



HAL
open science

Nature urbaine et bien-être : analyse des processus psychologiques entre réalité et immersion virtuelle

Manuel Hefti

► **To cite this version:**

Manuel Hefti. Nature urbaine et bien-être : analyse des processus psychologiques entre réalité et immersion virtuelle. Psychologie. Nantes Université, 2024. Français. NNT : 2024NANU2011 . tel-04851367

HAL Id: tel-04851367

<https://theses.hal.science/tel-04851367v1>

Submitted on 20 Dec 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THÈSE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITÉ

ÉCOLE DOCTORALE N° 603

Education, Cognition, Langages, Interactions, Santé

Spécialité : Psychologie

Par

Manuel Hefti

Nature Urbaine et Bien-Être : Analyse des Processus Psychologiques entre Réalité et Immersion Virtuelle

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 2 Décembre 2024

Laboratoire de Psychologie des Pays de la Loire (LPPL, EA 4638)

Rapporteurs avant soutenance :

SCHLEYER-LINDENMANN Alexandra
MEYER Thierry

Maîtresse de Conférences HDR, Aix-Marseille Université
Professeur des Universités, Université Paris Nanterre

Composition du Jury :

Présidente du jury : CONGARD Anne - Professeure des Universités, Nantes Université
Examineurs : SCHLEYER-LINDENMANN Alexandra - Maîtresse de Conférences HDR, Aix-Marseille Université
MEYER Thierry - Professeur des Universités, Université Paris Nanterre
ARAGONÉS Juan-Ignacio - Professeur Émérite, Universidad Complutense de Madrid

Dir. de thèse : FLEURY-BAHI Ghazlane - Professeure des Universités, Nantes Université
Co-dir. de thèse : NAVARRO Oscar - Professeur des Universités, Université de Nîmes

« J'aime la nature parce qu'elle n'est pas l'Homme, mais un refuge loin de lui.

Aucune de ses institutions ne la contrôle ni ne la pénètre.

Il y règne un autre type de droit.

En son sein, je peux être heureux

d'un bonheur entier. »

Henry David Thoreau

Walden ou la vie dans les bois (1854)

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude envers mes directeurs de thèse, Ghozlane Fleury-Bahi et Oscar Navarro, pour leur encadrement précieux tout au long de ce parcours. Je remercie chaleureusement Ghozlane pour sa disponibilité et son soutien constant, qui m'ont été d'une grande aide à chaque étape de ma recherche. Je suis également reconnaissant envers Oscar pour nos échanges, qui ont considérablement enrichi ma réflexion et approfondi ma compréhension des enjeux de ma thèse. Leur expertise a été une source de motivation et d'inspiration, enrichissant la rigueur et la qualité de mes recherches.

Je tiens à remercier chaleureusement Alexandra Schleyer-Lindenmann, Anne Congard, Juan-Ignacio Aragonés et Thierry Meyer, membres de mon jury. Votre disponibilité pour évaluer mon travail et participer à ma soutenance de thèse est profondément appréciée.

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude à celle qui occupe une place centrale dans ma vie. Son soutien indéfectible tout au long de mon parcours doctoral, ainsi que sa disponibilité lors des moments critiques, m'a permis de me libérer des préoccupations quotidiennes et de me concentrer pleinement sur ma thèse lorsque cela était véritablement nécessaire. Merci, Yasmin, d'avoir été à mes côtés à chaque étape de cette aventure et au-delà.

Je remercie sincèrement mes camarades de thèse, des collègues remarquables qui m'ont aidé à naviguer cette aventure, à trouver des moments de répit et à relativiser durant les périodes difficiles. Cannelle, ta précieuse amitié m'a apporté un grand réconfort tout au long de ce parcours. Léo, j'apprécie nos parties d'échecs, nos petites aventures à l'université et les lectures partagées. Camille, merci pour ta tolérance et ton écoute lors de nos moments au bureau 133, même si je ne peux m'empêcher de mentionner tes petits « écarts » au concours de l'animal le plus mignon. Valentine, ta force inspirante et ta sincérité sont précieuses, même si je ne peux pas te pardonner toutes les victoires aux échecs ! Aude, bien que nos rencontres aient été malheureusement moins fréquentes, nos parcours similaires m'ont fait sentir moins

seul, et les congrès partagés ont été enrichissants. Hélène, nos échanges ont nourri ma réflexion et notre passion commune pour le voyage a été une belle échappatoire. Joanna, j'admire ton courage à défendre tes valeurs, même dans des situations inconfortables, sans oublier ta passion pour les écureuils. Vincent, j'apprécie ta diplomatie et la richesse de nos échanges, mais je ne peux te pardonner de ne jamais m'avoir accordé une revanche. Angèle, nos échanges ont été précieux, et je lirai Fondation d'Isaac Asimov dès que j'aurai terminé Dune. Arnaud, merci pour notre passion partagée pour les statistiques et la psychologie environnementale, ainsi que pour ton amitié. Enfin, Charlotte, je te suis reconnaissant pour ton authenticité, ta générosité et tes délicieux gâteaux qui ont su adoucir ma vie de doctorant.

Je remercie du fond du cœur ma famille et mes amis, qui, bien que n'étant pas directement impliqués dans mon parcours doctoral, ont toujours été à mes côtés. Vous partagez avec moi les moments marquants de ma vie, m'apportez un soutien inestimable et contribuez à donner un sens à mes actions. Votre amour et vos encouragements ont été essentiels tout au long de cette aventure. Je ne pourrai pas vous nommer tous ici, mais vous saurez vous reconnaître.

Je tiens à adresser une mention spéciale à mon ami et confrère Johan. Merci de m'avoir aidé à sortir de situations difficiles et de m'avoir soutenu avec tes relectures et ton accompagnement tout au long de cette aventure. Je te remercie, Jean-Michel, pour ton aide précieuse en méthodologie et en statistiques. Merci Margot pour ton soutien indispensable dans cette dernière ligne droite. Merci François pour ton accompagnement et ta bonne humeur à la Halle 6 Ouest.

Enfin, je souhaite exprimer ma profonde gratitude envers l'être à venir. Bien que tu ne sois pas encore pleinement présent, ta présence en devenir a joué un rôle essentiel. C'est grâce à toi que j'ai trouvé le déclic motivationnel nécessaire pour achever ce travail. Tu m'as poussé à le finaliser afin de pouvoir embrasser pleinement cette nouvelle étape de ma vie, qui m'enthousiasme tant. Merci.

Sommaire

Introduction Générale.....	1
CADRE CONCEPTUEL.....	5
Chapitre 1. L'expérience de la nature en milieu urbain et le bien-être.....	5
1. Expérience de la nature.....	5
1.1. Définitions.....	5
1.2. L'expérience de la nature en psychologie.....	7
1.3. La nature en environnement urbain.....	10
2. Le bien-être.....	12
2.1. Premières définitions : bien-être subjectif et bien-être psychologique.....	12
2.2. Le bien-être hédonique et le bien-être eudémonique.....	14
2.3. Le bien-être cognitif et le bien-être affectif.....	15
2.4. Modèles du bien-être.....	15
3. Nature en environnement urbain et bien-être.....	17
3.1. Les impacts de la nature en milieu urbain sur le bien-être.....	17
3.2. Vers une caractérisation de la nature en milieu urbain.....	20
Chapitre 2. Les processus psychologiques sous-jacents.....	23
1. L'hypothèse de la biophilie.....	23
1.1. Fondements conceptuels de l'hypothèse de la biophilie.....	23
1.2. Bien-être, émotions et affectivité.....	24
a. Définitions et distinctions.....	24
b. Mesures de l'affectivité.....	25
c. Liens entre émotions, affect et bien-être.....	27
1.3. Évidences empiriques de l'influence de la nature sur les émotions.....	28
2. La théorie de la réduction du stress.....	29
2.1. Principes de la théorie de la réduction du stress.....	29
2.2. Stress et bien-être.....	30
a. Définition du Stress.....	30
b. Mesures du stress.....	31
c. Liens entre stress et bien-être.....	32
2.3. Investigations scientifiques sur l'impact de la nature sur le stress.....	34

3. La théorie de la restauration attentionnelle.....	35
3.1. Les mécanismes de la théorie de la restauration attentionnelle.....	35
3.2. Les processus attentionnels et leur relation avec le bien-être.....	39
a. Définition et conceptualisation de l'attention.....	39
b. Mesure de l'attention.....	40
c. Restauration de l'attention perçue.....	42
d. Attention et mouvements oculaires.....	43
e. Liens entre attention et bien-être.....	44
3.3. Preuves scientifiques de l'amélioration de l'attention en milieu naturel.....	45
4. La connexion à la nature.....	46
4.1. Définitions et conceptualisation.....	46
4.2. Mesures et validité.....	47
4.3. Connexion à la nature et bien-être.....	48
4.4. Connexion à la nature comme trait ou état.....	49
4.5. Implications et conclusion.....	50
5. Synthèse : convergence des théories et constatations.....	50
Chapitre 3. Nature en réalité virtuelle et bien-être.....	53
1. La réalité virtuelle comme outil en psychologie environnementale.....	53
1.1. Définition de la réalité virtuelle.....	53
1.2. Pertinence de la RV en psychologie environnementale.....	55
1.3. La présence : définitions et modèles théoriques.....	56
1.4. Mesure de la présence.....	57
1.5. Cybercinétose.....	59
2. Impacts psychophysologiques de la nature virtuelle.....	61
2.1. Nature virtuelle et bien-être.....	61
2.2. Nature urbaine virtuelle et bien-être.....	63
2.3. Facteurs influençant l'efficacité des environnements naturels virtuels.....	64
3. Bien-être et nature : Comparaison entre réel et virtuel.....	65
PROBLÉMATIQUE.....	67

PARTIE EMPIRIQUE.....74

Étude 1 : How does nature in the city make us happy? The role of affect and connectedness to nature.....74

1. Avant-propos de l'article scientifique.....74

1.1. Situation de l'article.....74

1.2. Objectifs.....74

1.3. Méthodologie.....75

1.4. Discussion.....76

2. Article proposé.....78

Étude 2 : Immersion urbaine : Impact des vidéos à 360° sur les affects, la variabilité de la fréquence cardiaque et l'attention.....104

1. Introduction.....104

1.1. La variabilité de la fréquence cardiaque.....105

1.2. Le suivi oculaire.....106

2. Objectifs et hypothèses.....107

3. Méthode.....109

3.1. Procédure.....109

3.2. Stimuli et Matériel.....112

3.3. Participants.....116

3.4. Mesures.....119

a. Variables d'intérêt auto-évaluées.....119

b. Variable d'intérêt : tâche d'attention soutenue.....120

c. Variables d'intérêt psychophysiologicals.....121

d. Variables de contrôle.....123

3.5. Analyse des données.....125

4. Résultats.....126

4.1. Vérification préliminaires des données.....126

a. Gestion des données, distributions univariées et cohérence interne.....126

b. Comparaisons des baseline.....128

4.2. Perception de la naturalité et restauration attentionnelle perçue : comparaison entre les types d'environnement.....129

4.3. Effet des environnements urbains virtuels sur les affects.....	131
a. Les affects positifs.....	131
b. Les affects négatifs.....	132
4.4. Effet des environnements urbains virtuels sur l'attention soutenue.....	133
a. Le nombre d'erreurs au SART.....	133
b. Le temps de réponse au SART.....	133
4.5. Effet des environnements urbains virtuels sur la VFC.....	134
a. La fréquence cardiaque.....	134
b. Le RMSSD.....	135
c. Le pNN50.....	135
4.6. Effet des environnements urbains virtuels sur les mouvements oculaires.....	136
a. Le nombre de fixations oculaires.....	136
b. La durée moyenne des fixations oculaires.....	137
c. Le nombre de saccades.....	137
d. La durée moyenne des saccades.....	138
e. La distance oculaire parcourue.....	138
5. Discussion.....	139
5.1. Naturalité et restauration attentionnelle perçue.....	140
5.2. Environnements virtuels de nature urbaine et affects.....	141
5.3. Variabilité de la fréquence cardiaque et réponse au stress.....	142
5.4. Performance sur la tâche d'attention soutenue.....	144
5.5. Suivi oculaire et restauration de l'attention.....	145
5.6. Impact des caractéristiques des éléments naturels en milieu urbain.....	146
5.7. Limites et perspectives futures.....	147
6. Conclusion.....	148
<i>Étude 3 : Impacts psychophysiologiques de l'intégration de la nature dans des environnements urbains virtuels sur le stress, la cognition et les affects : un essai contrôlé randomisé en réalité virtuelle.....</i>	<i>150</i>
1. Introduction.....	150
1.1. L'activité électrodermale.....	151
2. Objectifs et hypothèses.....	152

3. Méthode.....	153
3.1. Procédure.....	153
3.2. Stimuli et Matériel.....	157
3.3. Participants.....	158
3.4. Mesures.....	161
a. Variables d'intérêt auto-évaluées.....	161
b. Variable d'intérêt : tâche d'attention concentrée.....	162
c. Variables d'intérêt psychophysiologiques.....	163
d. Variables de contrôle.....	164
3.5. Analyse des données.....	164
4. Résultats.....	165
4.1. Vérification préliminaires des données.....	165
a. Gestion des données, distributions univariées et cohérence interne.....	165
c. Comparaisons des baseline.....	166
4.2. Perception de la naturalité et restauration attentionnelle perçue.....	167
4.3. Effet de l'intégration d'éléments naturels sur la récupération affective.....	168
a. Les affects positifs.....	168
b. Les affects négatifs.....	169
4.4. Effet de l'intégration d'éléments naturels sur la connexion à la nature.....	170
4.5. Effet de l'intégration d'éléments naturels sur la récupération de l'attention.....	171
4.6. Effet de l'intégration d'éléments naturels sur la récupération de stress perçu....	172
4.7. Effet des éléments naturels et de l'induction de stress sur la VFC.....	174
a. La fréquence cardiaque.....	174
b. Le RMSSD.....	175
c. Le pNN50.....	175
4.8. Effet de l'intégration d'éléments naturels sur l'activité électrodermale.....	176
4.9. Effet de l'intégration d'éléments naturels sur les mouvements oculaires.....	178
a. Le nombre de fixations oculaires.....	178
b. La durée moyenne des fixations oculaires.....	178
c. Le nombre de saccades.....	178
d. La durée moyenne des saccades.....	178
e. La distance oculaire parcourue.....	179

5. Discussion.....	180
5.1. Perception de la naturalité et restauration attentionnelle perçue.....	180
5.2. Intégration des éléments naturels, affects et connexion à la nature.....	182
5.3. Effet sur la récupération de l'attention.....	182
5.4. Impact sur le stress perçu.....	183
5.5. Effet sur la variabilité de la fréquence cardiaque.....	184
5.6. Effet sur le niveau de conductance cutanée.....	185
5.7. Mouvements oculaires : analyse des fixations.....	186
5.8. Limites de l'étude et perspectives pour les recherches future.....	187
6. Conclusion.....	188
DISCUSSION GÉNÉRALE.....	189
1. Rappels des objectifs de la thèse.....	189
2. Synthèse des résultats des trois études.....	190
3. Implications théoriques et méthodologiques.....	193
3.1. Contribution à la compréhension des affects et de la connexion à la nature.....	193
3.2. Constatations sur la théorie de la restauration de l'attention.....	195
3.3. Répercussions sur la biophilie et sur la théorie de la réduction du stress.....	196
3.4. Implications de l'utilisation de la RV en psychologie environnementale.....	197
3.5. Défis théoriques liés à la définition de la nature.....	198
4. Implications pratiques.....	200
4.1. La RV comme outil pour optimiser les initiatives de naturalisation des villes. .	200
4.2. Sensibilisation et éducation à la connexion à la nature.....	202
5. Limites et perspectives de recherches.....	203
5.1. Utilisation de la réalité virtuelle et validité écologique.....	203
5.2. Mesures subjectives et biais de désirabilité sociale.....	205
5.3. Taille d'échantillon et représentativité.....	206
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	207

Bibliographie.....	209
---------------------------	------------

Annexes.....	248
---------------------	------------

Annexe A : Questionnaire en ligne - Étude 1.....	248
--	-----

Annexe B : Disposition Salle M, XP Lab, Halle 6 Ouest - Étude 2.....	259
--	-----

Annexe C : Questionnaires Expérimentaux - Étude 2.....	260
--	-----

Annexe D : Caractéristiques de l'échantillon par condition – Étude 2.....	269
---	-----

Annexe E : Questionnaire expérimental – Étude 3.....	270
--	-----

Annexe F : Consignes D2-R – étude 3.....	282
--	-----

Annexe F : Caractéristiques de l'échantillon par condition – Étude 3.....	283
---	-----

Index des tableaux

<i>Tableau 1</i> : Univariate statistics and internal consistency of the scales used (étude 1).....	92
<i>Tableau 2</i> : Correlation matrix (étude 1).....	94
<i>Tableau 3</i> : Linear regression on subjective well-being predicted by perceived exposure to nature in the city, affect, and connectedness to nature (étude 1).....	96
<i>Tableau 4</i> : Synthèse des caractéristiques des scènes urbaines filmées (étude 2).....	115
<i>Tableau 5</i> : Profil socio-démographique des participants (étude 2).....	118
<i>Tableau 6</i> : Statistiques univariées et cohérence interne des échelles utilisées (étude 2).....	128
<i>Tableau 7</i> : Profil socio-démographique des participants (étude 3).....	160
<i>Tableau 8</i> : Statistiques univariées et cohérence interne des échelles utilisées (étude 3).....	166

Index des figures

<i>Figure 1.</i> Theoretical model of the links between perceived exposure to nature in the city and subjective well-being.....	87
<i>Figure 2.</i> Structural model of subjective well-being predicted by affect and daily exposure to nature.....	97
<i>Figure 3.</i> Moderating Effect of Connectedness to Nature on Positive Affect.....	99
<i>Figure 4.</i> Procédure expérimentale (étude 2).....	109
<i>Figure 5.</i> Capture d'écran en 2D des quatre scènes urbaines en réalité virtuelle, avec localisation des lieux indiquée sur une carte (étude 2).....	113
<i>Figure 6.</i> Moyennes des scores de perception de la naturalité (à gauche) et de restauration de l'attention (à droite), accompagnés de barres d'erreur illustrant les intervalles de confiance (étude 2).....	131
<i>Figure 7.</i> Graphiques des moyennes des affects positifs et négatifs selon le temps d'exposition et la condition, avec des barres d'erreur représentant les intervalles de confiance (étude 2)..	133
<i>Figure 8.</i> Graphiques des moyennes du nombre d'erreurs et des temps de réponse au SART selon le temps d'exposition et la condition, avec les intervalles de confiance (étude 2).....	134
<i>Figure 9.</i> Graphiques des moyennes de la fréquence cardiaque, du RMSSD et du pNN50 selon le temps d'exposition et la condition, avec les intervalles de confiance (étude 2).....	136
<i>Figure 10.</i> Moyennes du nombre (à gauche) et de la durée (au centre) des fixations (en haut), des saccades (en bas), et de la distance oculaire parcourue (à droite) selon la condition expérimentale, avec intervalles de confiance (étude 2).....	139
<i>Figure 11.</i> Procédure expérimentale (étude 3).....	154
<i>Figure 12.</i> Capture d'écran en 2D des deux scènes urbaines en réalité virtuelle (étude 3)....	157

<i>Figure 13.</i> Moyennes des scores de restauration de l'attention (à gauche) et de perception de la naturalité (à droite), accompagnés de barres d'erreur illustrant les intervalles de confiance (étude 3).....	168
<i>Figure 14.</i> Graphiques des moyennes des affects positifs et négatifs selon le temps d'exposition et la condition, avec des barres d'erreur représentant les intervalles de confiance (étude 3).....	169
<i>Figure 15.</i> Graphiques des moyennes de connexion à la nature selon le temps d'exposition et la condition, avec les intervalles de confiance (étude 3).....	170
<i>Figure 16.</i> Graphiques des moyennes de la capacité de concentration selon le temps d'exposition et la condition, avec les intervalles de confiance (étude 3).....	172
<i>Figure 17.</i> Graphiques des moyennes de la capacité de stress perçu selon le temps d'exposition et la condition, avec les intervalles de confiance (étude 3).....	173
<i>Figure 18.</i> Graphiques des moyennes de la fréquence cardiaque, du RMSSD et du pNN50 selon le temps d'exposition et la condition, avec les intervalles de confiance (étude 3).....	176
<i>Figure 19.</i> Graphique des moyennes du niveau de conductance cutanée normalisé selon le temps d'exposition et la condition, avec les intervalles de confiance (étude 3).....	177
<i>Figure 20.</i> Moyennes du nombre (à gauche) et de la durée (au centre) des fixations (en haut), des saccades (en bas), et de la distance oculaire parcourue (à droite) selon la condition expérimentale, avec intervalles de confiance (étude 3).....	179

Introduction Générale

Le changement climatique est un phénomène mondial qui affecte l'environnement naturel et les sociétés humaines et représente un défi majeur pour la planète et ses écosystèmes. Les activités anthropiques telles que l'utilisation de combustibles fossiles, la déforestation et l'agriculture intensive ont considérablement accru les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Cette augmentation a entraîné une hausse de la température moyenne mondiale, conduisant à une multiplication en fréquence et en intensité des phénomènes extrêmes comme les vagues de chaleur, les précipitations torrentielles, la perte de biodiversité, l'élévation du niveau des océans, l'extinction d'espèces, ainsi que la réduction de la cryosphère (GIEC, 2022). Les répercussions du changement climatique sur la santé et le bien-être des populations sont significatives, avec des vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses, des inondations, des sécheresses, et des maladies liées à la pollution de l'air et de l'eau (OMS, 2016). Les conséquences actuelles du changement climatique ont déjà des effets néfastes sur la santé, la qualité de vie et le bien-être des êtres humains, en particulier dans les zones urbaines, et ces effets sont susceptibles de s'aggraver à l'avenir.

Les villes sont particulièrement vulnérables aux impacts du changement climatique en raison de leur forte concentration de population, d'infrastructures et d'activités économiques. Les zones urbaines sont également responsables d'une grande partie des émissions de gaz à effet de serre, en raison de la consommation d'énergie, du transport et de la production de déchets (Banque mondiale, 2010). Avec plus de la moitié de la population mondiale vivant déjà en zone urbaine et une augmentation prévue à soixante six pour cent d'ici 2050 (Nations Unies, 2014), il est urgent de trouver des solutions pour atténuer les impacts des changements climatiques, s'adapter et améliorer la qualité de vie des populations urbaines.

Dans ce contexte, la préservation, l'introduction et/ou la réintroduction de la nature dans les zones urbaines peuvent être une solution prometteuse. En effet, la nature en ville peut offrir des avantages environnementaux, sociaux et économiques, tels que la réduction de la pollution et de la température de l'air et de l'eau, la réduction de la consommation d'énergie en réduisant les besoins en climatisation, la préservation de la biodiversité, l'amélioration de la santé et du bien-être par la promotion de l'activité physique et la réduction du stress. De nombreuses études ont montré que l'exposition à la nature a des effets bénéfiques sur la santé mentale et physique des individus, en réduisant le stress, l'anxiété et la dépression, en améliorant l'attention et la mémoire, et en favorisant la récupération après un effort physique ou mental (e.g. Berman et al., 2008 ; Kaplan, 1995). De plus, la présence de la nature en ville peut contribuer à atténuer les effets des changements climatiques en réduisant les îlots de chaleur urbains, en régulant les précipitations et en améliorant la qualité de l'air (Bowler et al., 2010 ; Nowak et al., 2014). Dans ce cadre, a émergé la notion de solutions fondées sur la nature (SFN), qui impliquent la protection, la gestion et la restauration des écosystèmes naturels pour faire face aux défis socio-environnementaux contemporains, tels que le changement climatique, la perte de biodiversité et la dégradation des terres (Cohen-Shacham et al., 2016). Les SFN contribuent ainsi à atténuer et à s'adapter aux impacts du changement climatique, tout en fournissant des services écosystémiques cruciaux tels que la séquestration du carbone et la régulation des ressources hydriques. Dans les zones urbaines, les espaces verts et les zones humides jouent un rôle essentiel en réduisant les émissions de gaz à effet de serre, en atténuant les effets des vagues de chaleur et en régulant les flux d'eau.

Cette interaction entre la nature en ville et les aspects environnementaux est d'une importance capitale, mais elle va au-delà de l'impact sur le climat et les écosystèmes. Elle influence également directement le bien-être et la qualité de vie des habitants urbains. Ainsi,

cette thèse vise à explorer les liens entre la nature en ville et le bien-être des individus. Plus précisément, elle cherche à comprendre comment l'exposition à la nature en environnement urbain peut contribuer au bien-être des citoyens. Pour ce faire, cette thèse s'appuiera sur des approches théoriques et méthodologiques issues de la psychologie sociale et de la psychologie environnementale.

Le premier chapitre est consacré à l'expérience de la nature en milieu urbain et son impact sur le bien-être. Il est divisé en trois grandes sections. La première section traite de l'expérience de la nature, en commençant par des définitions de base et en explorant comment cette expérience est perçue en psychologie. La deuxième section se concentre sur le bien-être, en discutant des premières définitions telles que le bien-être subjectif et psychologique, ainsi que les distinctions entre le bien-être hédonique et eudémonique, et entre le bien-être cognitif et affectif. Enfin, la troisième section examine les impacts de la nature en milieu urbain sur le bien-être et propose une caractérisation de la nature en milieu urbain.

Le deuxième chapitre explore les processus psychologiques sous-jacents qui expliquent les effets de la nature sur le bien-être. Il commence par l'hypothèse de la biophilie, en discutant de ses fondements conceptuels et de son influence sur le bien-être, les émotions et l'affectivité. Ensuite, il aborde la théorie de la réduction du stress, en expliquant ses principes, les mesures du stress et les liens entre le stress et le bien-être. La théorie de la restauration attentionnelle est également examinée, en détaillant ses mécanismes, les processus attentionnels et leur relation avec le bien-être, ainsi que les preuves scientifiques de l'amélioration de l'attention en milieu naturel. Enfin, ce chapitre traite de la connexion à la nature, en discutant de ses définitions, mesures, validité, et de son impact sur le bien-être, ainsi que de ses implications en tant que trait ou état.

Le troisième chapitre se concentre sur l'utilisation de la réalité virtuelle comme outil en psychologie environnementale. Il commence par définir la réalité virtuelle et discuter de sa pertinence dans ce domaine. Ensuite, il aborde le sentiment de présence, en définissant ses modèles théoriques et en discutant de ses mesures. Le chapitre examine ensuite les impacts psychophysiologiques de la nature virtuelle, en comparant les effets de la nature virtuelle et de la nature urbaine virtuelle sur le bien-être. Enfin, il discute des facteurs influençant l'efficacité des environnements naturels virtuels et compare les effets de la nature réelle et virtuelle sur le bien-être.

La section suivante présente la problématique de la recherche, en définissant les objectifs et en formulant les hypothèses. La partie empirique est divisée en trois études principales. La première étude, intitulée « How does nature in the city make us happy? The role of affect and connectedness to nature », explore le rôle de l'affect et de la connexion à la nature dans le bien-être en milieu urbain. La deuxième étude « Effets de l'exposition à des vidéos à 360° de différentes scènes naturelles urbaines sur les affects, la variabilité du rythme cardiaque et la restauration de l'attention. », et la troisième « Les effets restaurateurs de la nature en milieu urbain : un essai contrôlé randomisé en réalité virtuelle pour examiner son impact sur le stress, l'attention et les affects », utilisent la réalité virtuelle pour évaluer les effets de la nature sur le stress, l'attention et les affects.

La discussion générale synthétise les résultats des études, en discutant des apports théoriques et empiriques, ainsi que des apports méthodologiques et pratiques. Elle aborde également les limites et les perspectives de recherche. Finalement, la conclusion générale résume les principales découvertes de la thèse.

CADRE CONCEPTUEL

Chapitre 1. L'expérience de la nature en milieu urbain et le bien-être

1. Expérience de la nature

1.1. Définitions

Selon le Larousse en ligne (s.d.), la nature est définie comme « le monde physique, l'univers, l'ensemble des choses et des êtres, la réalité. », ou encore comme l'« ensemble de ce qui, dans le monde physique, n'apparaît pas comme (trop) transformé par l'homme (en particulier par opposition à la ville) ». La nature est un concept complexe qui englobe l'ensemble des phénomènes et des éléments qui constituent l'univers physique et vivant. Elle inclut les êtres vivants tels que les plantes, les animaux, les êtres humains, ainsi que les éléments non vivants comme l'eau, l'air, le sol, les minéraux, etc. Elle peut être considérée à différentes échelles, allant de l'infiniment petit au cosmos tout entier.

La nature est un concept qui évolue au fil du temps et d'une grande complexité, comme le mettent en lumière Ducarme et Couvet (2020), chercheurs en philosophie de l'écologie. Cette complexité, ainsi que l'indétermination entourant sa définition, amènent souvent les scientifiques à utiliser des termes plus précis tels que « biodiversité », « écosystèmes » ou « biosphère ». La biodiversité a été définie par la convention sur la diversité biologique comme « la variabilité des organismes vivants de toutes les sources, y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces, entre les espèces et des écosystèmes » (Nations Unies, 1992).

Ducarme et Couvet (2020) mettent en lumière la complexité de la définition de la nature, qui se reflète dans les dictionnaires occidentaux, qui proposent quatre grandes définitions de la nature, hétérogènes et parfois contradictoires :

- « L'ensemble de la réalité matérielle, considérée comme indépendante de l'activité et de l'histoire humaines »
- « L'univers tout entier, en tant que lieu, la source et le résultat des phénomènes matériels (y compris l'homme ou du moins le corps de l'homme) »
- « La force spécifique au cœur de la vie et du changement »
- « L'essence, la qualité intérieure, le caractère, l'ensemble des propriétés physiques spécifiques d'un objet, vivant ou inerte »

Ces définitions peuvent inclure ou exclure l'être humain et désigner des objets tangibles aussi bien que des phénomènes ou des concepts abstraits.

Pour comprendre la nature d'un point de vue psychologique, il est essentiel d'examiner les dimensions cognitives, affectives et comportementales de l'expérience humaine avec celle-ci. Sous cette perspective, Staats (2022) explique que le concept de nature est complexe à définir car il englobe tout ce qui nous entoure. Pour appréhender la nature de cette manière, il est utile de considérer comment ces dimensions influencent notre perception de l'environnement naturel, composé à la fois de matière inanimée et d'organismes vivants. Cette définition inclut également les phénomènes créés ou modifiés par les actions humaines, tels que les parcs urbains ou les jardins potagers. L'auteur souligne que la littérature sur l'interaction Homme-Nature peut être divisée en deux catégories : celle qui se concentre sur les bienfaits de la nature et celle qui traite des conséquences négatives de la relation de l'homme à la nature, telles que la dégradation environnementale et les impacts du changement climatique.

1.2. L'expérience de la nature en psychologie

Le lien entre la nature et l'Homme constitue un sujet central de la psychologie environnementale, qui a engendré de nombreux concepts psychologiques explorant cette relation. Parmi ces concepts figurent la connexion à la nature (Mayer et Frantz, 2004), l'identité environnementale (Clayton, 2003), les attitudes envers la nature (Kaiser et al., 2013), l'inclusion de la nature dans le soi (Schultz, 2002) et des termes anglophones tels que « love and care for nature » (Perkins, 2010) ou encore « nature relatedness » (Nisbet et al., 2009). Cependant, comment les chercheurs parviennent-ils à étudier ces variables psychologiques alors que la définition de la nature demeure floue ?

Hartig et al. (2014) nous offrent une perspective éclairante sur la notion de nature. Selon eux, dans un contexte objectif, la nature englobe les éléments physiques non humains que les individus peuvent généralement percevoir, incluant la flore et la faune, l'eau, l'air, et les paysages façonnés par des processus géologiques. Ce terme se confond souvent avec celui d'« environnement naturel », désignant un milieu peu ou pas affecté par l'intervention humaine, et les deux expressions sont fréquemment employées de manière interchangeable. Cependant, la nature ne se limite pas à l'exclusion de l'artificiel. Des éléments naturels sont souvent intégrés dans des environnements construits tels que les parcs urbains ou les jardins, qui, bien que conçus par l'Homme, offrent des opportunités d'interaction avec des processus naturels. La notion de « nature urbaine » reconnaît ainsi la présence de la nature même au sein des environnements humains. L'expression « expérience de la nature » met en avant la perception subjective des caractéristiques environnementales, résultant d'un échange continu entre un individu et son environnement. En somme, selon Hartig et al. (2014), la nature, malgré ses références objectives variées, est également perçue de manière subjective et influencée par les constructions sociales.

La difficulté d'une définition objective peut être contournée en se basant sur la perception de la nature par les individus. Malgré la complexité de définition de la nature, il semble que déterminer où se situe un paysage sur un continuum de « naturalité » soit relativement simple pour les individus. Néanmoins, les perceptions de la nature varient selon les individus et sont le reflet de constructions sociales influencées par les valeurs, les croyances et les intérêts des différents groupes sociaux (Keulartz et al., 2004). Des études telles que celles de Purcell et al. (1994) ont mis en évidence des différences de perception entre des participants italiens et australiens quant à la catégorisation des scènes comme naturelles ou construites, soulignant ainsi l'absence de consensus sur la définition de la nature.

Malgré ces divergences, certains chercheurs ont tenté d'approcher une vision plus consensuelle de la nature. Après avoir mené des entretiens, Mausner (1996) propose que la naturalité des environnements varie en fonction du degré d'impact de l'homme, suggérant un continuum allant des environnements exempts de toute présence humaine visible, aux environnements où la nature est fortement altérée par l'activité humaine. La première catégorie comprend les environnements « totalement naturels », perçus comme intacts et dépourvus de toute influence humaine. Typiquement éloignés et difficiles d'accès, ils incluent des habitats tels que les forêts vierges. Les environnements « civilisés naturels », la deuxième catégorie, présentent une apparence naturelle mais sont influencés par l'activité humaine. Accessibles et propices aux activités récréatives, comme les sentiers de randonnée en montagne, ils attirent souvent les loisirs. La troisième catégorie, les environnements « quasi naturels », semblent naturels mais sont en réalité modifiés ou altérés par l'homme. Adaptés aux activités humaines, ces environnements, comme les paysages agricoles ruraux, peuvent être perçus comme artificiels ou peu authentiques. Les environnements « semi-naturels », quatrième catégorie, présentent un mélange d'éléments naturels et artificiels. Souvent créés

pour répondre aux besoins humains, comme les parcs urbains ou les jardins botaniques, ils reflètent une forte intentionnalité humaine. Enfin, la cinquième catégorie englobe les environnements « non naturels », complètement artificiels et dépourvus d'éléments naturels. Associés aux activités humaines telles que l'industrie ou le développement urbain, ils représentent une absence totale de nature.

Plus récemment, les travaux de Pasca et al. (2020) confirment, avec des participants espagnols et mexicains, que la perception des paysages peut être organisée en environnements bâtis et non bâtis, se conformant aux catégories établies par Mausner (1996), bien que quelques distinctions et clarifications aient été apportées. Dans leur étude, les critères déterminant l'appartenance à ces catégories semblent avoir évolué, avec par exemple des environnements considérés comme « totalement naturels » malgré la présence visible de certains éléments humains tels que des traces de pas. Bien que les frontières entre les catégories intermédiaires ne soient pas toujours nettes, la catégorie des environnements « non naturels » est clairement identifiée par les participants. Par ailleurs, les auteurs observent que des variables telles que la présence d'eau et de bâtiments semblent revêtir une importance particulière dans la perception du degré de naturalité d'un paysage. Même si cette étude adopte un point de vue biculturel, les auteurs soulignent que le concept de nature est largement conditionné par les appartenances à des groupes sociaux spécifiques.

En s'appuyant sur la définition de l'expérience comme étant le « processus d'acquisition de connaissances ou de compétences par la pratique, l'observation ou le ressenti », Clayton et al. (2017) proposent de passer d'une conception traditionnelle de l'expérience de la nature, souvent réduite au contact individuel avec la nature, à une définition plus diversifiée et complexe. Selon eux, l'expérience de la nature doit être considérée comme un processus incluant les interactions entre les individus et les éléments naturels, ainsi que le

contexte social et culturel, et les conséquences sur les nouvelles compétences, connaissances ou changements de comportement. Cette vision suggère que, plutôt que de disparaître (voir extinction de l'expérience ; e.g. Pyle, 1993 ; Soga et Gaston, 2016), les expériences de la nature sont en train d'être transformées par une société en évolution. Par conséquent, les documentaires sur la nature, les jeux vidéo, etc., peuvent également être considérés comme des expériences de la nature.

Dans le cadre de cette thèse, nous adopterons la définition large et intentionnellement flexible de la nature proposée par Bratman et al. (2012), qui comprend « des espaces intégrant des éléments de systèmes vivants, tels que les plantes et les animaux non humains, à différentes échelles et niveaux de gestion humaine, allant d'un petit parc urbain à des zones relativement préservées ».

1.3. La nature en environnement urbain

Arbres, fleurs sauvages, vent, oiseaux, insectes, plantes, pluie, papillons, rayons de soleil, et bien d'autres éléments de la nature se trouvent non seulement dans les forêts primitives, mais également dans nos villes.

Les études sur la nature en milieu urbain ont observé une diversification des méthodes utilisées par les chercheurs pour opérationnaliser ce concept. L'évaluation de l'exposition à la nature dans les environnements urbains peut adopter une approche objective, faisant appel à des systèmes d'information géographique, à des bases de données sur les couvertures de sol ou à la technologie GPS, ou une approche subjective, qui se fonde sur des auto-déclarations souvent exprimées en termes de quantité ou de qualité d'interaction avec la nature. Parfois, ces études combinent les deux approches. Cependant, comme le soulignent Hartig et al. (2014), chaque méthode comporte ses limites ; le simple fait que les individus vivent à proximité

d'espaces naturels, déclarent les visiter ou se situent spatialement près d'eux ne garantit pas qu'ils ont effectivement eu un contact avec la nature susceptible d'influencer leur santé. Ces mesures ne prennent généralement pas en compte le contact visuel avec la nature depuis, par exemple, les fenêtres à la maison ou au travail, qui peut également avoir des effets bénéfiques (Kaplan, 2001). De plus, elles omettent parfois les détails précis de l'exposition qui peuvent être importants, tels que le moment de l'exposition, sa saisonnalité, sa qualité et sa durée.

White et al. (2013) opérationnalisent la nature en milieu urbain en mesurant le pourcentage d'espaces verts et en intégrant des éléments aquatiques, utilisant des informations issues de bases de données. Fleury-Bahi et al. (2023) évaluent la quantité de nature perçue en demandant aux participants de noter sur une échelle de Likert la quantité de dix aspects de la nature entourant leur domicile, allant de « très peu » à « beaucoup ». Ces aspects comprennent les espaces verts, les espaces verts laissés à l'état sauvage, les jardins privés, les oiseaux, les parcs publics, les toits et murs végétalisés, les jardins collectifs, les espaces aquatiques et les insectes. En parallèle, des données géographiques issues de l'imagerie satellitaire ont été utilisées pour quantifier objectivement la densité des espaces verts et des plans d'eau. Rüger et al. (2023) demandent à leurs participants d'évaluer sur une échelle de Likert la « qualité et l'accès à la nature ». Wood et al. (2019) proposent d'explorer l'exposition à la nature à travers trois contextes distincts : le quotidien, les moments d'excursion en dehors de la routine habituelle, et pendant la pratique d'activités physiques. Pour chacun de ces contextes, les chercheurs interrogent non seulement la fréquence perçue d'exposition à la nature, mais également la qualité, c'est-à-dire dans quelle mesure les individus sont attentifs à la nature.

Le contact avec la nature en milieu urbain est parfois opérationnalisé par le biais du concept bien défini de biodiversité. Il est également possible de prendre en compte la biodiversité objective et la biodiversité perçue par les individus. La biodiversité objective se

réfère à l'identification et au nombre de différentes espèces et individus présents dans un environnement, tandis que la biodiversité perçue est l'évaluation subjective de la biodiversité par les individus (Marselle et al., 2021). Tout comme pour la quantité de nature objective et la quantité de nature perçue, ces deux mesures peuvent différer, certaines études montrant une corrélation (Cameron et al., 2020), tandis que d'autres n'en montrent pas (Dallimer et al., 2012).

Dans le cadre de la relation entre l'être humain et la nature, la question du bien-être occupe une place centrale. Après avoir exploré les différentes nuances de l'expérience de la nature, il sera examiné comment cette relation influence notre bien-être. Cependant, avant de poursuivre, il est nécessaire de définir clairement le concept de bien-être pour une compréhension commune.

2. Le bien-être

2.1. Premières définitions : bien-être subjectif et bien-être psychologique

L'absence de consensus concernant la définition du bien-être persiste, tandis que plusieurs termes associés tels que bonheur, qualité de vie, épanouissement, satisfaction de vie ou santé mentale sont parfois utilisés de manière interchangeable. Cependant, pour étudier scientifiquement le bien-être, il est impératif de le définir et de l'opérationnaliser.

Le bien-être peut être considéré comme le versant positif de la santé mentale, une notion que l'on retrouve dans la définition de santé mentale de l'Organisation Mondiale de la Santé (2024) : « la santé mentale correspond à un état de bien-être mental qui nous permet d'affronter les sources de stress de la vie, de réaliser notre potentiel, de bien apprendre et de bien travailler, et de contribuer à la vie de la communauté ».

Diener (1984) a introduit le concept de « bien-être subjectif ». Celui-ci fait référence aux évaluations que les individus portent sur leur vie, englobant à la fois des aspects affectifs et cognitifs. Ces éléments incluent la satisfaction générale envers la vie (jugements globaux sur sa propre existence), la satisfaction dans des domaines clés de la vie (comme les relations interpersonnelles, le travail, la santé, etc.), ainsi que des niveaux élevés d'affect positif et des niveaux faibles d'affect négatif. Le bien-être subjectif souligne la nature subjective du bonheur et reconnaît les individus comme les meilleurs juges de leur propre bien-être.

Plus tard, Ryff (1989) a défini le concept de bien-être psychologique en argumentant que les conceptions antérieures négligeaient certains aspects cruciaux du fonctionnement psychologique positif. Elle a ainsi proposé une alternative mettant l'accent sur six dimensions clés du bien-être psychologique :

- Acceptation de soi : Cultiver des attitudes positives envers soi-même et accepter ses qualités ainsi que ses défauts.
- Relations positives avec autrui : Favoriser des interactions chaleureuses, empathiques et de confiance avec les autres.
- Autonomie : Être capable d'indépendance, d'autodétermination et de régulation du comportement intrinsèque, en résistant aux pressions sociales.
- Maîtrise de l'environnement : Posséder la capacité de choisir ou de créer des environnements qui correspondent à ses besoins, et de faire face aux défis de la vie quotidienne.
- But dans la vie : Avoir des objectifs et une direction claire dans la vie.
- Développement personnel : Aspirer à réaliser son potentiel, à poursuivre son développement et à s'améliorer en tant qu'individu.

Ces définitions du bien-être représentent en réalité deux paradigmes principaux issus de traditions philosophiques différentes pour appréhender le concept de bien-être : le bien-être hédonique et le bien-être eudémonique.

2.2. Le bien-être hédonique et le bien-être eudémonique

Selon Ryan et Deci (2001), le bien-être hédonique se réfère à l'expérience de plaisirs et d'émotions positives et à une évaluation globale favorable de la vie. Il met l'accent sur les préférences personnelles, les plaisirs corporels et intellectuels, ainsi que la minimisation des désagréments. Le concept de bien-être subjectif de Diener (1984) s'inscrit dans cette tradition hédonique en mettant en avant l'évaluation personnelle de la trajectoire de vie d'un individu et la réalisation de ses désirs, se distinguant ainsi des conceptualisations plus prescriptives du bien-être psychologique.

En revanche, le bien-être eudémonique part du principe que le bien-être découle de l'accomplissement de soi et de la possibilité de mener une vie remplie de sens. Il ne se limite pas à la satisfaction immédiate des désirs, mais repose sur la congruence avec sa propre nature, ses valeurs profondes et l'authenticité de l'individu. Ce paradigme met l'accent sur la réalisation du plein potentiel, la découverte de sa véritable nature et la quête du sens de la vie. Le concept de bien-être psychologique de Ryff (1989) s'inscrit davantage dans cette tradition eudémonique.

Des recherches ont révélé une corrélation significative entre le bien-être hédonique et le bien-être eudémonique, suggérant que l'expérience d'émotions positives et l'accomplissement de soi sont intrinsèquement liés, bien que ces deux concepts de bien-être demeurent distincts (Tov, 2018). Par exemple, les travaux de Baumeister et al. (2013) ont mis en évidence une corrélation positive entre le temps consacré à la réflexion sur le passé et

l'avenir avec le bien-être eudémonique, mais une corrélation négative avec le bien-être hédonique. D'autres distinctions ont également été évoquées dans la compréhension du bien-être.

2.3. Le bien-être cognitif et le bien-être affectif

Le concept de bien-être subjectif (Diener, 1984) englobe deux dimensions distinctes : le bien-être affectif et le bien-être cognitif. Le bien-être affectif renvoie à l'expérience des émotions positives et négatives telles que la joie, la colère ou la tristesse, tandis que le bien-être cognitif repose sur une évaluation de la manière dont sa vie se déroule par rapport à un état idéal. Bien que ces deux aspects soient étroitement liés, ils représentent des concepts différents impliquant des processus distincts (Tov, 2018). Les émotions sont souvent ressenties en réaction à des événements spécifiques, alors que les jugements de satisfaction impliquent des considérations telles que les normes utilisées pour évaluer si la vie est satisfaisante et la satisfaction dans des domaines spécifiques de la vie. Eid et Diener (2004) montrent par exemple que le bien-être cognitif est plus stable dans le temps, tandis que le bien-être affectif est plus sujet à la variabilité.

2.4. Modèles du bien-être

Diverses perspectives théoriques ont été avancées pour intégrer les différentes dimensions du bien-être, notamment le bien-être hédonique et le bien-être eudémonique. Seligman (2013) propose le modèle PERMA (Positive Emotion, Engagement, Relationships, Meaning, Accomplishment), qui prédit le bien-être à partir de cinq éléments distincts. Les émotions positives telles que le bonheur, l'espoir, la joie et la satisfaction, ainsi que les expériences subjectives de bien-être en font partie. L'engagement, qui représente l'état de

flow, renvoie à la concentration, à l'intérêt ou à l'absorption dans une activité. Les relations englobent la proximité et la connexion avec la famille, les amis ou les collègues. Le sens, quant à lui, se réfère à la croyance ou à l'appartenance à quelque chose de plus grand que soi, pouvant découler par exemple de la religion, de la spiritualité ou de l'engagement pour des causes sociales. Enfin, l'accomplissement désigne les activités entreprises tout au long de la vie dans le but de « réussir ». Selon Seligman (2013), chaque élément contribue au bien-être, peut être poursuivi pour son propre intérêt et est défini et mesuré de manière indépendante. La combinaison de ces éléments favorise l'épanouissement, défini comme le fonctionnement optimal des individus.

Par ailleurs, Keyes (2002) définit le bien-être comme la perception et l'évaluation par les individus de leur propre vie en termes d'états affectifs et de fonctionnement psychologique et social. Il l'opérationnalise en proposant un continuum allant du « languissement » à l'« épanouissement », la première extrémité reflétant un état caractérisé par des niveaux faibles tant de bien-être eudémonique que hédonique, tandis que l'autre extrémité représente des niveaux élevés. Keyes intègre également le bien-être social pour rendre compte de la manière dont les individus s'épanouissent dans leur vie sociale. Pour lui, le bien-être social est nécessaire pour rendre compte du fonctionnement optimal de tout être humain (Keyes, 1998), et il le définit comme l'évaluation de sa propre situation et de son fonctionnement dans la société.

Suite à la définition des concepts de nature et de bien-être, cet écrit se propose d'explorer les résultats empiriques issus de la littérature scientifique concernant les effets de la nature sur le bien-être.

3. Nature en environnement urbain et bien-être

3.1. Les impacts de la nature en milieu urbain sur le bien-être

L'étude de l'impact de la nature en milieu urbain sur le bien-être suscite un intérêt croissant et se traduit par une multitude de publications. Toutefois, l'opérationnalisation de la nature en milieu urbain et du bien-être varient considérablement d'un chercheur à l'autre, vraisemblablement en raison des nombreuses définitions existantes.

Dans leur étude observationnelle, Beyer et al. (2014) ont constaté qu'une augmentation des espaces verts dans le voisinage était associée à de meilleures conditions de santé mentale. Cela s'est traduit par une réduction des niveaux de dépression, d'anxiété et de stress, même après ajustement pour divers facteurs confondants. Pope et al. (2018) ont également analysé la corrélation entre la santé mentale et l'accès ainsi que la qualité des espaces verts au sein d'une population urbaine défavorisée au Royaume-Uni. Leurs résultats ont mis en évidence des associations significatives entre la détresse mentale et plusieurs aspects des espaces verts, notamment l'accès, le sentiment de sécurité et la capacité à s'y détendre, ce qui met en évidence l'importance non seulement de l'accessibilité aux espaces verts, mais aussi de leur qualité pour la santé mentale. Völker et Kistemann (2015) ont comparé les espaces bleus et verts urbains dans une étude qualitative, montrant que certains effets bénéfiques pour la santé semblaient prédominants pour les espaces bleus. Les résultats de l'étude quasi-expérimentale de Kaplan (2001) ont souligné l'importance du paysage visible depuis les fenêtres des différents foyers, notamment dans le contexte des appartements où les résidents ont moins de contrôle sur leur environnement extérieur immédiat. Les conclusions de cette étude ont mis en évidence que les éléments naturels visibles depuis les fenêtres jouaient un rôle prépondérant dans le bien-être des individus, tandis que les éléments bâtis ne semblaient pas avoir d'impact significatif.

Dans une étude longitudinale portant sur un échantillon au Royaume-Uni, White et al. (2013) se sont penchés sur la nature en ville, opérationnalisée par une mesure du pourcentage d'espaces verts et une autre mesure d'environnement aquatique, tirées d'une base de données. Le bien-être était quant à lui opérationnalisé par une mesure de détresse psychique (échelle GHQ ; Goldberg et al., 1997) et une mesure de satisfaction de vie avec un item « À quel point êtes-vous insatisfait ou satisfait de votre vie dans l'ensemble ? ». Leur étude suggère que les individus vivant dans des zones urbaines dotées d'une grande quantité d'espaces verts présentent des niveaux de santé mentale plus élevés et des niveaux de satisfaction de vie plus élevés, même après avoir contrôlé des facteurs sociodémographiques tels que le revenu, le statut d'emploi, le statut matrimonial, la santé, le type de logement et les taux de criminalité locaux. De plus, ils montrent que ces effets sont réduits mais persistent même lorsque d'autres mesures de bien-être sont ajoutées aux modèles, ce qui souligne l'importance de la présence de ces espaces verts pour le bien-être. Dans cette étude, le pourcentage d'environnement aquatique ne prédit pas le bien-être.

Dans une vaste étude menée dans sept villes européennes, Fleury-Bahi et al. (2023) ont entrepris de mesurer le bien-être des résidents en utilisant le Mental Health Continuum Short Form (Keyes et al., 2008). Pour évaluer la quantité de nature perçue, les chercheurs ont demandé aux participants de noter la quantité de dix aspects de la nature environnant leur domicile sur une échelle de Likert, allant de « très peu » à « beaucoup ». Ces aspects comprenaient les espaces verts, les espaces verts laissés à l'état sauvage, les jardins privés, les oiseaux, les parcs publics, les toits et murs végétalisés, les jardins collectifs, les espaces aquatiques et les insectes. Parallèlement, des données géographiques provenant de l'imagerie satellitaire ont été utilisées pour quantifier objectivement la densité des espaces verts et des plans d'eau. Les résultats ont mis en évidence que le bien-être subjectif augmente avec la

perception de la quantité de nature environnante, avec le niveau de connexion à la nature et lorsque les résidents ont accès à un jardin collectif. Il est intéressant de noter que cette association n'a pas été observée avec l'accès à un jardin privé, suggérant ainsi l'impact significatif de la dimension sociale inhérente aux espaces verts partagés. Les résultats ont montré que la quantité objective d'espaces verts ou d'eau autour du domicile n'a pas permis de prédire de manière significative le bien-être lorsque celle-ci était considérée en même temps que la quantité de nature perçue par les individus. Ceci souligne l'importance de la perception subjective de la nature par rapport à sa quantité réelle dans l'influence sur le bien-être. Toutefois, en l'absence de cette nature perçue, le bien-être semblait être associé à la proportion objective d'espaces verts mais pas à celle d'eau. Ces résultats mettent en lumière le rôle crucial de l'évaluation subjective de l'environnement pour le bien-être psychologique, conformément à l'approche transactionnelle en psychologie, qui reconnaît l'importance des caractéristiques personnelles et psychologiques dans l'interprétation de l'environnement.

Dans leur étude corrélationnelle, Rüger et al. (2023) analysent les divers facteurs qui influent sur le bien-être des expatriés allemands résidant dans différentes zones urbaines à travers le monde. Leur mesure du bien-être repose sur la question : « Comment évalueriez-vous votre qualité de vie globale au cours des dernières semaines ? ». Les aspects tels que la sécurité, l'accès à la nature, le niveau sonore, et la qualité du logement sont évalués par les participants sur une échelle de 0 (très mauvais) à 10 (très bon). En plus de ces évaluations subjectives, l'étude intègre des évaluations sociales, politiques, économiques et environnementales, ainsi que la taille de la ville et l'Indice de Développement Humain. Les résultats mettent en évidence que la qualité et l'accès à la nature sont les éléments les plus déterminants pour le bien-être, suivis de la qualité du logement et des infrastructures publiques (eau, air, assainissement). De manière significative, une interaction entre la qualité

et l'accès à la nature et le niveau sonore est observée, suggérant que des niveaux plus élevés d'accès à la nature peuvent atténuer les impacts négatifs de la pollution sonore. Les résultats soulignent également que les évaluations subjectives sont des prédicteurs plus fiables du bien-être que les indicateurs objectifs.

De nombreuses autres études ont également exploré les liens entre la nature en milieu urbain et le bien-être, comme en témoignent les revues de littérature de De Vries (2010) et Hartig et al. (2014). Face à la preuve bien établie du lien entre l'exposition à la nature en milieu urbain et le bien-être, les chercheurs ont entrepris, comme illustré par les exemples d'études précédents, d'explorer quelles formes de nature peuvent avoir quels effets sur le bien-être.

3.2. Vers une caractérisation de la nature en milieu urbain

Bien que de nombreuses études récentes aient mis en évidence des liens significatifs entre l'exposition à la nature et la santé mentale, les éléments précis de la nature responsables de ces bienfaits restent encore mal définis. Allard-Poesi et al. (2022) soulignent que les études portent souvent sur la quantité d'espaces verts dans une zone urbaine, sans prendre en compte toute la diversité de la nature dont peuvent bénéficier les résidents urbains. Ainsi, les allées vertes, les petits espaces verts tels que les plantes sur un balcon, un jardin, ou encore les parterres de fleurs dans les rues offrent des opportunités de contact avec la nature en milieu urbain et pourraient être associés au bien-être. Ils argumentent que différents types de nature peuvent avoir différents effets sur le bien-être.

Bratman et al. (2012) mettent en évidence que les études reliant l'exposition à la nature et le bien-être ne décrivent pas suffisamment les environnements naturels, ce qui rend difficile la compréhension des aspects précis de la nature qui influent sur le bien-être. Pour remédier à

cette lacune, ils proposent d'adopter une approche plus systématique pour décrire ces environnements. Cette démarche permettrait de mieux cerner les aspects spécifiques de la nature impactant le bien-être, facilitant ainsi les comparaisons entre les différentes études menées dans ce domaine.

Barnes et al. (2019) ont passé en revue 30 études portant sur différentes expositions à la nature qui ont démontré des effets bénéfiques pour la santé mentale. Ils ont caractérisé les environnements présents dans ces études, utilisant divers indicateurs tels que la taille de l'espace vert ou naturel, la densité urbaine, le nombre de participants, la couverture terrestre dominante (par exemple : forêt, gazon, eau), la durée de l'exposition, la présence de petites ou grandes structures bâties, le contexte social, l'activité pratiquée, la présence de sentiers, la saison, la présence d'installations sportives extérieures, la présence de caractéristiques aquatiques, ainsi que la présence d'une carte et de photos du lieu où l'étude a été réalisée. Leurs résultats montrent que les sentiers, les structures bâties de différentes tailles, ainsi que les éléments aquatiques, naturels ou construits, sont fréquemment présents dans les espaces verts urbains ayant un impact positif sur le bien-être. Ces études ont mis en évidence une grande variabilité dans la taille des espaces verts, allant de petits parcs urbains à de vastes étendues naturelles, ce qui souligne le potentiel important des petits espaces verts pour améliorer le bien-être. Ces constatations confirment les conclusions antérieures de Völker et Kistemann (2011), qui ont identifié une association positive entre la présence d'éléments aquatiques et un meilleur bien-être. De plus, Barnes et al. (2019) ont constaté que la majorité des études examinées ont rapporté que les participants étaient généralement seuls, bien que parfois en groupe, et que l'activité la plus courante était la marche. Les durées d'exposition variaient considérablement, allant de dix minutes à six heures, et les expositions avaient souvent lieu au printemps ou en été.

Il apparaît donc comme crucial de décrire de manière systématique et précise les environnements naturels étudiés pour comprendre les aspects spécifiques de la nature qui ont un impact sur le bien-être et faciliter les comparaisons entre les différentes études. Pour explorer ces questions plus en profondeur, nous allons maintenant nous pencher sur les processus psychologiques fondamentaux qui sous-tendent notre interaction avec la nature, en commençant par l'hypothèse de la biophilie.

Chapitre 2. Les processus psychologiques sous-jacents

1. L'hypothèse de la biophilie

1.1. Fondements conceptuels de l'hypothèse de la biophilie

L'hypothèse de la biophilie (Kellert et Wilson, 1993 ; Wilson, 1984) suggère que les humains possèdent une inclination innée, inscrite dans les gènes, qui les pousse à aimer et à être attirés par la vie et les processus naturels (« the innate tendency to focus on life and lifelike processes », Wilson, 1984). Cette inclination découlerait de millénaires d'évolution dans des environnements naturels, particulièrement sur les savanes de l'Afrique de l'Est, où le contact régulier avec la vie et les processus naturels était essentiel pour la survie et la reproduction. Dans de tels environnements, les tendances biophiliques étaient adaptatives, car elles donnaient un avantage évolutif aux individus capables de se concentrer sur et de répondre émotionnellement à certains éléments vivants pertinents pour la survie. Étant donné que les humains ne vivent séparés de la nature que depuis très récemment dans l'histoire évolutive, se trouver dans des environnements naturels produirait divers bénéfices psychologiques, notamment une augmentation des émotions positives et une diminution des émotions négatives. Bien que certaines recherches fournissent des preuves convaincantes en faveur de cette idée, l'hypothèse de la biophilie est néanmoins sujette à des critiques.

L'hypothèse de la biophilie est critiquée sur trois principaux axes (voir Kahn, 1997 ; Joye et De Block, 2011 ; Vitores, 2019). Premièrement, sa base évolutionniste est souvent jugée peu fiable et non réfutable. Deuxièmement, la difficulté à définir précisément le concept de « bio » rend la biophilie problématique. Ce manque de clarté complique la détermination des éléments naturels inclus dans cette catégorie et des types d'affects qu'ils provoquent. Enfin, la biophilie est critiquée pour son caractère universalisant. Elle ne prend pas en compte les différences observables dans les façons d'appréhender la nature et ses éléments, ni

pourquoi certaines personnes ressentent de l'empathie pour certains éléments naturels tandis que d'autres trouvent la nature désagréable, hostile, voire menaçante. La théorie de la biophilie n'est donc pas falsifiable et ne peut être invalidée par des observations empiriques.

L'hypothèse de la biophilie, qui postule que les environnements naturels influencent positivement nos émotions, offre un cadre conceptuel pour de nombreuses recherches interdisciplinaires. Toutefois, pour mieux comprendre ces interactions, il est crucial de préciser les concepts sous-jacents. Avant de pouvoir explorer plus en profondeur l'impact des environnements naturels sur le bien-être, il est nécessaire de clarifier les notions d'émotions, d'humeurs et d'affects, et de comprendre comment elles se distinguent.

1.2. Bien-être, émotions et affectivité

a. Définitions et distinctions

Les concepts d'émotions, d'humeurs et d'affects sont souvent confondus, mais ils désignent en réalité des phénomènes psychologiques distincts. Bien que leurs définitions aient longtemps été débattues, un consensus émerge progressivement (Västfjäll et al., 2002).

Les émotions sont des réactions complexes, immédiates et intenses à des stimuli spécifiques. Elles engagent des composantes physiologiques, comportementales et expérientielles, et se manifestent sur une courte durée (Ekman, 1992). En tant que réponses transitoires à des événements précis, les émotions jouent un rôle crucial dans l'adaptation de l'organisme à son environnement. Pour Frijda (2000), l'émotion est toujours liée à un objet ou un événement précis. Par exemple, on peut être effrayé par quelque chose, en colère contre quelqu'un, ou heureux en réponse à un événement. Cette relation spécifique, appelée intentionnalité, distinguerait les émotions des humeurs.

Les humeurs se distinguent des émotions par leur nature diffuse et leur durée prolongée. Elles ne sont pas forcément déclenchées par un stimulus spécifique et peuvent persister pendant des heures, voire des jours (Morris et Schnurr, 1989).

L'affectivité engloberait à la fois les émotions et les humeurs. Selon Clark et al. (1994), les affects couvrent l'ensemble des expériences affectives, des émotions éphémères aux humeurs durables. Västfjäll et al. (2002) décrivent les affects comme des éléments cognitifs continuellement accessibles, reflétant l'état émotionnel actuel, une humeur ou même une réaction émotionnelle anticipée. Ainsi, les affects sont toujours présents, même à un niveau neutre, et forment la base des diverses expériences émotionnelles humaines.

Ces distinctions et modèles montrent que les affects, les humeurs et les émotions sont des éléments essentiels de l'expérience humaine, chacun se différenciant principalement par sa durée ainsi que par son impact sur les composantes physiologiques, comportementales et cognitives (Congard, 2007).

b. Mesures de l'affectivité

Plusieurs modèles théoriques ont été proposés pour évaluer les affects. Parmi eux, l'échelle PANAS (Positive and Negative Affect Schedule) de Watson et al. (1988) est l'une des plus largement utilisées. Elle repose sur une structure bidimensionnelle qui distingue les affects positifs des affects négatifs, et elle met en lumière leur relative indépendance. L'échelle PANAS comprend 10 items pour l'affectivité positive (intéressé·e, excité·e, fort·e, enthousiaste, fier·e, alerte, inspiré·e, déterminé·e, attentif·ve et actif·ve) et 10 items pour l'affectivité négative (anxieux·se, fâché·e, coupable, effrayé·e, hostile, irrité·e, honteux·se, nerveux·se, agité·e et craintif·ve). Ce modèle permet de comprendre que les états affectifs positifs et négatifs peuvent coexister, offrant ainsi une vision plus nuancée des expériences

affectives. L'affect positif est défini comme le degré auquel les individus se sentent enthousiastes, actifs et alertes (Watson et al., 1988). Un score élevé indique une énergie élevée et un engagement agréable, tandis qu'un score faible reflète tristesse et léthargie. L'affect négatif mesure la détresse subjective, incluant des émotions telles que la colère et l'anxiété. Un score élevé dans cette dimension suggère une détresse et un engagement désagréable, alors qu'un score faible est associé au calme et à la sérénité.

Une recherche sur la validité et la fidélité de l'échelle PANAS montrent que ses deux dimensions (affect positif et affect négatif) possèdent une bonne cohérence interne, ne sont pas corrélées entre elles, et se révèlent stables sur une période de deux mois (Watson et al., 1988). L'échelle PANAS a été traduite en français par Gaudreau et al. (2006). Elle peut être utilisée pour évaluer les états affectifs (comme ceux du moment présent ou des derniers jours), les humeurs (par exemple, celles de la semaine passée ou du mois précédent), ainsi que les traits de personnalité, en fonction du cadre temporel spécifié par les instructions (Watson et Clark, 1997).

Le modèle circomplexe de Russell (1980) organise les affects autour d'un cercle en fonction de leurs similarités et dissimilarités, en intégrant deux dimensions principales : la valence (positive-négative) et l'activation (élevée-faible), qui correspond au niveau d'éveil ressenti par les individus. Sur la base de ce modèle, l'échelle Measurement of Affectivity : Valence/Activation Scale (MAVA, Congard et al., 2011) a été développée pour mesurer ces deux dimensions des affects. Elle comprend 16 items, répartis en quatre catégories : affectivité positive à activation forte (surprise, joie, excitation, gaieté), affectivité positive à activation faible (sérénité, calme, équilibre, tranquillité), affectivité négative à activation forte (énervement, contrariété, colère, nervosité) et affectivité négative à activation faible (lassitude, morosité, tristesse, inquiétude). L'étude menée par Congard et al. (2011) a montré

des coefficients alpha de Cronbach de 0,84 pour les items à valence positive et de 0,89 pour ceux à valence négative, indiquant une bonne cohérence interne.

c. Liens entre émotions, affect et bien-être

Les recherches en psychologie ont largement exploré les relations entre émotions, affects et bien-être. Diener (1984) identifie trois dimensions clés du bien-être subjectif : la satisfaction de vie, l'affect positif et l'affect négatif. Diener et al. (1999) proposent que le concept de balance affective, qui mesure le rapport entre émotions positives et négatives, constitue un indicateur du bien-être subjectif. L'étude de Watson et al. (1988) confirme que l'affect positif est associé à un bien-être subjectif élevé, tandis que l'affect négatif est associé à une diminution de celui-ci.

Fredrickson (2001) propose la Broaden-and-Build Theory, selon laquelle les émotions positives comme la joie et la gratitude élargissent nos capacités cognitives et comportementales, favorisant ainsi la construction de ressources personnelles durables et améliorant le bien-être général. En revanche, bien que les émotions négatives, telles que la tristesse et la colère, puissent réduire le bien-être, elles jouent aussi un rôle fonctionnel en signalant des problèmes à résoudre (Larsen et Prizmic, 2008).

La régulation émotionnelle est également cruciale : Gross (2002) montre que des stratégies comme la réévaluation cognitive sont généralement associées à un bien-être accru, tandis que la suppression émotionnelle tend à diminuer le bien-être. Enfin, la méta-analyse de Lyubomirsky et al. (2005) révèle que l'affect positif est lié à une meilleure sociabilité, altruisme, appréciation de soi et des autres, ainsi qu'à une meilleure santé physique et des compétences en résolution de conflits.

Ces recherches mettent en lumière le rôle essentiel des émotions et de l'affectivité dans le bien-être. La section suivante examine comment les environnements naturels influencent de manière significative nos réponses émotionnelles et affectives.

1.3. Évidences empiriques de l'influence de la nature sur les émotions

Dans leur méta-analyse portant sur 32 études, McMahan et Estes (2015) ont examiné l'impact de l'exposition à la nature sur les émotions. Ces études, majoritairement réalisées avec un design randomisé contrôlé, ont mesuré l'exposition à la nature dans des conditions réelles ou en laboratoire. Les questionnaires utilisés comprenaient principalement le PANAS (Watson et al., 1988) et le ZIPERS (Zuckerman, 1977). Les résultats ont montré que même un bref contact avec des environnements naturels était associé à des niveaux significativement plus élevés d'affect positif par rapport aux conditions de contrôle, avec une taille d'effet modérée de $r = 0,31$. De plus, un bref contact avec la nature était associé à des niveaux plus faibles d'affect négatif par rapport aux conditions de contrôle, bien que cet effet soit plus faible en amplitude avec une taille d'effet de $r = -0,12$.

Les preuves scientifiques issues de cette méta-analyse sont d'un niveau élevé. Cependant, récemment, Meidenbauer et al. (2020) ont remis en question l'idée que les effets bénéfiques sont directement attribuables à la nature. Leurs résultats suggèrent plutôt que ce sont les préférences individuelles pour certains paysages qui influent sur l'état émotionnel, et que le simple fait de regarder quelque chose que l'on préfère peut avoir un impact positif sur les émotions. Toutefois, ils soulignent la difficulté de trouver des stimuli non naturels aussi appréciés que les scènes naturelles.

De nouvelles recherches continuent d'affiner constamment le lien entre les émotions et l'exposition à la nature. Par exemple, Bardhan et al. (2023) démontrent l'existence d'une

corrélation linéaire positive entre le temps passé dans la nature et les affects positifs, en utilisant une application mobile installée sur un smartphone qui calcule objectivement la quantité de nature grâce au GPS. Cependant, ils n'ont pas trouvé de corrélation avec les émotions négatives.

Dans une perspective complémentaire à l'hypothèse de la biophilie, d'autres théories, comme la théorie de la réduction du stress et la théorie de la restauration de l'attention, proposent des hypothèses plus facilement réfutables pour expliquer les effets bénéfiques de la nature sur le bien-être.

2. La théorie de la réduction du stress

2.1. Principes de la théorie de la réduction du stress

La Théorie de la Réduction du Stress (SRT) proposée par Ulrich et al. (1991) explique comment l'interaction avec des environnements naturels peut aider à réduire le stress psychologique et physiologique, améliorer les performances cognitives et promouvoir la santé globale. Cette théorie est basée sur la théorie psycho-évolutive d'Ulrich (1983), qui souligne l'importance des réponses affectives immédiates et inconscientes aux environnements naturels. Ces réponses influencent la réaction physiologique, l'attention et le traitement conscient, favorisant ainsi un comportement adaptatif.

Selon la SRT, les humains ont évolué avec la capacité de réagir au stress et de mobiliser des ressources physiologiques pour faire face aux situations exigeantes ou menaçantes. Une fois la menace ou la difficulté résolue, les humains se rétablissent plus efficacement dans un environnement naturel. Cela permet une récupération rapide des effets négatifs du stress et restaure la capacité à s'engager dans des activités vitales, augmentant ainsi les chances de survie. Les personnes stressées bénéficient particulièrement de

l'exposition à la nature, mais même les personnes non stressées ont tendance à réagir plus positivement aux environnements naturels qu'aux environnements construits sans éléments naturels.

La SRT suggère que cette capacité de récupération rapide dans la nature a été si bénéfique qu'elle a favorisé la sélection d'individus ayant une prédisposition génétique à acquérir facilement des réponses de réduction du stress dans des environnements naturels. Cette théorie repose sur des hypothèses vérifiables et relie des arguments théoriques à des mesures psychophysiologiques objectives du stress. Elle postule qu'après une situation de stress, l'exposition à la nature devrait favoriser une amélioration de l'état émotionnel et induire une diminution du stress à travers divers systèmes physiologiques. Étant donné que cette théorie suggère que les environnements naturels influencent, entre autres, le stress, il est essentiel de définir ce concept, d'explorer les méthodes pour le mesurer et d'analyser son lien avec le bien-être.

2.2. Stress et bien-être

a. Définition du Stress

Le mot « stress » est parfois utilisé pour désigner l'état interne d'une personne, tandis qu'il réfère d'autres fois aux stimuli à l'origine de cette réaction, entraînant une certaine confusion (Lemyre et Tessier, 1988). Dans le cadre de cette thèse, le terme « stress » sera utilisé pour se référer spécifiquement à l'état psychophysiologique interne d'un individu.

Selye (1956) a défini le stress comme une réponse adaptative au changement, visant à préserver l'homéostasie que le corps cherche à maintenir face à un stimulus perturbant l'équilibre mental, physique et la stabilité de l'organisme. Cette définition met l'accent sur la dimension physiologique de cette réaction. Lazarus (1966) propose une perspective

psychologique, décrivant le stress comme une relation entre l'individu et son environnement, perçue comme subjectivement significative et exigeante, et dépassant les ressources disponibles pour y faire face. Cette vision est au cœur de la théorie transactionnelle du stress développée par Lazarus et Folkman (1984). Selon cette théorie, le stress se manifeste lorsque les exigences environnementales dépassent les capacités d'adaptation de l'individu, entraînant un déséquilibre perçu comme menaçant ou excessif. Ainsi, l'accent est mis sur l'évaluation subjective des situations stressantes et sur la manière dont chaque individu perçoit ses propres ressources pour y faire face, plutôt que sur les événements eux-mêmes.

b. Mesures du stress

La mesure du stress combine aujourd'hui des indicateurs subjectifs et objectifs. En psychologie environnementale, le stress est fréquemment évalué à l'aide de symptômes tels que les émotions négatives et des biomarqueurs physiologiques (Evans et DeFrance, 2022). Dans sa méta-analyse sur l'impact psychophysiologique de la nature, Berto (2014) classe les résultats en trois catégories : les effets physiologiques, les effets comportementaux et les mesures d'auto-évaluation.

Pour les mesures subjectives, les chercheurs ont parfois recours à des échelles auto-évaluatives portant sur les émotions, l'anxiété ou la dépression. Cependant, ces approches n'évaluent pas toujours le stress de façon spécifique. Pour pallier cette limitation, Lemyre et Tessier (1988) ont développé l'échelle « Mesure de Stress Psychologique - MSP », un instrument fiable et valide conçu pour évaluer directement le stress ressenti. Cet outil permet de mesurer l'intensité des symptômes de stress perçus, tels que la sensation d'être débordé, stressé ou de perdre le contrôle de ses émotions. Les participants indiquent leur degré de stress avec une échelle de Likert à 8 points, allant de « Pas du tout » à « Énormément ». Cette

échelle vise à offrir une mesure précise et immédiate de l'état de stress actuel des individus.

Les mesures physiologiques fournissent des indicateurs objectifs de la réponse au stress. La réaction de « combat ou fuite » est fréquemment considérée comme l'expression physiologique typique du stress (McSweeney et al., 2021). Elle provoque divers effets sur le corps, dont la prédominance de la branche sympathique sur la branche parasympathique du système nerveux autonome (Viamontes et Nemeroff, 2009). Sous l'effet du stress, le système nerveux sympathique s'active en mobilisant l'énergie nécessaire à l'action, tandis que le système nerveux parasympathique, chargé de la régulation des fonctions végétatives et restauratrices, se voit inhibé (Thayer et al., 2009). Dans une méta-analyse, Gaekwad et al. (2023) identifient divers marqueurs physiologiques associés à cette activation sympathique, tels qu'une augmentation de la fréquence cardiaque (Vrijkotte et al., 2000) et respiratoire (Masaoka et Homma, 1997), une diminution de la variabilité de la fréquence cardiaque (Kim et al., 2018), ainsi qu'une élévation de la pression artérielle systolique et diastolique (Gasperin et al., 2009). D'autres indicateurs incluent une activité électrodermale accrue (Critchley, 2002), une hausse des niveaux de cortisol salivaire (Kanelli et al., 2021), et des altérations dans les signaux EEG, telles qu'une diminution des ondes alpha (Grassini et al., 2022).

c. Liens entre stress et bien-être

Les relations entre stress et bien-être sont complexes. Le stress, en tant que concept largement étudié en psychologie, se manifeste dans la vie quotidienne comme un facteur potentiel de détérioration de la santé psychologique et physique (Hirschle et Gondim, 2020). Par exemple, Chen et al. (2009) ont révélé une corrélation négative significative entre le stress professionnel et la santé mentale, soulignant ainsi l'impact délétère du stress sur le bien-être psychologique. De plus, diverses études ont démontré que le système nerveux autonome joue

un rôle crucial dans l'émergence de pathologies somatiques et psychologiques (Thayer et al., 2009), mettant en évidence l'importance de ce système dans la régulation du stress et de ses effets.

En neurosciences, la biologie du stress est désormais perçue comme un processus adaptatif quotidien qui aide l'individu à évaluer, gérer et se préparer aux défis environnementaux (McEwen et Akil, 2020). Contrairement à une vision exclusivement négative, le stress joue un rôle essentiel dans l'ajustement des interactions entre l'individu et son environnement. Cependant, lorsque ce mécanisme adaptatif est confronté à des pressions environnementales prolongées, qu'elles soient physiques, physiologiques ou psychosociales, il peut être submergé. Une surcharge chronique de stress peut alors compromettre la santé mentale et physique, augmentant ainsi la vulnérabilité à divers troubles. En d'autres termes, c'est lorsque le stress devient persistant et excessif qu'il peut gravement nuire à la santé physique et mentale (Schneiderman et al., 2005).

Dans le cadre de l'étude de l'impact de l'environnement urbain sur le bien-être, l'accent est mis sur la dimension physique de cet environnement, particulièrement stable pour les individus sédentaires. Les stressseurs urbains, tels que la pollution de l'air, le bruit, l'insécurité et le trafic routier, se caractérisent par leur persistance à long terme. Cette exposition prolongée peut ainsi générer un stress chronique, non adaptatif, chez les habitants des grandes villes, affectant négativement leur santé mentale et physique. Toutefois, comme le démontrent les études présentées ci-après, l'exposition à la nature peut jouer un rôle clé dans la réduction de ces effets en diminuant significativement le stress, validant ainsi les prédictions de la SRT.

2.3. Investigations scientifiques sur l'impact de la nature sur le stress

De nombreuses études empiriques ont exploré la théorie de la réduction du stress en examinant l'impact de l'exposition à la nature sur divers indicateurs psychologiques et physiologiques du stress. Par exemple, l'expérience classique menée par Ulrich et al. (1991) a exposé des participants, après avoir regardé une vidéo stressante, à des scènes de nature ou à des environnements urbains. Les résultats ont révélé que les participants exposés aux environnements naturels présentaient une réduction plus rapide et plus significative de la fréquence cardiaque, de l'activité électrodermale, ainsi que des niveaux de stress auto-rapportés, par rapport à ceux exposés aux environnements urbains.

Dans une revue systématique, Corazon et al. (2019) montrent que les effets de l'exposition à la nature en plein air sur les indicateurs physiologiques sont plus nuancés. En revanche, ils mettent également en évidence les effets positifs de cette exposition sur les affects positifs auto-rapportés. De leur côté, Yao et al. (2021) ont mené une méta-analyse qui a démontré que l'augmentation de l'exposition à la nature était associée à une diminution significative du cortisol salivaire, de l'anxiété, du stress auto-déclaré, de la pression artérielle systolique et diastolique, ainsi que de l'indicateur Ln (LF/HF) de la variabilité de la fréquence cardiaque.

Gaekwad et al. (2023) ont approfondi cette question dans une méta-analyse regroupant 47 articles impliquant 2430 participants, en incluant également des études en laboratoire utilisant des simulations d'environnements virtuels. Ils ont constaté que l'exposition à un environnement naturel virtuel produisait un effet faible, tandis que l'exposition à un environnement naturel réel entraînait un effet modéré sur la réduction du stress physiologique, en comparaison avec les environnements urbains. Cependant, la méta-analyse n'a pas révélé de différence significative dans l'effet de la nature sur le stress entre les études ayant induit un

stress préalable chez les participants et celles qui ne l'ont pas fait, ce qui remet en question un aspect central de la SRT qui suggère que les individus déjà stressés bénéficient davantage de l'exposition à la nature.

Ces investigations empiriques confirment en grande partie la théorie de la réduction du stress, démontrant les bienfaits de l'exposition à la nature sur la réduction du stress psychologique et physiologique. Toutefois, des résultats contrastés, particulièrement en ce qui concerne les effets sur les mesures physiologiques et l'influence des conditions initiales de stress des participants, indiquent qu'il reste des aspects à explorer plus en profondeur pour une compréhension complète de ces mécanismes.

Alors que la théorie de la réduction du stress se concentre sur les réponses émotionnelles et physiologiques à l'environnement naturel, la théorie de la restauration attentionnelle propose une autre perspective, en examinant comment la nature peut restaurer la capacité d'attention des individus.

3. La théorie de la restauration attentionnelle

3.1. Les mécanismes de la théorie de la restauration attentionnelle

Klaxons de voiture, sirènes de véhicules d'urgence soudaines, publicités clignotantes qui attisent nos désirs de gratification instantanée, alertes incessantes des applications mobiles, les environnements urbains modernes regorgent de distracteurs soigneusement conçus pour captiver notre attention. Pour évoluer dans ces contextes surchargés, le cerveau doit mobiliser intensément ses ressources cognitives pour concentrer l'attention sur un objectif spécifique tout en inhibant les nombreuses distractions environnantes.

La théorie de la restauration attentionnelle (ART, Kaplan et Kaplan, 1989 ; Kaplan, 1993 ; Kaplan, 1995) examine comment les environnements naturels peuvent restaurer la capacité d'attention après des périodes d'épuisement cognitif dues à des tâches exigeantes. Contrairement à la théorie de la réduction du stress, qui se concentre principalement sur les réponses émotionnelles et physiologiques, l'ART se focalise sur les processus cognitifs et le fonctionnement mental.

Selon l'ART, l'attention humaine se divise en deux catégories distinctes : l'attention volontaire et l'attention spontanée. L'attention volontaire, ou attention dirigée, nécessite un effort cognitif délibéré pour se concentrer sur une tâche spécifique tout en inhibant les distractions. De nature descendante (top-down) et orientée par un objectif personnel, elle est gourmande en ressources mentales et peut provoquer une fatigue attentionnelle lorsqu'elle est sollicitée de manière prolongée. Cette fatigue pourrait se traduire par une irritabilité accrue, une capacité réduite à se concentrer, et des prises de décisions moins optimales (Taylor et al., 2002).

En revanche, l'attention spontanée est automatique et ne demande aucun effort conscient. De nature ascendante (bottom-up), elle est déclenchée par des stimuli extérieurs intrinsèquement intéressants, captant l'esprit sans demande active. Les deux types d'attention fonctionnent en opposition : l'activation de l'un entraîne l'inhibition de l'autre. Lorsque l'attention spontanée est sollicitée, l'attention dirigée peut se reposer, favorisant ainsi la récupération cognitive et le renouvellement des ressources mentales.

L'ART postule que les environnements naturels sont particulièrement efficaces pour activer l'attention spontanée en raison de quatre caractéristiques fondamentales :

- Être loin (Being away) : Les environnements naturels offrent un « détachement mental » des lieux et situations du quotidien qui exigent une attention soutenue,

permettant un répit cognitif. « Être loin » signifie prendre de la distance vis-à-vis des aspects routiniers de la vie. Kaplan et Kaplan (1989) identifient trois manières d'y parvenir : échapper aux distractions indésirables de l'environnement, se déconnecter de ses responsabilités professionnelles, et mettre en pause certains objectifs personnels. La restauration est maximisée lorsque ces trois conditions sont réunies. Cette distance peut être aussi bien géographique que psychologique.

- Fascination douce (Soft fascination) : Les éléments naturels, comme le mouvement des feuilles ou le bruit de l'eau, peuvent captiver l'attention spontanée de manière passive et douce, permettant ainsi à l'attention dirigée de se reposer et de se régénérer. Kaplan et Kaplan (1989) ont introduit le concept de fascination douce, caractérisant une forme d'attention involontaire modérée, suscitée par des stimuli esthétiquement agréables. Ce type de fascination est particulièrement favorable à la restauration cognitive, car il allie plaisir, intensité modérée et fonctionnalité. Toutefois, la relation entre fascination et restauration demeure complexe : des événements négatifs, comme la violence, peuvent également capter l'attention, mais avec des conséquences néfastes sur le bien-être mental (Hartig et al., 1997). De plus, une fascination trop intense peut détourner l'attention des besoins immédiats, soulignant ainsi l'importance d'une fascination « douce » pour encourager efficacement la récupération cognitive.
- Étendue (Extent) : Un environnement restaurateur doit offrir une étendue suffisante, c'est-à-dire être riche et cohérent pour permettre une expérience immersive, distincte du quotidien, propice à la restauration de l'attention. Selon Kaplan et Kaplan (1989), l'étendue se compose de deux dimensions principales : la connexion et l'ampleur. La connexion (ou cohérence) désigne la manière dont les éléments d'un environnement sont interconnectés, formant un ensemble organisé et harmonieux. Par exemple, dans

un parc, les arbres, les sentiers et les plans d'eau sont perçus comme des composantes cohérentes qui structurent l'espace de manière fluide. L'ampleur, quant à elle, renvoie à l'échelle de cet environnement, englobant à la fois les éléments visibles et ceux qui sont imaginés au-delà de la perception immédiate, comme des sentiers cachés ou des espaces vastes. Ce concept d'étendue s'applique également aux domaines conceptuels, tels que les problèmes intellectuels ou les mondes imaginaires, permettant une immersion cognitive qui offre une forme de distanciation mentale. En somme, qu'il s'agisse d'explorer un paysage naturel ou de s'engager dans une réflexion abstraite, l'étendue contribue à la détente cognitive et à la régénération attentionnelle.

- **Compatibilité (Compatibility) :** Pour qu'un environnement naturel soit véritablement restaurateur, il doit être en harmonie avec les objectifs et les préférences de l'individu. La compatibilité désigne l'ajustement et la congruence entre les objectifs personnels, les exigences de l'environnement, et les ressources disponibles pour soutenir les activités nécessaires (Hartig et al., 1997). En d'autres termes, la compatibilité se traduit par un alignement entre ce que l'on souhaite accomplir et ce que l'environnement permet et soutient.

En somme, l'ART souligne que les environnements naturels offrent un cadre propice à la restauration cognitive en facilitant le passage de l'attention dirigée à l'attention spontanée, contribuant ainsi à la régénération mentale et au bien-être général. Selon l'ART, les environnements naturels influencent les processus cognitifs, notamment l'attention. Il est donc intéressant de définir ce qu'est l'attention, d'explorer les méthodes de mesure disponibles et d'analyser les relations entre l'attention et le bien-être.

3.2. Les processus attentionnels et leur relation avec le bien-être

a. Définition et conceptualisation de l'attention

L'attention est un processus cognitif essentiel qui permet à l'individu de gérer son environnement en filtrant, sélectionnant et priorisant les informations pertinentes tout en inhibant les distractions. La définition de l'attention proposée par James (1890) reste largement citée aujourd'hui. Il la décrivait comme « la prise de conscience claire et vive d'un objet ou d'une pensée parmi plusieurs possibles simultanément », mettant en avant la focalisation et la concentration, en opposition à la distraction. Son approche préfigurait déjà les notions d'attention sélective et soutenue.

Le modèle de Kahneman (1973) décrit l'attention comme un réservoir de ressources limitées à répartir entre diverses tâches cognitives. Plus une tâche reçoit de ressources, plus son traitement est efficace ; cependant, le multitâche peut diminuer l'efficacité globale en partageant ces ressources. Le modèle de Posner et Petersen (1980) identifie trois fonctions principales de l'attention : l'orientation, la détection des événements et le maintien de l'alerte. L'attention, omniprésente et complexe, englobe diverses opérations mentales telles que la sélection d'informations, la focalisation, la résistance à la distraction et le contrôle flexible de l'activité (Montel, 2016), démontrant ainsi qu'elle n'est pas une fonction cognitive unitaire (Camus, 1996). Cohen (1993) distingue plusieurs processus attentionnels, dont la sélection de l'information, les ressources attentionnelles, le contrôle de la réponse et de l'activité et l'attention soutenue. Dans le modèle de mémoire de travail de Baddeley (2000), la mémoire et l'attention sont étroitement liées. L'administrateur central, un système attentionnel à capacité limitée, sélectionne les actions les plus efficaces, intègre diverses informations et répartit les ressources attentionnelles entre les tâches. La mémoire de travail maintient activement les informations pertinentes pour les tâches en cours, ajuste les actions selon les besoins, et

requiert une attention soutenue pour conserver et mettre à jour ces représentations.

Les travaux de James (1892) ont introduit le concept d'« attention volontaire », une forme d'attention nécessitant un effort conscient pour se concentrer sur des éléments qui ne captent pas naturellement notre attention. Egeth et Yantis (1997) mettent en évidence à partir d'études empiriques que le déploiement de l'attention peut être influencé soit par les propriétés des stimuli (bottom-up/exogène), soit par les objectifs de l'observateur (top-down/endogène). Bien que James n'ait pas directement abordé la fatigue attentionnelle, ses recherches ont jeté les bases pour une compréhension approfondie de l'attention dirigée, telle que développée dans l'ART (Kaplan, 1995).

Après avoir défini et conceptualisé l'attention, il est essentiel de se pencher sur les méthodes d'évaluation de ce processus cognitif, afin de mieux comprendre comment il est mesuré dans les recherches.

b. Mesure de l'attention

Le test de Stroop, le Digit Symbol, le Digit Span Forward, le Digit Span Backward et l'Arithmetic Test comptent parmi les outils les plus couramment utilisés pour évaluer l'attention (Montel, 2016). Dans les études visant à tester les hypothèses de l'ART, de nombreux tests cognitifs différents sont utilisés pour mesurer la capacité d'attention (Ohly et al., 2016 ; Stevenson et al., 2018). Cependant, il reste à déterminer quelle mesure est la plus appropriée dans le contexte de l'ART. Dans cette thèse, nous avons opté pour les tests Sustained Attention to Response Task (SART, Robertson et al., 1997) et d2-R (Brickenkamp et al., 2010). Nous commencerons par décrire ces tests, avant de justifier leur choix dans les sections consacrées aux études expérimentales menées dans cette thèse.

Le SART est un test de type go/nogo utilisé pour évaluer l'attention soutenue. Dans ce test, les chiffres de 1 à 9 sont rapidement affichés à l'écran d'un ordinateur. Les participants doivent appuyer sur la barre d'espace pour chaque chiffre non cible, tout en évitant de répondre lorsque la cible apparaît. Le SART mesure quatre paramètres : les temps de réaction (où des scores plus bas indiquent une meilleure performance), le nombre de réponses incorrectes (des scores plus bas sont meilleurs), le nombre de réponses correctes (des scores plus élevés sont meilleurs), et la sensibilité qui évalue simultanément les réponses correctes et incorrectes (des scores plus élevés sont meilleurs). Conçu pour évaluer la capacité à résister aux réponses impulsives à des stimuli rares tout en maintenant des réponses rapides et régulières aux stimuli fréquents, le SART est particulièrement sensible à la capacité de maintenir l'attention sur des tâches monotones mais exigeantes (Robertson et al., 1997).

Le test d2 (Brickenkamp, 1981) est un test papier-crayon conçu pour évaluer la capacité de concentration, ainsi que la rapidité et la précision dans la distinction de stimuli visuels similaires. Administré individuellement ou en groupe, le test consiste à barrer tous les caractères cibles : un « d » avec exactement deux traits placés soit au-dessus, soit en dessous, soit un trait au-dessus et un autre en dessous. Les participants doivent ignorer les caractères non cibles, qui incluent un « d » avec un nombre différent de traits ou des « p » avec divers nombres de traits. Le test est chronométré. Le test d2, présentant une bonne cohérence interne et validité (Bates et Lemay, 2004), a été révisé en 2010 pour donner lieu au test d2-R (Brickenkamp et al., 2010). Les participants effectuent la tâche sur 14 essais chronométrés de 20 secondes chacun. Bien que les tâches et les symboles soient restés inchangés, le test d2-R se distingue par une durée de passation réduite à 4 minutes et 40 secondes.

Parallèlement aux outils de mesure directe de l'attention, il est également pertinent d'examiner la perception du potentiel restaurateur des environnements.

c. Restauration de l'attention perçue

Pour évaluer le potentiel restaurateur d'un environnement, on peut utiliser les évaluations subjectives des individus. Selon Negrín et al. (2017), le potentiel restaurateur d'un environnement se définit par sa capacité à rétablir des fonctions cognitives essentielles, telles que l'attention et la concentration, souvent altérées par les exigences de la vie quotidienne. De son côté, Kaplan (1995) décrit les environnements restaurateurs comme des milieux dont les caractéristiques physiques, spatiales et non-spatiales contribuent à la restauration de l'équilibre psychologique.

La Perceived Restorativeness Scale (PRS, Hartig et al., 1997) est un exemple de mesure subjective de la restauration perçue. Cette échelle comprend 16 items, répartis en quatre sous-échelles correspondant aux facteurs proposés par l'ART : Être loin, Fascination, Étendue, et Compatibilité. La cohérence interne de la PRS est généralement satisfaisante (Korpela et Hartig, 1996 ; Purcell et al., 2001 ; Hernández et Hidalgo, 2005), bien que l'alpha de Cronbach pour la sous-échelle Étendue dans ces études soit souvent un peu faible, autour de 0,60. Ruiz et Hernández (2014) ont développé une version courte de la PRS, composée de cinq items. Negrín et al. (2017) montrent que cette version courte conserve des caractéristiques similaires à celles de la version originale de la PRS et est efficace pour différencier les environnements urbains selon leur potentiel restaurateur.

Il est aussi pertinent d'explorer le lien entre attention et mouvements oculaires, car ces derniers fournissent des indicateurs objectifs sur la façon dont l'attention est orientée et mobilisée.

d. Attention et mouvements oculaires

Selon Joye et al. (2013), l'analyse des mouvements oculaires constitue une mesure directe et objective du fonctionnement attentionnel, notamment pour étudier l'impact des environnements naturels sur l'attention. Cette approche offre un moyen de mieux saisir la composante de fascination des environnements restaurateurs, telle que définie dans l'ART. Le suivi oculaire (eye-tracking) permet d'enregistrer et d'analyser les mouvements des yeux, fournissant diverses mesures du comportement visuel telles que la durée et le nombre de fixations, les saccades, ainsi que les clignements des yeux. Les recherches indiquent que cette analyse peut révéler des informations précieuses sur l'attention et les processus cognitifs engagés lors de la perception des images (Holmqvist et al., 2011).

L'étude de Berto et al. (2008) a démontré que les scènes urbaines entraînent une plus grande exploration visuelle, avec des distances de parcours oculaire plus longues et un nombre plus élevé de fixation. Valtchanov et Ellard (2015) ont répliqué ces résultats, bien que leurs conclusions n'aient pas montré de différences significatives dans les distances de parcours. Franěk et al. (2018) ont confirmé que les scènes urbaines entraînent un nombre plus élevé de fixations et des durées de fixation plus courtes, tandis que les scènes naturelles suscitent moins de fixations mais de plus longues. De plus, ils ont montré qu'une perception accrue de restauration est associée à un nombre plus faible de fixations, des durées de fixation plus longues et des distances de parcours oculaire plus courtes. Cottet et al. (2018) ont révélé une corrélation positive entre la durée de fixation et la perception de naturalité. Ces études, prises dans leur ensemble, suggèrent que les scènes naturelles demandent moins d'efforts cognitifs, mobilisent moins d'attention dirigée et encouragent une fascination douce, contrairement aux environnements urbains.

La compréhension des interactions entre attention et bien-être se cristallise dans l'analyse de l'épuisement cognitif et de ses effets, soulignant l'importance d'une gestion efficace des ressources attentionnelles pour maintenir un équilibre optimal.

e. Liens entre attention et bien-être

Les processus attentionnels sont profondément liés au bien-être, et l'épuisement de ces ressources peut avoir des impacts notables. La fatigue mentale, par exemple, est associée à une intensification de l'« attentional blink », une phase durant laquelle les ressources attentionnelles sont temporairement indisponibles (Kawahara et Sato, 2013). Les auteurs montrent que des niveaux élevés d'affect négatif sont corrélés à un « attentional blink » plus prononcé, tandis qu'un affect positif est associé à un « attentional blink » moins marqué.

Smith (2018) a révélé qu'une fatigue mentale accrue est liée à une diminution du bien-être et à une performance académique réduite chez les étudiants universitaires. De plus, Yusli et al. (2021) ont utilisé un modèle en équations structurelles pour démontrer que les facteurs « être loin », « fascination » et « compatibilité » sont des prédicteurs significatifs du bien-être psychologique. Ces études mettent en lumière l'interaction complexe entre attention et bien-être, soulignant l'importance d'une gestion appropriée des ressources attentionnelles pour maintenir le bien-être et éviter les effets délétères de l'épuisement cognitif.

Dans ce contexte, il est pertinent de considérer des stratégies susceptibles d'améliorer l'attention. Les environnements naturels se révèlent prometteurs à cet égard, comme le montre la recherche sur leur effet restaurateur sur les capacités attentionnelles.

3.3. Preuves scientifiques de l'amélioration de l'attention en milieu naturel

Berman et al. (2008) ont démontré que de simples interactions avec la nature, comme marcher dans un parc ou observer des images de paysages naturels, améliorent significativement les capacités d'attention dirigée, mesurées à travers des tâches telles que le backwards digit-span task et le Attention Network Task. Ces résultats soutiennent la validité de l'ART, montrant des améliorations constantes de la performance cognitive après l'exposition à des environnements naturels. Les participants exposés à ces environnements ont affiché une meilleure concentration et mémorisation par rapport à ceux placés dans des environnements urbains ou non naturels.

Une revue systématique de Ohly et al. (2016), qui a examiné 31 études aux conceptions expérimentales variées, apporte des preuves supplémentaires en faveur de l'ART. La méta-analyse révèle que les performances attentionnelles des participants s'améliorent après une exposition à des environnements naturels, comparativement à des environnements urbains ou non naturels. Cependant, cette revue a également mis en lumière certaines incohérences, avec des tâches ne montrant pas de différences significatives selon l'environnement. Les bénéfices cognitifs ont été particulièrement observés pour trois tâches spécifiques (Digit Span Forward, Digit Span Backward et Trail Making Test B), tandis que les résultats pour d'autres tâches attentionnelles restent mitigés.

Hartig et Jahncke (2017) ont critiqué cette revue sur deux points principaux. Premièrement, certaines études n'ont pas induit de fatigue attentionnelle, bien que l'ART postule que les effets de restauration sont plus prononcés chez les individus cognitivement fatigués, ce qui pourrait avoir réduit l'impact observé. Deuxièmement, Ohly et al. (2016) ont noté des lacunes dans les mesures de base, souvent absentes ou déséquilibrées, compliquant ainsi le calcul des tailles d'effet.

Stevenson et al. (2018) ont mené une nouvelle méta-analyse qui, en se concentrant sur les études avec des mesures de base équilibrées, a révélé des améliorations des performances dans la mémoire de travail, la flexibilité cognitive et, dans une moindre mesure, le contrôle attentionnel, avec des tailles d'effet faibles à modérées. Les analyses de modération ont montré que les expositions réelles aux environnements naturels favorisent davantage l'effet de restauration que les expositions virtuelles. Cependant, la durée d'exposition, généralement plus longue dans les environnements réels, pourrait également expliquer cette différence.

En conclusion, les preuves empiriques soutiennent fortement l'ART, tout en signalant la nécessité de recherches supplémentaires pour mieux comprendre les mécanismes précis de la restauration cognitive en milieu naturel. Parallèlement, pour mieux comprendre l'impact de la nature sur le bien-être, il est important de considérer la nature des liens développés avec elle. Ainsi, il est pertinent d'explorer la notion de connexion à la nature, qui offre une perspective essentielle pour approfondir notre compréhension des relations entre l'Homme et la nature.

4. La connexion à la nature

4.1. Définitions et conceptualisation

La connexion à la nature désigne un sentiment subjectif d'appartenance et d'interdépendance que les individus ressentent envers le monde naturel. Ce concept englobe des dimensions émotionnelles, cognitives et comportementales, et joue un rôle crucial dans la perception de la nature, le bien-être global et l'engagement écologique. Mayer et Frantz (2004) la définissent comme « le lien affectif entre un individu et le monde naturel », tandis que Schultz (2002) la décrit comme la croyance que la nature fait partie intégrante de soi. Schultz et al. (2004) précisent que la connexion à la nature correspond au lien perçu entre

l'individu et la nature. Clayton (2003) propose la notion d'identité environnementale, qui englobe les valeurs, attitudes et comportements d'une personne vis-à-vis de l'environnement. Cette identité environnementale est façonnée par l'histoire personnelle de l'individu, reflétant un attachement émotionnel qui influence la manière dont une personne perçoit et interagit avec le monde, en considérant l'environnement comme une partie essentielle de son identité. Plusieurs auteurs (e.g. Mayer et al., 2009 ; Olivos et al., 2020 ; Schultz et al., 2004 ; Kals et Ittner, 2003) suggèrent que la connexion à la nature est enracinée dans la biophilie (Wilson, 1984), ce concept postulant une affinité innée des êtres humains pour les autres formes de vie.

4.2. Mesures et validité

Tam (2013) a montré que différentes mesures de la connexion à la nature, telles que la Connectedness to Nature Scale (CTN, Mayer et Frantz, 2004), la Nature Relatedness Scale (NR, Nisbet et al., 2009) et l'Environmental Identity Scale (EID, Clayton, 2003), présentent une forte validité convergente, mais une faible validité incrémentielle, suggérant que ces outils peuvent être considérés comme des indicateurs d'un même construit sous-jacent. D'autres recherches, comme celles de Navarro et al. (2017) et Brügger et al. (2011), renforcent l'idée qu'il s'agit d'un construit unifié en montrant de fortes corrélations positives entre différentes mesures et concepts liés à la connexion à la nature. Cependant, Tam (2013) souligne que, bien que ces concepts et mesures soient étroitement liés, il existe des divergences qui doivent être reconnues, en particulier en ce qui concerne les distinctions entre les dimensions cognitives et émotionnelles de la connexion à la nature. De plus, les mesures multidimensionnelles se sont révélées plus robustes sur le plan psychométrique, ce qui souligne l'importance de capturer les différentes facettes de ce construit. Pour Tam (2013), il est essentiel de conceptualiser la connexion à la nature en incluant ces dimensions multiples,

tout en s'appuyant sur des travaux comme ceux de Tajfel (1978) sur l'identité collective, en envisageant la nature comme un collectif auquel on pourrait appartenir, selon un modèle tripartite : cognitif (autocatégorisation comme membre du collectif), évaluatif (importance attachée au collectif) et affectif (attachement émotionnel et engagement envers le collectif). Après avoir exploré les différentes mesures de la connexion à la nature et leur validité, il est pertinent de se pencher sur les liens entre cette connexion et le bien-être.

4.3. Connexion à la nature et bien-être

Les corrélations positives entre la connexion à la nature et le bien-être sont bien documentées. Une méta-analyse de Capaldi et al. (2014) intégrant des recherches ayant opérationnalisé la connexion à la nature de diverses manières (CTN ; NR ; Inclusion of Nature in Self Scale, Schultz, 2002) a montré une relation cohérente, bien que faible, avec le bien-être, mesuré par l'affect positif, la vitalité et la satisfaction de vie. Une autre méta-analyse (Pritchard et al., 2020) montre des corrélations positives entre bien-être et connexion à la nature, avec une taille d'effet plus importante pour le bien-être eudémonique que pour le bien-être hédonique, bien que cette différence ne soit pas significative. Whitburn et al. (2019) ont également montré, dans une méta-analyse, qu'une connexion plus profonde à la nature peut partiellement expliquer pourquoi certaines personnes adoptent des comportements plus pro-environnementaux que d'autres, soulignant l'importance de cette relation.

À la lumière des relations entre la connexion à la nature et le bien-être, il apparaît nécessaire de déterminer si cette connexion s'inscrit comme un trait stable ou un état transitoire, permettant ainsi une meilleure compréhension de ses effets sur le bien-être.

4.4. Connexion à la nature comme trait ou état

La connexion à la nature peut être considérée comme un trait de personnalité qui se développe à travers les expériences vécues durant l'enfance (Bruni et Schultz, 2010). Ce trait, qui varie d'une personne à l'autre, tend à rester relativement stable au fil du temps et dans différentes situations (Nisbet et al., 2009). Autrement dit, certaines personnes ressentent naturellement une plus grande affinité avec la nature, un sentiment qui se maintient tout au long de leur vie. Cette connexion à la nature, en tant que « trait », pourrait alors expliquer des différences interindividuelles en jouant un rôle de modérateur dans la relation entre l'exposition à la nature et le bien-être. McMahan et al. (2018) ont montré que ce trait modère l'impact de l'exposition à la nature sur l'affect, avec des résultats plus positifs observés chez ceux ayant une forte connexion à la nature. Une étude de Fleury-Bahi et al. (2023) révèle que pour les individus fortement connectés à la nature, une moindre quantité de nature perçue autour de leur domicile suffit à améliorer leur bien-être, comparé à ceux dont la connexion est plus faible.

La connexion à la nature peut aussi être mesurée comme un état momentané, qui varie selon les circonstances. Par exemple, Nisbet et Zelenski (2011) ont démontré que la connexion à la nature en tant qu'état est plus intense après une marche dans un environnement naturel comparativement à une marche dans un cadre urbain. Cela suggère que notre sentiment de connexion à la nature peut fluctuer en fonction du contexte immédiat, renforçant l'idée que l'interaction avec des environnements naturels peut temporairement intensifier notre sentiment de lien avec la nature.

4.5. Implications et conclusion

La connexion à la nature complète les théories expliquant le lien entre bien-être et expérience de la nature, en offrant une perspective holistique qui intègre les dimensions émotionnelles, cognitives et identitaires. Elle propose que le bien-être ne résulte pas seulement des effets immédiats de l'exposition à la nature, mais aussi de la profondeur du lien affectif et identitaire qu'une personne entretient avec celle-ci. Plus une personne se sent connectée à la nature, plus son bien-être est susceptible d'augmenter lors de ses interactions avec des environnements naturels. Cette connexion favorise également des comportements pro-environnementaux, créant un cercle vertueux où bien-être et protection de la nature se renforcent mutuellement. Ainsi, la connexion à la nature enrichit la compréhension des mécanismes par lesquels la nature influence la santé mentale et le bien-être.

5. Synthèse : convergence des théories et constatations

Les recherches sur l'interaction entre l'homme et la nature convergent pour souligner l'impact profond des environnements naturels sur le bien-être humain. Les théories SRT et ART sont souvent considérées comme les principaux cadres théoriques pour comprendre ces effets. La SRT, proposée par Ulrich (1983), met en lumière comment les environnements naturels peuvent réduire rapidement les réactions physiologiques au stress, telles que la diminution de la fréquence cardiaque, de la pression artérielle et des niveaux de cortisol. L'ART, développée par Kaplan et Kaplan (1989), suggère que la nature aide à restaurer l'attention dirigée, épuisée par les exigences des environnements urbains. Cette restauration cognitive est facilitée par des caractéristiques spécifiques des environnements naturels, telles que la fascination douce, l'étendue, la compatibilité, et l'éloignement des stimuli stressants de la vie quotidienne.

Bien que ces deux théories puissent sembler en opposition, il est reconnu qu'elles sont complémentaires. Selon Hartig et al. (1991), le stress et la fatigue attentionnelle peuvent survenir indépendamment, et la théorie la plus pertinente dépend des besoins spécifiques de l'individu. Ainsi, lorsqu'une personne est stressée, les environnements naturels favorisent une récupération psychophysiologique, tandis qu'en cas de fatigue attentionnelle, l'exposition à la nature permet une restauration cognitive. Lorsque l'individu est à la fois stressé et épuisé sur le plan attentionnel, ces deux processus se déclenchent simultanément, favorisant ainsi un rétablissement global (van den Berg et Staats, 2018).

La connexion à la nature ajoute une dimension personnelle à ces mécanismes. Des études telles que celles de Capaldi et al. (2014), Pritchard et al. (2020) et Whitburn et al. (2019) ont démontré que les individus ayant une forte connexion à la nature rapportent des niveaux de bien-être plus élevés, en particulier en termes de bien-être eudémonique, et adoptent des comportements plus pro-environnementaux. Ce concept, qui englobe des dimensions émotionnelles, cognitives et identitaires, joue un rôle dans les effets positifs de l'exposition à des environnements restaurateurs, au-delà des processus plus inconscients et automatiques décrits par la SRT et l'ART.

L'hypothèse de la biophilie, un concept proposé par Wilson (1984), fournit un fondement psychoévolutif à ces théories, en suggérant que les humains ont une affinité innée pour les environnements naturels.

En combinant ces perspectives, il apparaît que l'interaction avec la nature favorise le bien-être humain non seulement en réduisant le stress et en restaurant l'attention, mais aussi en renforçant les liens émotionnels et identitaires avec l'environnement. Cette convergence théorique permet une compréhension plus approfondie des mécanismes par lesquels la nature influence positivement le bien-être. Elle suggère également que ces bienfaits peuvent être

amplifiés en cultivant des connexions plus profondes et durables avec la nature. Les relations avec les environnements naturels se développent au fil des expériences en milieu naturel. Il est également pertinent de considérer les expériences virtuelles, car elles pourraient offrir de nouvelles perspectives. Nous allons à présent explorer pourquoi et comment la réalité virtuelle peut servir de levier pour approfondir notre compréhension de ces processus psychologiques sous-jacents, en lien avec la nature et le bien-être.

Chapitre 3. Nature en réalité virtuelle et bien-être

1. La réalité virtuelle comme outil en psychologie environnementale

1.1. Définition de la réalité virtuelle

La réalité virtuelle (RV) est parfois définie par le matériel utilisé, d'autres fois par le contenu virtuel qui permet une immersion (White et al., 2018). Jayaram et al. (1997) la décrivent simplement comme un environnement synthétique ou virtuel offrant à l'utilisateur une impression de réalité. De son côté, LaValle (2017) la décrit comme « l'induction d'un comportement ciblé chez un organisme en utilisant une stimulation sensorielle artificielle, tandis que l'organisme a peu ou pas conscience de l'interférence ». La RV peut inclure des dispositifs non immersifs (e.g. écrans plats), semi-immersifs (e.g. système CAVE) et immersifs (e.g. casque de RV). Bien que le terme RV englobe une large gamme d'expériences, il est souvent distingué par des variantes telles que les environnements virtuels (EV), la réalité augmentée (RA) et la réalité mixte (RM), qui décrivent des formes particulières d'interaction et d'immersion.

Le terme EV est souvent préféré par les chercheurs (Hale et Stanney, 2014 ; Blascovich et al., 2002), bien qu'il soit généralement considéré comme synonyme de RV. Cependant, comme le précise LaValle (2017), un environnement en RV peut aussi bien être un espace réel capturé par photographie ou vidéo qu'un univers entièrement synthétique. Ainsi, l'environnement présenté en RV ne doit pas nécessairement être « virtuel » au sens de purement généré par ordinateur.

La RV immerge l'utilisateur dans un environnement entièrement généré ou simulé par ordinateur, qu'il soit entièrement synthétique ou fidèlement reproduit à partir de données réelles, isolant ainsi l'utilisateur sensoriellement du monde physique. L'individu se retrouve plongé dans un espace tridimensionnel simulé où il peut, éventuellement, interagir avec des

objets ou des personnages comme s'il y était réellement. Des exemples incluent des jeux vidéo immersifs tels que Beat Saber et des visites virtuelles comme Google Earth VR, accessibles via des casques RV comme l'Oculus Rift ou le HTC Vive. En parallèle, un système CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) offre une autre forme d'immersion en projetant des images sur plusieurs écrans couvrant les murs, le sol, et parfois le plafond, créant un environnement qui enveloppe physiquement l'utilisateur sans nécessiter de casque.

La RA superpose des éléments virtuels à l'environnement physique réel, enrichissant ainsi la perception de ce dernier avec des informations numériques. L'utilisateur voit et interagit simultanément avec ces ajouts virtuels tout en restant pleinement conscient de son environnement réel. Par exemple, des applications mobiles comme Pokémon GO permettent aux utilisateurs de visualiser des créatures virtuelles intégrées à leur environnement via la caméra de leur smartphone. De même, des dispositifs tels que les lunettes Microsoft HoloLens sont utilisés dans divers contextes professionnels pour projeter des informations et des instructions virtuelles directement sur l'environnement physique.

Dans cette thèse, nous privilégierons le terme RV plutôt qu'EV pour désigner tout environnement projeté par ordinateur via un dispositif comme un casque de RV, qu'il soit généré artificiellement ou reproduit à partir de données réelles. À l'instar de Frost et al. (2022), la RV désigne ici une interaction homme-ordinateur utilisant des dispositifs portés sur la tête ou des systèmes CAVE, affichant des médias capturés (comme des vidéos 360°) ou des environnements générés par ordinateur, sans inclure la RA ni la RM.

La RV, dans une forme similaire à celle d'aujourd'hui, existe depuis la fin des années 1980 (Slater, 2018). Toutefois, son évolution principale réside dans une accessibilité accrue ainsi que des avancées spectaculaires en graphismes et en puissance de calcul. Selon les données de PsycINFO (s.d.), la recherche du terme « virtual reality » révèle 86 publications

entre 1980 et 1995, 3 771 entre 1995 et 2010, et 12 804 depuis 2010. Ces chiffres illustrent une croissance exponentielle de l'intérêt des chercheurs en psychologie pour ce domaine, ainsi qu'une amélioration significative de l'accessibilité à la RV.

1.2. Pertinence de la RV en psychologie environnementale

Comme nous l'avons souligné, l'expérience avec la nature améliore le bien-être en influençant positivement l'affect, l'attention, le stress et la connexion avec la nature. Les effets restaurateurs des milieux naturels surpassent ceux des environnements construits. Cependant, les mécanismes sous-jacents à ces effets restent mal compris, en partie à cause des difficultés à contrôler les variables environnementales dans les études en milieu réel, telles que la météo, la présence de personnes, les types de plantes, la température et les odeurs (Newman et al., 2022). La RV offre une solution prometteuse en permettant un contrôle plus précis de ces variables tout en offrant une expérience immersive et réaliste.

Blascovich et al. (2002) avancent trois raisons principales en faveur de l'utilisation de la RV en psychologie sociale : elle permet un contrôle quasi total sur l'environnement expérimental et les actions qui s'y déroulent ; elle simplifie la réplication des études ; et elle facilite le partage d'environnements virtuels, ce qui peut accroître la taille des échantillons. De plus, ils soulignent l'importance d'un sentiment convaincant de présence personnelle, sociale et environnementale pour les individus. Nous soutenons que, pour ces raisons, la RV est un outil particulièrement pertinent pour la recherche en psychologie environnementale, notamment pour étudier l'impact des environnements naturels sur le bien-être. De plus, le sentiment de présence est essentiel pour renforcer la RV en tant qu'outil méthodologique efficace, permettant une extrapolation plus fidèle des résultats de laboratoire à des contextes réels.

1.3. La présence : définitions et modèles théoriques

Les chercheurs font une distinction entre la notion d'immersion et la notion de présence. Slater (2009) définit l'immersion comme une propriété objective des systèmes de réalité virtuelle, évaluée en fonction de leur capacité à reproduire des contingences sensorimotrices naturelles. Ces contingences représentent les actions corporelles que nous effectuons pour percevoir notre environnement, comme bouger la tête pour ajuster notre regard ou se pencher pour observer sous un objet (O'Regan et Noë, 2001). Un système est d'autant plus immersif qu'il permet des interactions physiques complètes et cohérentes avec l'environnement virtuel, où chaque mouvement entraîne des changements sensoriels réalistes (par exemple, se pencher ou tourner la tête entraîne des modifications appropriées des images). À l'inverse, un système où la perception est limitée à un simple écran offre un niveau d'immersion réduit.

Un système hautement immersif, capable de reproduire des contingences sensorielles similaires à celles de la réalité physique, peut créer l'illusion d'être véritablement présent à l'intérieur de l'environnement virtuel généré (Slater, 2009). Cette illusion, souvent appelée « présence », se réfère au « sentiment d'être là » dans l'environnement simulé par la réalité virtuelle (e.g. Slater et Wilbur, 1997 ; Slater et al., 1994). Felton et Jackson (2022) proposent une nouvelle définition de la présence, après avoir critiqué les nombreuses définitions existantes pour leur manque de consensus et leur ambiguïté. Ils estiment que définir la présence en fonction d'un processus psychologique spécifique confond inutilement sa nature avec une tentative d'en expliquer le mécanisme. De plus, ils soulignent que la présence n'est pas uniquement liée à la technologie et que certaines définitions se concentrent trop sur ses aspects spatiaux. Pour remédier à ces lacunes, ils proposent de définir la présence comme le degré auquel un élément (environnement, personne, objet ou tout autre stimulus) semble

exister dans le même monde physique que l'observateur. C'est un sentiment plus intense de présence qui distingue la réalité virtuelle des photos et vidéos en 2D (Yeo et al., 2020).

Slater (2018) explique que la présence en RV ne repose pas sur la croyance en la réalité du monde virtuel. Même confrontés à des situations anxiogènes, telles qu'un précipice virtuel, les individus ne considèrent pas consciemment ces stimuli comme réels. Cependant, la présence est une illusion perceptive : le système perceptif détecte la menace et le corps réagit automatiquement, tandis que la cognition, plus lente, reconnaît ensuite que tout est virtuel. Mais à ce stade, la réaction physique a déjà eu lieu. Selon Vasser et Aru (2020), l'objectif fondamental d'un système de RV est d'immerger technologiquement l'utilisateur dans des mondes virtuels tout en générant un sentiment de présence.

Il existe plusieurs modèles théoriques de la présence, tels que celui de Lessiter et al. (2001) et l'Embodied Model de Schubert et al. (1999), qui présentent des similitudes. Ces deux modèles s'articulent principalement autour de trois dimensions clés : la sensation d'être physiquement dans l'environnement virtuel, le degré d'implication émotionnelle et cognitive dans l'expérience, ainsi que l'évaluation du réalisme perçu de cet environnement.

1.4. Mesure de la présence

Dans la littérature, plusieurs approches sont utilisées pour mesurer la présence en RV : les mesures subjectives reposent sur des questionnaires demandant des retours conscients des individus ; les mesures comportementales s'appuient sur l'observation des actions et réponses visibles des individus dans l'environnement virtuel ; les mesures physiologiques enregistrent les variations de la physiologie, telles que les fluctuations du rythme cardiaque, la conductance de la peau et la température corporelle ; et les mesures neurologiques examinent l'activité cérébrale des individus (Felton et Jackson, 2022). Bien qu'une approche multimodale

soit idéale pour une évaluation complète de la présence, nous avons choisi, dans le cadre de cette thèse, de privilégier une mesure subjective. Cette méthode se révèle particulièrement adaptée car elle est à la fois simple et accessible, tout en étant directement alignée avec nos objectifs de recherche. Comme le souligne Slater (2009), l'expérience de la présence est essentiellement subjective et il est difficile de garantir une uniformité dans la manière dont chaque individu la perçoit. Une mesure subjective permet donc de mieux capturer la diversité des expériences individuelles de la présence.

Le Igroup Presence Questionnaire (IPQ), développé par Schubert et al. (2001) et traduit en français par Viaud-Delmon (s.d.) repose sur le Presence Questionnaire de Witmer et Singer (1998). Schubert et al. (2001) ont étendu ce questionnaire en intégrant des items provenant d'autres études (e.g. Carlin et al., 1997 ; Slater et al., 1994 ; Towell et Towell, 1997 ; Regenbrecht et al., 1998), ce qui a donné un ensemble initial de 75 items. Après des analyses factorielles exploratoires et confirmatoires, ce questionnaire a été affiné et réduit à 13 items, qui chargent sur 3 facteurs différents (présence spatiale, implication et réalisme), plus 1 item général.

La présence spatiale fait référence à l'impression d'être transporté dans un autre espace, où l'individu se sent physiquement dans l'environnement virtuel, comme s'il était réellement situé dans cet endroit. Il est mesuré à travers des items tels que : « D'une certaine façon, j'ai eu l'impression que le monde virtuel m'entourait », « J'avais l'impression que j'étais juste en train de percevoir des images », « Je ne me suis pas senti présent dans l'espace virtuel », « J'ai eu la sensation d'agir dans l'espace virtuel plutôt que d'agir sur un quelconque mécanisme extérieur à celui-ci », et « Je me suis senti présent dans l'espace virtuel ».

L'implication se concentre sur le degré d'engagement mental et émotionnel de l'utilisateur dans l'expérience virtuelle. Il s'agit de la manière dont l'attention et l'énergie de

l'utilisateur sont focalisées sur l'environnement virtuel, à tel point que le monde réel devient secondaire ou moins perceptible. Elle est évaluée par des items tels que : « À quel point étiez-vous conscient du monde réel environnant alors que vous étiez en train de naviguer dans le monde virtuel ? (par exemple : sons, température de la pièce, présence d'autres gens, etc.) ? », « Je n'étais pas conscient de mon environnement réel », « Je faisais toujours attention à l'environnement réel », et « J'étais complètement captivé par le monde virtuel ».

Le réalisme perçu se réfère à la mesure dans laquelle l'environnement virtuel est perçu comme réaliste ou crédible par rapport au monde réel. Ce facteur évalue à quel point les utilisateurs trouvent que l'expérience virtuelle est cohérente avec leurs attentes et perceptions du monde réel. Il est mesuré par des items comme : « Comment le monde virtuel vous a-t-il semblé ? », « À quel point votre expérience dans l'environnement virtuel vous a-t-elle semblé cohérente avec votre expérience dans le monde réel ? », « À quel point le monde virtuel vous a-t-il semblé réel ? », et « Le monde virtuel semblait plus réaliste que le monde réel ».

Enfin, l'item général du questionnaire évalue globalement la présence : « Dans le monde généré par l'ordinateur, j'ai eu le sentiment "d'y être" ». Chaque réponse est notée sur une échelle de Likert en 7 points. Certains items sont inversés et un score total plus élevé indique une présence plus importante dans l'environnement virtuel.

1.5. Cybercinétose

Dans le modèle de la présence de Lessiter et al. (2001), les effets négatifs induits par le système, tels que les nausées, les maux de tête ou la fatigue, jouent également un rôle crucial dans la présence. Ces symptômes peuvent altérer la qualité de l'expérience virtuelle. Par conséquent, cet aspect sera pris en compte lors de l'utilisation de la réalité virtuelle dans les études empiriques de cette thèse.

La cinétose, ou mal des transports, se manifeste par des nausées et des malaises lors de déplacements en voiture, train, bateau, ou attractions (Leung et Hon, 2019). Les symptômes comprennent vertiges, nausées, et parfois vomissements. Elle peut également survenir en réponse à la perception du mouvement, comme dans les expériences de RV, même sans mouvement physique réel. Ce phénomène est connu sous le nom de « cybercinétose » (ou cybermalaise, mal du virtuel, malaise du simulateur), et trouve ses origines dans l'utilisation des simulateurs de vol militaires (Kennedy et al., 1993). L'utilisation de casques de RV (ou HMD, Head-Mounted Display) présente un risque de cybercinétose (Saredakis et al., 2020).

Dans cette thèse, les symptômes évalués proviennent du Simulator Sickness Questionnaire de Kennedy et al. (1993), incluant l'inconfort général, les maux de tête, la fatigue oculaire, les difficultés de focalisation, la transpiration, les nausées, les difficultés de concentration, et les vertiges. Les participants notent l'intensité de chaque symptôme sur une échelle de Likert à 4 points, allant de « Pas du tout » à « Sévèrement ».

Les expériences restauratrices peuvent être induites à travers différents formats de présentation des environnements naturels, tels que les immersions in situ (e.g. Berman et al., 2008), les photographies (e.g. Gatersleben et Andrews, 2013), les vidéos (e.g. Mostajeran et al., 2021), les représentations à 360° en réalité virtuelle (e.g. Anderson et al., 2017), ou encore les environnements entièrement générés par ordinateur en RV (e.g. Mattila et al., 2020). Toutefois, un facteur clé dans l'efficacité de ces expériences simulées semble être le niveau de présence ressenti par l'individu. Il est donc essentiel de considérer cette dimension de présence lorsqu'on évalue la qualité des expériences restauratrices offertes par les environnements virtuels.

2. Impacts psychophysologiques de la nature virtuelle

2.1. Nature virtuelle et bien-être

Une revue systématique menée par Riches et al. (2021) sur 19 études a conclu que la réalité virtuelle est effectivement efficace pour favoriser la relaxation et réduire le stress, surtout lorsque les environnements virtuels présentent des stimuli perçus comme agréables, généralement issus de la nature.

De plus, Frost et al. (2022), à travers une revue systématique de 21 études impliquant 1301 participants, ont examiné l'impact de la nature en RV sur le bien-être psychologique. Les études ont utilisé diverses formes de RV : des photos panoramiques en 2D et 3D à 260° ou 360°, des vidéos visionnées via des casques de RV, ainsi que des systèmes CAVE. La nature représentée variait également, pouvant se classifier selon les principales caractéristiques des environnements, comme les espaces urbains, verts ou bleus. L'opérationnalisation du bien-être psychologique portait principalement sur des mesures de stress, d'affect, de restauration de l'attention et d'anxiété, utilisant des questionnaires auto-rapportés et des indicateurs physiologiques. Sur les 21 études, toutes sauf une ont montré une relation statistiquement significative entre l'immersion en nature virtuelle et une amélioration du bien-être. Cependant, certaines ont observé une augmentation de l'affect négatif, souvent attribuée à la cybercinétose ou à un faible sentiment de présence, rendant l'expérience moins agréable. Plusieurs chercheurs soulignent que pour que les environnements virtuels de nature soient véritablement restaurateurs, un haut niveau de présence est essentiel (e.g., Li et al., 2021 ; Spano et al., 2023).

Dans une revue de 59 études, Spano et al. (2023) examinent à la fois les environnements générés par ordinateur et les photos et vidéos panoramiques à 360° de véritables environnements naturels. Les environnements générés par ordinateur, grâce à leur

interactivité, peuvent renforcer le sentiment de présence (Li et al., 2021), tandis que les panoramas, bien que non interactifs, offrent un fort sentiment de réalité et de vivacité (Yeo et al., 2020). Les résultats indiquent que les environnements naturels virtuels, qu'ils soient verts ou bleus, exercent des effets variés sur le bien-être en fonction de la durée d'exposition et du support utilisé, avec une efficacité accrue pour les expériences immersives, qui tendent à produire des bénéfices psychologiques plus significatifs. De plus, certaines études montrent que l'exposition à des environnements virtuels, qu'ils soient naturels ou urbains, peut réduire l'affect négatif. Toutefois, les avantages psychologiques semblent être plus marqués avec les environnements virtuels naturels (Mattila et al., 2020 ; Chan et al., 2023 ; Yu et al., 2020). Certaines études indiquent que la nature virtuelle peut aussi augmenter l'affect positif (Huang et al., 2020 ; Schutte et al., 2017), bien que d'autres n'aient pas observé ce phénomène (e.g., Leung et al., 2022 ; O'Meara et al., 2020). Cette exposition à la nature virtuelle est également efficace pour réduire le stress (Chan et al., 2023 ; Huang et al., 2020). De plus, l'attention semble s'améliorer principalement lorsqu'elle est associée au biofeedback, une méthode qui fournit aux individus des informations sur leurs fonctions physiologiques (Rockstroh et al., 2019). Par ailleurs, la connexion à la nature s'intensifie avec le niveau de présence ressenti lors d'une expérience immersive (Yeo et al., 2020).

Pour conclure, et nous soulignons cela en raison des preuves importantes sur le lien entre la connexion à la nature et le bien-être (Capaldi et al., 2014 ; Pritchard et al., 2020), une méta-analyse de Brambilla et al. (2024) indique que l'exposition à la nature en RV augmente la connexion à la nature, même si ces effets ne semblent pas durer. Cela suggère donc que les expériences immersives en RV de nature pourraient être un outil de promotion de la connexion à la nature.

2.2. Nature urbaine virtuelle et bien-être

La plupart des études sur les impacts psychophysiologiques de l'exposition à la nature en RV comparent des environnements naturels hors zone urbaine à des environnements urbains (Chan et al., 2023 ; Leung et al., 2022 ; Li et al., 2021) . Il est plus rare que ces recherches examinent la différence entre des environnements urbains et des espaces naturels intégrés au sein des villes.

Plusieurs études (Li et al., 2021 ; Mostajeran et al., 2021) ont cependant révélé que les environnements urbains virtuels peuvent également offrir des effets restaurateurs, surtout lorsqu'ils sont calmes et peu fréquentés. Certaines recherches (Yu et al., 2020) n'ont trouvé aucune différence significative entre les deux types d'environnements, tandis que d'autres (Sun et al., 2023) montrent que des différences significatives n'apparaissent que lorsque les contrastes en termes de présence de nature en RV sont particulièrement marqués.

Hedblom et al. (2019) ont exploré les effets de trois environnements virtuels urbains : une zone entièrement urbaine, un parc urbain et une forêt urbaine. Chaque environnement visuel était enrichi de stimuli olfactifs spécifiques, tels que l'odeur de diesel pour la zone urbaine, ou les senteurs de végétation et de forêt pour les parcs et forêts. Des sons adaptés, comme le bruit de la circulation, les chants d'oiseaux ou le souffle d'une brise légère, complétaient ces environnements. Les environnements naturels virtuels, incluant parcs et forêts, ont montré une réduction du stress plus marquée par rapport à l'environnement purement urbain.

Seiz et al. (2023) analysent la variation de la restauration attentionnelle perçue (échelle PRS) en milieu urbain en RV selon deux conditions expérimentales : un site végétalisé vacant et sa version réaménagée avec des plantes et de la végétation. Les résultats montrent que la perception du potentiel restaurateur du site réaménagé s'est améliorée pour les facteurs « être loin », « fascination » et « compatibilité », mais pas pour le facteur « étendue ».

Ainsi, bien que les environnements virtuels de nature urbaine, tels que les parcs et les forêts urbaines, présentent un potentiel restaurateur, leur efficacité peut varier considérablement. La section suivante explorera différents facteurs qui influencent l'efficacité des environnements naturels virtuels.

2.3. Facteurs influençant l'efficacité des environnements naturels virtuels

Les résultats de l'étude de Hedblom et al. (2019) montrent que le bien-être est davantage influencé par les stimuli olfactifs et auditifs que par les seuls stimuli visuels. Cela souligne l'importance d'intégrer des éléments multisensoriels dans les recherches sur la réalité virtuelle, afin d'intensifier les effets sur le sentiment de présence et, par conséquent, sur le bien-être. Cette approche ouvre également la voie à l'exploration de sens souvent négligés, tels que l'odorat et l'ouïe, en plus de la vision. Par exemple, des études ont montré que l'ajout de sons de la nature à une scène en RV améliore les évaluations des participants en termes d'affect positif et de potentiel de restauration perçue, comparativement à la même scène sans son (Ferraro et al., 2020 ; Smalley et al., 2023).

Bolouki et al. (2024) ont réalisé une revue systématique pour analyser l'influence de quatre modérateurs sur le lien entre l'exposition à la nature virtuelle et le bien-être : la durée de l'exposition (≤ 5 min, 5-10 min, ≥ 10 min), le type de nature virtuelle (espace vert ou espace bleu), les caractéristiques de l'échantillon (âge, état de santé) et le niveau de présence (RV vs.

écrans 2D). Les auteurs ont conclu qu'il n'était pas possible de déterminer la durée ou la fréquence idéale de l'exposition à la nature virtuelle pour optimiser le bien-être psychologique ou physiologique. Ils n'ont pas non plus trouvé de preuve concluante suggérant que certains types de paysages ou caractéristiques de l'échantillon aient des effets systématiquement plus importants. Cependant, les résultats indiquent que des niveaux plus élevés de présence sont associés à des bénéfices plus significatifs.

L'exposition à la nature, qu'elle soit en réalité virtuelle ou réelle, peut offrir des bénéfices psychologiques significatifs. Nous allons maintenant examiner les différences et les similitudes entre les expériences immersives en réalité virtuelle et les environnements naturels réels pour mieux comprendre leurs impacts respectifs sur le bien-être.

3. Bien-être et nature : Comparaison entre réel et virtuel

Avant d'examiner les études empiriques comparant la nature virtuelle à la nature réelle, il convient de préciser que les expériences de substitution ne peuvent et ne doivent remplacer la réalité. Cependant, elles ouvrent des perspectives innovantes, notamment en recherche en psychologie environnementale, ou en offrant un accès aux environnements naturels pour des populations dont la présence physique est limitée ou impossible (White et al., 2018), comme les personnes hospitalisées, les prisonniers, ou lors de situations telles que les confinements dus à une pandémie.

Browning et al. (2020a) ont comparé 6 minutes d'exposition à la nature réelle avec une vidéo immersive en RV à 360 degrés, filmée au même endroit, et une condition en intérieur sans nature. L'exposition à la nature extérieure a amélioré l'affect positif, tandis que la RV l'a maintenu stable. En revanche, rester à l'intérieur sans contact avec la nature a entraîné une diminution de l'affect positif. Les deux environnements naturels, réels et virtuels, ont été jugés

tout aussi restaurateurs.

Dans leur méta-analyse sur l'impact de l'exposition à la nature sur les émotions, McMahan et Estes (2015) avaient déjà souligné que les environnements naturels simulés produisaient des effets plus faibles comparés aux environnements naturels réels. Ces conclusions ont été corroborées par Browning et al. (2020b) dans leur propre méta-analyse incluant 6 études, qui confirme une nette différence en faveur des environnements réels pour l'amélioration de l'affect positif. En revanche, les différences entre les deux types d'environnements étaient minimales concernant l'affect négatif, les deux montrant généralement une réduction de l'affect négatif. Ainsi, leurs travaux établissent de manière assez solide que l'exposition à la nature réelle est plus bénéfique pour l'affect que l'exposition à la nature virtuelle.

Après avoir exploré en profondeur les dimensions de l'expérience de la nature et du bien-être en milieu urbain, ainsi que les processus psychologiques sous-jacents tels que la biophilie, la réduction du stress, la restauration attentionnelle, et la connexion à la nature, nous avons établi les bases nécessaires pour examiner les enjeux spécifiques de la nature urbaine en réalité virtuelle. Nous avons également analysé les influences des environnements naturels virtuels sur le bien-être et leur comparaison avec les environnements naturels réels.

La section suivante, dédiée à la problématique, clarifiera les questions centrales que cette recherche vise à adresser. Elle précisera les objectifs de la thèse et délimitera les axes principaux de l'investigation sur les relations entre les environnements naturels urbains, qu'ils soient réels ou virtuels, et le bien-être.

PROBLÉMATIQUE

Dans un contexte mondial où les effets du changement climatique, telles que décrits par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2022), se font de plus en plus ressentir, les villes sont particulièrement vulnérables à ces bouleversements. Les conséquences du réchauffement climatique sont exacerbées par les effets néfastes de l'urbanisation, tels que l'étalement urbain, l'imperméabilisation des sols et la pollution atmosphérique. Il est alors impératif d'explorer en profondeur les opportunités offertes par la nature en milieu urbain pour faire face à ces défis environnementaux et améliorer la qualité de vie des citoyens.

La littérature scientifique a mis en évidence les nombreux bénéfices écologiques et climatiques des aménagements naturels en ville. Les parcs, jardins, arbres, toits et murs végétalisés jouent un rôle crucial dans la régulation des températures urbaines en réduisant l'effet d'îlot de chaleur, en améliorant la qualité de l'air, en retenant les eaux pluviales, et en préservant la biodiversité (e.g. Alexandri et Jones, 2008 ; Bowler et al., 2010). Ces aménagements peuvent également contribuer à l'atténuation et à l'adaptation au changement climatique en ville, en offrant des solutions fondées sur la nature pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et renforcer la résilience des écosystèmes urbains.

En outre, les environnements naturels sont associés à une multitude de bienfaits psychologiques pour les citoyens. De nombreuses études ont montré que le contact avec la nature peut contribuer à réduire l'anxiété, la dépression et le stress, à favoriser les affects positifs et le bien-être, à améliorer l'attention et la créativité, et à renforcer les liens sociaux et la cohésion communautaire (Kotera et al., 2020 ; McMahan et Estes, 2015 ; Stenfors et al., 2019). De plus, un nombre croissant d'études empiriques mettent en évidence les impacts

positifs du contact avec la nature en milieu urbain sur le bien-être (Fleury-Bahi et al., 2023 ; Rüger et al., 2023 ; De Vries, 2010 ; Hartig et al., 2014).

Bien que de nombreuses études aient établi des liens significatifs entre les expériences en nature et la santé mentale, il subsiste des interrogations quant aux aspects précis de la nature qui sont associés à ces bienfaits. Bratman et al. (2012) soulignent que ces études ne décrivent pas suffisamment les environnements naturels, rendant ainsi difficile la compréhension des aspects précis de la nature qui influent sur le bien-être. Barnes et al. (2019) suggèrent d'adopter une approche plus rigoureuse dans les études sur les expériences de la nature en fournissant une spécification détaillée de ces expériences à l'aide de divers indicateurs pertinents.

Dans cette optique, il apparaît pertinent de reproduire et de valider les résultats de ces études portant sur les impacts positifs de la nature en milieu urbain. De plus, il serait enrichissant d'examiner différentes modalités d'exposition à la nature, en considérant non seulement la quantité de contact avec celle-ci, mais aussi la qualité de l'expérience. Cette approche permettrait de mieux comprendre sur quels aspects du bien-être, qu'ils soient hédoniques (plaisir et satisfaction immédiate) ou eudémoniques (sens et réalisation personnelle), ces interactions avec la nature agissent.

Plusieurs théories ont permis d'identifier les mécanismes psychologiques sous-jacents à la relation entre l'exposition à la nature et le bien-être. Ces théories, complémentaires les unes des autres, permettent d'expliquer ce lien à différents niveaux. Tout d'abord, l'hypothèse de la Biophilie (Wilson, 1994) suggère que les êtres humains ont une tendance innée à être attirés par la nature. Ainsi, l'immersion dans un environnement naturel non menaçant pourrait engendrer des états affectifs positifs. La théorie de la restauration de l'attention (Kaplan, 1995)

propose quant à elle que l'exposition à des environnements naturels permet de restaurer l'attention et de réduire la fatigue mentale. La théorie de la réduction du stress (Ulrich, 1983) avance que les environnements naturels ont un effet apaisant sur le système nerveux, réduisant ainsi les niveaux de stress, permettant la relaxation ou engendrant des états affectifs positifs en l'absence de stress. Enfin, la connexion à la nature (Mayer et Frantz, 2004 ; Clayton, 2003 ; Schultz, 2001 ; Nisbet et al., 2009), qui renvoie à un sentiment de connexion cognitif et émotionnel avec la nature, peut également expliquer certains effets positifs de l'exposition à la nature.

Cependant, une compréhension plus approfondie des mécanismes sous-jacents à cette relation reste nécessaire, particulièrement dans les environnements urbains où la nature se présente rarement sous sa forme sauvage. Les environnements urbains possèdent des caractéristiques uniques susceptibles d'influencer cette relation, notamment la présence limitée d'espaces naturels et la spécificité de la faune et de la flore adaptées à ces milieux. De plus, des facteurs de stress omniprésents tels que le bruit, la pollution de l'air et la densité humaine peuvent altérer la qualité de l'expérience de la nature.

Dans ce contexte, il est pertinent de se demander comment la connexion à la nature, en tant que trait, pourrait moduler cette relation. Il serait intéressant d'explorer son rôle potentiel en tant que facteur modérateur, influençant l'impact de l'exposition à la nature urbaine sur le bien-être (Fleury-Bahi et al., 2023). Cette exploration permettrait de clarifier si et dans quelle mesure cette connexion modifie la relation entre la nature urbaine et les bénéfices psychologiques qui en découlent.

À l'ère des technologies immersives, cette thèse explore l'utilisation de la réalité virtuelle pour recréer des environnements naturels urbains et approfondir la compréhension des mécanismes sous-jacents au lien entre la nature urbaine et le bien-être. La RV offre une capacité unique à manipuler avec précision et de manière quasi illimitée les variables environnementales qui, dans des contextes réels, restent souvent hors de contrôle (Newman et al., 2022 ; Blascovich et al., 2002). En plus de cette flexibilité, le cadre contrôlé du laboratoire facilite l'intégration de mesures physiologiques, telles que le suivi oculaire (eye tracking), l'enregistrement de l'activité cardiaque, la fréquence respiratoire, et l'électroconductance cutanée, tout en les associant à des auto-évaluations subjectives pour obtenir une analyse plus complète et nuancée des réactions individuelles. Cependant, il est essentiel de considérer le rôle central de la « présence », le sentiment d'être physiquement présent dans l'environnement virtuel. Cette dimension est fondamentale pour améliorer la validité écologique des conclusions, en facilitant l'extrapolation des résultats obtenus en laboratoire à des contextes réels.

Dans un premier temps, cette thèse pourrait approfondir les connaissances actuelles sur les impacts psychophysiologiques des environnements naturels virtuels (e.g., Riches et al., 2021 ; Frost et al., 2022 ; Spano et al., 2023) en évaluant si ces effets se manifestent également dans le cadre de la nature urbaine virtuelle. Bien que des études suggèrent des bénéfices sur les affects (Hedblom et al., 2019) et le potentiel restaurateur perçu (Seiz et al., 2023), les recherches spécifiquement axées sur la nature urbaine virtuelle demeurent limitées, notamment en ce qui concerne des variables dépendantes telles que le stress et l'attention. Il serait donc pertinent d'examiner plus en détail les mécanismes sous-jacents au lien entre exposition à la nature urbaine et bien-être, en mettant l'accent sur l'amélioration des affects, la réduction du stress, la restauration de l'attention, ainsi que la connexion à la nature.

L'utilisation de la RV pour explorer les environnements naturels urbains offre la possibilité d'examiner comment diverses caractéristiques de ces environnements, telles que la taille des parcs, la densité de la végétation, la présence de bâtiments, les bruits et l'intégration d'espaces bleus, influencent les variables physiologiques et psychologiques associées aux mécanismes du bien-être, tels que les émotions, le stress, l'attention et la connexion à la nature.

Cette thèse explore trois dimensions clés : (1) les effets psychologiques de la nature en milieu urbain sur le bien-être, (2) les mécanismes psychologiques sous-jacents, tels que la biophilie, la réduction du stress, la restauration attentionnelle et la connexion à la nature, et (3) l'utilisation de la réalité virtuelle pour simuler des expériences naturelles en milieu urbain.

Quatre objectifs principaux sont poursuivis.

1. Répliquer l'effet positif de l'exposition à la nature en milieu urbain sur le bien-être.
2. Élargir notre compréhension des processus psychologiques associés à l'exposition à la nature en milieu urbain, et évaluer leur impact sur le bien-être.
3. Analyser en détail les effets cognitifs, affectifs et de stress liés à cette exposition.
4. Prendre en compte les spécificités des environnements urbains pour examiner leur influence particulière sur les variables associées au bien-être.

Pour atteindre ces objectifs, trois études ont été menées, combinant des approches méthodologiques quantitatives mixtes. Ces études intègrent une enquête en ligne et deux expériences contrôlées randomisées, assurant ainsi une complémentarité des méthodes et une analyse approfondie des phénomènes étudiés.

Étude 1 : La première étude a pour objectif de confirmer le lien positif entre le contact avec la nature en milieu urbain et le bien-être. À l'aide d'un modèle en équations structurelles, elle teste l'hypothèse selon laquelle l'exposition à la nature urbaine entraîne une augmentation des affects positifs et une diminution des affects négatifs, et examine si ces changements affectifs jouent un rôle de médiateur dans la relation entre l'exposition à la nature en ville et le bien-être. L'étude explore également les variations individuelles dans les effets de la nature urbaine, en prenant en compte la variable « connexion à la nature » trait pour déterminer si cette connexion modère les effets observés. En outre, l'étude analyse comment la quantité et la qualité de l'exposition à la nature influencent le bien-être hédonique et eudémonique. Elle examine également si, au-delà de la valence affective, l'exposition à la nature en milieu urbain impacte le niveau d'activation des affects.

Étude 2 : La deuxième étude, réalisée en réalité virtuelle, vise à examiner les effets de l'exposition à des environnements naturels urbains sur plusieurs variables : les affects, l'attention soutenue, la perception de naturalité, le potentiel restaurateur perçu, la variabilité de la fréquence cardiaque et les mouvements oculaires. Cette étude cherche également à identifier les effets spécifiques des caractéristiques de la nature, telles que la taille, la densité végétale, la présence d'eau, les bruits ou encore la configuration spatiales des espaces, sur ces variables. Pour cela, quatre scènes urbaines, chacune intégrant divers éléments naturels, ont été enregistrées à l'aide d'une caméra à 360 degrés. Les participants ont été exposés pendant 5 minutes à l'un des quatre environnements, attribués aléatoirement en fonction de leur degré de connexion à la nature. Afin d'assurer la robustesse des résultats, les variables sociodémographiques (âge, revenus, catégorie socioprofessionnelle), ainsi que le sentiment de présence, la cybercinétose et la familiarité avec la réalité virtuelle, ont été prises en compte et contrôlées.

Étude 3 : La troisième étude explore l'impact de l'exposition à des environnements urbains en réalité virtuelle, en comparant une scène urbaine standard avec la même scène modifiée par l'ajout d'éléments naturels (tels que l'eau, les arbres, la végétation, et les chants d'oiseaux) via un montage vidéo. Après avoir réalisé une tâche induisant du stress, les participants ont été assignés aléatoirement à l'une des deux versions de l'environnement virtuel. Les variables mesurées incluent les affects, le stress perçu, la connexion à la nature, la concentration, la variabilité de la fréquence cardiaque, l'activité électrodermale, et les mouvements oculaires. En outre, les comportements pro-environnementaux, la température perçue de l'environnement virtuel et de la pièce, la naturalité perçue, et le potentiel restaurateur perçu ont été évalués. Des données qualitatives ont également été collectées pour enrichir l'analyse.

PARTIE EMPIRIQUE

Étude 1 : How does nature in the city make us happy? The role of affect and connectedness to nature.

1. Avant-propos de l'article scientifique

1.1. Situation de l'article

L'article a été accepté pour publication dans la revue *PsyEcology* :

Hefti, M., Fleury-Bahi, G., et Navarro, O. (in press). How does nature in the city make us happy ? The role of affect and connectedness to nature. *PsyEcology*.

1.2. Objectifs

Cette étude examine les relations entre l'exposition perçue à la nature en milieu urbain, les affects positifs et négatifs, la connexion à la nature et le bien-être subjectif. Les questions de recherche sont :

1. Quelle est l'association entre l'exposition perçue à la nature en ville et les affects positif et négatif ainsi que le bien-être subjectif ?
2. Les affects positif et négatif médient-ils la relation entre l'exposition à la nature et le bien-être subjectif ?
3. La connexion à la nature modère-t-elle la relation entre l'exposition à la nature et les affects ou le bien-être subjectif ?
4. Y a-t-il des différences selon les dimensions du bien-être, comme le bien-être eudémonique et hédonique ?

L'objectif principal est d'explorer comment les affects médiatisent la relation entre l'exposition perçue à la nature et le bien-être subjectif, en considérant la connexion à la nature comme un modérateur. Les hypothèses sont :

1. Plus les individus perçoivent une exposition à la nature en ville, plus leur bien-être subjectif est élevé, et cette relation est médiatisée par les affects. La connexion à la nature modère cette relation : plus les gens se sentent connectés à la nature, plus l'impact de l'exposition à la nature sur le bien-être est positif.
2. L'exposition à la nature est plus fortement corrélée aux affects désactivés qu'aux affects activés.
3. L'exposition à la nature est plus fortement associée au bien-être eudémonique qu'au bien-être hédonique.

1.3. Méthodologie

Procédure : Les données ont été collectées via un questionnaire en ligne (voir Annexe A) du 18 mars au 21 mai 2021, après validation par le comité d'éthique de l'Université de Nantes. Tous les participants ont donné leur consentement éclairé. Les mesures ont été prises pendant la période de restrictions liées à la COVID-19 en France, et le questionnaire a pris environ 15 minutes à compléter.

Échantillon : Les participants, âgés de 18 à 74 ans, vivaient depuis au moins un an dans une ville française de plus de 100 000 habitants. Sur les 993 personnes ayant commencé le questionnaire, 489 l'ont complété. Après exclusions pour erreurs et non-conformités, l'échantillon final comprenait 479 individus, principalement des femmes (68,9%) et résidant dans 33 grandes villes françaises.

Mesures :

- Bien-être subjectif : Mesuré avec une version courte du Mental Health Continuum, incluant des évaluations du bien-être hédonique et eudémonique sur une échelle de Likert à 5 points.
- Exposition perçue à la nature : Utilisation de l'Intentional Nature Exposure Scale (INES) pour évaluer la fréquence et l'attention portée à la nature dans la vie quotidienne, avec une échelle de Likert à 5 points
- Connexion à la nature : Mesurée par la Connectedness to Nature Scale, avec une échelle de Likert à 5 points.
- Affects positifs et négatifs :: Évalués à l'aide de la Measurement of Affectivity: Valence/Activation Scale (MAVA) pour mesurer la valence et l'activation des affects.
- Variables contrôlées : Âge, sexe, ville de résidence, accès à un jardin, origine perçue, catégorie socio-professionnelle, niveau d'éducation et revenu mensuel.

1.4. Discussion

Cette étude montre que la perception par les citoyens français de leur exposition à la nature urbaine, tant en qualité qu'en fréquence, améliore leur bien-être, même en contrôlant les facteurs socio-démographiques. Les résultats confirment les bénéfices psychologiques de la nature urbaine, surtout chez ceux qui se sentent connectés à la nature, cette amélioration étant médiée par les affects positifs.

L'exposition à la nature est davantage liée aux affects positifs à faible niveau d'activation (calme, sérénité) qu'aux affects à fort niveau d'activation (joie, excitation) et est plus associée au bien-être eudémonique qu'hédonique. Les variables socio-démographiques comme la catégorie socio-professionnelle et les revenus influencent également le bien-être.

Les implications soulignent l'importance de la re/naturalisation des environnements urbains, de la lutte contre la gentrification environnementale, et de la promotion de la connexion à la nature, notamment dès l'enfance. Cela créerait un cercle vertueux entre nature, bien-être et comportements pro-environnementaux.

Les limitations incluent les biais des questionnaires auto-administrés, l'échantillonnage de commodité, et l'impact potentiel de la COVID-19. La mesure de l'exposition perçue à la nature pourrait être améliorée, et des recherches futures pourraient utiliser des outils plus précis pour mieux évaluer cet impact.

2. Article proposé

How does nature in the city make us happy?

The role of affect and connectedness to nature.

Comment la nature en ville nous rend-elle heureux ?

Le rôle des affects et de la connexion à la nature.

Résumé

Le changement climatique engendre des conséquences néfastes, en particulier dans les environnements urbains. Re/naturaliser les zones urbaines et stimuler la connexion à la nature chez un nombre significatif d'individus pourraient être des réponses pour atténuer ces effets.

L'objectif principal de cette étude est d'examiner les interactions entre l'exposition perçue à la nature en milieu urbain, en termes de qualité et de fréquence, les affects positifs et négatifs, et le bien-être subjectif, en considérant la connexion à la nature comme modérateur de ces interactions.

Les données ont été collectées par commodité à l'aide d'un questionnaire en ligne. Les participants résidaient depuis au moins un an dans une ville française de plus de 100000 habitants. L'échantillon final se composait de $N = 479$ participants.

La modélisation par équations structurelles a montré que l'exposition perçue à la nature en milieu urbain améliore les affects positifs, ce qui contribue au bien-être subjectif, et que plus les individus sont connectés à la nature, mieux c'est. Les implications et perspectives sont discutées pour atténuer les effets délétères du changement climatique.

Mots clés :

Exposition à la nature urbaine ; affect ; bien-être subjectif ; connexion à la nature

Abstract

Climate change is generating harmful consequences, specifically in urban environments. Re/naturalizing urban areas and stimulating connectedness to nature of a significant number of individuals may be responses to mitigate these effects.

The main objective of this study is to investigate the interactions between perceived exposure to nature in the city in terms of quality and frequency, positive and negative affect, and subjective well-being by considering connectedness to nature as a moderator of these interactions.

Data were collected by convenience using an online questionnaire. Participants had been living for at least one year in a French city of more than 100,000 inhabitants. The final sample consisted of $N = 479$ participants.

Structural equation modeling showed that perceived exposure to nature in the city improves positive affect that contributes to subjective well-being and the more connected individuals are to nature, the better. Implications and perspectives are discussed for the mitigation of the deleterious effects of climate change.

Keywords

Urban nature exposure; affect; subjective well-being; connectedness to nature

I. Introduction

The climate change that is currently underway is a major challenge faced by all living organisms. It implies multiple consequences such as the increased frequency and intensity of heat waves, torrential rains, loss of biodiversity, rising sea levels, species extinction, and the depletion of the cryosphere (IPCC, 2022). Due to the negative effects of urbanization (air pollution, higher temperatures than in rural areas), these consequences are likely to be most dramatic in cities (White et al., 2005; Emilsson et Ode Sang, 2017) and the quality of life of urban dwellers could be negatively impacted. Today, more than half of the world's population is concentrated in urban areas and the United Nations predicts that this will reach 60 percent by 2030 (United Nations, 2018). In light of this observation, one possible response may lie in the re/introduction of nature in urban areas.

Alexandri and Jones (2008) have shown that green roofs or walls can reduce temperatures and therefore increase the resulting energy savings through reduced cooling loads while improving air quality. Green spaces, parks, and trees help lower high temperatures in cities. (Bowler et al., 2010). In Europe, the effectiveness of reintroducing nature into cities is now recognized at the policy level: the European Commission (European Commission, 2015) promotes the implementation of “nature-based solutions”. Nature also appears to be beneficial for the overall health of urban dwellers (Sépaq, 2021).

Furthermore, the presence of nature in urban areas is not limited to environmental benefits; it has also been recognized as having positive impacts on individuals' well-being (e.g. Fleury-Bahi et al., 2023; Bratman et al., 2012; Kuo et Sullivan, 2001). Research has consistently shown that contact with natural environments is associated with various psychological benefits, including improved mood, reduced stress, increased cognitive functioning, and enhanced overall well-being (e.g. Kotera et al., 2020; Maas et al., 2009).

This study aims to investigate the relationship between perceived exposure to nature in the city and subjective well-being, with a particular focus on the mediating role of positive and negative affect and the moderating role of connectedness to nature. By exploring these associations, we seek to deepen our understanding of how urban nature experiences can contribute to well-being and inform urban planning and policy decisions.

1.1. Exposure to nature, affects and well-being

Nature exposure can be defined as “direct physical and/or sensory contact with the natural environment” (Kamitsis et Francis, 2013). To assess exposure to nature, the frequency of exposure can be considered but also the extent to which individuals notice the natural elements around them (Wood et al., 2019). The psychological benefits of exposure to (non-threatening) nature have been widely studied in recent decades. In a meta-analysis, Kotera et al (2020) show that forest bathing (or Shinrin-Yoku) contributes to lowering levels of depression, anxiety, stress and anger. Exercising in nature has been found to improve mood and self-esteem, especially with the presence of water features (Barton et Pretty, 2010). Work by Maas et al. (2009) suggests that the more green space people have around them, the less stress, anxiety, depression, and respiratory illness they develop. In another meta-analysis, McMahan et Estes (2015) provide strong evidence that exposure to nature increases positive emotions and, to a lesser extent, decreases negative emotions. Contact with nature also improves cognitive abilities (Berman, Jonides et Kaplan, 2008; Stenfors et al., 2019; Berman et al., 2012), enhances social connections (Weinstein et al., 2015), and heightens subjective well-being (White et al., 2017, Martin et al., 2020). Moreover, Pasca et al. (2021) found that the effects of landscape exposure in photographs on well-being vary with the degree of naturalness of the environments. Recently, Reid et al. (2022) have shown that during the

COVID-19 pandemic, perceived time spent in green spaces was associated with lower levels of anxiety and depression.

In the works cited above, different variables related to well-being have been studied: presence of positive emotions, absence of negative emotions, life satisfaction, or absence of psychopathological symptoms. There are numerous models related to well-being in the literature. For example, Ryan and Deci (2001) distinguish two components of well-being: one hedonic, where well-being consists of the experience of positive emotions, pleasures and happiness, and the other eudaimonic, where well-being is more related to the realization of one's "true nature", to the meaning of life and personal development. In a meta-analysis, Pritchard et al. (2020) show that there is a tendency for connectedness to nature to be more strongly related to eudaimonic well-being than to hedonic well-being. However, this difference in effect size is not significant.

In this study, our theoretical framework of well-being aligns with Keyes (2002), wherein we aim to explore the role of affects in understanding the relationship between perceived exposure to nature in urban environments and subjective well-being. According to Keyes (2002), subjective well-being encompasses individuals' perception and evaluation of their own life in terms of affective states and psychological and social functioning. Within this framework, a distinction is made between hedonic well-being and eudaimonic well-being, which includes social well-being and psychological well-being. Eudaimonic well-being goes beyond the experience of positive emotions and delves into the deeper dimensions of human flourishing. Social well-being, a key aspect of eudaimonic well-being, involves positive relationships with others, a sense of belongingness, and meaningful connections within social networks. It encompasses feelings of social integration, support, and the fulfillment of social needs. Psychological well-being, another integral component of eudaimonic well-being,

focuses on the individual's internal psychological functioning. It encompasses aspects such as personal growth, self-acceptance, autonomy, environmental mastery, positive relations with others, and a sense of purpose and meaning in life.

Based on this definition of subjective well-being and its dimensions, the following section explores the role of affective states in greater detail. Drawing on the conceptualization by Barrett and Russell (1999), we consider affect within a two-dimensional plane consisting of valence (ranging from negative to positive) and arousal (ranging from deactivated to activated). Deactivated affects refer to experiences of emotional calmness, relaxation, or reduced arousal. These states are characterized by lower levels of activation and can include feelings of serenity, tranquility, or sadness. On the other hand, activated affects encompass emotions associated with higher levels of arousal, such as excitement, surprise, or nervousness. By examining the interplay between affect, perceived exposure to nature, and subjective well-being, we aim to shed light on how different affective states are linked to individuals' well-being in urban natural environments.

1.2. Processes behind the psychological benefits of nature

There are several complementary theories explaining the positive effects of nature on well-being. Kellert et Wilson (1993) propose the biophilia hypothesis. During the course of its evolution, humanity has mainly lived in natural environments and therefore is likely to have an innate tendency to be attracted to nature, so immersion in nature could engender positive affective states. Conversely, deprived of this immersion, humans may well suffer negative effects on their mental health. Ulrich et al (1991) propose the Stress Reduction Theory, which postulates that immersion in non-threatening natural environments allows for stress recovery. When individuals engage with nature, they experience behavioral, cognitive, affective and

physiological benefits that help reduce stress levels. In the Attention Restoration Theory (Kaplan et Kaplan, 1989), the beneficial effects of nature on humans are attributed to its ability to restore depleted cognitive resources. The authors distinguish two types of attention: one that is involuntary, automatic and effortless, induced by intrinsically interesting stimuli, and the other directed by voluntary cognitive processes requiring effort. Natural environments capture the involuntary attention of humans and allow directed attention to recover, whereas urban environments capture mainly directed attention. This resource is limited and when it is depleted, individuals experience mental fatigue which in turn leads to increased stress, irritability and decreased well-being.

In our study, we aim to investigate the relationship between well-being, affects and connectedness to nature, which can be defined as the emotional bond between an individual and the natural world (Mayer et Frantz, 2004). The existing scientific literature suggests that connectedness to nature can manifest as both a state and a trait (Mayer et al., 2009). Connectedness to nature as a trait refers to a relatively stable individual characteristic or predisposition regarding the emotional bond and sense of connection with the natural world. This trait is known to develop during experiences in childhood and remains relatively stable across different contexts and situations (Bruni et Schultz, 2010; Nisbet et al., 2009).

By considering connectedness to nature as a trait, we align with the conceptualization of this construct as an enduring aspect of individuals' relationship with nature. This perspective is supported by research indicating that connectedness to nature shares similarities with related concepts such as the individual belief of the extent to which nature is included in the self (Schultz, 2002) and environmental identity (Clayton, 2003). These aspects of connectedness to nature emphasize a stable and long-lasting connection between individuals and the natural environment.

While connectedness to nature can also be viewed as a state, representing the transient experience of feeling connected to nature in specific moments or situations (Nisbet et Zelenski, 2011), this study emphasizes connectedness to nature as a trait because of both the nature of our research design and a review of the existing literature. This established body of literature suggests that individual differences in connectedness to nature, as a stable trait, could play a significant role in shaping the psychological benefits derived from nature experiences. By exploring connectedness to nature as a trait, we aim to investigate its moderating effect on the relationships between perceived exposure to nature in the city and subjective well-being.

1.3. Objectives and hypotheses

In this study, we examine the links between perceived exposure to nature in the city, positive affect, negative affect, connectedness to nature, and subjective well-being. Our research questions are as follows:

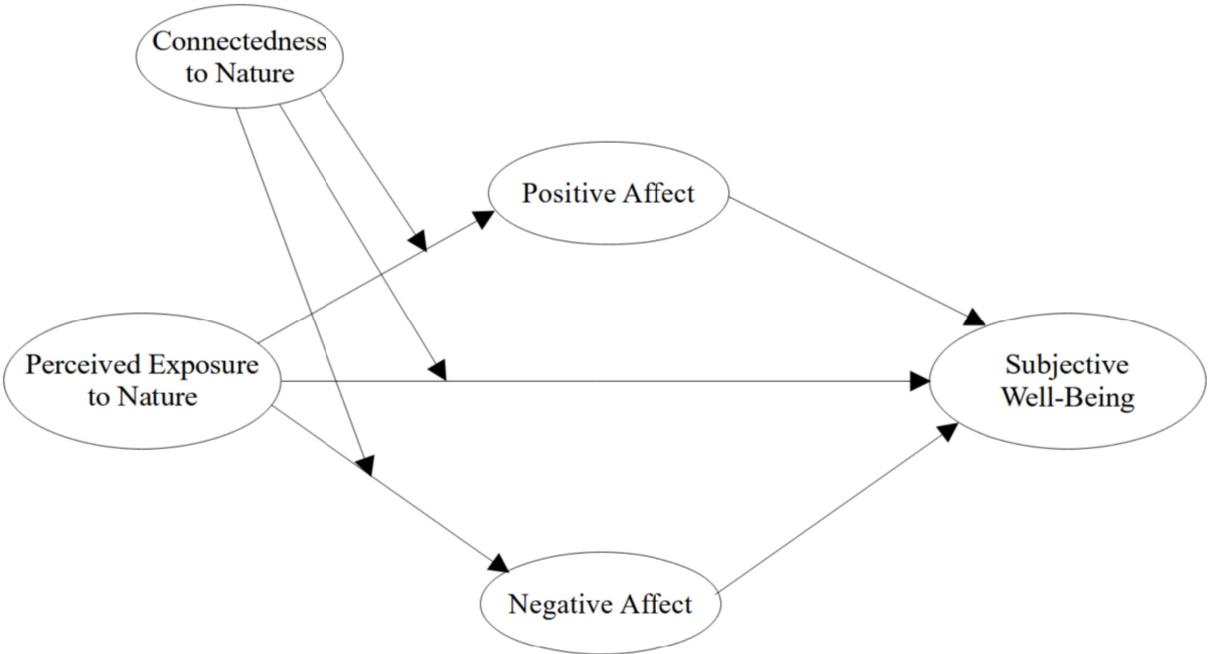
1. To what extent is perceived exposure to nature in the city associated with positive affect, negative affect, and subjective well-being?
2. Does positive and negative affect mediate the relationship between perceived exposure to nature in the city and subjective well-being?
3. Does connectedness to nature moderate the relationship between perceived exposure to nature in the city and affect or subjective well-being?
4. Are there differences in these associations when considering specific dimensions of well-being, such as eudaimonic and hedonic well-being?

The main objective of this study is to investigate the extent to which affect mediates the relationship between perceived exposure to nature and subjective well-being in a

specifically urban setting by considering connectedness to nature (trait) as a moderator of these relationships.

Our first hypothesis is that the more individuals perceive that they are exposed to nature in the city, the higher their level of subjective well-being and that this relationship is mediated by the experience of positive and negative affect. This relation is hypothesized to be moderated by connectedness to nature: the more connected people feel to nature, the greater the positive impact of perceived nature exposure on subjective well-being. This model is represented in Figure 1.

Figure 1. Theoretical model of the links between perceived exposure to nature in the city and subjective well-being



To our knowledge, no study has yet explored the impact of nature exposure on affect arousal. Since nature favors relaxation (e.g. Pfeifer et al., 2020) and thus the decrease of

physiological arousal, our second hypothesis is that exposure to nature in the city is more strongly correlated with deactivated affect than with activated affect.

Since Pritchard et al. (2020) show a trend toward a stronger link between connectedness to nature and eudaimonic well-being, our third hypothesis is that exposure to nature in the city is more strongly correlated with eudaimonic well-being than with hedonic well-being.

II. Methods

II.1. Procedure

Data were collected using an online questionnaire between March 18, 2021 and May 21, 2021, after validation by the non-interventional research ethics committee of France's Nantes University (CERNI, reference number: 16032021). All participants gave their free and informed consent. It should be noted that freedom restrictions due to the COVID-19 pandemic were in place in France during this period (curfew, local lockdowns from March 19, 2021; national lockdown from April 3 to May 3, 2021). Completing the questionnaire took about 15 minutes. Answers to all questions were required.

II.2. Sample

All participants had lived for at least one year ($M = 9.28$; $SD = 10.1$) in a French city of more than 100,000 inhabitants. They were recruited by convenience through emailing, sharing on social networks, and asking participants to distribute the questionnaire to individuals with the desired characteristics. A total of 993 individuals started the questionnaire, while 489 completed it and gave their consent for data use. Of these, six individuals were excluded because they stated that during the questionnaire they had

answered a question without reading it. Three individuals were excluded because they reported living in a town with a population of less than 100,000. Univariate outliers were detected by standardizing the variables and identifying values less than -3 or greater than 3. One of these individual's data were removed because they were considered to be erroneous. Other outliers were retained. The final sample consisted of $N = 479$ individuals, aged between 18 and 74 years, with a mean age of 35.9 years ($SD = 14.1$), including 146 men (30.5%), 330 women (68.9%) and three participants (0.6%) who did not wish to respond. The participants live in 33 major French towns and cities, mainly in Nantes (35.5%), Paris (12.9%), Lille (10.2%) and Bordeaux (7.3%). The most represented socio-professional categories (according to the classification of France's INSEE) are executives and higher intellectual professions (29.6%), students (24%), and employees and service personnel (20.9%).

II.3. Measures

II.3.1. Variable of interest: subjective well-being

A short version of the Mental Health Continuum (Keyes, 2002) was used to measure subjective well-being. This scale is composed of 14 items, three of which assess hedonic well-being (happiness, interest in life, life satisfaction), five of which assess eudaimonic social well-being (social contribution, social integration, social growth, social acceptance, social interest) and six of which assess eudaimonic psychological well-being (self-acceptance, environmental mastery, positive relations with others, personal growth, autonomy, purpose of life). The items (e.g. "During the past month, how often did you feel that the way our society works makes sense to you") were in the form of 5-point Likert scales (1 "never" to 5 "always"), with a higher score indicating a greater level of subjective well-being.

II.3.2. Predictor variable: perceived exposure to nature in the city

The Intentional Nature Exposure Scale (INES) (Wood et al., 2019) was translated into French and used to measure voluntary exposure to nature. It is composed of four items assessing the frequency of exposure to nature and the attention individuals pay to the natural environments they are exposed to during their daily life and outside their daily life. Since this study takes a particular interest in exposure to nature in daily life, only the first two items are used. After an introductory instruction defining natural environments (plants, animals, waterscapes) in contrast to built environments (houses, buildings, roads), the participants were asked to rate their level of exposure to them in their everyday home, travel and work environments and activities and to rate how much they notice them in their everyday life. These two items are presented in the form of 5-point Likert scales. A higher score on this scale indicates that individuals perceive that they are more exposed to nature and that they notice it more.

II.3.3. Moderator variable: connectedness to nature

A French version of the Connectedness to Nature Scale (Mayer et Frantz, 2004) was validated by Navarro et al. (2017) and used in this study to measure connectedness to nature. It consists of 14 items (e.g. "I often feel a sense of oneness with the natural world around me") on which individuals report their level of agreement using a 5-point Likert scale (1 "Strongly Disagree" to 5 "Strongly Agree"). The scale is one-dimensional. The higher the score on this scale, the stronger the connection felt between self and nature.

II.3.4. Mediating variables: positive and negative affect

The Measurement of Affectivity: Valence/Activation Scale (MAVA) (Congard et al., 2011) measures valence (positive vs. negative affect) and also affect arousal (deactivated vs. activated). It is composed of 16 items each representing an affect. Individuals are asked to rate

the extent to which each has been experienced in the past month using a 5-point Likert scale (1 “Not felt” to 5 “Strongly felt”). A score can be calculated for activated positive affects (surprise, delighted, excited, cheerful), deactivated positive affects (serene, calm, quiet, still), activated negative affects (irritated, annoyed, angry, nervous) and deactivated negative affects (bored, gloomy, sad and worried) or more generally for positive affects and negative affects. We aim to measure an affective state in these two dimensions over a relatively long time frame (the past month) to approximate a baseline state.

II.3.5. Controlled variables

To increase the probability of observing only the effects of perceived exposure to nature, the following variables were controlled and included in the statistical analysis models: age, gender, city of residence, access to a garden (none, private or collective), perceived origin (“Do you consider yourself to be of urban or rural origin?”), socio-professional category, level of education and monthly income.

II.4. Data analysis

Univariate statistical analyses (mean, median, quartiles, standard deviation, maximum, minimum) were performed for all variables. For each scale, internal consistency indicators (Cronbach's alpha) were calculated. A correlation matrix was drawn. Linear regression models were produced to test for the impact of the controlled variables and to test for interaction effects. Finally, a structural equation model was tested. R software (R Core Team, 2017) was used to perform these analyses and in particular the lavaan package (Rosseel, 2012) for structural equation model analyses.

III. Results

III. 1. Univariate statistics and internal consistency

Table 1 shows the means and standard deviations of the variables analyzed as well as the internal consistency indicators of the scales used. Cronbach's alpha for the MAVA, connectedness to nature, and subjective well-being scales range from .84 to .86 and are therefore satisfactory. A correlation between the two nature exposure items was calculated ($r = .46, p < .001$).

Table 1 : Univariate statistics and internal consistency of the scales used.

Scale	Mean	Standard Deviation	Cronbach's α
Daily Intentional Nature Exposure	3.16	1.02	$r = .46$
Positive Affect	2.97	.66	.84
Negative Affect	3.26	.79	.86
Activated Positive Affect	2.95	.74	.73
Deactivated Positive Affect	3.00	.79	.84
Activated Negative Affect	3.24	.87	.82
Deactivated Negative Affect	3.28	.89	.78
Connectedness to Nature	3.7	.62	.84
Subjective Well-Being	3.29	.54	.86
Hedonic Well-Being	3.65	.69	.77
Eudaimonic Social Well-Being	2.65	.65	.69
Eudaimonic Psychological Well-Being	3.66	.62	.80

Although the analysis of skewness indices, normality tests (Shapiro-Wilk) and the

presence of outliers of the different variables seem to indicate a non-normality of the distribution of observations, in view of the general appearance of the boxplots, the values close to 0 of the coefficients of skewness $< |.4|$ and kurtosis $< |.5|$, and the sufficiently large size of the sample ($N = 479$), parametric tests have been applied.

III.2. Correlations

Table 2 shows the Bravais-Pearson correlations between the variables of interest when considering their sub-dimensions. Perceived exposure to nature in the city is weakly and positively correlated with connectedness to nature ($r = .27, p < .001$), positive affect ($r = .20, p < .001$), and subjective well-being ($r = .18, p < .001$). Specifically, perceived exposure to nature was more strongly associated with deactivated positive affect ($r = .20, p < .001$) than with activated positive affect ($r = .15, p < .01$). Perceived exposure to nature in the city was more strongly associated with eudaimonic psychological well-being ($r = .19, p < .001$) than with eudaimonic social well-being ($r = .13, p < .01$) and hedonic well-being ($r = .12, p < .05$). A weak negative correlation was also found between perceived exposure to nature and negative affect ($r = -.11, p < .05$) and specifically with deactivated negative affect ($r = -.10, p < .05$). Connectedness to nature is weakly and positively correlated with positive affect ($r = .14, p < .01$) and specifically with deactivated positive affect ($r = .15, p < .001$) as well as subjective well-being ($r = .22, p < .001$) and more strongly with eudaimonic psychological well-being ($r = .20, p < .001$) and eudaimonic social well-being ($r = .20, p < .001$) than hedonic well-being ($r = .12, p < .05$).

Table 2 : Correlation matrix

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
	PNE	CNS	PA	NA	APA	DPA	ANA	DNA	HWB	ESWB	EPWB	SWB
1. Perceived Nature Exposure	-											
2. Connectedness to Nature	.27**	-										
3. Positive Affect	.20**	.14**	-									
4. Negative Affect	-.11*	.01	-.51**	-								
5. Activated Positive Affect	.15**	.08	.86**	-.31**	-							
6. Deactivated Positive Affect	.20**	.15**	.88**	-.57**	.50**	-						
7. Activated Negative Affect	-.09	0	-.40**	.89**	-.18**	-.50**	-					
8. Deactivated Negative Affect	-.10*	.01	-.51**	.90**	-.37**	-.52**	.61**	-				
9. Hedonic Well-Being	.12*	.12**	.59**	-.46**	.55**	.48**	-.34**	-.49**	-			
10. Eudaimonic Social WB	.13*	.20**	.34**	-.26**	.30**	.30**	-.18**	-.29**	.49**	-		
11. Eudaimonic Psychological WB	.19**	.20**	.46**	-.41**	.40**	.39**	-.31**	-.42**	.65**	.51**	-	
12. Total Subjective Well-Being	.18**	.22**	.53**	-.44**	.47**	.45**	-.32**	-.46**	.80**	.81**	.89**	-

Note. ** $p < .01$ * $p < .05$

III.3. Linear regression models

The regression models serve as an initial step before the SEM analysis, allowing us to control sociodemographic variables and explore interaction effects. These models are included for transparency in the statistical procedure, and their contribution is limited to these specific aims.

When the variables of perceived exposure to nature in the city, positive affect, negative affect, and connectedness to nature were included in a linear regression to explain subjective well-being (Table 3), they significantly predicted it, except for perceived exposure to nature. A second linear regression model was performed to include the controlled variables (age, gender, city of residence, garden, rural or urban origin, socio-professional category, education level and income). In this model, positive affect, negative affect and connectedness to nature still significantly predicted subjective well-being. The variables of socio-professional category and income have a significant impact on subjective well-being. The first model (*Adjusted R*² = .34) does not differ significantly from the second model (*Adjusted R*² = .36) ($\Delta R^2 = .09, F = 1.25, p = .12$).

Three linear regression models were run to test whether connectedness to nature moderated the relationship between 1: perceived exposure to nature and positive affect, 2: perceived exposure to nature and negative affect, and 3: perceived exposure to nature and subjective well-being. Only one interaction was significant: connectedness to nature moderated the relationship between perceived exposure to nature in the city and positive affect ($b = .14, p < .05$).

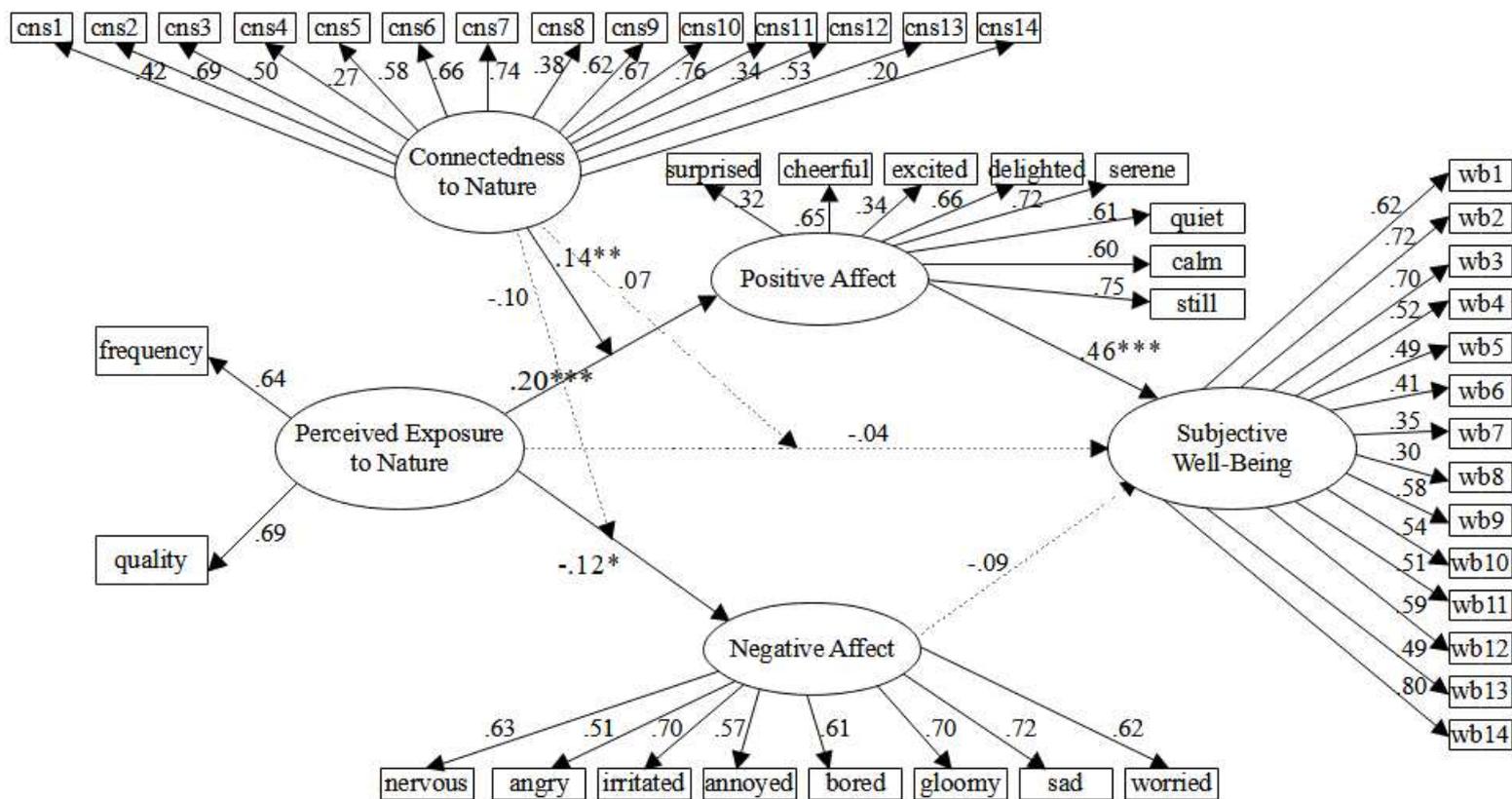
Table 3: Linear regression on subjective well-being predicted by perceived exposure to nature in the city, affect, and connectedness to nature

Predictors	<i>b</i>	CI95% Lo	CI95% Up	β	CI95% Lo	CI95%Up	p
Intercept	2.33	1.94	2.73				<.001
Perceived Exposure to Nature	.02	-.02	.06	.04	-.04	.11	.34
Positive Affect	.31	.24	.38	.38	.29	.47	< .001
Negative Affect	-.16	-.22	-.11	-.24	-.32	-.15	< .001
Connectedness to Nature	.14	.07	.20	.16	.08	.23	< .001

III.4. Structural equation model

Figure 2 presents the results of the structural equation model assessing the relationships between subjective well-being, positive affect, negative affect, perceived exposure to nature in the city, and connectedness to nature. Goodness of fit indices of the tested model were satisfactory: $X^2 = 987.78$ (435 *df*) $p < .01$, $BBNFI = .85$, $BBNNFI = .90$, $CFI = .92$; $RMSEA = .05$. Factor loadings linking first-order factors to their corresponding indicators ranged from .20 to .80 and were significant ($p < .05$), indicating convergent construct validity for the measures used, challenging some indicators at factor loading $< .30$.

Figure 2. Structural model of subjective well-being predicted by affect and daily exposure to nature.

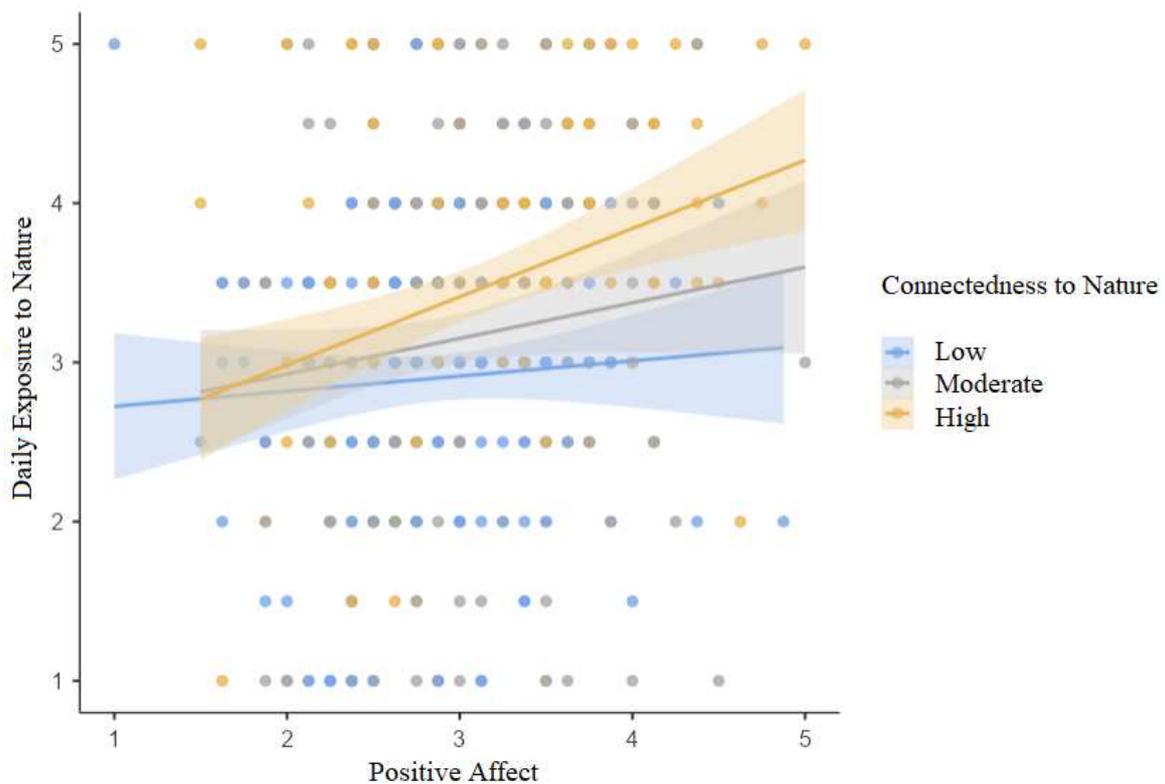


The model indicates that perceived exposure to nature in the city explains positive affect ($b = .20, p < .05$) and negative affect ($b = .12, p < .05$). Positive affect positively impacts subjective well-being ($b = .46, p < .05$). In addition, there is a moderating effect of connectedness to nature on the relationship between perceived exposure to nature and positive affect ($b = .14, p < .05$). The other relations tested appear insignificant.

III.5. Focus on the moderating effect of connectedness to nature

We examined how different levels of connectedness to nature moderated the link between perceived exposure to nature and positive affect. Thus, a categorical connectedness to nature variable was created by transforming the score into 3 modalities (low, moderate, and high). Individuals with scores below the 33.33 percentile were assigned to the “low” category, up to the 66.67 percentile to the “moderate” category and above the 66.67 percentile to the “high” category. Figure 3 shows a scatterplot, regression lines, and 95% confidence intervals for this relationship. The data tend to show that the level of connectedness to nature does not impact positive affect when perceived exposure to nature is low. However, we note that the higher the exposure to nature, the greater the positive affect in individuals with a strong level of connectedness to nature.

Figure 3. Moderating Effect of Connectedness to Nature on Positive Affect.



Discussion

This study shows that French city-dwellers' perception of their exposure to nature in the city, in terms of quality and frequency, has a positive impact on their well-being even when likely socio-demographic confounders are controlled for. These findings are consistent with numerous studies on the psychological benefits of nature exposure (e.g. Martin et al., 2020; Reid et al., 2022; McMahan et Estes, 2015; Kotera et al., 2020).

In studies on the links between nature exposure and well-being, “wild” natural environments (forest, waterfront, mountain) are often contrasted with urban or built environments. The results of this study corroborate the findings of other researches (e.g. Fleury-Bahi et al., 2023; Birch et al., 2020; Mavoia et al., 2019) on the positive impact of

nature in a specifically urban environment.

This study has enabled a deeper understanding of the mechanisms at work in the relationship between perceived exposure to nature in the city and well-being. It seems that through positive affects, perceived exposure to nature in the city contributes to subjective well-being and more so when individuals feel strongly connected to nature. The findings suggest that both environmental and intra-individual factors are linked to positive affect. As perceived exposure to nature increases, individuals with a stronger connectedness to nature experience greater positive affect. These results highlight the potential for favorable environmental conditions and personal connectedness with nature to enhance well-being. It is worth noting that the direct link between perceived exposure to nature and subjective well-being becomes non-significant when positive affect is included in the model, indicating a complete mediation.

In line with some of the existing work (e.g. McMahan et Estes, 2015), our results suggest that exposure to nature in the city increases positive affect and, to a lesser extent, decreases negative affect. We do not find a moderating effect of connectedness to nature between perceived exposure to nature in the city and negative affect, nor do we find a significant impact of negative affect on subjective well-being. The limited significant interaction may be attributed to variations in psychological processes across positive affect, negative affect, and subjective well-being. The varying strength and direction of the relationship between perceived exposure to nature and these outcomes can impact the detectability of significant interactions. Additionally, sample characteristics and contextual factors may have influenced the findings. Further research is necessary to enhance our understanding and refine these complex interactions.

This study shows that exposure to nature in the city is more strongly related to

deactivated positive affects (serene, calm, quiet, still) than to activated positive affects (surprised, delighted, excited, cheerful). To our knowledge, there is a lack of studies analyzing the link between nature exposure and affect arousal. Future research could continue to explore these links to improve our understanding of the impact of perceived exposure to nature on affect arousal. Urban nature exposure is also more strongly correlated with eudaimonic well-being than with hedonic well-being. However, in a meta-analysis, Pritchard et al. (2020) showed that the link between connectedness to nature and eudaimonic well-being is stronger than to hedonic well-being but that this difference is not significant.

Controlling for socio-demographic variables, we observed a significant impact of socio-professional category and income on subjective well-being, aligning with prior research findings (Diener et Oishi, 2000; Helliwell et Putnam, 2004). However, the inclusion of these variables in our model did not notably enhance our understanding of subjective well-being. One possible explanation for this discrepancy could be confounding factors, such as the phenomenon of environmental gentrification (Rigolon et Németh, 2018), where individuals with higher income and better socio-professional status may have increased access to nature. Further exploration is warranted to untangle the complexities of these relationships and their influence on subjective well-being.

In terms of implications, it seems important to promote the re/naturalization of urban environments not only in quantity but also in perceived quality. Collaboration between urban planning decision-makers and inhabitants should be encouraged through participatory approaches in order to define what constitutes quality of nature in the city. Additionally, addressing environmental gentrification should be a priority for urban planners to ensure equitable access to nature. Moreover, stimulating connectedness to nature, especially during childhood (e.g. Rosa et al., 2018), may well increase the beneficial effects of nature in the

city. In the face of current environmental challenges, both of these proposals would allow for mitigation of the effects of climate change, especially if action is taken on a policy scale. In addition, connectedness to nature has been frequently identified as a predictor of pro-environmental behaviors (e.g. Hatty et al., 2020). In experimental manipulations, Zelenski et al. (2015) found that exposure to nature through videos increases intention to perform sustainable behaviors. In a meta-analysis, Zawadzki et al. (2020) show that pro-environmental behaviors are positively related to subjective well-being. There is therefore a genuine virtuous circle with the triad of exposure to nature, subjective well-being and pro-environmental behaviors that produces positive outcomes, albeit modest and insufficient, for humans and the planet. Connectedness to nature seems to play a central role in these relationships.

Some limitations to this study should be noted. The use of self-administered questionnaires is subject to social desirability bias. Besides, given the convenience sampling, it is difficult to generalize the results observed. It should also be noted that data collection was carried out during the COVID-19 health crisis: the measures of restrictions of freedom and more generally the general atmosphere could of course have had an impact on all the measures taken. However, the validity of the results is ensured by a similar situation of all participants. Furthermore, the measure of perceived exposure to nature in the city could be improved, as it is composed of only two items, only moderately correlated. In future research, it would be valuable to employ alternative measures, such as more detailed self-report scales or objective measures like NDVI, ecological assessments, wearable devices or a combination of these tools. These measures could provide a more comprehensive understanding of individuals' exposure to nature and its impact on affect and subjective well-being. In addition, there is a lack of consensus on the definition of nature and thus how to measure it. Studies show that the concept of “nature” is understood in various ways by different persons (e.g.

Purcell et al., 1997; Dahmus et Nelson, 2014). In their study, Pasca et al. (2020) determine how individuals classify different landscapes and show that a first order is established according to the presence or not of buildings, followed by a classification close to the categories proposed by Mausner (1996).

Conclusion

This study shows that individuals' greater perception of their exposure to nature in the city is associated with a stronger experience of positive affect, which in turn leads to higher levels of subjective well-being, especially when individuals feel connected to nature. Moreover, connectedness to nature has a positive impact on ecological behavior. It is therefore important to take these results into account at a decision-making level, to re/naturalize cities by taking into account the perception of individuals and to stimulate connectedness to nature, in to allow better mitigation of the deleterious effects of climate change.

Étude 2 : Immersion urbaine : Impact des vidéos à 360° sur les affects, la variabilité de la fréquence cardiaque et l'attention.

1. Introduction

Avec l'urbanisation croissante et l'éloignement progressif des populations urbaines des espaces naturels, il est souhaitable d'examiner les effets psychologiques et physiologiques de l'exposition à des éléments naturels en milieu urbain. Intégrer la nature dans les environnements urbains pourrait jouer un rôle clé dans la promotion du bien-être en favorisant les affects positifs, en atténuant les affects négatifs, en réduisant le stress, et en améliorant les processus attentionnels. Dans ce cadre, les outils immersifs, tels que la RV, permettent de recréer de manière réaliste et contrôlée des environnements naturels, offrant ainsi une approche reproductible pour étudier ces effets.

Les limites de l'étude 1, notamment l'utilisation de questionnaires auto-administrés et sa conception transversale, ont guidé la conception de l'étude 2. L'étude 1 a montré qu'une plus grande perception de l'exposition à la nature en milieu urbain est associée à une expérience plus intense d'affect positif, conduisant à des niveaux plus élevés de bien-être subjectif, surtout lorsque les individus se sentent connectés à la nature. L'étude 2 vise à approfondir notre compréhension de l'impact de la nature urbaine. Pour ce faire, elle compare diverses scènes urbaines capturées par une caméra 360° et projetées dans un casque de réalité virtuelle. Ces scènes varient en termes de naturalité perçue et intègrent différents éléments physiques, tels que la présence d'eau, des vues dégagées, ou des sons de travaux. Pour compléter les résultats de l'étude 1 et dépasser certaines de ses limites, l'étude 2 sera une étude expérimentale en RV en essai contrôlé randomisé. Elle examinera l'impact de la nature urbaine sur le bien-être en utilisant une approche multidimensionnelle, incluant des mesures auto-rapportées, une tâche cognitive et des indicateurs psychophysiologiques.

1.1. La variabilité de la fréquence cardiaque

Parmi les indicateurs physiologiques, la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) joue un rôle central. Contrairement à la fréquence cardiaque, qui peut rester stable, la VFC mesure les fluctuations dans les intervalles entre les battements cardiaques, offrant ainsi des informations plus riches et significatives (Malik et al., 1996 ; Marsac, 2013). En effet, le cœur en bonne santé ne bat pas à intervalles réguliers, mais présente des oscillations complexes qui permettent au système cardiovasculaire de s'adapter rapidement aux défis physiques et psychologiques (Shaffer et Ginsberg, 2017). Cette capacité d'adaptation, reflétée par la VFC, est plus fiable et pertinente que la seule mesure de la fréquence cardiaque, notamment pour les analyses de courte durée (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing, 1996).

La VFC se distingue par sa capacité à différencier les influences des branches sympathique et parasympathique du système nerveux autonome, une distinction que la fréquence cardiaque ne permet pas de faire (Marsac, 2013). En effet, la VFC reflète principalement l'activité du système parasympathique, notamment via l'action du nerf vague, et est ainsi souvent considérée comme un indicateur du tonus vagal (Brodal, 2010 ; Kim et al., 2018). Cet outil non invasif permet d'évaluer la réactivité du système nerveux autonome et d'apprécier la capacité du cœur à s'adapter aux stimuli physiologiques et environnementaux (Rajendra Acharya et al., 2006). En situation de stress, l'activation du système nerveux sympathique provoque une diminution de la VFC, tandis que l'activation du système parasympathique, antagoniste, est liée à un état de relaxation (Taelman et al., 2009 ; Marsac, 2013). Ainsi, une faible VFC est généralement associée à un niveau de stress élevé, alors qu'une VFC élevée indique une bonne régulation parasympathique et un état de relaxation (Shaffer et Ginsberg, 2017). La méta-analyse de Kim et al. (2018) confirme que la VFC est

une mesure objective et fiable pour évaluer le stress.

Dans le champ de la psychologie environnementale, la VFC est couramment utilisée pour évaluer les réponses au stress et à la relaxation face à des environnements naturels ou urbains (Anderson et al., 2017 ; Liszio et al., 2018 ; Hsieh et al., 2023). L'analyse de la VFC se décline en plusieurs approches : temporelle, fréquentielle et via des indices non linéaires. Parmi les indicateurs temporels, deux mesures sont particulièrement pertinentes pour refléter de manière fiable le tonus vagal, tout en étant peu influencées par la respiration : la racine carrée de la moyenne des différences successives (RMSSD) et le pourcentage d'intervalles R - R normaux consécutifs supérieurs à 50 ms (pNN50) (Laborde et al., 2017).

1.2. Le suivi oculaire

Le suivi oculaire (eye-tracking) peut être considéré comme un indicateur physiologique objectif. Cette méthode expérimentale consiste à enregistrer les mouvements des yeux et la localisation du regard au fil du temps et des tâches (Carter et Luke, 2020). L'eye tracking est un outil fiable pour explorer l'attention visuelle (Rayner et Reingold, 2015). Les mouvements oculaires se produisent souvent de manière inconsciente, même lorsque les individus choisissent délibérément où diriger leur attention visuelle. Les subtilités de ces mouvements échappent à leur contrôle conscient, ce qui permet à l'analyse des données oculaires de dévoiler des informations sur les processus cognitifs en cours, souvent sans que les individus en aient conscience (Carter et Luke, 2020).

Dans cette étude, l'accent sera mis sur les fixations, les saccades et la distance oculaire parcourue. Une fixation est définie comme une période durant laquelle les yeux restent stabilisés sur une cible visuelle, facilitant ainsi une perception stable et l'acquisition d'informations visuelles (Rayner, 2009). En revanche, les saccades représentent des

mouvements rapides des yeux qui permettent un changement de point de vue. Il est à noter qu'au cours des saccades, l'entrée visuelle est temporairement supprimée, rendant l'individu « aveugle » à l'information visuelle environnante durant ces mouvements (Rolfs, 2015).

Dans les expériences en psychologie environnementale, plusieurs études révèlent des différences notables dans l'exploration visuelle entre les scènes urbaines et naturelles. Les environnements urbains engendrent des parcours oculaires plus longs et un nombre accru de fixations, mais de courte durée, accompagnés d'une perception de restauration attentionnelle et d'une perception de naturalité accrue (Berto et al., 2008 ; Valtchanov et Ellard, 2015 ; Franěk et al., 2018 ; Cottet et al., 2018). Ces résultats suggèrent que les environnements naturels requièrent moins d'efforts cognitifs et favorisent une attention moins dirigée par rapport aux milieux urbains.

2. Objectifs et hypothèses

L'objectif de cette étude est de mesurer l'impact de l'exposition à des environnements urbains, qu'ils soient perçus comme naturels ou non, en réalité virtuelle (RV), sur différents indicateurs de bien-être et de performance cognitive. Les objectifs spécifiques de cette recherche sont les suivants :

- Évaluer les affects : Observer les variations dans les affects positifs et négatifs des participants, en utilisant des échelles auto-rapportées avant et après l'exposition à l'environnement virtuel.
- Mesurer la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) : Analyser les changements dans la VFC, en utilisant les indices RMSSD et pNN50, pour évaluer l'impact de l'exposition sur l'activation du système nerveux autonome et les niveaux de stress.

- Examiner la restauration de l'attention : Mesurer la performance des participants dans une tâche d'attention soutenue, pour évaluer l'effet de l'environnement virtuel sur les processus attentionnels.

Les hypothèses opérationnalisées de l'étude sont les suivantes :

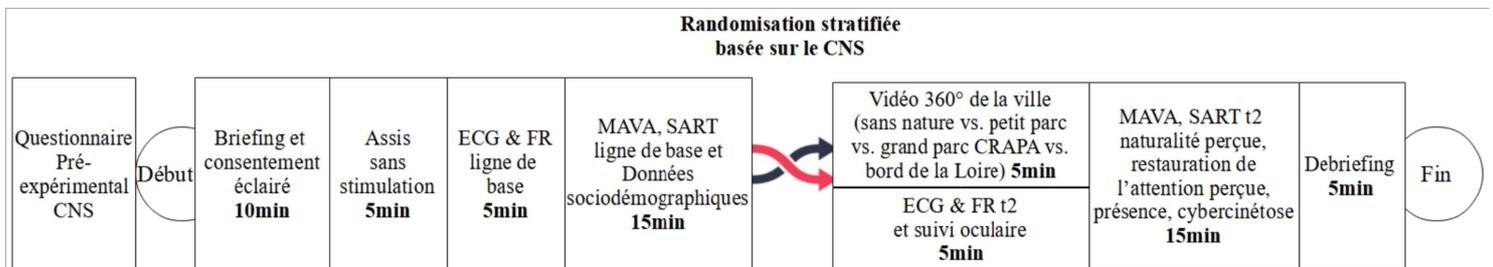
- Affects Positifs et Négatifs : Nous émettons l'hypothèse que les participants exposés à des environnements urbains virtuels perçus comme plus naturels présenteront une augmentation significative des affects positifs et une diminution significative des affects négatifs auto-rapportés, par rapport aux participants exposés à des environnements urbains virtuels non naturels, entre le pré-test et le post-test.
- Erreur et Temps de Réponse au SART : Nous supposons que les participants dans les environnements urbains virtuels naturels auront une réduction significative du nombre d'erreurs et du temps de réponse moyen lors du Sustained Attention to Response Task (SART, Robertson et al., 1997), par rapport aux participants dans les environnements non naturels, entre le pré-test et le post-test.
- Variabilité de la Fréquence Cardiaque : Nous anticipons que les participants exposés à des environnements urbains virtuels naturels montreront une augmentation significative de la variabilité de la fréquence cardiaque (mesurée par RMSSD et pNN50) par rapport à ceux exposés à des environnements non naturels, entre la ligne de base et l'exposition.
- Fixations Oculaires : Nous prévoyons que les participants dans les environnements urbains virtuels naturels auront un nombre de fixations oculaires significativement plus faible et une durée de fixation plus longue comparativement aux participants dans les environnements non naturels.

3. Méthode

3.1. Procédure

Cette étude a été préenregistrée le 29 novembre 2021 sur la plateforme Open Science Framework (Hefti, 2021). Les fichiers de données ainsi que les scripts Python et R (traitement des données de suivi oculaire et de la VFC) utilisés au cours de l'étude sont disponibles sur cette même plateforme (<https://osf.io/yqbks/>). L'expérience a reçu l'approbation du comité d'éthique de la recherche non-interventionnelle de l'Université de Nantes le 1er octobre 2021, sous le numéro de référence 01102021. Les sessions expérimentales se sont déroulées du 9 décembre 2021 au 29 janvier 2022 à l'Experience Lab de la Halle 6 Ouest de Nantes Université, situé au 42 Rue de la Tour d'Auvergne, 44200 Nantes. La procédure expérimentale est illustrée à la figure 4.

Figure 4. Procédure expérimentale (étude 2).



Les participants ont d'abord reçu une convocation par message, accompagnée d'une fiche d'information détaillée et d'une fiche de consentement éclairé. Ces documents fournissent toutes les informations nécessaires sur l'étude et permettent d'obtenir leur accord éclairé. Après leur inscription, les participants complètent en ligne un questionnaire préliminaire, qui comprend le briefing sur l'étude, le consentement éclairé, des questions sur leurs variables socio-démographiques et une évaluation de leur niveau de connexion à la

nature. Cette première phase permet également de planifier leur rendez-vous pour la session expérimentale.

Le jour de l'expérience, les participants sont accueillis et reçoivent un briefing complet sur le déroulement de l'étude. Après avoir signé le consentement éclairé, les participants sont installés dans la salle d'expérimentation, aménagée pour séparer l'espace de l'expérimentateur de celui du participant à l'aide de paravents (voir annexe B pour un plan détaillé). La zone de l'expérimentateur est équipée d'un PC destiné à lancer les logiciels nécessaires, tels que Steam VR pour la réalité virtuelle, Tobii Pro Lab pour l'enregistrement des données oculaires, ainsi que pour la calibration de l'eye tracker du casque de VR et la projection des vidéos à 360°. Le logiciel CAPTIV L7000 est utilisé pour l'enregistrement des données physiologiques. Du côté du participant, une chaise est mise en place pour l'immersion en réalité virtuelle, accompagnée d'un PC permettant de compléter les questionnaires et d'effectuer la tâche SART.

Les capteurs d'électrocardiogramme (ECG) sont ensuite installés sur les participants. Avant l'exposition à l'environnement virtuel, les participants restent assis pendant 5 minutes sans consigne particulière. Les mesures de base (baseline) sont ensuite prises pendant les 5 minutes suivantes, avec collecte des données ECG. Les participants sont alors invités à s'installer devant le PC pour remplir un questionnaire, comprenant des évaluations des affects et des questions sociodémographiques (voir annexe C). Ils passent ensuite 12 minutes à réaliser la tâche SART à l'aide du logiciel PsychoPy. Ces mesures permettent d'évaluer l'état physiologique et les performances attentionnelles des participants avant l'immersion en réalité virtuelle.

Pendant ce processus, l'expérimentateur a utilisé une randomisation stratifiée pour attribuer les conditions expérimentales, en se basant sur le niveau de connexion à la nature, un

facteur identifié comme influant sur le lien entre exposition à la nature et bien-être (e.g. Fleury-Bahi et al., 2023 ; Baceviciene et Jankauskiene, 2022 ; Hefti et al., à paraître). Les participants ont été classés en quatre strates correspondant à leur degré de connexion à la nature (très faible, faible, élevé, et très élevé) en utilisant les quartiles des scores obtenus dans le questionnaire avant l'expérience. Chaque strate a ensuite été assignée aléatoirement à l'une des quatre conditions expérimentales à l'aide du site random.org. L'expérimentateur a veillé à ce que la répartition des participants soit équilibrée entre les conditions au sein de chaque strate.

Le casque de RV est alors installé et calibré. Les participants reçoivent des instructions pour calibrer l'eye tracker du casque en regardant des points spécifiques affichés devant eux. L'exposition à l'environnement virtuel dure 5 minutes et varie en fonction du groupe auquel ils ont été assignés : condition Sans Nature, condition Mabon, condition CRAPA, ou condition Loire. La consigne suivante leur est donnée : « Vous allez maintenant installer le casque de réalité virtuelle. Dans un premier temps, vous devrez réaliser un calibrage en regardant attentivement les points qui apparaîtront devant vous. Ensuite, vous allez pouvoir observer un environnement filmé en 360°. Imaginez-vous simplement que vous êtes en ville, que vous avez un peu de temps devant vous et que vous avez décidé de vous asseoir pendant 5 minutes ». Pendant l'exposition, les données d'eye-tracking, ainsi que celles relatives à l'ECG et à la FR, sont recueillies en continu.

Après l'exposition, les participants effectuent à nouveau la tâche SART et complètent la seconde partie du questionnaire. Cette partie inclut une évaluation des affects, ainsi que des mesures de la perception de la naturalité, de la restauration attentionnelle perçue, du sentiment de présence dans l'environnement virtuel, et de la cybercinétose.

La procédure se termine par la désinstallation du matériel suivie d'un débriefing, au

cours duquel les participants reçoivent des informations sur les objectifs de l'étude et ont l'occasion de partager leurs impressions et retours sur leur expérience.

3.2. Stimuli et Matériel

Une caméra Insta Pro 2 à 360° a été employée pour filmer les environnements urbains. Ce modèle, doté d'une résolution 8K HDR et de six lentilles fisheye F2.4, enregistre les vidéos sur six cartes micro SD en H.264 avec un débit de 120 Mb/s. Au mois d'août 2021, cinq scènes urbaines, chacune d'une durée de cinq minutes, ont été capturées à divers emplacements du centre-ville de Nantes. Ces scènes sont illustrées dans la figure 5.

Figure 5. Capture d'écran en 2D des quatre scènes urbaines en réalité virtuelle, avec localisation des lieux indiquée sur une carte (étude 2).



La scène « sans nature » présente une rue urbaine typique de Nantes par une journée ensoleillée sous un ciel dégagé. Les immeubles résidentiels à plusieurs étages, avec leurs façades en pierre et balcons, reflètent l'architecture classique des centres-villes européens. Des vélos sont stationnés, des voitures garées le long des trottoirs, ainsi que quelques piétons et véhicules circulant occasionnellement. La végétation est quasiment absente dans cet environnement urbain. Le fond sonore est dominé par le bruit constant des ventilateurs de la caméra, ponctué par des échos lointains de travaux et le passage sporadique de voitures.

La scène « Mabon » se déroule dans un square urbain luxuriant où la végétation est abondante et variée, croissant de manière libre. Les arbres, arbustes et plantes grimpantes constituent une canopée dense qui filtre la lumière solaire, créant une ambiance ombragée. Un

chemin en grille métallique serpente à travers cet espace verdoyant, interrompu par des bancs en bois et quelques éléments de mobilier urbain minimaliste. À l'arrière-plan, des bâtiments sont visibles à travers le feuillage. Le paysage sonore est dominé par le bruit ambiant des travaux à proximité et le ronronnement constant des ventilateurs de la caméra, ponctué occasionnellement par le chant distant des oiseaux.

La scène « CRAPA » présente un parc urbain verdoyant, offrant un environnement riche en végétation. De grands arbres, dont les troncs sont recouverts de plantes grimpantes, forment une canopée dense qui filtre la lumière naturelle. Le sol est tapissé d'herbe et de feuilles mortes. Des rangées d'arbres structurent l'espace et délimitent une vaste zone ouverte, sans éléments urbains visibles à l'horizon. Cependant, des cyclistes, des piétons, ainsi qu'une voiture et un train, partiellement dissimulés par les arbres, se déplacent en arrière-plan, rappelant la proximité de la ville. Le paysage sonore est dominé par le bruit continu des ventilateurs de la caméra, ponctué par le passage intermittent des cyclistes, de la voiture et du train.

La scène « Loire » illustre un sentier piétonnier qui longe les rives de la Loire, bordé d'une végétation dense composée de grands arbres et de buissons. Le fleuve est large et s'étend en arrière-plan avec des bâtiments visibles sur l'autre rive. Un chemin en béton traverse la scène, fréquenté par des piétons et des cyclistes. Des graffitis sont visibles sur un mur, juste avant qu'un talus herbeux ne prenne le relais. Le ciel est dégagé et ensoleillé. Sur le plan sonore, le bourdonnement continu des ventilateurs de la caméra domine, parfois accompagné par le bruit du vent, le passage des cyclistes et des piétons, ainsi que des sons intermittents de travaux, avec des chocs métalliques occasionnels.

Le tableau 4 résume les caractéristiques des quatre scènes, dont l'enregistrement complet est disponible en streaming aux adresses suivantes :

- Sans Nature https://www.youtube.com/watch?v=X4mdw_Qdjs
- Mabon <https://www.youtube.com/watch?v=mJhEbevwyXw>
- Loire <https://www.youtube.com/watch?v=bBia-YMyzi8>
- CRAPA <https://www.youtube.com/watch?v=aqUcr1rlJHk>

Tableau 4 : Synthèse des caractéristiques des scènes urbaines filmées (étude 2).

Caractéristiques	Sans Nature	Mabon	CRAPA	Loire
Environnement	Rue urbaine avec immeubles résidentiels en pierre, densité élevée d'immeubles	Square urbain luxuriant de petite taille avec végétation abondante	Parc urbain verdoyant de grande taille avec de grands arbres	Sentier piétonnier longeant la Loire, bordé d'arbres et buissons
Végétation	Quasiment absente	Dense : arbres, arbustes, plantes grimpantes	Dense : arbres recouverts de plantes grimpantes, herbe au sol	Dense : grands arbres et buissons le long de la rivière
Sol	Trottoirs et routes	Chemin en grille métallique	Herbe, feuilles mortes	Chemin en béton
Présence d'espaces bleus	Non	Non	Non	Fleuve large très visible
Autres Éléments visuels	Balcons, panneaux, voitures et vélos stationnés	Bâtiments peu visibles à travers le feuillage, bancs en bois, mobilier urbain minimaliste	Aucun élément urbain visible, cyclistes, piétons, train et voiture dissimulés partiellement	Bâtiments visibles sur l'autre rive, graffitis sur un mur, talus herbeux, bâtiments au loin
Contexte social	Quelques piétons et véhicules	Pas de présence humaine visible	Cyclistes, piétons, voiture, train à l'arrière-plan	Piétons et cyclistes
Ciel et météo	Ciel bleu dégagé, ensoleillé	Ciel bleu dégagé, ensoleillé	Ciel bleu dégagé, ensoleillé	Ciel bleu dégagé, ensoleillé
Sons dominants	Ventilateurs de la caméra, échos lointains de travaux, voitures	Ventilateurs de la caméra, bruits de travaux, chants d'oiseaux	Ventilateurs de la caméra, passage de cyclistes, voiture, train	Ventilateurs de la caméra, vent, cyclistes, piétons, bruits de travaux

Le système de RV utilisé dans cette étude comprenait plusieurs composants essentiels. Le casque de réalité virtuelle HTC Vive Pro Eye est équipé d'un écran Dual OLED de 3,5 pouces, offrant une résolution de 1440 x 1600 pixels par œil et une fréquence de rafraîchissement de 90 Hz. Il dispose d'un champ de vision de 110 degrés. Les capteurs intégrés incluent le SteamVR Tracking, un capteur de gravité (G-sensor), un gyroscope, un capteur de proximité, un capteur IPD pour la distance interpupillaire, ainsi que le suivi oculaire (eye tracking). Le casque permet également un ajustement de la distance des lentilles (eye relief), ainsi que des réglages pour l'IPD, les écouteurs et la bandeau ajustable. Ce casque était relié à un ordinateur de haute performance, conçu pour gérer les rendus graphiques complexes et le traitement en temps réel des données de RV. Pour assurer une détection précise du casque dans l'espace tridimensionnel, deux bornes de détection étaient utilisées. En outre, des masques faciaux jetables étaient fournis pour chaque utilisateur, garantissant l'hygiène.

3.3. Participants

Les critères d'inclusion pour l'étude étaient les suivants : les participants devaient être des résidents urbains d'une grande ville (plus de 100000 habitants), être adultes et ne présenter aucun trouble visuel non corrigé, ni de problèmes cardiaques ou épileptiques. Les femmes enceintes étaient également exclues. Ces critères visuels ont été établis pour garantir la validité des données de suivi oculaire, tandis que les critères de santé visaient à minimiser les risques potentiels liés à l'utilisation de la réalité virtuelle et leur impact sur les mesures physiologiques (Laborde et al., 2017). De plus, la présence de symptômes élevés de cybercinétose durant l'expérience était un critère d'exclusion.

Le recrutement des participants a été organisé par CAPACITES, une filiale de Nantes Université. Les panélistes ont été sélectionnés via des campagnes de mailing ciblant les étudiants et le personnel, ainsi que par le bouche-à-oreille et des affichages publics. Chaque participant a été indemnisé par une carte cadeau Wedoogift de 15 euros, pour une participation d'une durée maximale d'une heure et demie.

Pour déterminer la taille de l'échantillon, nous avons réalisé une analyse de puissance à l'aide du logiciel G*Power 3.1.9.7 (Prajapati et al., 2010) pour une ANOVA à effet mixtes. En supposant une taille d'effet théorique f de 0,15, correspondant à un faible effet (Cohen, 1988), avec un risque alpha fixé à 0,05, une puissance statistique de 80 %, quatre conditions expérimentales, deux mesures (pré- et post-exposition), et une corrélation attendue de 0,6 entre les mesures, une taille d'échantillon de 104 participants a été jugée nécessaire.

L'échantillon est composé de 104 résidents de grandes villes, principalement de Nantes. L'âge moyen des participants est de 34,7 ans ($ET = 15,3$). Parmi eux, on dénombre 52 femmes, 51 hommes, et une personne n'ayant pas répondu à la question sur le genre. La majorité des participants (76 %) se perçoivent comme ayant une origine urbaine, tandis que les autres se considèrent comme ayant une origine rurale. Concernant la catégorie socio-professionnelle, 50 % des participants sont étudiants, et 49 % déclarent un revenu mensuel net inférieur à 1000 €. Les participants ont été répartis aléatoirement entre les quatre conditions expérimentales, en utilisant une randomisation stratifiée basée sur leur niveau de connexion à la nature. Aucune différence significative n'a été observée entre les conditions en termes d'âge, de genre, de niveau d'études, de catégorie socio-professionnelle, de revenus, de familiarité avec la RV, du sentiment de présence, ou de symptômes de cybercïnétose (voir annexe D). Ainsi, les participants des quatre conditions sont comparables. Le tableau 5 présente les caractéristiques socio-démographiques de l'échantillon.

Tableau 5 : Profil socio-démographique des participants (étude 2)

Variable	
Âge moyen, <i>M (ET)</i>	34.7 (15.3)
Âge <i>MIN</i>	19
Âge <i>MAX</i>	74
Genre, <i>n (%)</i>	
Femmes	52 (50)
Hommes	51 (49)
Pas de réponse	1 (1)
Ville de résidence, <i>n (%)</i>	
Nantes	102 (98.1)
Amiens	1 (1)
Saint-Nazaire	1 (1)
Origine perçue, <i>n (%)</i>	
Rurale	25 (24)
Urbaine	79 (76)
Catégorie socio-professionnelle, <i>n (%)</i>	
Agriculteurs exploitants	0 (0)
Artisans, commerçants et chefs d'entreprise	3 (2.9)
Cadres et professions intellectuelles supérieures	12 (11.5)
Professions intermédiaires	5 (4.8)
Employés	14 (13.5)
Ouvriers	0 (0)
Retraités	10 (9.6)
Sans activité professionnelle	12 (11.5)
Étudiants	48 (46.2)
Niveau d'études, <i>n (%)</i>	
Collège	0 (0)
Baccalauréat et équivalent	26 (25)
BAC + 3	51 (49)
Master ou plus	27 (26)
Revenus mensuels net, <i>n (%)</i>	
Moins de 1000€	51 (49)
Entre 1000€ et 1400€	12 (11.5)
Entre 1400€ et 1800€	14 (13.5)
Entre 1800€ et 2200€	11 (10.6)
Entre 2200€ et 2600€	6 (5.8)
Entre 2600€ et 3000€	4 (3.8)
Entre 3000€ et 3400€	5 (4.8)
Plus de 3400€	1 (1)

3.4. Mesures

a. Variables d'intérêt auto-évaluées

Les affects subjectifs ressentis au moment de l'évaluation ont été évalués à l'aide de l'échelle Measurement of Affectivity : Valence/Activation Scale (MAVA, Congard et al., 2011). Cette échelle mesure deux dimensions des affects : la valence (positive ou négative) et le niveau d'activation (faible ou élevé). Elle se compose de 16 items regroupés en quatre catégories : affectivité positive à activation élevée (surprise, joie, excitation, gaieté), affectivité positive à activation faible (sérénité, calme, équilibre, tranquillité), affectivité négative à activation élevée (énervement, contrariété, colère, nervosité) et affectivité négative à activation faible (lassitude, morosité, tristesse, inquiétude). La consigne fournie aux participants était la suivante : « La liste suivante contient des mots décrivant divers sentiments ou émotions. Veuillez lire chaque mot attentivement et indiquer dans quelle mesure vous ressentez actuellement ce type d'émotion. Répondez le plus sincèrement possible et n'omettez aucun mot. » Pour chaque affect, les participants devaient se positionner sur une échelle de Likert allant de « pas ressentie » à « fortement ressentie ». L'étude de Congard et al. (2011) a rapporté des coefficients alpha de Cronbach de 0,84 pour les items à valence positive et de 0,89 pour ceux à valence négative, attestant d'une excellente cohérence interne.

La restauration de l'attention perçue a été mesurée à l'aide d'une version courte de la Perceived Restorativeness Scale (PRS, Hartig et al., 1997), développée par Ruiz et Hernández (2014). Cette version comprend cinq items reflétant les dimensions de la théorie de la restauration de l'attention (Kaplan et Kaplan, 1989) : « être loin », « fascination douce », « cohérence », « ampleur » et « compatibilité ». Negrín et al. (2017) ont montré que cette version abrégée conserve les qualités psychométriques de l'outil original ($\alpha = 0.79$) et différencie efficacement les environnements urbains en fonction de leur potentiel restaurateur.

Pour l'adaptation en français, nous avons suivi un processus de rétrotraduction : le texte a été traduit de l'anglais au français, puis retraduit en anglais par un traducteur différent, afin de comparer les deux versions et s'assurer de la fidélité du contenu. Les participants évaluent chaque item sur une échelle de Likert à 7 points, allant de « pas du tout d'accord » à « tout à fait d'accord ». La version française abrégée de la PRS comporte les cinq items suivants :

1. « Cet endroit me permet d'oublier mes responsabilités quotidiennes, de me sentir détendu(e) et de me perdre dans mes propres pensées. » (être loin)
2. « C'est un endroit fascinant qui maintient ma curiosité en éveil et m'empêche de m'ennuyer. » (fascination)
3. « C'est un endroit où tout semble fluide et bien organisé. » (dimension cohérence de l'étendue)
4. « Cet endroit est un autre monde où je peux me déplacer à l'aise. » (compatibilité)
5. « Je me sens à l'aise ici car il est facile de s'y retrouver. » (dimension ampleur de l'étendue)

b. Variable d'intérêt : tâche d'attention soutenue

L'attention soutenue a été évaluée à l'aide du Sustained Attention to Response Task (SART, Robertson et al., 1997). Le SART est un test de type go/nogo utilisé pour évaluer l'attention soutenue. Dans ce test, les chiffres de 1 à 9 sont rapidement affichés à l'écran d'un ordinateur. Les participants doivent appuyer sur la barre d'espace pour chaque chiffre non cible, tout en évitant de répondre lorsque la cible apparaît. Le SART mesure quatre paramètres : les temps de réaction (où des scores plus bas indiquent une meilleure performance), le nombre de réponses incorrectes (des scores plus bas sont meilleurs), le nombre de réponses correctes (des scores plus élevés sont meilleurs), et la sensibilité qui évalue simultanément les

réponses correctes et incorrectes (des scores plus élevés sont meilleurs). Conçu pour évaluer la capacité à résister aux réponses impulsives à des stimuli rares tout en maintenant des réponses rapides et régulières aux stimuli fréquents, le SART est particulièrement sensible à la capacité de maintenir l'attention sur des tâches monotones mais exigeantes.

Un script Python, adapté de Stothart (2015) pour le logiciel PsychoPy (Peirce et al., 2019), a été utilisé, avec le chiffre 3 comme cible. Avant l'exposition, les participants réalisent une phase de familiarisation d'environ 4 minutes, suivie d'une phase évaluée de 8 minutes, entrecoupée d'une pause de 60 secondes. Après l'exposition, ils effectuent uniquement la phase évaluée, également de 8 minutes, avec une pause de 60 secondes. Les chiffres sont générés aléatoirement avec des tailles variables. Chaque cible est affichée pendant 250 ms, suivie d'une croix pendant 900 ms.

c. Variables d'intérêt psychophysologiques

Une première variable d'intérêt psychophysologique est la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC). Pour garantir des données fiables, nous avons suivi les recommandations de Laborde et al. (2017), qui préconisent de se concentrer sur le tonus vagal, mesuré par les indices RMSSD et pNN50. Afin de réduire le risque de faux positifs (erreurs de type I), nous n'avons pas inclus d'autres mesures de la VFC (Carter et Luke, 2020). Les enregistrements de référence (baseline) ont été réalisés en position assise, les genoux formant un angle de 90°, les mains reposant sur les cuisses et les yeux fermés. Pendant l'exposition, les mouvements des participants étaient restreints : ils devaient rester assis sur une chaise, pouvant seulement tourner la tête pour regarder autour d'eux sans se lever. La durée des enregistrements était fixée à 5 minutes.

Pour calculer ces indicateurs de la VFC, nous avons mesuré l'intervalle entre deux

battements cardiaques (intervalle R-R) à l'aide d'un électrocardiogramme, en utilisant le capteur sans fil TEA CAPTIV T-Sens ECG. Ce dispositif est composé de deux électrodes positionnées en diagonale autour du cœur et offre une fréquence d'échantillonnage de 256 Hz. Pesant 20g, il dispose d'une autonomie théorique de 8 heures, qui ont ensuite été récupérées via le logiciel CAPTIV L7000 sous forme d'intervalles R-R.

Un fichier contenant les intervalles R-R pour les phases de baseline et d'exposition est associé à chaque participant. Un script R (<https://osf.io/yqbks/>), utilisant notamment le package RHRV (Rodriguez-Linares et al., 2022), a été développé pour traiter ces fichiers et calculer la fréquence cardiaque, ainsi que les indices RMSSD et pNN50 pour chaque participant.

La seconde variable d'intérêt psychophysiological est le suivi oculaire, intégré au casque de RV HTC Vive Pro Eye. Ce système dispose d'une fréquence de sortie des données de regard (binoculaire) de 120 Hz et une précision variant de 0,5° à 1,1° dans un champ de vision de 110°. L'eye tracker émet une lumière infrarouge dans l'œil, générant une réflexion sur la cornée, qui est ensuite détectée et analysée par le logiciel de suivi oculaire (Carter et Luke, 2020). La calibration est réalisée à l'aide d'un processus à 5 points, au cours duquel le participant doit fixer des points spécifiques à l'écran. Ce processus est suivi d'une phase de validation pour assurer la précision des mesures. Une fois validée, le logiciel peut estimer avec exactitude le point de regard en s'appuyant sur la position de la pupille et la réflexion cornéenne.

Les données recueillies incluent des informations temporelles (horodatage), ainsi que l'origine et la direction du regard, la position et la taille de la pupille, et le degré d'ouverture des yeux. Le suivi oculaire génère une série d'échantillons, chaque échantillon fournissant une estimation du point de regard pour un ou deux yeux, exprimée en coordonnées x et y sur

l'écran. Ces données brutes sont ensuite traitées pour identifier les fixations, les saccades, les clignements et les données manquantes. Un échantillon est classé comme une fixation s'il est spatialement proche d'autres échantillons, tandis qu'il est identifié comme une saccade si des échantillons adjacents montrent une distance spatiale significative, indiquant un mouvement rapide de l'œil. Ce traitement est automatisé grâce au logiciel Tobii Pro Lab.

Les mesures sélectionnées pour l'analyse comprennent la distance parcourue par l'œil, le nombre de fixations, la durée moyenne des fixations, le nombre de saccades, la durée moyenne des saccades, ainsi que le pourcentage de données invalides, ce dernier critère permettant d'exclure les données peu fiables (exclusion appliquée au-delà de 20 % de données invalides). De manière similaire aux mesures de VFC, les paramètres à analyser ont été prédéfinis avant la collecte des données et pré enregistrés sur OSF pour réduire les risques d'erreurs de type I (Carter et Luke, 2020). Le traitement des données a été effectué à l'aide de scripts R (<https://osf.io/yqbks/>), permettant de calculer le nombre et la durée moyenne des fixations, le pourcentage de données invalides, ainsi que la distance totale parcourue par l'œil en sommant les distances euclidiennes entre des points successifs ($d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$).

d. Variables de contrôle

La connexion à la nature a été mesurée à l'aide de la version française de la Connectedness to Nature Scale (Mayer et Frantz, 2004), traduite et validée par Navarro et al. (2017). Cette échelle unidimensionnelle comprend 14 items (par exemple, « Je considère la nature comme une communauté à laquelle j'appartiens »), et les participants évaluent leur niveau d'accord sur une échelle de Likert à 5 points, allant de 1 « Pas du tout d'accord » à 5 « Tout à fait d'accord ». La version française a démontré une fiabilité interne acceptable

($\alpha = 0.85$) ainsi qu'une bonne validité convergente et discriminante dans les études de Navarro et al. (2017).

La traduction du Igroup Presence Questionnaire (IPQ), développée par Viaud-Delmon (s.d.) et issue du travail de Schubert et al. (2001), utilise 13 items pour évaluer la présence. Ce questionnaire se compose de trois dimensions. La première, la présence spatiale, est illustrée par l'item : « D'une certaine façon, j'ai eu l'impression que le monde virtuel m'entourait ». La seconde dimension, l'implication, se reflète dans l'item : « Je n'étais pas conscient de mon environnement réel ». La troisième dimension, le réalisme perçu, est exemplifiée par la question : « À quel point votre expérience dans l'environnement virtuel vous a-t-elle semblé cohérente avec votre expérience dans le monde réel ? ». Enfin, l'item général évalue la présence globale avec la question : « Dans le monde généré par l'ordinateur, j'ai eu le sentiment "d'y être" ». Les réponses sont notées sur une échelle de Likert à 7 points, où un score plus élevé indique une perception de présence plus forte.

La cybercinétose a été évaluée à l'aide des symptômes du Simulator Sickness Questionnaire de Kennedy et al. (1993), qui comprend des éléments tels que l'inconfort général, les maux de tête, la fatigue oculaire, les difficultés de focalisation, la transpiration, les nausées, les troubles de concentration et les vertiges. Les participants ont noté l'intensité de chaque symptôme sur une échelle de Likert à 4 points, allant de « Pas du tout » à « Sévèrement ». Afin d'assurer la fiabilité des données, il a été établi que les participants ayant un score moyen supérieur à 2,5 seraient exclus de l'analyse, ce seuil correspondant à une intensité de symptômes jugée trop élevée pour une participation optimale. Aucun participant n'a dépassé ce seuil, ce qui a permis de conserver l'ensemble des données.

Enfin, un item analogique a été utilisé pour évaluer la perception de la naturalité de l'environnement expérimental en réalité virtuelle. Cet item repose sur une échelle continue

allant de 0 (artificiel) à 100 (naturel), présentée sous forme de ligne horizontale avec un curseur que les participants peuvent déplacer. La consigne fournie était la suivante : « Dans quelle mesure diriez-vous que l'environnement que vous venez d'observer en réalité virtuelle est naturel ? » avec la précision suivante : « Il s'agit de décrire votre perception du lieu observé comme si vous y aviez été en réalité ».

Le genre, l'âge, le niveau d'études, la ville de résidence, les revenus mensuels nets, la catégorie socio-professionnelle, l'origine perçue (urbaine ou rurale), la familiarité avec les casques de réalité virtuelle, la connaissance du lieu présenté en réalité virtuelle, ainsi qu'une série de questions susceptibles d'influencer les mesures de l'électrocardiogramme (voir Laborde et al., 2017) ont également été collectés.

3.5. Analyse des données

On veut examiner les variations avant et après l'exposition au niveau des affects positifs, des affects négatifs, ainsi que des erreurs et des temps de réponse au SART, de la fréquence cardiaque, du RMSSD et du pNN50 en fonction du type d'environnement urbain virtuel considéré. Pour réaliser ces analyses, des modèles d'ANOVA à effets mixtes seront réalisées à supposer que les variances inter groupes sont homogènes. En effet, selon Blanca et al. (2017), sous l'hypothèse d'homogénéité de la variance, le test de Fisher est robuste face à des écarts légers, modérés et sévères par rapport à la normalité, quelle que soit la taille d'échantillon, même pour de petites tailles, et ce, indépendamment de la forme des distributions dans les groupes. Ainsi, toutes les comparaisons de ces variables d'intérêt pourront dans ce cas être ramenées à une comparaison de leurs moyennes (tests paramétriques). En cas de violation de l'hypothèse de sphéricité pour l'effet intra-sujet, les corrections de Greenhouse-Geisser seront appliquées.

En parallèle, une ANOVA à un facteur inter-sujets sera utilisée pour comparer les différences de moyennes concernant les occurrences et la durée moyenne des fixations et saccades. L'indice omega carré permettra de quantifier les tailles d'effet pour les modèles à un facteur et l'eta carré généralisé pour les modèles à effets mixtes. Ces indices sont moins biaisés que l'eta carré ou à l'eta carré partiel qui sont plus couramment utilisés pour ce type d'analyse (Lakens, 2013 ; Olejnik et Algina, 2003). Lorsque les effets seront significatifs, des analyses complémentaires (comparaison des moyennes par paires) seront effectuées en utilisant des tests post-hoc.

Les critères d'inférence suivront la norme de $p < .05$. Les valeurs situées au-delà de 1,5 fois l'écart interquartile (IQR) en dessous du premier quartile ou au-dessus du troisième quartile seront examinées et exclues des analyses si elles sont jugées plausiblement erronées. Concernant les données de suivi oculaire, un taux d'invalidité supérieur à 20 % entraînera l'exclusion du participant des analyses.

4. Résultats

4.1. Vérification préliminaires des données

a. Gestion des données, distributions univariées et cohérence interne

Les données de suivi oculaire de 13 participants ont été exclues en raison d'un taux d'invalidité supérieur à 20 %. Les valeurs aberrantes concernant la restauration attentionnelle perçue, la présence, la cybercinétose, les affects, la variabilité de la fréquence cardiaque, le test SART, ainsi que les données restantes de suivi oculaire, ont été examinées. Aucune autre donnée n'a été considérée comme une erreur plausible, de sorte que toutes ont été conservées pour les analyses ultérieures. Un oubli dans l'enregistrement de l'activité cardiaque après l'exposition a conduit à des données manquantes pour les variables associées.

Les tests de normalité de Shapiro-Wilk ont révélé que, pour les quatre conditions expérimentales et pour l'ensemble des variables étudiées, les distributions des affects positifs après exposition, du nombre de fixations, de la fréquence cardiaque moyenne pendant la phase de baseline et l'exposition, ainsi que celles du RMSSD, du pNN50 durant l'exposition, de la restauration attentionnelle perçue et de la présence, suivaient une distribution normale. La distribution des autres variables ne respectent pas cette loi normale.

Au niveau de la cohérence interne des échelles utilisées, les valeurs de l'alpha de Cronbach varient de 0,62 à 0,88. La mesure de la cybercinétose est problématique, mais son impact est moindre car elle sert principalement de mesure de contrôle et non de variable d'intérêt. Les valeurs de l'alpha de Cronbach pour les affects positifs à activation forte, les affects négatifs à activation forte et les affects négatifs à activation faible après exposition à l'environnement virtuel sont questionnables, se situant entre 0,68 et 0,69. Pour les autres échelles, les valeurs de l'alpha de Cronbach sont acceptables et bonnes. Le tableau 6 présente les moyennes, les écarts types ainsi que les coefficients alpha de Cronbach pour les échelles utilisées, afin d'évaluer la cohérence interne des mesures.

Tableau 6 : Statistiques univariées et cohérence interne des échelles utilisées (étude 2).

Échelle	Moyenne	Écart type	α de Cronbach
Connexion à la Nature (CNS)	3.74	0.555	0.79
Restauration de l'attention perçue (PRS)	4.12	1.07	0.745
Présence (IPQPrésence)	4.58	0.922	0.803
Cybercinétose (SSQ)	1.35	0.317	0.621
Affects positifs avant exposition (MAVA)	3.05	0.604	0.773
Affects positifs à activation forte	2.40	0.868	0.836
Affects positifs à activation faible	3.69	0.7	0.81
Affects négatifs avant exposition	1.64	0.67	0.883
Affects négatifs à activation forte	1.61	0.698	0.809
Affects négatifs à activation faible	1.66	0.732	0.796
Affects positifs après exposition (MAVA)	3.01	0.57	0.7
Affects positifs à activation forte	2.35	0.817	0.693
Affects positifs à activation faible	3.67	0.696	0.828
Affects négatifs après exposition	1.41	0.432	0.764
Affects négatifs à activation forte	1.42	0.493	0.683
Affects négatifs à activation faible	1.40	0.511	0.678

b. Comparaisons des baseline

Avant l'exposition à un environnement urbain virtuel, aucune différence significative entre les moyennes des quatre groupes de la condition expérimentale n'a été mise en évidence au niveau des affects positifs ($F(3,100) = 0.77$, $p = .513$), des affects négatifs ($F(3,100) = 0.886$, $p = .451$), du nombre d'erreurs au SART, ($F(3,100) = 1.441$, $p = .235$), des temps de réponse au SART ($F(3,100) = 0.332$, $p = .802$), de la fréquence cardiaque ($F(3,54.7) = 0.967$, $p = .415$), du RMSSD ($F(3,100) = 0.640$, $p = .591$) et du pNN50 ($F(3,100) = 0.736$, $p = .533$).

Ces résultats suggèrent que les quatre groupes étaient homogènes en termes d'état psychologique, de performance cognitive et d'état physiologique avant l'intervention. Cela permettra d'évaluer les effets post-exposition en identifiant les différences significatives entre certaines conditions d'exposition.

4.2. Perception de la naturalité et restauration attentionnelle perçue : comparaison entre les types d'environnement

Un test de Shapiro-Wilk a indiqué une non-normalité des scores de perception de la naturalité, et un test de Levene a révélé une hétérogénéité des variances. Une ANOVA avec correction de Welch a montré un effet significatif du type d'environnement urbain virtuel (quatre niveaux : « Sans nature », « Mabon », « CRAPA », « Loire ») sur les scores de perception de la naturalité, $F(3,55) = 3.39$, $p = .024$, $\omega^2 = 0.076$, indiquant que la naturalité perçue varie de manière significative en fonction des conditions expérimentales, avec une taille d'effet considérée comme modérée.

Des tests post hoc de Games-Howell ont été effectués pour analyser les comparaisons par paires. Les résultats montrent que la condition « CRAPA » ($M = 77.1$, $ET = 20.6$) présente des scores de perception de la naturalité significativement plus élevés que la condition « Sans nature » ($M = 53.7$, $ET = 31.7$), $p = .015$. Aucune autre comparaison n'a révélé de différence significative ($p > .05$).

Par ailleurs, une ANOVA a été réalisée pour examiner l'effet du type d'environnement urbain virtuel sur la restauration attentionnelle perçue (PRS). Les résultats ont montré un effet principal significatif du type d'environnement, $F(3, 100) = 4.87$, $p = .003$, $\omega^2 = 0.10$, indiquant que la restauration attentionnelle perçue varie de manière significative selon les conditions d'exposition, avec une taille d'effet considérée comme modérée.

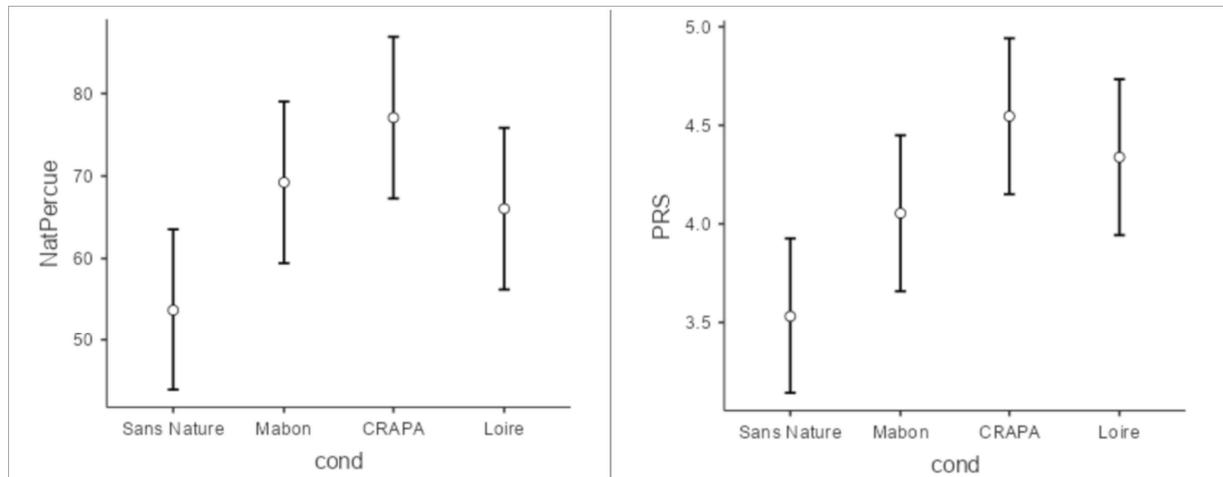
Des tests post hoc de Tukey ont été effectués pour comparer les moyennes entre chaque paire de conditions. Les résultats révèlent des différences significatives : la restauration attentionnelle perçue est significativement plus élevée dans la condition « CRAPA » ($M = 4.55$, $ET = 0.987$) par rapport à la condition « Sans nature » ($M = 3.53$, $ET = 1.1$), $p = .003$. De même, la condition « Loire » ($M = 4.34$, $ET = 1.09$) a montré un score

de restauration attentionnelle significativement supérieur à celui de la condition « Sans nature » ($p = .026$). Aucune différence significative n'a été observée entre « Mabon » ($M = 4.05$, $ET = 0.879$) et les autres conditions ($p > .05$). En résumé, les résultats indiquent que les environnements « CRAPA » et « Loire » favorisent des niveaux de restauration attentionnelle perçue significativement plus élevés que l'environnement « Sans nature ». La figure 6 illustre les moyennes de la perception de la naturalité et de la restauration attentionnelle selon les différentes conditions expérimentales.

D'un point de vue descriptif, l'étude a examiné les dimensions de la restauration attentionnelle perçue, à savoir « être loin », « fascination douce », « cohérence », « ampleur » et « compatibilité », pour identifier celles où les différences entre l'environnement sans nature et les autres sont les plus importantes. Les dimensions les plus marquées sont « être loin » et « fascination douce ».

De plus, un test de corrélation de Spearman entre les scores de naturalité perçue et de restauration attentionnelle perçue révèle une corrélation positive, significative, de taille d'effet faible à modérée ($\rho = .37$, $p < .001$).

Figure 6. Moyennes des scores de perception de la naturalité (à gauche) et de restauration de l'attention (à droite), accompagnés de barres d'erreur illustrant les intervalles de confiance (étude 2).



4.3. Effet des environnements urbains virtuels sur les affects

a. Les affects positifs

Une analyse de variance à mesures répétées a été réalisée pour examiner l'effet principal de la condition expérimentale (Sans Nature, Mabon, CRAPA, Loire), l'effet du facteur intra-sujet (pré vs post-exposition) et l'interaction entre ces deux facteurs sur les scores d'affects positifs chez les participants. Les résultats n'indiquent pas d'effet principal significatif de la condition, $F(3,100) = 1.91, p = .133$. De même, aucun effet significatif du facteur intra-sujet (temps) n'a été observé, $F(1,100) = 0.372, p = .543$. Enfin, l'interaction entre la condition expérimentale et le facteur intra-sujet n'a pas été significative, $F(3,100) = 0.816, p = .488$.

La Figure 7 présente les moyennes marginales des affects positifs en fonction des conditions et des moments de mesure. Dans la condition « CRAPA », une légère augmentation est observée, avec une moyenne pré-exposition de 3.07 ($ET = 0.70$) et une

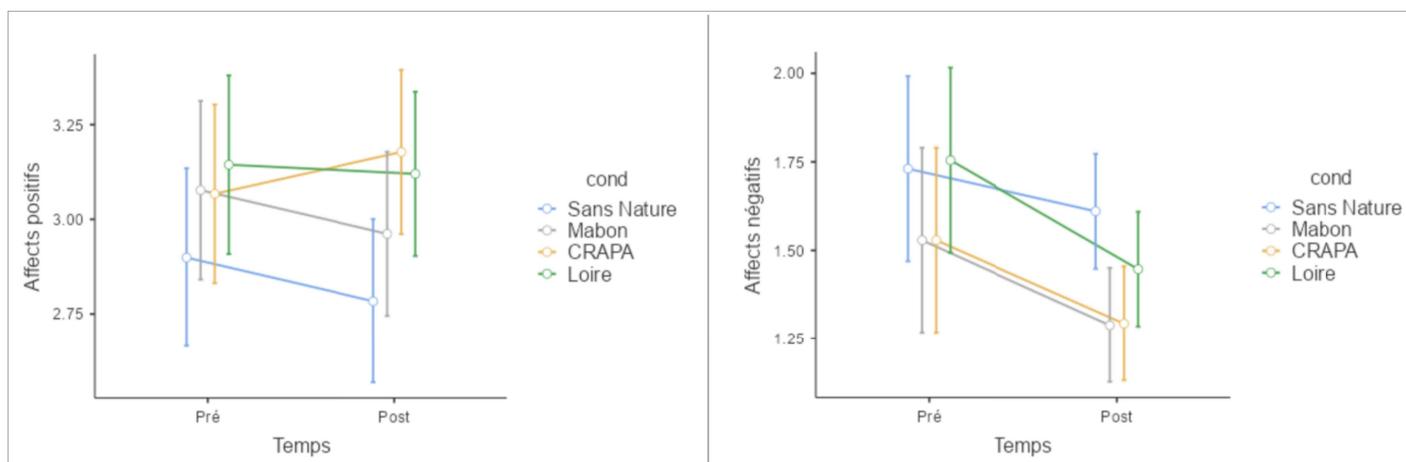
moyenne post-exposition de 3.18 ($ET = 0.57$). En revanche, les conditions « Sans Nature » et « Mabon » montrent une tendance à la diminution : pour « Sans Nature », les moyennes sont de 2.90 ($ET = 0.56$) avant l'exposition et de 2.78 ($ET = 0.54$) après l'exposition ; pour « Mabon », les moyennes sont de 3.08 ($ET = 0.54$) avant l'exposition et de 2.96 ($ET = 0.48$) après l'exposition. Enfin, dans la condition « Loire », les affects positifs stagnent, avec une moyenne pré-exposition de 3.14 ($ET = 0.63$) et une moyenne post-exposition de 3.12 ($ET = 0.64$).

b. Les affects négatifs

Concernant les affects négatifs, les résultats montrent l'absence d'effet principal significatif de la condition, $F(3,100) = 2.09$, $p = .106$. En revanche, un effet significatif, bien que faible, du facteur intra-sujet (temps) a été observé, $F(1,100) = 14.7$, $p < .001$, $\eta^2_G = 0.041$, ce qui suggère une diminution significative des affects négatifs avant et après exposition. Enfin, l'interaction entre la condition expérimentale et le facteur intra-sujet n'a pas été significative, $F(3,100) = 0.436$, $p = .728$.

La Figure 7 illustre une tendance à une diminution plus marquée des affects négatifs dans les conditions « CRAPA », « Mabon » et « Loire » par rapport à la condition « Sans Nature ». Dans la condition « CRAPA », la moyenne des affects négatifs passe de 1.53 ($ET = 0.513$) avant l'exposition à 1.29 ($ET = 0.285$) après l'exposition. Dans la condition « Mabon », les moyennes sont de 1.53 ($ET = 0.665$) avant l'exposition et de 1.29 ($ET = 0.295$) après. Pour la condition « Loire », les moyennes passent de 1.75 ($ET = 0.814$) à 1.45 ($ET = 0.51$) après l'exposition. En revanche, dans la condition « Sans Nature », les affects négatifs montrent une relative stagnation, avec une moyenne pré-exposition de 1.73 ($ET = 0.66$) et une moyenne post-exposition de 1.61 ($ET = 0.516$).

Figure 7. Graphiques des moyennes des affects positifs et négatifs selon le temps d'exposition et la condition, avec des barres d'erreur représentant les intervalles de confiance (étude 2).



4.4. Effet des environnements urbains virtuels sur l'attention soutenue

a. Le nombre d'erreurs au SART

Pour les erreurs au SART, les résultats ne montrent pas d'effet principal significatif de la condition, $F(3,100) = 1.47, p = .227$. De même, aucun effet significatif du facteur intra-sujet (temps) n'a été observé, $F(1,100) = 0.104, p = .748$. Enfin, l'interaction entre la condition expérimentale et le facteur intra-sujet n'est pas significative, $F(3,100) = 0.189, p = .904$.

Comme le montre la figure 8, les scores sont restés globalement stables dans toutes les conditions.

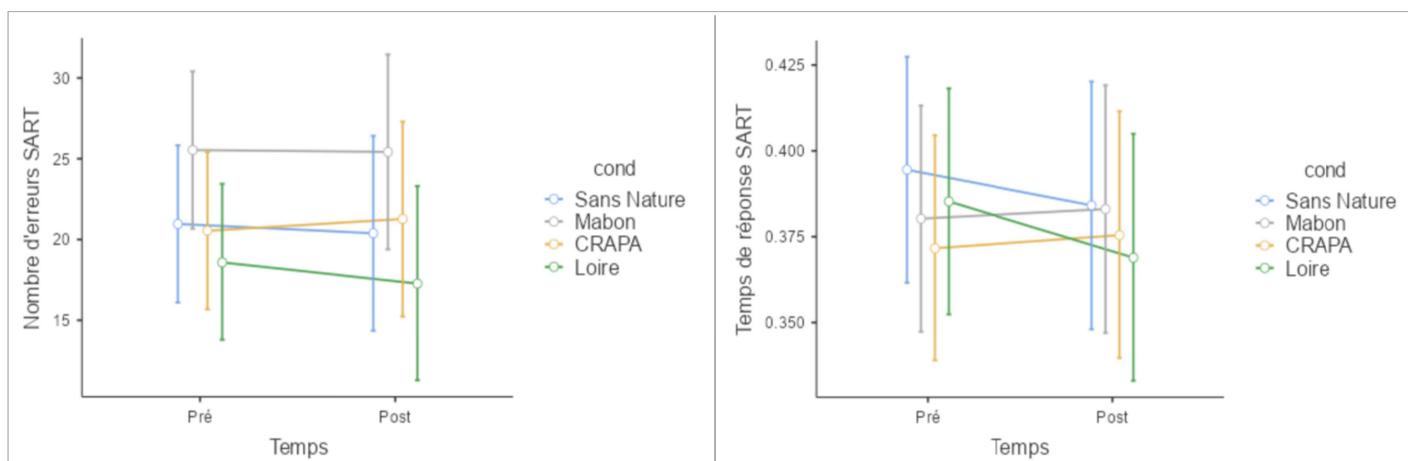
b. Le temps de réponse au SART

Pour les temps de réponse au SART, les analyses n'ont révélé aucun effet principal significatif de la condition, $F(3,100) = 0.165, p = .92$, ni d'effet significatif du facteur intra-sujet (temps), $F(1,100) = 1.13, p = .291$. De plus, l'interaction entre la condition

expérimentale et le facteur temps n'est pas significative, $F(3,100) = 1.10, p = .353$.

Comme illustré à la figure 8, les scores sont restés globalement constants dans l'ensemble des conditions.

Figure 8. Graphiques des moyennes du nombre d'erreurs et des temps de réponse au SART selon le temps d'exposition et la condition, avec les intervalles de confiance (étude 2).



4.5. Effet des environnements urbains virtuels sur la VFC

a. La fréquence cardiaque

En ce qui concerne la fréquence cardiaque, les résultats n'indiquent pas d'effet principal significatif lié à la condition expérimentale, $F(3,99) = 0.693, p = .558$. En revanche, un effet significatif, bien que modeste, du facteur intra-sujet (temps) a été observé, $F(1,99) = 49.27, p < .001, \eta^2_G = 0.027$, indiquant une diminution significative des moyennes de fréquence cardiaque dans les quatre conditions. L'interaction entre la condition expérimentale et le facteur intra-sujet n'était pas significative, $F(3,99) = 0.362, p = .78$.

La figure 9 illustre cette diminution de la fréquence cardiaque dans toutes les conditions.

b. Le RMSSD

Les résultats concernant le RMSSD n'indiquent pas d'effet principal significatif lié à la condition expérimentale, $F(3,99) = 0.587, p = .625$. En revanche, un effet significatif faible du facteur intra-sujet (temps) a été observé, $F(1,99) = 8.417, p = .005, \eta^2_G = 0.028$, ce qui indique une augmentation significative des moyennes de RMSSD dans les quatre conditions. L'interaction entre la condition expérimentale et le facteur intra-sujet n'était pas significative, $F(3,99) = 0.491, p = .689$.

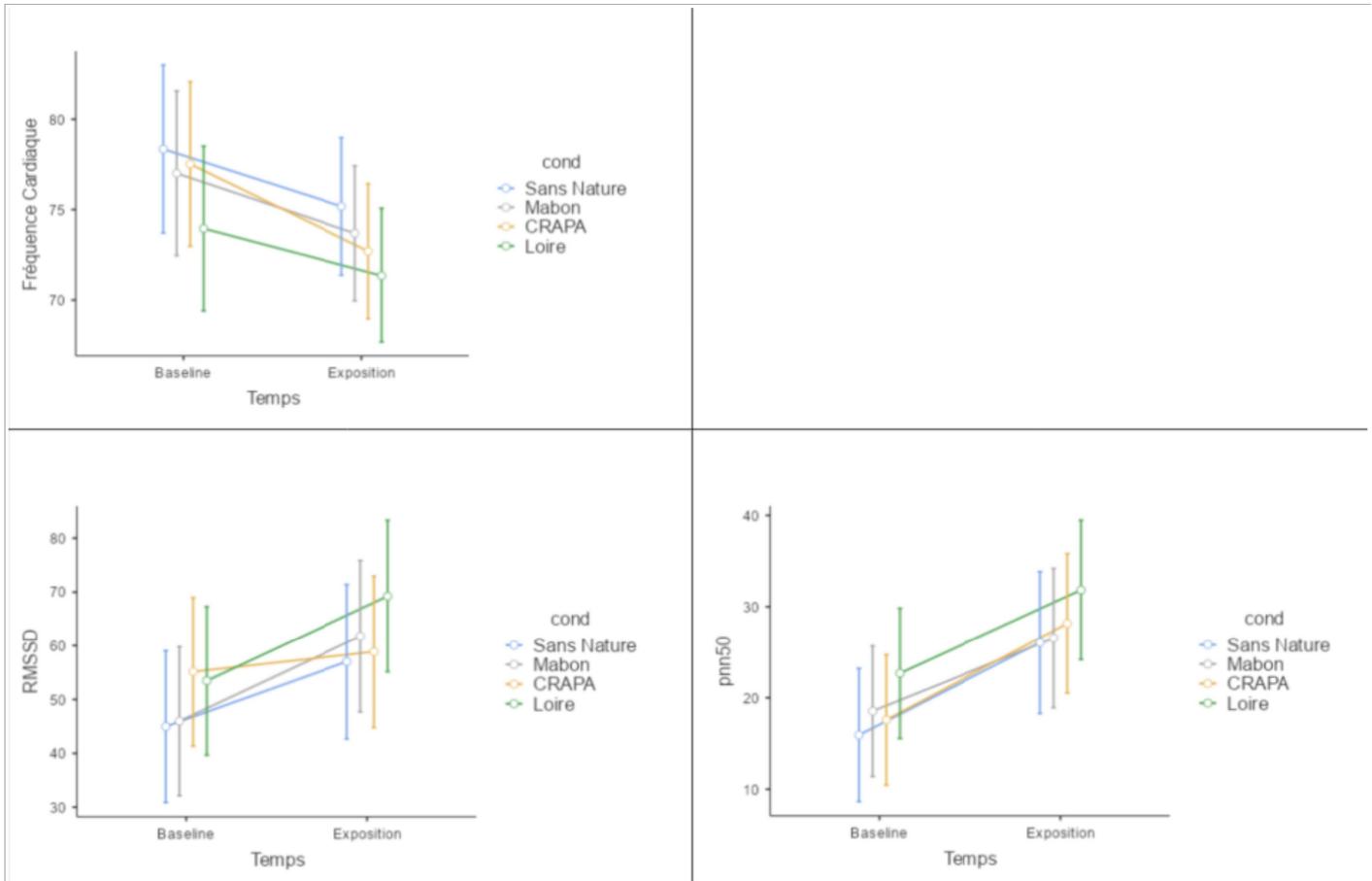
La figure 9 illustre une augmentation du RMSSD dans toutes les conditions.

c. Le pNN50

Les résultats relatifs au pNN50 ne montrent pas d'effet principal significatif associé à la condition expérimentale, $F(3,99) = 0.593, p = .621$. En revanche, un effet modéré et significatif du facteur intra-sujet (temps) a été constaté, $F(1,99) = 48.58, p < .001, \eta^2_G = 0.061$, indiquant une augmentation modérée des moyennes de pNN50 à travers les quatre conditions. L'interaction entre la condition expérimentale et le facteur intra-sujet n'a pas révélé d'effet significatif, $F(3,99) = 0.177, p = .911$.

La figure 9 illustre une hausse du pNN50 dans toutes les conditions.

Figure 9. Graphiques des moyennes de la fréquence cardiaque, du RMSSD et du pNN50 selon le temps d'exposition et la condition, avec les intervalles de confiance (étude 2).



4.6. Effet des environnements urbains virtuels sur les mouvements oculaires

a. Le nombre de fixations oculaires

Une ANOVA a été menée pour évaluer l'effet du type d'environnement urbain virtuel sur le nombre de fixations. Les résultats indiquent un effet principal significatif du type d'environnement, $F(3, 87) = 3.90$, $p = .012$, $\omega^2 = 0.09$, suggérant que le nombre de fixations varie de manière significative selon les conditions d'exposition, avec une taille d'effet considérée comme modérée.

Des tests post hoc de Tukey révèlent des différences significatives : la moyenne des

fixations est significativement plus faible dans la condition « CRAPA » ($M = 688$, $ET = 121.6$) par rapport à la condition « Sans nature » ($M = 795$, $ET = 91.8$), $p = .008$. Aucune différence significative n'a été observée entre « Mabon » ($M = 716$, $ET = 135.5$) et les autres conditions, ni entre « Loire » ($M = 746$, $ET = 102$) et les autres conditions ($p > .05$). La figure 10 illustre les moyennes du nombre de fixations selon les conditions.

b. La durée moyenne des fixations oculaires

Une ANOVA avec correction de Welch révèle un effet principal significatif du type d'environnement sur les durées moyennes de fixation, $F(3,45.265) = 6.417$, $p = .001$, $\omega^2 = 0.129$, indiquant que la durée moyenne des fixations varie significativement en fonction des conditions d'exposition, avec une taille d'effet considérée comme forte.

Les tests post hoc de Games-Howell révèlent des différences significatives : les durées moyennes des fixations sont plus longues dans la condition « CRAPA » ($M = 344$, $ET = 96.1$) par rapport à la condition « Sans nature » ($M = 254$, $ET = 50.1$), $p = .002$. Aucune différence significative n'a été constatée entre les conditions « Mabon » ($M = 320$, $ET = 110.1$) ou « Loire » ($M = 282$, $ET = 63$) et les autres conditions ($p > .05$). La figure 10 illustre les durées moyennes des fixations selon les conditions.

c. Le nombre de saccades

Les résultats pour la moyenne du nombre de saccades montrent un effet principal significatif du type d'environnement, $F(3, 87) = 4.67$, $p = .009$, $\omega^2 = 0.108$, ce qui indique que le nombre moyen de saccades varie de manière significative selon les conditions expérimentales, avec une taille d'effet modérée.

Le nombre moyen de saccades est significativement plus faible dans la condition

« CRAPA » ($M = 1311$, $ET = 454$) par rapport à la condition « Sans nature » ($M = 1778$, $ET = 466$), $p = .008$. Une différence est également observée dans la condition « Mabon » ($M = 1393$, $ET = 511$) par rapport à la condition « Sans nature », $p = .042$. Aucune différence significative n'a été observée entre la condition « Loire » ($M = 1653$, $ET = 530$) et les autres conditions ($p > .05$). La figure 10 illustre les moyennes des saccades en fonction des différentes conditions d'exposition.

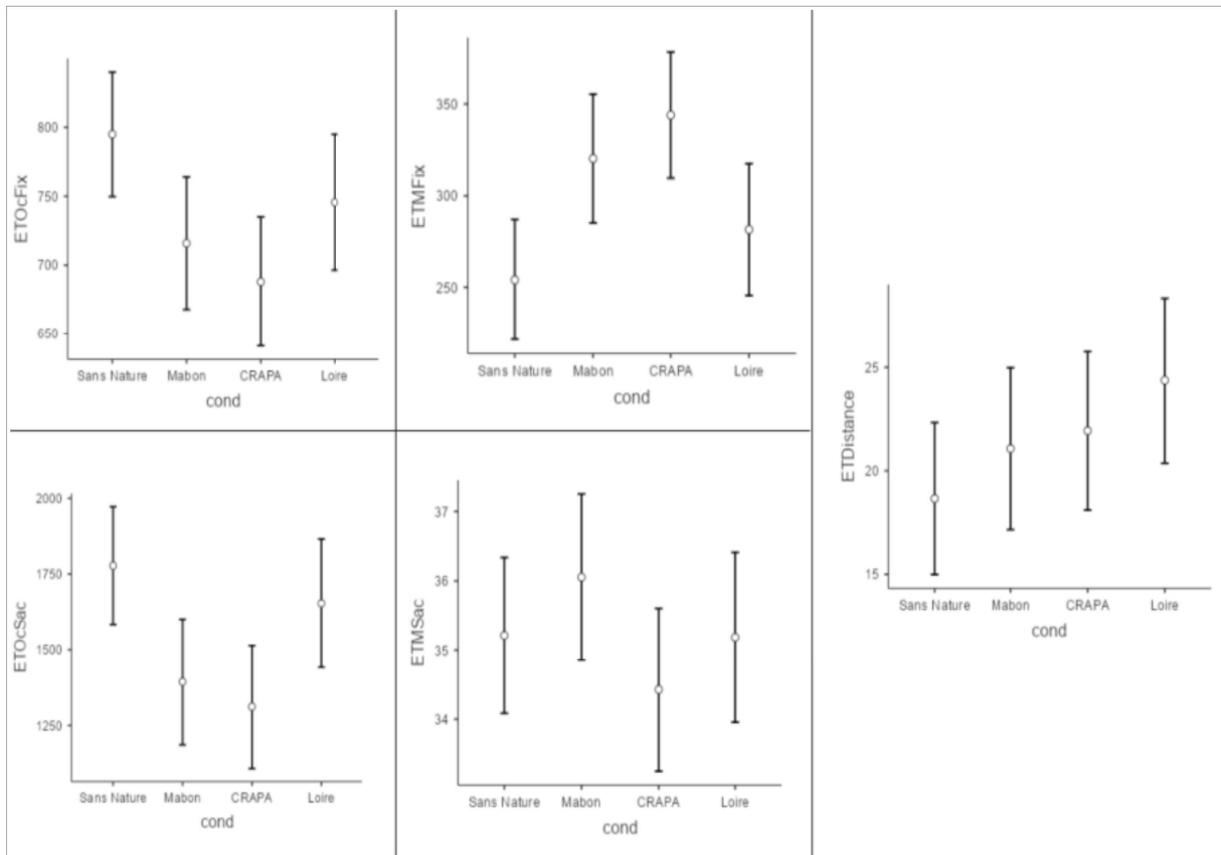
d. La durée moyenne des saccades

Les résultats concernant les durées moyennes des saccades n'indiquent pas d'effet principal significatif du type d'environnement, $F(3, 87) = 1.24$, $p = .301$, suggérant que la durée moyenne des saccades ne varie pas de manière significative en fonction des conditions expérimentales. La figure 10 présente les durées moyennes des saccades selon les différentes conditions.

e. La distance oculaire parcourue

Les résultats concernant la distance oculaire parcourue n'indiquent pas d'effet principal significatif du type d'environnement, $F(3, 87) = 1.49$, $p = .222$, ce qui suggère que la distance oculaire parcourue ne diffère pas de manière significative entre les conditions expérimentales. La figure 10 illustre la distance oculaire parcourue pour chaque condition.

Figure 10. Moyennes du nombre (à gauche) et de la durée (au centre) des fixations (en haut), des saccades (en bas), et de la distance oculaire parcourue (à droite) selon la condition expérimentale, avec intervalles de confiance (étude 2).



5. Discussion

L'objectif principal de cette étude était d'examiner l'impact de l'exposition à des environnements urbains virtuels contenant différents éléments naturels sur divers indicateurs de bien-être psychologique et physiologique. Les résultats, basés à la fois sur des mesures objectives, telles que la variabilité de la fréquence cardiaque et le suivi oculaire, et sur des mesures subjectives, incluant l'évaluation des affects, la restauration attentionnelle et une tâche d'attention soutenue, apportent un éclairage précieux sur la relation complexe entre la nature urbaine virtuelle et le bien-être.

5.1. Naturalité et restauration attentionnelle perçue

Les résultats de l'étude montrent que l'environnement « CRAPA » est perçu comme plus naturel que l'environnement « Sans Nature », confirmant ainsi la validité de cet environnement au sein du matériel expérimental. En revanche, les environnements « Mabon » et « Loire » n'ont pas présenté de niveaux de naturalité perçue significativement plus élevés que celui de « Sans Nature ».

En ce qui concerne la restauration attentionnelle perçue, les conditions « CRAPA » et « Loire » se distinguent par des scores significativement plus élevés par rapport à l'environnement « Sans Nature ». En revanche, l'environnement « Mabon » ne présente pas de différence statistiquement significative par rapport à « Sans Nature ». De manière descriptive, les données révèlent que les différences les plus marquées entre l'environnement « Sans Nature » et les autres conditions se situent au niveau des dimensions « Être loin » et « Fascination douce » de la théorie de la restauration de l'attention. Autrement dit, dans les environnements « CRAPA » et « Loire », les participants ont éprouvé une plus grande facilité à se détacher mentalement de leur quotidien et à être captivés par les éléments du paysage. Concernant la dimension d'« étendue », qui désigne l'ampleur d'un environnement et sa capacité à former un ensemble organisé et harmonieux, seul l'environnement « CRAPA » se démarquait des autres. Enfin, pour la dimension de « compatibilité », aucune différence n'a été observée entre les environnements.

De plus, une corrélation positive significative a été observée entre la naturalité perçue et la restauration attentionnelle, suggérant qu'un niveau élevé de naturalité perçue est associé à un potentiel accru de restauration cognitive. Ces résultats corroborent le pouvoir restaurateur des environnements perçus comme plus naturels, conformément à la théorie de la restauration de l'attention de Kaplan et Kaplan (1989), selon laquelle les environnements naturels favorisent davantage la récupération des capacités attentionnelles épuisées.

5.2. Environnements virtuels de nature urbaine et affects

L'hypothèse selon laquelle les participants exposés à des environnements urbains virtuels plus naturels verraient une augmentation des affects positifs et une diminution des affects négatifs n'a pas été confirmée. L'absence de différences significatives entre les conditions expérimentales sur l'évolution des affects pré/post exposition suggère que ces environnements n'améliorent pas systématiquement les états affectifs. Cependant, une tendance descriptive indique que l'environnement « CRAPA » a un impact plus positif sur les affects que les autres environnements.

Cette absence de différence significative contredit les résultats de la méta-analyse de McMahan et Estes (2015), qui ont montré qu'un bref contact avec des environnements naturels (virtuels ou réels) est associé à une augmentation significative des affects positifs et à une diminution modérée des affects négatifs par rapport aux conditions de contrôle. Concernant les environnements naturels virtuels, les revues systématiques de Frost et al. (2022) et de Spano et al. (2023) soulignent que dans la plupart des études, l'immersion virtuelle dans la nature réduit significativement les affects négatifs, tandis que les résultats sur les affects positifs sont plus inconsistants. Toutefois, il est important de noter que ces analyses portent sur des études comparant les effets de la nature à ceux d'environnements urbains, et

non spécifiquement sur des environnements urbains avec des degrés variables de naturalité. Nos résultats sont en meilleure concordance avec certaines études (e.g., Mattila et al., 2020 ; Chan et al., 2023 ; Yu et al., 2020) ayant montré que l'exposition à des environnements virtuels, qu'ils soient naturels ou urbains, peut atténuer les affects négatifs et que cette réduction semble plus marquée dans les environnements virtuels urbains perçus comme plus naturels.

L'absence de reproduction de résultats bien établis dans la littérature pourrait s'expliquer par la spécificité de notre étude, qui porte sur la nature en milieu urbain. En exposant les participants à des environnements urbains réalistes, incluant des nuisances comme le bruit, la densité démographique et la présence de constructions, nos environnements étaient probablement trop peu contrastés pour générer des effets suffisamment marqués sur les affects. Nous supposons qu'avec un échantillon plus large et une plus grande puissance statistique, les différences auraient été significatives, puisque les tendances descriptives vont dans le sens attendu.

5.3. Variabilité de la fréquence cardiaque et réponse au stress

L'hypothèse selon laquelle les participants exposés à des environnements urbains virtuels naturels montreraient une augmentation significative de la variabilité de la fréquence cardiaque par rapport à ceux exposés à des environnements non naturels n'a pas été confirmée.

Cependant, la diminution de la fréquence cardiaque moyenne, ainsi que l'augmentation de la variabilité de la fréquence cardiaque (RMSSD et pNN50) après exposition aux environnements virtuels, suggère un effet relaxant global, quel que soit le type d'environnement. Cela indique que l'exposition à un environnement virtuel, en soi, pourrait

favoriser une détente physiologique. Néanmoins, l'absence d'une condition de contrôle sans immersion en réalité virtuelle complique l'interprétation des résultats. Il est possible que l'effet relaxant observé soit lié au protocole expérimental lui-même plutôt qu'à la nature des environnements virtuels.

Plusieurs études établissent des liens entre l'exposition à la nature et une augmentation de la variabilité de la fréquence cardiaque, comme le montre la méta-analyse de Yao et al. (2021). Cependant, les résultats en réalité virtuelle sont moins concluants. Par exemple, une étude a révélé que la variabilité de la fréquence cardiaque était plus élevée dans un environnement naturel en RV par rapport à un environnement urbain en RV (Chan et al., 2021). En revanche, nos résultats s'alignent avec d'autres études qui indiquent une augmentation de la variabilité de la fréquence cardiaque entre la mesure pré-exposition et celle post-exposition à un environnement virtuel, ce qui suggère un effet relaxant, sans différences significatives entre les conditions, qu'elles soient urbaines ou naturelles (Mostajeran et al., 2021 ; Song et al., 2022 ; Yu et al., 2020). Une explication possible pour la non-validation de notre hypothèse pourrait être que l'exposition à la nature en réalité virtuelle ne favorise pas une relaxation physiologique significativement supérieure à celle d'autres environnements, du moins dans le cadre d'expositions courtes de cinq minutes. Le contraste entre l'environnement urbain dépourvu de nature et ceux intégrant des éléments naturels n'était peut-être pas suffisamment marqué. De plus, il se pourrait que le niveau de stress physiologique des participants n'ait pas été assez élevé. Nous avons initialement supposé que la tâche SART induirait une fatigue cognitive suffisante et générerait un niveau de stress adéquat pour favoriser une récupération, mais il est possible que cela n'ait pas été le cas.

5.4. Performance sur la tâche d'attention soutenue

L'hypothèse selon laquelle les participants exposés à des environnements urbains virtuels naturels présenteraient une amélioration significative de leur performance au SART, par rapport à ceux dans des environnements non naturels, entre le pré-test et le post-test, n'a pas été confirmée.

Berto (2005) a apporté un soutien important à l'idée que la performance attentionnelle peut être restaurée après une exposition à des images de nature, par rapport à des images d'environnements urbains. Cependant, les tentatives de réplification n'ont pas toujours corroboré ces résultats, n'observant pas systématiquement d'amélioration des performances attentionnelles après une exposition à des images de nature par rapport à des environnements urbains (Hicks et al., 2020). La méta analyse de Stevenson et al. (2018) indiquent que, lorsqu'il y a une amélioration des performances attentionnelles, les tailles d'effet sont faibles à modérées, et que les expositions réelles à des environnements naturels favorisent davantage la restauration que les expositions virtuelles. Enfin, selon l'ART, la notion d'« être loin » ne se limite pas à la distance physique, mais inclut également un éloignement psychologique ou cognitif de la source de fatigue. Si une personne reste confrontée à des stimuli similaires à ceux qui ont provoqué cette fatigue (comme la stimulation visuelle devant un écran d'ordinateur ou en réalité virtuelle), sa capacité à se détacher mentalement risque d'être entravée. Pour une restauration optimale de l'attention, il pourrait donc être nécessaire de s'éloigner non seulement de l'environnement initial, mais aussi de la modalité sensorielle ayant induit la fatigue (ici, l'exposition à un écran).

D'un autre côté, la perception du potentiel restaurateur des environnements, mesurée par la Perceived Restorativeness Scale (PRS), qui évalue l'environnement en tant que tel, indépendamment de la durée d'exposition ou de sa représentation en simulation, révèle des

effets significatifs en faveur des environnements plus naturels, notamment les scènes du CRAPA et de la Loire. Cette divergence entre la perception subjective du potentiel restaurateur de l'environnement et la performance cognitive objective peut s'expliquer par des facteurs tels que la durée d'exposition, le sentiment de présence, ainsi que l'absence de certaines stimulations sensorielles en réalité virtuelle (comme les odeurs, la proprioception, le goût, la température ou l'exposition à la lumière naturelle). Ces éléments pourraient être déterminants pour favoriser des expériences véritablement restauratrices.

5.5. Suivi oculaire et restauration de l'attention

Notre hypothèse, selon laquelle les participants exposés à des environnements urbains virtuels naturels présenteraient un nombre de fixations oculaires significativement plus faible et une durée de fixation plus longue par rapport à ceux dans des environnements non naturels, est confirmée. Les données oculaires recueillies dans cette étude révèlent que l'environnement CRAPA a induit un nombre réduit de fixations, des durées de fixation plus longues en accord avec les travaux antérieurs de Berto et al. (2008), Franěk et al. (2018) et Valtchanov et Ellard (2015). Ces études, ainsi que nos résultats, semblent indiquer que les environnements naturels nécessitent moins d'effort cognitif et favorisent une attention moins dirigée, entraînant une exploration visuelle plus détendue. Les fixations plus longues et moins fréquentes observées dans ces environnements peuvent être interprétées comme un signe d'engagement visuel moins intense, indiquant que les scènes naturelles offrent des stimuli qui n'exigent pas une analyse constante et détaillée, ce qui favorise une exploration plus fluide et moins focalisée (Berto et al., 2008). Par ailleurs, les environnements naturels peuvent réduire la charge cognitive en présentant des motifs visuels plus cohérents et moins fragmentés, contribuant ainsi à une expérience visuelle plus reposante (Kaplan, 1995).

5.6. Impact des caractéristiques des éléments naturels en milieu urbain

Les résultats globaux semblent indiquer que l'environnement du parc CRAPA est le plus restaurateur, suivi des bords de Loire et du square Mabon, et enfin de l'environnement sans nature. Ces différences peuvent être expliquées par plusieurs caractéristiques distinctes de chaque environnement, notamment la végétation, la présence d'espaces bleus, la densité urbaine et le paysage sonore.

La végétation, quasiment absente dans l'environnement « Sans Nature », est présente de manière plus ou moins dense dans « Mabon », « CRAPA » et « Loire » avec des arbres, buissons et plantes grimpantes. L'environnement urbain est dominé par des éléments tels que balcons, panneaux et véhicules stationnés, tandis que la végétation des autres environnements dissimule partiellement ou totalement ces éléments. Une densité végétale élevée est généralement liée à un bien-être accru (Rhee et al., 2023). De plus, seul « Loire » présente un espace bleu, avec un fleuve bien visible, un facteur reconnu pour favoriser la relaxation et améliorer le bien-être (Völker et Kistemann, 2011). Le contexte social varie également : « Mabon » est dépourvu de présence humaine visible, tandis que « Sans Nature », « CRAPA » et « Loire » incluent des piétons et cyclistes. Cette présence peut avoir des effets contrastés selon les individus, certains préférant l'isolement pour se détendre, d'autres trouvant du réconfort dans la présence d'autrui (e.g. Lemée et al., 2019). Enfin, bien que tous les environnements soient marqués par des bruits urbains (ventilateurs, voitures, travaux), « Mabon » se distingue par la présence de chant des oiseaux, souvent perçus comme apaisants et améliorant le bien-être (e.g. Ferraro et al., 2020).

L'environnement CRAPA se distingue, malgré l'absence d'éléments tels que l'eau ou le chant des oiseaux. Son potentiel restaurateur supérieur pourrait s'expliquer par l'absence de bruits de travaux, présents dans « Mabon » et « Loire », mais aussi par son étendue, telle que

définie par Kaplan et Kaplan (1989). Cette notion « d'étendue » fait référence à la qualité d'un environnement qui semble vaste et cohérent, offrant des opportunités d'exploration mentale et favorisant une immersion profonde. De manière descriptive, l'environnement « CRAPA » se distingue avec des scores plus élevés sur les sous-dimensions d'ampleur et de connexion, qui constituent la dimension étendue dans l'échelle de restauration attentionnelle utilisée.

5.7. Limites et perspectives futures

Cette étude présente plusieurs limites qu'il convient de souligner. Tout d'abord, la taille de l'échantillon a pu restreindre la puissance statistique, rendant difficile la détection de différences significatives. Pour remédier à cela, des recherches futures devraient inclure un échantillon plus large afin de mieux évaluer les effets des environnements urbains virtuels sur le bien-être psychologique et physiologique.

De plus, une régulation plus stricte des éléments naturels et non naturels intégrés dans les environnements urbains virtuels pourrait améliorer la qualité des résultats. Bien que notre étude ait comparé des environnements présentant différents niveaux de naturalité, une introduction plus précise d'éléments visuels spécifiques (tels que des arbres, de l'eau, de l'herbe) ou des sons de la nature, permettrait d'explorer plus en profondeur les effets de ces facteurs sur le bien-être.

En outre, étant donné que nous avons étudié des environnements urbains réalistes, les nuisances associées à l'urbanisation, telles que le bruit et la densité de population, ont pu atténuer les effets positifs escomptés des éléments naturels. Cela soulève des interrogations sur la possibilité de récupération affective, cognitive ou de stress dans des environnements urbains virtuels. Ainsi, il serait pertinent dans de futures recherches d'explorer des environnements présentant des contrastes plus marqués en termes de naturalité et d'urbanité,

afin de mieux appréhender les effets spécifiques des éléments naturels et urbains, ainsi que leurs interactions.

Enfin, les résultats concernant les mouvements oculaires doivent être interprétés avec prudence, car ils peuvent être affectés par divers facteurs tels que la complexité visuelle, la saillance, la qualité et la taille des stimuli (Carter et Luke, 2020). Les stimuli plus complexes ou accrocheurs attirent davantage l'attention, tandis que ceux de moindre qualité nécessitent plus de temps de visualisation. De plus, les stimuli de plus grande taille reçoivent généralement un plus grand nombre de fixations. Il serait donc judicieux de contrôler ces éléments dans les futures recherches pour obtenir des conclusions fiables.

En somme, les résultats de cette étude ouvrent des pistes prometteuses pour de futures investigations, soulignant l'importance d'une approche nuancée dans l'exploration des effets de la nature en milieu urbain, tant en termes de conception d'études que de sélection des environnements.

6. Conclusion

Cette étude a exploré l'impact de l'exposition à des environnements urbains virtuels, qu'ils intègrent divers éléments naturels ou en soient presque dépourvus, sur plusieurs indicateurs de bien-être psychologique et physiologique, au sein d'essais contrôlés randomisés. Les résultats révèlent qu'un parc urbain étendu favorise une meilleure perception de la restauration attentionnelle par rapport à un environnement urbain presque dépourvu de nature, un constat renforcé par les analyses des mouvements oculaires, qui indiquent un effort cognitif réduit. Toutefois, l'absence de différences significatives dans l'évolution de la performance attentionnelle remet en question la robustesse de ces résultats. De plus, l'absence d'effets significatifs sur les affects et la variabilité de la fréquence cardiaque soulève des

interrogations quant à l'hypothèse selon laquelle les environnements urbains virtuels riches en éléments naturels pourraient améliorer de manière significative le bien-être, tant sur le plan affectif que dans la réduction du stress.

Cette étude met en lumière les nuances de la relation entre la nature urbaine virtuelle et le bien-être, suggérant que des facteurs contextuels tels que la présence de nuisances urbaines peuvent atténuer les effets positifs attendus. Les résultats soulignent la nécessité de recherches futures plus approfondies, notamment par une augmentation de la taille de l'échantillon et un contrôle rigoureux des éléments naturels. En somme, cette étude souligne l'importance d'une approche intégrée pour appréhender les effets complexes de la nature en milieu urbain sur le bien-être psychologique et physiologique.

Étude 3 : Impacts psychophysiologiques de l'intégration de la nature dans des environnements urbains virtuels sur le stress, la cognition et les affects : un essai contrôlé randomisé en réalité virtuelle.

1. Introduction

L'étude 3 prolonge les travaux de l'étude 2, qui a montré que l'exposition à des environnements virtuels perçus comme plus naturels, tels que des parcs urbains, pouvait influencer les mouvements oculaires, suggérant un lien possible entre la perception de la naturalité et la régénération cognitive. De plus, sur le plan subjectif, les environnements jugés plus naturels ont été perçus comme plus restaurateurs. Cependant, les résultats concernant la réduction du stress physiologique, l'amélioration des affects et l'optimisation objective des performances cognitives sont restés mitigés. Cela soulève des questions sur l'impact des limitations sensorielles inhérentes à la réalité virtuelle, la durée d'exposition, les modalités de présentation des environnements virtuels restaurateurs, la puissance statistique de l'étude 2, ainsi que l'absence potentielle de fatigue cognitive ou de stress suffisamment prononcé pour nécessiter une véritable récupération.

Cette étude vise à combler certaines de ces limitations. Pour améliorer le contrôle de l'environnement virtuel, deux versions identiques seront utilisées, l'une intégrant des éléments naturels supplémentaires via vidéomontage, et l'autre non modifiée. Seules deux conditions expérimentales seront retenues afin d'augmenter la puissance statistique. De nouvelles mesures seront introduites, incluant l'activité électrodermale, une échelle distincte pour l'évaluation des affects et une mesure subjective de la perception du stress. De plus, une tâche d'induction de stress et de fatigue cognitive sera ajoutée. Étant donné que les mouvements oculaires dépendent de la complexité, de la saillance, de la qualité et de la taille

des stimuli visuels, ainsi que de leur familiarité et de leur signification (Carter et Luke, 2020), il est difficile d'établir un lien direct entre ces mouvements et la réduction de l'effort cognitif dans un environnement plus naturel, puisque les stimuli des environnements virtuels de l'étude 1 étaient très variés. Cette étude vise donc également à confirmer ou infirmer le lien entre les mouvements oculaires et le potentiel restaurateur d'un environnement. Cette approche permettra d'approfondir la compréhension des processus psychophysiologiques liant l'exposition à la nature en milieu urbain au bien-être.

1.1. L'activité électrodermale

L'activité électrodermale (EDA) regroupe l'ensemble des phénomènes électriques mesurés à la surface de la peau, et se décline en deux types de variations : d'une part, les fluctuations lentes du niveau de conductance cutanée de base (SCL, Skin Conductance Level) et, d'autre part, des réponses transitoires plus rapides, appelées réponses de conductance cutanée (SCR, Skin Conductance Responses) ou réponses galvaniques de la peau (GSR, Galvanic Skin Responses) (Boucsein, 2012). Elle reflète principalement l'activité des glandes sudoripares, régulées par le système nerveux autonome, en particulier par le système nerveux sympathique (Critchley, 2002). Cette activité est étroitement liée à la réaction primitive de "combat ou fuite", au cours de laquelle l'organisme se prépare à mobiliser les ressources nécessaires pour faire face à une menace perçue. Les variations de conductance cutanée, dues à la sécrétion de sueur, sont déclenchées par une stimulation émotionnelle : plus l'excitation émotionnelle est forte, plus la conductance cutanée augmente (Boucsein, 2012). Des études empiriques ont par ailleurs montré que l'activité électrodermale est un indicateur objectif et fiable du niveau de stress (Reinhardt et al., 2012 ; Pop-Jordanova et Pop-Jordanov, 2020 ; Liu et Du, 2018).

En psychologie environnementale, l'activité électrodermale est un indicateur objectif largement étudié. Dans leur recherche, Ulrich et al. (1991) ont évalué la réponse de conductance cutanée des participants dans six environnements naturels et urbains différents. Ils ont constaté que ceux ayant visionné un film stressant présentaient une restauration physiologique plus rapide et plus complète lorsqu'ils étaient exposés à un environnement naturel plutôt qu'à un milieu urbain. Alvarsson et al. (2010) ont observé qu'après une tâche stressante, le niveau de conductance cutanée diminuait plus rapidement avec les sons de la nature qu'avec le bruit du trafic routier ou celui d'un jardin calme, où un bruit ambiant provenait des systèmes de ventilation voisins. De Kort et al. (2006) ont montré que le niveau de conductance cutanée diminue après une tâche stressante lorsque les participants sont exposés à des environnements naturels sur écran, et ce, de manière plus marquée avec des écrans plus immersifs. Huang et al. (2020) ont également observé que, dans des environnements virtuels identiques, les niveaux de conductance cutanée étaient significativement plus faibles dans ceux comportant de la végétation, comme l'herbe et les arbres, par rapport à ceux composés uniquement de béton.

2. Objectifs et hypothèses

L'objectif principal de cette étude est d'explorer les effets de l'exposition à un environnement urbain en réalité virtuelle, comparé à un environnement identique enrichi d'éléments naturels par vidéomontage, sur le stress, la restauration de l'attention et les émotions des participants. Nous formulons l'hypothèse que l'environnement enrichi en éléments naturels entraînera des réductions significativement plus importantes des niveaux de stress, favorisera la restauration de l'attention, et conduira à une augmentation plus importante des affects positifs tout en réduisant de façon plus marquée les affects négatifs.

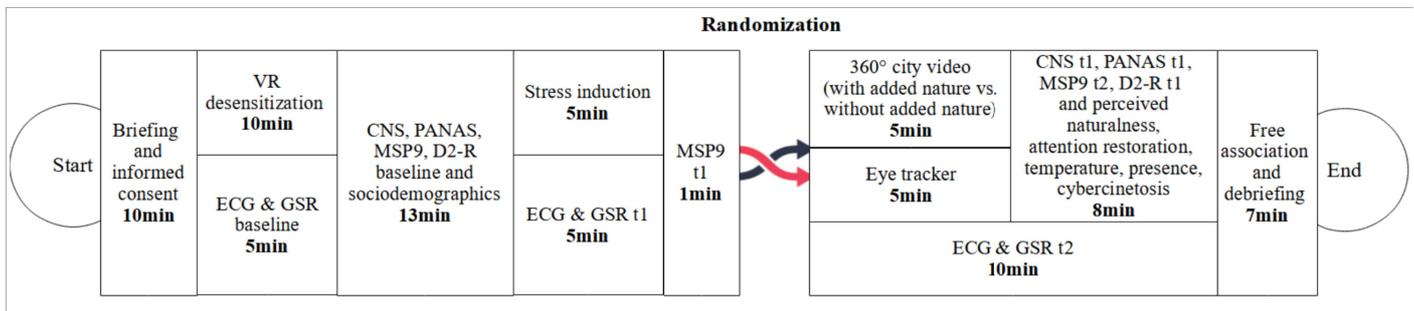
Les hypothèses formulées sont les suivantes : les participants exposés à un environnement enrichi en éléments naturels montreront, par rapport à ceux exposés à un environnement virtuel non enrichi, une récupération significativement plus marquée entre les mesures de base et post-exposition à l'environnement en RV, en ce qui concerne les affects, le stress perçu et le stress physiologique (évalué via les indices pNN50, RMSSD et la conductance électrodermale). Il est également attendu que ces participants présentent une amélioration plus prononcée de leur connexion à la nature et de leur attention, mesurée par la tâche D2-R. Enfin, nous postulons que les participants exposés à l'environnement enrichi réaliseront moins de fixations oculaires, mais de durée plus longue, par rapport à ceux exposés à l'environnement dépourvu d'éléments naturels.

3. Méthode

3.1. Procédure

Cette étude a été préenregistrée le 17 mars 2023 sur la plateforme Open Science Framework (Hefti, 2023). Les fichiers de données ainsi que les scripts Python et R (traitement des données de suivi oculaire, de la VFC et de l'activité électrodermale) utilisés au cours de l'étude sont disponibles sur cette même plateforme (<https://osf.io/yqbks/>). L'expérience a reçu l'approbation du comité d'éthique de la recherche non-interventionnelle de Nantes Université le 9 mars 2023, sous le numéro de référence 09032023. Les sessions expérimentales se sont déroulées du 20 mars 2023 au 3 avril 2023 à l'Experience Lab de la Halle 6 Ouest de Nantes Université, situé au 42 Rue de la Tour d'Auvergne, 44200 Nantes. La procédure expérimentale est illustrée à la figure 11.

Figure 11. Procédure expérimentale (étude 3).



Les participants ont d'abord reçu une convocation par message, accompagnée d'une fiche d'information et de consentement éclairé, leur fournissant toutes les informations nécessaires sur l'étude. S'ils acceptent, ils choisissent un créneau pour la session expérimentale. Le jour de l'expérience, ils sont accueillis, reçoivent un briefing sur le déroulement, et signent le consentement éclairé. L'expérience se déroule dans une salle aménagée avec des paravents séparant l'espace de l'expérimentateur, équipé des logiciels nécessaires (Steam VR pour la réalité virtuelle, Tobii Pro Lab pour l'enregistrement des mouvements oculaires et CAPTIV L7000 pour les données physiologiques). Le participant est installé sur une chaise pour l'immersion en VR, avec un PC pour les questionnaires et une table pour la tâche D2-R.

Les capteurs d'électrocardiogramme et d'activité électrodermale sont ensuite installés sur les participants. Après avoir enfilé le casque de réalité virtuelle, ils procèdent à une calibration via Steam, puis sont exposés pendant 10 minutes à une vidéo à 360° représentant la salle d'expérimentation. Cette étape permet non seulement de les familiariser avec la réalité virtuelle et de réduire son impact sur les résultats, mais aussi de mesurer une ligne de base (baseline) pour l'activité cardiaque et électrodermale avant l'exposition aux différents environnements virtuels. Les cinq premières minutes sont consacrées à la désensibilisation,

tandis que les cinq dernières servent à établir la baseline. Les participants reçoivent alors la consigne suivante : « Pendant les prochaines 10 minutes, vous allez porter un casque de réalité virtuelle qui vous plongera dans un environnement filmé en 360° de la salle où vous êtes. On va juste vous demander de rester assis et de ne rien faire de spécial, juste vous détendre et vous laisser porter par l'expérience. Si vous avez des questions, n'hésitez pas à me les poser maintenant ».

Ensuite, les participants remplissent un questionnaire (voir annexe E) sur le PC, comprenant plusieurs sections : données sociodémographiques, critères d'inclusion, échelle de connexion à la nature (CNS), échelle des affects positifs et négatifs (PANAS) et échelle de stress perçu (MSP-9). La tâche d'attention (D2-R) est alors effectuée sur papier. Les consignes données pour le D2-R sont disponibles en annexe F.

Les participants sont ensuite exposés à une induction de stress de 5 minutes, inspirée du Trier Social Stress Test (Kirschbaum et al., 1993), durant laquelle l'activité cardiaque et l'activité électrodermale sont enregistrées. Une caméra est placée en face du participant, qui est équipé d'un micro cravate. Il leur est indiqué que l'enregistrement sera évalué par un groupe d'experts, ce qui induit une pression liée à l'évaluation sociale. La consigne suivante leur est donnée : « Vous allez maintenant effectuer une tâche de soustraction mathématique. Vous commencerez avec le nombre 1000, puis soustrairez 13 à chaque fois. Essayez de réaliser autant de soustractions que possible en trois minutes. En cas d'erreur, un signal sonore retentira et vous recommencerez à partir de 1000. Grâce à la caméra et au micro, je vais enregistrer vos performances, qui seront analysées par un jury d'experts en psychologie. Notez que vos résultats seront comparés à ceux des autres participants, et que votre capacité à résoudre rapidement et avec précision ces problèmes mathématiques sera prise en compte dans l'évaluation globale de votre performance. Nous vous demandons de donner le meilleur

de vous-même et de ne pas laisser le stress vous distraire de votre tâche. Vous avez trois minutes pour terminer autant de soustractions que possible. Avez-vous bien compris ? ». Au bout de 2 minutes, si le participant ne fait pas d'erreur et qu'il est nécessaire d'augmenter le stress, il reçoit l'instruction suivante : « Veuillez accélérer, rappelez-vous que la rapidité des soustractions influence le résultat final ». Ils complètent ensuite à nouveau l'échelle de stress perçu. Pendant ce temps, l'expérimentateur génère un nombre aléatoire correspondant à l'une des deux conditions expérimentales à l'aide du site random.org.

Les participants remettent le casque de réalité virtuelle et sont ensuite immergés dans l'environnement virtuel (avec ou sans éléments naturels ajoutés) pendant 5 minutes. La consigne suivante leur est donnée : « Tout d'abord, vous allez réaliser un nouveau calibrage en suivant attentivement les points qui apparaîtront devant vos yeux. Une fois cette étape terminée, vous pourrez explorer un environnement filmé à 360°. Comme dans le premier environnement, vous n'avez rien à faire de spécial, simplement profiter de l'expérience et imaginer que vous êtes vraiment là. Vous serez assis.e et pourrez vivre cette expérience immersive pendant 5 minutes. ». Pendant l'exposition, les données de suivi oculaire sont enregistrées. À partir du début de l'exposition et pendant 10 minutes, l'activité cardiaque et l'activité électrodermale sont également mesurées.

Après l'exposition, les participants remplissent à nouveau les échelles PANAS, MSP-9 et de connexion à la nature (CNS). Ils complètent également pour la première fois les échelles de perception de la naturalité, de restauration attentionnelle perçue, de sentiment de présence et de cybercinétose. La procédure se termine par la désinstallation du matériel, suivie d'une question : « Pouvez-vous spontanément me citer quatre mots pour décrire l'environnement que vous avez expérimenté en réalité virtuelle ? ». Un débriefing suit, au cours duquel les participants reçoivent des informations sur les objectifs de l'étude.

3.2. Stimuli et Matériel

Le même système de RV et la caméra Insta Pro 2 360° utilisés dans l'étude 2 ont été employés pour filmer l'environnement urbain du centre-ville de Nantes. Le logiciel Adobe Premiere a ensuite été utilisé pour intégrer des éléments naturels à la scène originale. Les deux versions de cette scène, avec et sans ajout de nature, sont présentées dans la figure 12.

Figure 12. Capture d'écran en 2D des deux scènes urbaines en réalité virtuelle (étude 3).



La scène « sans nature ajoutée » présente un environnement urbain où deux chemins pavés parallèles se rejoignent à l'horizon, longeant une route réservée aux bus. D'un côté, on observe des bâtiments industriels massifs recouverts de graffitis colorés et détaillés, tandis que l'autre côté dévoile également des murs ornés de graffitis, accompagnés de maisons et de résidences bordées de végétation. Certaines de ces zones sont envahies par des buissons et des arbres, apportant une touche de verdure au paysage urbain. Les bâtiments sont hétérogènes en termes de taille, allant de petites constructions à des immeubles plus imposants. Le ciel est partiellement couvert, avec des nuages blancs épars qui laissent transparaître un ciel bleu lumineux. Le soleil, visible derrière les nuages, diffuse une lumière douce et tamisée à travers le ciel. L'élément prédominant de la scène reste cependant urbain, avec des structures artificielles et des œuvres de rue qui dominent visuellement l'espace. Sur le plan sonore, on

perçoit le bruit du ventilateur de la caméra, le passage régulier de véhicules motorisés, ainsi que des bruits de travaux.

La scène « avec nature ajoutée » reprend exactement la même configuration urbaine, mais est enrichie d'éléments aquatiques, végétaux et animaux. La rivière Chézine a été filmée puis intégrée à la scène, remplaçant la route initialement réservée aux bus. Des arbres et des plantations ont été introduits, comprenant cinq touffes d'herbes sauvages, sept arbustes de laurier-palme, trois marronniers, cinq noyers, un bouleau, trois frênes, et six érables. Ces végétaux sont répartis autour des bâtiments et le long des chemins pavés. Sur le plan sonore, des chants d'oiseaux ont été ajoutés, parmi lesquels ceux du pipit des arbres, de la fauvette grisette, et du verdier d'Europe. Ces espèces ont été sélectionnées car il est plausible de les observer à Nantes durant la saison estivale.

Les enregistrements complets des deux scènes sont disponibles en streaming aux adresses suivantes :

- Sans Nature Ajoutée <https://youtu.be/pePULXmcchA>
- Avec Nature Ajoutée https://youtu.be/0_09EUKB1oE

3.3. Participants

Les critères d'inclusion étaient les mêmes que pour l'étude 2 : adultes urbains (grande ville), sans troubles visuels non corrigés, problèmes cardiaques, épileptiques ou grossesse. Le recrutement, effectué par CAPACITES, offrait à chaque participant une indemnité sous forme de carte cadeau Wedoogift d'une valeur de 15 euros pour environ une heure de participation.

Pour déterminer la taille de l'échantillon, nous avons effectué une analyse de puissance avec le logiciel G*Power 3.1.9.7 (Prajapati et al., 2010) pour des ANOVA à effets mixtes, avec un facteur intra-sujet (au moins deux modalités) et un facteur inter-sujet avec deux

modalités. En supposant une taille d'effet f de 0,18, un risque alpha de 0,05, une puissance de 80 %, deux conditions expérimentales, deux mesures (pré- et post-exposition), et une corrélation anticipée de 0,45 (basée sur les corrélations des affects observées dans l'étude 2), une taille d'échantillon de 70 participants était nécessaire. Afin de compenser d'éventuelles données manquantes ou aberrantes, nous avons décidé de recruter au moins 10 participants supplémentaires.

L'échantillon se compose de 83 résidents urbains, principalement de Nantes, avec un âge moyen de 32 ans ($ET = 15,7$), dont 49 femmes et 34 hommes. La majorité (68,7 %) se perçoit d'origine urbaine, tandis que les autres se considèrent d'origine rurale. Parmi les participants, 51,8 % sont étudiants et 56,6 % ont un revenu mensuel net inférieur à 1000 €. Les participants ont été répartis équitablement entre les deux conditions expérimentales, sans différences significatives en termes d'âge, de genre, de niveau d'études, de catégorie socio-professionnelle, de revenus, de familiarité avec la RV, de sentiment de présence ou de symptômes de cybercinétose (voir annexe G).

Un test du chi-carré a révélé une association significative entre le type d'environnement et le niveau de familiarité avec le lieu, $\chi^2(3, N = 83) = 13.5, p = .004$, avec un effet de taille important (V de Cramer = .40), indiquant que la familiarité varie significativement selon les conditions expérimentales. Les participants de la condition « sans nature ajoutée » ont reconnu l'environnement plus fréquemment que ceux de la condition « avec nature ajoutée ». Cette différence peut s'expliquer par la présence réelle de l'environnement non modifié à Nantes, où résident les participants. Les participants des deux conditions expérimentales sont comparables, à l'exception de la familiarité avec le lieu. Celle-ci sera incluse comme variable de contrôle dans l'analyse des effets de la condition expérimentale sur les variables d'intérêt.

Tableau 7 : Profil socio-démographique des participants (étude 3).

Variable	
Âge moyen, <i>M (ET)</i>	32 (15.7)
Âge <i>MIN</i>	18
Âge <i>MAX</i>	75
Genre, <i>n (%)</i>	
Femmes	49 (59)
Hommes	34 (41)
Origine perçue, <i>n (%)</i>	
Rurale	26 (31.3)
Urbaine	57 (68.7)
Catégorie socio-professionnelle, <i>n (%)</i>	
Agriculteurs exploitants	0 (0)
Artisans, commerçants et chefs d'entreprise	3 (3.6)
Cadres et professions intellectuelles supérieures	8 (9.6)
Professions intermédiaires	6 (7.2)
Employés	11 (13.3)
Ouvriers	0 (0)
Retraités	6 (7.2)
Sans activité professionnelle	6 (7.2)
Étudiants	43 (51.8)
Niveau d'études, <i>n (%)</i>	
Collège	0 (0)
Baccalauréat et équivalent	23 (27.7)
BAC + 3	38 (45.8)
Master ou plus	22 (26.5)
Revenus mensuels net, <i>n (%)</i>	
Moins de 1000€	47 (56.6)
Entre 1000€ et 1400€	11 (13.3)
Entre 1400€ et 1800€	3 (3.6)
Entre 1800€ et 2200€	12 (14.5)
Entre 2200€ et 2600€	4 (4.8)
Entre 2600€ et 3000€	1 (1.2)
Entre 3000€ et 3400€	1 (1.2)
Plus de 3400€	4 (4.8)
Expérience avec la RV, <i>n (%)</i>	
Jamais	17 (20.5)
1 fois	18 (21.7)
Entre 2 et 5 fois au cours de ma vie	35 (42.2)
Plus de 5 fois mais pas de façon régulière	13 (15.7)
Utilisateur régulier	0 (0)

3.4. Mesures

a. Variables d'intérêt auto-évaluées

Les affects subjectifs ressentis lors de l'évaluation ont été mesurés à l'aide de l'échelle PANAS (Positive and Negative Affect Schedule) de Watson et al. (1988), traduite en français par Gaudreau et al. (2006). Cette échelle, choisie pour être l'une des plus utilisées en psychologie environnementale dans ce type de recherche, permet de faciliter les comparaisons. Elle repose sur une structure bidimensionnelle qui distingue les affects positifs (10 items : intéressé·e, excité·e, fort·e, enthousiaste, fier·e, alerte, inspiré·e, déterminé·e, attentif·ve, actif·ve) des affects négatifs (10 items : anxieux·se, fâché·e, coupable, effrayé·e, hostile, irrité·e, honteux·se, nerveux·se, agité·e, craintif·ve). Les participants évaluent chaque item sur une échelle de Likert en 5 points, allant de « pas ressenti » à « fortement ressenti ». Un score élevé en affect positif reflète une énergie agréable, tandis qu'un score faible indique tristesse et léthargie. De plus, un score élevé en affect négatif suggère une détresse émotionnelle, alors qu'un score faible est associé au calme.

Le stress perçu a été mesuré à l'aide d'une version abrégée de l'échelle « Mesure de Stress Psychologique » (MSP-9, Lemyre et Tessier, 1988 ; Lemyre et Tessier, 2003), un instrument éprouvé pour sa fiabilité et sa validité dans l'évaluation du stress ressenti. L'adaptation inclut les items suivants : « Je suis détendu(e) », « Je me sens débordé(e) », « Je me sens préoccupé(e), tourmenté(e) ou anxieux(se) », « Je ne sais plus où j'en suis, je manque d'attention et de concentration », « Je me sens plein(e) d'énergie, en forme », « Je sens un grand poids sur mes épaules », « Je contrôle mal mes réactions, mes émotions, mes humeurs, mes gestes », et « Je suis stressé(e) ». Les participants ont évalué leur degré d'accord avec chaque affirmation sur une échelle de Likert à 8 points, allant de « Pas du tout » à « Énormément ». Un score élevé indique un niveau de stress perçu plus important.

La restauration de l'attention perçue a été évaluée à l'aide de la version courte de la Perceived Restorativeness Scale (PRS, Hartig et al., 1997), développée par Ruiz et Hernández (2014) et traduite par nos soins. Dans la première étude, la consistance interne de l'échelle s'est révélée acceptable ($\alpha = .75$).

La connexion à la nature a été mesurée cette fois à l'aide d'une version courte de 7 items de la Connectedness to Nature Scale (Mayer et Frantz, 2004), traduite et validée dans plusieurs pays par Navarro et al. (2022). Les participants ont évalué leur niveau d'accord sur une échelle de Likert à 5 points, allant de 1 « Pas du tout d'accord » à 5 « Tout à fait d'accord ».

b. Variable d'intérêt : tâche d'attention concentrée

L'attention a été évaluée à l'aide du test papier-crayon d2-R (Brickenkamp et al., 2010), conçu pour mesurer la concentration ainsi que la rapidité et la précision dans la discrimination de stimuli visuels similaires. Les participants doivent barrer tous les caractères cibles, soit un « d » avec exactement deux traits, placés soit au-dessus, soit en dessous, ou un trait au-dessus et un autre en dessous. Ils doivent ignorer les caractères non cibles, comprenant un « d » avec un nombre différent de traits ou des « p » avec divers nombres de traits. Le test est chronométré, d'une durée totale de 4 minutes et 40 secondes, ce qui le rend pratique à utiliser. Cette mesure a été choisie pour proposer une modalité de passation différente à celle de la récupération, qui se déroule en réalité virtuelle.

c. Variables d'intérêt psychophysologiques

Le suivi oculaire, intégré au casque de réalité virtuelle, a été mesuré une fois de plus, en utilisant le même matériel que dans l'étude 2. Les mesures sélectionnées pour l'analyse incluent la distance parcourue par l'œil, le nombre de fixations, la durée moyenne des fixations, le nombre de saccades, la durée moyenne des saccades, ainsi que le pourcentage de données invalides, ce dernier critère permettant d'exclure les données peu fiables (exclusion appliquée au-delà de 20 % de données invalides).

La variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) a également été mesurée, en se concentrant spécifiquement sur le RMSSD et le pNN50. Pour calculer ces indicateurs de la VFC, nous avons enregistré les intervalles entre deux battements cardiaques (intervalles R-R) à l'aide du capteur sans fil TEA CAPTIV T-Sens ECG.

Enfin, l'activité électrodermale, notamment le niveau moyen de conductance cutanée, a été mesurée à l'aide du capteur sans fil TEA CAPTIV T-Sens GSR, avec une fréquence d'échantillonnage de 32 Hz et un poids de 20 g. Deux électrodes ont été fixées sur l'index et le majeur de la main non dominante des participants. Chaque participant a généré des fichiers contenant les niveaux de conductance cutanée (μ Siemens) mesurés à différents moments. Selon les recommandations de Boucsein et al. (2012), les scores ont été normalisés pour tenir compte des importantes variations interindividuelles. Une normalisation Min-Max a été effectuée pour que toutes les valeurs se situent entre 0 et 1, ce qui facilite les comparaisons. La formule de normalisation utilisée est la suivante :

$$SCL_{normalisé} = \frac{SCL - SCL_{min}}{SCL_{max} - SCL_{min}}$$

où SCL désigne la valeur originale de la conductance cutanée, SCL_{min} représente la valeur minimale observée dans l'ensemble de données, et SCL_{max} correspond à la valeur maximale.

Les moyennes des niveaux de conductance cutanée normalisées ont ensuite été calculées pour les trois périodes de mesure.

Les scripts R utilisés pour traiter les données et calculer les différents indicateurs à partir des fichiers bruts sont accessibles sur OSF à l'adresse suivante : <https://osf.io/yqbks/>. Trois moments de mesure de l'activité électrodermale et de la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) ont été enregistrés : la baseline, pendant la tâche induisant le stress, et lors de l'exposition à l'environnement virtuel.

d. Variables de contrôle

La version traduite du Igroup Presence Questionnaire (IPQ), développée par Viaud-Delmon (s.d.) et composée de 13 items, a été utilisée pour évaluer la présence. La cybercinétose a été mesurée à l'aide des symptômes du Simulator Sickness Questionnaire de Kennedy et al. (1993), identiques à ceux de l'étude 2. Un item analogique a également été employé pour évaluer la perception de la naturalité de l'environnement virtuel.

De plus, des informations sur le genre, l'âge, le niveau d'études, la ville de résidence, les revenus mensuels nets, la catégorie socio-professionnelle, l'origine perçue (urbaine ou rurale), la familiarité avec les casques de réalité virtuelle, la connaissance du lieu présenté, ainsi qu'une série de questions potentielles influençant les mesures de l'électrocardiogramme (voir Laborde et al., 2017) ont été collectées.

3.5. Analyse des données

Les mêmes principes de sélection des tests statistiques ainsi que les critères d'identification et d'exclusion des données aberrantes et des données oculaires ont été appliqués que dans l'étude 2.

4. Résultats

4.1. Vérification préliminaires des données

a. Gestion des données, distributions univariées et cohérence interne

Les données de suivi oculaire de quatre participants ont été exclues en raison d'un taux d'invalidité supérieur à 20 %. Les valeurs aberrantes relatives à la restauration attentionnelle perçue, à la présence, à la cybercinétose, aux affects, au stress perçu, à la variabilité de la fréquence cardiaque, à l'activité électrodermale, au test D2-R, ainsi qu'aux autres données de suivi oculaire ont été rigoureusement examinées. Aucune autre donnée n'a été jugée erronée, et toutes ont donc été conservées pour les analyses ultérieures. Un oubli d'activation de l'enregistrement de l'activité cardiaque et électrodermale lors de l'induction au stress a conduit à des données manquantes pour les variables associées.

Les tests de normalité de Shapiro-Wilk ont révélé que, pour les deux conditions expérimentales et pour l'ensemble des variables étudiées, les distributions des affects positifs durant la phase de baseline et après l'exposition à l'environnement en réalité virtuelle, du nombre de fixations pendant l'exposition, de la fréquence cardiaque moyenne pendant la phase de baseline et l'induction au stress, du niveau de conductance cutanée normalisé lors de l'induction au stress, du stress perçu après l'induction au stress, de la restauration attentionnelle perçue et du sentiment de présence, suivaient une distribution normale. En revanche, les distributions des autres variables ne respectaient pas cette loi normale.

La cohérence interne des échelles utilisées a été évaluée à l'aide des valeurs de l'alpha de Cronbach, qui varient de 0,74 à 0,87, indiquant une fiabilité satisfaisante. Le tableau 8 présente les moyennes, les écarts types, ainsi que les coefficients alpha de Cronbach pour chaque échelle.

Tableau 8 : Statistiques univariées et cohérence interne des échelles utilisées (étude 3).

Variable	Baseline	α	TSST	α	Exposition	α
Connexion nature, $M (ET)$	3.54 (.74)	.80			3.56 (.84)	.86
Affects positifs, $M (ET)$	2.79 (0.66)	.83			2.71 (0.71)	.87
Affects négatifs, $M (ET)$	1.34 (0.40)	.80			1.30 (0.41)	.87
Stress perçu, $M (ET)$	2.87 (1.14)	.82	3.67 (1.23)	.82	2.52 (0.96)	.80
D2-R capacité de concentration, $M (ET)$	153 (31.9)				181 (37.3)	
Fréquence cardiaque	74.2 (11.1)		80.5 (11.6)		71.2 (9.66)	
RMSSD	67.2 (39.7)		69.7 (40.3)		74.7 (36.9)	
pNN50	27.4 (20.8)		25.8 (16.8)		30.9 (19.1)	
SCL normalisé	0.352 (0.097)		0.487 (0.14)		0.403 (0.091)	
Nombre de fixations			583 (175)			
Durée moyenne des fixations			415 (157)			
Nombre de saccades			972 (401)			
Durée moyenne des saccades			34.5 (3.9)			
Distance oculaire parcourue			14.2 (8.28)			
Naturalité perçue, $M (ET)$					48.8 (29.1)	
Restauration attentionnelle perçue, $M (ET)$					3.93 (1.11)	.76
Présence, $M (ET)$					4.31 (1.01)	.83
Cybercynétose, $M (ET)$					1.42 (.38)	.74

c. Comparaisons des baseline

Pour les variables distribuées normalement en phase de baseline, un test t de Student pour échantillons indépendants a été effectué afin d'examiner les différences de scores. Pour les variables ne suivant pas une distribution normale, un test de Mann-Whitney a été appliqué. Cependant, pour le nombre d'erreurs au test D2-R, l'hypothèse d'homogénéité des variances étant violée, nous avons opté pour un test de Welch.

Les résultats n'ont montré aucune différence significative entre les deux conditions pour les affects positifs ($t(81) = -1.54, p = .127$) et négatifs ($U = 803, p = .593$) en phase de baseline, ainsi que pour la connexion à la nature ($t(81) = 0.184, p = .854$), le stress perçu ($U = 742, p = .278$), la fréquence cardiaque ($t(81) = 0.363, p = .718$), le RMSSD ($U = 777,$

$p = .449$), le pNN50 ($U = 742$, $p = .280$) et la conductance cutanée normalisée ($U = 849$, $p = .917$).

En revanche, les scores de capacité de concentration en phase de baseline étaient significativement plus élevés dans le groupe « sans nature ajoutée » ($M = 161.55$, $ET = 31.29$) par rapport au groupe « avec nature ajoutée » ($M = 143.54$, $ET = 30.21$), $t(81) = -2.67$, $p = .009$, $d = -0.59$, indiquant une taille d'effet moyenne.

En conclusion, les analyses révèlent une homogénéité des groupes en termes d'état psychologique et physiologique avant l'intervention, bien que le groupe « sans nature ajoutée » ait obtenu des scores de performance cognitive significativement plus élevés, ce qui devra être pris en compte lors des comparaisons post-exposition.

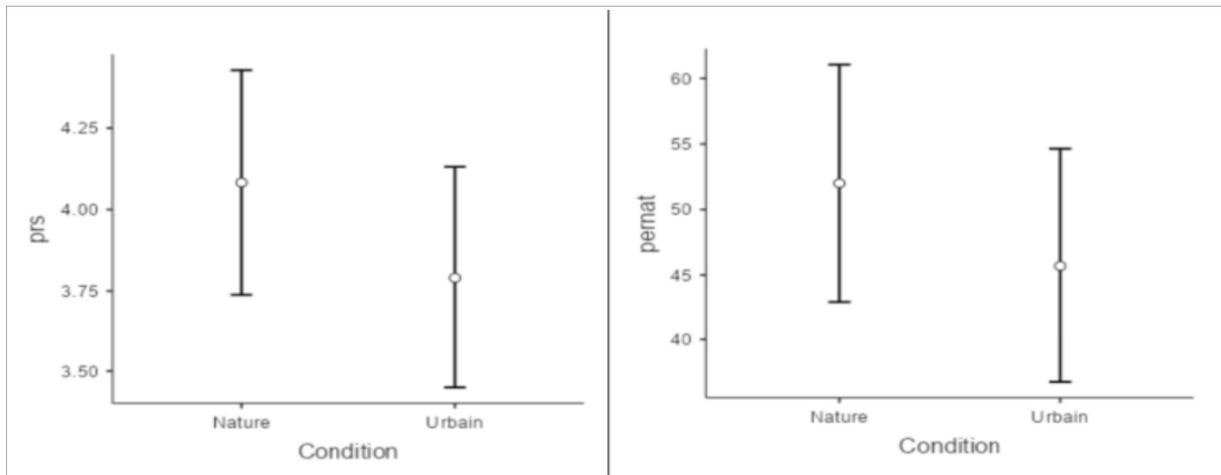
4.2. Perception de la naturalité et restauration attentionnelle perçue

Un test t de Student n'a révélé aucune différence de restauration attentionnelle perçue entre le groupe « sans nature ajoutée » ($M = 3.79$, $ET = 1.21$) et le groupe « avec nature ajoutée » ($M = 4.08$, $ET = 0.995$), $t(81) = 1.20$, $p = .233$.

De plus, un test de Mann-Whitney n'a montré aucune différence significative des scores de perception de la naturalité entre le groupe « sans nature ajoutée » ($Mdn = 32.5$) et le groupe « avec nature ajoutée » ($Mdn = 50$), $U = 720$, $p = .198$.

Un test de corrélation de Spearman entre les scores de naturalité perçue et de restauration attentionnelle perçue révèle une corrélation positive, significative, de taille d'effet faible ($\rho = .29$, $p = .007$).

Figure 13. Moyennes des scores de restauration de l'attention (à gauche) et de perception de la naturalité (à droite), accompagnés de barres d'erreur illustrant les intervalles de confiance (étude 3).



4.3. Effet de l'intégration d'éléments naturels sur la récupération affective

a. Les affects positifs

Une analyse de variance à mesures répétées a été effectuée afin d'examiner l'effet principal de la condition expérimentale (avec ou sans nature ajoutée), l'effet du facteur intra-sujet (pré- vs post-exposition) ainsi que l'interaction entre ces deux facteurs sur les scores d'affects positifs des participants. Les résultats n'ont révélé aucun effet principal significatif de la condition expérimentale, $F(1,81) = 1.83$, $p = .180$. De plus, l'effet du facteur intra-sujet (temps) n'était pas significatif, $F(1,81) = 2.247$, $p = .138$. L'interaction entre la condition expérimentale et le facteur intra-sujet n'était également pas significative, $F(1,81) = 0.331$, $p = .567$.

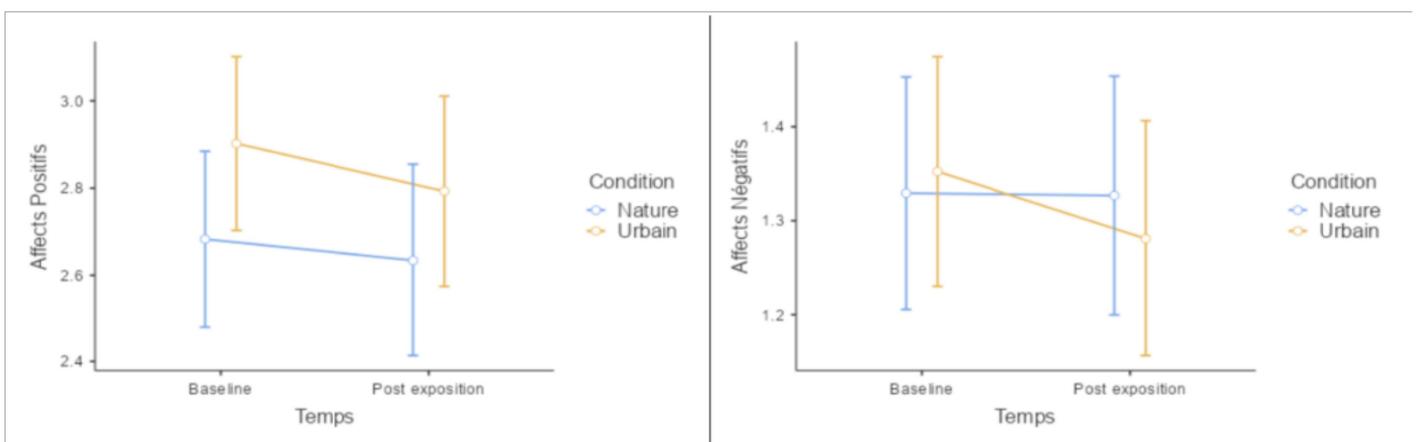
La Figure 14 illustre les moyennes marginales des affects positifs selon les conditions et les moments de mesure.

b. Les affects négatifs

Une analyse de variance à mesures répétées a été effectuée afin d'examiner l'effet principal de la condition expérimentale (avec ou sans nature ajoutée), l'effet du facteur intra-sujet (pré- vs post-exposition) ainsi que l'interaction entre ces deux facteurs sur les scores d'affects négatifs des participants. Les résultats n'ont révélé aucun effet principal significatif de la condition expérimentale, $F(1,81) = 0.021$, $p = .886$. De plus, l'effet du facteur intra-sujet (temps) n'était pas significatif, $F(1,81) = 0.848$, $p = .360$. L'interaction entre la condition expérimentale et le facteur intra-sujet n'était également pas significative, $F(1,81) = 0.740$, $p = .392$.

La Figure 14 illustre les moyennes marginales des affects négatifs selon les conditions et les moments de mesure.

Figure 14. Graphiques des moyennes des affects positifs et négatifs selon le temps d'exposition et la condition, avec des barres d'erreur représentant les intervalles de confiance (étude 3).

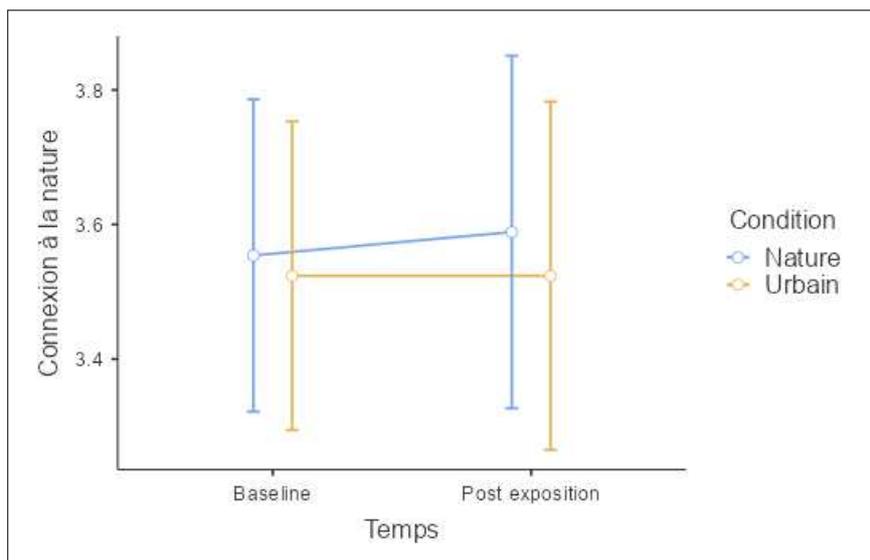


4.4. Effet de l'intégration d'éléments naturels sur la connexion à la nature

Une analyse de variance à mesures répétées a été effectuée afin d'examiner l'effet principal de la condition expérimentale (avec ou sans nature ajoutée), l'effet du facteur intra-sujet (pré- vs post-exposition) ainsi que l'interaction entre ces deux facteurs sur les scores de connexion à la nature des participants. Les résultats n'ont révélé aucun effet principal significatif de la condition expérimentale, $F(1,81) = 0.078, p = .781$. De plus, l'effet du facteur intra-sujet (temps) n'était pas significatif, $F(1,81) = 0.198, p = .658$. L'interaction entre la condition expérimentale et le facteur intra-sujet n'était également pas significative, $F(1,81) = 0.198, p = .658$.

La Figure 15 illustre les moyennes marginales de la connexion à la nature selon les conditions et les moments de mesure.

Figure 15. Graphiques des moyennes de connexion à la nature selon le temps d'exposition et la condition, avec les intervalles de confiance (étude 3).

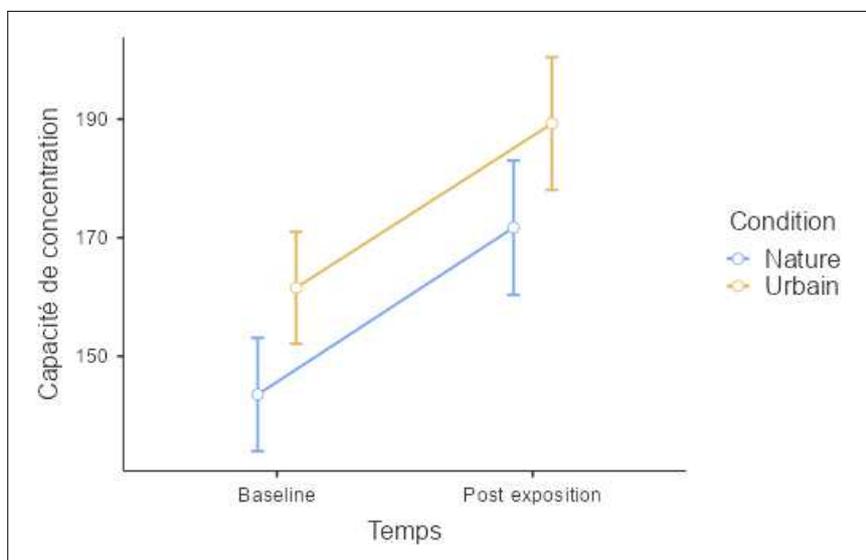


4.5. Effet de l'intégration d'éléments naturels sur la récupération de l'attention

Une analyse de variance à mesures répétées a été réalisée pour évaluer l'effet principal de la condition expérimentale (avec ou sans nature ajoutée) et du facteur intra-sujet (pré- vs post-exposition) sur les scores de capacité de concentration mesurés par le test d2-R. Les résultats ont montré un effet principal significatif de la condition expérimentale, $F(1,81) = 6.05$, $p = .016$, $\eta^2_G = 0.066$, indiquant des scores globaux plus élevés chez les participants du groupe « sans nature ajoutée », avec une taille d'effet modérée. Ce résultat renforce l'analyse des différences observées lors de la phase de baseline. De plus, l'effet du facteur intra-sujet (temps) a également été significatif, $F(1,81) = 299.56$, $p < .001$, $\eta^2_G = 0.149$, avec une taille d'effet importante. Les scores globaux étaient nettement plus élevés à la seconde mesure (post exposition à l'environnement en RV) ($M = 181$, $ET = 37.3$) qu'à la première mesure (baseline) ($M = 153$, $ET = 31.9$). En revanche, l'interaction entre la condition expérimentale et le facteur intra-sujet n'était pas significative, $F(1,81) = 0.02$, $p = .888$, suggérant que l'effet de la condition expérimentale sur la capacité de concentration ne varie pas en fonction du temps d'exposition.

La Figure 16 illustre les moyennes marginales de la capacité de concentration selon les conditions et les moments de mesure.

Figure 16. Graphiques des moyennes de la capacité de concentration selon le temps d'exposition et la condition, avec les intervalles de confiance (étude 3).



4.6. Effet de l'intégration d'éléments naturels sur la récupération de stress perçu

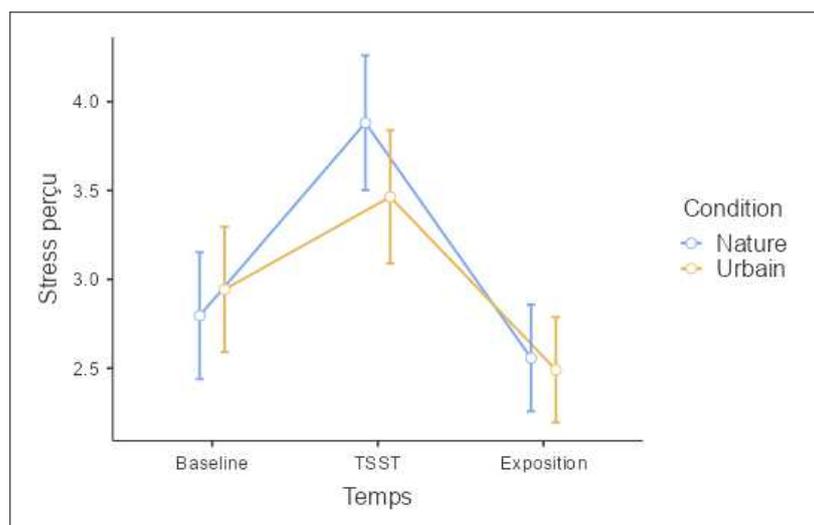
Une analyse de variance à mesures répétées a été réalisée afin d'examiner l'effet du temps (T1 : mesure de base, T2 : mesure post-induction de stress, T3 : mesure post-exposition à un environnement virtuel) et de la condition expérimentale (sans nature ajoutée vs. avec nature ajoutée) sur les scores de stress perçu des participants. Le test de Mauchly a révélé que l'hypothèse de sphéricité n'était pas respectée pour l'effet du temps, W de Mauchly = 0.834, $p < .001$, indiquant une violation de la sphéricité. Par conséquent, une correction de Greenhouse-Geisser a été appliquée ($\epsilon = .858$).

Les résultats ont montré un effet principal significatif du temps sur les scores de stress perçu, $F(1.72, 138.92) = 50.22, p < .001, \eta^2_G = .16$, ce qui indique une taille d'effet modérée. Les analyses post hoc avec correction de Bonferroni ont révélé que les scores de stress perçu étaient significativement plus élevés à T2 ($M = 3.67, ET = 1.23$) qu'à T1 ($M = 2.87, ET = 1.14$), $p < .001$, ainsi qu'à T3 ($M = 2.52, ET = 0.96$), $p < .001$. De plus, les scores à T1 étaient également plus élevés qu'à T3, $p = .001$.

L'effet principal de la condition expérimentale n'est pas significatif, $F(1, 81) = 0.301, p = .585$, montrant l'absence de différence notable entre les groupes concernant les scores de stress perçu. De même, l'analyse de variance n'indique pas de différence significative des scores de bien-être au fil du temps entre les groupes, bien que le résultat s'approche du seuil de significativité ($p < .05$), $F(1.72, 138.92) = 2.94, p = .064 = 2.94, p = .064$.

La Figure 17 illustre les moyennes marginales de la capacité de concentration selon les conditions et les moments de mesure.

Figure 17. Graphiques des moyennes de la capacité de stress perçu selon le temps d'exposition et la condition, avec les intervalles de confiance (étude 3).



4.7. Effet des éléments naturels et de l'induction de stress sur la VFC

a. La fréquence cardiaque

Une analyse de variance à mesures répétées a été menée pour évaluer l'effet du temps (T1 : mesure de base, T2 : mesure post-induction de stress, T3 : mesure post-exposition à un environnement virtuel) et de la condition expérimentale (sans nature ajoutée vs. avec nature ajoutée) sur la fréquence cardiaque des participants. Le test de Mauchly a montré une violation de l'hypothèse de sphéricité pour l'effet du temps (W de Mauchly = 0.710, $p < .001$), ce qui a conduit à appliquer une correction de Greenhouse-Geisser ($\epsilon = .775$).

Les résultats montrent un effet principal significatif du temps sur la fréquence cardiaque, $F(1.55, 123.99) = 77.274, p < .001, \eta^2_G = .115$, avec une taille d'effet importante. Les analyses post hoc ont révélé que la fréquence cardiaque était significativement plus élevée à T2 ($M = 82, ET = 13.6$) qu'à T1 ($M = 74.7, ET = 11.8$), $p < .001$, ainsi qu'à T3 ($M = 71.6, ET = 10.4$), $p < .001$. De plus, les scores à T1 étaient plus élevés qu'à T3, $p < .001$.

Aucun effet significatif n'a été observé entre les conditions expérimentales ($F(1, 80) = 0.201, p = .655$) ni d'interaction significative entre le temps et la condition ($F(1.55, 123.99) = 0.338, p = .658$). La Figure 18 illustre les moyennes marginales de la fréquence cardiaque selon les conditions et les moments de mesure.

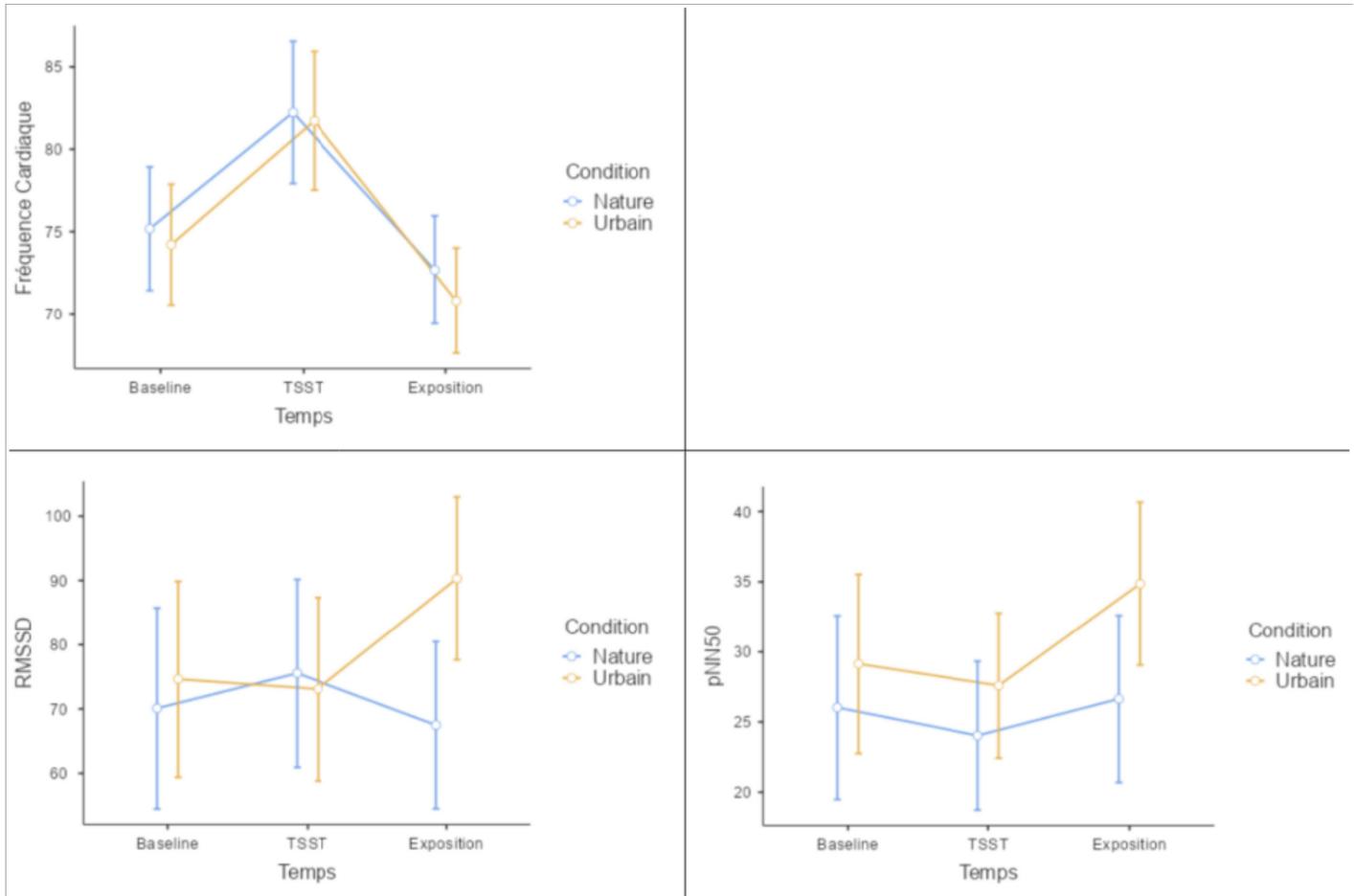
b. Le RMSSD

Pour le RMSSD, le test de Mauchly a confirmé l'hypothèse de sphéricité pour l'effet du temps (W de Mauchly = 0.994, $p = .790$). Les résultats n'ont pas révélé d'effet principal significatif du temps sur le RMSSD, $F(2, 160) = 0.733$, $p = .482$. De plus, aucun effet significatif n'a été observé entre les conditions expérimentales ($F(1, 80) = 1.11$, $p = .295$), ni d'interaction significative entre le temps et la condition ($F(2, 160) = 2.7779$, $p = .065$). La Figure 18 présente les moyennes marginales du RMSSD en fonction des conditions et des moments de mesure.

c. Le pNN50

Pour le pNN50, le test de Mauchly a révélé une violation de l'hypothèse de sphéricité pour l'effet du temps (W de Mauchly = 0.896, $p = .013$), entraînant l'application d'une correction de Greenhouse-Geisser ($\epsilon = .906$). Les résultats montrent un effet principal significatif du temps sur le pNN50, $F(1.81, 144.92) = 6.25$, $p = .003$, $\eta^2_G = .012$, avec une taille d'effet faible. Les analyses post hoc indiquent que le pNN50 était significativement plus élevé à T3 ($M = 30.9$, $ET = 19.1$) qu'à T2 ($M = 25.8$, $ET = 16.8$), $p = .004$, ainsi qu'à T1 ($M = 27.4$, $ET = 20.8$), $p = .025$. Aucune différence significative n'a été observée entre T1 et T2 ($p = .777$). Par ailleurs, aucun effet significatif n'a été détecté entre les conditions expérimentales ($F(1, 80) = 1.66$, $p = .201$), ni d'interaction significative entre le temps et la condition ($F(1.81, 144.92) = 1.99$, $p = .145$). La Figure 18 présente les moyennes marginales du pNN50 selon les conditions et les moments de mesure.

Figure 18. Graphiques des moyennes de la fréquence cardiaque, du RMSSD et du pNN50 selon le temps d'exposition et la condition, avec les intervalles de confiance (étude 3).

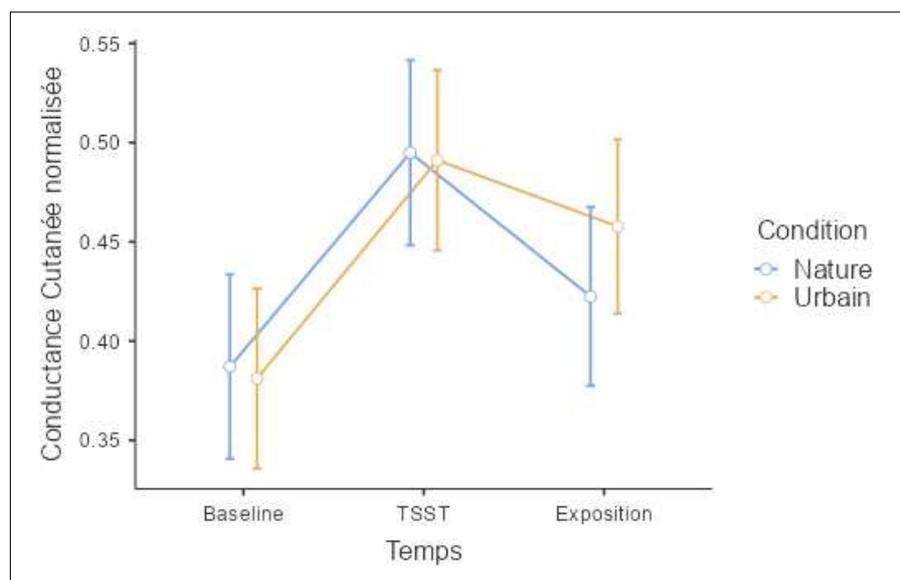


4.8. Effet de l'intégration d'éléments naturels sur l'activité électrodermale

Pour le niveau de conductance cutanée normalisé, le test de Mauchly n'a pas indiqué une violation de l'hypothèse de sphéricité pour l'effet du temps (W de Mauchly = 0.997, $p = .889$). Les résultats montrent un effet principal significatif du temps sur la conductance cutanée, $F(2, 160) = 14.368$, $p < .001$, $\eta^2_G = .086$, avec une taille d'effet moyenne. Les analyses post hoc révèlent que le niveau de conductance était significativement plus élevé à T2 ($M = 0.493$, $ET = 0.147$) qu'à T1 ($M = 0.383$, $ET = 0.147$), $p < .001$, ainsi qu'à T3

($M = 0.440$, $ET = 0.143$), $p = .027$. Une différence significative a également été observée entre T1 et T3 ($p = .024$). En revanche, aucune différence significative n'a été observée entre les conditions expérimentales ($F(1, 80) = 0.147$, $p = .703$) ni d'interaction significative entre le temps et la condition ($F(2, 160) = 0.653$, $p = .522$). La Figure 19 illustre les moyennes marginales du niveau de conductance cutanée normalisé selon les conditions et les moments de mesure.

Figure 19. Graphique des moyennes du niveau de conductance cutanée normalisé selon le temps d'exposition et la condition, avec les intervalles de confiance (étude 3).



4.9. Effet de l'intégration d'éléments naturels sur les mouvements oculaires

a. Le nombre de fixations oculaires

Un test *t* de Student pour échantillons indépendants a été réalisé afin d'évaluer l'effet de l'intégration d'éléments naturels sur le nombre de fixations. Les résultats n'ont pas montré de différence significative entre les deux conditions, $t(77) = 1.96$, $p = .053$. La figure 20 illustre les moyennes du nombre de fixations en fonction des conditions expérimentales.

b. La durée moyenne des fixations oculaires

Un test de Mann-Whitney a été réalisé pour comparer la durée moyenne des fixations entre les deux groupes. Les résultats n'ont pas montré de différence significative, $U = 658$, $p = .235$. La figure 20 illustre les durées moyennes des fixations en fonction des conditions expérimentales.

c. Le nombre de saccades

Un test de Mann-Whitney a été réalisé pour comparer le nombre de saccades entre les deux groupes. Les résultats n'ont pas montré de différence significative, $U = 646$, $p = .191$. La figure 20 illustre le nombre de saccades en fonction des conditions expérimentales.

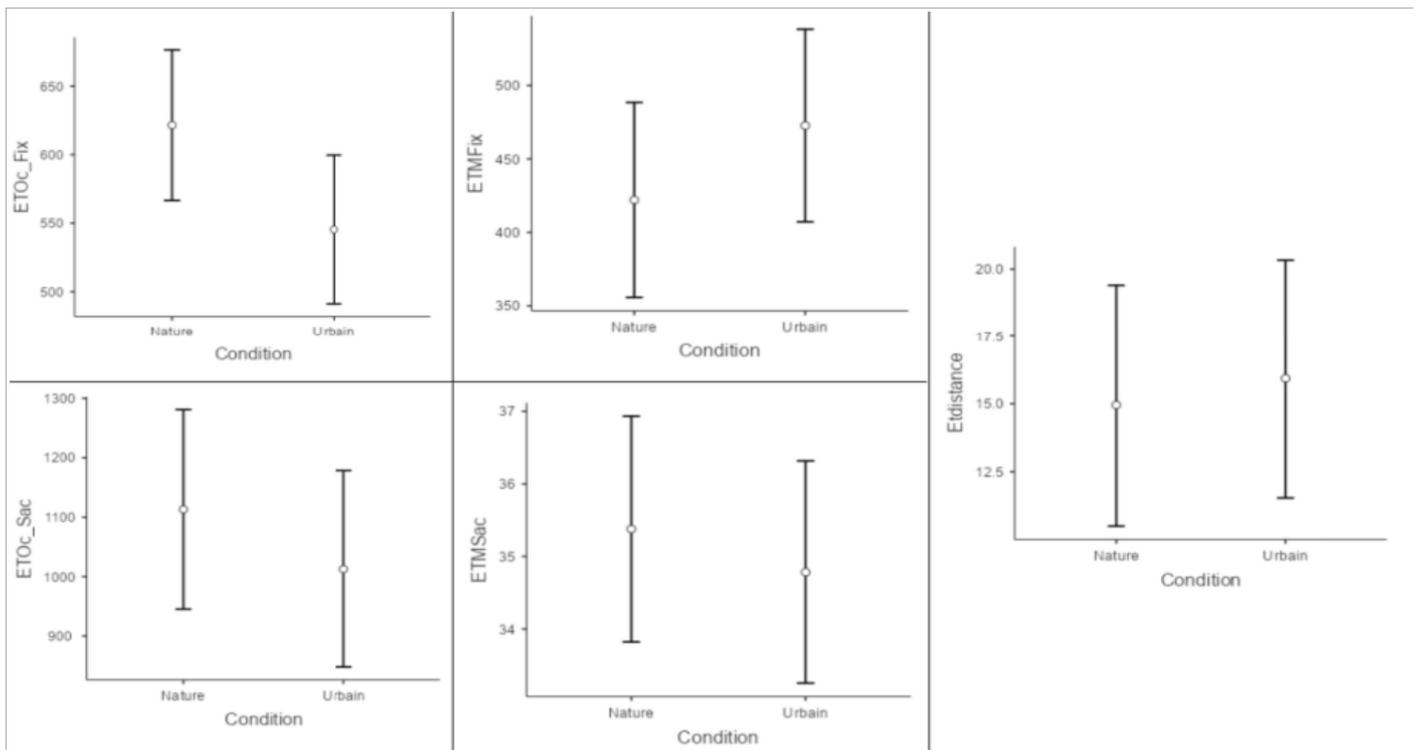
d. La durée moyenne des saccades

Un test de Mann-Whitney a été réalisé pour comparer la durée moyenne des saccades entre les deux groupes. Les résultats n'ont pas montré de différence significative, $U = 710$, $p = .498$. La figure 20 illustre le nombre de saccades en fonction des conditions expérimentales.

e. La distance oculaire parcourue

Un test de Mann-Whitney a été réalisé pour comparer la distance oculaire parcourue entre les deux groupes. Les résultats n'ont pas montré de différence significative, $U = 654$, $p = .220$. La figure 20 illustre la distance oculaire parcourue en fonction des conditions expérimentales.

Figure 20. Moyennes du nombre (à gauche) et de la durée (au centre) des fixations (en haut), des saccades (en bas), et de la distance oculaire parcourue (à droite) selon la condition expérimentale, avec intervalles de confiance (étude 3).



5. Discussion

Cette étude avait pour objectif d'examiner l'impact de l'intégration d'éléments naturels dans des environnements en réalité virtuelle sur la récupération cognitive, affective et physiologique, ainsi que sur la connexion à la nature. En comparant deux versions identiques d'un environnement virtuel, l'une enrichie d'éléments naturels et l'autre non modifiée, l'étude visait à mieux contrôler l'influence de ces environnements à travers des mesures subjectives et objectives, tout en abordant certaines des limites identifiées dans les travaux antérieurs. Les résultats ont fourni des éclaircissements sur les effets potentiels des environnements virtuels naturalisés, en particulier concernant leur rôle dans la récupération post-stress.

5.1. Perception de la naturalité et restauration attentionnelle perçue

L'analyse des résultats n'a pas révélé de différence significative dans la perception de la naturalité entre les deux environnements, soulevant des questions cruciales sur la validité du matériel expérimental. Malgré l'enrichissement substantiel de l'environnement avec divers éléments naturels tels qu'une rivière, des arbres variés, des plantations et des chants d'oiseaux locaux, ces ajouts n'ont pas suffi à modifier la perception de la naturalité chez les participants.

La première explication qui émerge est que les éléments naturels intégrés n'ont pas été perçus comme suffisamment réalistes ou immersifs par les participants. Plusieurs facteurs pourraient en être responsables, notamment la qualité visuelle et sonore de ces éléments, ainsi que les incongruences liées à leur intégration dans l'environnement virtuel. Par exemple, des images en deux dimensions ont été intégrées dans l'environnement en trois dimensions, ce qui peut créer un manque d'harmonie. De plus, des disparités en termes de luminosité ou de jeux de lumière peuvent également être observées dans l'environnement modifié. En d'autres termes, bien que ces éléments naturels soient présents, ils n'ont peut-être pas fidèlement

reproduit l'expérience d'un environnement naturel réel et cohérent, ce qui pourrait expliquer leur influence limitée sur la perception de la naturalité.

Pour étayer cette hypothèse, les données ont été examinées. Bien qu'aucune différence significative n'ait été observée au niveau du score total de présence, le score de la sous-dimension « réalisme » était supérieur, bien que non significativement, dans l'environnement sans éléments naturels ajoutés, tandis que les différences dans les autres sous-dimensions étaient moins prononcées. La sous-dimension de réalisme évalue la crédibilité de l'environnement virtuel par rapport au monde réel, en mesurant la cohérence de l'expérience virtuelle avec les attentes et perceptions des utilisateurs. De plus, lors de l'association libre à la fin de l'expérience, les participants ont été invités à citer spontanément quatre mots pour décrire l'environnement qu'ils avaient récemment expérimenté en réalité virtuelle. Dans ce contexte, des termes tels qu'« irréel » ou « virtuel » ont été utilisés pour qualifier l'environnement comportant des éléments naturels ajoutés. En revanche, l'environnement sans éléments naturels ajoutés a été décrit à l'aide de mots tels que « réel », « réaliste » et « immersif ». Bien que le terme « artificiel » ait également été mentionné, son sens demeure flou, ne permettant pas de déterminer s'il se réfère à une opposition entre naturel et artificiel ou s'il désigne simplement une perception d'un environnement peu réaliste.

L'intégration d'éléments naturels n'a également pas eu d'effet significatif sur la restauration attentionnelle perçue. Cependant, une corrélation positive modeste mais significative a été observée entre la perception de la naturalité et la restauration attentionnelle perçue. Cela confirme qu'un participant percevant un environnement comme plus naturel est susceptible d'éprouver une amélioration de son attention.

5.2. Intégration des éléments naturels, affects et connexion à la nature

L'hypothèse selon laquelle les participants exposés à l'environnement enrichi en éléments naturels présenteraient des améliorations significativement plus marquées, par rapport à ceux exposés à un environnement virtuel non enrichi, en termes d'affects et de connexion à la nature, n'est pas confirmée. Les résultats indiquent que l'intégration d'éléments naturels dans l'environnement de réalité virtuelle n'a pas eu d'effet significatif sur les affects positifs ou négatifs des participants. Cette absence d'effet pourrait également être attribuée aux mêmes facteurs mentionnés précédemment.

Concernant la connexion à la nature, l'effet de l'environnement virtuel enrichi s'est également avéré non significatif. Bien que la méta-analyse de Brambilla et al. (2024) indique que l'exposition à la nature en RV augmente la connexion à la nature, même si ces effets ne semblent pas perdurer, nos résultats suggèrent que la simple exposition à des éléments naturels en RV ne suffit pas à engendrer un sentiment accru de connexion à la nature. Cela implique que d'autres facteurs, tels que le sentiment de présence et, plus précisément, la dimension de réalisme, pourraient jouer un rôle crucial dans cette dynamique.

5.3. Effet sur la récupération de l'attention

L'hypothèse selon laquelle les participants exposés à un environnement enrichi en éléments naturels présenteraient une amélioration significativement plus marquée de leurs scores de concentration à la tâche D2-R, par rapport à ceux exposés à un environnement virtuel non enrichi, n'a pas été confirmée.

Un effet principal indiquant de meilleurs scores globaux chez les participants du groupe « sans nature ajoutée » a été observé. Bien que les participants aient été répartis de manière aléatoire, une différence de performance cognitive s'est manifestée entre les deux

groupes, possiblement attribuable au hasard. De plus, une amélioration notable des scores de concentration entre la mesure de base et la mesure post exposition a été observée. Ce résultat s'aligne avec les effets d'apprentissage bien documentés dans les tâches d'attention sur papier-crayon (e.g., Wühr, 2019).

5.4. Impact sur le stress perçu

L'hypothèse stipulant que les participants exposés à un environnement enrichi en éléments naturels présenteraient des récupérations significativement plus marquées du stress perçu, par rapport à ceux placés dans un environnement virtuel sans ces éléments, n'a pas été confirmée par les résultats.

Un effet significatif du temps a été observé sur les scores de stress perçu, caractérisé par une augmentation substantielle après l'induction de stress, suivie d'une diminution marquée après l'exposition à l'environnement virtuel, atteignant des niveaux inférieurs à ceux enregistrés en début d'expérience. Ce schéma indique que la version modifiée du Trier Social Stress Test (Kirschbaum et al., 1993) a été efficace pour induire du stress, malgré l'absence de présentation de type entretien, qui est généralement incluse dans le protocole original. Dans cette variante, le jury traditionnel a été remplacé par l'expérimentateur et une caméra simulant un enregistrement, ce qui n'a pas compromis l'efficacité du test. La réduction subséquente des scores de stress indique une récupération efficace après l'induction, confirmant ainsi l'efficacité du protocole expérimental en ce qui concerne le stress perçu.

Cependant, l'intégration d'éléments naturels n'a pas entraîné d'effet différencié sur la récupération, ce qui est surprenant au regard des preuves théoriques et empiriques établissant un lien entre l'exposition à la nature et la réduction du stress (e.g. Ulrich, 1983). Cela est probablement attribuable, une fois de plus, aux raisons évoquées précédemment, soulevant

ainsi des questions concernant la qualité du matériel utilisé dans cette étude. Il est important de souligner que les résultats se rapprochent du seuil de significativité, dans une direction qui appuie l'hypothèse selon laquelle la récupération du stress perçu serait plus prononcée chez les participants exposés à l'environnement « enrichi en éléments naturels ». Par ailleurs, d'un point de vue descriptif, l'induction de stress a été plus prononcée chez ces participants, se traduisant par une élévation significative des scores de stress perçu, suivie d'une récupération plus marquée. Cela indique une réponse initiale au stress renforcée, compensée par une détente accrue par la suite.

5.5. Effet sur la variabilité de la fréquence cardiaque

L'hypothèse selon laquelle les participants exposés à un environnement enrichi en éléments naturels présenteraient une récupération significativement plus marquée de la variabilité de la fréquence cardiaque, mesurée par les indicateurs RMSSD et pNN50, par rapport à ceux exposés à un environnement virtuel sans ces éléments, n'a pas été confirmée par les résultats.

Les résultats des analyses de la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC), en particulier pour les indicateurs RMSSD et pNN50, ne sont pas en accord avec les conclusions généralement rapportées dans la littérature, qui montrent une diminution significative de ces paramètres après une induction de stress, comparativement à une condition contrôle, lors d'enregistrements de 5 minutes de l'activité électrocardiaque (Delaney et Brodie, 2000). Cependant, d'autres études, telles que celle de Castaldo et al. (2015), ont également observé des variations avec des enregistrements de courte durée, allant de 2 à 5 minutes, mais portant principalement sur des indicateurs de fréquence cardiaque et des mesures fréquentielles de la VFC, plutôt que sur des paramètres temporels comme le RMSSD et le pNN50. De plus, l'étude d'Arza et al. (2015), utilisant une version adaptée du Trier Social Stress Test et des

enregistrements électrocardiaques de 3 à 5 minutes, a montré des changements sur le RMSSD, mais pas sur le pNN50. Ces résultats suggèrent tout d'abord que la durée d'enregistrement de 5 minutes a été suffisante pour capturer des variations significatives de la VFC. Il est possible que le RMSSD et le pNN50 ne constituent pas les indicateurs les plus pertinents pour évaluer les variations du stress physiologique dans ce contexte spécifique. Cette interprétation est soutenue par les résultats concernant la fréquence cardiaque moyenne, qui correspondent aux prévisions et attestent de l'efficacité de l'adaptation du Trier Social Stress Test pour induire un stress mesurable. Quoi qu'il en soit, aucun de ces indicateurs n'a montré d'effet différencié en fonction du type d'environnement virtuel auquel les participants ont été exposés, contrairement aux attentes.

5.6. Effet sur le niveau de conductance cutanée

L'hypothèse stipulant que les participants exposés à un environnement enrichi en éléments naturels afficheraient une récupération significativement plus prononcée de la conductance cutanée, par rapport à ceux placés dans un environnement virtuel dépourvu de ces éléments, n'a pas trouvé de soutien dans les résultats obtenus.

Cependant, un effet principal du temps a été observé sur la conductance cutanée, ce qui confirme à nouveau l'efficacité de l'adaptation du Trier Social Stress Test pour induire un stress et une récupération physiologique subséquente. Ces résultats confirment que la conductance cutanée constitue un indicateur fiable pour évaluer les variations des niveaux de stress, comme l'ont démontré d'autres recherches (e.g. Westerink et al., 2020), y compris lors d'enregistrements de 5 minutes.

5.7. Mouvements oculaires : analyse des fixations

L'hypothèse selon laquelle les participants exposés à un environnement enrichi en éléments naturels effectueraient un nombre réduit de fixations oculaires, mais de durée plus longue, par rapport à ceux placés dans un environnement dépourvu d'éléments naturels, n'a pas été confirmée.

Il convient de noter que les résultats relatifs au nombre de fixations se situent à proximité du seuil de significativité, mais dans une direction contraire à celle attendue. Cette observation est particulièrement surprenante, car elle indique que l'ajout d'éléments naturels peut s'avérer insuffisant et même induire un traitement visuel exigeant un effort cognitif supplémentaire. Une explication plausible, similaire à celles évoquées pour d'autres hypothèses, réside dans la qualité de l'incrustation des éléments naturels via le vidéomontage. Une telle intégration pourrait nuire à la cohérence de l'environnement, dimension cruciale pour la restauration de l'attention, rendant ainsi le traitement visuel plus complexe.

Cette constatation soulève également la question de l'impact potentiel de l'insertion « artificielle » d'éléments naturels dans un environnement sur les processus de restauration de l'attention. Il est envisageable que cette approche, loin de faciliter la récupération cognitive, puisse engendrer des effets neutres, voire délétères. Dans le cadre de l'ART, il est avancé que la présence d'éléments naturels authentiques favorise la récupération des ressources attentionnelles. L'ajout d'éléments dans un environnement peut complexifier sa structure, ce qui peut perturber les mécanismes de récupération. Par conséquent, plutôt que de faciliter la restauration de l'attention, cette intégration risque de provoquer une surcharge cognitive et d'aggraver la fatigue mentale.

5.8. Limites de l'étude et perspectives pour les recherches future

Cette étude, bien qu'elle apporte des contributions significatives à la compréhension de l'impact de l'intégration d'éléments naturels en réalité virtuelle, présente plusieurs limites qu'il convient d'examiner de manière approfondie. L'une des principales préoccupations réside dans la qualité de l'incrustation des stimuli naturels par vidéomontage au sein de l'environnement virtuel, qui semble avoir eu un impact considérable sur l'ensemble des résultats de l'étude. En effet, le réalisme visuel et sonore de ces éléments est crucial, car il peut influencer la perception de la naturalité ressentie par les participants, ce qui, à son tour, affecte les résultats obtenus.

L'absence d'une évaluation préalable de la qualité de ces incrustations constitue une faiblesse méthodologique. Une évaluation rigoureuse par des juges, centrée sur le caractère réaliste et immersif des stimuli, aurait permis de vérifier la validité de l'environnement virtuel avant le lancement de l'étude. Cela aurait non seulement amélioré la fidélité de l'expérience immersive, mais aussi potentiellement optimisé les effets mesurés sur les participants, en évitant des artefacts liés à une perception artificielle de la nature. Cela aurait permis d'apporter des ajustements en amont.

Il est donc crucial que les recherches futures visent à atteindre une qualité d'incrustation optimale des éléments naturels. Cela nécessite non seulement d'améliorer les techniques de montage, mais aussi de porter une attention particulière à l'intégration harmonieuse de ces éléments dans le paysage virtuel. Une telle démarche pourrait favoriser l'obtention de résultats plus significatifs et fiables, enrichissant ainsi notre compréhension des effets des environnements virtuels enrichis sur les utilisateurs. En somme, en surmontant ces limitations, les études à venir pourraient fournir des perspectives plus éclairées sur l'impact des éléments naturels spécifiques sur le bien-être en réalité virtuelle.

6. Conclusion

En conclusion, cette étude a exploré l'impact de l'intégration d'éléments naturels dans des environnements de réalité virtuelle sur la récupération cognitive, affective et du stress, ainsi que sur la connexion à la nature. Bien que ces éléments aient été incorporés dans l'environnement virtuel, les résultats n'ont pas validé les hypothèses initiales relatives à leur influence sur la perception de la naturalité, la restauration attentionnelle, les affects et la récupération du stress. La qualité de l'incrustation, tant visuelle qu'auditive, semble avoir joué un rôle déterminant dans la perception des participants, mettant en évidence l'importance de la crédibilité des environnements virtuels pour étudier les effets de la nature sur le bien-être.

Les limitations identifiées dans cette recherche soulignent la nécessité d'améliorer les techniques d'incrustation et d'accorder une attention particulière à l'intégration harmonieuse des éléments naturels. Ce travail est essentiel pour mieux appréhender les effets des environnements virtuels hautement contrôlés sur le bien-être. Les futures recherches, en surmontant ces obstacles, pourraient fournir des éclairages plus précis sur l'impact des éléments naturels spécifiques dans des contextes virtuels, enrichissant ainsi notre compréhension des mécanismes de restauration associés à l'expérience de la nature.

DISCUSSION GÉNÉRALE

1. Rappels des objectifs de la thèse

Cette thèse s'inscrit dans un contexte où les défis environnementaux engendrés par l'urbanisation et le changement climatique rendent indispensable une reconsidération des espaces urbains. L'urbanisation croissante, caractérisée par l'étalement des villes, l'imperméabilisation des sols et la pollution, intensifie les effets négatifs du réchauffement climatique. Dans ce cadre, la nature en milieu urbain est reconnue comme une solution efficace pour atténuer les impacts environnementaux et promouvoir la qualité de vie des habitants.

L'objectif principal de cette thèse est d'explorer les effets psychologiques de la nature en milieu urbain sur le bien-être des individus, tout en identifiant les mécanismes psychologiques sous-jacents à cette relation. En particulier, la thèse cherche à comprendre comment l'exposition à la nature influence différents aspects du bien-être, comme les affects, la réduction du stress et la restauration de l'attention, et à analyser comment ces effets varient en fonction de la connexion à la nature des individus.

Dans le cadre de ces travaux, quatre objectifs spécifiques ont été définis :

- Valider les effets positifs de l'exposition à la nature en milieu urbain sur le bien-être.
- Élargir la compréhension des processus psychologiques qui expliquent ces effets.
- Analyser en profondeur les effets cognitifs, affectifs et liés au stress des environnements naturels urbains, notamment grâce à l'utilisation de la réalité virtuelle.
- Analyser les caractéristiques particulières des environnements urbains en évaluant l'impact de divers éléments naturels, tels que la densité de la végétation, la présence

d'eau et les sons naturels, sur les réactions des individus dans des contextes urbains contrôlés.

Ces objectifs ont été abordés à travers trois études complémentaires utilisant des approches quantitatives mixtes, incluant une enquête en ligne et des expériences en réalité virtuelle, permettant d'apporter des éclairages nouveaux sur les effets de la nature urbaine sur le bien-être et d'ouvrir des pistes d'application dans les domaines de la planification urbaine.

Cette discussion générale vise à synthétiser les résultats obtenus dans ces trois études, à les situer par rapport à la littérature existante, et à dégager des implications théoriques et pratiques. Elle mettra également en lumière les limites de la recherche, ainsi que les perspectives pour de futures investigations sur l'impact des environnements naturels urbains sur le bien-être.

2. Synthèse des résultats des trois études

La première étude, une enquête observationnelle réalisée en ligne, a révélé que l'exposition perçue à la nature en milieu urbain a un impact bénéfique sur le bien-être des citoyens. Les résultats montrent que cette exposition stimule les affects positifs tout en atténuant les affects négatifs. Le lien entre l'exposition perçue à la nature et le bien-être est entièrement médiatisé par les affects positifs, ce qui met en lumière leur rôle clé dans l'amélioration du bien-être général. De plus, l'étude souligne l'importance de la connexion à la nature en tant que facteur modérateur : les personnes ayant un fort sentiment de connexion à la nature ressentent des affects positifs encore plus prononcés lorsqu'elles perçoivent une plus grande exposition à la nature.

Cette étude a également montré, de manière descriptive, que l'exposition à la nature urbaine est davantage liée à des affects positifs à faible activation (comme le calme et la

sérénité) qu'à des affects positifs à forte activation (comme l'excitation et la joie), avec une taille d'effet plus importante pour la première catégorie. Ce constat met en lumière une dimension souvent négligée dans les recherches antérieures sur la nature et le bien-être : la distinction entre les différents types d'affects positifs selon leur niveau d'activation. Il ouvre ainsi la voie à de futures recherches sur cette nuance. Par ailleurs, l'étude a confirmé que la nature en milieu urbain favorise davantage le bien-être eudémonique (lié au sens et à l'accomplissement personnel) plutôt que le bien-être hédonique (basé sur le plaisir immédiat), un résultat en accord avec les travaux existants (Pritchard et al., 2020).

La deuxième étude, une expérience randomisée contrôlée stratifiée en fonction du niveau de connexion à la nature des participants, a exploré les effets de quatre environnements urbains virtuels, intégrant divers éléments naturels et non naturels, sur le bien-être des participants. Cette approche a été menée à travers une combinaison de mesures psychophysiologiques et de suivi oculaire, permettant ainsi d'évaluer en profondeur l'impact des environnements sur le bien-être. Les résultats ont révélé que les environnements perçus comme plus naturels, en particulier le parc CRAPA, un vaste espace urbain verdoyant riche en végétation situé à Nantes, favorisaient une meilleure restauration subjective de l'attention. Cependant, les mesures objectives, notamment celles issues de la tâche SART (Sustained Attention to Response Task), n'ont pas montré d'effets significatifs. En revanche, les analyses des mouvements oculaires indiquaient un traitement cognitif de ces scènes nécessitant moins d'efforts, ce qui souligne la complexité et l'ambiguïté des résultats par rapport aux prédictions de la théorie de la restauration de l'attention (Kaplan, 1995).

Cependant, contrairement aux attentes et aux résultats d'études antérieures (e.g., McMahan et Estes, 2015), les environnements virtuels naturels n'ont pas significativement

amélioré les affects positifs ni réduit les affects négatifs. Cette absence d'effet peut être en partie attribuée à la nature « plausible » des environnements urbains choisis, c'est-à-dire des scènes conçues pour refléter fidèlement des espaces urbains réels, incluant des éléments perturbateurs comme des bruits de travaux. Bien que l'objectif ait été de rendre l'expérience plus réaliste, la présence d'éléments comme les bruits de travaux a probablement atténué les bénéfices psychologiques généralement associés à l'exposition à la nature. Néanmoins, les quatre environnements ont montré un effet relaxant, comme en témoigne l'augmentation de la variabilité de la fréquence cardiaque. Cet effet ne présente pas l'impact distinctif attendu des environnements plus naturels, un constat qui a été rapporté dans la littérature (e.g., Yu et al., 2020). Par ailleurs, la durée d'exposition relativement courte (5 minutes) et une puissance statistique insuffisante pourraient avoir empêché la détection d'effets significatifs sur les états affectifs.

La troisième étude, une expérience randomisée contrôlée, a comparé deux versions d'un même environnement urbain en réalité virtuelle : l'une intégrant des éléments naturels et l'autre dépourvue de ces éléments. Cependant, le matériel contenant des éléments naturels n'a pas été perçu comme plus naturel par les participants. Les résultats n'ont pas confirmé l'hypothèse selon laquelle l'ajout d'éléments naturels améliorerait les affects, la récupération du stress perçu et physiologique, ainsi que l'attention subjective et objective, tant à travers la tâche papier-crayon D2-R qu'au moyen de l'analyse des mouvements oculaires. Néanmoins, des tendances descriptives ont indiqué une légère amélioration de la récupération du stress perçu dans l'environnement enrichi, bien que ces résultats n'aient pas atteint le seuil de signification statistique.

L'absence d'effets marqués pourrait être attribuée à la qualité de l'intégration des

éléments naturels dans l'environnement virtuel. Les participants ont décrit l'environnement enrichi comme moins réaliste et moins immersif que la version dépourvue d'éléments naturels. Bien qu'aucune différence significative n'ait été observée concernant le sentiment de présence en fonction de l'environnement, ces résultats suggèrent que la perception de la naturalité et la crédibilité des stimuli visuels jouent un rôle crucial dans l'efficacité des environnements virtuels pour favoriser le bien-être. Une attention particulière à ces dimensions pourrait améliorer les expériences immersives et, par conséquent, leur impact sur le bien-être des utilisateurs.

3. Implications théoriques et méthodologiques

Les résultats obtenus au cours de cette thèse apportent plusieurs contributions théoriques significatives à l'étude des effets de la nature en milieu urbain sur le bien-être. En s'appuyant sur des méthodes variées, y compris l'usage de la réalité virtuelle, ces travaux permettent de nuancer et d'enrichir les théories existantes, tout en ouvrant de nouvelles perspectives pour comprendre les mécanismes sous-jacents aux bénéfices de l'exposition à la nature.

3.1. Contribution à la compréhension des affects et de la connexion à la nature

Les résultats de l'étude 1 apportent une contribution à la littérature sur le bien-être, les affects et l'exposition à la nature. Tout d'abord, ils suggèrent que les environnements naturels urbains favorisent davantage le bien-être eudémonique (lié au sens et à l'accomplissement) que le bien-être hédonique (plaisir immédiat), une tendance déjà explorée dans certaines études (Pritchard et al., 2020). De plus, cette étude a mis en évidence que l'exposition à la nature en milieu urbain est plus fortement corrélée avec des affects positifs à activation faible,

tels que la sérénité et le calme, qu'avec des affects positifs à activation forte, comme la joie ou l'excitation. Cependant, ces résultats n'ont pas pu être reproduits dans les études 2 et 3, qui ont utilisé des environnements en réalité virtuelle.

Si ces effets plus marqués de l'exposition à la nature sur les affects à activation faible étaient confirmés, ils auraient des implications théoriques significatives. Cela soulignerait la nécessité de différencier non seulement les affects en fonction de leur valence, comme c'est couramment fait dans la majorité des études actuelles explorant les liens entre exposition à la nature et bien-être, qui utilisent principalement l'échelle PANAS (Spano et al., 2023), mais également de prendre en compte le niveau d'activation dans l'analyse des résultats. Cette distinction devrait être intégrée dans les recherches futures sur la nature et le bien-être pour affiner notre compréhension des mécanismes sous-jacents.

Les résultats de l'étude 1 concernant la connexion à la nature confirment et prolongent les travaux récents de Fleury-Bahi et al. (2023), en démontrant que cette connexion joue un rôle de modérateur dans les effets de la nature sur le bien-être. Nos recherches montrent que plus les individus se sentent connectés à la nature, plus ils en retirent des bénéfices affectifs, soulignant ainsi l'importance de cette dimension intra-individuelle dans l'étude des relations entre nature et bien-être. Cette observation renforce l'intérêt d'explorer davantage la connexion à la nature en tant que trait ou état. Celle-ci émerge comme une variable clé dans les interactions entre l'expérience de la nature et le bien-être, soutenant l'idée que la connexion à la nature pourrait être cultivée et développée à travers des interventions spécifiques.

3.2. Constatations sur la théorie de la restauration de l'attention

Certains des résultats obtenus dans les études 2 et 3 renforcent la validité de la théorie de la restauration de l'attention (Kaplan et Kaplan, 1989) dans le contexte des environnements urbains. Cette théorie postule que les environnements naturels, et en particulier ceux perçus comme présentant une forte naturalité, favorisent la restauration des capacités attentionnelles épuisées. Tout d'abord, les études 2 et 3 révèlent des corrélations positives entre la perception de la naturalité et la perception de la restauration de l'attention dans un environnement, suggérant ainsi que la perception de naturalité constitue un facteur clé dans ce processus de restauration attentionnelle. Ces résultats valident l'hypothèse selon laquelle un environnement perçu comme plus naturel est associé à une meilleure récupération de l'attention.

Cette thèse a confirmé, à partir des mesures subjectives dans lesquelles les participants évaluent divers environnements, que les environnements urbains intégrant des éléments naturels, tels que des parcs urbains et des rives de fleuves, présentent un potentiel perçu de restauration attentionnelle supérieur à celui des environnements urbains dépourvus de nature. Cependant, lorsqu'il s'agit de tâches cognitives mesurant objectivement les performances attentionnelles, une exposition de 5 minutes à un environnement urbain virtuel contenant des éléments naturels ne semble pas avoir d'effet, un constat qui a déjà été rapporté dans diverses études (e.g. Hicks et al., 2020).

Le suivi oculaire de l'étude 2, considéré ici comme un indicateur objectif du fonctionnement cognitif, et plus particulièrement des processus attentionnels, suggère un traitement cognitif de moindre effort dans les environnements virtuels perçus comme plus naturels, conformément aux résultats rapportés dans des travaux antérieurs (Berto et al., 2008 ; Franěk et al., 2018 ; Valtchanov et Ellard, 2015 ; Cottet et al., 2018). Cette observation renforce l'idée que la perception de naturalité peut moduler l'efficacité des processus

attentionnels, favorisant ainsi une exploration cognitive plus fluide et détendue. Le nombre et la durée des fixations semblent être des indicateurs d'une utilisation moins intense de l'attention dirigée, entraînant une exploration visuelle plus détendue et favorisant une meilleure restauration de l'attention. Toutefois, étant donné les nombreux facteurs pouvant influencer les mouvements oculaires (Carter et Luke, 2020), il est impératif d'approfondir cette relation afin de déterminer si elle constitue un indicateur fiable et valide. C'était précisément l'objectif de l'étude 3 ; cependant, nous n'avons malheureusement pas obtenu de résultats concluants.

Enfin, les résultats de l'étude 3 apportent un soutien prudent à la théorie de la restauration de l'attention, en soulignant l'importance cruciale de la qualité et de la cohérence perçue de l'environnement. Si ces dimensions sont déjà bien établies dans la littérature, nos résultats suggèrent que la simple présence d'éléments naturels, en l'absence d'une intégration de haute qualité, ne suffit pas à garantir une amélioration des fonctions cognitives. Cependant, compte tenu des limites méthodologiques de cette étude, notamment liées à la qualité des incrustations virtuelles, ces conclusions doivent être interprétées avec précaution.

3.3. Répercussions sur la biophilie et sur la théorie de la réduction du stress

Les résultats de cette thèse éclairent l'application des théories de la biophilie (Wilson, 1984) et de la réduction du stress (Ulrich, 1983) dans le contexte urbain. Selon la théorie de la biophilie, les êtres humains ont une prédisposition innée à établir des liens avec la nature, ce qui entraîne des effets bénéfiques sur leur bien-être psychologique et physiologique lorsqu'ils sont exposés à des environnements naturels. La théorie de la réduction du stress, quant à elle, postule que l'exposition à la nature diminue les niveaux de stress en activant des processus de relaxation physiologique et en améliorant les états émotionnels positifs.

Les résultats des études menées dans cette thèse confirment partiellement ces théories. L'étude 1 a révélé que l'exposition à la nature en milieu urbain favorise des affects positifs à faible activation, tels que la sérénité et le calme, qui peuvent être interprétés comme des indicateurs pertinents de la réduction du stress. Cette observation soutient l'idée que même dans des environnements urbains, la présence d'éléments naturels peut déclencher des réponses de détente, en accord avec les principes de la théorie de la réduction du stress. Toutefois, les données psychophysologiques issues de l'étude 2, en particulier les mesures de la variabilité de la fréquence cardiaque, n'ont pas fourni de preuves d'un effet relaxant plus marqué dans les environnements évalués comme plus naturels. Cela suggère que les mécanismes physiologiques sous-jacents pourraient être plus complexes qu'anticipé, que les indicateurs utilisés manquaient peut-être de sensibilité, ou encore que des conditions spécifiques seraient nécessaires pour que cet effet se manifeste pleinement. Ces résultats invitent à approfondir l'exploration des conditions expérimentales et des mesures physiologiques appropriées pour mieux saisir l'impact de la nature sur la relaxation.

3.4. Implications de l'utilisation de la RV en psychologie environnementale

La réalité virtuelle permet de manipuler les environnements de manière précise et contrôlée, offrant ainsi la possibilité d'examiner les effets spécifiques de divers éléments naturels, tels que la végétation, l'eau ou les sons, dans des contextes urbains, tout en contournant les contraintes inhérentes aux études de terrain. Cependant, les résultats des études 2 et 3 soulignent également des limites théoriques et méthodologiques significatives. En effet, les bénéfices observés dans les environnements naturels réels ne se traduisent pas systématiquement dans les environnements virtuels, notamment lorsque la qualité de l'intégration des éléments naturels est insuffisante. Cela soulève des questions théoriques sur

la validité écologique des expériences immersives en RV et invite à reconsidérer l'utilisation de cette technologie pour simuler des expériences de nature de manière fidèle.

Le sentiment de présence joue un rôle crucial dans les bénéfices perçus de l'exposition à la nature en réalité virtuelle pour le bien-être. Les participants confrontés à des environnements virtuels de faible qualité visuelle et sonore concernant les éléments naturels ont ressenti une diminution de la naturalité et des effets bénéfiques limités. Cela souligne l'importance de créer des environnements virtuels avec un haut niveau de présence afin d'assurer une généralisation des résultats à la réalité. L'intégration d'éléments multisensoriels, tels que la sensation du vent, du soleil sur la peau, les odeurs, et des interactions authentiques avec l'environnement, constitue un défi technique important, mais est cruciale pour renforcer le sentiment de présence. Ces stimuli sensoriels sont souvent absents ou restreints (Annerstedt et al., 2013), ce qui peut entraîner une sous-estimation des effets par rapport à des conditions réelles. Malgré le contrôle rigoureux offert par la RV, elle ne reproduit pas pleinement l'expérience d'un environnement naturel réel. Cependant, les avancées technologiques constantes laissent envisager des environnements virtuels de plus en plus immersifs.

3.5. Défis théoriques liés à la définition de la nature

L'un des défis majeurs mis en lumière par cette thèse réside dans la complexité théorique de la définition même de la nature. La diversité des environnements naturels et leur perception subjective par les individus, rendent difficile l'adoption d'une conceptualisation uniforme de la « nature » dans les recherches en psychologie environnementale. La perception de ce qui constitue un « environnement naturel » peut varier largement selon les individus et loin d'être neutre, influence directement les bénéfices psychologiques que les environnements naturels peuvent offrir.

Par exemple, Descola (2005) démontre à travers ses observations empiriques que la conception occidentale classique de la nature en tant qu'entité distincte de la culture, bien que prédominante dans les sociétés occidentales, n'est pas universelle. De nombreuses sociétés animistes ou totémiques envisagent les relations entre humains et non-humains comme un continuum, où la nature et la culture sont inextricablement liées. Cette remise en question ouvre la voie à une réflexion sur la manière dont les recherches psychologiques pourraient adopter une approche plus pluraliste et contextuelle de la nature, prenant en compte les perspectives diverses et les réalités locales.

En outre, l'usage du terme « nature » chez les populations urbaines contemporaines semble souvent renvoyer à une vision idéalisée et esthétisée de la nature, marquée par des images de verdure, de tranquillité et de beauté. Cependant, cette conception romantique et positive de la nature est loin de représenter sa complexité intrinsèque. La nature peut aussi inclure des éléments hostiles ou perçus négativement, tels que les catastrophes naturelles, les insectes ou les animaux nuisibles, qui suscitent souvent des émotions de peur, de dégoût ou d'anxiété. Ces aspects ambivalents de la nature ne sont que rarement intégrés dans les études sur ses effets bénéfiques, mais ils jouent un rôle central dans la manière dont les individus réagissent à leur environnement.

Ainsi, les recherches futures devront non seulement clarifier ce que l'on entend par « nature », mais aussi nuancer la manière dont elle est perçue et vécue par différents groupes d'individus. Il est essentiel de reconnaître que la nature ne se limite pas à une entité monolithique ou à un cadre uniquement bénéfique. Elle peut être à la fois source de bien-être et de stress, voire de peur, selon le contexte, les caractéristiques de l'environnement naturel et les traits psychologiques des individus. Ces nuances sont cruciales pour comprendre l'hétérogénéité des réponses face à la nature.

4. Implications pratiques

4.1. La RV comme outil pour optimiser les initiatives de naturalisation des villes

Les résultats des trois études soulignent l'importance cruciale de la nature en milieu urbain pour le bien-être psychologique des habitants. L'étude 1, en particulier, a démontré que le contact avec la nature urbaine est bénéfique pour le bien-être. Ces résultats appuient les initiatives de renaturalisation des villes, visant à accroître la quantité et la qualité des espaces verts urbains, qu'il s'agisse de parcs, de jardins, d'arbres en bordure de rue ou de toits végétalisés. Au-delà des bienfaits psychologiques observés, qui corroborent les conclusions d'autres études (e.g. Beyer et al., 2014 ; Pope et al., 2018 ; White et al., 2013 ; Fleury-Bahi et al., 2023 ; Cardinali et al., 2024), la nature en milieu urbain joue également un rôle essentiel dans l'atténuation des effets des changements climatiques. En réduisant les îlots de chaleur urbains, en régulant les précipitations et en améliorant la qualité de l'air, elle contribue à la résilience des villes face aux défis environnementaux contemporains (Bowler et al., 2010 ; Nowak et al., 2014). Ces résultats soulignent la nécessité d'intégrer des éléments naturels dans la planification urbaine, tant pour le bien-être des citoyens que pour la durabilité des environnements urbains.

Bien qu'il subsiste des différences notables, la réalité virtuelle démontre une capacité convaincante à simuler des environnements réels, engendrant des effets analogues, bien que moins prononcés (Browning et al., 2020a ; McMahan et Estes, 2015). Avec l'évolution technologique continue, il est raisonnable de s'attendre à ce que ces disparités s'atténuent progressivement, renforçant l'efficacité de la RV en tant qu'outil d'exploration des environnements naturels et de leurs impacts sur le bien-être.

En ce sens, la RV se révèle être un instrument puissant pour tester et optimiser des solutions d'intégration de la nature avant leur mise en œuvre dans des contextes urbains réels. Grâce à sa capacité à simuler des environnements complexes et à manipuler une multitude de variables, la RV offre des opportunités sans précédent pour modéliser et évaluer l'efficacité de diverses stratégies d'aménagement en milieu urbain, en particulier face aux enjeux posés par le changement climatique. Par exemple, la RV peut permettre de visualiser et d'ajuster la densité végétale dans un parc urbain, en étudiant comment différentes configurations de plantes et d'arbres influencent l'expérience des usagers. De plus, des simulations peuvent être réalisées pour tester l'agencement des espaces verts, en mettant en place différents scénarios de connexion entre parcs, jardins communautaires et zones piétonnes, afin d'évaluer l'impact sur les cognitions, les émotions et les intentions comportementales des citoyens.

La RV s'avère également pertinente pour simuler des catastrophes naturelles liées au changement climatique, telles que des inondations ou des vagues de chaleur. Par exemple, une simulation d'inondation peut être utilisée pour explorer divers scénarios d'évacuation, permettant ainsi d'identifier les points névralgiques où des interventions rapides sont impératives. Cette approche s'inscrit dans la lignée des recherches existantes sur les risques de Tsunami, illustrée par l'étude de Verdière et al. (2021).

En outre, la RV peut être utilisée pour sensibiliser les citoyens aux risques liés au changement climatique. En leur permettant d'expérimenter virtuellement des situations extrêmes, comme des tempêtes ou des incendies de forêt, les habitants peuvent mieux appréhender l'importance des mesures d'adaptation et de mitigation, tout en explorant les solutions proposées pour rendre leur ville plus résiliente. Toutefois, il est essentiel de conserver un positionnement déontologique et éthique dans l'utilisation de ces technologies, en veillant notamment à ce que les scénarios virtuels ne suscitent pas une anxiété excessive.

Cette immersion peut contribuer à renforcer la conscience collective des défis environnementaux, facilitant ainsi l'adhésion à des initiatives de durabilité et d'amélioration des infrastructures urbaines.

4.2. Sensibilisation et éducation à la connexion à la nature

L'un des résultats de cette thèse, notamment dans l'étude 1, est le rôle de la connexion à la nature dans la modulation des effets bénéfiques de l'exposition à la nature sur le bien-être en plus de son lien déjà bien connu avec le bien-être (Pritchard et al., 2020). Les individus qui se sentent plus connectés à la nature tirent des avantages psychologiques plus importants de leur contact avec celle-ci. Cela suggère qu'il est essentiel de renforcer cette connexion, en particulier dans les contextes urbains où le lien direct avec la nature peut-être limité.

D'un point de vue pratique, cela pourrait passer par des programmes éducatifs qui sensibilisent les citoyens, en particulier les enfants et les jeunes, à l'importance de la nature pour leur bien-être (e.g. Rosa et al., 2018). Les écoles, les associations environnementales et les autorités municipales pourraient s'unir pour proposer des activités de découverte de la nature, des ateliers en plein air et des programmes de bénévolat axés sur la préservation des espaces verts urbains. Ces initiatives visent à favoriser une connexion profonde avec la nature dès le plus jeune âge, amplifiant ainsi les bienfaits associés à l'exposition à des environnements naturels.

En cultivant cette connexion, il devient possible d'encourager des comportements pro-environnementaux (Hatty et al., 2020), créant ainsi un cercle vertueux. Dans ce contexte, l'exposition à la nature, le bien-être psychologique et les comportements respectueux de l'environnement s'entrelacent, chacun renforçant les autres. Au cœur de ce cercle se trouve la connexion à la nature qui agit comme un fondement essentiel de cette dynamique.

La stimulation et le développement de la connexion à la nature pourraient représenter une opportunité pour relever les défis sociétaux et catalyser un changement de paradigme social dominant, passant d'une perspective anthropocentrique, c'est-à-dire centrée sur les besoins et les intérêts humains au détriment de l'environnement, à une perspective écocentrique, c'est-à-dire reconnaissant la valeur intrinsèque de tous les êtres vivants et leur interconnexion au sein des écosystèmes (Bogert et al., 2022). C'est précisément ce que souligne Schultz (2002) : pour assurer un avenir durable, il est essentiel que les individus prennent conscience de leur lien indissoluble avec la nature, en percevant leur existence comme une composante intégrante de l'écosystème, plutôt que comme une entité séparée et dominatrice.

5. Limites et perspectives de recherches

Bien que cette thèse apporte des contributions à la compréhension des effets de la nature urbaine sur le bien-être et les mécanismes psychologiques sous-jacents, plusieurs limites méthodologiques et conceptuelles doivent être reconnues. Ces limites offrent des pistes d'amélioration pour les recherches futures afin de mieux cerner les phénomènes étudiés.

5.1. Utilisation de la réalité virtuelle et validité écologique

Une première limite réside dans l'utilisation de la RV dans les études 2 et 3 pour simuler des environnements naturels urbains. Bien que la RV soit un outil puissant, offrant un cadre contrôlé pour l'exposition à des espaces urbains, elle soulève d'importantes questions de validité écologique. Cette préoccupation se manifeste particulièrement dans la mesure où les résultats obtenus en RV peuvent être difficilement généralisables aux contextes réels de l'expérience humaine avec la nature.

La réalité virtuelle, en raison de sa nature intrinsèquement artificielle, peut apparaître en totale contradiction avec les représentations que les individus se font de la nature authentique (Mausner, 1996 ; Pasca et al., 2020). Cette dichotomie soulève une question cruciale : peut-on réellement étudier les effets de la nature à travers une simulation qui s'écarte autant des conceptions et des ressentis liés à la nature ? Par ailleurs, la nature ne se limite pas à une simple agglomération d'éléments visuels, elle résulte d'une interaction dynamique et subjective entre l'individu et son environnement (Clayton et al., 2017). Les expériences sensorielles, émotionnelles et psychologiques générées par une immersion dans des espaces naturels réels sont susceptibles d'être fondamentalement différentes de celles vécues dans un environnement virtuel, aussi avancé soit-il.

Ainsi, bien que la RV puisse constituer un outil précieux pour l'investigation scientifique, il est impératif de reconnaître ses limites. Les simulations virtuelles peuvent parfois simplifier, voire déformer, les expériences complexes que la nature suscite chez les individus. Pour cette raison, les recherches futures pourraient envisager des approches mixtes, combinant des expériences réelles et virtuelles, afin d'approfondir notre compréhension des effets psychologiques liés à l'exposition à la nature. Cette démarche pourrait non seulement enrichir la validité des résultats, mais aussi permettre une exploration plus nuancée des mécanismes psychologiques à l'œuvre dans l'interaction entre l'homme et son environnement naturel.

5.2. Mesures subjectives et biais de désirabilité sociale

Une limitation majeure des trois études réside dans l'utilisation de mesures subjectives. En effet, certaines données ont été collectées par le biais d'auto-évaluations des participants concernant leur bien-être, leurs affects et leur perception de la naturalité. Bien que ces mesures soient pertinentes pour saisir les ressentis individuels, elles peuvent être soumises à divers biais, notamment le biais de désirabilité sociale. Les participants peuvent être tentés de fournir des réponses qu'ils jugent socialement acceptables ou conformes aux attentes perçues des chercheurs et de la société dans son ensemble, compromettant ainsi la fiabilité des résultats.

De surcroît, la mesure de la perception de la naturalité a été conçue de manière ad hoc à l'aide d'un unique item. Cette approche soulève des préoccupations quant à la validité et à la robustesse de cette mesure, car un seul item peut s'avérer insuffisant pour capturer la complexité et la richesse du concept de naturalité. À cet égard, il serait pertinent de développer des échelles plus complètes et nuancées à l'avenir, permettant une évaluation plus précise des perceptions individuelles.

Bien que des mesures objectives, telles que le suivi oculaire, la conductance électrodermale et la variabilité de la fréquence cardiaque, aient été intégrées dans les études 2 et 3, elles ne parviennent pas à compenser pleinement les limites inhérentes aux auto-évaluations. Les résultats ont parfois révélé des divergences entre les données subjectives et objectives, soulevant ainsi des interrogations quant à la validité des conclusions tirées exclusivement des ressentis des participants. Cette discordance met en lumière la nécessité d'adopter une approche multidimensionnelle dans l'évaluation des effets de l'exposition à la nature, afin d'assurer une compréhension plus robuste et nuancée des mécanismes psychologiques en jeu.

5.3. Taille d'échantillon et représentativité

La taille des échantillons dans les trois études représente une limite significative, en particulier dans l'étude 2. Bien que les effectifs aient permis d'identifier des tendances intéressantes, il est probable que certaines hypothèses n'aient pas pu être confirmées en raison d'une puissance statistique insuffisante. Par exemple, l'absence d'effets significatifs sur les affects positifs dans l'étude 2 pourrait s'expliquer par une taille d'échantillon trop limitée pour détecter des différences significatives entre les conditions expérimentales, en raison d'un petit effet de taille, qui découle d'un contraste insuffisant entre les environnements perçus comme naturels et ceux qui ne le sont pas. Cette contrainte met en évidence la nécessité d'augmenter la taille des échantillons dans les recherches futures afin de mieux saisir les subtilités des effets psychologiques associés à l'exposition à la nature. De plus, une telle approche permettra d'identifier de nouvelles différences individuelles susceptibles d'expliquer la variabilité des effets ressentis lors de l'expérience de la nature. En élargissant la diversité des participants, il sera possible de mieux comprendre comment des facteurs tels que la personnalité, la connexion à la nature ou les expériences antérieures interagissent pour influencer le bien-être.

La représentativité des échantillons constitue une limitation majeure de cette recherche. Dans l'étude 1, les femmes étaient surreprésentées, tandis que dans les études 2 et 3, la majorité des participants étaient des étudiants. Cette composition des échantillons restreinte soulève des préoccupations quant à la généralisation des résultats à l'ensemble de la population urbaine française. Afin d'accroître la généralisation des résultats, il serait impératif que les recherches futures incluent des échantillons plus larges et plus diversifiés, tant sur le plan démographique que géographique. Cela permettra de s'assurer que les conclusions tirées de ces études soient applicables à un éventail plus large de populations, favorisant ainsi une meilleure compréhension des effets de l'exposition à la nature dans divers contextes urbains.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Cette thèse s'inscrit dans un contexte marqué par les défis grandissants posés par l'urbanisation et le changement climatique, et explore le rôle central que la nature en milieu urbain peut jouer dans l'amélioration du bien-être des citoyens. L'urbanisation croissante, caractérisée par l'étalement des villes, l'imperméabilisation des sols et la pollution, intensifie les impacts du réchauffement climatique. Dans ce cadre, la nature urbaine apparaît comme une solution prometteuse, à la fois pour atténuer ces effets environnementaux négatifs et pour améliorer la qualité de vie des citoyens.

À travers trois études complémentaires, cette thèse a exploré les effets psychologiques de la nature en milieu urbain, tout en mettant en lumière les mécanismes sous-jacents qui relient cette exposition au bien-être. Ces recherches ont approfondi notre compréhension des processus psychologiques à l'œuvre dans cette relation et ont exploré le potentiel des environnements naturels urbains simulés en réalité virtuelle, une technologie prometteuse qui ouvre de vastes perspectives pour l'étude des interactions entre les individus et la nature.

Les résultats de la première étude ont confirmé que l'exposition perçue à la nature en milieu urbain favorise les affects positifs et améliore le bien-être général, avec un rôle clé joué par la connexion à la nature. Ces résultats soulignent l'importance non seulement de la quantité, mais aussi de la qualité de l'exposition aux environnements naturels urbains pour favoriser le bien-être psychologique, tout en mettant en évidence les variations individuelles dans la manière dont ces bienfaits sont perçus et vécus. La deuxième étude, menée en réalité virtuelle, a révélé que les environnements perçus comme plus naturels, notamment les parcs urbains verdoyants, favorisent la restauration attentionnelle, bien que ces effets n'aient pas été significatifs sur les mesures objectives de performance cognitive. Les analyses des

mouvements oculaires ont cependant suggéré une moindre sollicitation cognitive dans les environnements plus naturels, confirmant ainsi le rôle restaurateur des espaces verts. Enfin, la troisième étude, comparant des environnements virtuels urbains avec et sans éléments naturels, n'a pas confirmé l'hypothèse selon laquelle l'ajout d'éléments naturels améliorerait systématiquement les affects et la récupération du stress, suggérant l'importance cruciale de la qualité et de la cohérence perçue de ces environnements virtuels.

Les implications théoriques et pratiques de ces résultats sont multiples. Théoriquement, cette thèse enrichit la compréhension des liens entre nature urbaine et bien-être, en montrant notamment l'importance des affects positifs à faible activation et du bien-être eudémonique. Elle apporte également des éclairages sur les limites de la simulation virtuelle d'environnements naturels, soulignant la nécessité de développer des environnements immersifs de haute qualité pour que la RV puisse être utilisée de manière efficace dans l'étude des interactions homme-nature. Pratiquement, ces résultats appuient les initiatives visant à renaturaliser les espaces urbains et à favoriser la connexion à la nature chez les citoyens, notamment à travers des politiques urbaines et éducatives.

Toutefois, cette thèse n'est pas exempte de limites. L'utilisation de la réalité virtuelle, bien qu'offrant un cadre contrôlé pour l'étude des environnements naturels, pose des questions quant à sa validité écologique, et les échantillons relativement modestes des études 2 et 3 limitent la généralisation des résultats. De plus, les mesures subjectives utilisées dans ces études sont potentiellement vulnérables à des biais de désirabilité sociale, bien que des mesures objectives aient été intégrées pour renforcer la robustesse des résultats.

En somme, cette thèse contribue à la littérature sur la nature urbaine et le bien-être, en fournissant des pistes de réflexion pour l'urbanisme et l'utilisation des technologies immersives dans l'étude des interactions entre les individus et leur environnement.

Bibliographie

- Alexandri, E., & Jones, P. (2008). Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment*, 43(4), 480-493. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.10.055>
- Allard-Poesi, F., Matos, L. B. S., & Massu, J. (2022). Not all types of nature have an equal effect on urban residents' well-being : A structural equation model approach. *Health & Place*, 74, 102759. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2022.102759>
- Alvarsson, J. J., Wiens, S., & Nilsson, M. E. (2010). Stress Recovery during Exposure to Nature Sound and Environmental Noise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/ijerph7031036>
- Anderson, A. P., Mayer, M. D., Fellows, A. M., Cowan, D. R., Hegel, M. T., & Buckey, J. C. (2017). Relaxation with Immersive Natural Scenes Presented Using Virtual Reality. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 88(6), Article 6. <https://doi.org/10.3357/AMHP.4747.2017>
- Arza, A., Garzón, J. M., Hemando, A., Aguiló, J., & Bailon, R. (2015). Towards an objective measurement of emotional stress : Preliminary analysis based on heart rate variability. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference, 2015*, 3331-3334. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2015.7319105>
- Baceviciene, M., & Jankauskiene, R. (2022). The Mediating Effect of Nature Restorativeness, Stress Level, and Nature Connectedness in the Association between Nature Exposure and Quality of Life. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(4), 2098. <https://doi.org/10.3390/ijerph19042098>

- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer : A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Banque Mondiale. (2010). *Cities and climate change : an urgent agenda (English)*. World Bank Group. Consulté le 30/03/2024 sur <http://documents.worldbank.org/curated/en/194831468325262572/Cities-and-climate-change-an-urgent-agenda>
- Barnes, M. R., Donahue, M. L., Keeler, B. L., Shorb, C. M., Mohtadi, T. Z., & Shelby, L. J. (2019). Characterizing Nature and Participant Experience in Studies of Nature Exposure for Positive Mental Health : An Integrative Review. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02617>
- Barrett, L. F., & Russell, J. A. (1999). The Structure of Current Affect : Controversies and Emerging Consensus. *Current Directions in Psychological Science*, 8(1), 10-14. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00003>
- Barton, J., & Pretty, J. (2010). What is the best dose of nature and green exercise for improving mental health? A multi-study analysis. *Environmental Science & Technology*, 44(10), 3947-3955. <https://doi.org/10.1021/es903183r>
- Bates, M. E., & Lemay, E. P. (2004). The d2 Test of Attention : Construct validity and extensions in scoring techniques. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10(3), 392-400. <https://doi.org/10.1017/S135561770410307X>
- Baumeister, R. F., Vohs, K. D., Aaker, J. L., & Garbinsky, E. N. (2013). Some key differences between a happy life and a meaningful life. *The Journal of Positive Psychology*, 8(6), 505-516. <https://doi.org/10.1080/17439760.2013.830764>

- Berman, M. G., Jonides, J., & Kaplan, S. (2008). The Cognitive Benefits of Interacting With Nature. *Psychological Science*, *19*(12), 1207-1212.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02225.x>
- Berman, M. G., Kross, E., Krpan, K. M., Askren, M. K., Burson, A., Deldin, P. J., Kaplan, S., Sherdell, L., Gotlib, I. H., & Jonides, J. (2012). Interacting with Nature Improves Cognition and Affect for Individuals with Depression. *Journal of Affective Disorders*, *140*(3), 300-305. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2012.03.012>
- Berto, R. (2005). Exposure to restorative environments helps restore attentional capacity. *Journal of Environmental Psychology*, *25*(3), 249-259.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2005.07.001>
- Berto, R. (2014). The role of nature in coping with psycho-physiological stress : A literature review on restorativeness. *Behavioral Sciences (Basel, Switzerland)*, *4*(4), 394-409.
<https://doi.org/10.3390/bs4040394>
- Berto, R., Massaccesi, S., & Pasini, M. (2008). Do eye movements measured across high and low fascination photographs differ? Addressing Kaplan's fascination hypothesis. *Journal of Environmental Psychology*, *28*(2), 185-191.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2007.11.004>
- Beyer, K. M. M., Kaltenbach, A., Szabo, A., Bogar, S., Nieto, F. J., & Malecki, K. M. (2014). Exposure to Neighborhood Green Space and Mental Health : Evidence from the Survey of the Health of Wisconsin. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *11*(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/ijerph110303453>
- Birch, J., Rishbeth, C., & Payne, S. R. (2020). Nature doesn't judge you – how urban nature supports young people's mental health and wellbeing in a diverse UK city. *Health & Place*, *62*, 102296. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2020.102296>

- Blanca, M. J., Alarcón, R., & Arnau, J. (2017). Non-normal data : Is ANOVA still a valid option? *Psicothema*, *29.4*, 552-557. <https://doi.org/10.7334/psicothema2016.383>
- Blascovich, J., Loomis, J., Beall, A. C., Swinth, K. R., Hoyt, C. L., & Bailenson, J. N. (2002). TARGET ARTICLE : Immersive Virtual Environment Technology as a Methodological Tool for Social Psychology. *Psychological Inquiry*, *13*(2), 103-124. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1302_01
- Bolouki, A., McAnirlin, O., H. E. M. Browning, M., & Maynard, A. (2024). Optimizing Virtual Nature for Psychological and Physiological Well-Being : A Systematic Review of the Moderating Effects of Duration, Nature Type, Sample Characteristics, and Immersiveness and Potential Risks of Bias. *International Journal of Human-Computer Interaction*, *0*(0), 1-17. <https://doi.org/10.1080/10447318.2024.2338327>
- Boucsein, W., Fowles, D. C., Grimnes, S., Ben-Shakhar, G., roth, W. T., Dawson, M. E., Filion, D. L., & Society for Psychophysiological Research Ad Hoc Committee on Electrodermal Measures. (2012). Publication recommendations for electrodermal measurements. *Psychophysiology*, *49*(8), 1017-1034. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2012.01384.x>
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities : A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, *97*(3), 147-155. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>
- Brambilla, E., Petersen, E., Stendal, K., Sundling, V., MacIntyre, T. E., & Calogiuri, G. (2024). Effects of immersive virtual nature on nature connectedness : A systematic review and meta-analysis. *DIGITAL HEALTH*, *10*, 20552076241234639. <https://doi.org/10.1177/20552076241234639>

- Bratman, G. N., Hamilton, J. P., & Daily, G. C. (2012). The impacts of nature experience on human cognitive function and mental health. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1249, 118-136. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06400.x>
- Brickenkamp, R. (1981). *Test d2 : Aufmerksamkeits-Belastungs-Test*. Hogrefe.
- Brickenkamp, R., Schmidt-Atzert, L., & Liepmann, D. (2010). *Test d2—Revision d2-R; Aufmerksamkeits- und Konzentrationstest*. Hogrefe.
- Brodal, P. (2010). *The Central Nervous System*. Oxford University Press.
- Browning, M. H. E. M., Mimnaugh, K. J., van Riper, C. J., Laurent, H. K., & LaValle, S. M. (2020a). Can Simulated Nature Support Mental Health? Comparing Short, Single-Doses of 360-Degree Nature Videos in Virtual Reality With the Outdoors. *Frontiers in Psychology*, 10, 2667. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02667>
- Brügger, A., Kaiser, F. G., & Roczen, N. (2011). One for all? Connectedness to nature, inclusion of nature, environmental identity, and implicit association with nature. *European Psychologist*, 16(4), 324-333. <https://doi.org/10.1027/1016-9040/a000032>
- Bruni, C. M., & Schultz, P. W. (2010). Implicit beliefs about self and nature : Evidence from an IAT game. *Journal of Environmental Psychology*, 30(1), 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.10.004>
- Browning, M. H. E. M., Shipley, N., McAnirlin, O., Becker, D., Yu, C.-P., Hartig, T., & Dzhambov, A. M. (2020b). An Actual Natural Setting Improves Mood Better Than Its Virtual Counterpart : A Meta-Analysis of Experimental Data. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.02200>
- Bruni, C. M., & Schultz, P. W. (2010). Implicit beliefs about self and nature : Evidence from an IAT game. *Journal of Environmental Psychology*, 30(1), 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.10.004>

- Cameron, R. W. F., Brindley, P., Mears, M., McEwan, K., Ferguson, F., Sheffield, D., Jorgensen, A., Riley, J., Goodrick, J., Ballard, L., & Richardson, M. (2020). Where the wild things are ! Do urban green spaces with greater avian biodiversity promote more positive emotions in humans? *Urban Ecosystems*, 23(2), 301-317. <https://doi.org/10.1007/s11252-020-00929-z>
- Camus, J.-F. (1996). *La psychologie cognitive de l'attention*. Armand Colin.
- Capaldi, C. A., Dopko, R. L., & Zelenski, J. M. (2014). The relationship between nature connectedness and happiness : A meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2014.00976>
- Cardinali, M., Beenackers, M. A., Fleury-Bahi, G., Bodénan, P., Petrova, M. T., van Timmeren, A., & Pottgiesser, U. (2024). Examining green space characteristics for social cohesion and mental health outcomes : A sensitivity analysis in four European cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 93, 128230. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128230>
- Carlin, A. S., Hoffman, H. G., & Weghorst, S. (1997). Virtual reality and tactile augmentation in the treatment of spider phobia : A case report. *Behaviour Research and Therapy*, 35(2), 153-158. [https://doi.org/10.1016/S0005-7967\(96\)00085-X](https://doi.org/10.1016/S0005-7967(96)00085-X)
- Carter, B. T., & Luke, S. G. (2020). Best practices in eye tracking research. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 155, 49-62. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.05.010>
- Castaldo, R., Melillo, P., & Pecchia, L. (2015). Acute Mental Stress Detection via Ultra-short term HRV Analysis. In D. A. Jaffray (Éd.), *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, June 7-12, 2015, Toronto, Canada* (p. 1068-1071). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19387-8_260

- Chan, S. H. M., Qiu, L., Esposito, G., Mai, K. P., Tam, K.-P., & Cui, J. (2023). Nature in virtual reality improves mood and reduces stress : Evidence from young adults and senior citizens. *Virtual Reality*, 27(4), 3285-3300.
<https://doi.org/10.1007/s10055-021-00604-4>
- Chen, W.-Q., Wong, T.-W., & Yu, T.-S. (2009). Review Article : Influence of occupational stress on mental health among Chinese off-shore oil workers. *Scandinavian Journal of Public Health*, 37(7), 766-773. <https://doi.org/10.1177/1403494809341097>
- Clark, L. A., Watson, D., & Mineka, S. (1994). Temperament, personality, and the mood and anxiety disorders. *Journal of Abnormal Psychology*, 103(1), 103-116.
<https://doi.org/10.1037/0021-843X.103.1.103>
- Clayton, S. (2003). Environmental Identity : A Conceptual and an Operational Definition. In *Identity and the natural environment : The psychological significance of nature* (p. 45-65). MIT Press.
- Clayton, S., Colléony, A., Conversy, P., Maclouf, E., Martin, L., Torres, A.-C., Truong, M.-X., & Prévot, A.-C. (2017). Transformation of Experience : Toward a New Relationship with Nature. *Conservation Letters*, 10(5), 645-651. <https://doi.org/10.1111/conl.12337>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Cohen, R. A. (1993). *The neuropsychology of attention*. Plenum Press.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (Éds.). (2016). *Nature-based solutions to address global societal challenges*. IUCN International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>

- Congard, A. (2007). *Approche longitudinale de la variabilité interindividuelle et intra-individuelle des affects : Vers une meilleure compréhension de l'interaction entre personnalité et événements de vie* [These de doctorat, Aix-Marseille 1].
<https://theses.fr/2007AIX10071>
- Congard, A., Dauvier, B., Antoine, P., & Gilles, P.-Y. (2011). Integrating personality, daily life events and emotion: Role of anxiety and positive affect in emotion regulation dynamics. *Journal of Research in Personality*, 45(4), 372-384.
<https://doi.org/10.1016/j.jrp.2011.04.004>
- Corazon, S. S., Sidenius, U., Poulsen, D. V., Gramkow, M. C., & Stigsdotter, U. K. (2019). Psycho-Physiological Stress Recovery in Outdoor Nature-Based Interventions: A Systematic Review of the Past Eight Years of Research. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(10), Article 10.
<https://doi.org/10.3390/ijerph16101711>
- Cottet, M., Vaudor, L., Tronchère, H., Roux-Michollet, D., Augendre, M., & Brault, V. (2018). Using gaze behavior to gain insights into the impacts of naturalness on city dwellers' perceptions and valuation of a landscape: *Journal of Environmental Psychology*. *Journal of Environmental Psychology*, 60, 9-20.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2018.09.001>
- Critchley, H. D. (2002). Review: Electrodermal Responses: What Happens in the Brain. *The Neuroscientist*, 8(2), 132-142. <https://doi.org/10.1177/107385840200800209>
- Dahmus, M. E., & Nelson, K. C. (2014). Nature discourses in the residential yard in Minnesota. *Landscape and Urban Planning*, 125, 183-187.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.02.023>

- Dallimer, M., Irvine, K. N., Skinner, A. M. J., Davies, Z. G., Rouquette, J. R., Maltby, L., Warren, P. H., Armsworth, P. R., & Gaston, K. J. (2012). Biodiversity and the feel-good factor : Understanding associations between self-reported human well-being and species richness. *BioScience*, 62(1), 47-55. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.1.9>
- de Kort, Y. A. W., Meijnders, A. L., Sponselee, A. A. G., & IJsselsteijn, W. A. (2006). What's wrong with virtual trees? Restoring from stress in a mediated environment. *Journal of Environmental Psychology*, 26(4), 309-320. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2006.09.001>
- Delaney, J. P. A., & Brodie, D. A. (2000). Effects of Short-Term Psychological Stress on the Time and Frequency Domains of Heart-Rate Variability. *Perceptual and Motor Skills*, 91(2), 515-524. <https://doi.org/10.2466/pms.2000.91.2.515>
- Descola, P. (2005). *Par-delà nature et culture*. Paris : Gallimard.
- de Vries, S. (2010). Nearby nature and human health: Looking at the mechanisms and their implications. In C. Ward-Thompson, P. Aspinall, & S. Bell (Eds.), *Innovative approaches to researching landscape and health* (pp. 77–96). Routledge.
- Diener, E. (1984). Subjective well-being. *Psychological Bulletin*, 95(3), 542-575. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.95.3.542>
- Diener, E., & Oishi, S. (2000). Money and happiness : Income and subjective well-being across nations. In *Culture and subjective well-being* (p. 185-218). The MIT Press. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2352-0_2
- Diener, E., Suh, E. M., Lucas, R. E., & Smith, H. L. (1999). Subjective well-being : Three decades of progress. *Psychological Bulletin*, 125(2), 276-302. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.125.2.276>

- Ducarme, F., & Couvet, D. (2020). What does 'nature' mean? *Palgrave Communications*, 6(1), 1-8. <https://doi.org/10.1057/s41599-020-0390-y>
- Egeth, H. E., & Yantis, S. (1997). VISUAL ATTENTION : Control, Representation, and Time Course. *Annual Review of Psychology*, 48(Volume 48, 1997), 269-297. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.48.1.269>
- Eid, M., & Diener, E. (2004). Global judgments of subjective well-being : Situational variability and long-term stability. *Social Indicators Research*, 65(3), 245-277. <https://doi.org/10.1023/B:SOCI.0000003801.89195.bc>
- Ekman, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition and Emotion*, 6(3-4), 169-200. <https://doi.org/10.1080/02699939208411068>
- Emilsson, T., & Ode Sang, Å. (2017). Impacts of Climate Change on Urban Areas and Nature-Based Solutions for Adaptation. In N. Kabisch, H. Korn, J. Stadler, & A. Bonn (Éds.), *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas : Linkages between Science, Policy and Practice* (p. 15-27). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_2
- European Commission. (2015). Horizon 2020 work programme 2016–2017. 12. Climate action, environment, resource efficiency and raw materials.
- Evans, G. W., & DeFrance, K. (2022). 90. Stress. In *Psychologie environnementale : 100 notions clés* (p. 234-241). Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.march.2022.01.0234>
- Felton, W. M., & Jackson, R. E. (2022). Presence : A Review. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 38(1), 1-18. <https://doi.org/10.1080/10447318.2021.1921368>

- Ferraro, D. M., Miller, Z. D., Ferguson, L. A., Taff, B. D., Barber, J. R., Newman, P., & Francis, C. D. (2020). The phantom chorus : Birdsong boosts human well-being in protected areas. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 287(1941), 20201811. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.1811>
- Fleury-Bahi, G., Galharret, J.-M., Lemée, C., Wittenberg, I., Olivos, P., Loureiro, A., Jeuken, Y., Laille, P., & Navarro, O. (2023). Nature and well-being in seven European cities : The moderating effect of connectedness to nature. *Applied Psychology: Health and Well-Being*, 15(2), 479-498. <https://doi.org/10.1111/aphw.12390>
- Franěk, M., Šefara, D., Petružálek, J., Cabal, J., & Myška, K. (2018). Differences in eye movements while viewing images with various levels of restorativeness. *Journal of Environmental Psychology*, 57, 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2018.05.001>
- Fredrickson, B. L. (2001). The Role of Positive Emotions in Positive Psychology. *The American psychologist*, 56(3), 218-226.
- Frijda, N. H. (2000). Emotions. In *International handbook of psychology* (p. 207-222). Sage Publications Ltd. <https://doi.org/10.4135/9781848608399.n12>
- Frost, S., Kannis-Dymand, L., Schaffer, V., Milllear, P., Allen, A., Stallman, H., Mason, J., Wood, A., & Atkinson-Nolte, J. (2022). Virtual immersion in nature and psychological well-being : A systematic literature review. *Journal of Environmental Psychology*, 80, 101765. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101765>
- Gaekwad, J. S., Sal Moslehian, A., & Roös, P. B. (2023). A meta-analysis of physiological stress responses to natural environments : Biophilia and Stress Recovery Theory perspectives: Journal of Environmental Psychology. *Journal of Environmental Psychology*, 90, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2023.102085>

- Gasperin, D., Netuveli, G., Dias-da-Costa, J. S., & Pattussi, M. P. (2009). Effect of psychological stress on blood pressure increase : A meta-analysis of cohort studies. *Cadernos de Saúde Pública*, *25*, 715-726.
<https://doi.org/10.1590/S0102-311X2009000400002>
- Gatersleben, B., & Andrews, M. (2013). When walking in nature is not restorative—The role of prospect and refuge. *Health & Place*, *20*, 91-101.
<https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2013.01.001>
- Gaudreau, P., Sanchez, X., & Blondin, J.-P. (2006). Positive and Negative Affective States in a Performance-Related Setting. *European Journal of Psychological Assessment*, *22*(4), 240-249. <https://doi.org/10.1027/1015-5759.22.4.240>
- GIEC. (2022): Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-33, doi:[10.1017/9781009325844.001](https://doi.org/10.1017/9781009325844.001).
- Goldberg, D. P., Gater, R., Sartorius, N., Ustun, T. B., Piccinelli, M., Gureje, O., & Rutter, C. (1997). The validity of two versions of the GHQ in the WHO study of mental illness in general health care. *Psychological Medicine*, *27*(1), 191-197.
<https://doi.org/10.1017/s0033291796004242>
- Grassini, S., Segurini, G. V., & Koivisto, M. (2022). Watching Nature Videos Promotes Physiological Restoration: Evidence From the Modulation of Alpha Waves in Electroencephalography. *Frontiers in Psychology*, *13*.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.871143>
- Gross, J. J. (2002). Emotion regulation: Affective, cognitive, and social consequences. *Psychophysiology*, *39*(3), 281-291. <https://doi.org/10.1017/S0048577201393198>

- Hale, K. S., & Stanney, K. M. (Éds.). (2014). *Handbook of Virtual Environments : Design, Implementation, and Applications, Second Edition* (2^e éd.). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/b17360>
- Hartig, T., Korpela, K., Evans, G. W., & Gärling, T. (1997). A measure of restorative quality in environments. *Scandinavian Housing and Planning Research*, 14(4), 175-194.
<https://doi.org/10.1080/02815739708730435>
- Hartig, T., & Jahncke, H. (2017). Letter to the editor: Attention restoration in natural environments: Mixed mythical metaphors for meta-analysis. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 20(5), 305-315.
<https://doi.org/10.1080/10937404.2017.1363101>
- Hartig, T., Mang, M., & Evans, G. W. (1991). Restorative Effects of Natural Environment Experiences. *Environment and Behavior*, 23(1), 3-26.
<https://doi.org/10.1177/0013916591231001>
- Hartig, T., Mitchell, R., Vries, S. de, & Frumkin, H. (2014). Nature and Health. *Annual Review of Public Health*, 35(Volume 35, 2014), 207-228.
<https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032013-182443>
- Hatty, M. A., Smith, L. D. G., Goodwin, D., & Mavondo, F. T. (2020). The CN-12 : A Brief, Multidimensional Connection With Nature Instrument. *Frontiers in Psychology*, 11.
<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2020.01566>
- Hedblom, M., Gunnarsson, B., Irvani, B., Knez, I., Schaefer, M., Thorsson, P., & Lundström, J. N. (2019). Reduction of physiological stress by urban green space in a multisensory virtual experiment. *Scientific Reports*, 9(1), Article 1.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-46099-7>

- Hefti, M. (2021). *Impacts of nature exposure in virtual urban environments on attentional and emotional restoration* [Préenregistrement]. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/JG8RY>
- Hefti, M. (2023). *The Restorative Effects of Nature in Urban Settings : A Randomized Controlled Trial using Virtual Reality to Examine its Impact on Stress, Attention, and Emotions* [Préenregistrement]. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/A5HKM>
- Hefti, M., Fleury-Bahi, G., & Navarro, O. (in press). How does nature in the city make us happy ? The role of affect and connectedness to nature. *PsyEcology*.
- Helliwell, J. F., & Putnam, R. D. (2004). The social context of well-being. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 359(1449), 1435-1446. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1522>
- Hernández, B., & Hidalgo, M. C. (2005). Effect of Urban Vegetation on Psychological Restorativeness. *Psychological Reports*, 96(3_suppl), 1025-1028. <https://doi.org/10.2466/pr0.96.3c.1025-1028>
- Hicks, L. J., Smith, A. C., Ralph, B. C. W., & Smilek, D. (2020). Restoration of sustained attention following virtual nature exposure : Undeniable or unreliable? *Journal of Environmental Psychology*, 71, 101488. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101488>
- Hirschle, A. L. T., & Gondim, S. M. G. (2020). Stress and well-being at work : A literature review. *Ciência & Saúde Coletiva*, 25, 2721-2736. <https://doi.org/10.1590/1413-81232020257.27902017>
- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & Weijer, J. van de. (2011). *Eye Tracking : A comprehensive guide to methods and measures*. OUP Oxford.

- Hsieh, C.-H., Yang, J.-Y., Huang, C.-W., & Chin, W. C. B. (2023). The effect of water sound level in virtual reality : A study of restorative benefits in young adults through immersive natural environments. *Journal of Environmental Psychology*, 88, 102012. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2023.102012>
- Huang, Q., Yang, M., Jane, H., Li, S., & Bauer, N. (2020). Trees, grass, or concrete? The effects of different types of environments on stress reduction. *Landscape and Urban Planning*, 193, 103654. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103654>
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Consulted on 10 March 2022 on <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- James, W. (1890). *The principles of psychology, Vol I*. Henry Holt and Co. <https://doi.org/10.1037/10538-000>
- James, W. (1892). *Psychology : Briefer Course*. New York : Holt.
- Jayaram, S., Connacher, H. I., & Lyons, K. W. (1997). Virtual assembly using virtual reality techniques. *Computer-Aided Design*, 29(8), 575-584. [https://doi.org/10.1016/S0010-4485\(96\)00094-2](https://doi.org/10.1016/S0010-4485(96)00094-2)
- Joye, Y., & De Block, A. (2011). ‘Nature and I are Two’ : A Critical Examination of the Biophilia Hypothesis. *Environmental Values*, 20(2), 189-215. <https://doi.org/10.3197/096327111X12997574391724>
- Joye, Y., Pals, R., Steg, L., & Evans, B. L. (2013). New Methods for Assessing the Fascinating Nature of Nature Experiences. *PLOS ONE*, 8(7), e65332. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065332>
- Kahn, P. H. (1997). Developmental Psychology and the Biophilia Hypothesis : Children’s Affiliation with Nature. *Developmental Review*, 17(1), 1-61. <https://doi.org/10.1006/drev.1996.0430>

- Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. Prentice-Hall.
- Kaiser, F. G., Hartig, T., Brügger, A., & Duvier, C. (2013). Environmental Protection and Nature as Distinct Attitudinal Objects : An Application of the Campbell Paradigm. *Environment and Behavior*, 45(3), 369-398.
<https://doi.org/10.1177/0013916511422444>
- Kals, E., & Ittner, H. (2003). Children's Environmental Identity : Indicators and Behavioral Impacts. In *Identity and the natural environment : The psychological significance of nature* (p. 135-157). MIT Press.
- Kamitsis, I., & Francis, A. J. P. (2013). Spirituality mediates the relationship between engagement with nature and psychological wellbeing. *Journal of Environmental Psychology*, 36, 136-143. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.07.013>
- Kanelli, A. A., Dimitrakopoulos, P. G., Fyllas, N. M., Chrousos, G. P., & Kalantzi, O.-I. (2021). Engaging the Senses : The Association of Urban Green Space with General Health and Well-Being in Urban Residents. *Sustainability*, 13(13), Article 13.
<https://doi.org/10.3390/su13137322>
- Kaplan, R. (1993). The role of nature in the context of the workplace. *Landscape and Urban Planning*, 26(1), 193-201. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(93\)90016-7](https://doi.org/10.1016/0169-2046(93)90016-7)
- Kaplan, R. (2001). The Nature of the View from Home : Psychological Benefits. *Environment and Behavior*, 33(4), 507-542. <https://doi.org/10.1177/00139160121973115>
- Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature : Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15(3), 169-182.
[https://doi.org/10.1016/0272-4944\(95\)90001-2](https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90001-2)
- Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. New York, NY: Cambridge University Press.

- Kawahara, J. I., & Sato, H. (2013). The effect of fatigue on the attentional blink. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 75(6), 1096-1102.
<https://doi.org/10.3758/s13414-013-0507-0>
- Kellert, S. R., & Wilson, E. O. (1993). *The Biophilia Hypothesis*. Island Press.
- Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203-220.
https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0303_3
- Keulartz, J., Van Der Windt, H., & Swart, J. (2004). Concepts of Nature as Communicative Devices: The Case of Dutch Nature Policy. *Environmental Values*, 13(1), 81-99.
<https://doi.org/10.3197/096327104772444785>
- Keyes, C. L. M. (1998). Social Well-Being. *Social Psychology Quarterly*, 61(2), 121-140.
<https://doi.org/10.2307/2787065>
- Keyes, C. L. M. (2002). The mental health continuum: From languishing to flourishing in life. *Journal of Health and Social Behavior*, 43(2), 207-222.
<https://doi.org/10.2307/3090197>
- Keyes, C. L. M., Wissing, M., Potgieter, J. P., Temane, M., Kruger, A., & van Rooy, S. (2008). Evaluation of the mental health continuum–short form (MHC–SF) in setswana-speaking South Africans. *Clinical Psychology & Psychotherapy*, 15(3), 181-192.
<https://doi.org/10.1002/cpp.572>
- Kim, H.-G., Cheon, E.-J., Bai, D.-S., Lee, Y. H., & Koo, B.-H. (2018). Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature. *Psychiatry Investigation*, 15(3), 235-245. <https://doi.org/10.30773/pi.2017.08.17>

- Kirschbaum, C., Pirke, K.-M., & Hellhammer, D. H. (1993). The 'Trier Social Stress Test' – A Tool for Investigating Psychobiological Stress Responses in a Laboratory Setting. *Neuropsychobiology*, 28(1-2), 76-81. <https://doi.org/10.1159/000119004>
- Korpela, K., & Hartig, T. (1996). RESTORATIVE QUALITIES OF FAVORITE PLACES. *Journal of Environmental Psychology*, 16(3), 221-233. <https://doi.org/10.1006/jevps.1996.0018>
- Kotera, Y., Richardson, M., & Sheffield, D. (2020). Effects of Shinrin-Yoku (Forest Bathing) and Nature Therapy on Mental Health: A Systematic Review and Meta-analysis. *International Journal of Mental Health and Addiction*. <https://doi.org/10.1007/s11469-020-00363-4>
- Kuo, F. E., & Sullivan, W. C. (2001). Aggression and Violence in the Inner City : Effects of Environment via Mental Fatigue. *Environment and Behavior*, 33(4), 543-571. <https://doi.org/10.1177/00139160121973124>
- Laborde, S., Mosley, E., & Thayer, J. F. (2017). Heart Rate Variability and Cardiac Vagal Tone in Psychophysiological Research – Recommendations for Experiment Planning, Data Analysis, and Data Reporting. *Frontiers in Psychology*, 8, 213. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00213>
- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science : A practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, 4, 863. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863>
- Larousse. (s.d.). Nature. Dans *Dictionnaire en ligne*. Consulté le 15 Mars 2024 sur <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/nature/53894>

- Larsen, R. J., & Prizmic, Z. (2008). Regulation of emotional well-being : Overcoming the hedonic treadmill. In *The science of subjective well-being* (p. 258-289). The Guilford Press.
- LaValle, S. M. (2017). *Virtual Reality*. Cambridge University Press.
- Lazarus, R. S. (1966). *Psychological stress and the coping process*. McGraw-Hill.
- Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, Appraisal, and Coping*. Springer Publishing Company.
- Lemée, C., Fleury-Bahi, G., & Navarro, O. (2019). Solutions basées sur la nature et qualité de vie : Une étude auprès d'habitants de Nantes. Dans S. Gaymard (Éd.), *Psychologie sociale appliquée aux grandes thématiques contemporaines* (p. 111-122). Paris : L'Harmattan.
- Lemyre, L., & Tessier, R. (1988). Mesure de Stress Psychologique (MSP) : Se sentir stressé-e. [Measurement of psychological stress: To feel stressed.]. *Canadian Journal of Behavioural Science / Revue canadienne des sciences du comportement*, 20, 302-321. <https://doi.org/10.1037/h0079945>
- Lemyre, L., & Tessier, R. (2003). *La mesure de stress psychologique en recherche de première ligne*. Hypothèse: La Page de la recherche. Consulté le 30 Septembre 2024 sur <https://www.gapsante.ca/newSite/Articles-PDF/23-Lemyre.pdf>
- Lessiter, J., Freeman, J., Keogh, E., & Davidoff, J. (2001). A Cross-Media Presence Questionnaire : The ITC-Sense of Presence Inventory. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 10(3), 282-297. <https://doi.org/10.1162/105474601300343612>
- Leung, A. K., & Hon, K. L. (2019). Motion sickness : An overview. *Drugs in Context*, 8, 2019-9-4. <https://doi.org/10.7573/dic.2019-9-4>

- Leung, G. Y. S., Hazan, H., & Chan, C. S. (2022). Exposure to nature in immersive virtual reality increases connectedness to nature among people with low nature affinity. *Journal of Environmental Psychology*, 83, 101863. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101863>
- Li, H., Dong, W., Wang, Z., Chen, N., Wu, J., Wang, G., & Jiang, T. (2021). Effect of a Virtual Reality-Based Restorative Environment on the Emotional and Cognitive Recovery of Individuals with Mild-to-Moderate Anxiety and Depression. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179053>
- Liszio, S., Graf, L., & Masuch, M. (2018). The relaxing effect of virtual nature : Immersive technology provides relief in acute stress situations. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*, 2018(16), 87-93. Scopus.
- Liu, Y., & Du, S. (2018). Psychological stress level detection based on electrodermal activity. *Behavioural Brain Research*, 341, 50-53. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2017.12.021>
- Lyubomirsky, S., King, L., & Diener, E. (2005). The Benefits of Frequent Positive Affect : Does Happiness Lead to Success? *Psychological Bulletin*, 131(6), 803-855. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.131.6.803>
- Maas, J., Verheij, R. A., Vries, S. de, Spreeuwenberg, P., Schellevis, F. G., & Groenewegen, P. P. (2009). Morbidity is related to a green living environment. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 63(12), 967-973. <https://doi.org/10.1136/jech.2008.079038>
- Malik, M., Bigger, J. T., Camm, A. J., Kleiger, R. E., Malliani, A., Moss, A. J., & Schwartz, P. J. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17(3), 354-381. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a014868>

- Marsac, J. (2013). Variabilité de la fréquence cardiaque : Un marqueur de risque cardiométabolique en santé publique. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*, 197(1), 175-186. [https://doi.org/10.1016/S0001-4079\(19\)31635-8](https://doi.org/10.1016/S0001-4079(19)31635-8)
- Marselle, M. R., Hartig, T., Cox, D. T. C., de Bell, S., Knapp, S., Lindley, S., Triguero-Mas, M., Böhning-Gaese, K., Braubach, M., Cook, P. A., de Vries, S., Heintz-Buschart, A., Hofmann, M., Irvine, K. N., Kabisch, N., Kolek, F., Kraemer, R., Markevych, I., Martens, D., ... Bonn, A. (2021). Pathways linking biodiversity to human health : A conceptual framework. *Environment International*, 150, 106420. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106420>
- Martin, L., White, M. P., Hunt, A., Richardson, M., Pahl, S., & Burt, J. (2020). Nature contact, nature connectedness and associations with health, wellbeing and pro-environmental behaviours. *Journal of Environmental Psychology*, 68, 101389. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101389>
- Masaoka, Y., & Homma, I. (1997). Anxiety and respiratory patterns : Their relationship during mental stress and physical load. *International Journal of Psychophysiology*, 27(2), 153-159. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(97\)00052-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(97)00052-4)
- Mattila, O., Korhonen, A., Pöyry, E., Hauru, K., Holopainen, J., & Parvinen, P. (2020). Restoration in a virtual reality forest environment. *Computers in Human Behavior*, 107, 106295. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106295>
- Mausner, C. (1996). A KALEIDOSCOPE MODEL : DEFINING NATURAL ENVIRONMENTS. *Journal of Environmental Psychology*, 16(4), 335-348. <https://doi.org/10.1006/jevp.1996.0028>

- Mavoa, S., Davern, M., Breed, M., & Hahs, A. (2019). Higher levels of greenness and biodiversity associate with greater subjective wellbeing in adults living in Melbourne, Australia. *Health & Place*, *57*, 321-329.
<https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2019.05.006>
- Mayer, F. S., & Frantz, C. M. (2004). The connectedness to nature scale : A measure of individuals' feeling in community with nature. *Journal of Environmental Psychology*, *24*(4), 503-515. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2004.10.001>
- Mayer, F. S., Frantz, C. M., Bruehlman-Senecal, E., & Dolliver, K. (2009). Why Is Nature Beneficial? : The Role of Connectedness to Nature. *Environment and Behavior*, *41*(5), 607-643. <https://doi.org/10.1177/0013916508319745>
- McEwen, B. S., & Akil, H. (2020). Revisiting the Stress Concept : Implications for Affective Disorders. *Journal of Neuroscience*, *40*(1), 12-21.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0733-19.2019>
- McMahan, E. A., & Estes, D. (2015). The effect of contact with natural environments on positive and negative affect : A meta-analysis. *The Journal of Positive Psychology*, *10*(6), 507-519. <https://doi.org/10.1080/17439760.2014.994224>
- McMahan, E. A., Estes, D., Murfin, J. S., & Bryan, C. M. (2018). Nature Connectedness Moderates the Effect of Nature Exposure on Explicit and Implicit Measures of Emotion. *Journal of Positive Psychology and Wellbeing*, *2*(2), Article 2.
- McSweeney, J., Johnson, S., Sherry, S., Singleton, J., & Rainham, D. (2021). Indoor nature exposure and influence on physiological stress markers. *International Journal of Environmental Health Research*, *31*(6), 636-650.
<https://doi.org/10.1080/09603123.2019.1679357>

- Montel, S. (2016). Chapitre 1. L'attention. In *11 grandes notions de neuropsychologie clinique* (p. 5-36). Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.monte.2016.01.0005>
- Morris, W. N., & Schnurr, P. P. (1989). *Mood: The frame of mind* (p. xii, 261). Springer-Verlag Publishing.
- Mostajeran, F., Krzikawski, J., Steinicke, F., & Kühn, S. (2021). Effects of exposure to immersive videos and photo slideshows of forest and urban environments. *Scientific Reports*, *11*(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83277-y>
- Nations Unies. (1992). Convention on Biological Diversity. Consulté le 30 Mars 2024 sur <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>
- Nations Unies. (2014). *Our urbanizing world. Population Facts*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, n° 2014/13. United Nations.
- Navarro, O., Galharret, J.-M., Olivos, P., Loureiro, A., Wittenberg, I., Lemée, C., & Fleury-Bahi, G. (2022). The Brief Version of the “Connectedness to Nature Scale” : Factorial Structure and Invariance Study Across Seven European Cities. *Ecopsychology*, *14*(3), 190-199. <https://doi.org/10.1089/eco.2021.0058>
- Navarro, O., Olivos, P., & Fleury-Bahi, G. (2017). “Connectedness to Nature Scale” : Validity and Reliability in the French Context. *Frontiers in Psychology*, *8*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02180>
- Negrín, F., Hernández-Fernaud, E., Hess, S., & Hernández, B. (2017). Discrimination of Urban Spaces with Different Level of Restorativeness Based on the Original and on a Shorter Version of Hartig et al.'s Perceived Restorativeness Scale. *Frontiers in Psychology*, *8*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01735>

- Newman, M., Gatersleben, B., Wyles, K. J., & Ratcliffe, E. (2022). The use of virtual reality in environment experiences and the importance of realism. *Journal of Environmental Psychology*, 79, 101733. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2021.101733>
- Nisbet, E. K., & Zelenski, J. M. (2011). Underestimating Nearby Nature : Affective Forecasting Errors Obscure the Happy Path to Sustainability. *Psychological Science*, 22(9), 1101-1106. <https://doi.org/10.1177/0956797611418527>
- Nisbet, E. K., Zelenski, J. M., & Murphy, S. A. (2009). The Nature Relatedness Scale : Linking Individuals' Connection With Nature to Environmental Concern and Behavior. *Environment and Behavior*, 41(5), 715-740. <https://doi.org/10.1177/0013916508318748>
- Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodine, A., & Greenfield, E. (2014). Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 193, 119-129. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.05.028>
- O'Meara, A., Cassarino, M., Bolger, A., & Setti, A. (2020). Virtual Reality Nature Exposure and Test Anxiety. *Multimodal Technologies and Interaction*, 4(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/mti4040075>
- O'Regan, J. K., & Noë, A. (2001). A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(5), 939-973. <https://doi.org/10.1017/S0140525X01000115>
- Ohly, H., White, M. P., Wheeler, B. W., Bethel, A., Ukoumunne, O. C., Nikolaou, V., & Garside, R. (2016). Attention Restoration Theory : A systematic review of the attention restoration potential of exposure to natural environments. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 19(7), 305-343. <https://doi.org/10.1080/10937404.2016.1196155>

- Olejnik, S., & Algina, J. (2003). Generalized eta and omega squared statistics : Measures of effect size for some common research designs. *Psychological Methods*, 8(4), 434-447. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.8.4.434>
- Olivos-Jara, P., Segura-Fernández, R., Rubio-Pérez, C., & Felipe-García, B. (2020). Biophilia and Biophobia as Emotional Attribution to Nature in Children of 5 Years Old. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00511>
- Organisation Mondiale de la Santé. (2023). Climate Change. *Organisation Mondiale de la Santé*. Consulté le 30 mars 2024 sur <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>
- Organisation Mondiale de la Santé. (2024). Santé mentale : Renforcer notre action. *Organisation Mondiale de la Santé*. Consulté le 29 mars 2024 sur <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-strengthening-our-response>
- Pasca, L., Aragonés, J.-I., & Fraijo-Sing, B. (2020). Categorizing landscapes : Approaching the concept of Nature (Categorizando paisajes: una aproximación al concepto de naturaleza). *PsyEcology*, 11(3), 342-362. <https://doi.org/10.1080/21711976.2019.1659029>
- Pasca, L., Carrus, G., Loureiro, A., Navarro, Ó., Panno, A., Tapia Follen, C., & Aragonés, J. I. (2022). Connectedness and well-being in simulated nature. *Applied Psychology: Health and Well-Being*, 14(2), 397-412. <https://doi.org/10.1111/aphw.12309>
- Peirce, J., Gray, J. R., Simpson, S., MacAskill, M., Höchenberger, R., Sogo, H., Kastman, E., & Lindeløv, J. K. (2019). PsychoPy2 : Experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, 51(1), 195-203. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-01193-y>

- Perkins, H. E. (2010). Measuring love and care for nature. *Journal of Environmental Psychology*, 30(4), 455-463. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2010.05.004>
- Pfeifer, E., Fiedler, H., & Wittmann, M. (2020). Increased relaxation and present orientation after a period of silence in a natural surrounding. *Nordic Journal of Music Therapy*, 29(1), 75-92. <https://doi.org/10.1080/08098131.2019.1642374>
- Pop-Jordanova, N., & Pop-Jordanov, J. (2020). Electrodermal Activity and Stress Assessment. *PRILOZI*, 41(2), 5-15. <https://doi.org/10.2478/prilozi-2020-0028>
- Pope, D., Tisdall, R., Middleton, J., Verma, A., van Ameijden, E., Birt, C., Macherianakis, A., & Bruce, N. G. (2018). Quality of and access to green space in relation to psychological distress : Results from a population-based cross-sectional study as part of the EURO-URHIS 2 project. *European Journal of Public Health*, 28(1), 35-38. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckv094>
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The Attention System of the Human Brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13(Volume 13, 1990), 25-42. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>
- Prajapati, B., Dunne, M., & Armstrong, R. (2010). *Sample size estimation and statistical power analyses*.
- Pritchard, A., Richardson, M., Sheffield, D., & McEwan, K. (2020). The Relationship Between Nature Connectedness and Eudaimonic Well-Being : A Meta-analysis. *Journal of Happiness Studies*, 21(3), 1145-1167. <https://doi.org/10.1007/s10902-019-00118-6>
- PsycINFO. (s.d.). *Recherche du terme "réalité virtuelle"*. Consulté le 29/08/2024, à l'adresse <https://www.apa.org/pubs/databases/psycinfo>

- Purcell, A. T., Lamb, R. J., Mainardi Peron, E., & Falchero, S. (1994). Preference or preferences for landscape? *Journal of Environmental Psychology*, *14*(3), 195-209.
[https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(94\)80056-1](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(94)80056-1)
- Purcell, T., Peron, E., & Berto, R. (2001). Why do Preferences Differ between Scene Types? *Environment and Behavior*, *33*(1), 93-106.
<https://doi.org/10.1177/00139160121972882>
- Pyle R.M. (1993). *The thunder tree: lessons from an urban wildland*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- R Core Team (2017). *R: A language and environment for statistical computing* (version 4.1.0 [Software]). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
<https://www.R-project.org/>.
- Rajendra Acharya, U., Paul Joseph, K., Kannathal, N., Lim, C. M., & Suri, J. S. (2006). Heart rate variability : A review. *Medical & Biological Engineering & Computing*, *44*(12), 1031-1051. <https://doi.org/10.1007/s11517-006-0119-0>
- Rayner, K. (2009). The 35th Sir Frederick Bartlett Lecture : Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *62*(8), 1457-1506. <https://doi.org/10.1080/17470210902816461>
- Rayner, K., & Reingold, E. M. (2015). Evidence for direct cognitive control of fixation durations during reading. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *1*, 107-112.
<https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2014.10.008>
- Regenbrecht, H. T., Schubert, T. W., & Friedmann, F. (1998). Measuring the Sense of Presence and its Relations to Fear of Heights in Virtual Environments. *International Journal of Human-Computer Interaction*, *10*(3), 233-249.
<https://doi.org/10.1207/s15327590ijhc10032>

- Reid, C. E., Rieves, E. S., & Carlson, K. (2022). Perceptions of green space usage, abundance, and quality of green space were associated with better mental health during the COVID-19 pandemic among residents of Denver. *PLOS ONE*, *17*(3), e0263779. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263779>
- Reinhardt, T., Schmahl, C., Wüst, S., & Bohus, M. (2012). Salivary cortisol, heart rate, electrodermal activity and subjective stress responses to the Mannheim Multicomponent Stress Test (MMST). *Psychiatry Research*, *198*(1), 106-111. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2011.12.009>
- Rhee, J. H., Schermer, B., & Cha, S. H. (2023). Effects of indoor vegetation density on human well-being for a healthy built environment. *Developments in the Built Environment*, *14*, 100172. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100172>
- Riches, S., Azevedo, L., Bird, L., Pisani, S., & Valmaggia, L. (2021). Virtual reality relaxation for the general population : A systematic review. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, *56*(10), 1707-1727. <https://doi.org/10.1007/s00127-021-02110-z>
- Rigolon, A., & Németh, J. (2018). “We’re not in the business of housing:” Environmental gentrification and the nonprofitization of green infrastructure projects. *Cities*, *81*, 71-80. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.03.016>
- Robertson, I. H., Manly, T., Andrade, J., Baddeley, B. T., & Yiend, J. (1997). ‘Oops!’ : Performance correlates of everyday attentional failures in traumatic brain injured and normal subjects. *Neuropsychologia*, *35*(6), 747-758. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(97\)00015-8](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(97)00015-8)
- Rockstroh, C., Blum, J., & Göritz, A. S. (2019). Virtual reality in the application of heart rate variability biofeedback. *International Journal of Human-Computer Studies*, *130*, 209-220. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2019.06.011>

- Rodriguez-Linares, L., Vila, X., Lado, M. J., Mendez, A., Otero, A., Garcia, C. A., & Lassila, M. (2022). *RHRV: Heart Rate Variability Analysis of ECG Data* (Version 4.2.7) [Logiciel]. <https://cran.r-project.org/web/packages/RHRV/index.html>
- Rolfs, M. (2015). Attention in Active Vision : A Perspective on Perceptual Continuity Across Saccades. *Perception*, 44(8-9), 900-919. <https://doi.org/10.1177/0301006615594965>
- Rosa, C. D., Profice, C. C., & Collado, S. (2018). Nature Experiences and Adults' Self-Reported Pro-environmental Behaviors : The Role of Connectedness to Nature and Childhood Nature Experiences. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2018.01055>
- Rosseel, Y. (2012). lavaan : An R Package for Structural Equation Modeling. *Journal of Statistical Software*, 48, 1-36. <https://doi.org/10.18637/jss.v048.i02>
- Rüger, H., Hoherz, S., Schneider, N. F., Fliege, H., Bellinger, M. M., & Wiernik, B. M. (2023). The Effects of Urban Living Conditions on Subjective Well-Being : The Case of German Foreign Service Employees. *Applied Research in Quality of Life*, 18(4), 1939-1963. <https://doi.org/10.1007/s11482-023-10169-w>
- Ruiz, C., & Hernández, B. (2014). Emotions and coping strategies during an episode of volcanic activity and their relations to place attachment. *Journal of Environmental Psychology*, 38, 279-287. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2014.03.008>
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161-1178. <https://doi.org/10.1037/h0077714>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2001). On Happiness and Human Potentials : A Review of Research on Hedonic and Eudaimonic Well-Being. *Annual Review of Psychology*, 52(1), 141-166. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.141>

- Ryff, C. D. (1989). Happiness is everything, or is it? Explorations on the meaning of psychological well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57(6), 1069-1081. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.57.6.1069>
- Saredakis, D., Szpak, A., Birkhead, B., Keage, H. A. D., Rizzo, A., & Loetscher, T. (2020). Factors Associated With Virtual Reality Sickness in Head-Mounted Displays : A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 96. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00096>
- Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*, 5, 258. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
- Schneiderman, N., Ironson, G., & Siegel, S. D. (2005). STRESS AND HEALTH : Psychological, Behavioral, and Biological Determinants. *Annual review of clinical psychology*, 1, 607-628. <https://doi.org/10.1146/annurev.clinpsy.1.102803.144141>
- Schubert, T., Friedmann, F., & Regenbrecht, H. (1999). Embodied Presence in Virtual Environments. In R. Paton & I. Neilson (Éds.), *Visual Representations and Interpretations* (p. 269-278). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0563-3_30
- Schubert, T., Friedmann, F., & Regenbrecht, H. (2001). The Experience of Presence : Factor Analytic Insights. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 10(3), 266-281. <https://doi.org/10.1162/105474601300343603>
- Schultz, P. W. (2002). Inclusion with Nature : The Psychology Of Human-Nature Relations. In P. Schmuck & W. P. Schultz (Éds.), *Psychology of Sustainable Development* (p. 61-78). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0995-0_4
- Schultz, P. W., Shriver, C., Tabanico, J. J., & Khazian, A. M. (2004). Implicit connections with nature. *Journal of Environmental Psychology*, 24(1), 31-42. [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(03\)00022-7](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(03)00022-7)

- Schutte, N. S., Bhullar, N., Stilinović, E. J., & Richardson, K. (2017). The Impact of Virtual Environments on Restorativeness and Affect. *Ecopsychology*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.1089/eco.2016.0042>
- Seiz, A., Kweon, B.-S., Ellis, C. D., Oh, H., & Pietro, K. (2023). Exploring the Psychophysiological Effects of Viewing Urban Nature through Virtual Reality Using Electroencephalography and Perceived Restorativeness Scale Measures. *Sustainability*, 15(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/su151713090>
- Seligman, M. E. P. (2013). *Flourish : A visionary new understanding of happiness and well-being* (First Atria Paperback edition March 2013). Atria Paperback.
- Selye, H. (1956). *The stress of life* (p. xvi, 324). McGraw-Hill.
- Sépaq. (2021). *Les bienfaits de la nature sur la santé globale*.
- Slater, M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1535), 3549-3557. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0138>
- Slater, M. (2018). Immersion and the illusion of presence in virtual reality. *British Journal of Psychology* (London, England: 1953), 109(3), 431-433. <https://doi.org/10.1111/bjop.12305>
- Slater, M., Usoh, M., & Steed, A. (1994). Depth of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 3(2), 130-144. <https://doi.org/10.1162/pres.1994.3.2.130>
- Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE) : Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6), 603-616. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>

- Smalley, A. J., White, M. P., Sandiford, R., Desai, N., Watson, C., Smalley, N., Tuppen, J., Sakka, L., & Fleming, L. E. (2023). Soundscapes, music, and memories : Exploring the factors that influence emotional responses to virtual nature content. *Journal of Environmental Psychology*, 89, 102060. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2023.102060>
- Smith, A. P. (2018). Cognitive Fatigue and the Wellbeing and Academic Attainment of University Students. *Journal of Education, Society and Behavioural Science*, 1-12. <https://doi.org/10.9734/JESBS/2018/39529>
- Soga, M., & Gaston, K. J. (2016). Extinction of experience : The loss of human-nature interactions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(2), 94-101. <https://doi.org/10.1002/fee.1225>
- Spano, G., Theodorou, A., Reese, G., Carrus, G., Sanesi, G., & Panno, A. (2023). Virtual nature and psychological and psychophysiological outcomes : A systematic review. *Journal of Environmental Psychology*, 89, 102044. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2023.102044>
- Staats, H. (2022). 62. Nature (perspective psychologique). In *Psychologie environnementale : 100 notions clés* (p. 160-164). Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.march.2022.01.0160>
- Stenfors, C. U. D., Van Hedger, S. C., Schertz, K. E., Meyer, F. A. C., Smith, K. E. L., Norman, G. J., Bourrier, S. C., Enns, J. T., Kardan, O., Jonides, J., & Berman, M. G. (2019). Positive Effects of Nature on Cognitive Performance Across Multiple Experiments : Test Order but Not Affect Modulates the Cognitive Effects. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01413>

- Stevenson, M. P., Schilhab, T., & Bentsen, P. (2018). Attention Restoration Theory II : A systematic review to clarify attention processes affected by exposure to natural environments. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10937404.2018.1505571>
- Stothart, C. (2015). *Python SART* (Version 2) [logiciel]. Consulté le 16/09/2024 sur <https://github.com/cstothart/sustained-attention-to-response-task>
- Sun, Y., Li, F., He, T., Meng, Y., Yin, J., Yim, I. S., Xu, L., & Wu, J. (2023). Physiological and affective responses to green space virtual reality among pregnant women. *Environmental Research*, 216, 114499. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114499>
- Taelman, J., Vandeput, S., Spaepen, A., & Van Huffel, S. (2009). Influence of Mental Stress on Heart Rate and Heart Rate Variability. In J. Vander Sloten, P. Verdonck, M. Nyssen, & J. Haueisen (Éds.), *4th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering* (p. 1366-1369). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-89208-3_324
- Tajfel, H. (1978). *Differentiation Between Social Groups : Studies in the Social Psychology of Intergroup Relations*. European Association of Experimental Social Psychology by Academic Press.
- Tam, K.-P. (2013). Concepts and measures related to connection to nature : Similarities and differences. *Journal of Environmental Psychology*, 34, 64-78. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.01.004>
- Task Force of the European Society of Cardiology the North American Society of Pacing. (1996). Heart Rate Variability : Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use. *Circulation*, 93(5), 1043-1065. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>

- Taylor, A. F., Kuo, F. E., & Sullivan, W. C. (2002). VIEWS OF NATURE AND SELF-DISCIPLINE : EVIDENCE FROM INNER CITY CHILDREN. *Journal of Environmental Psychology*, 22(1), 49-63. <https://doi.org/10.1006/jevp.2001.0241>
- Thayer, J. F., Hansen, A. L., Saus-Rose, E., & Johnsen, B. H. (2009). Heart Rate Variability, Prefrontal Neural Function, and Cognitive Performance : The Neurovisceral Integration Perspective on Self-regulation, Adaptation, and Health. *Annals of Behavioral Medicine*, 37(2), 141-153. <https://doi.org/10.1007/s12160-009-9101-z>
- Tov, W. (2018). Well-being concepts and components. In E. Diener, S. Oishi, & L. Tay (Eds.), *Handbook of well-being*. Salt Lake City, UT: DEF Publishers. DOI:nobascholar.com
- Towell, J., & Towell, E. (1997). Presence in Text-Based Networked Virtual Environments or “MUDS”. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(5), 590-595. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.5.590>
- Ulrich, R. S. (1983). Aesthetic and Affective Response to Natural Environment. In I. Altman & J. F. Wohlwill (Éds.), *Behavior and the Natural Environment* (p. 85-125). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3539-9_4
- Ulrich, R. S., Simons, R. F., Losito, B. D., Fiorito, E., Miles, M. A., & Zelson, M. (1991). Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 11(3), 201-230. [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(05\)80184-7](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(05)80184-7)
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs. (2018) World urbanization prospects: the 2018 revision. Consulted on 22 November 2021, at <https://population.un.org/wup/Publications/>

- Valtchanov, D., & Ellard, C. G. (2015). Cognitive and affective responses to natural scenes : Effects of low level visual properties on preference, cognitive load and eye-movements. *Journal of Environmental Psychology*, 43, 184-195. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2015.07.001>
- van den Berg, A. E., & Staats, H. (2018). Environmental psychology. In M. van den Bosch, W. Bird, M. van den Bosch, & W. Bird (Éds.), *Oxford Textbook of Nature and Public Health : The role of nature in improving the health of a population* (p. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/med/9780198725916.003.0035>
- Vasser, M., & Aru, J. (2020). Guidelines for immersive virtual reality in psychological research. *Current Opinion in Psychology*, 36, 71-76. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2020.04.010>
- Västfjäll, D., Friman, M., Gärling, T., & Kleiner, M. (2002). The measurement of core affect : A Swedish self-report measure derived from the affect circumplex. *Scandinavian Journal of Psychology*, 43(1), 19-31. <https://doi.org/10.1111/1467-9450.00265>
- Verdière, N., Navarro, O., Naud, A., Berred, A., & Provitolo, D. (2021). Towards Parameter Identification of a Behavioral Model from a Virtual Reality Experiment. *Mathematics*, 9(24), Article 24. <https://doi.org/10.3390/math9243175>
- Viamontes, G. I., & Nemeroff, C. B. (2009). Brain-Body Interactions : The Physiological Impact of Mental Processes — The Neurobiology of the Stress Response. *Psychiatric Annals*, 39(12), 975-984. <https://doi.org/10.3928/00485718-20091124-03>
- Viaud-Delmon, I. (s.d.). *Téléchargement des items du Igroup Presence Questionnaire (IPQ)*. Récupéré le 28 août 2024, de <http://www.igroup.org/pq/ipq/IPQtradVerOffice.doc>

- Vitores, J. (2019). Les enfants aiment-ils naturellement les animaux ? Une critique sociologique de la biophilie. *Genèses*, 115(2), 30-52.
<https://doi.org/10.3917/gen.115.0030>
- Völker, S., & Kistemann, T. (2011). The impact of blue space on human health and well-being - Salutogenetic health effects of inland surface waters : A review. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 214(6), 449-460.
<https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2011.05.001>
- Völker, S., & Kistemann, T. (2015). Developing the urban blue : Comparative health responses to blue and green urban open spaces in Germany. *Health & Place*, 35, 196-205. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2014.10.015>
- Vrijkotte, T. G., van Doornen, L. J., & de Geus, E. J. (2000). Effects of work stress on ambulatory blood pressure, heart rate, and heart rate variability. *Hypertension (Dallas, Tex.: 1979)*, 35(4), 880-886. <https://doi.org/10.1161/01.hyp.35.4.880>
- Watson, D., & Clark, L. A. (1997). Measurement and mismeasurement of mood : Recurrent and emergent issues. *Journal of Personality Assessment*, 68(2), 267-296.
https://doi.org/10.1207/s15327752jpa6802_4
- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect : The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(6), 1063-1070.
<https://doi.org/10.1037/0022-3514.54.6.1063>
- Weinstein, N., Balmford, A., DeHaan, C. R., Gladwell, V., Bradbury, R. B., & Amano, T. (2015). Seeing Community for the Trees : The Links among Contact with Natural Environments, Community Cohesion, and Crime. *BioScience*, 65(12), 1141-1153.
<https://doi.org/10.1093/biosci/biv151>

- Westerink, J. H. D. M., Rajae-Joordens, R. J. E., Ouwerkerk, M., van Dooren, M., Jelfs, S., Denissen, A. J. M., Penning de Vries, E., & van Ee, R. (2020). Deriving a Cortisol-Related Stress Indicator From Wearable Skin Conductance Measurements : Quantitative Model & Experimental Validation. *Frontiers in Computer Science*, 2. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2020.00039>
- White, M. P., Alcock, I., Wheeler, B. W., & Depledge, M. H. (2013). Would You Be Happier Living in a Greener Urban Area? A Fixed-Effects Analysis of Panel Data. *Psychological Science*, 24(6), 920-928. <https://doi.org/10.1177/0956797612464659>
- White, M. P., Pahl, S., Wheeler, B. W., Depledge, M. H., & Fleming, L. E. (2017). Natural environments and subjective wellbeing : Different types of exposure are associated with different aspects of wellbeing. *Health & Place*, 45, 77-84. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2017.03.008>
- White, M. P., Yeo, N. L., Vassiljev, P., Lundstedt, R., Wallergård, M., Albin, M., & Löhmus, M. (2018). A prescription for “nature” – the potential of using virtual nature in therapeutics. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 14, 3001-3013. <https://doi.org/10.2147/NDT.S179038>
- Whitburn, J., Linklater, W., & Abrahamse, W. (2019). Meta-analysis of human connection to nature and proenvironmental behavior. *Conservation Biology*, 34(1), 180-193. <https://doi.org/10.1111/cobi.13381>
- Wilson, E. O. (1984). *Biophilia*. Cambridge: Harvard University Press.
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments : A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225-240. <https://doi.org/10.1162/105474698565686>

- Wood, C., Barron, D., & Smyth, N. (2019). The Current and Retrospective Intentional Nature Exposure Scales : Development and Factorial Validity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22).
<https://doi.org/10.3390/ijerph16224443>
- Wühr, P. (2019). Target-Specific Learning Contributes to Practice Effects in Paper-and-Pencil Tests of Attention. *Swiss Journal of Psychology*, 78(1-2), 29-35.
<https://doi.org/10.1024/1421-0185/a000221>
- Yao, W., Zhang, X., & Gong, Q. (2021). The effect of exposure to the natural environment on stress reduction : A meta-analysis. *Urban Forestry & Urban Greening*, 57, 126932.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126932>
- Yeo, N. L., White, M. P., Alcock, I., Garside, R., Dean, S. G., Smalley, A., & Gatersleben, B. (2020). What is the best way of delivering virtual nature for improving mood? : An experimental comparison of high definition TV, 360° video, and computer generated virtual reality. *Journal of Environmental Psychology*, 101500.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101500>
- Yu, C.-P., Lee, H.-Y., Lu, W.-H., Huang, Y.-C., & Browning, M. H. E. M. (2020). Restorative effects of virtual natural settings on middle-aged and elderly adults. *Urban Forestry & Urban Greening*, 56, 126863. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126863>
- Yusli, N. A. N. M., Roslan, S., Zaremohzzabieh, Z., Ghiami, Z., & Ahmad, N. (2021). Role of Restorativeness in Improving the Psychological Well-Being of University Students. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.646329>

Zawadzki, S. J., Steg, L., & Bouman, T. (2020). Meta-analytic evidence for a robust and positive association between individuals' pro-environmental behaviors and their subjective wellbeing. *Environmental Research Letters*.

<https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc4ae>

Zelenski, J. M., Dopko, R. L., & Capaldi, C. A. (2015). Cooperation is in our nature : Nature exposure may promote cooperative and environmentally sustainable behavior. *Journal of Environmental Psychology*, 42, 24-31. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2015.01.005>

Zuckerman, M. (1977). Development of a situation-specific trait-state test for the prediction and measurement of affective responses. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 45(4), 513-523. <https://doi.org/10.1037/0022-006X.45.4.513>

Annexes

Annexe A : Questionnaire en ligne - Étude 1

Bien-être et environnement urbain.

Bonjour,

Merci pour l'intérêt que vous portez à cette enquête dans le cadre d'une étude menée par l'université de Nantes.

Ce questionnaire s'adresse uniquement aux personnes majeures dont la résidence principale est habitée depuis au moins 1 an et se trouve dans une grande ville française (plus de 100.000 habitants).

Afin de préserver la qualité de cette étude, il est préférable que vous le réalisiez seul et que vous disposiez du temps (environ 15 minutes), de l'attention (pas d'interruption, se consacrer à cette seule tâche) et du confort nécessaires pour répondre au mieux aux questions qui vont suivre.

Ces questions concernent votre personne, votre environnement de vie, votre bien-être et vos comportements quotidiens. Répondez à toutes les questions en choisissant la réponse qui vous semble convenir le mieux. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse, il s'agit de répondre de la façon la plus honnête possible.

Les réponses sont anonymes. Les données collectées seront analysées statistiquement de façon globale. Il ne sera pas possible d'identifier les participants. Des fichiers de données (sans possibilité d'identification des participants) pourront être partagés avec d'autres chercheurs.

Pour toute question relative à cette enquête, si vous souhaitez obtenir des informations complémentaires ou si vous souhaitez accéder aux résultats finaux, veuillez contacter Manuel Hefti : manuel.hefti (at) etu.univ-nantes.fr

Consentement éclairé

Il m'a été proposé de participer à une étude concernant mon bien-être et mes comportements au quotidien. Afin d'éclairer ma décision, j'ai reçu et compris les informations suivantes :

1. Il s'agit de répondre à plusieurs questions anonymes en ligne.
2. Je peux à tout moment interrompre ma participation sans avoir à me justifier et sans supporter aucune responsabilité.
3. Je pourrai prendre connaissance des résultats de l'étude dans sa globalité lorsqu'elle sera achevée si j'en fais la demande par e-mail (manuel.hefti (at) univ-nantes.com).
4. Les données recueillies me concernant sont strictement confidentielles et anonymes.
5. Je pourrai demander à tout moment un complément d'informations auprès de Manuel Hefti (manuel.hefti (at) univ-nantes.com).
6. Je suis libre d'accepter ou de refuser de participer.
7. Ma participation à cette étude est sollicitée si j'ai plus de 18 ans et que ma résidence principale se trouve dans une grande ville française (plus de 100.000 habitants).

Compte tenu des informations qui m'ont été communiquées, j'accepte librement et volontairement de participer à la présente enquête.

*

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Partie 1

Veillez indiquer votre degré d'accord avec les affirmations suivantes. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
Je me sens souvent en union avec la nature qui m'entoure.					
Je pense à la nature comme à une communauté à laquelle j'appartiens.					
Je reconnais et apprécie l'intelligence des autres êtres vivants.					
Je me sens souvent déconnecté.e de la nature.					
Quand je pense à ma vie, je m'imagine faisant partie d'un cycle de vie plus large.					
Je me sens souvent un lien de parenté avec les animaux et les plantes.					
Je me considère comme faisant partie de la Terre de la même façon qu'elle fait partie de moi.					

Veillez indiquer votre degré d'accord avec les affirmations suivantes. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
Je comprends très bien comment mes actions ont un effet sur le monde naturel.					
Je me sens souvent comme faisant partie d'un écosystème plus large.					
Je pense que tous les habitants de la Terre, humains et non humains, partagent une « force vitale » commune.					
Tout comme l'arbre fait partie de la forêt, je me sens comme faisant partie de la nature.					
Lorsque je pense à ma place sur Terre, je me considère comme faisant partie de l'espèce supérieure.					
J'ai souvent l'impression que je ne suis qu'une petite partie de la nature qui m'entoure et que je ne suis pas plus important.e que l'herbe sur le sol ou les oiseaux dans les arbres.					
Mon bien-être personnel est indépendant					

Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
-------------------------	------------------------	-------------------------------------	--------------------	-------------------------

du bien-être du monde naturel.

La liste suivante comprend un certain nombre de mots qui décrivent différents sentiments ou émotions. Lisez chaque mot attentivement et dites dans quelle mesure vous avez expérimenté ce type d'émotion au cours du dernier mois.

Il s'agit de répondre le plus sincèrement possible, sans sauter de mot.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas ressentie	Peu ressentie	Moyennement ressentie	Assez fortement ressentie	Fortement ressentie
Tranquillité					
Nervosité					
Morosité					
Surprise					
Calme					
Enervement					
Tristesse					
Joie					

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas ressentie	Peu ressentie	Moyennement ressentie	Assez fortement ressentie	Fortement ressentie
Sérénité					
Colère					
Lassitude					
Excitation					
Equilibre					
Contrariété					
Inquiétude					
Gaieté					

Pour chacune des affirmations suivantes, nous vous demandons d'indiquer dans quelle mesure vous êtes d'accord ou non. Répondez le plus sincèrement possible.

En ce moment ...

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Jamais	Rarement	De temps en temps	Souvent	Toujours
Je suis heureux.se.					
Je ressens un intérêt pour la vie					
Je suis satisfait.e					
J'ai le sentiment que j'ai quelque chose d'important à apporter à la société					
J'ai le sentiment que j'appartiens à une					

	Jamais	Rarement	De temps en temps	Souvent	Toujours
communauté					
Je ressens que la société me correspond mieux qu'avant					
Je ressens que les gens sont fondamentalement bons					

En ce moment ...

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Jamais	Rarement	De temps en temps	Souvent	Toujours
J'ai le sentiment que la direction dans laquelle évolue notre société a du sens pour moi					
Je sens que j'aime la majeure partie de ma personnalité					
J'ai le sentiment que j'ai une bonne gestion de mes responsabilités quotidiennes					
J'ai le sentiment que j'entretiens des relations chaleureuses et de confiance avec les autres					
J'ai le sentiment que je vis des expériences qui me poussent à me développer et à devenir une meilleure personne					
J'ai le sentiment que je me fais confiance pour avoir mes propres idées et exprimer mes opinions					
J'ai le sentiment que ma vie a un sens					

Partie 2

Dans cette partie, nous nous intéressons à la fréquence à laquelle vous réalisez certains comportements. Veuillez indiquer avec quelle fréquence vous adoptez les comportements suivants.

Cochez "Je ne peux pas répondre" lorsqu'une question ne correspond pas à votre situation de vie actuelle. Par exemple, vous ne pourrez pas donner d'informations sur votre conduite si vous n'avez pas de permis de conduire.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	Très souvent / Toujours
<i>Je ne peux pas répondre</i>					
Je prends le vélo, les transports en commun ou je marche pour aller au travail ou à l'école.					
J'achète des aliments issus de l'agriculture biologique.					
J'achète des boissons en canette.					
J'attends d'avoir une machine pleine, avant de faire une lessive.					
Je me déplace en voiture en ville.					
En hiver, j'aère en entre-ouvrant la fenêtre avec le radiateur					

Je ne peux pas répondre Jamais Rarement Parfois Souvent Très souvent / Toujours

allumé.

Lorsqu'on me propose un sac plastique dans un commerce (ou au marché), je l'accepte.

J'amène le verre aux containers de collecte.

Veuillez indiquer avec quelle fréquence vous adoptez les comportements suivants.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Je ne peux pas répondre Jamais Rarement Parfois Souvent Très souvent / Toujours

Lorsque quelqu'un se comporte en ne respectant pas l'environnement, je le lui fais remarquer.

Je fais des dons financiers aux organisations de protection de l'environnement.

Je bois l'eau du robinet plutôt que d'acheter de l'eau en bouteille.

J'achète des produits en vrac (sans emballage)

Je boycotte les produits issus d'entreprises dont il est prouvé qu'elles agissent en ne respectant pas l'environnement.

J'achète des fruits et légumes de saison.

J'utilise un sèche-linge.

Je me procure des livres, des notes d'information ou d'autres documents, qui traitent de problèmes environnementaux.

Veuillez indiquer avec quelle fréquence vous adoptez les comportements suivants.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Je ne peux pas répondre Jamais Rarement Parfois Souvent Très souvent / Toujours

Je discute avec des connaissances/amis des conséquences de la pollution environnementale, du changement climatique, ou encore de la consommation d'énergie.

Je ne peux pas répondre

	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	Très souvent / Toujours
--	--------	----------	---------	---------	----------------------------

Aux feux rouges, je laisse tourner le moteur de mon véhicule.

Je lutte contre les insectes avec des produits chimiques.

En hiver, je baisse le chauffage lorsque je m'absente plus de 4 heures de mon logement.

Pour aller me promener, je me rends au point de départ de ma promenade en voiture.

Je prends des douches (au lieu de bains).

Je consomme de la viande.

Pour les comportements suivants, il ne s'agit pas d'indiquer une fréquence mais plutôt d'indiquer ce qui vous correspond le mieux (même lorsque la réponse n'est pas si simple).

Cochez "Je ne peux pas répondre" lorsqu'une question ne correspond pas à votre situation de vie actuelle. Ne cochez pas "Je ne peux pas répondre" si votre réponse est intermédiaire, dans ce cas, prenez une décision et cochez "oui" ou "non".

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

<i>Je ne peux pas répondre</i>	Oui	Non
--------------------------------	-----	-----

En hiver, mon logement est chauffé de manière à ce qu'on n'ait pas froid sans pull.

Je jette les piles vides aux ordures ménagères.

Pour une bonne odeur, j'utilise des produits chimiques odorants dans les toilettes.

Je suis membre d'une organisation de protection environnementale.

Après un pique-nique, je quitte les lieux tels que je les ai trouvés en arrivant.

J'ai renoncé à posséder une voiture.

J'adapte ma conduite afin de consommer le moins d'essence possible.

Je me nourris de manière végétarienne.

Je jette les produits chimiques liquides (produits de bricolage, de jardinage...) dans le lavabo ou aux toilettes.

Partie 3

Nous nous intéressons à votre exposition à la nature, tant dans votre vie et vos activités quotidiennes que lorsque vous partez en excursion en dehors de vos environnements habituels.

Ces "environnements naturels" peuvent se trouver dans des zones urbaines (parcs urbains par exemple) ou rurales. Ils peuvent comprendre des éléments tels que des plantes et des animaux, des paysages (collines, montagnes, déserts, plages, marais...), des cours d'eau ou paysages aquatiques (rivières, ruisseaux, lacs, étangs et océan). Nous vous demandons d'inclure l'ensemble de ces types de milieux naturels. Cela contraste avec l'environnement dit "bâti" des maisons, des bâtiments, des routes et de toutes les autres structures de ce type créées par l'homme.

1. Exposition à la nature dans votre vie quotidienne

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

- | | | | | |
|---|---|---|--|--|
| 1. Faible (Très peu de mon environnement quotidien est naturel) | 2. Moyen (Environ la moitié de mon environnement quotidien est naturel) | 3. Moyen (Environ la moitié de mon environnement quotidien est naturel) | 4. Elevé (La plupart de mon environnement quotidien est naturel) | 5. Elevé (La plupart de mon environnement quotidien est naturel) |
|---|---|---|--|--|

Veillez évaluer votre fréquence d'exposition aux environnements naturels dans votre environnement quotidien (à la maison, lors des trajets habituels, au travail)

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

- | | | | | |
|-------------|----------------|----------------|-------------|-------------|
| 1. Très peu | 2. Moyennement | 3. Moyennement | 4. Beaucoup | 5. Beaucoup |
|-------------|----------------|----------------|-------------|-------------|

Dans quelle mesure remarquez-vous les environnements naturels dans votre vie quotidienne ?

2. Exposition à la nature EN DEHORS de votre vie quotidienne

Ces questions portent sur votre niveau d'exposition à la nature lorsque vous êtes en dehors de votre environnement quotidien. Il s'agit notamment des sorties ou voyages que vous faites pendant votre temps libre (ou occasionnellement dans le cadre de vos études, de votre travail ou de vos activités sociales) dans des environnements riches en nature en milieu urbain, rural ou sauvage. Il peut s'agir de lieux où vous vous rendez une fois par semaine, ou moins fréquemment.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

- | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Faible (Moins d'une fois par an) | 2. Moyen (Une fois tous les 6 mois) | 3. Moyen (Une fois tous les 6 mois) | 4. Elevé (Plus d'une fois par mois) | 5. Elevé (Plus d'une fois par mois) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|

Veillez évaluer votre fréquence d'exposition aux environnements naturels en dehors de vos activités quotidiennes.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

- | | | | | |
|-------------|----------------|----------------|-------------|-------------|
| 1. Très peu | 2. Moyennement | 3. Moyennement | 4. Beaucoup | 5. Beaucoup |
|-------------|----------------|----------------|-------------|-------------|

Dans quelle mesure remarquez-vous les environnements naturels en dehors de votre vie quotidienne ?

Partie 4

Vous êtes ... *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Un homme
- Une femme

- Pas de réponse

Quel âge avez-vous ? *

Seuls des nombres peuvent être entrés dans ce champ.

Veillez écrire votre réponse ici :

•

Dans quelle ville de plus de 100.000 habitants se trouve votre résidence principale ? *

Dans quelle mesure estimez-vous que la nature est présente dans l'ensemble de votre ville ? *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas du tout présente	Peu présente	Plutôt peu présente	Moyennement présente	Plutôt présente	Présente	Très présente
--	-------------------------	-----------------	------------------------	-------------------------	--------------------	----------	------------------

Votre
réponse :

Depuis combien d'années vivez-vous dans votre résidence principale ? *

Seuls des nombres peuvent être entrés dans ce champ.

Veillez écrire votre réponse ici :

•

Dans quelle mesure estimez-vous que la nature est présente à l'intérieur de votre logement ? (ne pas prendre en compte cour ou jardin si vous avez) *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas du tout présente	Peu présente	Plutôt peu présente	Moyennement présente	Plutôt présente	Présente	Très présente
--	-------------------------	-----------------	------------------------	-------------------------	--------------------	----------	------------------

Votre
réponse :

Dans quelle mesure estimez-vous que la nature est présente dans le quartier dans lequel vous résidez ? *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas du tout présente	Peu présente	Plutôt peu présente	Moyennement présente	Plutôt présente	Présente	Très présente
--	-------------------------	-----------------	------------------------	-------------------------	--------------------	----------	------------------

Votre
réponse :

Disposez-vous d'un jardin ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui, un jardin attenant à mon logement.
- Oui, un jardin indépendant de mon logement.
- Non.

Votre lieu de travail se trouve t-il dans la même ville ou dans sa périphérie proche ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui.
- Non.
- Mon lieu de travail varie.
- Pas concerné.e.

Dans quelle mesure estimez-vous que la nature est présente dans l'enceinte de votre lieu de travail ?

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Pas concerné.e. Pas du tout présente Peu présente Plutôt peu présente Moyennement présente Plutôt présente Présente Très présente

Votre réponse :

Vous vous considérez plutôt d'origine ... *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ... urbaine
- ... rurale

Dans quelle catégorie socioprofessionnelle vous situez-vous ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Agriculteurs exploitants
- Artisans, commerçants et chefs d'entreprise
- Cadres et professions intellectuelles supérieures
- Professions intermédiaires
- Employés
- Ouvriers
- Retraités
- Sans activité professionnelle
- Etudiants

Quel est le niveau d'études maximum que vous ayez atteint ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Collège
- Baccalauréat ou équivalent
- Diplôme bac +2 ou bac +3
- Diplôme bac +5 ou plus
- Autre

Veillez indiquer une estimation de vos revenus mensuels nets. *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Moins de 1000€ net / mois.
- Entre 1000 et 1400€ net / mois.
- Entre 1400 et 1800€ net / mois.
- Entre 1800 et 2200€ net / mois.
- Entre 2200 et 2600€ net / mois.
- Entre 2600 et 3000€ net / mois.
- Entre 3000 et 3400€ net / mois.
- Plus de 3400€ net / mois.

A quelle fréquence estimez-vous avoir quitté votre ville de résidence pour aller dans des environnements naturels (mer, montagne, campagne...) cette dernière année ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Plus d'une fois par semaine.
- Entre une fois par semaine et une fois tous les 15 jours.
- Entre une fois tous les 15 jours et une fois par mois.
- Entre une fois par mois et une fois tous les deux mois.

- Entre une fois tous les deux mois et une fois tous les quatre mois.
- Entre une fois tous les quatre mois et une fois tous les six mois.
- Moins d'une fois tous les six mois.

A quelle fréquence estimez-vous être sorti.e.s de votre résidence avec l'intention de trouver la nature dans l'enceinte de votre ville cette dernière année ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Plus d'une fois par jour.
- Une fois par jour.
- Une fois tous les 2 jours.
- Une fois tous les 4 jours.
- Une fois par semaine.
- Une fois toutes les deux semaines.
- Une fois par mois.
- Moins d'une fois par mois.

Au cours de cette étude, vous est-il arrivé de répondre à une question sans l'avoir lue ? *

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Partie 5

Les questions suivantes sont, pour la plupart, ouvertes. Vous pourrez donc y répondre de manière totalement libre. Elles ne sont pas obligatoires. Cependant, elles sont d'une grande importance pour cette étude qui a pour ambition de comprendre comment vous percevez la nature en ville, d'en identifier les avantages et les inconvénients et d'interroger vos motivations à aller, ou non, à la rencontre de ces environnements dans votre agglomération.

Nous vous rappelons que ce questionnaire garantit confidentialité et anonymat et que l'analyse des réponses sera globale. Nous vous invitons donc, encore une fois, à répondre de la façon la plus sincère possible.

Veillez indiquer à quel point vous êtes d'accord avec l'affirmation suivante. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
-------------------------	------------------------	----------------------------------	--------------------	-------------------------

Il est important d'avoir accès à
des environnements naturels en
ville

Ici, vous pouvez librement argumenter, si vous le souhaitez, votre réponse à la question de l'importance de la nature en ville.

Veillez écrire votre réponse ici :

Selon vous, quels sont les inconvénients de la nature en ville ?

Veillez écrire votre réponse ici :

Selon vous, quels sont les avantages de la nature en ville ?

Veillez écrire votre réponse ici :

Vous pouvez écrire ici librement tout ce qui vous semble important sur le thème de "la nature en ville".

Veillez écrire votre réponse ici :

Selon vous, que se passerait-il si vous viviez dans une ville sans nature ?

Veillez écrire votre réponse ici :

Objectifs de l'étude et choix du traitement des données

Cette page finale présente les objectifs de l'étude.

Pour décider si vous donnez votre accord à l'utilisation de vos données anonymes ou pour nous demander de

supprimer l'ensemble des informations que vous avez saisies, nous vous invitons à prendre connaissance de ces objectifs.

Vous pouvez donner votre accord ou refuser en bas de cette page.

Objectifs de l'étude :

Cette étude corrélative de psychologie sociale et environnementale souhaite mettre en lien l'exposition à la nature en milieu urbain, le sentiment de connexion à la nature, le bien-être psychologique et les comportements pro-environnementaux. Le changement climatique risque d'impacter plus fortement les villes que les campagnes concernant certains aspects (i.g. du fait de la bétonisation, les températures en ville sont plus élevées qu'en campagne). La nature en ville et l'augmentation des comportements pro-environnementaux peuvent permettre d'atténuer et de s'adapter aux effets du changement climatique. Cette étude souhaite mieux comprendre les interactions exposition à la nature - bien-être, exposition à la nature - comportements pro-environnementaux et bien-être - comportements pro-environnementaux.

Plusieurs études montrent que l'ensemble de ces concepts sont corrélés positivement. Il s'agit dans cette étude, d'appuyer ces connaissances dans un cadre strictement urbain et d'identifier l'impact de la nature en ville sur le bien-être et les comportements pro-environnementaux.

Plus particulièrement, il est hypothétisé que plus les personnes sont exposées à la nature en ville (parcs, espaces bleus, murs végétalisés...), plus le niveau de bien-être des personnes est élevé et plus ils agissent de façon pro-environnementale (recyclage, consommation, mobilité...). Et plus les personnes se sentent "connectées à la nature", plus cet impact positif sera important.

Un dernier objectif, plus exploratoire, est d'identifier de façon plus précise ce qui rend la nature en ville particulièrement bénéfique pour le bien-être.

Si vous souhaitez plus de détails, n'hésitez pas à contacter directement Manuel Hefti (manuel.hefti (at) etu.univ-nantes.fr).

Veillez indiquer votre choix concernant le traitement de vos données :

*

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Je donne mon accord pour l'utilisation des informations saisies et confirme ma participation à cette recherche.
- Je demande que les informations saisies soient supprimées et qu'elles ne soient donc pas utilisées.

Le questionnaire est maintenant terminé.

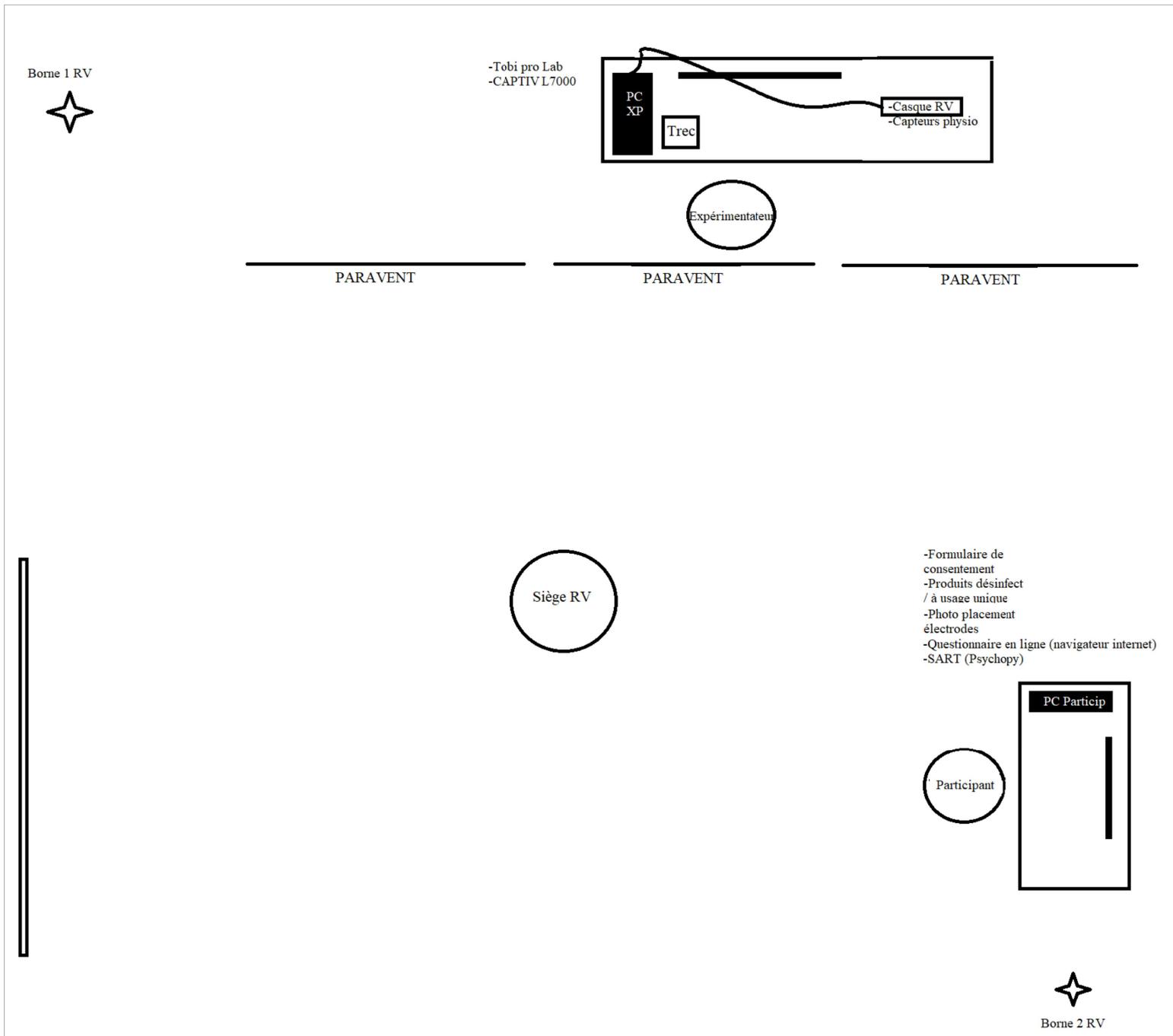
Merci beaucoup pour votre participation et bonne journée !

Manuel Hefti

Doctorant en Psychologie Sociale et Environnementale

LPPL

Annexe B : Disposition Salle M, XP Lab, Halle 6 Ouest - Étude 2



Annexe C : Questionnaires Expérimentaux - Étude 2

Avant l'étude

Bonjour,

Merci pour l'intérêt que vous portez à cette étude menée par le Laboratoire de Psychologie des Pays de la Loire (LPPL) de l'université de Nantes.

Ce questionnaire s'adresse uniquement aux personnes majeures dont la résidence principale est habitée depuis au moins 1 an et se trouve dans une grande ville française (plus de 100.000 habitants). Pour participer, la langue française doit être parlée et comprise de façon courante.

Afin de préserver la qualité de cette étude, il est préférable que vous réalisiez ce questionnaire seul.e et que vous disposiez du

temps (environ 5 minutes), de l'attention (pas d'interruption, se consacrer à cette seule tâche) et du confort nécessaires pour répondre au mieux aux questions qui vont suivre.

Ces questions concernent votre personne. Répondez à toutes les questions en choisissant la réponse qui vous semble convenir le mieux.

Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse, il s'agit de répondre de la façon la plus honnête possible.

Les réponses sont anonymes. Les données collectées seront analysées statistiquement de façon globale. Des fichiers de données (sans possibilité d'identification des participants) pourront être partagés avec d'autres chercheurs.

Pour toute question relative à cette étude, si vous souhaitez obtenir des informations complémentaires ou si vous souhaitez accéder aux résultats finaux, veuillez contacter le chargé de l'étude Manuel Hefti :

manuel.hefti (at) etu.univ-nantes.fr

Consentement éclairé

Il m'a été proposé de participer à une étude sur mon environnement de vie.

Afin d'éclairer ma décision, j'ai reçu et compris les informations suivantes :

Dans cette phase, avant les tests à la Halle 6 Ouest :

1. Il s'agit de répondre à plusieurs questions anonymes en ligne.
2. Je peux à tout moment interrompre ma participation sans avoir à me justifier et sans supporter aucune responsabilité.
3. Une fois l'ensemble de l'étude réalisée, je pourrai prendre connaissance des résultats de l'étude dans sa globalité lorsqu'elle sera achevée si j'en fais la demande par e-mail (manuel.hefti (at) univ-nantes.fr). Aucun retour individualisé ne sera fait.
4. Les données recueillies me concernant sont strictement confidentielles et anonymes.
5. Je pourrai demander à tout moment un complément d'informations auprès de Manuel Hefti (manuel.hefti (at) univ-nantes.fr).
6. Je suis libre d'accepter ou de refuser de participer.

Compte tenu des informations qui m'ont été communiquées, j'accepte librement et volontairement de participer à la présente étude.

*

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Partie 1

Veuillez générer un identifiant que vous utiliserez également lors des tests à la Halle 6 Ouest comme suit :

-2 dernières lettres de votre prénom

-2 derniers chiffres de votre numéro de téléphone

-2 premières lettres de votre ville de naissance

-2 derniers chiffres de votre année de naissance

-2 premières lettres de votre ville de résidence

Exemple : Pour Julie, dont les derniers chiffres du numéro de téléphone sont 76, la ville de naissance Tours, l'année de naissance 1981 et la ville de résidence Pornic, l'identifiant sera : **ie76to81po**

*

Veillez écrire votre réponse ici :

Vous êtes ... *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Un homme
- Une femme
- Pas de réponse

Quel âge avez-vous ? *

Seuls des nombres peuvent être entrés dans ce champ.

Veillez écrire votre réponse ici :

•

Quel est le niveau d'études maximum que vous ayez atteint ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Collège
- Baccalauréat ou équivalent
- Diplôme bac +2 ou bac +3
- Diplôme bac +5 ou plus
- Autre

Dans quelle ville de plus de 100.000 habitants se trouve votre résidence principale ? *

Veillez indiquer une estimation de vos revenus mensuels nets. *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Moins de 1000€ net / mois.
- Entre 1000 et 1400€ net / mois.
- Entre 1400 et 1800€ net / mois.
- Entre 1800 et 2200€ net / mois.
- Entre 2200 et 2600€ net / mois.
- Entre 2600 et 3000€ net / mois.
- Entre 3000 et 3400€ net / mois.
- Plus de 3400€ net / mois.

Dans quelle catégorie socioprofessionnelle vous situez-vous ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Agriculteurs exploitants
- Artisans, commerçants et chefs d'entreprise
- Cadres et professions intellectuelles supérieures
- Professions intermédiaires
- Employés
- Ouvriers
- Retraités
- Sans activité professionnelle
- Etudiants

Vous vous considérez plutôt d'origine ... *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- rurale
- urbaine

Partie 2

Veillez indiquer votre degré d'accord avec les affirmations suivantes. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
Je me sens souvent en union avec la nature qui m'entoure.					
Je pense à la nature comme à une communauté à laquelle j'appartiens.					
Je reconnais et apprécie l'intelligence des autres êtres vivants.					
Je me sens souvent déconnecté de la nature.					
Quand je pense à ma vie, je m'imagine faisant partie d'un cycle de vie plus large.					
Je sens que j'ai un lien de parenté avec les animaux et les plantes.					
Je me considère comme faisant partie de la Terre de la même façon qu'elle fait partie de moi.					

Veillez indiquer votre degré d'accord avec les affirmations suivantes. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
Je comprends très bien comment mes actions ont un effet sur le monde naturel.					
Je me sens souvent comme faisant partie d'un écosystème plus large.					
Je pense que tous les habitants de la Terre, humains et non humains, partagent une « force vitale » commune.					
Tout comme l'arbre fait partie de la forêt, je me sens comme faisant partie de la nature.					
Lorsque je pense à ma place sur Terre, je me considère comme faisant partie de l'espèce supérieure.					
J'ai souvent l'impression que je ne suis qu'une petite partie de la nature qui m'entoure et que je ne suis pas plus					

Pas du tout d'accord Plutôt pas d'accord Ni en accord, ni en désaccord Plutôt d'accord Tout à fait d'accord

important que l'herbe sur le sol ou les oiseaux dans les arbres.

Mon bien-être personnel est indépendant du bien-être du monde naturel.

Le questionnaire est maintenant terminé.

Merci beaucoup pour votre participation.

À bientôt à la Halle 6 Ouest pour la suite de l'étude.

Étude

Vous allez maintenant remplir un questionnaire.

Les questions que vous y trouverez concernent votre personne. Répondez à toutes les questions en choisissant la réponse qui vous semble convenir le mieux.

Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse, il s'agit de répondre de la façon la plus honnête possible.

Partie 1

Veuillez indiquer votre identifiant. *

Veuillez écrire votre réponse ici :

Pour rappel, votre identifiant est composé :

- des 2 dernières lettres de votre prénom
- des 2 derniers chiffres de votre numéro de téléphone
- des 2 premières lettres de votre ville de naissance
- des 2 derniers chiffres de votre année de naissance
- des 2 premières lettres de votre ville de résidence

Vous êtes ... *

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Un homme
- Une femme
- Pas de réponse

Quel âge avez-vous ? *

Veuillez écrire votre réponse ici :

•

Avez-vous déjà essayé la réalité virtuelle par le biais d'un casque de réalité virtuelle ? *

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Jamais
- Une fois
- Entre 2 et 5 fois au cours de ma vie
- Plus de 5 fois mais pas de façon régulière
- J'utilise régulièrement un casque de réalité virtuelle

Vous êtes-vous précipité pour arriver à l'heure à cette expérience ? *

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Avez-vous pris part à une activité physique intensive au cours des dernières 24 heures ? *

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Avez-vous mangé au cours des deux dernières heures ? *

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Avez-vous consommé des boissons contenant de la caféine/théine au cours des deux dernières heures ? *

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Avez-vous consommé des boissons alcoolisées au cours des 24 dernières heures ? *

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Fumez vous habituellement ? *

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Avez vous fumé au cours des deux dernières heures ? *

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Avez-vous des problèmes de tension artérielle connus ? *

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Souffrez-vous de problèmes cardiaques ou respiratoires chroniques ? *

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Partie 2

La liste suivante comprend un certain nombre de mots qui décrivent différents sentiments ou émotions.

Lisez chaque mot attentivement et dites dans quelle mesure vous expérimentez actuellement ce type d'émotion.

Il s'agit de répondre le plus sincèrement possible, sans sauter de mot. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas ressentie	Peu ressentie	Moyennement ressentie	Assez fortement ressentie	Fortement ressentie
Tranquillité					
Nervosité					
Morosité					
Surprise					
Calme					
Enervement					
Tristesse					
Joie					

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas ressentie	Peu ressentie	Moyennement ressentie	Assez fortement ressentie	Fortement ressentie
Sérénité					
Colère					
Lassitude					
Excitation					
Equilibre					
Contrariété					
Inquiétude					
Gaieté					

Partie 3

Vous avez terminé la première partie du questionnaire.

Veuillez appeler le chargé de l'étude pour procéder à la suite.

Ne cliquez pas sur suivant.

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Partie 4

La liste suivante comprend un certain nombre de mots qui décrivent différents sentiments ou émotions.

Lisez chaque mot attentivement et dites dans quelle mesure vous expérimentez actuellement ce type d'émotion.

Il s'agit de répondre le plus sincèrement possible, sans sauter de mot.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas ressentie	Peu ressentie	Moyennement ressentie	Assez fortement ressentie	Fortement ressentie
Tranquillité					
Nervosité					
Morosité					
Surprise					
Calme					
Enervement					
Tristesse					
Joie					

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas ressentie	Peu ressentie	Moyennement ressentie	Assez fortement ressentie	Fortement ressentie
Sérénité					
Colère					
Lassitude					
Excitation					
Equilibre					
Contrariété					
Inquiétude					
Gaieté					

Partie 5

Vous avez terminé la deuxième partie du questionnaire.

Veillez appeler le chargé de l'étude pour procéder à la suite.

Ne cliquez pas sur suivant.

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Partie 6

Dans quelle mesure diriez-vous que l'environnement que vous venez d'observer en réalité virtuelle est naturel ?

*

Veillez écrire votre(vos) réponse(s) ici :

- |Artificiel | Naturel

Il s'agit de décrire votre perception du lieu observé comme si vous y aviez été en réalité.

Dans quelle mesure connaissez-vous le lieu qui vous est apparu dans le casque de réalité virtuelle ? *

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Je ne le connais pas du tout
- J'ai le sentiment de le connaître, je ne le situe pas exactement
- Je le situe bien, je n'y vais pas régulièrement
- Je le connais très bien, j'y vais régulièrement

En vous basant sur l'environnement en réalité virtuelle que vous venez d'observer, lisez chaque affirmation et indiquez dans quelle mesure vous êtes d'accord ou non.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Pas du tout d'accord	Pas d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
-------------------------	-----------------	------------------------	-------------------------------------	--------------------	----------	-------------------------

Cet endroit me
permet d'oublier mes
responsabilités
quotidiennes, de me
sentir détendu.e et de
me perdre dans mes
propres pensées
C'est un endroit
fascinant qui
maintient ma
curiosité en éveil et
m'empêche de
m'ennuyer
C'est un endroit où
tout semble ordonné
et bien organisé
Cet endroit est un
autre monde, où je
peux me déplacer à
l'aise
Je me sens à l'aise ici
car il est facile de s'y
retrouver

Voici plusieurs propositions qui peuvent s'appliquer à l'expérience que vous venez d'avoir en réalité virtuelle. Indiquez, s'il vous plaît, si chacune de ces propositions s'applique ou non à votre expérience. Vous pouvez utiliser n'importe quelle graduation. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse, seule votre opinion est importante.

Vous remarquerez que certaines questions se ressemblent. Ceci est nécessaire pour des raisons statistiques. Rappelez-vous que vous devez répondre à ces questions en vous référant seulement à l'expérience que vous venez juste d'avoir. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Extrêmement conscient -3 -2 -1 0 1 2 Pas conscient du tout 3

A quel point étiez-vous conscient du monde réel environnant alors que vous étiez en train de naviguer dans le monde virtuel ? (par exemple : sons, température de la pièce, présence d'autres gens, etc.) ?

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Complètement réel -3 -2 -1 0 1 2 Pas du tout réel 3

Comment le monde virtuel vous a-t-il semblé ?

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Pas cohérente -3 -2 -1 0 1 2 Très cohérente 3

A quel point votre expérience dans l'environnement virtuel vous a-t-elle semblée cohérente avec votre expérience dans le monde réel ?

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

A peu près aussi réel qu'un monde imaginé -3 -2 -1 0 1 2 Indistinguable du monde réel 3

A quel point le monde virtuel vous a-t-il semblé réel ?

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Pas senti présent -3 -2 -1 0 1 2 Senti présent 3

Je ne me suis pas senti présent dans l'espace virtuel.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Pas du tout d'accord -3 -2 -1 0 1 2 Tout à fait d'accord 3

Je n'étais pas conscient de mon environnement réel.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Pas du tout -3 -2 -1 0 1 2 Beaucoup 3

Dans le monde généré par l'ordinateur, j'ai eu le sentiment "d'y être".

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Pas du tout d'accord -3 -2 -1 0 1 2 Tout à fait d'accord 3

D'une certaine façon, j'ai eu l'impression que le monde virtuel m'entourait.

Je me suis senti présent dans l'espace virtuel.

Je faisais toujours attention à l'environnement réel.

Le monde virtuel semblait plus réaliste que le monde réel.

J'avais l'impression que j'étais juste en train de percevoir des images.

J'étais complètement captivé par le monde virtuel.

Sélectionnez à quel point chaque symptôme ci-dessous vous affecte en ce moment. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Pas du tout Un peu Modérément Sévèrement

Inconfort général

Mal de tête

Fatigue des yeux

Difficulté à faire le focus

Transpiration

Nausées

Difficultés à se concentrer

Vertiges

Le questionnaire est maintenant terminé.

Merci beaucoup pour votre participation à cette étude !

Annexe D : Caractéristiques de l'échantillon par condition – Étude 2

Caractéristiques socio-démographiques de l'échantillon par condition expérimentale, avec valeurs p des tests ANOVA ou χ^2 d'indépendance vérifiant l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes ou de non-dépendance des variables

Variable	Sans Nature <i>n</i> = 26	Mabon <i>n</i> = 26	Loire <i>n</i> = 26	Crapa <i>n</i> = 26	<i>p</i>
Âge, <i>M</i> (<i>ET</i>)	34.73 (15.33)	34.92 (17.64)	34.23 (13.96)	34.96 (14.95)	.998
Genre, <i>n</i> (%)					
Femmes	13 (50)	13 (50)	13 (50)	13 (50)	.801
Hommes	13 (50)	13 (50)	12 (46.15)	13 (50)	
Pas de réponse			1 (3.85)		
Origine perçue, <i>n</i> (%)					
Rurale	5 (19.23)	5 (19.23)	6 (23.08)	9 (34.62)	.519
Urbaine	21 (80.77)	21 (80.77)	20 (76.92)	17 (65.38)	
CSP, <i>n</i> (%)					
Artisans...	2 (7.69)	1 (3.85)	0 (0)	0 (0)	.591
Cadres et ...	3 (11.54)	3 (11.54)	5 (19.23)	1 (3.85)	
Professions inter	1 (3.85)	2 (7.69)	2 (7.69)	0 (0)	
Employés	3 (11.54)	1 (3.85)	3 (11.54)	7 (26.92)	
Retraités	3 (11.54)	2 (7.69)	2 (7.69)	3 (11.54)	
Sans activité pro	3 (11.54)	2 (7.69)	3 (11.54)	4 (15.39)	
Étudiants	11 (42.31)	15 (57.69)	11 (42.31)	11 (42.31)	
Niveau d'études, <i>n</i> (%)					
Baccalauréat	10 (38.46)	6 (23.08)	3 (11.54)	7 (26.92)	.461
BAC + 3	11 (42.31)	14 (53.85)	14 (53.85)	12 (46.15)	
Master ou plus	5 (19.23)	6 (23.08)	9 (34.62)	7 (26.92)	
Revenus mensuels, <i>n</i> (%)					
Moins de 1000€	10 (38.46)	14 (53.85)	13 (50)	14 (53.85)	.076
Entre 1000€ et 1400€	3 (11.54)	3 (11.54)	2 (7.69)	4 (15.39)	
Entre 1400€ et 1800€	8 (30.77)	3 (11.54)	2 (7.69)	1 (3.85)	
Entre 1800€ et 2200€	0 (0)	1 (3.85)	6 (23.08)	4 (15.39)	
Entre 2200€ et 2600€	0 (0)	4 (15.39)	1 (3.85)	1 (3.85)	
Entre 2600€ et 3000€	1 (3.85)	1 (3.85)	1 (3.85)	1 (3.85)	
Entre 3000€ et 3400€	3 (11.54)	0 (0)	1 (3.85)	1 (3.85)	
Plus de 3400€	1 (3.85)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	
Naturalité perçue, <i>M</i> (<i>ET</i>)	53.73 (31.67)	69.23 (22.09)	77.08 (20.57)	66.04 (25.01)	.024
Rest Att Perçue, <i>M</i> (<i>ET</i>)	3.53 (1.10)	4.05 (0.88)	4.55 (0.99)	4.34 (1.09)	.003
Connexion nature, <i>M</i> (<i>ET</i>)	3.73 (0.61)	3.75 (0.54)	3.76 (0.50)	3.73 (0.61)	.995
Famil RV <i>M</i> (<i>ET</i>)	1.04 (0.92)	1.19 (1.10)	1.23 (1.03)	1.08 (0.94)	.88
Famil env, <i>M</i> (<i>ET</i>)	2.00 (0.63)	1.92 (0.69)	1.96 (0.82)	2.58 (0.81)	.005
Présence, <i>M</i> (<i>ET</i>)	4.53 (0.80)	4.56 (0.75)	4.50 (0.99)	4.73 (1.14)	.829
Cybermalaise, <i>M</i> (<i>ET</i>)	1.41 (0.40)	1.42 (0.32)	1.33 (0.30)	1.25 (0.21)	.159

Annexe E : Questionnaire expérimental – Étude 3

EtudeVR

Vous allez maintenant remplir un questionnaire.

Les questions que vous y trouverez concernent votre personne. Répondez à toutes les questions en choisissant la réponse qui vous semble convenir le mieux.

Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse, il s'agit de répondre de la façon la plus honnête possible.

Il y a 44 questions dans ce questionnaire.

Partie 1

Veillez créer un identifiant en utilisant la date, votre genre et l'heure de votre convocation. Le format de l'identifiant doit être JJMMGGHHMM, ce qui signifie Jour Mois Genre Heure Minute.

Voici un exemple : si vous avez été convoqué le 9 décembre à 17h15 et que vous êtes un homme, vous devez écrire l'identifiant 0912H1715.

En d'autres termes, pour créer votre identifiant, vous devez :

- Prendre le jour de votre convocation (par exemple le 9)
- Prendre le mois de votre convocation (par exemple décembre, qui correspond au mois 12)
- Prendre votre genre (H pour homme, F pour femme, A pour autre)
- Prendre l'heure de votre convocation (par exemple 17h15, qui correspond à 1715 en notation militaire)

Ensuite, vous devez combiner ces éléments dans l'ordre JJMMGGHHMM pour former votre identifiant.

*

Veillez écrire votre réponse ici :

Vous êtes ... *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Un homme
- Une femme
- Autre

Quel âge avez-vous ? *

Seuls des nombres peuvent être entrés dans ce champ.

Veillez écrire votre réponse ici :

•

Dans quelle ville se trouve votre résidence principale ? *

Veillez écrire votre réponse ici :

Quel est le niveau d'études maximum que vous ayez atteint ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Collège
- Baccalauréat ou équivalent
- Diplôme bac +2 ou bac +3
- Diplôme bac +5 ou plus
- Autre

Veillez indiquer une estimation de vos revenus mensuels nets. *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Moins de 1000€ net / mois.
- Entre 1000 et 1400€ net / mois.
- Entre 1400 et 1800€ net / mois.

- Entre 1800 et 2200€ net / mois.
- Entre 2200 et 2600€ net / mois.
- Entre 2600 et 3000€ net / mois.
- Entre 3000 et 3400€ net / mois.
- Plus de 3400€ net / mois.

Dans quelle catégorie socioprofessionnelle vous situez-vous ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Agriculteurs exploitants
- Artisans, commerçants et chefs d'entreprise
- Cadres et professions intellectuelles supérieures
- Professions intermédiaires
- Employés
- Ouvriers
- Retraités
- Sans activité professionnelle
- Etudiants

Vous vous considérez plutôt d'origine ... *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- rurale
- urbaine

Avez-vous déjà essayé la réalité virtuelle par le biais d'un casque de réalité virtuelle ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Jamais
- Une fois
- Entre 2 et 5 fois au cours de ma vie
- Plus de 5 fois mais pas de façon régulière
- J'utilise régulièrement un casque de réalité virtuelle

Avez-vous mangé au cours des deux dernières heures ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Vous êtes-vous précipité pour arriver à l'heure à cette expérience ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Avez-vous pris part à une activité physique intensive au cours des dernières 24 heures ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Avez-vous consommé des boissons contenant de la caféine/théine au cours des deux dernières heures ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui

- Non

Avez-vous consommé des boissons alcoolisées au cours des 24 dernières heures ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Fumez vous habituellement ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Avez vous fumé au cours des deux dernières heures ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Avez-vous des problèmes de tension artérielle connus ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Souffrez-vous de problèmes cardiaques ou respiratoires chroniques ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Partie 2

La liste ci-dessous contient plusieurs adjectifs décrivant des sentiments ou des émotions. Prenez le temps de lire attentivement chaque mot et de réfléchir à quel point vous ressentez actuellement cette émotion, c'est-à-dire à l'instant présent.

Répondez avec sincérité, en évitant de sauter des mots.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas ressentie	Peu ressentie	Moyennement ressentie	Assez fortement ressentie	Fortement ressentie
Intéressé(e)					
Angoissé(é)					
Excité(é)					
Faché(e)					
Fort(e)					
Coupable					
Effrayé(e)					
Hostile					
Enthousiaste					
Fier(e)					

Veillez indiquer votre degré d'accord avec les affirmations suivantes. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
-------------------------	------------------------	----------------------------------	--------------------	-------------------------

Je pense à la nature comme à une communauté à laquelle j'appartiens.

Quand je pense à ma vie, je m'imagine faisant partie d'un cycle de vie plus large.

Je sens souvent un lien de parenté avec les animaux et les plantes.

Je me considère comme faisant partie de la Terre de la même façon qu'elle fait partie de moi.

Je me sens souvent comme faisant partie d'un écosystème plus large.

Je pense que tous les habitants de la Terre, humains et non humains, partagent une «force vitale» commune.

Tout comme l'arbre fait partie de la forêt, je me sens comme faisant partie de la nature.

Vous trouverez ci-dessous une liste d'affirmations. Veuillez sélectionner la réponse qui décrit le mieux votre situation actuelle, c'est-à-dire à l'instant présent, pour chaque affirmation.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

1 - Pas du tout	2 - Pas vraiment	3 - Très peu	4 - Un peu	5 - Quelque peu	6 - Pas mal	7 - Beaucoup	8 - Enormement
-----------------------	---------------------	-----------------	------------------	--------------------	----------------	--------------	----------------

Je suis détendu(e).

Je me sens débordé(e)

Je me sens préoccupé(e), tourmenté(e) ou anxieux(e).

Je ne sais plus où j'en suis, je n'ai pas les idées claires, je manque d'attention et de concentration.

Je me sens plein(e) d'énergie, en forme.

Je sens peser un

1 - Pas du tout 2 - Pas vraiment 3 - Très peu 4 - Un peu 5 - Quelque peu 6 - Pas mal 7 - Beaucoup 8 - Enormement

grand poids sur mes épaules.
Je contrôle mal mes réactions, mes émotions, mes humeurs, mes gestes.
Je suis stressé(e).

La liste ci-dessous contient plusieurs adjectifs décrivant des sentiments ou des émotions. Prenez le temps de lire attentivement chaque mot et de réfléchir à quel point vous ressentez actuellement cette émotion, c'est-à-dire à l'instant présent.

Répondez avec sincérité, en évitant de sauter des mots.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas ressentie	Peu ressentie	Moyennement ressentie	Assez fortement ressentie	Fortement ressentie
Irrité(e)					
Alerte					
Honteux(se)					
Inspiré(e)					
Nerveux(se)					
Déterminé(e)					
Attentif(ve)					
Agité(e)					
Actif(ve)					
Craintif(ve)					

Partie 3

Vous avez terminé la première partie du questionnaire.
Veuillez appeler le chargé de l'étude pour procéder à la suite.
Ne cliquez pas sur suivant.
Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Partie 4

Vous trouverez ci-dessous une liste d'affirmations. Veuillez sélectionner la réponse qui décrit le mieux votre situation actuelle, c'est-à-dire à l'instant présent, pour chaque affirmation.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

1 - Pas du tout 2 - Pas vraiment 3 - Très peu 4 - Un peu 5 - Quelque peu 6 - Pas mal 7 - Beaucoup 8 - Enormement

Je suis détendu(e).

Je me sens débordé(e)

Je me sens préoccupé(e), tourmenté(e) ou anxieux(e).

Je ne sais plus où j'en suis, je n'ai pas les idées claires, je manque d'attention et de concentration.

Je me sens plein(e) d'énergie, en forme.

Je sens peser un grand poids sur mes épaules.

Je contrôle mal mes réactions, mes émotions, mes humeurs, mes gestes.

Je suis stressé(e).

Partie 5

Vous avez terminé la deuxième partie du questionnaire.

Veuillez appeler le chargé de l'étude pour procéder à la suite.

Ne cliquez pas sur suivant.

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

Partie 6

La liste ci-dessous contient plusieurs adjectifs décrivant des sentiments ou des émotions. Prenez le temps de lire attentivement chaque mot et de réfléchir à quel point vous ressentez actuellement cette émotion, c'est-à-dire à l'instant présent.

Répondez avec sincérité, en évitant de sauter des mots.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Pas ressentie	Peu ressentie	Moyennement ressentie	Assez fortement ressentie	Fortement ressentie
---------------	---------------	-----------------------	---------------------------	---------------------

Irrité(e)

Alerte

Pas ressentie Peu ressentie Moyennement ressentie Assez fortement ressentie Fortement ressentie

Honteux(se)
 Inspiré(e)
 Nerveux(se)
 Déterminé(e)
 Attentif(ve)
 Agité(e)
 Actif(ve)
 Craintif(ve)

Vous trouverez ci-dessous une liste d'affirmations. Veuillez sélectionner la réponse qui décrit le mieux votre situation actuelle, c'est-à-dire à l'instant présent, pour chaque affirmation.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

1 - Pas du tout 2 - Pas vraiment 3 - Très peu 4 - Un peu 5 - Quelque peu 6 - Pas mal 7 - Beaucoup 8 - Enormement

Je suis détendu(e).

Je me sens débordé(e)

Je me sens préoccupé(e), tourmenté(e) ou anxieux(e).

Je ne sais plus où j'en suis, je n'ai pas les idées claires, je manque d'attention et de concentration.

Je me sens plein(e) d'énergie, en forme.

Je sens peser un grand poids sur mes épaules.

Je contrôle mal mes réactions, mes émotions, mes humeurs, mes gestes.

Je suis stressé(e).

La liste ci-dessous contient plusieurs adjectifs décrivant des sentiments ou émotions.

Prenez le temps de lire attentivement chaque mot et de réfléchir à quel point vous ressentez actuellement cette émotion.

Répondez avec sincérité, en évitant de sauter des mots.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas ressentie	Peu ressentie	Moyennement ressentie	Assez fortement ressentie	Fortement ressentie
Intéressé(e)					
Angoissé(e)					
Excité(e)					
Fâché(e)					
Fort(e)					
Coupable					
Effrayé(e)					
Hostile					
Enthousiaste					
Fier(e)					

Veuillez indiquer votre degré d'accord avec les affirmations suivantes. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
Je pense à la nature comme à une communauté à laquelle j'appartiens.					
Quand je pense à ma vie, je m'imagine faisant partie d'un cycle de vie plus large.					
Je sens souvent un lien de parenté avec les animaux et les plantes.					
Je me considère comme faisant partie de la Terre de la même façon qu'elle fait partie de moi.					
Je me sens souvent comme faisant partie d'un écosystème plus large.					
Je pense que tous les habitants de la Terre, humains et non humains, partagent une «force vitale» commune.					
Tout comme l'arbre fait partie de la forêt, je me sens comme faisant partie de la nature.					

Partie 7

Dans quelle mesure diriez-vous que l'environnement que vous venez d'observer en réalité virtuelle est naturel ? *
Seuls les nombres sont acceptés.

Veuillez écrire votre(vos) réponse(s) ici :

- |Artificiel | Naturel

Il s'agit de décrire votre perception du lieu observé comme si vous y aviez été en réalité.

Dans quelle mesure connaissez-vous le lieu qui vous est apparu dans le casque de réalité virtuelle ? *

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Je ne le connais pas du tout
- J'ai le sentiment de le connaître, je ne le situe pas exactement
- Je le situe bien, je n'y vais pas régulièrement
- Je le connais très bien, j'y vais régulièrement

Veillez estimer la température actuelle de la pièce où vous êtes.

Pour répondre à cette question, veuillez fournir un nombre décimal avec une précision d'un chiffre après la virgule. Par exemple, vous pouvez indiquer 12,7°C.

*

Seuls des nombres peuvent être entrés dans ce champ.

Veillez écrire votre réponse ici :

- °C

Veillez estimer la température de l'environnement virtuel dans lequel vous vous trouviez

Pour répondre à cette question, veuillez fournir un nombre décimal avec une précision d'un chiffre après la virgule. Par exemple, vous pouvez indiquer 19,0°C.

*

Seuls des nombres peuvent être entrés dans ce champ.

Veillez écrire votre réponse ici :

- °C

Sélectionnez à quel point chaque symptôme ci-dessous vous affecte en ce moment. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Pas du tout Un peu Modérément Sévèrement

Inconfort général

Mal de tête

Fatigue des yeux

Difficulté à faire le focus

Transpiration

Nausées

Difficultés à se concentrer

Vertiges

En vous basant sur l'environnement en réalité virtuelle que vous venez d'observer, lisez chaque affirmation et indiquez dans quelle mesure vous êtes d'accord ou non. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Pas du tout d'accord Pas d'accord Plutôt pas d'accord Ni en accord, ni en désaccord Plutôt d'accord D'accord Tout à fait d'accord

Cet endroit me permet d'oublier mes responsabilités quotidiennes, de me sentir détendu.e et de me perdre dans mes propres pensées

Pas du tout d'accord	Pas d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
-------------------------	-----------------	------------------------	-------------------------------------	--------------------	----------	-------------------------

C'est un endroit fascinant qui maintient ma curiosité en éveil et m'empêche de m'ennuyer
C'est un endroit où tout semble fluide et bien organisé
Cet endroit est un autre monde, où je peux me déplacer facilement
Je me sens à l'aise ici car il est facile de s'y retrouver

Voici plusieurs propositions qui peuvent s'appliquer à l'expérience que vous venez d'avoir en réalité virtuelle. Indiquez, s'il vous plaît, si chacune de ces propositions s'applique ou non à votre expérience. Vous pouvez utiliser n'importe quelle graduation. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse, seule votre opinion est importante.

Vous remarquerez que certaines questions se ressemblent. Ceci est nécessaire pour des raisons statistiques. Rappelez-vous que vous devez répondre à ces questions en vous référant seulement à l'expérience que vous venez juste d'avoir. *

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Extrêmement conscient -3	-2	-1	0	1	2	Pas conscient du tout 3
-----------------------------	----	----	---	---	---	----------------------------

A quel point étiez-vous conscient du monde réel environnant alors que vous étiez en train de naviguer dans le monde virtuel ? (par exemple : sons, température de la pièce, présence d'autres gens, etc.) ?

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Complètement réel -3	-2	-1	0	1	2	Pas du tout réel 3
----------------------	----	----	---	---	---	--------------------

Comment le monde virtuel vous a-t-il semblé?

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Pas du tout d'accord -3	-2	-1	0	1	2	Tout à fait d'accord 3
----------------------------	----	----	---	---	---	---------------------------

D'une certaine façon, j'ai eu l'impression que le monde virtuel m'entourait.

Je me suis senti présent dans l'espace virtuel.

Je faisais toujours attention à l'environnement réel.

Pas du tout d'accord -3 -2 -1 0 1 2 Tout à fait d'accord 3

Le monde virtuel semblait plus réaliste que le monde réel.

J'avais l'impression que j'étais juste en train de percevoir des images.

J'étais complètement captivé par le monde virtuel.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Pas du tout d'accord -3 -2 -1 0 1 2 Tout à fait d'accord 3

Je n'étais pas conscient de mon environnement réel.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Pas cohérente -3 -2 -1 0 1 2 Très cohérente 3

A quel point votre expérience dans l'environnement virtuel vous a-t-elle semblée cohérente avec votre expérience dans le monde réel ?

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

A peu près aussi réel qu'un monde imaginaire -3 -2 -1 0 1 2 Indistinguable du monde réel 3

A quel point le monde virtuel vous a-t-il semblé réel ?

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Pas senti présent -3 -2 -1 0 1 2 Senti présent 3

Je ne me suis pas senti présent dans l'espace virtuel.

*

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Pas du tout -3 -2 -1 0 1 2 Beaucoup 3

Dans le monde généré par l'ordinateur, j'ai eu le sentiment "d'y être".

Afin de soutenir une association pour la préservation de l'environnement, nous vous proposons la possibilité de reverser une partie de la valeur de votre carte-cadeau de 15€ que vous recevrez à la fin de l'expérience. Si vous êtes intéressé(e), veuillez indiquer le montant que vous souhaitez donner.

*

Seuls les nombres sont acceptés.

Chaque entrée doit être entre 0 et 15

Veuillez écrire votre(vos) réponse(s) ici :

- Je souhaite donner

Le questionnaire est maintenant terminé.

Merci beaucoup pour votre participation à cette étude !

15/05/2023 – 10:10

Envoyer votre questionnaire.

Merci d'avoir complété ce questionnaire.

Annexe F : Consignes D2-R – étude 3

CONSIGNES D2-R

Présenter la feuille d'instructions face visible et la feuille de passation face cachée

Avec ce test, nous voulons savoir dans quelle mesure vous êtes capables de vous concentrer sur une tâche déterminée.

Dans un premier temps, regardez la feuille devant vous.

La tâche qui vous est demandée est la suivante : vous devez barrer chaque lettre « d » (comme Daniel) accompagnée de deux traits.

Dans l'encadré de gauche, vous pouvez voir les 3 types de caractères que vous devrez barrer. A chaque lettre « d » sont ajoutés deux traits : le premier a deux traits en haut, le second deux en bas et le troisième a un trait en haut et un trait en bas.

Dans l'encadré de droite, vous pouvez voir les caractères que vous ne devez pas barrer : par exemple un « d » avec moins, ou plus, de deux traits. Un « p » (comme Paul) ne peut non plus jamais être barré, quel que soit le nombre de traits présents en haut ou en bas de la lettre.

Pour vous aider à bien comprendre, je vous propose de réaliser l'exercice 1. Barrez chaque « d » avec deux traits. Les caractères à barrer se trouvent dans des zones où la ligne de l'encadré est effacée .

Réalisation de l'exercice 1

Faites maintenant l'exercice 2. Barrez chaque « d » avec deux traits, cette fois-ci sans aide. Si vous avez barré par erreur une mauvaise lettre, tracez simplement une croix sur le trait que vous avez fait.

Réalisation de l'exercice 2

Dès que les participants ont terminé l'exercice 2 :

Posez maintenant votre stylo et écoutez bien. Ne tournez la feuille de test que lorsque je vous le demanderai. Vous y trouverez 14 lignes avec les mêmes caractères que ceux des exercices. Vous commencerez en haut à gauche par la première ligne. Barrez, comme dans les exercices, tous les « d » avec deux traits. Après 20 secondes, je dirai « Stop ! Ligne suivante ! ». Vous arrêterez alors immédiatement cette ligne et commencerez sans attendre la ligne suivante. Au bout de 20 secondes encore, je dirai à nouveau « Stop ! Ligne suivante ! » et vous passerez immédiatement à la ligne suivante. Vous travaillerez aussi vite que possible et sans faire de fautes.

Avez-vous des questions ?

Regardez la feuille d'instructions, les principales consignes que vous devez respecter lors du test sont résumées en bas de cette feuille :

Reprendre ici en mesure T2 :

Je vous rappelle les principales consignes à respecter au cours du test :

-Travaillez de gauche à droite. Vous avez 20 secondes par ligne.

-Quand je dis « Stop ! Ligne suivante ! », commencez aussitôt la ligne suivante.

-Travailler vite et si possible sans fautes.

Maintenant, tournez la feuille de façon à ce que la 1ère ligne se trouve en haut. Une petite flèche noire indique le début de la 1ère ligne. Prenez votre stylo et commencez quand je donnerai le signal.

Attention ! C'est parti !

Démarrez le chronomètre au moment où vous dites « C'est parti ». Après chaque période de 20 secondes, dites « Stop ! Ligne suivante ! » jusqu'à la 14ème ligne. Le chronomètre doit fonctionner en continu jusqu'à la fin du test (c'est à dire 4 minutes et 40 secondes en tout) afin que la remise à zéro systématique du chronomètre ne prolonge pas la durée de passation. A la fin de la 14ème ligne, dites : « Stop ! C'est terminé ! Posez votre stylo ! »

Annexe F : Caractéristiques de l'échantillon par condition – Étude 3

Caractéristiques socio-démographiques de l'échantillon par condition expérimentale avec p valeurs de tests t ou Chi2 d'indépendance visant à vérifier l'hypothèse nulle de l'égalité des moyennes ou de la non-dépendance des variables

Variable	Sans Nature Ajoutée <i>n</i> = 42	Nature Ajoutée <i>n</i> = 41	<i>p</i>
Âge, <i>M (ET)</i>	30.5 (14.6)	33.5 (16.8)	.385
Genre, <i>n (%)</i>			
Femmes	26 (61.9)	23 (56.1)	.591
Hommes	16 (38.1)	18 (43.9)	
Origine perçue, <i>n (%)</i>			
Rurale	14 (33.33)	12 (29.3)	.69
Urbaine	28 (66.67)	29 (70.7)	
CSP			.52
Niveau d'études			.853
Revenus mensuels			.6
Expérience avec la RV			.417
Familiarité avec le lieu			.004
Naturalité perçue, <i>M (ET)</i>	45.69 (32.5)	52 (26.41)	.327
Restau attention, <i>M (ET)</i>	3.79 (1.21)	4.08 (0.99)	.233
Présence, <i>M (ET)</i>	4.34 (1.03)	4.28 (1)	.803
Cybercynétose, <i>M (ET)</i>	1.47 (0.43)	1.37 (0.33)	.228

Titre : Nature Urbaine et Bien-Être : Analyse des Processus Psychologiques entre Réalité et Immersion Virtuelle

Mots clés : Exposition à la nature ; nature urbaine ; bien-être ; réalité virtuelle ; essais randomisés contrôlés.

Résumé : Le changement climatique et l'urbanisation accroissent la vulnérabilité des villes. La (ré)intégration de la nature peut atténuer ces effets en renforçant le bien-être à travers des mécanismes comme la biophilie, la restauration de l'attention, la réduction du stress, et la connexion à la nature.

Cette thèse vise à confirmer les effets de la nature urbaine sur le bien-être, explorer les processus psychologiques associés, analyser les impacts psychophysiologiques, et évaluer l'influence des spécificités environnementales à travers trois études auprès de citoyens.

La première étude, avec 479 participants, montre que la qualité et la quantité perçues de nature urbaine augmentent les affects positifs, surtout chez ceux ayant une forte connexion à la nature. La deuxième étude, menée avec 104 participants en

réalité virtuelle (RV) utilisant des vidéos à 360°, montre que des environnements plus naturels réduisent l'effort cognitif, comme le suggèrent les mouvements oculaires. La troisième étude, impliquant 83 participants en RV, compare un environnement urbain standard à une version enrichie en nature après une tâche stressante. Elle associe des mesures subjectives et objectives (variabilité de la fréquence cardiaque et conductance électrodermale) du stress, tout en mettant en lumière l'importance du sentiment de présence pour maximiser les bienfaits des expériences en RV.

Les résultats montrent que la nature urbaine améliore le bien-être, bien que ses effets sur l'attention et le stress soient nuancés. La discussion met en avant l'importance de la nature pour atténuer les impacts du changement climatique et l'utilité de la RV dans la recherche en psychologie environnementale.

Title : Urban Nature and Well-Being: An Analysis of Psychological Processes in Real and Virtual Environments

Keywords : Nature exposure; urban nature; well-being; virtual reality; randomized controlled trials.

Climate change and urbanization increase the vulnerability of cities. The (re)integration of nature can mitigate these effects by enhancing well-being through mechanisms such as biophilia, attention restoration, stress reduction, and a sense of connectedness to nature.

This thesis aims to confirm the effects of urban nature on well-being, explore the associated psychological processes, analyze psychophysiological impacts, and assess the influence of environmental specifics through three studies involving city dwellers.

The first study, involving 479 participants, shows that perceived quality and quantity of urban nature increase positive affects, especially among those with a strong connectedness to nature. The second

study, conducted with 104 participants using 360° virtual reality (VR) videos, reveals that more natural environments reduce cognitive effort, as indicated by eye movements. The third study, with 83 participants in VR, compares a standard urban environment to a nature-enriched version after a stressful task. It combines subjective and objective measures (heart rate variability and electrodermal conductance) of stress, highlighting the importance of the sense of presence to optimize the benefits of VR experiences. The results demonstrate that urban nature enhances well-being, although its effects on attention and stress are more nuanced. The discussion highlights the importance of nature in mitigating the impacts of climate change and the usefulness of VR in environmental psychology research.