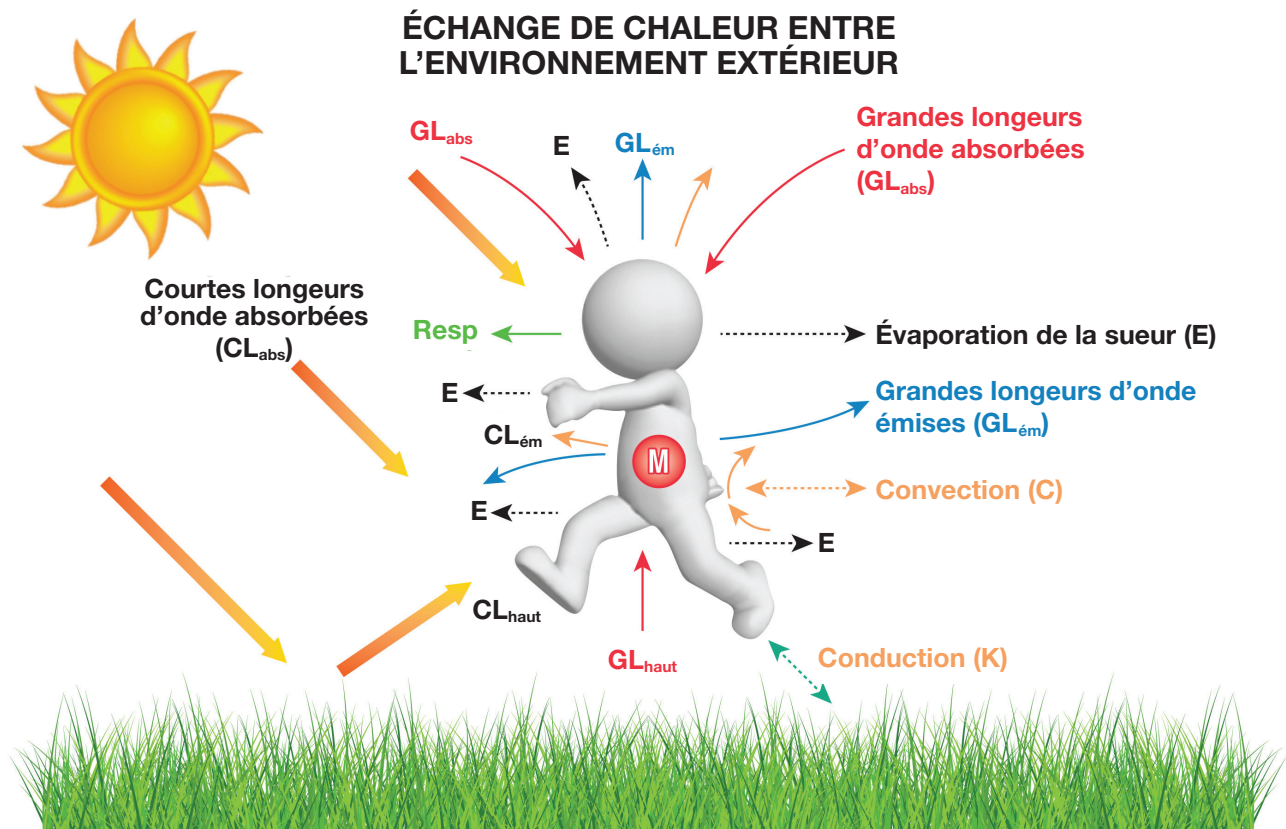
Figure 4.

Exemple de sondage simple sur le confort thermique pour des enfants. Les questions sont rédigées de manière à refléter 1) la sensation thermique réelle, 2) le changement souhaité et 3) la satisfaction. Image : Vanos et coll. (2017a), adaptée de Teli et coll. (2012).

QUANTIFICATION DU CONFORT THERMIQUE ET DE LA SENSATION THERMIQUE

Il y a deux façons d'évaluer la sensation thermique d'une personne : soit en l'interrogeant directement dans un environnement donné, sur une échelle à sept niveaux (p. ex. très chaud [+3], chaud [+2], un peu chaud [+1], neutre [0], un peu frais [-1], frais [-2], froid [-3]), soit en modélisant son équilibre énergétique pour prédire son confort thermique. La figure 5 illustre cette modélisation de l'équilibre énergétique, qui permet de créer un bilan des flux d'énergie (souvent exprimé en watts par mètre carré de surface corporelle, ou W/m^2) pour évaluer la

différence entre le gain de chaleur par le corps (p. ex. métabolisme, rayonnement) et les pertes normales d'énergie (p. ex. convection, évaporation). À l'équilibre (c'est-à-dire quand le bilan s'approche de $0 W/m^2$), on s'attend à ce que la personne rapporte un confort thermique neutre. Cependant, ce n'est pas toujours le cas, à cause de facteurs psychologiques (Nikolopoulou et Steemers, 2003). Lorsque le gain d'énergie est plus élevé que les pertes (p. ex. bilan $> 100 W/m^2$), on observe un inconfort thermique (perception de chaleur) qui peut graduellement entraîner une élévation de la température corporelle centrale si aucun changement n'est apporté à l'environnement ou à l'activité.



$$\text{Bilan} = \text{chaleur métabolique} + \text{bilan du rayonnement} \pm \text{convection} - \text{évaporation}$$

Figure 5.

Échange de chaleur entre l'environnement extérieur et le corps humain. Les **gains** de chaleur qui influencent le confort thermique résultent de la production de chaleur métabolique (M) ainsi que des rayonnements de courte longueur d'onde (CL) et de grande longueur d'onde (GL) venant du ciel et du sol. Les **principales pertes** de chaleur qui influencent le confort thermique sont causées par la convection (C) et l'évaporation (E), toutes deux modifiées par l'habillement. Image : McGregor et Vanos (2017).

À l'origine, les modèles de prédiction du confort thermique perçu étaient conçus et étalonnés pour un homme de taille moyenne se trouvant à l'intérieur, ce qui avait pour avantage de simplifier énormément la méthode, mais en réduisait considérablement l'applicabilité. Il n'est donc pas du tout certain que l'on puisse appliquer ces modèles aux enfants (Teli et coll., 2012). Bien que le confort thermique dans les salles de classe soit étudié depuis les années 1930 (p. ex. Partridge et MacLean, 1935; Humphreys, 1972; Auliciems, 1973; Nicol et coll., 2012), ce n'est que récemment qu'on s'est penché sur l'évaluation du confort thermique des enfants actifs à l'extérieur (Yun et coll., 2014; Vanos et coll., 2017a).

Par ailleurs, l'activité physique entraîne une augmentation du métabolisme et de la transpiration (qui évacue la chaleur par évaporation), qui varie grandement d'une personne à l'autre (en fonction de l'activité, de l'âge, du sexe); de plus, la question des microclimats ne se pose pas à l'intérieur. Il n'est donc pas pertinent d'appliquer des modèles de confort thermique basés sur des personnes sédentaires à l'intérieur à des personnes qui pratiquent une activité physique à l'extérieur. Les recherches montrent également que les enfants ne perçoivent pas leur environnement thermique de la même façon que les adultes (Mors et coll., 2011).

CONFORT THERMIQUE DE L'ENFANT À L'EXTÉRIEUR

On considère généralement que la thermorégulation est moins efficace chez le jeune enfant (jusqu'à environ 5 ans) que chez l'adulte en période d'activité physique dans un environnement chaud (Bar-Or, 1980). Le rapport entre la surface corporelle et la masse est plus grand chez l'enfant, de même que la production de chaleur par unité de masse corporelle (Fabbri, 2013), et on a montré que sa température corporelle centrale s'élevait plus rapidement (Falk et Dotan, 2011). Le corps de l'enfant se refroidit aussi moins efficacement par évaporation parce qu'il transpire moins (Gomes et coll., 2013). Cependant, les études sur le sujet sont encore rares, et il reste beaucoup à apprendre sur les effets de la chaleur chez l'enfant selon le groupe d'âge, le sexe et la condition physique. On manque aussi de données médicales et épidémiologie quant au lien entre les facteurs de risque ambiants et l'incidence des blessures chez l'enfant (Falk et Dotan, 2008), car les modèles de prédiction les plus courants sont étalonnés en fonction des caractéristiques **physiologiques et psychologiques** de l'adulte.

De manière générale, la prédiction exacte du confort thermique perçu et des risques associés au soleil chez l'enfant dans un terrain de jeu diffère de l'approche utilisée chez l'adulte en raison des facteurs physiologiques et psychologiques suivants :

- Métabolisme accéléré (Fabbri, 2013)
- Rapport plus élevé entre la surface corporelle et la masse corporelle (Falk et Dotan, 2008)
- Transpiration moindre (Gomes et coll., 2013)
- Centre du corps plus près des surfaces chaudes (en rouge sur la figure A.4)
- Méconnaissance des signes de stress thermique et des gestes à poser
- Réflexe de retrait moins rapide lors du contact avec une surface chaude
- Méconnaissance de l'utilisation des écrans solaires
- Manque possible d'accès à l'eau

De plus, les microenvironnements et la chaleur métabolique compliquent considérablement la modélisation et la mesure du confort thermique. À titre d'exemple, la figure 6 décrit deux environnements distincts d'un même terrain de jeu. À l'emplacement A, la petite pelouse artificielle est directement exposée au soleil et atteint une température de 67 °C, alors qu'à l'ombre du grand orme de Chine, la température de la surface du ciment et du sable se rapproche de celle de l'air (environ 24 °C). Dans l'aire de jeu, le rayonnement solaire moyen reçu par l'enfant à l'emplacement A est d'environ 825 W/m² au soleil, alors qu'à l'emplacement B, il n'est que d'environ 165 W/m², étant donné une transmissivité solaire de 20 %. La quantité moyenne de rayonnement de grande longueur d'onde émise par la surface la plus chaude (au soleil) est d'environ 740 W/m², comparativement à seulement 420 W/m² à l'ombre, ce qui fait une différence importante dans le bilan énergétique d'un enfant. **Lorsque l'on combine l'écart des températures de l'air aux différences de rayonnement solaire et de grande longueur d'onde pour déterminer le confort thermique, on comprend bien pourquoi les enfants préfèrent les zones d'ombre lors des journées chaudes et ensoleillées.**

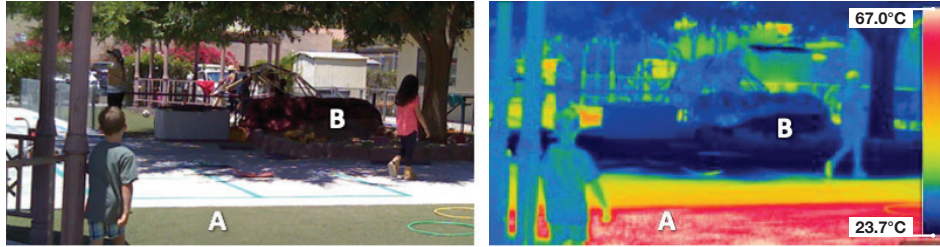


Figure 6.

Exemple d'un terrain de jeu présentant deux environnements distincts et de leur effet sur le confort thermique dans le spectre visible (à gauche) et dans le spectre infrarouge (à droite). L'environnement A est une pelouse artificielle exposée au soleil, ce qui augmente l'ensemble des rayonnements de grande et de courte longueur d'onde ressentis par l'enfant, alors que l'environnement B est un carré de sable à l'ombre d'un grand arbre, ce qui réduit le rayonnement de grande et de courte longueur d'onde et abaisse la température moyenne de l'air.

3.3 Considérations sur la sécurité des enfants dans les terrains de jeu

La sécurité dans les terrains de jeu est cruciale pour la santé des enfants. Les recherches sur les blessures subies au terrain de jeu ont mené à la rédaction de normes sur les équipements, entre autres par la CSA et l'ASTM (p. ex. type de matériaux, intégrité structurelle, exigences de performance). Ces normes sont surtout axées sur la prévention des blessures, y compris lors d'accidents isolés comme une chute, un coincement, une contusion ou une abrasion, ou alors un traumatisme crânien (CPSC, 2010; ASTM, 2017). Beaucoup d'entre elles, qui portent sur l'amélioration de la sécurité dans les terrains de jeu (par l'amortissement des impacts, par exemple), ont entraîné des innovations dans l'aménagement (Lewis et coll., 1993); on utilise ainsi de plus en plus de surfaces artificielles (comme le caoutchouc) pour amortir les chutes et faciliter l'accès. Cependant, ces normes ne s'attardent que peu ou pas à la qualité de l'environnement en ce qui touche le confort thermique, la qualité de l'air ou l'exposition aux rayonnements. Pourtant, ce sont des facteurs étroitement associés à la sécurité, qui peuvent mener à des situations dangereuses.

BRÛLURES THERMIQUES

Selon des recherches récentes, pendant les périodes où la chaleur et l'ensoleillement sont à leur maximum (de 10 h à 14 h, par exemple), les matériaux modernes utilisés dans les terrains de jeu peuvent exposer les enfants à des surfaces aux températures dangereuses (glissades, revêtements) (figure 7). Les surfaces chaudes peuvent également faire augmenter la température de l'air, comme l'a montré Hyndman (2017) en Australie. Pendant la saison chaude, les surfaces exposées au soleil emmagasinent de grandes quantités de chaleur et atteignent parfois des températures dangereusement élevées qui

peuvent brûler la peau d'un enfant en trois secondes (Vanos et coll., 2016).

Le CPSC a analysé et communiqué le nombre de brûlures thermiques signalées dans le cadre de différents projets menés entre 2001 et 2008 (O'Brien, 2009). Il maintient sur son site Web une fiche d'information sur le sujet à l'intention des responsables de terrains de jeu (CPSC, 2012). D'autres recherches et informations laissent à croire que l'introduction de nouveaux matériaux et de nouvelles surfaces artificielles pourraient augmenter le risque de blessures thermiques (Ford, 2011; Vanos et coll., 2016). On ne dispose d'aucune statistique sur les brûlures thermiques au Canada. L'été, lorsqu'elle est exposée au soleil longtemps (plus de 30 minutes), une surface de métal solide chauffe et peut atteindre une température dangereusement élevée pouvant brûler un enfant en seulement trois secondes; pour les plastiques et les revêtements non métalliques, qui sont plus isolants, les seuils de température sont plus élevés (p. ex. ≥ 77 °C pour le plastique, voir tableau 2) (ISO 13732, 2010). Les glissades, les surfaces en caoutchouc et les pelouses artificielles exposées au soleil sont les principales responsables des brûlures (Sinha et coll., 2006; Mitchell et coll., 2009; Ford et coll., 2011; Asquith et coll., 2015; Hanway, 2016), dont le nombre est probablement sous-estimé (Ramirez et coll., 2004). Il faut poursuivre les recherches et la collecte de données sur le terrain pour vérifier l'effet direct de ces surfaces sur la réduction des blessures subies dans les terrains de jeu et comprendre si elles sont utilisées correctement dans la pratique (p. ex. orientation par rapport au soleil, amortissement à long terme), connaître leur durée de vie et l'entretien nécessaire, et tester leur performance dans toutes sortes d'environnements extérieurs. Les propriétaires, les exploitants et les gestionnaires de terrains de jeu devraient se tenir au courant de ces questions afin de promouvoir la sécurité et l'efficacité du jeu et d'envisager une signalisation au besoin.

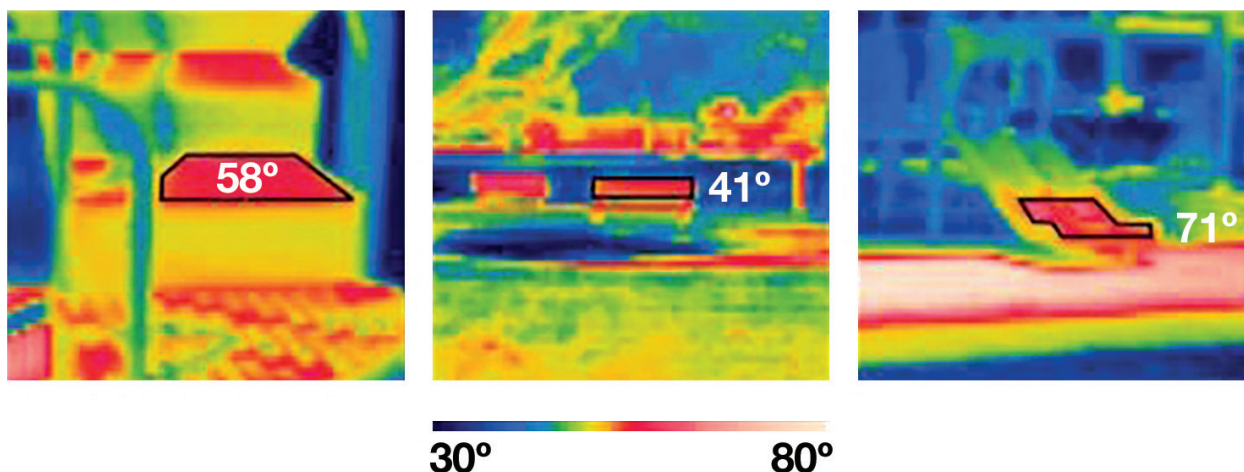


Figure 7.

Images infrarouges de terrains de jeu à Phœnix, en Arizona, recueillies par Vanos et coll. (2016). Le tableau qui suit donne les fourchettes de températures qui causent des brûlures thermiques. *Image : Vanos et coll. (2016).*

Tableau 2.

Seuils de températures causant des brûlures après un bref contact entre la peau (3, 5 ou 60 secondes) et une surface chaude faite de matériaux courants dans les terrains de jeu. Les seuils pour les matériaux de conductivité thermique semblable ont été combinés en une seule valeur (ISO 13732, 2010).

Matériau	Caractéristiques du matériau	Seuil de brûlure (°C) selon la durée du contact avec la peau		
		3 s	5 s	60 s
Métal	Métal nu	60 °C	57 °C	51 °C
Métal revêtu ¹	Laquage : 100 µm d'épaisseur	68 °C	61 °C	51 °C
	Thermolaquage : 90 µm d'épaisseur	65 °C	60 °C	51 °C
	Émail : 160 µm	63 °C	59 °C	51 °C
	Polyamide 11 ou 12 : 400 µm	77 °C	70 °C	51 °C
Pierre	Ciment, granit, asphalte	73 °C	60 °C	56 °C
Plastique ²	Polyamide, verre acrylique, polytétrafluoréthylène, plastique thermdurcissable	77 °C	74 °C	60 °C
Bois	Nu, faible taux d'humidité	99 °C	93 °C	60 °C

1 Dans les terrains de jeu étudiés, l'acier recouvert de peinture-émail polyuréthane est surtout utilisé pour les surfaces avec lesquelles la peau entre en contact, alors que l'acier thermolaqué est utilisé pour les surfaces de marche.

2 Le polyéthylène haute densité (PEHD) à l'épreuve des rayons UV utilisé dans les terrains de jeu a des caractéristiques semblables à celles du polyamide

LES MALADIES DUES À LA CHALEUR CHEZ L'ENFANT

Non seulement les surfaces posent des risques de brûlures, mais les plus chaudes émettent également une grande quantité de chaleur en direction des enfants (voir figures A.4 et A.5, par exemple), ce qui augmente la probabilité de maladies dues à la chaleur par temps chaud ou très chaud, étant donné la vulnérabilité accrue des enfants par rapport aux adultes décrite à la section 3.2. Bien que la plus grande partie de l'énergie thermique qui cause un stress thermique provienne de l'environnement, l'excès d'activité physique dans un environnement chaud ou très chaud peut entraîner une maladie due à la chaleur ou un stress thermique à l'effort (Armstrong et coll., 2007) à cause de la chaleur produite par le métabolisme. Comme les aires de jeu sont aménagées pour favoriser l'activité physique, il faut tenir compte du métabolisme dans l'évaluation du confort thermique. L'élévation de la température corporelle centrale peut entraîner diverses maladies dues à la chaleur (en ordre de gravité) : érythème, œdème, syncope, crampes, épuisement et coup de chaleur (potentiellement mortel) (McGregor et Vanos, 2018). La première colonne du tableau 3 présente l'ensemble des symptômes.

Tableau 3.

Symptômes de maladies dues à la chaleur et effets chez l'enfant

Symptômes de maladies dues à la chaleur
Confusion
Urine foncée
Étourdissement
Évanouissement
Mal de tête
Crampes musculaires ou abdominales
Nausée, vomissement ou diarrhée
Accélération du pouls
Pâleur
Transpiration abondante
Déshydratation
Effets sur le bien-être
Absence de l'école
Récréation manquée
Manque d'attention à l'école
Difficultés de comportement
Mauvaise humeur
Effets du soleil ou de la chaleur
Coups de soleil
Brûlures thermiques (1 ^{er} , 2 ^e ou 3 ^e degré)
Érythème

Il importe de tenir compte des facteurs associés aux maladies dues à la chaleur (p. ex. asthme, obésité) ainsi que de leurs effets sur le bien-être et l'apprentissage, et des facteurs liés au soleil (ci-dessous) et à la sécurité thermique (ci-dessus). Comme les enfants connaissent peu les signes de maladies dues à la chaleur, ils ont du mal à s'y adapter psychologiquement et à modifier leurs comportements en conséquence (Humphreys, 1977; Mors et coll., 2011; Teli et coll., 2015); il revient donc surtout aux parents et aux éducateurs d'assurer leur protection et de remarquer les signes de maladies dues à la chaleur, de coups de soleil ou d'épuisement. Selon une étude récemment menée dans cinq villes (Regina, Fredericton, Winnipeg, Windsor et Sarnia) par Alberini et coll. (2011), les répondants étaient plus proactifs lors d'une vague de chaleur lorsqu'ils devaient prendre soin d'un enfant ou d'une personne âgée que pour se protéger eux-mêmes.

PROTECTION CONTRE LE SOLEIL

Au Canada comme dans le monde, le tiers des diagnostics de cancer concernent un cancer de la peau, et 80 à 90 % d'entre eux sont causés par le rayonnement ultraviolet (UV); au Canada et aux États-Unis, ces chiffres augmentent (Société canadienne du cancer, 2017). L'incidence du mélanome chez les moins de 20 ans a augmenté de 2,9 % par année de 1973 à 2001 aux États-Unis (Strouse et coll., 2005). Il est donc essentiel d'éviter la surexposition au rayonnement UV et à la chaleur extrême, tout en veillant à la sécurité dans les aires de jeu extérieures pour favoriser la santé à long terme des enfants et réduire les risques (USDHHS, 2014). Les enfants forment une population vulnérable à l'exposition au soleil (Balk, 2011), et le cancer de la peau chez l'adulte est souvent dû à une exposition au soleil dans l'enfance, notamment à des coups de soleil graves (Dennis et coll., 2008; American Cancer Society, 2013). Par exemple, on estime qu'un enfant qui attrape plus de quatre coups de soleil court deux fois plus de risques d'avoir un mélanome à l'âge adulte (Société canadienne du cancer, 2017). Les enfants sont plus sensibles et plus vulnérables aux coups de soleil parce que leurs comportements sont moins bien adaptés (p. ex. connaissance et utilisation des écrans solaires), qu'ils s'exposent davantage par intermittence et que leur peau est plus sensible (Oliveria et coll., 2006).

Il est bien connu que l'exposition au rayonnement UV et aux températures élevées varie beaucoup selon le type d'activité et l'individu (Glanz et coll., 2007; Kuras et coll., 2017; Weihs et coll., 2013). Une étude menée à San Diego, en Californie, a démontré, grâce à des dosimètres UV portés au poignet, à des cardiomètres et à des GPS, que lors des journées chaudes (environ 27 à 33 °C), les enfants faisaient plus d'activité physique au soleil (augmentation de l'activité métabolique de 30 W/m²) tout en passant moins de 10 % de leur temps au soleil. Par conséquent, le manque d'ombre dans les villes chaudes peut réduire l'activité physique globale des enfants, alors que l'ajout de zones d'ombre peut la faire augmenter, tout en protégeant les enfants des surfaces brûlantes et du rayonnement UV (Vanos et coll., 2018), ce qui correspond à l'augmentation du niveau d'activité entraînée par la présence d'ombre constatée ailleurs (Boldemann et coll., 2011; Colabianchi et coll., 2011). D'ailleurs, dans un appel à l'action pour la prévention du cancer de la peau lancé en 2014 (USDHHS, 2014), le secrétaire à la Santé américain recommandait aux communautés d'aménager des zones d'ombre dans les aires récréatives pour protéger les enfants d'une surexposition aux rayons UV. Il n'existe pourtant pas de lignes directrices sur l'aménagement des terrains de jeu (p. ex. surfaces de faible albédo, zones d'ombre) visant à limiter le rayonnement UV, et peu d'études (Downs et Parisi, 2009; Boldemann et coll., 2011; Vanos et coll., 2017) ont été menées pour préciser les estimations de l'exposition.

Enfin, on sait bien que le rayonnement UV du soleil, même s'il est essentiel à la synthèse de la vitamine D chez l'humain et contribue ainsi à la santé des os, cause des mutations génétiques qui donnent lieu à divers types de cancers de la peau mentionnés plus haut. Narbutt et coll. (2018) ont étudié les effets d'une exposition prolongée des enfants au rayonnement solaire sur chacun de ces aspects et ont montré que l'importance des mutations génétiques dangereuses dépassait de loin celle de la formation de vitamine D. D'autres chercheurs notent cependant que les avantages d'une exposition raisonnable au soleil ne doivent pas être écartés si l'on considère la santé d'une personne dans son ensemble (Geller et coll., 2018). Il faut poursuivre les recherches dans ce domaine pour déterminer l'exposition optimale au soleil au cours d'une vie.

CONSIDÉRATIONS SUR LA POLLUTION DE L'AIR

Il faut étudier les effets négatifs des surfaces des terrains de jeu sur la santé des enfants

(p. ex. dégagement de composés organiques volatils, ou COV, température ou irradiance) pour en favoriser la sûreté et l'utilisation optimale. En résumé, de nombreuses surfaces synthétiques sont faites de caoutchouc en miettes provenant de pneus recyclés (RMA, 2006); dans les terrains de jeu, le caoutchouc coulé sur place, le paillis et les dalles de caoutchouc, le caoutchouc reconstitué et le gazon artificiel contiennent des matériaux venant de pneus recyclés. Ces surfaces dégagent des COV sous une forme inhalable (Sanner 2006). Peu de travaux ont caractérisé les analytes de COV dégagés par le caoutchouc des gazons artificiels (EPA, 2009 et 2016; Li et coll., 2010; Peterson et coll., 2018).

Le niveau de pollution causée par les véhicules est élevé dans un rayon d'environ 100 à 500 mètres des grandes artères (Health Effects Institute, 2010); il faut donc veiller à ce que les terrains de jeu et les écoles soient éloignés des routes très passantes pour protéger la santé des enfants. Ces derniers ont un rythme respiratoire plus rapide à cause de leur petite taille et parce que leurs voies respiratoires ne sont pas complètement formées; ils subissent donc les répercussions de faibles concentrations de pollution atmosphérique combinées aux effets de la chaleur (p. ex. déclenchement d'inflammation et d'immunostimulation). Même si ce n'est pas directement lié au confort thermique, un malaise peut résulter d'une difficulté à respirer, et les effets de la pollution peuvent être exacerbés par l'élévation de la température de l'air (Karl et coll., 2009).

3.4 Pratiques exemplaires dans la conception de terrains de jeu thermiquement confortables

Le climat d'une région interagit avec les éléments du paysage pour créer un microclimat (Brown et Gillespie, 1995); le type et l'emplacement de ces éléments, qui peuvent avoir une grande influence sur le microclimat, sont déterminés par les concepteurs et les architectes du paysage. La présente section aborde les facteurs qui permettent de comprendre l'environnement biophysique des terrains de jeu extérieurs, en lien avec la planification et l'aménagement, la conception bioclimatique et le rôle des arbres. Les notions de « conception bioclimatique » (c'est-à-dire l'aménagement des bâtiments et des espaces extérieurs en fonction du climat local) propres au jeu chez l'enfant peuvent aider à créer des espaces sûrs, thermiquement confortables, fonctionnels, accessibles et sains, ce qui revêt une importance capitale dans la santé et le bien-être (Fjørtoft, 2004; Wolch et coll., 2011; Ciucci et coll., 2013).

INFRASTRUCTURE PASSIVE : CONCEPTION BIOCLIMATIQUE DE TERRAINS DE JEU THERMIQUEMENT CONFORTABLES

Le refroidissement ou le chauffage passifs jouent un rôle clé dans la modération du microclimat sans énergie mécanique ou électrique, simplement grâce à la conception.

Saison chaude

Le refroidissement passif utilisation d'éléments naturels, comme une brise fraîche, un vent soutenu, l'ombre, l'air frais nocturne et la végétation pour assurer un rafraîchissement par évapotranspiration, ainsi que sur l'utilisation de types de surfaces qui ne retiennent pas la chaleur et ne réchauffent pas l'environnement. De nombreuses techniques de refroidissement passif ont été conçues et étudiées relativement aux espaces extérieurs urbains et au confort thermique (voir par exemple Shashua-Bar et coll., 2011; Brown et coll., 2015; Lenzholzer, 2015). La méthode d'aménagement la plus connue et la plus efficace est l'ajout de zones d'ombre grâce à des structures et à des arbres, suivie de la méthode consistant à faire circuler l'air. Dans les deux cas, on abaisse la température de l'air, en contrôlant le réchauffement des surfaces et le mélange de l'air, respectivement. Par conséquent, les méthodes utilisées dans les terrains de jeu pour réduire l'exposition au soleil et améliorer la circulation de l'air pendant les grandes chaleurs sont les principaux moyens d'amélioration du confort thermique. Un rayonnement solaire intense sans circulation d'air est souvent la recette d'un inconfort extrême par temps chaud.

Certaines caractéristiques peuvent rafraîchir le microclimat : ombre (naturelle ou artificielle), brumisateurs (refroidissement par évaporation), surfaces naturelles, arbres, arbustes et autres végétaux (Chow et coll., 2011; Vanos et coll., 2012). Ces caractéristiques peuvent aussi améliorer la qualité de l'air, notamment si elles sont combinées avec l'utilisation de végétaux ou de façades verticales qui absorbent ou bloquent la pollution de l'air (Nowak et Greenfield, 2012; Abhijith et coll., 2017; Abhijith et Kumar, 2019).

On peut également réduire les températures à petite échelle en utilisant des surfaces d'origine naturelle (p. ex. copeaux de bois), des revêtements frais et des végétaux, mais le confort thermique est moins sensible au changement dans la température de l'air qu'à la circulation de l'air et au rayonnement. Il faut donc tenir compte de certains facteurs : l'orientation

de l'ombre, notamment celle des voiles d'ombrage et des arbres, pour réduire l'exposition au soleil, surtout quand il est au sud, et la disposition du terrain de jeu au nord d'un bâtiment pour tirer avantage de son ombre.

Tous les exemples donnés sont des approches distinctes d'amélioration et d'évaluation des microclimats extérieurs, dont certaines offrent de multiples avantages corollaires pour la santé, l'énergie ou la protection contre les précipitations selon la saison (voir annexe A). Cependant, peu de recherches ont évalué l'utilisation simultanée de plusieurs stratégies de refroidissement passif et son effet sur le microclimat, la possibilité de jouer et la santé des enfants.

Si l'ajout d'ombre et la réduction de l'exposition au rayonnement par la conception passive sont essentiels pour vraiment maximiser le confort thermique de l'utilisateur et son expérience, elles présentent également l'avantage de réduire les risques de coups de soleil, de brûlures thermiques et de maladies dues à la chaleur, tout en favorisant le jeu. Les surfaces couramment utilisées dans les terrains de jeu ont des albédos différents pour les rayonnements solaire et ultraviolet, qui influencent l'exposition globale cumulative au soleil. Par exemple, l'albédo moyen d'une pelouse est de 0,24 et 0,03, respectivement, alors que celui du béton est d'environ 0,34 et 0,15, respectivement (Castro et coll., 2001; Vanos et coll., 2017b).

Dobbinson et coll. (2014) ont montré que dans un climat chaud et ensoleillé, les élèves du secondaire fréquentent davantage les zones où l'on a installé des voiles d'ombrage et s'exposent donc moins au soleil. De plus, l'ajout de voiles d'ombrage dans des aires de jeu passives comme les terrains de jeu en a augmenté l'utilisation à Melbourne et à Denver (Buller et coll., 2017); cependant, ces résultats sont basés davantage sur l'utilisation des aires ombragées par les adultes (qui joue quand même un rôle important dans la fréquentation des terrains de jeu par les enfants).

Une étude de Parsons et coll. (1998) a démontré qu'une protection efficace contre les UV passait surtout par une ombre éliminant à la fois l'exposition directe au soleil et sa réflexion par les surfaces horizontales et verticales; il faut donc tenir compte des divers angles du soleil dans l'aménagement. De tels résultats soulignent la différence d'efficacité entre les types d'arbres utilisés pour faire de l'ombre dans les terrains de jeu : les arbres à petites feuilles formant un couvert restreint protègent peu les enfants du soleil, contrairement aux secteurs où la végétation est dense et forme un couvert large et bas (Downs et Parisi, 2008).

Saison froide

Pendant la saison froide, l'aménagement permet de contrôler partiellement deux importantes caractéristiques des microclimats : le rayonnement et le vent. Contrairement à ce qui se passe en été, l'objectif en hiver est de réduire le vent et d'augmenter le rayonnement pour rendre l'espace de jeu plus confortable. Le tableau A.4 donne des exemples de stratégies d'aménagement visant de tels objectifs (p. ex. utilisation de feuillus pour faire de l'ombre en été et laisser passer le soleil en hiver). Au Canada, même si on joue aussi dehors en hiver, on sort surtout l'été; c'est pourquoi la revue de la littérature porte avant tout sur la façon de se protéger contre la chaleur et le rayonnement en été pour assurer le confort thermique et la santé.

PLANIFICATION ET AMÉNAGEMENT DES TERRAINS DE JEU, ANCIENS ET NOUVEAUX

Il est essentiel de distinguer les terrains de jeu existants, qui peuvent être réaménagés pour améliorer le confort thermique, des nouveaux terrains de jeu, dont l'aménagement peut prendre en compte ces caractéristiques dès le départ. Dans un espace déjà aménagé, certaines modifications peuvent être très difficiles à apporter. Par conséquent, il importe de fournir des solutions efficaces et réalistes pour assurer le confort thermique aussi bien dans les espaces existants que dans les nouveaux espaces.

Comme le soulignent Brown et Gillespie (1995), il est presque impossible de modifier à grande échelle la température et l'humidité de l'air ambiant dans l'aménagement d'un microclimat (il est plus facile de contrôler le vent et le rayonnement et d'avoir ainsi un effet important sur le confort thermique). Par conséquent, il est possible de prendre des décisions d'aménagement qui ont un effet sur la circulation de l'air et le rayonnement, qui auront à leur tour un effet sur la température radiante (qui améliore le confort thermique en hiver, mais peut entraîner un inconfort en été) ainsi que sur la convection et l'évaporation par l'organisme (en hiver, la convection et l'évaporation accrues causent de l'inconfort, mais elles contribuent au confort thermique en été). Le tableau A.4 donne d'autres exemples.

Voici des méthodes d'aménagement des terrains de jeu qui améliorent le confort thermique des utilisateurs en été :

- **Ajout d'espaces verts (p. ex. végétation ou infrastructure verte).** L'ajout d'espaces verts autour du terrain de jeu a de nombreux effets

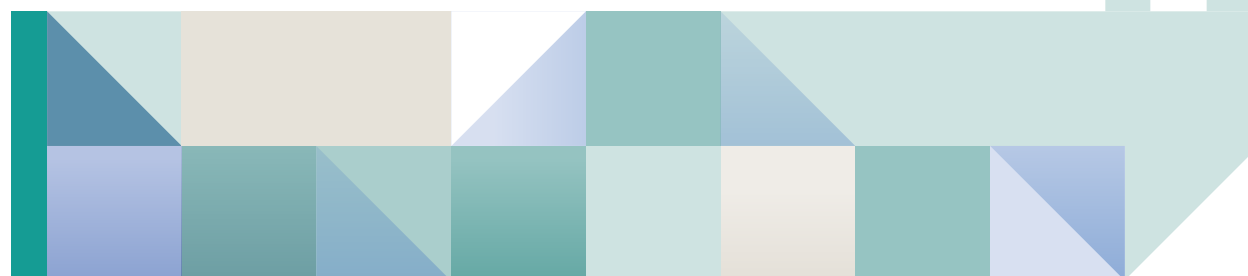
bénéfiques sur le microclimat de l'ensemble du site. La pelouse, les arbustes et les arbres ont généralement un albédo plus élevé que les autres types de sols habituellement présents dans les terrains de jeu, comme le sable, le béton ou l'asphalte, et reflètent donc une plus grande partie du rayonnement de courte longueur d'onde à l'extérieur de l'aire de jeu. De plus, l'humidité de ces végétaux peut être évapotranspirée, ce qui refroidit l'air encore davantage.

- **Un large couvert forestier procure de l'ombre au terrain de jeu et y réduit l'intensité du rayonnement.** Le type d'arbres peut être choisi en fonction de l'utilisation du terrain de jeu par la communauté selon le moment de l'année : le couvert forestier les conifères fait de l'ombre toute l'année, contrairement à celui des feuillus. Il peut également être utile de disposer les arbres de façon à faire obstacle aux vents dominants pendant la saison froide (p. ex. nord-nord-ouest) afin d'atténuer le refroidissement éolien et de retenir autant de chaleur que possible dans l'aire de jeu.
- **Orientation des surfaces qui absorbent le rayonnement.** Comme le mentionne la section 3.3, un équipement de terrain de jeu exposé au soleil toute la journée peut atteindre des températures qui brûlent la peau d'un enfant en seulement quelques secondes de contact continu. La disposition et l'orientation correcte des surfaces qui absorbent le rayonnement de courte longueur d'onde en grande quantité, le retiennent et le transmettent facilement à la peau (p. ex. le plastique, le caoutchouc ou le métal) constituent un moyen facile et peu coûteux de réduire l'énergie rayonnante absorbée chaque jour. En orientant les surfaces – comme les glissades ou les cages à écureuil – vers le nord, elles seront plus longtemps à l'ombre et moins directement exposées au soleil (à cause de la position relative du Soleil et de la Terre). Dans le même esprit, on peut placer les équipements au nord d'un bâtiment pour augmenter la quantité d'ombre.

Les concepteurs disposent d'outils pour créer des terrains de jeu thermiquement confortables. Par exemple, ENVI-Met (Bruse et Fler, 1998) est un modèle microclimatique numérique qui quantifie l'effet de différents facteurs sur les interactions entre la végétation, l'environnement bâti et l'air ambiant. Plusieurs études ont porté sur les effets de l'ajout de végétation urbaine et de surfaces fraîches sur la température de l'air d'un secteur ainsi que sur la température radiante (Égerházi et coll., 2013; Tsoka et coll., 2018).

Résultats de l'enquête et analyse

4



Après avoir mené une revue de la littérature, le NPPS a préparé une enquête pour recueillir les points de vue et les opinions d'experts de différents domaines sur le confort thermique des terrains de jeu : facteurs environnementaux influençant le jeu, priorités dans l'aménagement d'un terrain de jeu, facteurs environnementaux déterminant le confort thermique, et composants, caractéristiques et éléments favorisant un aménagement thermiquement confortable. Cette section résume les réponses reçues, donne des exemples de réponses aux questions ouvertes, et présente l'analyse des résultats.

4.1 Expérience professionnelle des répondants

En concertation avec le groupe de travail sur le confort thermique de la CSA, le CCN et le Bureau des changements climatiques et de l'innovation de Santé Canada, le NPPS a établi une liste d'experts à qui envoyer une enquête sur le confort thermique et les terrains de jeu. Le tableau 4 résume par domaine le nombre d'invitations lancées, le taux de participation des experts et leur expérience professionnelle du contexte climatique canadien. Les participants pouvaient répondre à l'enquête du 4 au 26 mars 2019.

Tableau 4.

Sommaire des experts, selon le domaine

	Invitations	Réponses (% de participation)	Contexte canadien (% des répondants)
Science du climat et de l'environnement	18	11 (61,1 %)	9 (81,8 %)
Architecture paysagère, urbanisme, consultation en conception	21	14 (66,7 %)	14 (100 %)
Fabrication, installation, vente	14	11 (78,6 %)	11 (100 %)
Santé et bien-être de l'enfant	12	7 (58,3 %)	6 (85,7 %)
Éducation, consultation, gestion des risques	15	12 (80 %)	10 (83,3 %)
Total	80	55 (68,8 %)	50 (90,9 %)

Le nombre d'invitations et de réponses est semblable dans les cinq domaines d'expérience ou d'expertise professionnelles. L'équipe de projet a communiqué avec des experts des domaines suivants : 1) science du climat et de l'environnement; 2) architecture paysagère, urbanisme, consultation en conception; 3) fabrication, installation, vente; 4) santé et bien-être de l'enfant; 5) éducation, consultation, gestion des risques. Le taux de réponse atteint en moyenne le pourcentage appréciable de 69 % et est élevé dans toutes les catégories. Sur les 55 répondants, 50 (soit 90,9 %) ont affirmé avoir une expérience professionnelle du climat canadien, ce qui met leurs réponses en contexte.

4.2 Priorités dans l'aménagement de terrains de jeu

La figure 8 illustre les perceptions des participants quant à **ce qui a été jugé prioritaire** dans l'aménagement de terrains de jeu. Il est intéressant de noter qu'aucun aspect n'a été jugé **grandement prioritaire** selon les experts, mais ceux-ci s'entendent pour dire que la sécurité, l'intégrité structurale de l'équipement et l'entretien **ont été jugés prioritaires**. Cependant, en ce qui touche le confort thermique des enfants dans les terrains de jeu, **la disponibilité de jeux d'eau et de fontaines d'eau potable a été peu prioritaire**.

Quelle a été la priorité dans les aires de jeu?

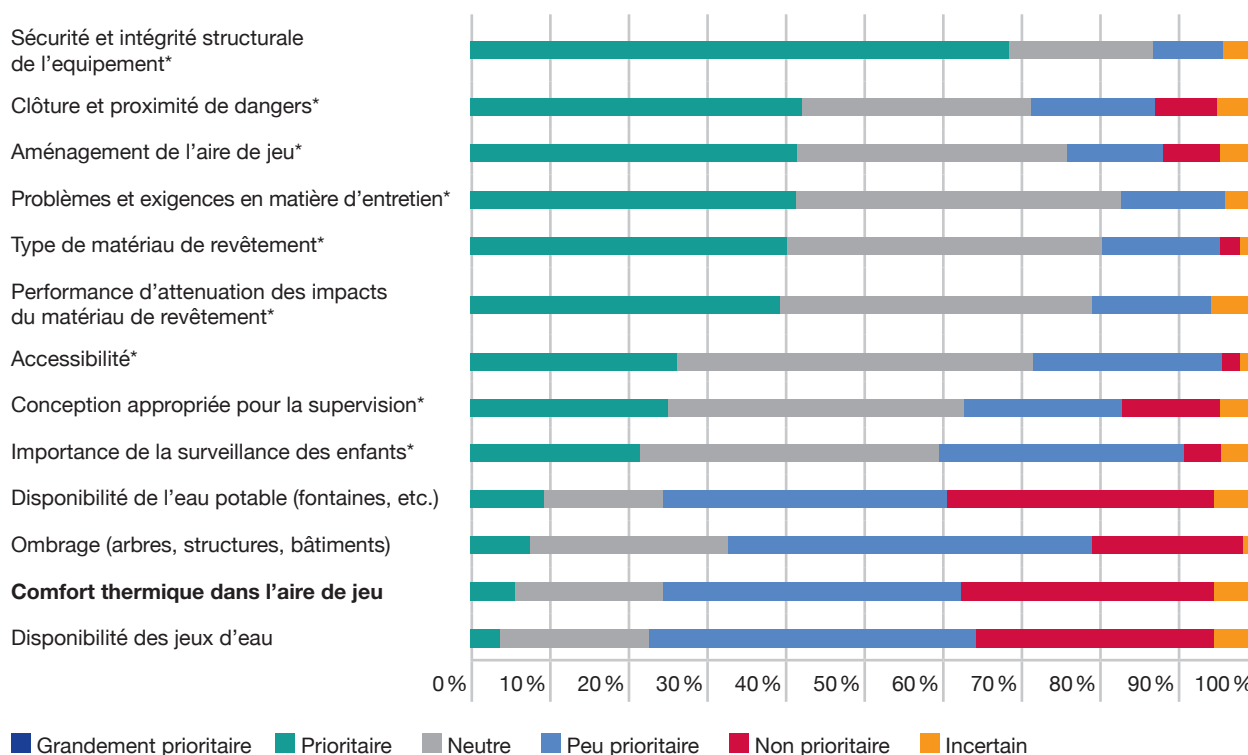


Figure 8.

Perceptions quant à la priorité accordée à différents aspects de l'aménagement des terrains de jeu. Les aspects abordés dans la norme CAN/CSA Z614 sont suivis d'un astérisque (*).

Pour deux des aspects liés au confort thermique (l'eau et l'ombre), on remarque que le niveau de priorité qui leur a été accordé dans l'aménagement des terrains de jeu est beaucoup moins élevé que le niveau souhaitable. La disponibilité de jeux d'eau, d'eau potable et d'ombre a un effet sur le confort des enfants qui jouent, surtout dans des conditions de chaleur estivale (qui coïncident souvent avec les périodes de pointe dans les terrains de jeu).

4.3 Jeux d'eau et eau potable

La présence d'eau multiplie les occasions de jouer dehors lors des chaudes journées d'été en abaissant la température de l'air et de l'organisme, ce qui accroît le confort des utilisateurs. La figure 9 montre que selon la plupart des répondants (72 %), la disponibilité des jeux d'eau a été jugée **peu prioritaire**, voire **non prioritaire**, dans l'aménagement des terrains de jeu. Seulement 4 % des experts ont répondu qu'une certaine priorité avait été donnée à cette question.

Parmi les répondants, 18 % ont affirmé qu'il faut accorder une certaine priorité aux jeux d'eau dans l'aménagement (figure 9). Les répondants ont suggéré de consacrer plus d'attention à ces jeux lorsque possible, même si la saison d'utilisation est courte.

Disponibilité des jeux d'eau

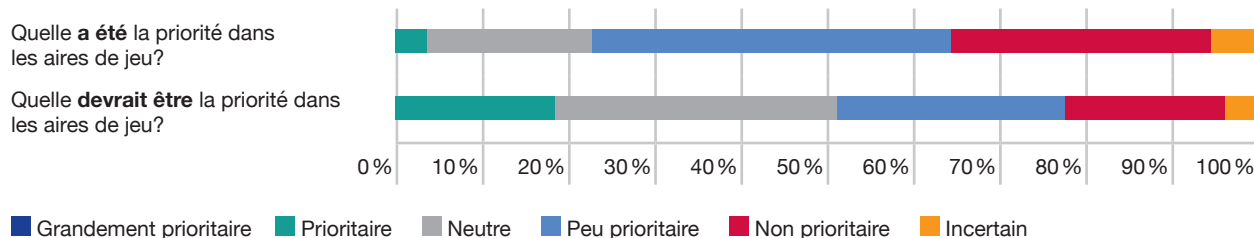


Figure 9.

Perceptions des priorités passées (*a été*) par rapport aux priorités souhaitables (*devrait être*) quant à la disponibilité des jeux d'eau dans les terrains de jeu

Interrogés sur la disponibilité de l'eau potable, les répondants disent pour la plupart (70 %) qu'on l'a jugée **peu prioritaire** ou **non prioritaire** dans l'aménagement des terrains de jeu, et 9 % d'entre eux croient que la question a été jugée **prioritaire** (figure 10). Les répondants sont plus nombreux à penser que la **priorité** devrait aller à la disponibilité de l'eau potable (29 %) qu'à la disponibilité de jeux d'eau (18 %) dans l'aménagement des futurs terrains de jeu.

Disponibilité de l'eau potable (fontaines, etc.)

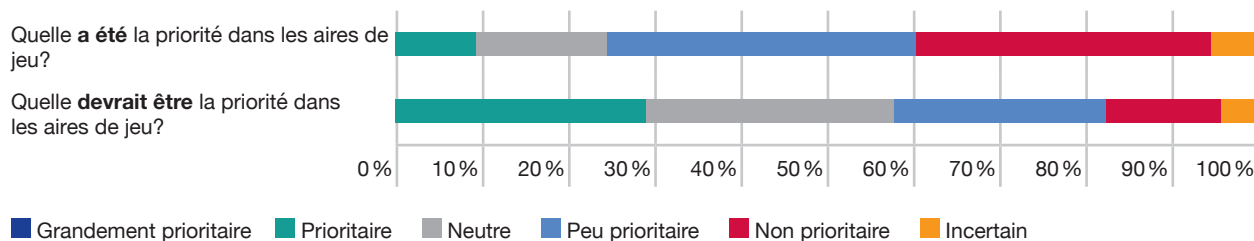


Figure 10.

Perceptions des priorités passées (*a été*) par rapport aux priorités souhaitables (*devrait être*) quant à la disponibilité d'eau potable dans les terrains de jeu.

4.4 Ombre dans les terrains de jeu

Comparativement à la présence d'eau, on constate pour la présence d'ombre dans les terrains de jeu une grande disparité entre les priorités passées et les priorités souhaitables, la plus marquée de l'enquête (figure 11). Seuls 8 % des répondants disent que l'on a jugé **prioritaire** l'ombre dans l'aménagement passé des terrains de jeu; selon 65 % des répondants, on l'a jugée **peu prioritaire**, voire **non prioritaire**. En revanche, 73 % des experts considèrent que l'ombre devrait être **prioritaire** dans l'aménagement des futurs terrains de jeu.

Ombrage (arbres, structures, bâtiments)

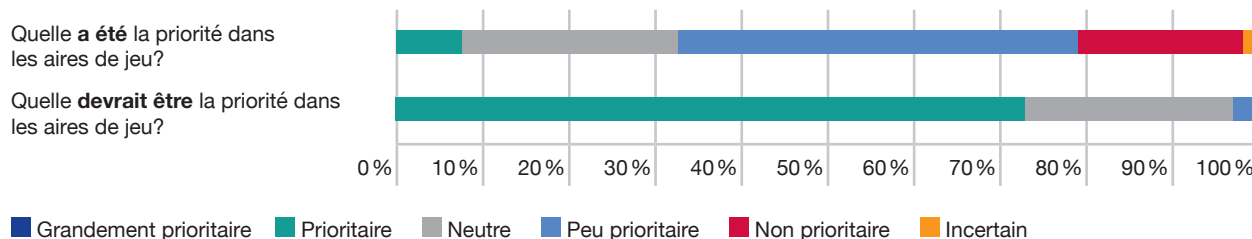


Figure 11.

Perceptions des priorités passées (*a été*) par rapport aux priorités souhaitables (*devrait être*) quant à l'ombre (naturelle ou artificielle) dans les terrains de jeu.

Lorsqu'on a demandé aux experts de suggérer des façons d'aménager des terrains de jeu thermiquement confortables, **tous ceux** qui ont répondu à cette question ouverte ont convenu que l'ombre et l'eau atténuent les chaleurs extrêmes. Plusieurs experts ont donné des exemples de types d'ombre (p. ex. voiles d'ombrage, ombre naturelle, structures en tissu, couvert forestier, bâtiments, structures photovoltaïques, auvents) et de jeux d'eau (p. ex. fontaines, jets d'eau, brumisateurs).

Exemples de réponses à la question ouverte :

« **Pour créer efficacement de l'ombre (dans une optique de santé), il faut faire des évaluations de l'ombrage.** » Santé et bien-être de l'enfant

« **Matériaux à faible réflectance solaire, emplacement des matériaux inertes, ombre naturelle (l'ombre, c'est merveilleux lorsque [l'architecte du paysage] d'un projet municipal est compétent, mais dans les écoles, les garderies, les centres de villégiature et d'autres endroits privés, c'est souvent le résultat d'une réflexion après coup. Certains consommateurs connaissent très bien la notion de confort thermique, mais d'autres, pas du tout).** » Fabrication, installation, vente

« **Il n'est pas nécessaire d'avoir de l'ombre partout, mais il faut investir là où il y a de l'activité. Les organismes responsables des aires de jeu doivent revoir la répartition des zones d'ombre pour donner la priorité aux endroits où les enfants jouent.** »

Architecture paysagère, urbanisme, consultation en conception

Les experts ont souligné le peu d'attention accordé au confort thermique dans les terrains de jeu; 70 % d'entre eux croient que cette question a été jugée *peu prioritaire* ou *non prioritaire* dans l'aménagement des terrains de jeu. Seulement 6 % des répondants ont dit que le confort thermique avait été jugé *prioritaire* dans ce contexte (figure 12). Interrogés sur les priorités souhaitables dans l'aménagement des futurs terrains de jeu, 49 % des répondants ont affirmé qu'il fallait donner la *priorité* au confort thermique, et 21 % ont répondu que cette question devait être *peu prioritaire* ou *non prioritaire*. Ces réponses montrent que la sensibilisation au confort thermique et son ajout éventuel aux normes et aux lignes directrices sur les terrains de jeu pourraient lui donner une priorité plus élevée dans le processus d'aménagement.

Confort thermique dans l'aire de jeu

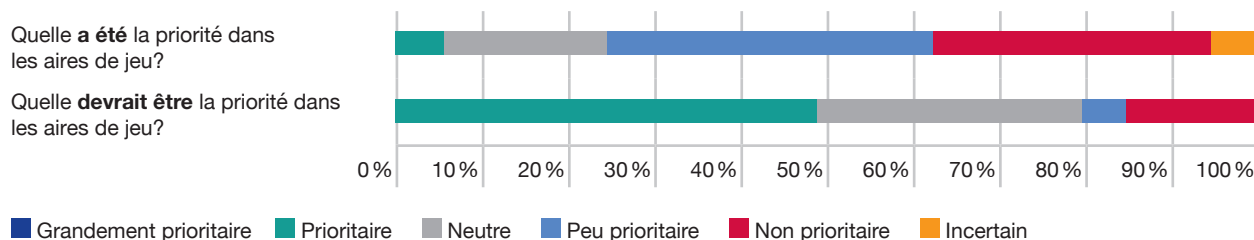


Figure 12.

Perceptions des priorités passées (*a été*) par rapport aux priorités souhaitables (*devrait être*) quant à la prise en compte du confort thermique dans l'aménagement des terrains de jeu.

4.5 Facteurs environnementaux et jeu chez l'enfant

On a demandé aux experts si certains facteurs environnementaux favorisaient ou non le jeu chez l'enfant : 79 % d'entre eux ont jugé les facteurs environnementaux « extrêmement importants » ou « importants ». De plus, 91 % des experts ont dit que les facteurs environnementaux n'avaient pas été aussi prioritaires que les autres facteurs de sécurité des terrains de jeu (p. ex. matériaux, intégrité structurale, inspection et entretien) présentés dans la norme CAN/CSA Z614.

On a demandé aux experts de formuler des suggestions ou des commentaires quant à l'influence des facteurs environnementaux sur le jeu de l'enfant. On leur a aussi demandé si des facteurs environnementaux pourraient ou devraient être inclus dans les normes ou les lignes directrices.

Exemples de réponses à la question ouverte :

« Je recommande de ne pas être trop directif, mais de présenter les *considérations générales et les options, ainsi qu'une description générale des pratiques exemplaires [...]* pertinentes pour différentes régions du Canada. » Climat/environnement

« Rédiger d'une annexe [à la norme actuelle sur les terrains de jeu] dont les recommandations seraient souples (non prescriptives) sur ce qu'il est possible de faire pour améliorer le confort dans les aires de jeu (confort thermique, utilisation prolongée). » Éducation, consultation, gestion des risques

Les normes sur les terrains de jeu traitent largement de sécurité, sous des angles très divers. Cependant, la question du confort environnemental et thermique a été beaucoup moins prioritaire dans la planification et l'aménagement des terrains de jeu que d'autres facteurs de risque, comme l'ont établi clairement les répondants à l'enquête.

4.6 Données de l'enquête sur les facteurs environnementaux

L'enquête a permis de recueillir les perceptions sur les quatre facteurs environnementaux du confort thermique. La figure 13 illustre les perceptions des répondants quant aux **priorités souhaitables** dans la gestion des terrains de jeu. Selon eux, les rayons de soleil se réfléchissant sur l'aire de jeu environnante (77 %), la température de l'équipement (90 %), la température des matériaux de revêtement (83 %) et les rayons de soleil se réfléchissant sur l'équipement ou près de celui-ci (89 %) devraient être **prioritaires** ou **grandement prioritaires** dans la gestion du confort thermique.

Quelle devrait être la priorité dans les aires de jeu?

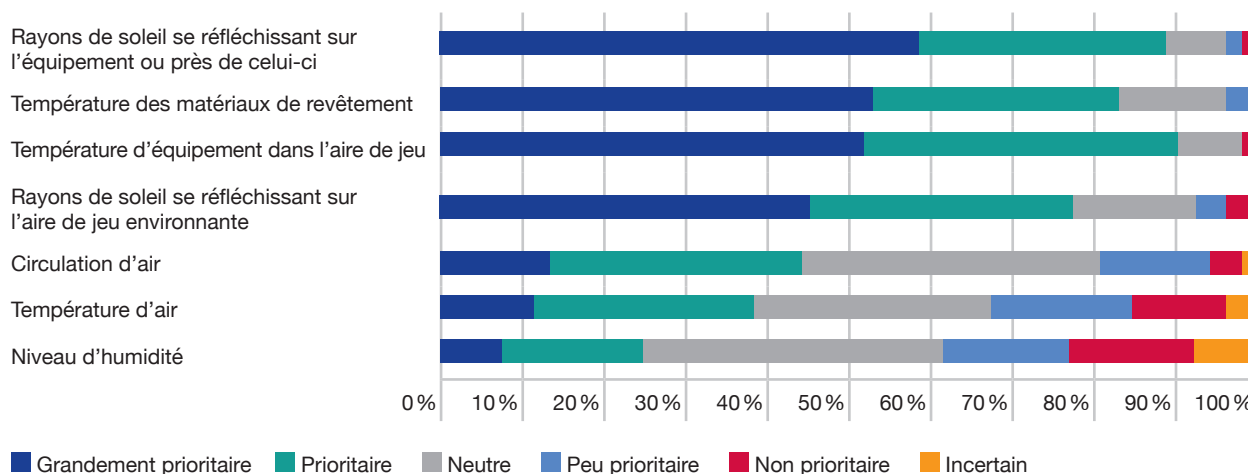


Figure 13.

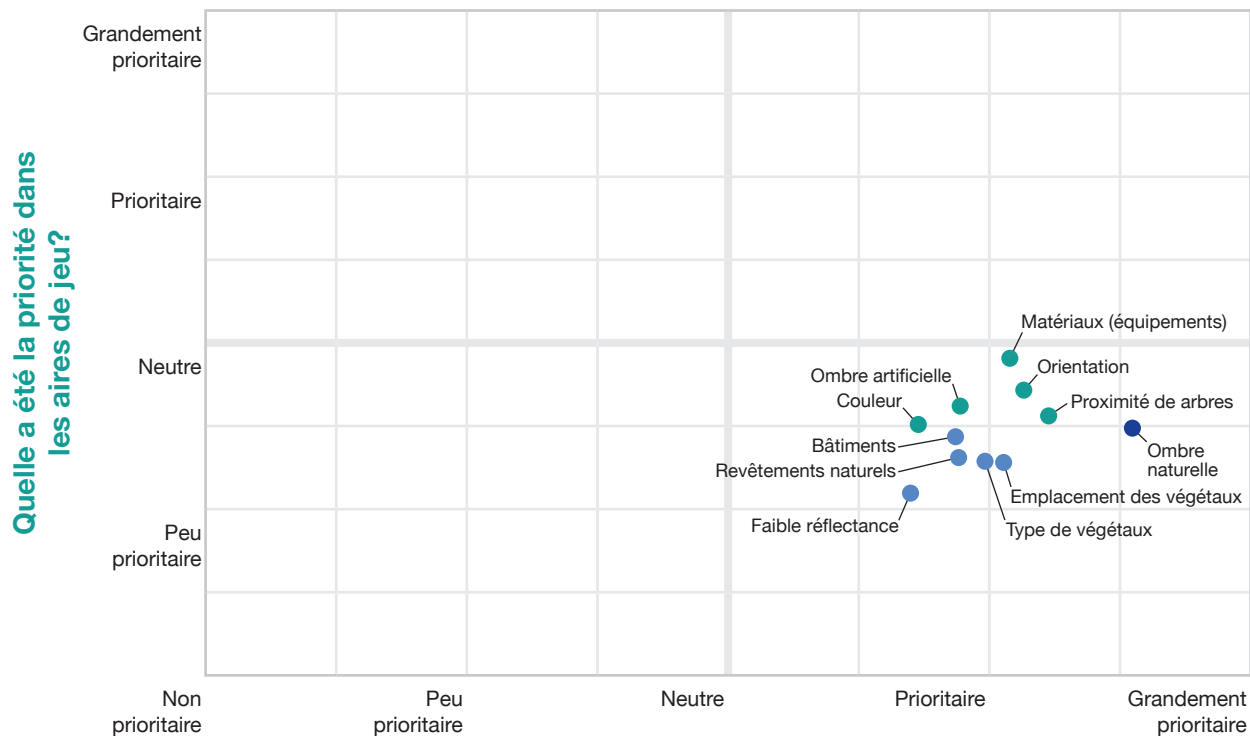
Perceptions quant à la priorité à accorder aux quatre facteurs environnementaux dans l'aménagement des terrains de jeu.

La circulation d'air (vent) (44 %), la température de l'air (38 %), et le niveau d'humidité (25 %) ont reçu moins fréquemment la cote **prioritaire** ou **grandement prioritaire**, ce qui indique que les répondants accorderaient une priorité moindre à la gestion de ces facteurs. La température des revêtements et des équipements ainsi que l'exposition aux rayons du soleil et UV sont des facteurs importants de la perception du confort thermique. Les réponses des experts montrent que le vent et la ventilation sont oubliés en tant que déterminants du confort thermique, peut-être parce qu'ils sont perçus comme plus difficiles à contrôler que les autres facteurs.

4.7 Caractéristiques et éléments d'un aménagement thermiquement confortable

On a interrogé les experts sur l'importance de divers éléments et diverses caractéristiques ayant une influence connue sur le confort thermique des terrains de jeu. Les priorités passées et souhaitables sont illustrées sur une carte des perceptions (figure 14). On remarque que l'ensemble des éléments et des caractéristiques est

sous l'axe horizontal, ce qui signifie **qu'ils ont été jugés peu prioritaires dans l'aménagement des terrains de jeu par le passé** – même si, selon les répondants, on a accordé **légèrement plus** d'attention à la couleur, à la disposition des arbres, à l'installation d'ombre artificielle, à l'orientation de l'équipement et aux matériaux utilisés. Les éléments et les caractéristiques sont tous considérés comme des **priorités** souhaitables dans l'aménagement des terrains de jeu, avec très peu de différence entre eux. L'ombre naturelle a obtenu un degré de **priorité légèrement supérieur** à celui des autres éléments et caractéristiques.



Quelle devrait être la priorité dans les aires de jeu?

Figure 14.

Carte des perceptions détaillant les réponses des experts quant aux priorités passées (*a été*) par rapport aux priorités souhaitables (*devrait être*) des éléments et des caractéristiques d'aménagement couramment utilisés pour assurer le confort thermique des terrains de jeu. Sur l'axe vertical, les éléments apparaissant **en haut de la ligne neutre** correspondraient à des éléments jugés **prioritaires** ou **grandement prioritaires** par le passé, alors que les éléments apparaissant **sous la ligne neutre** correspondraient à des éléments jugés **peu prioritaires** ou **non prioritaires** par le passé. Il en va de même sur l'axe horizontal : **les éléments se trouvant à droite de la ligne neutre devraient être prioritaires ou grandement prioritaires** dans l'aménagement des terrains de jeu.

Les réponses **des** experts permettent de connaître leur perception de la gestion du confort thermique. La figure 15 montre les perceptions des répondants quant aux caractéristiques et aux éléments qui **devraient être prioritaires** dans les terrains de jeu. Les deux perceptions les plus courantes sont : 1) que l'emplacement du terrain de jeu relativement aux bâtiments existants et aux arbres devrait recevoir une attention **prioritaire** ou **grandement prioritaire** (81 %) et 2) que l'utilisation de l'ombre naturelle pour améliorer le confort thermique des terrains de jeu soit **prioritaire** ou **grandement prioritaire** (89 %).

Quelle devrait être la priorité dans les aires de jeu?

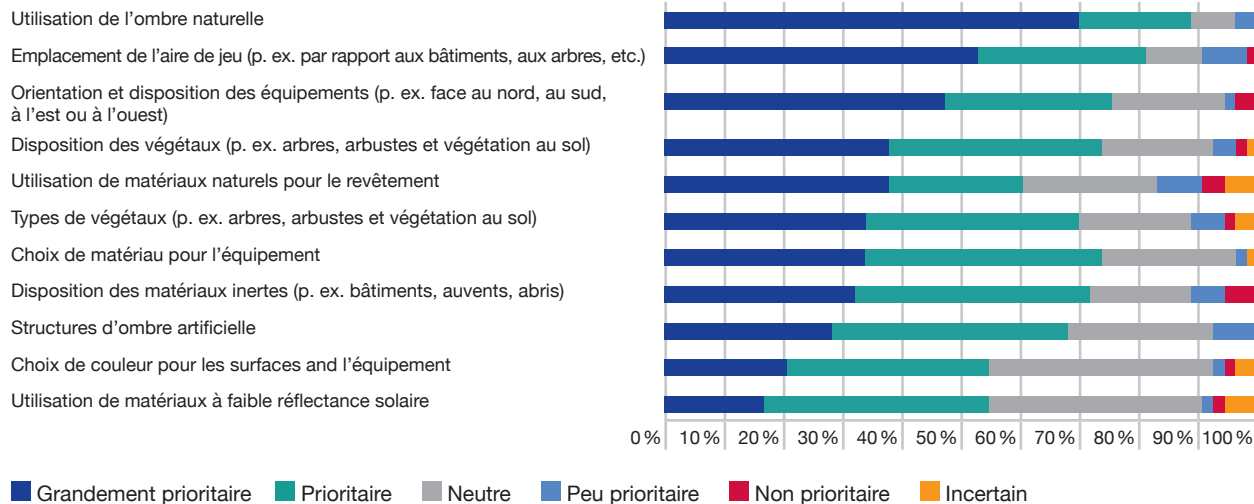


Figure 15.

Perceptions de la priorité à accorder à des éléments et des caractéristiques couramment utilisés pour assurer le confort thermique des terrains de jeu.

L'ajout d'éléments d'aménagement pour atténuer les effets environnementaux et améliorer le confort thermique est un enjeu complexe qu'il vaut mieux traiter au cas par cas. **L'aménagement le plus propice au confort thermique d'un terrain de jeu repose principalement sur les caractéristiques, les périodes d'utilisation et la zone climatique du site.** Les meilleures solutions sont fonction des caractéristiques particulières d'un terrain de jeu donné, et il est rassurant de voir que les experts ne priorisent pas de façon disproportionnée certains éléments par rapport à d'autres. Cela donne à penser qu'ils comprennent que chacun des facteurs peut contribuer au confort thermique global d'un lieu.

Exemple de réponse à la question ouverte :

« **Encourager les gens à étudier les caractéristiques du site devrait beaucoup contribuer à les sensibiliser au confort thermique. Même si les contraintes propres à un site peuvent empêcher un concepteur d'appliquer des lignes directrices strictes sur l'ombre ou la protection contre le vent (par exemple), le simple fait de déclencher l'analyse du site devrait avoir un effet positif.** » Fabrication, installation, vente

Parallèlement, les résultats de l'enquête révèlent peut-être aussi la possibilité d'insister davantage sur la formation, notamment des concepteurs, quant à l'influence relative de différents éléments d'aménagement. Par exemple, l'importance de choisir des couleurs claires, qui absorbent moins d'énergie solaire, dépend considérablement de la présence d'ombre et de l'orientation potentielle de l'équipement par rapport à l'ombre et au vent.

Exemple de réponse à la question ouverte :

« **L'application de pratiques exemplaires à l'équipement et à l'aménagement des terrains de jeu qui tiennent compte du confort thermique. Une formation sur le confort thermique à l'intention des fabricants, des concepteurs et des planificateurs (p. ex. les architectes du paysage).** » Éducation, consultation, gestion des risques

Analyse

5



Il faut poursuivre les recherches pour accroître l'utilisation des terrains de jeu, multiplier les possibilités de jeu extérieur et élever le niveau d'activité des enfants, tout en limitant l'exposition à des facteurs environnementaux dangereux ou malsains. Le présent rapport aborde la nécessité d'une approche plus holistique en santé et en sécurité dans les terrains de jeu.

À ce jour, les travaux de prévention des blessures dans les terrains de jeu, comme la norme CAN/CSA Z614, *Aires et équipements de jeu*, ont surtout porté sur l'intégrité, l'aménagement et la conformité de l'équipement et des matériaux de façon à réduire les blessures (p. ex. décès, fractures, contusions et traumatismes crâniens). Il est intéressant de noter qu'aucune étude n'a examiné en profondeur les facteurs environnementaux dans les terrains de jeu et leur influence sur le jeu de l'enfant ou sa sécurité. Par ailleurs, peu d'études ont porté sur le confort thermique de l'enfant, et aucune sur les répercussions des normes de sécurité ou de l'exposition à la chaleur et au rayonnement dans les terrains de jeu.

Pour encourager les enfants à jouer dehors tout en sensibilisant les intervenants au manque de considération accordée aux conditions environnementales dans les terrains de jeu, il faudrait élargir la réflexion sur les principaux problèmes de santé associés aux terrains de jeu. Étant donné le nombre de blessures et d'expositions aux facteurs environnementaux, il serait pertinent d'étudier l'influence de l'aménagement des terrains de jeu sur les facteurs de risque afin d'améliorer le jeu, de mieux comprendre le

confort thermique chez l'enfant et ses effets sur le jeu, et plus important encore, de promouvoir la santé à court et à long terme. Enfin, les planificateurs et les promoteurs, les responsables de la santé, les administrateurs scolaires, les professionnels de la petite enfance, les fournisseurs de logements abordables, les concepteurs de terrains de jeu et les urbanistes du Canada et d'ailleurs ont besoin de davantage d'outils et de ressources pour promouvoir l'aménagement de terrains de jeu frais, sûrs et verts.

À la suite de la revue de la littérature et de l'analyse en profondeur des réponses détaillées recueillies dans l'enquête auprès d'experts, un certain nombre d'avenues s'ouvrent aux chercheurs qui s'intéressent à la question des terrains de jeu thermiquement sûrs et confortables. Les recommandations formulées ici sont générales et peuvent s'appliquer dans l'ensemble du Canada et ailleurs. La revue de la littérature et les réponses des experts montrent aussi que le confort thermique joue un rôle central dans la création d'espaces propices au jeu. En fait, les experts eux-mêmes font valoir que la recherche et la sensibilisation doivent se poursuivre à cet égard.

5.1 Considérations sur le confort thermique dans l'aménagement des terrains de jeu

Il est essentiel de distinguer les terrains de jeu existants, qui peuvent être réaménagés pour améliorer le confort thermique, des nouveaux terrains de jeu, dont l'aménagement peut prendre en compte ces caractéristiques dès le départ. Dans un espace déjà aménagé, certaines modifications peuvent être très difficiles à apporter.

Pour les nouveaux terrains de jeu, il est recommandé de tenir compte, dès les premières décisions, des conditions météorologiques et climatiques actuelles et prévues. On peut obtenir ces données en faisant des observations météorologiques sur le site en se servant d'une station météorologique peu coûteuse, en utilisant des roses des vents, en consultant les données des stations météorologiques locales ou en mesurant la température des surfaces à l'aide d'un thermomètre infrarouge portatif. On peut également envisager les mesures suivantes dès les premiers stades :

- 1. Établir les périodes de pointe de la fréquentation et l'intensité de la circulation.**
Il s'agit entre autres d'évaluer les périodes d'utilisation annuelle, en particulier si la fréquentation du terrain de jeu varie beaucoup selon la saison ou l'heure (p. ex. terrain situé près d'un terrain de sport, dans un parc saisonnier ou près d'une école, ce qui entraîne une fréquentation plus importante le jour, contrairement à un terrain de jeu public, où la fréquentation est irrégulière). Le fait de bien connaître ces facteurs peut permettre une optimisation en fonction de différentes cibles (p. ex. utilisation toute l'année, plutôt l'été, plutôt l'hiver, etc.).
- 2. Mener une étude d'ombrage pour établir les possibilités d'ombre artificielle ou naturelle (arbres et autres végétaux, éléments naturels, relief).** Cette évaluation peut aider à disposer ou à orienter de façon optimale l'équipement ou l'aire de jeu, et à déterminer la façon dont les éléments qui projettent l'ombre et qui procurent d'autres avantages (comme bloquer le vent) peuvent être utilisés et orientés. Il peut s'agir de planter de nouveaux végétaux, d'ériger une clôture, d'installer une structure de stockage ou d'entretien, ou d'appliquer d'autres solutions novatrices.

- 3. Utiliser des roses des vents ou des graphiques radiaux pour connaître les régimes climatiques,** par exemple la direction des vents dominants en été et en hiver lors des journées les plus chaudes et les plus froides, et pour mieux comprendre les prévisions météorologiques, qui auront souvent une influence sur le confort thermique.
- 4. L'accès à l'eau est un enjeu important dans tous les terrains de jeu,** notamment si on peut garantir l'accès à une source d'eau locale dès l'aménagement ou la construction d'un nouveau projet. L'eau permet de boire ou de se rafraîchir quand on joue, mais facilite aussi l'entretien, notamment l'arrosage des arbres, de la végétation, des jardins et des matériaux naturels.

Les concepteurs disposent de plusieurs outils pour créer des terrains de jeu thermiquement confortables. Le NPPS soutient l'adoption de lignes directrices pour la création de terrains de jeu thermiquement sûrs et confortables, qu'ils soient nouveaux ou réaménagés (annexe A). Ces lignes directrices résument les pratiques et les suggestions d'aménagement utiles pour favoriser le confort thermique en période de jeu.

5.2 Sensibilisation et recherche

Au Canada, il existe peu d'études sur le confort et la sécurité thermiques dans les terrains de jeu. Les extrêmes de température, les changements climatiques, l'exposition intermittente au soleil, le manque d'activité physique et l'obésité chez l'enfant sont des facteurs inquiétants qui peuvent créer une synergie. Une vision plus holistique des caractéristiques environnementales et sécuritaires des terrains de jeu pourrait mener à des façons plus efficaces et plus durables de favoriser la santé des enfants à long terme. Il faut systématiser la collecte des pratiques exemplaires et des avis des experts pour favoriser une activité physique sécuritaire et saine tout en composant avec les conséquences prévues des changements climatiques. Pour que les enfants aient accès à des terrains de jeu confortables et attrayants et pour les encourager à être actifs, on peut notamment faire valoir la nécessité de créer des terrains de jeu sûrs par l'atténuation des extrêmes de température et de rayonnement.

SENSIBILISATION

De nombreux facteurs influencent les recommandations et les pratiques exemplaires visant l'amélioration de la sécurité et l'activité dans les terrains de jeu. Le présent rapport fait état des connaissances générales sur le confort thermique et de leur application aux terrains de jeu contemporains. Les travaux menés dans le cadre du projet ont permis de constater que la sécurité et le confort thermiques dans les terrains de jeu étaient mal connus; le NPPS propose donc les stratégies de diffusion suivantes :

- 1. Créer un groupe de travail pour enquêter sur la sécurité et le confort thermiques en toute saison.** Il faudrait confier à un réseau de professionnels la mission de constituer une infrastructure de recherche, de définir les facteurs de risque transversaux pour la santé et la sécurité, d'élaborer des pratiques exemplaires pour la collecte de données et l'analyse des sites, et de déterminer comment préparer et mettre en œuvre des mesures pour la diffusion, l'enseignement et l'application d'interventions sur la sécurité et le confort thermiques. Ce groupe mènerait des recherches de pointe holistiques et approfondies pour vraiment améliorer la convivialité et le confort des terrains de jeu.
- 2. Diffuser l'information sur les pratiques exemplaires, la prévention des blessures et des maladies et le confort thermique dans les terrains de jeu pour attirer l'attention du public sur la question.** Il faudrait mettre en place des mesures de sensibilisation à l'échelle locale, provinciale et fédérale, et mobiliser des regroupements professionnels, des milieux scolaires, des centres de la petite enfance et des services des parcs. Il faudrait étudier des stratégies de prévention particulièrement efficaces en milieu urbain et en banlieue (même si elles conviennent moins aux communautés rurales ou à d'autres zones climatiques). Il conviendrait donc de poursuivre les recherches afin de diffuser des stratégies d'intervention adaptées aux diverses régions géographiques urbaines, suburbaines et rurales.

RECHERCHE

Il faudrait mener des recherches sur le confort et la sécurité thermiques, et sur d'autres caractéristiques environnementales des terrains de jeu qui ont un effet sur le confort, la possibilité de jouer, la sécurité et la santé à long terme de l'enfant (p. ex. chaleur extrême, rayonnement UV, pollution de l'air et contamination des sols). Des études récentes préconisent la mise en œuvre de solutions efficaces fondées sur des données probantes pour favoriser l'activité physique

et la santé des enfants grâce au confort thermique (Xu et coll., 2012; Vanos, 2015). Pour améliorer l'accès aux terrains de jeu extérieurs et faire bouger les enfants davantage, il importe d'étudier et d'évaluer des stratégies d'aménagement permettant de limiter les conditions environnementales dangereuses et de promouvoir des environnements thermiquement sûrs et confortables propices au jeu. Voici quelques avenues de recherche à cet égard :

- 1. Quantifier les facteurs qui influencent la fréquentation des terrains de jeu.** Il faudrait mener des recherches pour mieux comprendre pourquoi les utilisateurs fréquentent un certain terrain de jeu, et ce qui les incite à y rester et à y jouer activement. À ce jour, peu d'études portent sur les facteurs qui influencent la fréquentation et l'utilisation des terrains de jeu ou le choix d'un terrain de jeu par les enfants et les parents, notamment en relation avec les questions de confort thermique, de conditions météorologiques et d'autres facteurs fréquemment associés à l'utilisation et à la sûreté des terrains de jeu.

Une enquête sur l'environnement et les utilisateurs de terrains de jeu, par exemple sur les comportements et les facteurs conjoncturels associés à l'inconfort thermique et au jeu (p. ex. niveau d'activité des enfants en fonction du degré d'ombre ou d'ensoleillement, effet de la température élevée d'une surface sur le jeu) ou sur les conditions environnementales les plus importantes pour l'utilisateur (p. ex. protection contre le soleil, le vent ou les précipitations), pourrait jeter un nouvel éclairage sur l'aménagement approprié des futurs terrains de jeu. Par exemple, l'étude des corrélations entre le niveau d'activité de l'enfant et sa perception du confort thermique, d'une part, et des facteurs environnementaux comme l'exposition au soleil et la température, d'autre part, serait utile pour mieux comprendre l'influence de ces facteurs sur le jeu chez l'enfant.
- 2. Quantifier l'effet et l'influence des caractéristiques et des éléments sur les quatre facteurs environnementaux du confort thermique – notamment dans différentes zones climatiques.** Il est nécessaire de mieux comprendre les effets de divers éléments et diverses caractéristiques d'atténuation, et notamment de quantifier ces effets sur les quatre variables environnementales (rayonnement solaire, vent/ventilation, température et humidité relative) du confort thermique. Pour trouver des approches diversifiées et propres à chaque site, il faudrait étudier sur le terrain le lien entre le confort thermique et les conditions environnementales, d'une part, et l'aménagement global des terrains de jeu, d'autre part, dans différentes régions géographiques du Canada.

Il faudrait également approfondir les recherches sur la normalisation des méthodes de quantification de l'ombre et de la température des revêtements et des équipements. Il faudrait en effet disposer de méthodes et d'outils harmonisés pour l'évaluation de ces paramètres, et donc du confort thermique, pour être en mesure d'élaborer des lignes directrices efficaces et cohérentes sur l'aménagement des terrains de jeu à l'intention des concepteurs, des propriétaires et des exploitants.

- 3. Étudier la façon dont les matériaux de revêtement utilisés dans les terrains de jeu répondent aux exigences d'amortissement des impacts, d'accessibilité et de confort thermique.** Étant donné la stagnation du nombre de blessures dans les terrains, l'élévation préoccupante des températures dans le monde entier et la nécessité de disposer de terrains de jeu extérieurs confortables pendant la saison chaude, il faudrait envisager d'ajouter des mesures de sécurité environnementale aux mesures de sécurité traditionnelles. Comme 60 à 80 % des blessures subies dans les terrains de jeu résultent de chutes et que la plupart des mesures de sécurité sont axées sur l'amélioration de l'amortissement des impacts par les revêtements, la recherche devrait inclure le développement et la mise à l'essai de matériaux de revêtement extérieur visant le confort thermique. Même si les revêtements utilisés préviennent des blessures potentiellement mortelles, on sait qu'ils atteignent des températures extrêmes, dangereuses pour les enfants. Les recherches devraient porter sur le confort thermique des enfants, la tolérance de l'être humain ou la biomécanique des impacts, de même que sur les caractéristiques idéales des revêtements.

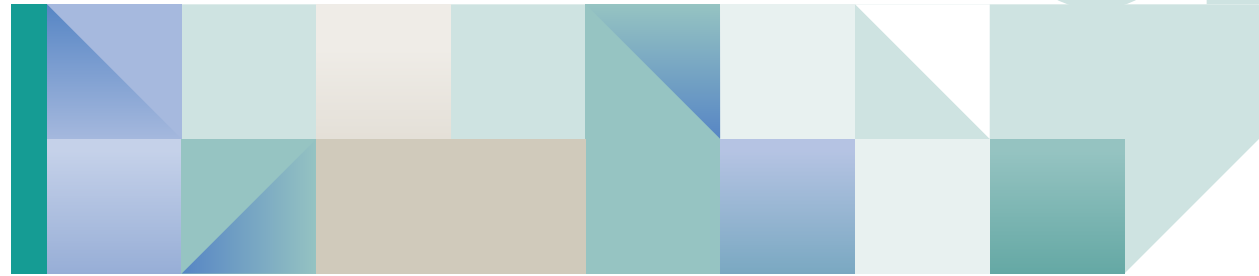
Il faudrait mener des recherches sur la façon de combiner au mieux la prévention des blessures, l'accessibilité et le confort thermique, tous importants pour assurer l'accès pour tous les enfants à des espaces extérieurs thermiquement confortables et sûrs, sans impact négatif sur la santé ou la sécurité. Les surfaces couramment utilisées dans les terrains de jeu pour réduire les forces causant les blessures et promouvoir l'accès peuvent nuire au confort thermique ou aggraver d'autres facteurs d'exposition environnementaux ou chimiques (TURI, 2018). Pour trouver un équilibre entre les divers besoins de sécurité (atténuation des extrêmes de température, choix et composition chimique des matériaux, amortissement des impacts), il faut adopter des approches holistiques axées sur les résultats, qui peuvent avoir des répercussions importantes sur la santé globale des enfants et la sécurité dans les terrains de jeu.

Il faudrait poursuivre la recherche et la collecte de données sur le terrain pour évaluer l'effet direct des surfaces utilisées dans les terrains de jeu sur la réduction des blessures, afin de comprendre si ces surfaces sont utilisées correctement (p. ex. orientation par rapport au soleil, amortissement adéquat à long terme, dégagement de produits chimiques), de connaître leur durée de vie et leur entretien, et de les mettre à l'essai dans toute une gamme d'environnements extérieurs. La recherche devrait chercher à trouver des matériaux et des mécanismes qui répondent à tous les objectifs d'aménagement.

- 4. Élaborer des méthodes de collecte et de communication des conditions environnementales locales dans les terrains de jeu.** Dans la plupart des villes, les observations météorologiques sont recueillies à l'aéroport, parfois situé à plusieurs kilomètres du centre-ville, loin des conditions environnementales locales d'un terrain de jeu. En utilisant des stations ou des capteurs météorologiques situés directement sur place, on comprend mieux les conditions environnementales qui entourent le jeu en lien avec la santé; éventuellement, il sera aussi possible de tirer parti de projets de « ville intelligente » pour mieux faire le lien entre les indicateurs environnementaux et les risques pour la santé dans les parcs et les terrains de jeu (voir par exemple Morabito et coll., 2015; Ramaswami et coll., 2016).
- 5. Élaborer des outils et des ressources pour rafraîchir et verdir les terrains de jeu.** L'intégration du confort thermique à l'aménagement des terrains de jeu pourrait augmenter la fréquentation, le niveau d'activité des enfants et le plaisir ressenti. Des outils pédagogiques permettraient de sensibiliser les responsables de la petite enfance, des programmes scolaires et des services aux jeunes à l'importance de la gestion du confort thermique. Il faudrait préparer, à l'intention des praticiens, des ressources sur l'aménagement des aires de jeu et la conception de l'équipement en fonction du confort thermique en toute saison, dans le contexte global d'un aménagement bioclimatique. Les boîtes à outils pourraient comprendre des lignes directrices, des normes sur l'aménagement, des outils de cartographie, des documents de formation et des documents pédagogiques comme des programmes de cours en classe ou en ligne et des affiches pédagogiques. Cette sensibilisation viserait la création d'outils et de ressources accessibles à l'échelle nationale et locale pour promouvoir l'aménagement de terrains de jeu frais et verts au Canada.

6

Conclusion



Le jeu est important pour le développement physique et mental de l'enfant. Quand on joue dehors, on fait de l'exercice, on respire de l'air frais et on se rapproche de la nature, mais à long terme, l'exposition prolongée au soleil augmente les risques pour la santé. En 2014, le Groupe CSA a publié la cinquième édition de la norme CAN/CSA Z614, *Aires et équipements de jeu*, qui traite de mesures de sécurité contribuant à réduire le risque de blessures graves (CSA, 2014). Bien que la version actuelle de la norme fasse souvent référence à la chaleur, elle ne traite pas systématiquement de la façon de concevoir l'équipement de jeu et d'aménager l'espace pour tenir compte des chaleurs extrêmes. Une annexe informative sur le confort thermique, basée sur une revue de la littérature et les résultats de l'enquête, a été élaborée et soumise à la CSA en vue d'être ajoutée à la prochaine version de la norme.

L'annexe A décrit des principes concrets d'aménagement pour l'amélioration du confort thermique dans les terrains de jeu; ils peuvent être appliqués dès maintenant par les concepteurs et intégrés dans les futures normes d'aménagement et d'équipement. Le NPPS recommande fortement d'insister davantage sur le confort thermique et ses liens avec le jeu et la santé de l'enfant pour sensibiliser et éduquer les professionnels et le public. Même si le concept de confort thermique date des années 1970, peu de recherches ont porté sur le confort thermique associé au jeu chez l'enfant.

Les experts et les professionnels de la santé de l'enfant qui œuvrent dans l'industrie des terrains de jeu conviennent qu'il faut multiplier les efforts quant au confort et à la sécurité thermiques dans les terrains de jeu, et traiter de cette question dans les projets de recherche à venir, de même que dans les futures normes et lignes directrices sur les terrains

de jeu. Même si les normes actuelles traitent de l'installation des équipements, de l'amortissement des impacts par les revêtements, de l'inspection et de l'entretien, de la disposition des terrains de jeu, des exigences d'accès et de sortie, de l'accessibilité pour les personnes handicapées et de nombreuses autres questions importantes, il n'existe pas de lignes directrices ou de normes largement adoptées ou connues sur le confort thermique des terrains de jeu. Étant donné le nombre de blessures subies dans les terrains de jeu et les conditions environnementales auxquelles sont exposés les enfants, les recherches devraient se pencher sur l'aménagement des terrains de jeu et ses effets sur les facteurs de risque pour les enfants (p. ex. exposition au rayonnement UV, risques environnementaux, amortissement des impacts, blessures dues aux chutes et autres blessures courantes) afin d'améliorer le jeu, de mieux comprendre le confort thermique et, surtout, de promouvoir la santé à court et à long terme chez l'enfant.

La sécurité dans les terrains de jeu est un enjeu complexe. Pour garantir le caractère sécuritaire, inclusif et thermiquement confortable des terrains de jeu canadiens, les instances fédérales, provinciales et locales doivent œuvrer ensemble à la création d'un cadre sur le confort et la sécurité thermiques dans ces environnements, ainsi que de modèles de recherche intégrant tous les éléments d'aménagement et les facteurs de risque qui aideront les communautés de tout le pays à étudier ces questions. Le NPPS soutient la mise en œuvre des lignes directrices recommandées pour la création de terrains de jeu thermiquement sûrs et confortables (annexe A). C'est en travaillant en collaboration que les intervenants permettront à tous les enfants et à leur famille de profiter davantage des terrains de jeu en toute sécurité.

ANNEXE A

LIGNES DIRECTRICES RECOMMANDÉES POUR LA CRÉATION DE TERRAINS DE JEU THERMIQUEMENT SÛRS ET CONFORTABLES

Introduction

Le microclimat d'un terrain de jeu a une influence importante sur sa fréquentation et sur le niveau d'activité physique des enfants (Semenzato et coll., 2011). L'exposition au soleil, la circulation de l'air, l'humidité et la température se combinent pour influencer ce qu'on appelle le « confort thermique », qui désigne un état de satisfaction quant aux conditions environnementales. Chaque terrain de jeu a son propre microclimat, dont la configuration des températures, des vents et des rayonnements lui est propre.

Des études montrent que lorsque les conditions thermiques deviennent inconfortables en été, les enfants fréquentent moins les terrains de jeu. Certaines caractéristiques de l'aménagement des parcs et des terrains de jeu peuvent également aggraver les risques liés à la chaleur pour les enfants (Vanos et coll., 2016).

Les enfants sont plus vulnérables que les adultes à la chaleur et au stress thermique (Berry et coll., 2014). Ils sont également plus susceptibles d'attraper des coups de soleil et de se brûler au terrain de jeu, parce que leur peau est plus sensible (Volkmer et Greinert, 2011). En veillant au confort thermique de l'équipement et des espaces en été, on s'assure que les enfants peuvent jouer dehors et être actifs dans l'aire de jeu plus longtemps.

La conception d'espaces extérieurs thermiquement confortables constitue une adaptation importante dans le contexte des changements climatiques. Ces derniers devraient entraîner une augmentation considérable du nombre de journées très chaudes (≥ 30 °C) dans bien des régions du Canada, ce qui aura des répercussions importantes sur la santé humaine (Berry et coll., 2014). Par exemple, d'ici 2050, on prévoit une augmentation du nombre annuel de journées très chaudes (de 24 à plus de 40) à Windsor, la ville la plus méridionale du Canada, par rapport à la période 1976-2005 (Atlas climatique du Canada, 2018). Bref, dans le contexte des changements climatiques, il s'impose de plus en plus de comprendre comment intégrer le confort thermique à l'aménagement des terrains de jeu canadiens.

Objectif des lignes directrices

Les présentes lignes directrices donnent des conseils pratiques sur la gestion du confort thermique dans l'aménagement, le réaménagement et l'entretien de terrains de jeu dans le contexte du climat canadien. Elles portent principalement sur l'amélioration du confort thermique en été, mais abordent aussi les autres saisons, puisque de nombreuses régions du Canada connaissent quatre saisons bien distinctes, dont un hiver long et rigoureux, et que dans ce grand pays, le climat varie beaucoup d'un endroit à l'autre. Les lignes directrices présentent donc des considérations globales qui s'appliquent dans diverses zones géographiques et climatiques. Le confort thermique des terrains et aires de jeu peut encourager à profiter des avantages importants associés à l'activité physique à l'extérieur. De plus, la présence d'aires de jeu thermiquement confortables contribue à créer des espaces frais et verts dans les villes (des « îlots de fraîcheur »), ce qui est de plus en plus important étant donné l'ampleur croissante de l'effet d'îlot de chaleur dans les villes canadiennes.

Quatre facteurs du confort thermique

Le tableau A.1 présente les quatre principaux facteurs environnementaux du confort thermique. Ces facteurs sont classés en fonction de la possibilité de les modifier par l'aménagement (en commençant par le plus facile à modifier). Par ailleurs, c'est la réduction de l'exposition aux rayonnements et au soleil qui présente le plus d'avantages pour la santé.

Tableau A.1

Quatre facteurs du confort thermique

Description du facteur	Recommandations d'aménagement
<p>Rayonnement solaire</p> <p>Les terrains de jeu sont souvent mal protégés contre l'exposition au soleil, ce qui peut entraîner des dommages directs à la peau causés par les rayons ultraviolets (à haute énergie), et donc l'augmentation du risque de cancer de la peau (American Cancer Society, 2013). L'exposition à un rayonnement intense a également une influence sur de nombreux facteurs de sécurité et de confort thermiques : inconfort thermique, stress thermique, déshydratation, dommages à la peau à cause des rayons UV, inactivité, dégradation de l'équipement et température élevée des surfaces de protection et de l'équipement des terrains de jeu.</p> <p>Le rayonnement solaire est le déterminant le plus important du confort thermique par temps chaud. La température de l'équipement et des surfaces est directement liée à l'exposition au soleil, et elle peut s'élever à un point tel où elle brûlerait la peau d'un enfant; les matériaux artificiels posent souvent les risques les plus grands. De plus, les surfaces chaudes émettent une intense énergie infrarouge (chaleur) vers l'enfant, ce qui réduit son confort et augmente le risque de maladie due à la chaleur. Ces conditions réduisent la convivialité des terrains de jeu et peuvent devenir dangereuses.</p>	<p>Des ombrages bien choisis et bien disposés peuvent améliorer le confort thermique. L'été, c'est la réduction de l'exposition au rayonnement solaire grâce à des éléments d'ombrage naturels ou artificiels qui l'améliore le plus. Le fait de choisir des éléments – arbres ou éléments artificiels – à faible transmissivité et de les orienter de façon à bloquer les rayons du soleil provenant du sud et du sud-ouest joue un rôle important dans l'aménagement ou le réaménagement d'un terrain de jeu. En hiver, le rayonnement solaire peut améliorer le confort en procurant un réchauffement, et cela devrait faire partie des facteurs qui mènent au choix du type d'ombrage.</p> <p>Les propriétaires, exploitants, planificateurs et concepteurs doivent être conscients qu'une surexposition au rayonnement solaire peut avoir de multiples effets négatifs à long terme sur la santé des enfants. À court terme, les journées chaudes de l'été peuvent entraîner un départ prématuré du terrain ou de l'aire de jeu, des brûlures causées par les surfaces chaudes et des coups de soleil douloureux.</p> <p>Des modifications délibérées à l'aménagement peuvent avoir de nombreux avantages pour la santé et la sécurité des enfants et la convivialité d'un espace (voir tableau A.2).</p>
<p>Vent/ventilation</p> <p>La circulation de l'air (sous forme de vent ou de ventilation) peut contribuer au confort thermique par temps chaud. En été, c'est un facteur important de confort thermique, qui contribue au refroidissement par convection de la peau. Une diminution de la circulation de l'air (air stagnant) peut causer de l'inconfort lorsqu'il fait chaud, notamment dans les régions humides du pays.</p> <p>Le vent peut également exacerber la sensation de froid en hiver, ce qui réduit le confort thermique à cause du refroidissement éolien.</p>	<p>En veillant à ce que les vents dominants puissent circuler dans une aire de jeu en été, on peut considérablement améliorer le confort thermique par une meilleure évaporation de la sueur. L'hiver, par contre, il importe de bloquer les vents dominants à l'aide de végétaux ou de structures pour favoriser le confort thermique par temps froid.</p> <p>Il est suggéré de déterminer la direction et la vitesse des vents dominants en chaque saison à l'aide de roses des vents saisonnières (schéma montrant la fréquence relative des vents provenant de différentes directions pour une saison donnée, dans un endroit donné – voir figure A.1) ou d'une autre méthode pour optimiser la ventilation et le blocage des vents. Comme les vents varient selon l'endroit et la saison, les décisions d'aménagement doivent être prises soigneusement pour chaque site.</p>
<p>Température</p> <p>Dans un terrain de jeu, la température de l'air, des surfaces et de l'équipement peut avoir un effet appréciable sur le mouvement, la santé, l'activité physique et le comportement d'un enfant. Les extrêmes de température, chauds ou froids, nuisent au confort thermique global. La température ressentie par un utilisateur influence fortement son confort et sa sécurité, ainsi que le temps passé au terrain de jeu. Si la température n'est pas prise en compte dès la planification, l'utilisation de l'espace pourrait s'en trouver limitée par le départ prématuré des visiteurs.</p> <p>Il est difficile de modifier la température de l'air à grande échelle, mais on peut l'influencer par l'aménagement. En été, la température de l'air est réduite par la végétation (par évapotranspiration), l'ombre et l'abaissement de la température des surfaces grâce à l'utilisation de matières naturelles (p. ex. arbres, arbustes et plantes), de plans d'eau, d'ombre et de revêtements frais.</p>	<p>La température de l'air est une variable météorologique difficile à contrôler à grande échelle, mais on peut l'influencer en introduisant certains aménagements. Par exemple, par temps chaud, l'utilisation de végétaux (p. ex. arbres, arbustes et plantes) et d'ombre peut rafraîchir l'air et réduire la température des surfaces. En hiver, la gestion de facteurs comme la circulation de l'air et l'exposition directe au soleil, entre autres, joue un rôle important dans l'incidence du froid. Des aménagements adéquats peuvent avoir un effet local sur la température de l'air et améliorer le confort thermique en toute saison.</p> <p>L'hiver, la meilleure façon de contrer le froid est de bien habiller les enfants ainsi que de bloquer le vent et de favoriser l'exposition au soleil par l'aménagement (voir tableaux A.2 et A.3).</p>
<p>Humidité relative</p> <p>L'humidité relative joue un rôle important dans la température ressentie, mais il est difficile de la contrôler dans les limites d'un terrain de jeu. Contrairement au vent, au rayonnement et à la température, le taux d'humidité varie peu dans une même ville. Un taux d'humidité élevé réduit le confort thermique par temps chaud en limitant l'évaporation de la sueur, qui lui est essentielle. Lorsque l'humidité se combine à une faible circulation de l'air, l'évaporation à la surface de la peau est encore réduite, ce qui entraîne un inconfort important.</p>	<p>La circulation de l'air (le vent) peut favoriser le processus d'évaporation par temps humide (voir tableau A.3). Il est d'autant plus important d'assurer la circulation de l'air dans les villes où le taux d'humidité est élevé (comme Toronto, Windsor, Ottawa et Montréal). Dans les endroits secs (comme les Prairies), où le taux d'humidité pose moins problème, la sueur s'évapore mieux, ce qui réduit l'inconfort thermique. Les endroits les plus secs sont souvent ensoleillés lorsqu'il fait chaud. Il est donc plus important d'y prévoir de l'ombre.</p>

Conditions et pratiques d'aménagement ayant une influence sur le confort thermique

Avant d'aménager un terrain de jeu, il importe de bien comprendre l'ordre d'importance des facteurs qui influencent le confort thermique et d'autres considérations de sécurité et d'utilisation (p. ex. revêtements qui amortissent les impacts, accessibilité, etc.). Pour assurer le confort thermique, il est recommandé de bien connaître les conditions météorologiques et climatiques actuelles et prévues du site dès la prise de décisions initiale. On peut obtenir ces renseignements en faisant des observations météorologiques sur place en se servant d'une station météorologique peu coûteuse, en utilisant des roses des vents, en consultant les données des stations météorologiques locales ou en mesurant la température des surfaces en été à l'aide d'un thermomètre infrarouge portable. Voici d'autres questions à analyser :

- 1. Établir les périodes de pointe en matière de fréquentation et d'intensité de la circulation.**
Il s'agit entre autres d'évaluer les périodes d'utilisation annuelle, en particulier si la fréquentation du terrain de jeu varie beaucoup selon la saison ou l'heure (p. ex. terrain situé près d'un terrain de sport, dans un parc saisonnier ou près d'une école, ce qui entraîne une fréquentation plus importante le jour, contrairement à un terrain de jeu public, où la fréquentation est irrégulière). Le fait de bien connaître ces facteurs peut permettre une optimisation en fonction de différentes cibles (p. ex. utilisation à l'année longue, plutôt l'été, plutôt l'hiver, etc.)

- 2. Mener une étude d'ombrage pour établir les possibilités d'ombre artificielle ou naturelle (arbres et autres végétaux, éléments naturels, relief).** Cette évaluation peut aider à disposer ou à orienter de façon optimale l'équipement ou l'aire de jeu, et à déterminer la façon dont les éléments qui projettent l'ombre et qui procurent d'autres avantages (comme bloquer le vent) peuvent être utilisés et orientés. Il peut s'agir de planter de nouveaux végétaux, d'ériger une clôture, d'installer une structure de stockage ou d'entretien, ou d'appliquer d'autres solutions novatrices.
- 3. Utiliser des roses des vents ou des graphiques radiaux pour connaître les régimes climatiques,** par exemple la direction des vents dominants en été et en hiver lors des journées les plus chaudes et les plus froides, et pour mieux comprendre les prévisions météorologiques, qui auront souvent une influence sur le confort thermique (voir figure A.1).
- 4. Assurer un accès à l'eau, qui est un enjeu important dans tous les terrains de jeu,** notamment si on peut garantir l'accès à une source d'eau locale dès l'aménagement ou la construction d'un nouveau projet. L'eau permet de boire ou de se rafraîchir quand on joue, mais facilite aussi l'entretien, notamment l'arrosage des arbres, de la végétation, des jardins et des matériaux naturels.

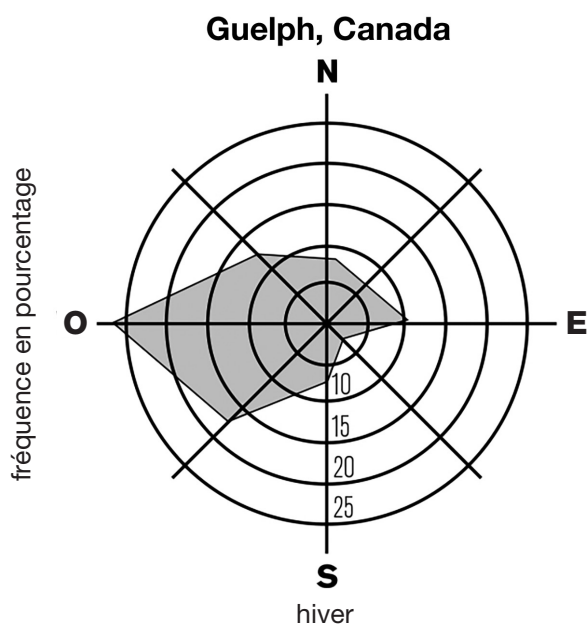


Figure A.1

Exemple simple de rose des vents pendant l'hiver à Guelph, en Ontario. On y voit qu'à cet endroit, es vents soufflent surtout de l'ouest en hiver (un peu plus de 25 % du temps); les concepteurs pourraient donc envisager de bloquer les vents d'ouest. Image tirée de Brown et Gillespie (1995) et bonifiée par la Julie Ann Wrigley Global Institute of Sustainability, Arizona State University.

Caractéristiques et éléments ayant une influence sur le confort thermique

Nombreux sont les éléments d'aménagement qui ont une influence sur le confort thermique. Le tableau A.2 présente sans ordre particulier des caractéristiques et des stratégies, de même qu'une brève description de leur effet sur le confort thermique.

Le tableau A.3 précise l'effet de certaines caractéristiques sur le confort thermique par temps chaud ou froid, surtout quant aux quatre facteurs environnementaux (rayonnement solaire, vent/ventilation, température et humidité relative) qui déterminent ensemble le confort thermique. Les décisions prises quant au confort thermique devraient tenir compte des utilisateurs (p. ex. âge, stade de développement), des périodes de pointe et des facteurs de sécurité connexes.

Tableau A.2

Considérations sur le confort thermique

Caractéristique	Catégorie	Considérations sur le confort thermique
Ombre : couvert forestier et ombre artificielle dans les terrains de jeu et autour <i>Note : Il est utile de se référer à un abaqué d'ensoleillement pour tenir compte de l'ombre et de la latitude.</i>	Feuillus	Il est recommandé de planter des feuillus au sud et au sud-ouest d'un terrain de jeu pour faire de l'ombre en été pendant une grande partie de la journée, tout en laissant passer la lumière l'hiver, ce qui dépend de la taille des arbres et de la densité du couvert forestier; lorsqu'il y a suffisamment d'arbres, il peut se former des îlots de fraîcheur.
	Conifères	À cause de leur forme allongée, les conifères font de l'ombre lorsque le soleil est très haut ou très bas. Ces arbres peuvent également bloquer les vents dominants en hiver.
	Artificielle	L'utilisation de voiles d'ombrage est recommandée pour abriter du rayonnement solaire intense les aires de jeu petites et très fréquentées. Les voiles peuvent être placés légèrement au sud et au sud-ouest de l'équipement pour bloquer le soleil. Les voiles rectangulaires devraient être orientés est-ouest. <i>Note : Certains voiles d'ombrage peuvent être retirés à l'automne pour laisser passer le soleil d'hiver.</i>
Ventilation par le vent	--	Pour s'assurer que l'air circule suffisamment l'été, il est recommandé d'utiliser une rose des vents saisonnière. En vérifiant la direction des vents dominants pendant l'été, on s'assurera de les laisser ventiler la zone; au contraire, on veillera à bloquer les vents qui sont dominants l'hiver et à tenir compte de la poudrière.
Végétation au sol	--	Il est recommandé de planter du gazon, des arbustes et des plantes indigènes à proximité pour rafraîchir l'air en améliorant l'évapotranspiration et en réduisant la capacité thermique et l'albédo.
Choix du site et disposition de l'équipement	--	L'orientation, la disposition et l'emplacement des équipements ont une influence sur le confort thermique. En situant un nouveau terrain de jeu au nord d'un bâtiment, d'un élément de relief ou d'un remblai, on peut lui fournir ombre et protection. On choisira la disposition des équipements dans le terrain de jeu de façon à optimiser l'ombre, les pare-vents et autres protections possibles.
Choix des matériaux	Équipement	Il importe de veiller à ce que les surfaces en métal soient peintes, galvanisées ou traitées autrement et à ce que les plastiques soient peu exposés au soleil. L'utilisation de matériaux clairs aide à réduire la température des surfaces (voir « Couleur », ci-dessous).
	Revêtement	Il faut faire attention au type de revêtement et choisir si possible des matériaux qui stockent et conduisent peu la chaleur. Il faut absolument prévoir des stratégies pour projeter de l'ombre sur les surfaces qui peuvent atteindre des températures extrêmes, notamment en plantant des arbres d'ombrage, et ainsi réduire les risques de brûlure et d'inconfort thermique.
Couleur <i>Note : Même si la couleur a un effet sur la température de la surface, son influence globale sur le confort thermique est parfois moins grande que celle d'autres caractéristiques, notamment l'ombre.</i>	Équipement	Il est recommandé d'utiliser des couleurs claires pour réduire la température des surfaces chaudes.
	Revêtement	On peut envisager les couleurs claires (p. ex. gris au lieu de noir) pour réduire l'absorption de chaleur. Il faut utiliser avec prudence les couleurs brillantes ou réfléchissantes (p. ex. blanc, sable), car la réflexion du rayonnement solaire augmente le risque de coups de soleil. Les couleurs réfléchissantes sont aussi parfois inconfortables pour les yeux. Envisager de les placer à l'ombre si possible.

Tableau A.3

Stratégies délibérées qui peuvent améliorer (↑) ou réduire (↓) le confort thermique, selon les principaux facteurs que sont l'exposition au soleil, le vent ou la ventilation, la température et l'humidité relative. Un tiret (-) indique que l'effet est mal connu ou minime. Par exemple, les feuillus peuvent améliorer le confort thermique en été en réduisant l'exposition au soleil et la température de l'air, mais ils font légèrement augmenter le taux d'humidité.

Caractéristique	Catégorie	Saison chaude			Saison froide		
		Exposition au soleil	Vent	Température	Exposition au soleil	Vent	Température
Ombre	Feuillus	↑	-	↑	↑	-	↑
	Conifères	↑	↑ ^a	↑	↓	↑ ^a	-
	Artificielle	↑	-	↑	↓	-	↓
Végétation au sol	Tous	↑	-	↑	-	↑	↑
Matériaux de couleur claire	Revêtement	↓ ^b	-	↑	↑ ^b	-	↓
	Équipement	↓ ^b	-	↑	↑ ^b	-	↓

^a Surtout pour bloquer les vents dominants l'hiver, mais pas l'été.

^b À cause de la réflexion de la lumière du soleil vers la personne.

Définitions

Albédo : Pouvoir réfléchissant; plus précisément, fraction du rayonnement incident (comme la lumière) réfléchi par une surface ou un corps (comme la lune ou un nuage).

Adaptation : Démarche d'ajustement au climat actuel ou attendu, ainsi qu'à ses conséquences. Pour les systèmes humains, il s'agit d'atténuer les effets préjudiciables et d'exploiter les effets bénéfiques. Pour les systèmes naturels, l'intervention humaine peut faciliter l'adaptation au climat attendu ainsi qu'à ses conséquences. (GIEC, 2014).

Évapotranspiration : Processus de transfert de l'humidité de la terre à l'atmosphère par l'évaporation de l'eau et la transpiration des plantes; utilise de l'énergie et donc rafraîchit l'air.

Refroidissement par évaporation : Diminution de la température de l'air due à l'évaporation d'un liquide (eau) qui enlève de la chaleur latente de la surface où se produit l'évaporation. Par exemple, lorsqu'on transpire, l'évaporation de la sueur évacue de la chaleur à la surface de la peau.

Refroidissement par convection : Transfert de chaleur d'un milieu chaud (p. ex. objet, air) vers un milieu froid. La peau se refroidit par convection quand elle est plus chaude que l'air, ce qui est le processus habituel.

Humidité relative : Quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, exprimée en pourcentage, où 100 % représente la saturation (comme dans une goutte d'eau). L'humidité relative augmente lorsque la température de l'air diminue, et vice versa.

Rayonnement solaire : Rayonnement émis par le soleil dans les courtes longueurs d'onde visibles du spectre électromagnétique.

Confort thermique : État d'esprit qui exprime une satisfaction quant à l'environnement thermique.

Îlot de chaleur urbain : Zone bâtie où il fait plus chaud que dans les zones rurales environnantes. Les surfaces construites des zones urbaines comme les toits, les routes pavées et les stationnements peuvent absorber de grandes quantités de chaleur radiante provenant du soleil, ce qui entraîne une augmentation de la température de l'air et des surfaces (Santé Canada, 2009).

Îlot de fraîcheur : Atténuation locale de l'effet d'îlot de chaleur urbain par un parc (Slater, 2010).

Publications de référence pour les lignes directrices recommandées

1. American Cancer Society (2013). *Skin cancer prevention and early detection*. <http://www.cancer.org/cancer/cancercauses/sunanduvexposure/skincancerpreventionandearlydetection/skin-cancer-prevention-and-early-detection-u-v-protection>
2. Blanchard S. (2013). *Improving thermal comfort in Windsor, ON Assessing Urban Parks and Playgrounds*. https://www.citywindsor.ca/residents/environment/Environmental-Master-Plan/Documents/Improving%20Thermal%20Comfort%20in%20Parks_no%20appendices.pdf
3. Berry P., Clarke K., Fleury M.D. et Parker, S. (2014). « Santé humaine »; dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation*, F.J. Warren et D.S. Lemmen (éd.); Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), p. 191-232.
4. Brown R.D. (2010). *Design with microclimate: The secret to comfortable outdoor space*. Island Press.
5. Brown R. D., et Gillespie T.J. (1995). *Microclimatic landscape design: creating thermal comfort and energy efficiency*. Wiley.
6. GIEC (2014). *Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 p.
7. Santé Canada (2009). « L'effet des îlots de chaleur urbains : causes, impacts sur la santé et stratégies d'atténuation ». *Changements climatiques et santé : Bulletin sur l'adaptation*. https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/climat/adapt_bulletin-adapt1/adapt_bulletin-adapt1-fra.pdf
8. Madden S., Arora V., Holmes K. et Pfautsch, S. (2018). *Cool Schools*. https://www.westernsydney.edu.au/data/assets/pdf_file/0005/1480325/Cool_schools.pdf
9. Oliveria S.A., Saraiya M., Geller A.C., et coll. (2006). « Sun exposure and risk of melanoma ». *Archives of Disease in Childhood*, vol. 91, p. 131-138.
10. Olsen H., Kennedy E., et Vanos J. (2019). « Shade provision in public playgrounds for thermal safety and sun protection: A case study across 100 play spaces in the United States ». *Landscape and Urban Planning*, vol. 189, p. 200-211.
11. Seguin J., et Berry P. (2008) *Santé et changements climatiques : Évaluation des vulnérabilités et de la capacité d'adaptation au Canada*.
12. Semenzato P., Sievänen T., de Oliveira, E. S., Soares, A. L., et Spaeth, R. (2011). « Natural elements and physical activity in urban green space planning and design ». *Forests, trees and human health*, p. 245-282. Springer, Dordrecht.
13. Slater G. (2010). *The Cooling Ability of Urban Parks*. <https://www.asla.org/2010studentawards/169.html>
14. USDHHS (2014). *The Surgeon General's Call to Action to Prevent Skin Cancer*. Washington (D. C.). <https://www.surgeongeneral.gov/library/calls/prevent-skin-cancer/call-to-action-prevent-skin-cancer.pdf>
15. Vanos J.K. (2015). « Children's health and vulnerability in outdoor microclimates: A comprehensive review ». *Environ Int*, vol. 76. doi : 10.1016/j.envint.2014.11.016.
16. Vanos J.K., Herdt A.J., et Lochbaum M.R. (2017). « Effects of physical activity and shade on the heat balance and thermal perceptions of children in a playground microclimate ». *Build Environ*, vol. 126. doi : 10.1016/j.buildenv.2017.09.026.
17. Vanos J.K., McKercher G.R., Naughton K., et Lochbaum M. (2017). « Schoolyard Shade and Sun Exposure: Assessment of Personal Monitoring During Children's Physical Activity ». *Photochem Photobiol*.
18. Vanos J.K., Middel A., McKercher G.R.G., et coll. (2016). « Hot playgrounds and children's health: a multiscale analysis of surface temperatures in Arizona, USA ». *Landscape and Urban Planning*, vol. 146, p. 29-42. doi : 10.1016/j.landurbplan.2015.10.007.
19. Volkmer B., et Greinert R. (2011). « UV and children's skin ». *Progress in biophysics and molecular biology*, vol. 107, no 3, p. 386388.
20. Xu Z., Sheffield P.E., Hu W., et coll. (2012). « Climate Change and Children's Health— A Call for Research on What Works to Protect Children ». *International Journal of Environmental Research and Public Health*.

Outils et ressources utiles

- Evergreen (2002). *School Ground Greening: A policy and planning guidebook*. <https://www.evergreen.ca/tools-publications/school-ground-greening-a-policy-and-planning-guidebook/>
- Toronto District School Board et Evergreen (2004). *Ontario EcoSchools School Ground Greening: Designing for Shade and Energy Conservation Guide*. <https://www.evergreen.ca/downloads/pdfs/Designing-For-Shade.pdf>
- Moore R.C. (1993). *Plants for Play: A Plant Selection Guide for Children's Outdoor Environments*.
- Moore R.C. (2014). *Nature Play & Learning Places. Creating and managing places where children engage with nature*. Version 1.0. Natural Learning Initiative et National Wildlife Federation.
- Moore R.C. *NatureGrounds – Creating and Retrofitting Play Environments: Best Practice Guidelines*. PlayCore. <https://www.playcore.com/programs/naturegrounds>
- Brown R., et Gillespie T. (1995). *Microclimatic Landscape Design: Creating Thermal Comfort and Energy Efficiency*, Wiley. Note : Voir le tableau 6.1, au chapitre 6, qui donne des renseignements sur les arbres d'ombrage, et le chapitre 7, qui donne des renseignements sur la rose des vents.
- Irmak M.A., et Yilmaz S. (2015). « Effects of different floor covering materials on thermal comfort in landscape design studies ». *ICUC9 - 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment*. http://www.meteo.fr/icuc9/LongAbstracts/udc4-1-6091516_a.pdf
- Ressource – ENVI-Met <https://www.envi-met.com> ENVI-Met est un modèle microclimatique numérique qui quantifie l'effet de différents facteurs sur les interactions entre la végétation, l'environnement bâti et l'air ambiant.
- Ressource – outil i-Tree <https://www.itreetools.org> Cet outil du Service des forêts du département américain de l'Agriculture aide les communautés du monde entier à quantifier les avantages et la valeur des arbres. Il est basé sur des articles scientifiques du domaine public revus par des pairs.
- Ressource – *Shade Audit Information Guide + Tool: A Guide for Creating Shady Outdoor Spaces* https://www.regionofwaterloo.ca/en/health-and-wellness/resources/Documents/ShadeAudit_GuideTool.pdf Guide publié par le groupe de travail sur l'ombrage de la région de Waterloo, qui donne des renseignements sur l'évaluation de l'ombrage.
- Ressource – Natural Learning Initiative www.naturalelearning.org La NLI est une unité de recherche et de perfectionnement professionnel du Collège de design de l'Université d'État de la Caroline du Nord, aux États-Unis. Fondée en 2000, elle a pour mandat de promouvoir l'importance de l'environnement naturel dans l'expérience quotidienne de chaque enfant par l'aménagement de l'environnement, la recherche-action, l'éducation et la diffusion d'information.
- Ressource – National Program for Playground Safety playgroundsafety.org Le National Program for Playground Safety (NPPS) de l'Université de Northern Iowa a pour mission de sensibiliser le public à la sécurité des enfants dans les terrains de jeu et à la nécessité de disposer d'espaces adéquats et sains pour favoriser le développement et le bien-être des enfants.

Remerciements

La préparation des présentes lignes directrices s'est appuyée sur des recherches menées dans le cadre du National Program for Playground Safety de l'Université de Northern Iowa, dont les travaux ont été financés par le Programme de normes favorisant la résilience des infrastructures du Conseil canadien des normes, selon les orientations du Bureau des changements climatiques et de l'innovation de Santé Canada. On trouvera davantage de renseignements sur le projet de recherche en consultant le <https://www.scc.ca/fr> ou en écrivant à info@ccn.ca.

Références du rapport technique

- Abhijith K.V., Kumar P., Gallagher J., et coll. (2017). « Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments – A review ». *Atmos Environ*, vol. 162, p. 71-86.
- Abhijith K.V., et Kumar P. (2019). « Field investigations for evaluating green infrastructure effects on air quality in open-road conditions ». *Atmos Environ*, vol. 201, p. 132-147.
- Acar I.H., et Torquati J. (2015). « The power of nature: Developing prosocial behavior toward nature and peers through nature-based activities ». *Young Child*, vol. 70, p. 62-71.
- Adelson S.L., Chounthirath T., Hodges N.L., Collins C.L., Smith G.A. (2018). « Pediatric playground-related injuries treated in hospital emergency departments in the United States ». *Clinical Pediatrics* 57(5):584-592. <https://doi.org/10.1177/0009922817732144>
- Alberini A., Gans W., Alhassan M. (2011). « Individual and Public-Program Adaptation: Coping with Heat Waves in Five Cities in Canada ». *Int. J. Environ. Res. Public Heal.*, vol. 8, no 12, p. 4679-4701.
- American Cancer Society (2013). Skin cancer prevention and early detection. <http://www.cancer.org/cancer/cancercauses/sunanduvexposure/skincancerpreventionandearlydetection/skin-cancer-prevention-and-early-detection-u-v-protection>
- Amoly E., Dadvand P., Fornis J., et coll. (2014). « Green and blue spaces and behavioral development in Barcelona schoolchildren: the BREATHE project ». *Environ Health Perspect*, vol. 122, p. 1351.
- Armstrong L., Casa D., Millard-Stafford M., et coll. (2007). « American College of Sports Medicine position stand: exertional heat illness during training and competition ». *Med Sci Sport Exerc*, vol. 39, no 3.
- Asquith C., Kimble R., et Stockton K. (2015). « Too hot to trot (barefoot)... A study of burns in children caused by sun heated surfaces in Queensland, Australia ». *Burns*, vol. 41, p. 177-180.
- ASTM (2017). Standard Consumer Safety Performance Specification for Playground Equipment for Public Use. ASTM F1487-17.
- Atlas climatique du Canada. (2018). https://atlasclimatique.ca/carte/canada/plus30_2030_45#lat=42.4&lng=-84.06&z=6&grid=416. Consulté le 3 mars 2019.
- Auliciems A. (1973). « Thermal sensations of secondary schoolchildren in summer ». *J Hyg (Lond)*, vol. 71, p. 453-458.
- Balk S.J. (2011). « Ultraviolet Radiation: A Hazard to Children and Adolescents ». *Pediatrics*, vol. 127, p. e791-e817. doi : 10.1542/peds.2010-3502.
- Bar-Or O. (1980). « Climate and the exercising child-a review ». *Int J Sports Med*, vol. 1, p. 53-65.
- Bellisario L., Auld H., Bonsal B., et coll. (2001). Assessment of urban climate and weather extremes in Canada – Temperature analysis. Rapport présenté à Protection civile Canada. Toronto (Ontario).
- Berko J., Ingram D., Saha S., et Parker J. (2014). Deaths Attributed to Heat, Cold, and Other Weather Events in the United States, 2006-2010.
- Berry P., McBean G., Seguin J. (2008). « Chapter 3 - vulnerabilities to natural hazards and extreme weather; in human health in a changing climate: A Canadian assessment of vulnerabilities and adaptive capacity ». Health Canada, Ottawa, Ontario.
- Bloch C., Knuteson R.O., Gambacorta A., Nalli N.R., Gartzke J., Zhou L. (2019). « Near-real-time surface-based CAPE from merged hyperspectral IR satellite sounder and surface meteorological station data ». *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 58(8):1613-1632.
- Boldemann C., Dal H., Mårtensson F., et coll. (2011). « Preschool outdoor play environment may combine promotion of children's physical activity and sun protection. Further evidence from Southern Sweden and North Carolina ». *Sci Sports*, vol. 26, p. 72-82.
- Bowler D.E., Buyung-Ali L., Knight T.M., et Pullin A.S. (2010). « Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence ». *Landsc Urban Plan*, vol. 97, p. 147-155.
- Brown R.D. (2011). « Ameliorating the effects of climate change: Modifying microclimates through design ». *Landsc Urban Plan*, vol. 100, p. 372-374.
- Brown R.D., Vanos J., Kenny N., et Lenzholzer S. (2015). « Designing urban parks that ameliorate the effects of climate change ». *Landsc Urban Plan*, vol. 138. doi : 10.1016/j.landurbplan.2015.02.006.
- Bruse M., Fleer H. (1998). « Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model ». *Environmental Modelling & Software* 13(3-4):373-384.
- Brussoni M., Olsen L.L., Pike I., Sleet D.A. (2012). « Risky play and children's safety: Balancing priorities for optimal child development ». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 9(9):3134-3148. doi:10.3390/ijerph9093134
- Buller D.B., English D.R., Buller M.K., Simmons J., Chamberlain J.A., Wakefield M., Dobbins S. (2017). « Shade sails and passive recreation in public parks of Melbourne and Denver: A randomized intervention ». *American Journal of Public Health* 107(12):1869-1875. doi:10.2105/ajph.2017.304071
- Burdette H.L., Whitaker R.L. (2005). « Resurrecting free play in young children: Looking beyond fitness and fatness to attention, affiliation and affect ». Chicago: American Medical Association.
- Cao X., Onishi A., Chen J., et Imura H. (2010). « Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data ». *Landsc Urban Plan*, vol. 96, p. 224-231.
- Castro T., Mar B., Longoria R., et coll. (2001). « Surface albedo measurements in Mexico City metropolitan area ». *Atmosfera*, vol. 14, p. 69-74.
- Chen A., Yao X.A., Sun R., et Chen L. (2014). « Effect of urban green patterns on surface urban cool islands and its seasonal variations ». *Urban For Urban Green*, vol. 13, p. 646-654.
- Cheng C., Campbell M., Li Q., et coll. (2008). « Differential and combined impacts of extreme temperatures and air pollution on human mortality in South-central Canada. Part I: historical analysis ». *Air Qual Atmos Heal*, vol. 1, p. 209-222.
- Chow W.T.L., Pope R.L., Martin C.A., et Brazel A.J. (2011). « Observing and modeling the nocturnal park cool island of an arid city: horizontal and vertical impacts ». *Theor Appl Climatol*, vol. 103, p. 197-211.
- Ciucci E., Calussi P., Menesini E., et coll. (2013). « Seasonal variation, weather and behavior in day-care children: a multilevel approach ». *Int J Biometeorol*, vol. 57, p. 845-856.
- Cohen C.P. (1989). « United nations: Convention on the rights of the child ». *Int Leg Mater*, vol. 28, p. 1448-1476.
- Colabianchi N., Maslow A.L., et Swayampakala K. (2011). « Features and amenities of school playgrounds: a direct observation study of utilization and physical activity levels outside of school time ». *Int J Behav Nutr Phys Act*, vol. 8, art. 32.
- Consumer Product Safety Commission (CPSC). (2010). « Handbook for public playground safety ». Bethesda, MD: U.S. Consumer Product Safety Commission . <https://www.cpsc.gov/s3fs-public/325.pdf>. Consulté le 12 décembre 2018.
- Consumer Product Safety Commission (CPSC). (2012). « CPSC fact sheet: Burn safety awareness on playgrounds ». Bethesda, MD: U.S. Consumer Product Safety Commission. <https://www.cpsc.gov/s3fs-public/3200.pdf>. Consulté le 12 décembre 2018.

Cosco N.G., Moore R.C., et Smith W.R. (2014). « Childcare outdoor renovation as a built environment health promotion strategy: evaluating the preventing obesity by design intervention ». *Am J Heal Promot*, vol. 28, p. S27-S32.

Groupe CSA. (2014). Aires et équipements de jeu. CAN/CSA-Z614: 2014.

Davidge et coll. (2018). Heat Alert and Response Systems to Protect Health: Best Practices Guidebook.

Dennis L.K., Vanbeek M.J., Freeman L.E.B., et coll. (2008). « Sunburns and risk of cutaneous melanoma: does age matter? A comprehensive meta-analysis ». *Ann Epidemiol*, vol. 18, p. 614-627.

Dobbinson S., Jamsen K., McLeod K., White V., Wakefield M., White V., Simpson J.A. (2014). « Maximising students' use of purpose-built shade in secondary schools: Quantitative and qualitative results of a built-environment intervention ». *Health & Place* 26:136-142.

Downs N., et Parisi A. (2008). « Patterns in the received facial UV exposure of school children measured at a subtropical latitude ». *Photochem Photobiol*, vol. 84, p. 90-100.

Downs N.J., et Parisi A.V. (2009). « Ultraviolet exposures in different playground settings: a cohort study of measurements performed in a school population ». *Photodermatol Photoimmunol Photomed*, vol. 25, p. 196-201.

Dyment J.E., Bell A.C. (2007). « Grounds for movement: green school grounds as sites for promoting physical activity ». *Health Educ Res*, vol. 23, p. 952-962.

Environnement et Changement climatique Canada (2015). Impacts des changements climatiques. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changes-climatiques/impacts.html>. Consulté le 3 mars 2019.

Égerházi L.A., Kovács A., et Unger J. (2013). « Application of microclimate modelling and onsite survey in planning practice related to an urban micro-environment ». *Adv Meteorol*, vol. 2013.

EPA (2016). Federal Research Action Plan on Recycled Tire Crumb Used on Playing Fields and Playgrounds Status Report. EPA/600/R-16/364. Washington (D. C.).

EPA U (2009). A Scoping-Level Field Monitoring Study of Synthetic Turf Fields and Playgrounds. EPA/600/R-09/135. Washington (D. C.).

Fabbri K (2013). « Thermal comfort evaluation in kindergarten: PMV and PPD measurement through datalogger and questionnaire ». *Build Environ*, vol. 68, p. 202-214.

Falk B., et Dotan R. (2008). « Children's thermoregulation during exercise in the heat-a revisit ». *Appl Physiol Nutr Metab*, vol. 33, p. 420-427.

Falk B., et Dotan R. (2011). « Temperature regulation and elite young athletes ». *The Elite Young Athlete*. Karger Publishers, p. 126-149.

Fanger P.O. (1970). Thermal Comfort. Analysis and Application in Environmental Engineering. Danish Technical Press, Copenhagen.

Fjørtoft I. (2004). « Landscape as playscape: The effects of natural environments on children's play and motor development ». *Child Youth Environ*, vol. 14, p. 21-44.

Ford G., Moriarty A., Riches D., et Walker S. (2011). Playground Equipment: Classification & Burn Analysis. Rapport de projet soumis au U.S. Consumer Product Safety Commission. Worcester Polytechnic Institute. <https://wp.wpi.edu/washingtondc/projects/projects-by-year/2011-2/playground-equipment-classification-and-burn-analysis/>. Consulté le 3 mars 2019.

Geller A.C., Jablonski N.G., Pagoto S.L., et coll. (2018). « Interdisciplinary perspectives on sun safety ». *JAMA dermatology*, vol. 154, p. 88-92.

GIEC (2014). Changements climatiques 2014 : Incidences, adaptation et vulnérabilité. Partie B : Aspects régionaux. Contribution du groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. [Publié sous la direction de Barros V.R., Field C.B., Dokken D.J., Mastrandrea M.D., Mach K.J., Bilir T.E., Chatterjee M., Ebi K.L., Estrada Y.O., Genova R.C., Girma B., Kissel E.S., Levy A.N., MacCracken S., Mastrandrea P.R., et White L.J. 5e édition. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York (New York), États-Unis, p. 688.

Glanz K., Buller D.B., et Saraiya M. (2007). « Reducing ultraviolet radiation exposure among outdoor workers: state of the evidence and recommendations ». *Environ Heal*, vol. 6, art. 22.

Golden J.S. (2004). « The built environment induced urban heat island effect in rapidly urbanizing arid regions – a sustainable urban engineering complexity ». *Environ Sci*, vol. 1, p. 321-349.

Gomes L.H.L.S., Carneiro-Júnior M.A., et Marins J.C.B. (2013). « Thermoregulatory responses of children exercising in a hot environment ». *Rev Paul Pediatr*, vol. 31, p. 104-110.

Grimmond C.S.B., Roth M., Oke T.R., et coll. (2010). « Climate and more sustainable cities: Climate information for improved planning and management of cities (producers/capabilities perspective) ». *Procedia Environ Sci*, vol. 1, p. 247-274.

Habeeb D., Vargo J., Stone B. (2015). « Rising heat wave trends in large US cities ». *Natural Hazards* 76(3):1651-1665.

Hanway S. (2016). Injuries and investigated deaths associated with playground equipment, 2009-2014. Bethesda (Maryland).

Hardin A.W., Liu Y., Cao G., Vanos J.K. (2018). « Urban heat island intensity and spatial variability by synoptic weather type in the northeast US ». *Urban Clim*, vol. 24, p. 747-762. doi : 10.1016/j.uclim.2017.09.001.

Hayes Jr D., Collins P.B., Khosravi M., et coll. (2012). « Bronchoconstriction triggered by breathing hot humid air in patients with asthma: role of cholinergic reflex ». *Am J Respir Crit Care Med*, vol. 185, p. 1190-1196

Health Effects Institute (2010). Traffic-related air pollution: a critical review of the literature on emissions, exposure, and health effects: Panel on the Health Effects of Traffic-Related Air Pollution. Health Effects Institute.

Huang J., Zhou C., Zhuo Y., Xu L., Jiang Y. (2016). « Outdoor thermal environments and activities in open space: An experiment study in humid subtropical climates ». *Building and Environment* 103:238-249. doi:10.1016/j.buildenv.2016.03.029

Humphreys M.A. (1972). « Clothing and thermal comfort of secondary school children in summertime ». *CIB Commission W45 Symposium, Thermal comfort and moderate heat stress*.

Humphreys M.A. (1977). « A study of the thermal comfort of primary school children in summer ». *Build Environ*, vol. 12, p. 231-239. doi : [http://dx.doi.org/10.1016/0360-1323\(77\)90025-7](http://dx.doi.org/10.1016/0360-1323(77)90025-7).

Hyndman B. (2017). « 'Heat-Smart' schools during physical education (PE) activities: Developing a policy to protect students from extreme heat ». *Learning Communities: International Journal of Learning in Social Contexts* 21:56-72.

ISO (2010). ISO 13732-1. Ergonomie des ambiances thermiques — Méthodes d'évaluation de la réponse humaine au contact avec des surfaces — Partie 1 : Surfaces chaudes. Vernier (Genève), Suisse.

Joe P., Belair S., Bernier N.B., et coll. (2018). « The environment Canada pan and parapan American science showcase project ». *Bull Am Meteorol Soc*, vol. 99. doi : 10.1175/BAMS-D-16-0162.1.

Karl T.R., Melillo J.M., Peterson T.C. (2009). Global climate change impacts in the United States. Cambridge University Press.

Keays G., Skinner R. (2012). « Playground equipment injuries at home versus those in public settings: Differences in severity ». *Injury Prevention*, 18(2), 138-141. doi:10.1136/injuryprev-2011-040240

- Klinenberg E. (2015). Heat wave: A social autopsy of disaster in Chicago. University of Chicago Press.
- Knight D.B., Davis R.E., Sheridan S.C., et coll. (2008). « Increasing frequencies of warm and humid air masses over the conterminous United States from 1948 to 2005 ». *Geophys Res Lett*, vol. 35, L10702.
- Knowlton K., Rotkin-Ellman M., King G., et coll. (2009). « The 2006 California heat wave: impacts on hospitalizations and emergency department visits ». *Env Heal Perspect*, vol. 117, p. 61-67.
- Kovats R.S., et Hajat S. (2008). « Heat stress and public health: a critical review ». *Annu Rev Public Heal*, vol. 29, p. 41-55.
- Kuras E.R., Richardson M.B., Calkins M.M., et coll. (2017). « Opportunities and challenges for personal heat exposure research ». *Environ Health Perspect*, vol. 125. doi : 10.1289/EHP556.
- Laforest S. (2001). « Surface characteristics, equipment height, and the occurrence and severity of playground injuries ». *Injury Prevention* 7(1):35-40. doi:10.1136/ip.7.1.35
- Lebel G., Dubé M., et Bustinza R. (2019). Surveillance des impacts des vagues de chaleur extrême sur la santé au Québec à l'été 2018. <https://www.inspq.qc.ca/bise/surveillance-des-impacts-des-vagues-de-chaleur-extreme-sur-la-sante-au-quebec-l-ete-2018>. Consulté le 5 août 2019.
- Lenzholzer S. (2015). *Weather in the City: How Design Shapes the Urban Climate*. Nai010 Publishers.
- Lewis L.M., Naunheim R., Standeven S., Naunheim K.S. (1993). « Quantitation of impact attenuation of different playground surfaces under various environmental conditions using a Tri-Axial accelerometer ». *The Journal of Trauma* 35(6):932-935.
- Li D., Bou-Zeid E. (2013). « Synergistic interactions between urban heat islands and heat waves: The impact in cities is larger than the sum of its parts ». *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 52(9):2051-2064.
- Li X., Berger W., Musante C., et Mattina M.I. (2010). « Characterization of substances released from crumb rubber material used on artificial turf fields ». *Chemosphere*, vol. 80, p. 279-285.
- Maricopa County Public Health Department (MCPHD). (2018). <https://www.maricopa.gov/5302/Public-Health>. Consulté le 3 mars 2019.
- Macarthur C., Hu X., Wesson D.E., Parkin P.C. (2000). « Risk factors for severe injuries associated with falls from playground equipment ». *Accident Analysis & Prevention* 32(3):377-382. doi:10.1016/S0001-4575(99)00079-2
- Martin S., Cakmak S., Hebborn C., et coll. (2012). « Climate change and future temperature-related mortality in 15 Canadian cities ». *Int J Biometeorol*, vol. 56, p. 605-619.
- McGregor G., et Vanos J. (2018). « Heat: A Primer for Public Health Researchers ». *Public Health*, vol. 161, p. 138-146.
- Mishra V., Ganguly A.R., Nijssen B., et Lettenmaier D.P. (2015). « Changes in observed climate extremes in global zones urbaines ». *Environ Res Lett*, vol. 10, 24005.
- Mitchell R., Schmettmann M., et Sherker S. (2009). « Trends and future projections of child injury in New South Wales: A tool for advocacy? ». *J Paediatr Child Health*, vol. 45, p. 754-761.
- Moogk-Soulis C. (2010). « Schoolyard heat islands: A case in Waterloo, Ontario ». 5th Canadian Urban Forest Conference, p. 24-27.
- Morabito M., Crisci A., Gioli B., et coll. (2015). « Urban-hazard risk analysis: mapping of heat-related risks in the elderly in major Italian cities ». *PLoS One*, vol. 10, e0127277.
- Mowat D.L., Wang F., Pickett W., Brison R.J. (1998). « A case-control study of risk factors for playground injuries among children in Kingston and area ». *Inj Prev* 4:39-43.
- Muller C.L., Chapman L., Grimmond C.S.B., et coll. (2013). « Sensors and the city: a review of urban meteorological networks ». *Int J Climatol*, vol. 33, p. 1585-1600.
- Murray R., Ramstetter C., Devore C., et coll. (2013). « The crucial role of recess in school ». *Pediatrics*, vol. 131, p. 183-188.
- Narbutt J., Philipsen P.A., Lesiak A., et coll. (2018). « Children sustain high levels of skin DNA photodamage, with a modest increase of serum 25-hydroxyvitamin D3, after a summer holiday in Northern Europe ». *Br J Dermatol*, vol. 179, p. 940-950.
- NASA (2019). *GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP)*.
- Nasir R.A., Ahmad S.S., et Ahmed A.Z. (2013). « Physical activity and human comfort correlation in an urban park in hot and humid conditions ». *Procedia-Social Behav Sci*, vol. 105, p. 598-609.
- Nicol F., Humphreys M., et Roaf S. (2012). *Adaptive Thermal Comfort: Principles and Practice*. Taylor & Francis.
- Nikolopoulou M., et Steemers K. (2003). « Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces ». *Energ Build*, vol. 35, p. 95-101.
- Nowak D.J., et Greenfield E.J. (2012). « Tree and impervious cover change in U.S. cities ». *Urban For Urban Green*, vol. 11, p. 21-30. doi : <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2011.11.005>.
- O'Brien C. (2009). Injuries and investigated deaths associated with playground equipment, 2001 – 2008. US Consumer Product Safety Commission. <https://www.cpsc.gov/s3fs-public/pdfs/playground.pdf>. Consulté le 3 mars 2019.
- O'Neill M.S., et Ebi K.L. (2009). « Temperature Extremes and Health: Impacts of Climate Variability and Change in the United States ». *J Occup Environ Med*, vol. 51, p. 13-25.
- Oke T.R. (1982). « The energetic basis of the urban heat island ». *Q J R Meteorol Soc*, vol. 108, p. 1-24. doi : 10.1002/qj.49710845502.
- Oliveria S.A., Saraiya M., Geller A.C., et coll. (2006). « Sun exposure and risk of melanoma ». *Arch Dis Child*, vol. 91, p. 131-138.
- Organisation mondiale de la Santé (2019). Commission sur les moyens de mettre fin à l'obésité de l'enfant. <https://www.who.int/end-childhood-obesity/fr/>. Consulté le 30 mars 2019
- Parsons P.G., Neale R., Wolski P., et Green A. (1998). « The shady side of solar protection ». *Med J Aust*, vol. 168, p. 327-330.
- Partridge R.C., et MacLean D.L. (1935). « Determination of the Comfort Zone for School Children ». *J Ind Hyg*, vol. 17, p. 66-71.
- Pellegrini A.D. (2009). *The role of play in human development*. Oxford University Press, États-Unis.
- Peterson M.K., Lemay J.C., Shubin S.P., et Prueitt R.L. (2018). « Comprehensive multipathway risk assessment of chemicals associated with recycled ("crumb") rubber in synthetic turf fields ». *Environ Res*, vol. 160, p. 256-268.
- Prairie Climate Center. (2017). <http://prairieclimatecentre.ca/videos-downloads/monthly-temperature-and-precipitation-delta-maps/>. Consulté le 3 mars 2019.
- Ramaswami A., Russell A.G., Culligan P.J., et coll. (2016). « Meta-principles for developing smart, sustainable, and healthy cities ». *Science* (80-), vol. 352, p. 940-943.
- Ramirez M., Peek-Asa C., et Kraus J.F. (2004). « Disability and risk of school related injury ». *Inj Prev*, vol. 10, p. 21-26.
- Ramstetter C.L., Murray R., et Garner A.S. (2010). « The crucial role of recess in schools ». *J Sch Health*, vol. 80, p. 517-526.
- Rhea S., Ising A., Fleischauer A.T., et coll. (2012). « Using near real-time morbidity data to identify heat-related illness prevention strategies in North Carolina ». *J Community Health*, vol. 37, p. 495-500.
- RMA (2006). *Scrap Tire Markets in the United States*, édition 2005.
- Robert Wood Johnson Foundation (RWJF) (2007). *Recess Rules: Why the Undervalued Playtime May Be America's Best Investment for Healthy Kids and Healthy Schools Report*. Princeton (New Jersey).

- Romero-Lankao P., Smith J.B., Davidson D.J., et coll. (2014). « Amérique du Nord ». Dans Barros V.R., Field C.B., Dokken D.J., et coll. (éd.). *Changements climatiques 2014 : Incidences, adaptation et vulnérabilité. Partie B : Aspects régionaux. Contribution du groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York (New York), États-Unis, p. 1439-1498.
- San Diego Unified School District (2017). *Operation of Schools During Extremely Hot Weather*. Comté de San Diego.
- Sanner T. (2006). « Artificial turf pitches-an assessment of the health risks for football players ». *Nas Folk og Radiumhospitalet, Oslo*.
- Schwebel D., et Brezausk C. (2014). « Child development and pediatric sport and recreational injuries by age ». *J Athl Train*, vol. 49, no 6, p. 780-785.
- Seguin J., et Berry P. (2008). *Santé et changements climatiques : Évaluation des vulnérabilités et de la capacité d'adaptation au Canada*.
- Shashua-Bar L., Pearlmutter D., et Erell E. (2011). « The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment ». *Int J Climatol*, vol. 31, p. 1498-1506.
- Sinha M., Salness R., Foster K.N., et coll. (2006). « Accidental foot burns in children from contact with naturally heated surfaces during summer months: experience from a regional burn center ». *J Trauma Acute Care Surg*, vol. 61, p. 975-978.
- Smoyer-Tomic K.E., Kuhn R., Rainham D.G.C. (2003). « Heat Wave Hazards: An Overview of Heat Wave Impacts in Canada ». *Nat Hazards*, vol. 28.
- Société canadienne du cancer (2017). *Statistiques sur le cancer chez l'enfant*. <https://www.cancer.ca/fr-ca/cancer-information/cancer-101/childhood-cancer-statistics/?region=on>. Consulté le 30 mars 2019.
- Spronken-Smith R.A., et Oke T.R. (1999). « Scale Modelling of Nocturnal Cooling in Urban Parks ». *Boundary-Layer Meteorol*, vol. 93, p. 287-312. doi : 10.1023/A:1002001408973.
- Statistique Canada (2012). « Section 2 : Population selon l'âge et le sexe ». *Estimations démographiques annuelles : Canada, provinces et territoires*.
- Statistique Canada (2017). *Les municipalités les plus peuplées au Canada et présentant les croissances démographiques les plus élevées entre 2011 et 2016*. Ottawa (Ontario), Canada.
- Strouse J.J., Fears T.R., Tucker M.A., et Wayne A.S. (2005). « Pediatric melanoma: risk factor and survival analysis of the surveillance, epidemiology and end results database ». *J Clin Oncol*, vol. 23, p. 4735-4741.
- Tan J., Zheng Y., Tang X., Guo C., Li L., Song G., Chen H. (2010). « The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai ». *Int J Biometeorol* 54(1):75-84.
- Teli D., Jentsch M.F., et James P.A.B. (2012). « Naturally ventilated classrooms: An assessment of existing comfort models for predicting the thermal sensation and preference of primary school children ». *Energy Build*, vol. 53, p. 166-182.
- Teli D., James P.A.B., et Jentsch M.F. (2015). « Investigating the principal adaptive comfort relationships for young children ». *Build Res Inf*, vol. 43, p. 371-382. doi : 10.1080/09613218.2015.998951.
- ter Mors S., Hensen J.L.M., Loomans M.G.L.C., et Boerstra A.C. (2011). « Adaptive thermal comfort in primary school classrooms: Creating and validating PMV-based comfort charts ». *Build Environ*, vol. 46, p. 2454-2461. doi : <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.05.025>.
- Tsoka S., Tsikaloudaki A., et Theodosiou T. (2018). « Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications - a review ». *Sustain cities Soc*.
- Tucker P., Gilliland J. (2007). « The effect of season and weather on physical activity: a systematic review ». *Public Health* 121(12):909-922.
- TURI (2018). *Playground Surfacing: Choosing safer materials for children's health and the environment. Toxics Use Reduction Institute Report 2018-003*. https://www.turi.org/TURI_Publications/TURI_Reports/Playground_Surfacing/TURI_Report_Playground_Surfacing. Consulté le 15 juillet 2019.
- USDHHS (2014). *The Surgeon General's Call to Action to Prevent Skin Cancer*. Washington (D. C.).
- Vanos J.K., Warland J.S., Gillespie T.J., et coll. (2012). « Human energy budget modeling in urban parks in Toronto, ON and applications to emergency heat stress preparedness ». *J Appl Meteorol Clim*, vol. 51, p. 1639-1653.
- Vanos J.K., Cakmak S. (2013). « Changing air mass frequencies in Canada: Potential links and implications for human health ». *Int J Biometeorol*, sous presse. doi : 10.1007/s00484-013-0634-2.
- Vanos J.K., et Cakmak S. (2014). « Changing air mass frequencies in Canada: Potential links and implications for human health ». *Int J Biometeorol*, vol. 58. doi : 10.1007/s00484-013-0634-2.
- Vanos J. (2015). « Children's health and vulnerability in outdoor microclimates: A comprehensive review ». *Environ Int*, vol. 76, p. 1-15.
- Vanos J.K., Middel A., McKercher G.R.G., et coll. (2016). « Hot playgrounds and children's health: a multiscale analysis of surface temperatures in Arizona, USA ». *Landsc Urban Plan*, vol. 146, p. 29-42. doi : 10.1016/j.landurbplan.2015.10.007.
- Vanos J.K., Herdt A.J., et Lochbaum M.R. (2017a). « Effects of physical activity and shade on the heat balance and thermal perceptions of children in a playground microclimate ». *Build Environ*, vol. 126. doi : 10.1016/j.buildenv.2017.09.026.
- Vanos J.K., McKercher G.R., Naughton K., et Lochbaum M. (2017b). « Schoolyard Shade and Sun Exposure: Assessment of Personal Monitoring During Children's Physical Activity ». *Photochem Photobiol*.
- Vanos J., Coleman T., Fahy K., et coll. (2018). « Impact of Design on Children's Personal Heat and Radiation Exposures during Outdoor Activity: A Case Study in San Diego, California ». *International Conference on Urban Climates*. New York (New York).
- Vincent L.A., van Wijngaarden W.A., et Hopkinson R. (2007). « Surface temperature and humidity trends in Canada for 1953-2005 ». *J Clim*, vol. 20, p. 5100-5113.
- Weather Network (2018). *Update: 93 deaths now connected to Quebec heat wave*. <https://www.theweathernetwork.com/news/articles/quebec-heat-wave-death-toll-hots-70-montreal-laval-july-2018-heatstroke/106337/>. Consulté le 3 mars 2019
- Weihns P., Schmalwieser A., Reinisch C., et coll. (2013). « Measurements of personal UV exposure on different parts of the body during various activities ». *Photochem Photobiol*, vol. 89, p. 1004-1007.
- Wells N.M. (2000). « At home with nature: Effects of "greenness" on children's cognitive functioning ». *Environ Behav*, vol. 32, p. 775-795.
- Winqvist A., Grundstein A., Chang H.H., et coll. (2016). « Warm season temperatures and emergency department visits in Atlanta, Georgia ». *Environ Res*, vol. 147, p. 314-323.
- Wolch J., Jerrett M., Reynolds K., et coll. (2011). « Childhood obesity and proximity to urban parks and recreational resources: A longitudinal cohort study ». *Health Place*, vol. 17, p. 207-214.
- Xu Z., Huang C., Hu W., et coll. (2013). « Extreme temperatures and emergency department admissions for childhood asthma in Brisbane, Australia ». *Occup Environ Med*, vol. 70, p. 730-735.
- Xu Z., Sheffield P.E., Su H., et coll. (2014). « The impact of heat waves on children's health: a systematic review ». *Int J Biometeorol*, vol. 58, p. 239-247.
- Yun H., Nam I., Kim J., et coll. (2014). « A field study of thermal comfort for kindergarten children in Korea: An assessment of existing models and preferences of children ». *Build Environ*, vol. 75, p. 182-189.