



Les services écosystémiques socio-culturels rendus par les forêts : quel lien à la gestion et aux caractéristiques des peuplements ? Un état de la littérature

Mars 2022

Violette Van Keymeulen*



*Forest is Life, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Gembloux, Belgique

TABLE DES MATIERES

Objectifs	7
A. Considérations théoriques	9
Messages principaux	10
1. Services et disservices écosystémiques	11
1.1 Définition et cadre conceptuel des services écosystémiques	11
1.2 Focus sur les services socio-culturels	14
1.3 Focus sur les disservices écosystémiques	16
2. La sylviculture mélangée à couvert continu (i.e. SMCC)	17
2.1 Principes généraux de la SMCC	17
2.2 Synonymes et vocabulaire apparenté à la SMCC	17
a. Vocabulaire francophone	17
b. Vocabulaire anglophone	18
c. Vocabulaire Germanophone	18
3. La gestion forestière influence-t-elle la fourniture des services écosystémiques ?	18
B. Focus sur les services socio-culturels liés au bien-être et à la santé	19
Messages principaux	20
1. Contexte et enjeux liés aux effets thérapeutiques de la forêt	21
2. Mécanismes connus en lien avec les effets thérapeutiques de la forêt	21
3. Activités par lesquelles les bienfaits sont fournis	22
4. Impact des espaces forestiers sur la santé et le bien-être	24
4.1 Aperçu général des bienfaits générés	24
4.2 Les impacts physiologiques de la forêt sur les individus	25
a. Mesure	25
b. Etat de l'art	26
c. Explications	27
4.3 Les impacts psychologiques de la forêt sur les individus	28
a. Mesure	28
b. Etat de l'art	28
c. Explications	29
4.4 Les bienfaits sociaux de la forêt sur les individus	30
a. Introduction	30
b. Etat de l'art	30
c. Explication	31
5. Lien entre les attributs de la forêt, la gestion et le bien-être des individus	31
5.1 Introduction	31

5.2 Mise en évidence d'un trou dans la littérature scientifique	31
5.3 Avancée de la recherche	32
a. Caractéristiques de la forêt	32
b. Lien à la naturalité, la biodiversité et les préférences	34
c. Méthodes de gestion	35
6. Perspectives.....	37
C. Focus sur les services socio-culturels liés au tourisme, aux services de récréation et à la valeur esthétique	38
Messages principaux	39
1. Contexte et enjeux liés aux services de récréation, de tourisme et à la valeur esthétique	40
2. Les mécanismes qui influencent les préférences des utilisateurs	40
3. Préférences en termes de gestion.....	41
4. Préférences en termes de caractéristiques des peuplements.....	42
a. Classement selon l'attractivité des caractéristiques en Europe centrale	42
b. Age et hauteur des arbres	44
c. Variabilité inter-peuplements.....	44
d. La surface des coupes rases	45
e. Continuité du couvert.....	46
f. Continuité du paysage.....	46
g. Mixité des peuplements	46
h. Irrégularité structurelle des peuplements	46
i. Présence de bois mort	46
5. Evaluation croisée des caractéristiques des peuplements.....	47
6. Perspectives et messages principaux	49
D. Articles fondateurs et bibliographie par thèmes.....	51
1. Bibliographie liée à l'introduction	52
2. Bibliographie liée au bien-être et à la santé en lien avec la fréquentation des forêts	52
2.1 Articles fondateurs	52
2.2 Bibliographie.....	52
3. Bibliographie liée aux préférences des utilisateurs de la forêt.....	67
3.1 Articles fondateurs	67
3.2 Bibliographie.....	67
E. Annexes.....	73
Tableau des équivalences entre les nomenclatures internationales MAE, TEEB et CICES V5.1	74
Détail des indicateurs utilisés dans l'enquête d'Edwards et al. 2010 a	77

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Exemple de classification des services écosystémiques forestiers	13
Tableau 2: Nomenclature des services écosystémiques socio-culturels issus et traduits	15
Tableau 3 : classification de disservices écosystémiques forestiers inspirée des travaux de Campagne et al. 2018 et Lyytimäki 2019	16
Tableau 4 : Classification des activités bénéfiques en forêt	23
Tableau 5 : Aperçu des bénéfices apportés par les interactions avec les écosystèmes forestiers et liste d’auteurs ayant étudiés ces bénéfices (adapté d’un tableau de Dodev et al. 2020)	25
Tableau 6 : Etat de l’art des bénéfices physiologiques apportés par les interactions avec les écosystèmes forestiers.....	27
Tableau 7 : Acronyme des indicateurs subjectifs de bien-être psychologique (Grilli et Sacchelli 2020)	28
Tableau 8 : Etat de l’art des bénéfices psychologiques apportés par les interactions avec les écosystèmes forestiers.....	29
Tableau 9: Liste non-exhaustive de publications scientifiques faisant le lien entre les caractéristiques des peuplements ou la gestion vis-à-vis de la santé des utilisateurs.....	35
Tableau 10 : synthèse des attributs forestiers, de leur classement en termes de valeur récréative et de la nature de la relation perçue entre les deux en Europe centrale et dans le monde (Edwards et al. 2010).....	42

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : La cascade écosystémique selon un modèle linéaire et circulaire (CICES 2021)	12
Figure 2 : Schéma illustrant les mécanismes en jeu entre une expérience en forêt et la santé publique (Doimo et al. 2020).....	22
Figure 3: Répartition du nombre d'articles abordant la thématique des bienfaits de la forêt selon trois catégories principales : les effets sociaux en vert, physiologiques en bleu et psychologiques en orange (Doimo et al. 2020).....	24
Figure 4: effet des milieux forestiers sur le réseau psycho-neuro-immuno-endocrinien issu de Li 2019	26
Figure 5 : schéma des huit dimensions sensorielles perçues (i.e. PSD) que sont les qualités de l'environnement restauratrices (Grahn & Stigsdotter, 2010).	33
Figure 6 : faciès forestiers étudiés par Karlsson et al. (2017) dans le but de mettre en évidence ceux les plus propices à la restauration psychologique.	34
Figure 7: synthèse de l'évolution des préférences en fonction de 12 attributs de la forêt, classification de leur importance relative et unanimité des corrélations pour l'Europe centrale	43
Figure 8 : Evolution de la beauté scénique (échelle de 1 à 10) d'un peuplement de pins en comparant l'effet d'une coupe rase et de la régénération naturelle issue d'une coupe isolée (Silvennoinen et al. 2002).....	45
Figure 9 : Exemple de formulaire visant à déterminer les préférences des utilisateurs.....	48
Figure 10 : Schéma récapitulatif reprenant les caractéristiques paysagères et les préférences des utilisateurs des forêts de la Grande Région dans une étude par choix discrets (Breyne et al. 2020). .	48
Figure 11 : Graphe reprenant le consentement à se déplacer par les utilisateurs des forêts de la grande région par une étude du consentement à se déplacer (Breyne et al. 2020).	49

REMERCIEMENTS

L'auteure tient à remercier Hugues Claessens (ULG) et Gauthier Ligtot (ULG) pour les échanges réguliers et constructifs qui ont eu lieu lors de la réalisation de cette synthèse. Elle remercie également Laura Maebe (ULG) et Johanna Breyne (ULG) qui lui ont permis d'approfondir les analyses sur la notion de service écosystémique et les enjeux qui y sont liés. Elle remercie enfin Marie-Ange Golard (ULG) pour la relecture finale ainsi que l'ensemble du groupe de travail ASKAFOR et en particulier Christine Sanchez (Forêt Nature), Nicolas Luigi (Pro Silva France), Bertrand Von Loe (Agro Paris Tech / UMR Silva), Benoit Meheux (Pro Silva France), Isabelle Van Driessche (Forêt Nature) et Eric Lacombe (Agro Paris Tech / UMR Silva) pour leurs partages de connaissances sur la sylviculture et leurs réflexions.

Objectifs



Le présent document vise à synthétiser les connaissances scientifiques actuellement disponibles au sujet des services écosystémiques socio-culturels rendus par les forêts gérées selon une sylviculture mélangée à couvert continu (i.e. SMCC). Sans prétendre à l'exhaustivité, il propose un aperçu de l'état de la recherche sur ces thématiques. Ce travail s'insère dans le contexte du projet INTERREG ASKAFOR¹ qui a démarré en janvier 2021 pour une durée de deux ans. En particulier, cette revue bibliographique s'insère dans le groupe de travail « référentiel » et concerne les forêts tempérées de la Grande Région (i.e. Sarre et Rhénanie-Palatinat en Allemagne, Lorraine en France, Wallonie en Belgique et le Grand-Duché du Luxembourg). Nous débuterons par une remise en contexte en définissant les notions de services écosystémiques et de SMCC (partie A). Puis, nous exposerons l'état des connaissances d'un point de vue de la littérature scientifique au sujet des services écosystémiques socio-culturels en lien avec (i) la forêt, (ii) les caractéristiques de la forêt et (iii) la gestion forestière. En particulier, ce document a été articulé en deux phases. La première concerne spécifiquement les services de santé (partie B) tandis que la deuxième se concentre sur les services récréatifs et la valeur esthétique des peuplements (partie C).

¹ «Adapted skills and knowledges for adaptative forests ». Plus d'informations sur le site <https://askafor.eu>

A. Considérations théoriques



Messages principaux

Informations essentielles sur les considérations théoriques

- Les services écosystémiques sont les contributions des écosystèmes au bien-être humain et sont classés en quatre catégories : les services de soutien, de production, de régulation et les services socio-culturels.
- Les disservices écosystémiques désignent les fonctions et propriétés des écosystèmes qui sont perçues comme négatives pour le bien-être humain, désagréables, nuisibles ou encore indésirables.
- La SMCC ou « sylviculture mélangée à couvert continu » est un mode de gestion forestière extensive réalisée à l'échelle de l'arbre et basée notamment sur le mélange des essences, la régénération naturelle, le maintien d'un couvert forestier continu, l'irrégularité structurelle des peuplements, le maintien de bois morts et l'amélioration de la capacité d'accueil de la biodiversité au sein de la forêt.
- La gestion forestière, en agissant sur les structures biophysiques et les fonctions écologiques de la forêt, peut influencer les services écosystémiques rendus.

1. Services et disservices écosystémiques

1.1 Définition et cadre conceptuel des services écosystémiques

La notion de service écosystémique est à la fois simple (dans son appréhension intuitive) et complexe (dans son interprétation et son usage) selon Dufour et al. (2016) et vise à conceptualiser les bénéfices tirés des écosystèmes et rendus aux populations humaines. En particulier, le CICES² définit les services écosystémiques comme « les contributions des écosystèmes au bien-être humain » (CICES 2021) tandis que la plateforme IBPES³ les décrit comme « les avantages que les populations tirent des écosystèmes » (IPBES 2021).

Ces services sont usuellement classés en trois catégories :

- Les services de production qui regroupent les biens produits par les écosystèmes ;
- Les services de régulation qui rassemblent les phénomènes de contrôle et de maintien du bon fonctionnement des écosystèmes ;
- Les services culturels qui font référence aux avantages immatériels rendus aux individus par les écosystèmes

Ces services comprennent par exemple la nourriture issue de la chasse ou de la récolte de fruits sauvages, le bois d'œuvre et d'énergie, l'eau, la purification de l'eau et de l'air, la protection contre les inondations, la pollinisation, la régulation du climat, les loisirs de plein air, l'observation de la nature ou encore l'éducation en milieu naturel.

Certains classements tels que celui opéré par le MEA⁴ en 2005 considèrent également l'existence des services de support qui conditionnent l'existence des autres services (ex : cycle de l'eau, formation des sols). Notons que malgré les initiatives d'harmonisation à l'échelle internationale de la nomenclature des services écosystémiques, plusieurs classifications co-existent dans la littérature scientifique. Parmi les plus connues, citons celle de 2005 issue du Millenium Ecosystem Assessment, celle de 2007 issue de la plateforme TEEB (i.e. The Economics of Ecosystems and Biodiversity) et enfin la classification du CICES de 2013 récemment remise à jour en 2017 (comparatif disponible à l'annexe 1). Ces classifications ont-elles-mêmes été parfois adaptées pour être transposées au mieux à un contexte géographique donné. Certaines nomenclatures reconnaissent une dizaine de services généraux (e.g. classification du SPW 2018) tandis que d'autres en reconnaissent plus d'une soixantaine (CICES V5.1).

Les SES servent donc de concepts clés entre les structures & processus biophysiques et les fonctions écologiques d'une part et, d'autre part, les bénéfices et valeurs accordés aux êtres humains (voir figure 1). Ce système d'interdépendance ne doit pas être considéré linéairement mais bien de manière circulaire étant donné l'existence de pressions anthropiques qui modifient les écosystèmes et influencent donc en retour les services rendus.

² Common International Classification of Ecosystem Services

³ Intergovernmental science-policy Platform on Biodiversity *and Ecosystem Services*

⁴ Millenium Ecosystem Assessment

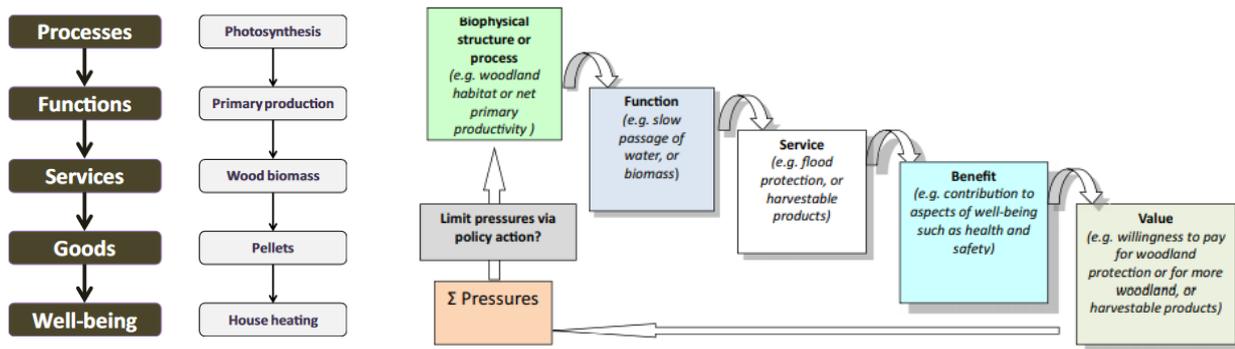


Figure 1 : La cascade écosystémique selon un modèle linéaire et circulaire (CICES 2021)

L'utilisation des SES dans un champ appliqué est complexe pour diverses raisons :

- Les frontières sont parfois floues entre les différentes catégories de la cascade écosystémique ;
- La connaissance de la modélisation entre les éléments de la cascade est partielle et la complexité des liens entre eux élevée ;
- la nomenclature des classes de SES est mouvante et non-consensuelle ;
- La place de la biodiversité dans les champs de services écosystémiques ne fait pas l'unanimité.

L'article de Rives et al. 2016 intitulé « Les services écosystémiques : une notion discutée en écologie » reprend une partie de ces problématiques et tente d'y répondre. Tout lecteur intéressé par ces clarifications est chaleureusement invité à lire leur document.

L'étude des SES rendus par une forêt gérée selon une sylviculture donnée s'est donc révélée complexe et nous avons été confronté lors de la réalisation de ce travail à de nombreux freins conceptuels qu'il semble nécessaire de mettre en avant afin d'épargner à d'autres chercheurs certains casse-têtes rencontrés. Ces points sont abordés dans les annexes. Malgré cela, le concept de SES reste un outil puissant de sensibilisation, de négociation, de dialogue, de gestion et d'internalisation des coûts liés à notre impact sur la biosphère (Dufour et al. 2016).

Tableau 1 : Exemple de classification des services écosystémiques forestiers

Services de production	
Nourriture	Récolte de gibier, de champignons, de fruits des bois, de plantes médicinales... destinés à l'alimentation humaine
Matériaux et fibres	Exploitation du bois destiné à la construction, menuiserie, à la production de papier, palettes, produits ornementaux, pharmacopée...
Energie	Production de bois de chauffage, de pellets...
Eau potable / non potable	Production d'eau de surface ou zone de captage souterraine
Services de régulation	
Evènements extrêmes	Régulation des inondations et maintien des niveaux d'étiage, grâce à l'évapotranspiration et la facilitation de l'infiltration, limitation de l'érosion par les pluies, fixation des sols et stockage de sédiments dans les vallées
Qualité de l'environnement	Amélioration de la qualité de l'eau, de l'air et des sols grâce à l'interception par la végétation des polluants atmosphériques et des intrants chimiques utilisés en agriculture, réduction du bruit...
Régulation biologique	Habitat pour les espèces qui assurent la pollinisation ou qui participent au contrôle biologique d'espèces problématiques
Régulation climatique	Rôle de stockage de carbone dans la biomasse mais aussi de manière importante dans les sols, tamponnement des conditions climatiques régionales et locales (e.g. intervention des écosystèmes forestiers dans la formation des nuages et de la pluie)
Services culturels	
Environnement de la vie courante	Importance accordée aux arbres dans les paysages quotidiens, à la dynamique des paysages forestiers au cours des saisons, à la qualité de vie et à la plus-value réelle apportée par le fait de vivre à proximité ou avec une vue sur des milieux forestiers...
Environnement pour les loisirs	Niveau d'utilisation des espaces forestiers à usage partagé ou exclusif pour les promenades, les randonnées, les activités sportives, la chasse...
Source d'expérience et de connaissance	Originalité, diversité et ambivalence des interactions multi-sensorielles avec la faune sauvage, la végétation, les paysages, des ambiances particulières, support incontournable aux activités de découverte de la nature et à la recherche scientifique
Source d'inspirations et de valeurs	Source unique d'inspiration artistique (peinture, musique, sculpture...) ou de divertissement (photographies, documentaires...), source de valeurs patrimoniales, sentimentales, symboliques, culturelles, sacrées, religieuses... et matérialisation de la valeur intrinsèque d'existence, de legs pour les générations futures, du retour à la nature (wilderness)...

1.2 Focus sur les services socio-culturels

Les services socio-culturels font référence aux avantages immatériels rendus aux populations par les écosystèmes (FAO 2021). Le Millenium Ecosystem Assessment (Sarukhán and Whyte 2005) quant à lui précise qu'il s'agit des avantages non matériels que les gens tirent des écosystèmes à travers l'enrichissement spirituel, le développement cognitif, la réflexion, les loisirs et les expériences esthétiques. Notons que les sentiments suscités et le sens accordé à l'expérience sont propres à chacun et c'est pourquoi une même expérience pourra être vécue différemment par plusieurs individus et correspondre donc à divers services rendus.

A nouveau, la nomenclature liée à ces services est mouvante et non consensuelle. La FAO distingue par exemple quatre catégories de services socio-culturels que sont « loisirs, santé mentale et physique », « tourisme », « conscience et inspiration esthétique pour la culture, l'art et le design » et « expérience spirituelle et sentiment d'appartenance » tandis que le MAE en distingue six, le TEEB quatre également (voir annexe 1). La dernière version en date du CICES (i.e. The Common International Classification of Ecosystem Services, version 5.1) distingue, elle, 17 classes de services culturels (tableau 2) triés selon leur origine biotique / abiotique (section), la nature directe ou indirecte des interactions avec les individus (division) et leur caractère physique, intellectuel, spirituel ou autre (groupe).

Cependant, les services socio-culturels au sein de la littérature scientifique sont rarement abordés en tant que tels et ne suivent que très peu la nomenclature évoquée ci-dessus. En effet, les études se penchent plutôt sur les bénéfices, les valeurs et les préférences accordées aux forêts et à leurs caractéristiques. Nous avons fait le choix de les aborder également sous cet angle en considérant les bénéfices, valeurs et préférences comme des indicateurs des services écosystémiques. En particulier, ce volet sera subdivisé en deux chapitres portant d'une part sur le bien-être mental, physique et social et d'autre part sur les préférences des utilisateurs.

Tableau 2: Nomenclature des services écosystémiques socio-culturels issus et traduits

Section	division	groupe	classe
Services liés aux caractéristiques biotiques	Interactions directes, in situ et à l'extérieur, avec des systèmes vivants qui dépendent de la présence dans le cadre environnemental	Interactions physiques et expérientielles avec l'environnement naturel	Caractéristiques des systèmes vivants qui permettent des activités favorisant la santé, la récupération ou le plaisir par des interactions actives ou immersives.
			Caractéristiques des systèmes vivants qui permettent des activités favorisant la santé, la récupération ou le plaisir par des interactions passives ou d'observation.
		Interactions intellectuelles et représentatives avec l'environnement naturel	Caractéristiques des systèmes vivants permettant l'investigation scientifique ou la création de connaissances écologiques traditionnelles
			Caractéristiques des systèmes vivants qui permettent l'éducation et la formation
			Caractéristiques des systèmes vivants qui ont une résonance en termes de culture ou de patrimoine
	Interactions indirectes, à distance, souvent à l'intérieur, avec des systèmes vivants qui ne nécessitent pas de présence dans le cadre environnemental	Interactions spirituelle, symbolique et autres interactions avec l'environnement naturel	Caractéristiques des systèmes vivants qui ont une signification symbolique
			Caractéristiques des systèmes vivants qui ont une signification sacrée ou religieuse
			Éléments de systèmes vivants utilisés à des fins de divertissement ou de représentation
		Autres caractéristiques qui ont une valeur non-utilitaire	Caractéristiques ou particularités des systèmes vivants qui ont une valeur d'existence.
	Caractéristiques ou particularités des systèmes vivants qui ont une valeur d'option ou de legs.		
Autres caractéristiques de l'environnement qui ont une signification culturelle	Autres	Autres	
Services liés aux caractéristiques abiotiques	Interactions directes, in situ et à l'extérieur, avec les systèmes physiques naturels qui dépendent de la présence dans le cadre environnemental	Interactions physiques et expérimentales avec les composants naturels abiotiques de l'environnement.	Caractéristiques naturelles, abiotiques de la nature qui permettent les interactions actives ou passives, physiques et expérientielles
		Interactions intellectuelles et représentatives avec les composants naturels abiotiques de l'environnement.	Caractéristiques naturelles, abiotiques de la nature qui permettent les interactions intellectuelles
	Interactions indirectes, à distance, souvent à l'intérieur, avec des systèmes physiques qui ne nécessitent pas de présence dans le cadre environnemental	Interactions spirituelles, symboliques et autres avec les composants abiotiques de l'environnement naturel.	Caractéristiques naturelles, abiotiques de la nature qui permettent des interactions spirituelles, symboliques et autres.
		Autres caractéristiques abiotiques ayant une valeur de non-usage	Caractéristiques naturelles, abiotiques ou caractéristiques de la nature qui ont une valeur d'existence, d'option ou de legs.
	Autres caractéristiques abiotiques de la nature qui ont une signification culturelle	Autres	Autres

1.3 Focus sur les disservices écosystémiques

Les disservices écosystémiques désignent les nuisances générées par les écosystèmes (Lyytimäki and Sipilä, 2009) ou encore les fonctions et propriétés des écosystèmes qui sont perçues comme négatives pour le bien-être humain, désagréables, nuisibles ou encore indésirables (Lyytimäki 2014). La notion de perception est ici importante car une même fonction peut être considérée tantôt comme un service, tantôt comme un disservice selon le public en présence. Notons que les disservices peuvent être de nature directe (e.g. attaque d'un animal sur un être humain...) ou indirect via un impact négatif sur la provision d'un service écosystémique (e.g. attaque de scolyte sur épicéa entravant un SES de production)

Cette notion de disservice est relativement récente et la première apparition de ce terme dans une publication date de 2006 (contre 1976 pour la notion de SES, voir Blanco et al. 2019). Encore aujourd'hui, la prise en compte des bienfaits et des nuisances dans les études est relativement rare et peu discutée dans la littérature (O'Farrell et al., 2007; Zhang et al., 2007; Lyytimäki et al., 2008; Lyytimäki and Sipilä, 2009; Bennett et al., 2010; Dobbs et al., 2011; Limburg et al., 2009; Escobedo et al., 2011; Gómez-Baggethun and Barton, 2013). A ce jour, il n'existe d'ailleurs pas de nomenclature consensuelle et les milieux où sont étudiés les disservices sont majoritairement des écosystèmes très anthropisés.

Tableau 3 : classification de disservices écosystémiques forestiers inspirée des travaux de Campagne et al. 2018 et Lyytimäki 2019

Catégories de disservices	Exemple de disservices
Impacts sur la santé et le bien-être physiologique	Problèmes de sécurité associés à la faune sauvage (attaque) Chutes de branches, végétation glissante, etc. Allergies causées par les pollens et composés organiques volatiles, poisons Transmissions de maladies (zoonoses, maladie de Lyme)
Impacts sur la santé et le bien-être psychologique	Biote source de <ul style="list-style-type: none"> - peur et d'anxiété - nuisance sensorielle - dégradation esthétique Sentiment d'insécurité lié aux autres humains (agressions, crimes, etc.)
Impacts économiques	Endommagement des infrastructures par les arbres Endommagement des peuplements par les pathogènes et ravageurs forestiers
Impacts écologiques	Potentielles émissions de carbone Remplacement d'espèces indigènes par des espèces exotiques envahissantes Extension de la forêt sur d'autres écosystèmes
Impacts esthétiques	Arbres perçus comme inesthétiques Arbres abritant des espèces produisant des nuisances esthétiques (excréments, frotures, etc.)

2. La sylviculture mélangée à couvert continu (i.e. SMCC)

2.1 Principes généraux de la SMCC

La Sylviculture Mélangée à Couvert Continu implique – comme son nom l’indique – une gestion de la forêt visant à maintenir une diversité d’essences et un couvert végétal relativement constant. Ses principes fondamentaux impliquent notamment : une sylviculture fine à l’échelle de l’arbre, une approche multifonctionnelle de l’environnement forestier (écologique, sociale et économique), une gestion en futaie irrégulière axée sur les processus naturels (i.e. automatisation biologique) telle que la régénération et l’élagage naturels, une production de bois à haute valeur ajoutée. Cette sylviculture met en outre la résilience et l’adaptabilité des peuplements face aux changements climatiques au cœur de son fonctionnement.

En particulier, la SMCC est basée sur:

- Le **mélange des essences** par arbre ou par groupe d’arbres (quelle que soit la superficie du peuplement)
- La **régénération naturelle** plutôt que la régénération par plantation (partout où cela est possible et suffisant)
- Le **couvert forestier continu** qui évite tant que possible les coupes rases et leurs inconvénients. En cas de crise sanitaire ou climatique qui conduit à ne pas pouvoir respecter ce principe de couvert continu, la reconstitution passe alors par la régénération naturelle ou la plantation diversifiée à petite échelle.
- **L’irrégularisation** progressive de la structure (âge) des peuplements.
- La **gestion à l’échelle de l’arbre** (ou par groupe d’arbres) ce qui permet de prendre en compte les caractéristiques écologiques, économiques et sociales de chaque arbre afin de faciliter la conservation des meilleurs arbres-habitats ainsi que la production de bois de différentes qualités, notamment celle des gros bois à haute valeur ajoutée.
- Le **prélèvement de l’accroissement en volume des peuplements** ce qui garantit l’approvisionnement de la filière bois
- L’amélioration de la capacité d’accueil de la **biodiversité** grâce à la présence de sous-étages forestiers composés de plantes herbacées et semi-ligneuses réparties sur toute la surface forestière

Cette sylviculture d’ajustements implique une relative marge de liberté dans les actions du sylviculteur, une observation et des connaissances fines des processus écologiques et ne peut donc pas être normée quantitativement en termes d’actions et d’opérations sylvicoles. Cette absence de normes fixes induit à la fois des freins à sa mise en œuvre et une difficulté d’étudier ce sujet du point de vue de la recherche mais constitue néanmoins un outil puissant, adaptable à tout écosystème forestier quelle que soit la nature de la station et les essences en place.

2.2 Synonymes et vocabulaire apparenté à la SMCC

La Sylviculture Mélangée à Couvert Continu recouvre des principes de gestion communs à de nombreuses sylvicultures dont les différences en termes opérationnels sont parfois floues. C’est pourquoi nous avons tenu à mettre en avant les multiples vocables usuellement employés dans le monde francophone et anglophone.

a. Vocabulaire francophone

Synonymes : sylviculture continue proche de la nature (SCPN), sylviculture Prosilva

Vocabulaire apparenté : futaie irrégulière, sylviculture fine, sylviculture extensive, sylviculture d’ajustement, futaie continue

b. Vocabulaire anglophone

Synonymes: continuous-cover forestry, multi-objective forestry, back-to-nature forestry, near-natural forestry, nature-based forestry, multi-purpose forestry

Vocabulaire apparenté : freestyle silviculture, sustainable forest management, diversity-oriented forestry, low-impact silviculture system, any-aged forestry, multi-aged forestry, uneven-aged forestry

c. Vocabulaire Germanophone

Synonymes : DauerWaldWirtschaft in Mischung (DWWM), DauerForstwirtschaft in Mischung, Naturnahe Forstwirtschaft, Naturnahe Waldwirtschaft, Naturgemäße Waldwirtschaft, Dauerwaldwirtschaft

3. La gestion forestière influence-t-elle la fourniture des services écosystémiques ?

A travers les actes sylvicoles qu'elle pose, la gestion forestière influence directement et indirectement les structures et processus biophysiques de l'écosystème forestier et modifie donc – telle que l'illustre la cascade écosystémique – les fonctions écologiques et les services écosystémiques rendus. Par exemple, l'abandon du houppier d'un arbre en forêt lors d'une phase de récolte de fûts (i.e. actes de gestion) influencera les fonctions écologiques et les services suivants :

- Approvisionnement des sols en matières organiques (fonction écologique) -> régulation de la qualité de l'environnement (SES)
- rétention d'eau (fonction écologique) -> régulation des événements extrêmes tels que les inondations (SES)
- Habitat et biotope (fonction écologique) -> régulation biologique via l'existence d'un biotope pour la faune saprophytique (SES)
- Etc.

Notons que toutes les gestions sylvicoles n'ont pas le même impact sur les SES. Les différents gestionnaires de la forêt ont en effet – par le biais de leurs choix de gestions – un grand impact sur la gamme de SES rendus et peuvent donc orienter leurs décisions dans le but de maximiser un seul et même service (i.e. peuplement unifonctionnel telle que la gestion en futaie régulière monospécifique qui maximise le service de production de bois pour la filière industrielle) ou au contraire, dans le but d'optimiser l'ensemble des services rendus simultanément par un même peuplement (i.e. forêt multifonctionnelle telle que la gestion en futaie irrégulière et mélangée abordée dans le cadre du projet ASKAFOR).

Notons qu'une forêt peut être unifonctionnelle à l'échelle de ses peuplements et multifonctionnelle à l'échelle du massif (ex : peuplement 1 : maximisation de la production, peuplement 2 adjacent : maximisation des services de régulation et peuplement 3 : maximisation des services culturels). Ce mode de gestion impliquant une spécialisation des services dans l'espace se nomme « land-sparing » et s'oppose au mode de gestion promu en SMCC où la multifonctionnalité est présente à l'échelle du peuplement nommée « land-sharing ».

B. Focus sur les services socio-culturels liés au bien-être et à la santé



Messages principaux

Informations essentielles sur les services liés au bien-être et à la santé en forêt
Les services rendus par les forêts
<ul style="list-style-type: none">➤ Les écosystèmes forestiers peuvent être à l'origine de bienfaits pour la santé mentale, physique et sociale.➤ Les paramètres qui influencent les bienfaits fournis sont :<ul style="list-style-type: none">- le type d'interaction entre la forêt et l'utilisateur (activité exercée en forêt)- les représentations, souvenirs et connaissances de l'utilisateur en lien avec la forêt- les caractéristiques de la forêt.➤ Plusieurs hypothèses co-existent pour expliquer pourquoi la forêt peut améliorer notre santé dont : la présence de molécules organiques volatiles, la théorie multisensorielle, la théorie de la restauration de l'attention, la théorie de l'esthétique affective ou encore l'hypothèse de la biophilie.
Les services rendus en fonction des attributs de la forêt
<ul style="list-style-type: none">➤ Les données scientifiques sont parcellaires et non généralisables en ce qui concerne l'influence des attributs de la forêt sur les trois types de bienfaits.➤ Un lien a pu être établi entre l'efficacité de la restauration émotionnelle et cognitive et les faciès forestiers qui présentent des cours d'eau, une densité d'arbre faible à intermédiaire et une luminosité suffisante. Les seuils de densité et de luminosité restent à confirmer.
Les services rendus en fonction du mode de gestion
<ul style="list-style-type: none">➤ Les données scientifiques disponibles sont également parcellaires et non généralisables en ce qui concerne l'influence de la gestion sylvicole sur les trois types de bienfaits.➤ Les forêts gérées semblent néanmoins plus propices à la réduction du stress, à la pratique des bains de forêts et à la restauration psychologique que les forêts non gérées.➤ Les gestionnaires forestiers exercent une influence restreinte sur les bienfaits fournis car ils ne peuvent agir que sur les paramètres liés aux caractéristiques de la forêt.➤ L'influence de la SMCC sur les bienfaits ne peut actuellement pas être conclue.

1. Contexte et enjeux liés aux effets thérapeutiques de la forêt

L'urbanisation croissante, la sédentarité, la virtualisation des relations sociales ainsi que la précarité des emplois, les modifications climatiques (World Federation for Mental Health 2012) et des situations récentes sans précédent comme le lockdown dû à la Covid-19 (Ahmed et al. 2020, Rossi et al. 2020) ont conduit à une escalade du stress et de l'anxiété dans la population mondiale. Or, le stress a été reconnu comme l'une des principales causes de maladies non transmissibles (i.e. « Non communicable diseases ») telles que les troubles cardiovasculaires, métaboliques, immunologiques, oncologiques et psychiatriques (O'Donovan et al. 2018, James et al. 2018, Nilsson et al. 2011) et celles-ci entraînent une augmentation significative de la mortalité et des handicaps à travers le monde (O'Donovan et al. 2018). C'est pourquoi les mesures visant à réduire le stress et à promouvoir des modes de vie sains sont devenues cruciales pour la santé publique (Doimo et al. 2020). A cet égard, la fréquentation des espaces forestiers semble avoir un rôle important à jouer.

Nous nous penchons dans ce chapitre sur les bienfaits générés par les interactions entre les individus et les écosystèmes forestiers. Ces interactions peuvent être d'origines multiples et étudiées sous un nombre important d'angles de vue telles que la nature directe (i.e. immersion en forêt) ou indirecte (e.g. images, vidéos, réalité virtuelle) de l'interaction, l'activité exercée en forêt et son caractère à visée récréative, éducative ou thérapeutique. Elles peuvent également être abordées selon le sens engagé (vue, ouïe, odorat, toucher, goût), le type de bien-être généré (e.g. physique, psychologique, social) ou encore selon le bénéficiaire de ces interactions (e.g. enfants, adultes, retraités, personnes souffrantes). Dodev et al. (2020) par exemple ont suggéré une classification des bénéfices liés à l'interaction avec les écosystèmes forestiers en six axes que sont respectivement les bienfaits physiologiques, psychologiques, cognitifs, sociaux, spirituels et économiques.

Dans cette étude, nous avons fait le choix d'aborder ces thématiques sous le spectre de la santé et du bien-être qui découlent de l'interaction avec les écosystèmes forestiers. Bien-être et santé sont deux termes interchangeables selon Doimo et al. (2020) et désignent une combinaison de trois types de bien-être que sont le bien-être mental, physique et social (World Health Organization 2002). La littérature abordant dans la majorité des cas le lien forêt-santé sous ces trois thématiques, il nous a semblé pertinent de faire de même. En lien avec les 6 catégories de Dodev et al., notons que l'existence des catégories de bénéfices cognitifs, spirituels et économiques ne font pas l'unanimité. En effet, nombre d'auteurs placent les bénéfices cognitifs dans la catégorie des bénéfices psychologiques et les bénéfices spirituels dans la catégorie des services sociaux. Quant aux bienfaits économiques, ils ne rentreront pas dans le champ d'investigation de ce rapport. En définitive, nous nous pencherons donc sur (i) les effets physiologiques (ii) psychologiques et (iii) sociaux induits par les interactions avec les forêts. Suite à cela, nous nous intéresserons en particulier à ces effets en lien avec les attributs des peuplements ainsi qu'en lien avec la gestion forestière.

2. Mécanismes connus en lien avec les effets thérapeutiques de la forêt

Notons que la gestion forestière et la façon dont elle façonne les caractéristiques de la forêt ne peuvent rendre à elles seules la totalité des bénéfices tirés par les humains. En effet, les bénéfices liés aux interactions avec les forêts sont issus et dépendants de trois grandes catégories que sont (i) les réactions à l'expérience en forêt et les besoins individuels, (ii) les attributs de la forêt et (iii) la nature des interactions et donc des activités exercées (Doimo et al. 2020). Les bénéfices individuels dus aux interactions avec la forêt peuvent être encouragés à l'échelle de la santé publique par des politiques publiques de prévention et de promotion de la santé ainsi que par encouragements aux traitements et réhabilitation par la nature qui ne sont pas du ressort des gestionnaires forestiers.

La figure 2 reprend ces éléments liant les forêts et la santé publique sous forme d'un schéma conceptuel issu des travaux antérieurs de Markevych et al 2017, Hartig et al. 2014, Miyazaki et al 2011, Song et al 2016 et Shanahan et al 2019 et dessiné par Doimo et al. (2020).

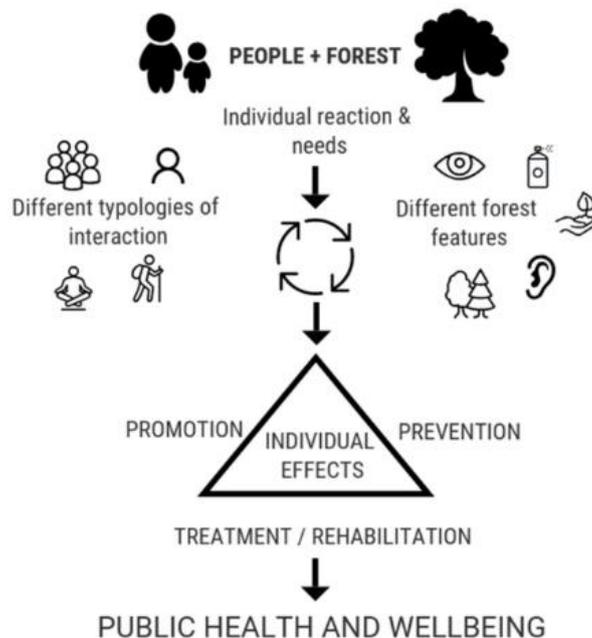


Figure 2 : Schéma illustrant les mécanismes en jeu entre une expérience en forêt et la santé publique (Doimo et al. 2020)

3. Activités par lesquelles les bienfaits sont fournis

Dodev et al. (2020) ont proposé une typologie des activités permettant le bien-être en forêt sous l'expression " services de bien-être forestier " (i.e. Forest welfare services). Ce terme désigne en particulier les activités sociales et culturelles basées sur les forêts et les ressources forestières qui visent à améliorer la santé et le bien-être de l'homme (Forest Welfare Promotion Act of the Republic of Korea, 2015 ; Forestry culture and recreation act, 2016 ; Dodev et Zhiyanski, 2019 ; Tabbush, 2010). Les principales catégories d'activités sont reprises ci-dessous et comprennent les thérapies forestières, les activités récréatives, l'éducation en forêt ainsi que les activités culturelles et sportives dans un contexte forestier. A nouveau, de nombreuses publications font état des bienfaits sur la santé de ces activités forestières (tableau 4).

Tableau 4 : Classification des activités bénéfiques en forêt

Nature de l'activité apportant des bienfaits	Détail et définition des activités	Publications faisant état des bienfaits fournis
Thérapies forestières	<p>Ensemble des pratiques visant à promouvoir la santé humaine et à renforcer l'immunité de l'homme en utilisant l'environnement forestier</p> <p>Synonymes : sylvothérapie, bain de forêt, « Green shower », « Shinrin Yoku », etc.</p>	<p>Oh et al., 2020; Lee and Shin, 2019; Yi et al., 2019; Hansen et al., 2017; Hansen et Jones 2020, Park et al. 2010, Lee et al., 2017; Lee et al., 2014; Lee et al., 2009; Keniger et al., 2013; Kamioka et al., 2012; Shin et al., 2010; Shin and Kim, 2007; Yamaguchi et al., 2006; Maller et al., 2005 ; Hansen et al., 2017; Lee et al., 2011; Berto, 2014; Kamioka et al., 2012, Sundara Rajoo et al. 2020, Song et al. 2019</p>
Activités récréatives	<p>Activités de relaxation passive ou active visant la restauration et le développement des capacités physiques et psychologiques dans un environnement forestier</p> <p>Ex : marche, course, camping, jeux, séjour en forêt, etc.</p>	<p>O'Brien et al., 2012; Curtin, 2009; Shin and Oh, 1996; Hartig et al., 1991; Hine et al., 2009; Hansmann et al., 2007; Keniger et al., 2013; Berto, 2014; Cackowski and Nasar, 2003; Shin et al., 2005</p>
Education en forêt	<p>Activités de sensibilisation et d'apprentissages réalisées dans un environnement forestier</p> <p>Ex : école en forêt, jardin d'enfants forestier, classes vertes</p>	<p>Ambrose-Oij and O'Brien, 2017; Kyu-Won Sim et al., 2018; Keniger et al., 2013; RSPB, 2013; Chen-Hsuan Cheng and Monroe, 2012; Shin et al., 2011; Maller, 2009; Hine et al., 2009</p>
Activités culturelles en forêt	<p>Ex : concerts, danses, ateliers artistiques et d'artisanat mais aussi pèlerinages religieux ou activités spirituelles</p>	<p>O'Brien et al., 2017; Collins et al., 2014; Keniger et al., 2013; Requardt et al., 2011; Williams and Harvey, 2001; Fredrickson and Anderson, 1999; Hine et al., 2009</p>
Activités sportives en forêt	<p>Ex : randonnée, vélo, escalade, chasse, pêche</p>	<p>O'Brien and Forster, 2017; Curtin, 2009; Hine et al., 2009; Hansmann et al., 2007</p>

4. Impact des espaces forestiers sur la santé et le bien-être

4.1 Aperçu général des bienfaits générés

Nombre d'études se penchent sur le différentiel d'impact sur la santé entre les environnements (semi)-naturels dont font partie les forêts et les environnements urbains (e.g. Hartig et Staats 2006, Ulrich et al. 1991, Grilli et Sacchelli 2020) mais très peu d'auteurs ont investigué le différentiel d'impact au sein même des différents écosystèmes forestiers que ce soit en termes de gestion ou d'attributs de la forêt. Les méta-analyses sur le sujet mettent d'ailleurs régulièrement en avant ce manque de connaissances existant dans la littérature (e.g. Grilli et Sacchelli 2020, Doimo et al. 2020). Parmi les traits de santé étudiés, la littérature est plus abondante en ce qui concerne les bienfaits physiologiques et psychologiques tandis que les bienfaits sociaux sont encore peu investigués (figure 3).

De manière générale, il est reconnu que les expériences en forêt exercent une influence positive sur le bien-être physique, mental et social (e.g. Song et al. 2016, Wen et al. 2019, Doimo et al. 2020). Ces effets concernent les fonctions corporelles et la santé physique, les émotions et processus mentaux, les capacités et fonctions mentales, les compétences sociales, les interactions entre individus, leurs comportements et leur style de vie, l'accomplissement spirituel et religieux (tableau 5).

Notons que les environnements forestiers peuvent également être la source de disservices écosystémiques. En effet, les caractéristiques des milieux naturels peuvent engendrer des émotions négatives (Bixler and Floyd, 1997; Henwood and Pidgeon, 2001; Sreetheran and Konijnendijk van den Bosch, 2014, Gatersleben et al. 2013) et dégrader le sentiment de bien-être psychologique. Citons par exemple les études de Milligan et Bingley (2007) qui soulignent que les forêts peuvent être perçues par les enfants comme des endroits effrayants provoquant un sentiment d'anxiété ou de claustrophobie et l'étude de Burgess (1996) qui souligne le sentiment d'insécurité qui peut être provoqué par ces espaces vus comme à plus haut risque d'attaque. De plus, il existe de potentiels impacts négatifs sur la santé physique. Ces risques concernent les réactions allergiques, les organismes nuisibles (e.g. tiques) et les chutes de branches (Grilli et Sacchelli 2020). Certains auteurs tels que An et al. (2019) pointent également l'inconfort physique pouvant résulter d'un environnement froid et humide ou d'un ratio de lumière vert/bleu trop élevé.

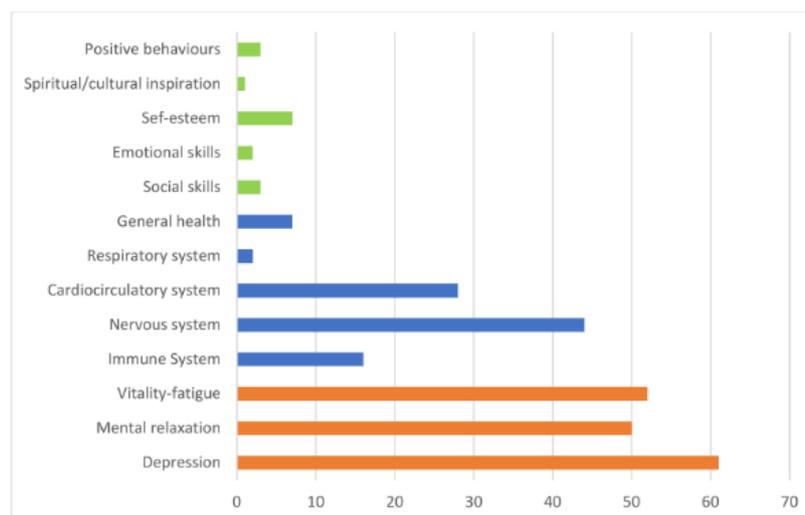


Figure 3: Répartition du nombre d'articles abordant la thématique des bienfaits de la forêt selon trois catégories principales : les effets sociaux en vert, physiologiques en bleu et psychologiques en orange (Doimo et al. 2020).

Tableau 5 : Aperçu des bénéfices apportés par les interactions avec les écosystèmes forestiers et liste d'auteurs ayant étudiés ces bénéfices (adapté d'un tableau de Dodev et al. 2020)

Nature du bénéfice	Définition	Publications relatives à ces bénéfices
Physiologique	Effet positif sur les fonctions et la santé physiques	O'Brien and Forster, 2017; Lee and Shin, 2019; Yi et al., 2019; Berto, 2014; Lee et al., 2014; RSPB, 2013; Lee et al., 2009; Shin and Kim, 2007; Hansmann et al., 2007; Shin et al., 2001; Shin and Oh, 1996
Psychologique	Effet positif sur les émotions et les processus mentaux	Oh et al., 2020; Hansen et al., 2017; Lee et al., 2017; Lee et al., 2011; Shin et al., 2010; Hansmann et al., 2007; Yamaguchi et al., 2006; Cackowski and Nasar, 2003; Maller et al., 2005; Hartig et al., 1991
Dont cognitif	Effet positif sur les capacités et fonctions mentales	Kyu-Won Sim et al., 2018; RSPB, 2013; Shin et al., 2011 ; Shin et al., 2001
Social	Effet positif sur les compétences sociales, les interactions entre individus, leur comportement et leur style de vie	Ambrose-Oij and O'Brien, 2017; Yeon et al., 2019; RSPB, 2013; Maller, 2009; Shin et al., 2005; Shin et al., 2001; Mayer and Frantz, 2004; Clayton, 2003
Dont spirituel	Effets positifs sur l'accomplissement spirituel et religieux	O'Brien et al., 2017; Collins et al., 2014; Kenter et al., 2014; Laband, 2013; Chen-Hsuan Cheng and Monroe, 2012; Requardt et al., 2011; Curtin, 2009; Clayton, 2003; Williams and Harvey, 2001; Shin et al., 2001; Fredrickson and Anderson, 1999

4.2 Les impacts physiologiques de la forêt sur les individus

a. Mesure

Les expériences en forêt entraînent des réactions en chaîne au sein de l'organisme et impactent différents systèmes tels que les systèmes neurologiques, endocriniens ou le système immunitaire (Li 2019, voir figure 4). Ces systèmes sont étudiés à travers des proxys tels que le rythme cardiaque pour déduire le niveau de relaxation du système nerveux (e.g. Yu et al. 2017, Lee et al. 2017), la concentration en cortisol, adrénaline et noradrénaline pour révéler l'activité du système endocrinien

et communiquer une information sur le niveau de stress des individus (e.g. Toda et al. 2013, Ochiai et al. 2015 a et b) ou encore l'abondance des « Natural Killer Cells » et des protéines anti-cancers intracellulaires pour étudier l'activité du système immunitaire (e.g. Li 2019). D'autres paramètres tels que le taux d'oxygénation du sang (e.g. Lyu et al. 2019) ou la pression artérielle (e.g. Chen et al. 2018, Song et al. 2017) permettent de mesurer les bénéfices cardiovasculaires.

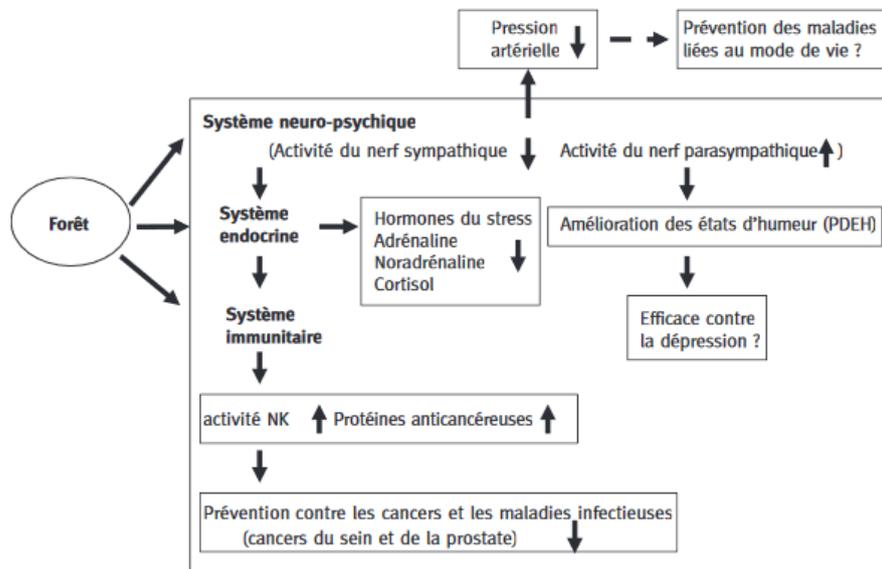


Figure 4: effet des milieux forestiers sur le réseau psycho-neuro-immuno-endocrinien issu de Li 2019

b. Etat de l'art

De nombreuses études ont démontré que passer du temps en forêt induisait des réponses physiologiques bénéfiques (O'Brien and Forster, 2017; Lee and Shin, 2019; Yi et al., 2019; Berto, 2014; Lee et al., 2014; RSPB, 2013; Lee et al., 2009; Shin and Kim, 2007; Hansmann et al., 2007; Shin et al., 2001; Shin and Oh, 1996) et ce, tant pour un ensemble varié de profils d'individus que pour un ensemble varié d'activités exercées en forêt (Ohtsuka et al., 1998; Mao et al., 2012 a; Sung et al., 2012; Lee and Lee, 2014; Ochiai et al., 2015b; Song et al., 2015; Chun et al., 2017; Song et al., 2017b). Notons néanmoins que la revue de littérature de Doimo et al. (2020) a également mis à jour 18 études (sur un total de 93) dont le changement de bien-être physiologique n'était pas significatif après un contact avec la forêt.

Malgré cela, la majorité des études vont dans le sens d'un effet bénéfique de la forêt pour la santé physiologique (tableau 6) et en particulier la réduction du stress, l'augmentation du système immunitaire, la prévention des maladies, l'amélioration de la qualité du sommeil, la relaxation physiologique dont le ralentissement et la stabilisation de la fréquence de respiration et cardiaque ainsi que la réduction de la fréquence artérielle mais également la réduction de l'activité du système nerveux sympathique et l'augmentation de l'activité du système nerveux parasympathique. Enfin, de nombreux auteurs ont également observés une augmentation de l'activité des cellules « natural killers » et des protéines anti-cancers suggérant un effet préventif contre ce type de pathologie (Li 2019, Kim et al. 2020) et un effet avéré de traitement adjuvant et post-traitement bénéfique chez les femmes atteintes d'un cancer du sein (Kim et al. 2015).

Tableau 6 : Etat de l'art des bénéfices physiologiques apportés par les interactions avec les écosystèmes forestiers

Nature du bénéfice physiologique	Publications faisant état des bienfaits physiologiques fournis
Réduction du stress	Park et al., 2007; Tsunetsugu et al., 2007; Park et al., 2008; Lee et al., 2009; Park et al., 2009, 2010; Lee et al., 2011; Tsunetsugu et al., 2013; Lee et al., 2014; Song et al., 2019, Grilli et Sachelli, 2020 ; Antonelli et al., 2019
Renforcement du système immunitaire et prévention des maladies	Lee et al., 2011; Ochiai et al., 2015 a et b; Song et al., 2017 ; Garland et al., 2003 ; Yokota et al. 2004 ; Mao et al., 2012 a et b
Relaxation physiologique dont <ul style="list-style-type: none"> - Ralentissement de la fréquence de respiration - Réduction de la pression artérielle - Ralentissement et stabilisation du rythme cardiaque 	Antonelli et al., 2020 Lee et al., 2011; Song et al., 2017; Stigsdotter et al., 2017; Tsunetsugu et al., 2013 Annerstedt et al., 2013; Lee et al., 2011 ; Hansen et al., 2017 Li, 2019 ; Lee et al., 2011; Song et al., 2017; Stigsdotter et al., 2017; Tsunetsugu et al., 2013 ; Hansen et al., 2017
Réduction de l'activité du système nerveux sympathique et augmentation du système nerveux parasympathique	Li, 2019 ; Lee et al., 2011; J. Park et al., 2010; Song et al., 2017; Tsunetsugu et al., 2013
Augmentation de l'activité des « natural killer cells » et des protéines anti-cancers	Li, 2019 ; Kim et al., 2020 ; Kim et al., 2015
Amélioration de la qualité du sommeil	Sonntag-Öström et al., 2015 ; Kawada et al., 2012 ; Morita et al., 2011

Enfin notons qu'une corrélation marquée existe entre la présence et la proportion d'espaces verts à proximité des habitations et la propension des individus à pratiquer du sport (Kim et al. 2020). Or le sport génère lui aussi une série de bénéfices liés à la santé (Kim et al. 2020). Chez les enfants par exemple, les activités dans des milieux naturels permettent de combattre l'obésité (Cleland et al. 2008, Potwarka, Kaczynski & Flack 2008) et Fjortoft (2001, 2004) suggèrent que les éléments naturels facilitent leur développement moteur et en particulier, leur équilibre et leur coordination.

c. Explications

Plusieurs théories sont avancées pour expliquer le lien entre les bienfaits physiologiques et l'interaction avec les écosystèmes forestiers. Plusieurs études suggèrent que ce sont les composés organiques volatiles (i.e. VOC pour « volatile organic compounds ») tels que les terpènes émis dans l'atmosphère par les arbres et absorbés par les voies respiratoires des individus qui sont à l'origine des effets positifs observés sur le système immunitaire (Cho et al. 2017, Li et al. 2007, Kim et al. 2020) et les niveaux de stress, notamment chez les autres animaux (Kawakami et al. 2004, Akutsu et al. 2002). Ceci est dû notamment aux propriétés anti-inflammatoires et antioxydantes des VOC (Antonelli et al. 2020). Leur concentration et leur mélange trouvé dans l'atmosphère forestière dépend des essences et des conditions climatiques en présence (Cho et al. 2017, Meneguzzo et al. 2019). Par exemple, il est reconnu que le pin et les alpha-pinène en particulier interviennent dans l'amélioration de la qualité du

sommeil et que les beta-pinène ont montré des effets anxiolytiques (Granger et al. 2005, Kessler et al. 2014) et antidépresseurs (Guzmán-Gutiérrez et al. 2015, 2012).

Oh et al. (2017) quant à eux précisent que l'origine des bienfaits de la forêt est très probablement multifactorielle et ceux-ci ne dépendent peut-être pas uniquement des VOC dans l'atmosphère mais également du contexte environnemental « naturel » et « vert » ainsi de la stimulation des cinq sens avec un rôle prépondérant joué par les composantes visuelles (Antonelli et al. 2019). Song et al. (2019) qui ont étudié hors-forêt et de manière décorrélée les bienfaits visuels et olfactifs d'images et d'odeurs forestières ont pu mettre en évidence que les deux types de stimuli induisaient séparément des réponses physiologiques positives et que la conjonction des images et odeurs entraînait un effet additif. Cela va également dans le sens des études de Sundara Rajoo et al. (2020) qui écrivent que les bénéfices de santé dérivés des thérapies en forêt proviennent de « la combinaison d'activités relaxantes, d'exercices physiques légers [ainsi que de] l'atmosphère thérapeutique ».

4.3 Les impacts psychologiques de la forêt sur les individus

a. Mesure

Les bienfaits psychologiques sont usuellement mesurés via des tests subjectifs remplis eux-mêmes par les participants (Doimo et al. 2020). Ces tests peuvent être d'ordre (i) affectifs tels que relatifs à la dépression, l'humeur et l'anxiété (Ulrich et al. 1991) ; (ii) cognitifs tels que la restauration de l'attention et les effets de relaxation mentale ou (iii) relatifs à la vigueur et la vitalité des participants (Lakhani et al. 2019, Albert et al. 2018). Plusieurs tests ont été standardisés et sont régulièrement utilisés dans les études tels que le POMS (i.e. Profile of Mood States), le ROS (i.e. restorative outcome scale), le PANAS (i.e. Positive and negative affect schedule), le STAI (i.e. State-trait anxiety inventory) ou encore le SPRAS (i.e. Sheehan patient rated anxiety scale) tels que décrits dans les articles de Grilli et Sacchelli (2020) ou Zabini et al. (2020).

Tableau 7 : Acronyme des indicateurs subjectifs de bien-être psychologique (Grilli et Sacchelli 2020)

Nomenclature	
PANAS	Positive And Negative Affect Schedule
POMS	Profile Of Mood States
SVS	Subjective Vitality Scale
PSS	Perceived Stress Scale
RAND 36	Emotional well-being scale
SDM	Semantic differential method
TMD	Total mood disturbance
STAI	State-Trait Anxiety Inventory
ROS	Restoration Outcome Scale
MBI	Maslach Burnout Inventory

b. Etat de l'art

A l'instar des bienfaits physiologiques, les interactions avec les écosystèmes forestiers entraînent également des bienfaits psychologiques significatifs (Doimo et al. 2020, Song et al. 2016, Wen et al. 2019, Oh et al., 2020; Hansen et al., 2017; Lee et al., 2017; Lee et al., 2011; Shin et al., 2010; Hansmann et al., 2007; Yamaguchi et al., 2006; Cackowski and Nasar, 2003; Maller et al., 2005; Hartig et al., 1991). Notons que seules 13 études (sur un total de 93) n'ont pas mis à jour d'effets significatifs sur le bien-être psychologique des participants ayant séjournés en forêt (Doimo et al. 2020). La large majorité des auteurs ayant pu mettre des effets bénéfiques en évidence concernant : la réduction du stress, la restauration des ressources mentales, la relaxation mentale, la diminution des états dépressifs,

anxieux et des sentiments négatifs, les effets positifs sur la gestion des symptômes psychologiques tels que ceux de la dépression, le burn-out, l'augmentation du sentiment d'énergie et de l'humeur, de récupération et de sentiments positifs, l'amélioration de la qualité de vie et de l'attention (tableau 8)

Tableau 8 : Etat de l'art des bénéfices psychologiques apportés par les interactions avec les écosystèmes forestiers

Nature du bénéfice psychologique	Publications faisant état des bienfaits psychologiques fournis
Réduction du stress	Chen et al. 2018, Morita et al. 2007, Song et al. 2018, Chun et al. 2017, Farrow et Washburn 2019, Antonelli et al. 2019, Furuyashiki et al. 2019,
Restauration des ressources mentales	Hartig et Staats 2006 et 2003, Ulrich et al. 1991
Relaxation mentale	Oh et al. 2017, Park et al. 2010, Hartig et al. 2014, Farrow et Washburn 2019, Lee et al. 2017
Diminution des états dépressifs, anxieux et des émotions négatives	Song et al. 2018, Chun et al. 2017, Guan et al. 2017, Zabini et al. 2020, Shanahan et al. 2016
Effets positifs sur la gestion des symptômes psychologiques tels que la dépression et le burn-out	Shin et al. 2012, Sonntag-Ostrom et al. 2015, Furuyashiki et al. 2019
Augmentation du sentiment de vigueur, de récupération et de sentiments positifs, amélioration de l'humeur	Takayama et al. 2014, Li 2010, Li et al. 2008, Browning et al. 2020
Amélioration de la qualité de vie	Sung et al. 2012, Karjalainen et al. 2010, Nilsson et al. 2011
Amélioration de l'attention	Berman et al. 2008, Hartig et Kahn 2016, Tennessen et Cimprich 1995

Par exemple, Zabini et al. (2020) ont étudié l'impact de stimuli audio-visuels réalisés à partir de paysages forestiers sur le sentiment d'anxiété chez des personnes coupées de contact avec la nature durant le lock-down dû à la Covid-19. Ils ont pu mettre en évidence un effet significatif de réduction de l'anxiété grâce à ces stimuli. Bielinis et al. (2019) quant à eux ont montré que tant des sujets sains que des cas cliniques atteints de troubles affectifs et psychotiques tiraient des bienfaits psychologiques d'activités de sylvothérapie. Plusieurs auteurs ont montré un effet thérapeutique et relaxant avéré des thérapies en forêt sur plusieurs catégories d'individus tels que des enfants, des étudiants à l'université (Lee et al., 2011; Bielinis et al., 2018; Vujcic and Tomicevic- Dubljevic, 2018), des adultes au travail (Jung et al., 2015; Ohe et al., 2017) et des femmes entre 40 et 60 ans (Lee et al., 2019)

c. Explications

A nouveau, une multitude d'aspects contribuent à faire du contact avec la nature un outil puissant pour le bien-être psychologique humain (Zabini et al. 2020). Les facteurs liés à l'implication des sens en particulier ont fait l'objet de nombreuses études (e.g. Song et al. 2016, Tsunetsugu et al. 2010, Bratman et al. 2015) à travers les immersions en forêt mais également via des substituts de nature tels que des photos, vidéos et environnements virtuels (De Kort et al. 2006, Van den Berg et al. 2003, Tsutsumi et al. 2017). Il existe également plusieurs théories qui coexistent telles que la théorie de l'esthétique affective, la théorie de la restauration de l'attention ou le « biophilia hypothesis framework ».

La théorie de l'esthétique affective (i.e. AAT) aussi appelée « théorie de la réduction du stress » a été proposée par Ulrich en 1983 et stipule que ce sont les affects et émotions suscités par la nature qui conduisent à des effets psychologiques bénéfiques et in fine à la réduction du stress. Ces théories ont été confirmées par plusieurs études portant sur les relations entre les environnements naturels et la santé humaine (e.g. Annerstedt, 2010). On peut également soupçonner un lien avec l'hypothèse de Wilson (1984) issue de la psychologie évolutionniste et appelée « Biophilia Hypothesis Framework » qui stipule que la sélection naturelle a entraîné un amour adaptatif des formes de vie et des processus similaires à la vie (cfr "biophilie") chez les humains.

Kaplan et Kaplan (1989) ont quant à eux théorisés l'ART ou « théorie de la restauration de l'attention » qui postule que la restauration découle d'un processus d'attention spontanée envers et fourni par la nature. Selon cette même théorie, les facteurs qui rendent un environnement réparateur sont (i) la fascination correspondant aux perceptions de la nature par les sens, (ii) l'éloignement relatif à l'absence d'activité mentale nécessitant une attention dirigée, (iii) l'étendue, c'est à dire lorsque l'environnement forme « un nouveau monde » et (iv) la compatibilité qui fait référence à la cohérence entre les désirs et les buts d'une action (Kaplan 1995).

Notons que selon plusieurs auteurs, un des aspects hautement importants dans les bénéfices psychologiques des interactions avec la forêt dépend de la perception que ces gens ont du caractère restaurateur de cet environnement (e.g., Carrus et al., 2017; Hansmann et al., 2007; Hartig, 2011; Laforteza et al., 2009; Nordh et al., 2009a,b).

4.4 Les bienfaits sociaux de la forêt sur les individus

a. Introduction

Cette section regroupe un aperçu des bienfaits autres que psychologiques et physiologiques liés aux interactions avec la forêt. Ces bienfaits sont notamment relatifs à la santé sociale et spirituelle. De quoi parle-t-on ? Les bienfaits sociaux sont définis comme les effets positifs sur les compétences sociales, les interactions humaines, le comportement et le mode de vie selon Dodev et al. (2020) et font référence aux effets positifs sur les interactions entre les individus, à leur rapport à la société et à la construction de soi selon Doimo et al. (2020). Ces mêmes auteurs lient explicitement les bienfaits sociaux aux services écosystémiques suivants : la stimulation des compétences sociales, la stimulation des compétences émotionnelles, l'amélioration de l'estime de soi et l'inspiration culturelle et/ou spirituelle.

b. Etat de l'art

Les bienfaits sociaux retirés de l'interaction avec les forêts sont nombreux et attestés par plusieurs auteurs (Ambrose-Oij and O'Brien, 2017; Yeon et al., 2019; RSPB, 2013; Maller, 2009; Shin et al., 2005; Shin et al., 2001; Mayer and Frantz, 2004; Clayton, 2003, Doimo et al. 2020).

Par exemple, plusieurs études ont mis en avant les bienfaits des écoles en forêt pour le développement du bien-être et des apprentissages des enfants par rapport à des classes classiques (McCree et al. 2018, Roberts et al. 2020). L'étude de McCree et al. (2018) met particulièrement en avant les bienfaits en termes d'apprentissage de la résilience, l'autonomisation, le développement de leur espace émotionnel et leur intégration en milieu scolaire. Par exemple, la publication de Kingsley & Townsend (2006) a étudié la facilitation des contacts sociaux et celle de Maller (2009) se réfère aux bénéfices en lien avec le développement personnel et le sens du devoir des enfants. Li (2010) suggère que les écoles en forêt pourraient jouer un rôle important dans le contrôle de la colère et du comportement anti-social chez les enfants tandis que O'Brien et Murray (2007) concluent que les écoles en forêt ont le potentiel d'améliorer l'estime de soi, la confiance en soi, la concentration, la motivation et les compétences communicationnelles. Enfin, la review de l'OFSTED de 2004 (i.e. Office for Standards in

Education, Children's Services and Skills) généralise en stipulant que l'éducation à l'extérieur est importante dans l'éducation sociale des élèves.

c. Explication

Les explications concernant les bienfaits sociaux sont peu fournies. Quelques pistes ont néanmoins été avancées. A travers leurs bénéfices psychologiques et physiologiques, les immersions en forêt permettent en effet aux utilisateurs de se sentir plus à l'aise, plus dynamiques et plus positifs, favorisant les contacts sociaux sains et plus généralement, un bien-être social positif (Doimo et al. 2020). Les expériences de Bang et al. (2017, 2018) par exemple ont pu mettre ce phénomène en avant chez des jeunes universitaires et des enfants.

De plus, Lee et al. (2019) ont étudié les processus favorisant l'augmentation de l'estime de soi (appelé également auto-guérison) et concluent qu'il existe plusieurs étapes à ce processus qui modifie le sentiment des participants à l'égard de l'environnement, des autres participants et finalement d'eux-mêmes. Ils avancent que cela est dû aux processus d'identification avec la nature qui permet de prendre le temps de réfléchir et de récupérer (Lee et al. 2019, Oh et al. 2020).

5. Lien entre les attributs de la forêt, la gestion et le bien-être des individus

5.1 Introduction

Doimo et al. ont fourni en 2020 une synthèse sur les liens entre les attributs de la forêt, la gestion et le bien-être des individus, intitulée « Forest and Wellbeing: Bridging Medical and Forest Research for Effective Forest-Based Initiatives ». Outre le survol de l'état des lieux des connaissances sur le bien-être lié à la forêt, les auteurs dressent un cadre mettant en évidence les variables clés qui influencent ces relations. En particulier, ils se penchent sur l'effet lié au temps passé en forêt, à la saison, aux dimensions sensorielles, au lien affectif des individus à la forêt, à l'influence de l'hétérogénéité de la forêt, à ses caractéristiques structurelles et enfin, aux pratiques de gestion. En y annexant d'autres recherches plus récentes, nous allons tenter de dresser le tableau des informations existantes

5.2 Mise en évidence d'un trou dans la littérature scientifique

Notre recherche des articles faisant le lien entre les attributs de la forêt, la gestion et le bien-être des individus a permis de confirmer l'existence d'un manquement dans la littérature scientifiques. En effet, plusieurs auteurs mentionnent la caractèrè épars et peu concluante des recherches issues de ces thématiques et appellent à de nouvelles investigations notamment sur le lien du bien-être aux méthodes de gestion (Martens, Gutscher & Bauer 2011, Grilli et Sacchelli 2020, Doimo et al. 2020), à la taille et au type d'espace vert (Kim et al. 2020) ainsi qu'aux caractéristiques de la forêt (Grilli et Sacchelli 2020, Chen et al. 2018, Bratman et al. 2015, Karlsson et al. 2017, Arnberger et Eder 2015, Velarde et al. 2007, Ebenberger et Arnberger 2019) ou plus généralement à la qualité environnementale (Clark et al. 2014, Hartig et al. 2011, Lovell et al. 2014, Sandifer et al. 2015).

Par exemple, la revue de littérature de Grilli et Sacchelli (2020) conclut que l'attention des scientifiques a surtout été concentrée sur la dichotomie entre les environnements urbains et forestiers en mettant de côté les disparités entre les différents espaces forestiers. Elle précise également « Les preuves scientifiques disponibles donnent peu d'informations sur la question fondamentale : « Comment gérer la forêt pour augmenter le potentiel thérapeutique de la forêt ? ». Sur l'ensemble des papiers (n=32) constituant sa méta-analyse, seuls 5 abordent brièvement le lien attributs/gestion au bien-être tandis que dans la méta-analyse de Doimo et al de 2020 (n=125), seuls 19 articles abordent cette thématique.

5.3 Avancée de la recherche

a. Caractéristiques de la forêt

Les informations concernant le lien entre les caractéristiques de la forêt et le bien-être humain sont très parcellaires, souvent restreintes à de faibles échantillonnages et à des conditions locales qui ne permettent pas de généraliser les résultats. En outre, le peu d'information disponible converge rarement et des controverses subsistent (e.g. Tomao et al. 2018). En effet, alors que certains auteurs suggèrent des corrélations positives entre certains attributs de la forêt et le niveau de bien-être (e.g. Karlsson et al. 2017, Park et al. 2010, Sacchelli et al. 2020), d'autres ont pu montrer des corrélations négatives (e.g. Milligan et Bingsley 2007, Gatersleben et al. 2013) et certaines études n'ont pas permis de mettre des informations en évidence (Qiu et al. 2013).

Les études poursuivies se concentrent essentiellement sur des attributs liés à la densité des peuplements (e.g. Grilli et Sacchelli 2020, Chiang et al. 2017, An et al. 2004, Bjerke et al. 2006), leur luminosité (e.g. Park et al. 2010, Takayama et al. 2012, Li et al. 2020, Fujisawa et al. 2012) et la présence de cours d'eau (e.g. Sonntag-Öström et al. 2015, Wang et al. 2019) ou étudient des faciès forestiers généraux (e.g. Karlsson et al. 2017, Grilli et Sacchelli 2020) qui ne permettent pas de distinguer clairement les attributs des forêts gérées en SMCC tels que nous les avons définis (i.e. peuplement mélangé, irrégularité structurelle, présence de bois mort, couvert continu).

L'étude de Tomao et al. (2018), par exemple, conclut que les forêts monospécifiques et régulières de pins âgés avec peu de strates arbustives auraient un pouvoir de restauration supérieur aux peuplements irréguliers avec des sous-étages structurellement plus diversifiés. Néanmoins, les auteurs attirent l'attention sur le fait que la population étudiée est composée exclusivement de natifs (italiens) culturellement très attachés à leurs pins et empêche une généralisation à d'autres échelles géographiques. Kim et al. (2020) quant à eux révèlent que les forêts irrégulières sont plus propices à l'activité physique et présentent donc des bienfaits pour la santé physiologique. Gao et al. (2019) suggèrent également que ce sont les forêts multi-strates qui sont les plus à même de diminuer les niveaux de stress.

Plusieurs études suggèrent que les espaces forestiers voués aux thérapies forestières devraient présenter des caractéristiques diversifiées afin de laisser choisir aux utilisateurs leur environnement préféré (Doimo et al. 2020) et alterner des espaces ouverts et fermés (Pálsdóttir 2014, Karlsson et al. 2017). Kuper et al. (2007) suggèrent que les grands arbres (et donc les plus matures) ont le plus grand potentiel de restauration de l'attention. Sacchelli et al. (2020) quant à eux suggèrent qu'une forêt à haute densité de conifère et basse densité de feuillus serait une combinaison propice à l'atténuation du stress. A l'inverse, Wang et Zhao (2020) ont montré dans leur étude que les conifères seuls maximisaient le soulagement du stress

Certains chercheurs utilisent une approche basée sur « les dimensions sensorielles perçues » (« perceived sensory dimension » ou « PSD ») pour révéler les qualités de naturel qui favorisent la restauration (e.g. Grahn & Stigsdotter, 2010, voir figure 5). Ces qualités ont été déterminées à partir du milieu des années 1980 à travers des questionnaires réalisés à grande échelle et semblent être indépendantes du contexte culturel (Stoltz & Grahn 2021). Les huit PSD destinées à répondre à différents besoins thérapeutiques sont relatives aux qualificatifs suivants : social (point de rencontre), culturel (artefacts humains tels que les fontaines, sculptures, parterres de fleurs), ouvert (ouverture du paysage, visibilité), cohérent (cohérence et unicité du paysage), serein (calme, silence, sérénité), naturel (naturalité, spontanéité végétale), refuge (sentiment de sécurité, de paix) et diversifié (richesse des espèces et des paysages).

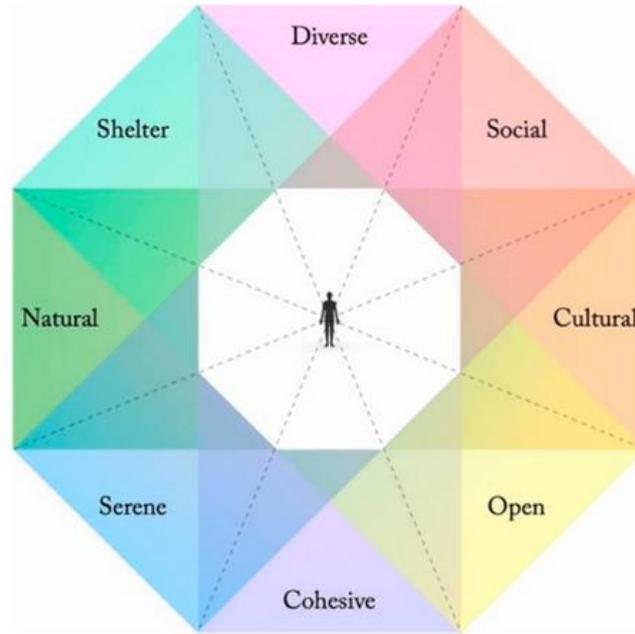


Figure 5 : schéma des huit dimensions sensorielles perçues (i.e. PSD) que sont les qualités de l'environnement restauratrices (Grahn & Stigsdotter, 2010).

Concernant cette méthode, Karlsson et al. (2017) ont conçu huit faciès forestiers (i.e. Health Forest Octovia[®]) correspondant aux huit types de PSD pour évaluer quelles étaient les PSD optimisant la restauration psychologique. Leurs résultats ont montré que les dimensions perçues "Serein", "Riche en espèce", « Refuge » et « Nature » obtenaient le plus haut score de restauration (figure 6). Ils concluent également qu'un environnement optimal pour la restauration comprend une végétation diversifiée et équilibrée d'un point de vue de sa densité et de sa fermeture. Selon eux, l'environnement doit permettre des points de vue plus ouverts mais également des espaces de végétation denses qui permettent une expérience d'intimité. Quant aux études de Gao et al. (2019), elles montrent qu'un environnement propice à la diminution du stress est composé de peuplements irréguliers à proximité de zones aquatiques, plus de caractéristiques de l'environnement liés aux PSD « serein » et « naturel », moins à la PSD « ouverture » et peu ou pas aux PSD « culture » et « social ».

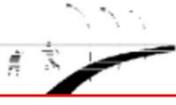
Nr.	PSD name	Images	Key nature qualities and features
1	Social		<ul style="list-style-type: none"> • Possible to watch entertainments • Possible to watch exhibitions • Possible to visit a restaurant or a simpler open-air restaurant
2	Prospect		<ul style="list-style-type: none"> • Plane and well-cut grass surfaces • Vistas over the surroundings • Cut lawns
3	Rich in species		<ul style="list-style-type: none"> • Several animals, like birds, insects, ect. • Natural plant and animal populations • Many native plants to study
4	Serene		<ul style="list-style-type: none"> • Silent and calm • No bikes • It is possible not to come into contact with too many people
5	Culture		<ul style="list-style-type: none"> • Decorated with fountains • Decorated with statues • A wide range of foreign plants, ornamental plants and kitchen plants
6	Space		<ul style="list-style-type: none"> • Spacious and free • Possible to find areas not crossed by roads and paths • Lots of trees
7	Nature		<ul style="list-style-type: none"> • Nature like • Wild and untouched • Free growing lawns
8	Refuge		<ul style="list-style-type: none"> • Many bushes • Kept animals that children and adults may feed and pet • Sandpits

Figure 6 : faciès forestiers étudiés par Karlsson et al. (2017) dans le but de mettre en évidence ceux les plus propices à la restauration psychologique.

b. Lien à la naturalité, la biodiversité et les préférences

Selon plusieurs auteurs, la biodiversité avérée et perçue en forêt n'a pas pu être corrélée directement avec des bénéfices psychologiques (Bratman et al. 2012, Lovell et al. 2014, Johansson et al. 2014). A l'inverse, Fuller et al. (2007) et Carrus et al. (2013, 2015) ont pu mettre en évidence une amélioration du bien-être en lien avec le niveau de biodiversité. A l'inverse, Gatersleben et al. (2013) ont montré que les forêts riches et denses pouvaient accroître le niveau d'anxiété. Concernant la naturalité, Carrus et al. (2013, 2015) ont trouvé un lien positif entre le degré de naturalité et le pouvoir de restauration psychologique perçu. A l'inverse, Sonntag-Öström et al. (2011, 2015) et Wang et al. (2019) ont conclu que les forêts les plus naturelles ne sont pas nécessairement celles qui ont l'effet le plus significatif sur le stress. Enfin, Sacchelli et al. (2020) ont également montré qu'il pouvait exister une différence entre ce que les utilisateurs de la forêt souhaitent (étudié à travers les questionnaires) et ce dont ils ont besoin (étudiés à travers les courbes de l'électro-encéphalogramme) pour mitiger leur niveau de stress. Ces conclusions pré-existantes dans la littérature ont été remises en question en 2013 par Martens et al. (2013) qui ont observés dans leur étude que l'attrait perçu de l'espace naturel n'a pas eu d'effet sur le changement de bien-être

c. Méthodes de gestion

Sur base d'une étude effectuée en Chine, Wang et al. (2019) suggèrent que les environnements naturels abritant des installations et un minimum d'interventions sont plus propices à la mitigation du stress que les environnements naturels non gérés. Les études de Takayama et al. (2017 b) vont également dans ce sens et suggèrent que les forêts gérées permettent d'obtenir un environnement plus favorable aux « bains de forêts ». A l'inverse, une étude coréenne de Li (2010) soutient que les interactions avec une forêt sauvage ont un impact positif plus prononcé qu'une forêt aménagée sur les personnes atteintes du syndrome métabolique⁵. Par ailleurs, l'étude de Takayama et al. (2017 a) a montré que le bien-être perçu au sein d'une forêt de conifères ne change pas que celle-ci soit gérée ou non (en considérant que la gestion concerne des éclaircies légères de l'ordre de 10% de la surface terrière). Takayama et al. (2017 b) ont quant à eux observé une restauration perçue améliorée dans le cadre d'éclaircies plus conséquentes.

Tableau 9: Liste non-exhaustive de publications scientifiques faisant le lien entre les caractéristiques des peuplements ou la gestion vis-à-vis de la santé des utilisateurs

Référence	Pays	Taille de l'échantillon (nbre d'individ.)	Caractéristiques forestières	Paramètre de santé mesuré	Méthode d'évaluation	Résultats principaux
Tomao et al. 2018	Italie	218	- Irrégularité structurelle - Composition des peuplements - Densité des peuplements	- Bénéfices psychologiques	- PRS ⁶ - PSB & PSH ⁷	- La densité du peuplement, mesurée par la surface terrière par hectare des arbres et arbustes de sous-bois, influence négativement la perception des avantages obtenus.
Kim et al. 2020	Corée	148 400	- Irrégularité structurelle - Composition et configuration du paysage	- Bénéfices psychologiques - Bénéfices physiologiques	- Fréquence des activités physiques - Indice de masse corporelle - Auto-évaluation du niveau de stress et de dépression	- Les parcelles de forêt les plus grandes et les formes les plus irrégulières sont associées à une activité physique plus importante. - La forme de la parcelle de forêt et la pente étaient associées à une diminution des problèmes de santé mentale, alors que les paramètres du paysage liés à la composition ne l'étaient pas.
Kuper et al. 2007	USA	65	- Hauteur des arbres - Valeur binaire de l'entropie de l'image - Zone de polygone de vue - Groupement d'arbres	- Restauration de l'attention	- Questionnaire ouvert sur les différentes composantes de la théorie de la restauration de l'attention (complexité, cohérence, étendue, fascination et échelle)	- Le potentiel de restauration augmente avec la hauteur moyenne des arbres.

⁵ Le syndrome métabolique « est caractérisé par la conjonction de troubles, souvent modérés, d'origine glucidique, lipidique ou vasculaire, associés à une surcharge pondérale, qui vont agir en synergie, provoquer un diabète de type 2 et prédisposer à l'athérosclérose et à ses événements cliniques » (Junquero et Rival 2005)

⁶ « perceived restoration scale », échelle perçue de restauration, celle-ci est basée sur la mesure des paramètres de la théorie de la restauration de l'attention de Kaplan (1995) et comprend la fascination, la portée, la cohérence, la compatibilité et la distance

⁷ "perceived psychological benefits" & "perceived physiological benefits", bénéfices psychologiques et physiologiques auto-évalués

Karlsson et al. 2017	Danemark	26	- Ouverture du paysage - 8 « Health forest Octavia ⁸ »	- Restauration psychologique	- Questions ouvertes - ROS ⁹	- Un environnement comprenant une végétation diversifiée et un équilibre de végétation dense et fermée ainsi que présentant des vues plus ouvertes est considéré comme optimal pour la restauration. - Les types forestiers les plus restaurateurs sont ceux identifiés comme « serein », « riches en espèces », « zone refuge » et « nature ».
Sacchelli et al. 2020	Italie	20	- Composition des peuplements - Densité	- Stress	- ROS - électro-encéphalogramme	- L'état émotionnel des individus varie selon le caractère feuillu ou résineux du peuplement - Une forêt avec une forte densité de conifères et une faible densité de feuillus semble être la bonne combinaison pour la récupération du stress. - Les différences entre les préférences psychologiques déclarées et les tendances de l'EEG mettent en évidence un conflit potentiel entre les "besoins" et les "désirs" des personnes en matière de soulagement du stress.
Wang et Zhao 2020	Chine	596	- Composition des peuplements	- Restauration psychologique	- Enquête sur les capacités de restauration	- Des effets significatifs des plantes à feuilles persistantes sur la restauration psychologique au printemps, en automne et en hiver ont été notés - Les types et les quantités d'arbres à feuilles persistantes ont eu des impacts non significatifs sur la restauration tout au long de l'année.
Carrus et al. 2013	Italie	50	- Naturalité	- Restauration psychologique	- Italian PRS	- Les résultats montrent que le caractère restaurateur perçu augmente de manière significative en fonction du niveau de naturalité
Bratman et al. 2012	(méta-analyse)	136 articles	- Biodiversité	- Stress - Humeur, - Mémoire - Concentration - Impulsivité	/	- À l'exception d'une étude, il n'a pas été démontré que la biodiversité correspondait de manière indépendante à des avantages psychologiques
Lovell et al. 2014	(méta-analyse)	17 articles	- Biodiversité	- Bénéfices psychologiques	/	- Dans l'ensemble, les données ne sont pas concluantes et ne permettent pas d'identifier un rôle spécifique de la biodiversité dans la promotion d'une meilleure santé.
Fuller et al. 2007	Angleterre	312	- Biodiversité	- Restauration des ressources cognitives - Émotions positives - Identité de soi	- Entretiens semi-structurés - Questionnaire avec échelle de Likert	- L'étude conclut que les avantages psychologiques augmentent avec la richesse en espèces des espaces verts.
Carrus et al. 2015	Italie	569	- Biodiversité	- Bénéfices psychologiques	- Questions ouvertes, à choix multiples et à échelle de type Likert. - PRS	- Les résultats ont montré le rôle positif de la biodiversité sur les propriétés réparatrices perçues et les avantages autodéclarés pour les espaces verts urbains et périurbains

⁸ environnement forestier construits sur base des 8 PSD (dimensions sensorielles perçues, elles font référence aux qualités de l'environnement naturel qui favorisent la restauration)

⁹ « *restoration outcome scale* », *échelle de restauration psychologique*

Gatersleben et al. 2013	Angleterre	269	- Architecture de la forêt (endroits de prospection et de refuge)	- Restauration psychologique - Danger perçu - Sentiment de peur / de sécurité	- Questionnaire à choix multiple - PRS	- Les résultats montrent que l'exposition à des environnements naturels présentant des niveaux élevés de perspectives et des niveaux faibles de refuge est effectivement réparatrice. - En revanche, l'exposition à des environnements naturels pauvres en perspectives et riches en refuges ne l'est pas, et peut même accroître les niveaux de stress et de fatigue de l'attention
Martens et al. 2013	Suisse	96	- Forêt sauvage VS forêt gérée	- Bénéfices psychologique	- échelle d'auto-évaluation de l'état mental	- Les résultats indiquent un changement plus important de l'"affect positif" et de l'"affect négatif" dans les forêts gérées

6. Perspectives

En conclusion, Les écosystèmes forestiers sont à l'origine de bienfaits pour la santé mentale, physique et sociale et s'inscrivent pleinement dans un modèle de santé issu de la salutogenèse¹⁰. Néanmoins, peu de corrélations entre le bien-être, les attributs et la gestion de la forêt semblent faire l'objet d'un consensus scientifique. Les études, peu nombreuses, font état de faits localisés et peu généralisables et dont les conclusions divergent lorsqu'elles sont comparées entre-elles. A ce stade de l'état de la recherche, il n'est donc ni prudent ni pertinent d'émettre des conclusions quant à la plus-value de la SMCC par rapport au bien-être que peuvent générer les peuplements qui sont gérés comme tels.

Une approche intégrée et interdisciplinaire est nécessaire pour soutenir une intervention forestière efficace visant à améliorer la santé et le bien-être humain. L'amélioration du bien-être des populations par la fréquentation des forêts implique en effet des aspects organisationnels, politiques ainsi que des aspects de gestion territoriale, paysagère et de santé publique qui vont au-delà du champ d'action des sylviculteurs (Doimo et al. 2020). De même, l'effet thérapeutique est influencé par des informations perçues telles que le sentiment de sécurité, de protection, de calme, de faible pression psychologique (Milligan et Bingley 2007) sur lesquelles le forestier a peu d'emprise.

Le choix du type de sylviculture en tant que tel semble donc peu apte à répondre seul aux enjeux de l'amélioration du bien-être humain. En effet, la gestion forestière n'a qu'un impact très limité sur les réactions et besoins des individus (figure 2) et un impact encore plus limité sur les activités qui auront lieu et permettront une interaction avec les écosystèmes forestiers. Elle peut en revanche agir sur les caractéristiques de la forêt et donc influencer les informations sensorielles qui seront transmises aux humains. Le lien entre les attributs de la forêt et le bien-être étant à ce jour peu exploré, nous appelons également à l'approfondissement de ces thématiques dans le secteur de la recherche afin de pouvoir guider aux mieux les sylviculteurs à l'avenir.

¹⁰ Concept initié par Aaron Antonovsky (1996). La salutogenèse - écrit-il - signifie que l'on « s'intéresse en premier lieu aux causes et aux conditions de la santé. On s'éloigne ainsi du paradigme classique de pathogenèse qui, lui, est orienté sur la maladie. L'accent n'est plus mis sur les facteurs de risque mais sur les ressources dont dispose l'être humain pour préserver et développer sa santé »

C. Focus sur les services socio-culturels liés au tourisme, aux services de récréation et à la valeur esthétique



Messages principaux

Informations essentielles sur les services liés au tourisme, à la récréation et à la valeur esthétique des peuplements
Les services rendus en fonction des attributs de la forêt
<ul style="list-style-type: none">➤ Les attributs des peuplements font l'objet de préférences.➤ La hauteur des arbres semble un critère très important pour déterminer la valeur récréative, touristique et esthétique des peuplements.➤ La diversité spécifique semble être un critère peu important pour définir ces valeurs.➤ Les préférences augmentent avec la hauteur des arbres, la variation entre les peuplements et l'irrégularité structurelle.➤ Les préférences diminuent avec la présence et la surface des coupes rases.➤ La présence de bois mort semble appréciée en France et en Belgique, elle est plus contrastée dans d'autres pays et dépend du niveau de connaissance en écologie des visiteurs.➤ Les peuplements feuillus et résineux sont préférés aux peuplements uniquement feuillus et aux peuplements uniquement résineux.➤ Les visiteurs préfèrent une alternance de paysages ouverts et fermés ainsi qu'un couvert forestier modéré.
Les services rendus en fonction du mode de gestion
<ul style="list-style-type: none">➤ Les modes de gestion sylvicole font l'objet de préférences. Les gestionnaires forestiers peuvent moduler les caractéristiques des peuplements pour répondre à ces préférences.➤ Les visiteurs ont tendance à préférer les forêts gérées aux forêts non gérées. Un degré minimum d'intervention humaine donne aux utilisateurs une impression de sécurité et d'accessibilité.➤ Parmi les modes de gestions, les visiteurs préfèrent les modes de gestion extensifs où les mesures sylvicoles sont discrètes sans traces évidentes de récolte et affectent peu le paysage forestier.➤ La SMCC présente des atouts pour fournir des services récréatifs, touristiques et esthétiques de qualité grâce à :<ul style="list-style-type: none">- la mixité des peuplements- l'irrégularité structurelle- la présence de bois morts- l'absence de coupes rases et les mesures sylvicoles ciblées qui permettent une continuité du paysage- la densité des strates arbustives et arborées modérée➤ La SMCC présente des désavantages pour fournir des services récréatifs, touristiques et esthétiques de qualité en termes de :<ul style="list-style-type: none">- Variabilité inter-peuplements- Ouverture du paysage➤ Les préférences des utilisateurs dépendent également des autres services écosystémiques rendus par la forêt, des disservices présents.➤ Les résultats présentés ici résultent d'une tendance observée, cela signifie qu'une minorité a des préférences différentes➤ Les résultats présentés ici partent de l'hypothèse que le grand public est homogène. Or, les préférences peuvent varier en fonction des catégories d'utilisateurs

1. Contexte et enjeux liés aux services de récréation, de tourisme et à la valeur esthétique

En 2009, trois chercheurs ont tenté d'évaluer la valeur récréative des forêts wallonnes (Colson et al. 2009) et ont conclu que, « sur base des méthodologies choisies, des adaptations réalisées et des hypothèses faites dans cette étude, la valeur récréative annuelle attribuée par la société à la forêt wallonne serait de l'ordre de 2 milliards d'euros par an, si l'on se base sur la moyenne des valeurs obtenues ». D'autres chercheurs se sont prêtés à cet exercice et ont conclu à un ordre de grandeur atteignant lui aussi plusieurs milliards d'euros (Baveye et Massinon 2008). En comparaison, la valeur de l'exploitation du bois annuelle en Wallonie se situe elle à « seulement » quelques millions d'euros (100 millions selon l'État de l'environnement wallon de 2006). Bien que la monétarisation de l'environnement et que la comparaison de ces valeurs soit très critiquable, ces évaluations permettent de souligner l'importance du service de récréation des forêts. En écho à ces chiffres, plusieurs auteurs avaient déjà émis des hypothèses en ce sens. C'est par exemple le cas de Daniel et al. (2012), Pearce (2001) et Slee (2005) qui indiquent que les services de récréation sont l'un des services les plus importants fournis aux sociétés humaines par les forêts. Il existe donc dans nos forêts un enjeu de taille relatif à la valorisation des services récréatifs. On peut dès lors se demander dans quelle mesure le sylviculteur a un impact sur la valeur récréative des peuplements et tenter de dresser un tableau des caractéristiques forestières qui plaisent au plus grand nombre à travers le spectre des préférences.

Notons que ces préférences - au-delà d'une simple préférence visuelle des attributs physiques de la forêt - reposent également sur l'histoire, les rituels, la culture, la signification spirituelle, l'identité sociale et personnelle, les souvenirs émotionnels des utilisateurs : des valeurs qui ne sont pas directement mesurées dans les études quantitatives de préférence des forêts et rarement isolés dans la littérature (Gundersen et Fridvold 2008). La gestion, à travers son impact sur les structures forestières et la qualité visuelle du paysage, modifie la valeur récréative des peuplements et de facto, influence les préférences des utilisateurs (Ribe, 1989; Bell, 2001a, 2001b), c'est sur ce lien entre les préférences, la gestion et les attributs des peuplements gérés en SMCC que nous allons nous pencher dans ce chapitre.

2. Les mécanismes qui influencent les préférences des utilisateurs

Les préférences des utilisateurs de la forêt vis-à-vis des paysages forestiers dépendent d'un grand nombre de facteurs humains (e.g. Ribe 1989, Gobster 1999, Hartig & Staats 2008, Swanwick 2009, Edwards et al. 2012). Ces facteurs regroupent par exemple l'âge (Jensen, 1999; Kaplan and Kaplan, 1989), le genre (Tyrväinen et al., 2003), le niveau d'éducation et le statut professionnel, le contexte culturel et géographique ainsi que l'activité récréative exercée (Ribe, 1989; Lindhagen, 1996; Roovers et al., 2002; Tyrväinen et al., 2003). Des études plus récentes telles que celle d'Elsadek et al. (2018) suggèrent en particulier que ce sont les processus cognitifs et émotionnels, en interaction avec les processus biologiques et culturels qui influencent les préférences environnementales.

Par exemple, Doimo et al. (2020) soulignent que le niveau de connaissances en matière d'écologie peut influencer les préférences en termes de paysage forestier. En effet, plusieurs études confirment que les personnes ayant une meilleure connaissance des écosystèmes forestiers sont plus susceptibles de préférer les forêts d'apparence « naturelles » (Kaplan et Kaplan, 1989 ; Jensen, 1993 ; Gobster, 1999 ; Daniel, 2001). De plus, l'ajout d'une mention orale ou écrite décrivant une forêt comme « écologiquement durable » ou « naturelle » entraînera une préférence significative par rapport à une forêt de faciès identique sans cette mention (Jensen 2000, Carlson 2001). Concernant les processus émotionnels, Karlsson et al. (2017) ont amené de nouveaux éléments supportant l'hypothèse d'un lien entre les souvenirs d'enfance et les préférences environnementales en forêt. Ces considérations au-

delà d'un aspect purement visuel suggèrent un compromis entre les valeurs esthétiques et cognitives attribuées aux forêts naturelles, où les préférences pour la naturalité sont exprimées en raison à la fois de leur attrait éthique et leur beauté scénique (Parsons et Daniel, 2002).

Concernant les divergences culturelles et géographiques, citons par exemple la nation finlandaise qui semble préférer les peuplements résineux (Tyrväinen et al., 2003) à l'inverse des Danois qui tendent à préférer les peuplements feuillus (Jensen 1999). Cet exemple met en exergue un point d'attention – relevé par plusieurs méta-analyses telles que celles réalisées par Gundersen et Fridvold (2008) ou Doimo et al. (2020) – sur la transférabilité des préférences d'une nation à l'autre. Ainsi, le lien entre les structures forestières et les préférences des habitants est un sujet particulièrement étudié dans les pays asiatiques et scandinaves (en particulier la Norvège, la Finlande et la Suède) et plus rarement abordé dans le reste de l'Europe. Doimo et al. (2020) recommandent d'ailleurs à l'issue de leur étude de poursuivre les recherches sur le territoire européen et d'augmenter les études liées à la diversité d'origines géographiques et culturelles afin de pouvoir isoler l'influence de ces facteurs sur les préférences en forêt. Dans cette optique, il semble préférable de baser en majorité nos analyses sur les forêts tempérées européennes et en particulier le territoire de la Grande Région. A cet égard, le projet AGRETA (i.e. Ardenne Grande Région, Eco-Tourisme et Attractivité, Breyne et al. 2020) et les méta-analyses d'EFORWOOD de 2010 (i.e. Edwards et al. 2010a, 2010b) à l'échelle pan-européenne nous fournissent de nombreuses informations opportunes.

Les enquêtes du projet AGRETA utilisées dans notre analyse ont porté sur l'échantillon nommé « Grand public » et regroupant 2290 répondants représentatifs en âge et en genre dont 15 % sont des résidents ardennais, 76% des touristes effectifs et 9% des touristes potentiels. Cette étude a été menée à l'échelle des forêts de l'Ardenne transfrontalière. Les méthodes utilisées pour déterminer les préférences des utilisateurs regroupent : la méthode des coûts de déplacement pour évaluer le consentement à payer, la méthode des dépenses déclarées, la méthode d'évaluation contingente et la méthode d'expérience par choix discrets.

Les études d'Edwards et al. (2010a, 2010b) quant à elles se basent sur une double approche de revue de littérature et d'enquêtes d'experts. L'échelle géographique analysée est pan-européenne et comprend l'Europe du Nord, l'Europe centrale, l'Ibérie ainsi que la Grande Bretagne et a englobé l'analyse de 240 types de peuplements. Le rapport « 2010 a » s'intitule « Préférences du public pour les attributs sylvicoles des forêts européennes¹¹ » et s'intéresse en particulier aux attributs physiques de la forêt tandis que le rapport « 2010b » intitulé « Évaluation de la valeur récréative des alternatives de gestion des forêts européennes¹² » se focalise sur les préférences de gestion. L'enquête a été réalisée auprès de 46 experts issus de la recherche et spécialisés dans le domaine des préférences forestières qui ont donné leur opinion sur l'avis des visiteurs « standards ».

3. Préférences en termes de gestion

Les préférences vis-à-vis du mode de gestion sylvicole ont été étudiées par de nombreux auteurs et montrent une relative hétérogénéité au sein des groupes d'utilisateurs questionnés dans le cadre des forêts tempérées (Christie et al., 2007; Berninger et al., 2010 et Hunt et al., 2010). Malgré cette hétérogénéité, les systèmes de gestion dits « proche de la nature », « foresterie multi-objectifs », « sylviculture à faible impact » ou de gestion intégrée (i.e. prenant en compte les aspects sociaux, économiques et écologiques en vue d'en garantir la résilience) disposent en général de la préférence du public (e.g Sing et al. 2017, Breyne et al. 2020, Hanley et al., 1998; Horne et al., 2005; Christie et al.,

¹¹ Titre original en anglais: Public Preferences for Silvicultural Attributes of European Forests

¹² Titre original en anglais: Assessment of the recreational value of European forest management alternatives

2007; Juutinen et al., 2014; Giergiczny et al., 2015, Edwards et al. 2010 b), notamment en comparaison aux systèmes de gestion sylvicole intensifs, mono-objectifs et réguliers (Scarpa et al., 2000; Christie et al., 2007; Carvalho-Ribeiro and Lovett, 2011; Edwards et al., 2012; Petucco et al., 2013). C'est également dans ce sens que vont les conclusions de l'analyse pan-européenne d'Edwards et al. (2010b) qui suggèrent qu'entre 5 types alternatifs de gestions allant du plus extensif au plus intensif, c'est la foresterie proche de la nature qui est préférée par la grande majorité des utilisateurs.

Les préférences de gestion sont hautement liées aux préférences des caractéristiques structurelles de la forêt. Ces caractéristiques structurelles concernent par exemple la diversité de la strate arborée, la structure verticale des peuplements, la présence ou non de bois mort ainsi que le caractère continu ou discontinu du couvert. La gestion sylvicole influant directement sur ces caractéristiques visuelles et modulant dès lors la valeur récréative des forêts (Ribe, 1989; Bell, 2001a, 2001b), il nous semble pertinent de décortiquer ces préférences sous ce spectre.

Notons qu'entre une forêt non gérée et une forêt gérée, la préférence semble systématiquement pencher vers les forêts gérées (e.g. Daniel 2006, Doimo et al. 2020, Gundersen et Fridvold 2008). L'une des hypothèses avancées et largement soutenue par la littérature est qu'un degré minimum d'intervention humaine donne aux utilisateurs une impression de sécurité et d'accessibilité (Edwards et al. 2010a).

4. Préférences en termes de caractéristiques des peuplements

a. Classement selon l'attractivité des caractéristiques en Europe centrale

L'étude "EFORWOOD" réalisée par Edwards et al. (2010a) s'est attachée à évaluer les liens entre la valeur récréative accordée par les utilisateurs à un peuplement et 12 de leurs attributs biophysiques à l'échelle pan-européenne. Elle a en outre permis de classer l'importance de ces attributs dans le calcul de la valeur récréative (tableau 10, figure 7).

Tableau 10 : synthèse des attributs forestiers, de leur classement en termes de valeur récréative et de la nature de la relation perçue entre les deux en Europe centrale et dans le monde (Edwards et al. 2010)

Attributs forestiers	Classement de la contribution des attributs (Europe centrale)	Contribution moyenne à la valeur récréative (Europe centrale)	Relation la plus fréquemment identifiée avec la valeur récréative (Europe centrale)	Relation la plus fréquemment identifiée avec la valeur récréative dans toutes les régions (% de consensus)
Hauteur des arbres	11,5	7,5	Positive	Positive (91%)
Variation entre les peuplements	11,5	7,5	Positive	Positive (59%)
Surface des coupes rases	10	7,3	Négative	Négative (93%)
Naturalité des lisières	9	7,1	Positive	Positive (93%)
Variation de l'espacement entre les arbres	8	6,8	Positive	Positive (59%)
Etendue de la canopée (continuité du couvert)	7	6,3	Profil en cloche	Profil en cloche (74%)
Irrégularité structurelle	6	6,2	Positive	Positive (63%)
Pénétration visuelle à travers le peuplement	5	5,9	Profil en cloche	Profil en cloche (54%)
Quantité de bois mort	4	5,1	Profil en cloche	Profil en cloche (59%)
Densité de végétation au sol	3	5	Profil en cloche	Profil en cloche (59%)
Diversité des essences	2	4,8	Profil en cloche	Positive (52%)
Résidus de coupes	1	4,4	Négative	Négative (69%)

Note : « Positif » signifie que la valeur récréative augmente lorsque le niveau de l'attribut augmente de faible à élevé. « Négatif » signifie que la valeur récréative diminue lorsque le niveau de l'attribut augmente de faible à élevé et « Profil en cloche » signifie que la valeur récréative est renforcée par l'attribut sauf lorsque le niveau de cet attribut est très faible ou très élevé. L'échelle de 1 à 12 reprend les attributs contribuant le plus à la valeur récréative avec 1, l'attribut y contribuant le moins et 12 (ici 11,5 ex aequo) l'attribut y contribuant le plus. « Toutes les régions » reprend les avis provenant d'Europe centrale, Europe du Nord, Ibérie et Angleterre (adaptée de Edwards et al. 2010a).
NB : cette étude reprend des tendances qualitatives et n'a donc pas chiffré de seuils

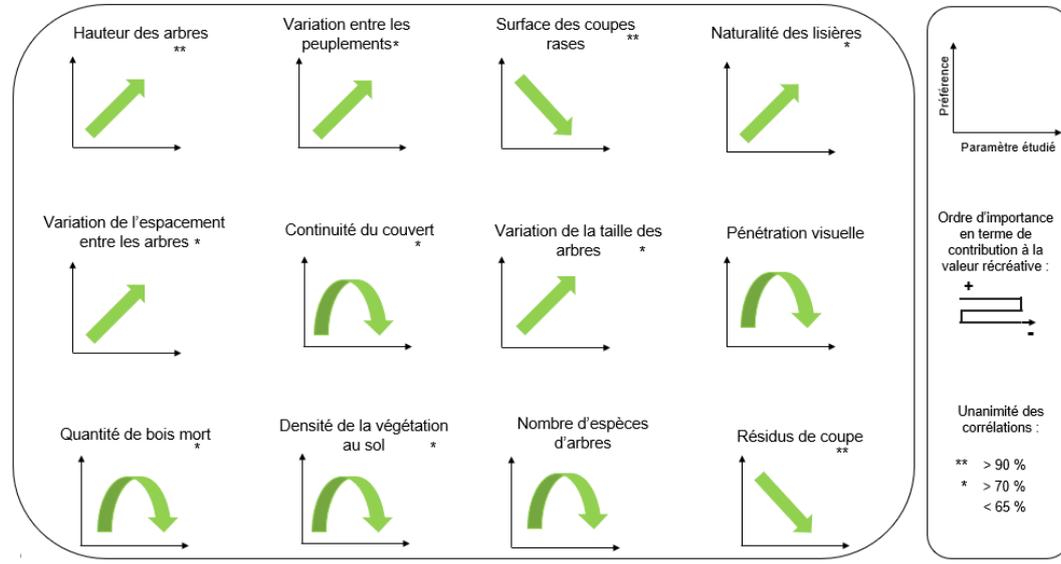


Figure 7: synthèse de l'évolution des préférences en fonction de 12 attributs de la forêt, classification de leur importance relative et unanimité des corrélations pour l'Europe centrale

Les 3 caractéristiques contribuant le plus à la valeur récréative des forêts pour les populations d'Europe centrale semblent donc être « la hauteur des arbres », « la variation inter-peuplement » et « la taille des coupes à blanc », nous retrouvons ensuite par ordre décroissant : « la naturalité des lisières forestières », « la variation de l'espacement entre les arbres », « la couverture forestière », « la variation de la taille des arbres », « la pénétration visuelle », « la teneur en bois mort », « la densité de végétation » et enfin, contribuant peu à la mesure de la valeur récréative : « le nombre d'espèces arborées » et « la présence de résidus de coupe et d'éclaircie » (Edwards et al. 2010a). Le détail des indicateurs utilisés est disponible en annexe 2.

Les attributs contribuant positivement à la valeur récréative à l'échelle de l'Europe centrale sont, selon l'enquête réalisée par Edwards et al., « la taille des arbres », « la variation entre les peuplements », « la naturalité des lisières forestières », « la variation de l'espacement entre les arbres » ainsi que « la variation de la taille des arbres ». Les attributs contribuant positivement à la valeur récréative dans leurs valeurs moyennes mais négativement dans leurs valeurs faibles et élevées (i.e. « bell-shaped ») sont « la couverture forestière », « la pénétration visuelle », « la présence de bois mort », « la densité de végétation au sol » et « le nombre d'espèces d'arbres ». Enfin, les attributs contribuant négativement à la valeur récréative sont « la taille des coupes rases » et « la présence de résidus de coupe et d'éclaircies ».

Il semblerait y avoir un consensus très fort entre les experts en ce qui concerne la variation des préférences vis-à-vis des attributs pour les caractéristiques suivantes et à l'échelle pan-européenne : « Age des arbres », « taille des coupes rases » et « naturalité des bordures forestières » (consensus > 90%), un consensus fort pour « la densité de couverture forestière » et « la présence de résidus de coupe et d'éclaircie » (consensus > 65%). Le reste des attributs dispose d'un niveau de consensus inférieur à 65% mais supérieur à 50%. Le seul attribut de l'Europe centrale présentant des différences

notables avec le reste de l'Europe est le nombre d'espèce. En effet, la majorité des répondants à l'échelle pan-européenne considèrent une relation positive entre le nombre d'espèce et l'attractivité des peuplements tandis que la population d'Europe centrale considère qu'au-delà d'un certain seuil de diversité, l'attractivité diminue.

L'analyse ci-dessous examine plus en profondeur le lien entre certains des attributs cités ci-dessus et les préférences des utilisateurs.

b. Age et hauteur des arbres

L'ensemble des études s'intéressant au lien entre les préférences récréatives et la structure des forêts ont montré que le critère le plus important était relatif à l'âge – et donc la taille - des arbres avec une préférence pour les arbres les plus âgés et les plus grands (e.g. Ribe, 1989; Lindhagen and Hörnsten, 2000; Tahvanainen and Tyrväinen, 2001; Gundersen and Frivold, 2008; Edwards et al., 2012b, Edwards et al. 2010). Cette tendance est également observée au sein de la Grande Région ou le projet AGRETA (2020) a mis en avant une préférence pour les arbres de taille moyenne (i.e. 2 à 8 mètres de hauteur dominante, 50% des préférences) et « grande » (i.e. plus de 8 mètres de hauteur, 45 % des préférences) vis-à-vis des arbres de petite taille (hauteur de 1 à 2 mètres, 5 % des préférences, voir figure 10). Quant à l'enquête de Edwards et al. (2010a), elle s'est attachée à mesurer le lien entre la taille des arbres et les préférences sur une échelle continue et la majorité des répondants (i.e. 90%) considèrent une relation positive entre ces deux variables. Autrement dit, plus le peuplement est composé de grands arbres, plus son attractivité augmente. Cette linéarité se vérifie quel que soit le critère de taille considéré. En effet, les conclusions de la littérature vont en ce sens que l'on considère la hauteur des arbres, le volume sur pied ou le diamètre des arbres (Ribes 1989, Savolainen and Kellomaki 1981, Klukas and Duncan 1967, Blasco et al. 2009). Notons que cela pourrait suggérer qu'un peuplement mature uniforme est préféré à un peuplement contenant des arbres d'âges et de tailles variées. Or, ce n'est pas ce que suggère systématiquement la littérature scientifique (Edwards et al. 2010).

Les raisons de cette dichotomie de préférence entre les jeunes et les vieux peuplements pourraient partiellement être expliquées par les différences de densités d'arbres au sein de ces peuplements (Filyushkina et al. 2017, Gundersen et Fridvold 2008). En effet, une grande densité de jeunes arbres, un modèle de taillis et/ou une strate sous-forestière dense limite la pénétration visuelle du peuplement et tend à induire un sentiment négatif lié à l'insécurité (e.g. Sreetheran and Konijnendijk van den Bosch, 2014) et à l'anxiété (e.g. Gatersleben & Andrews 2013) chez les utilisateurs de la forêt. Néanmoins, Edward et al. (2012) semblent indiquer que la densité de végétation et la pénétration visuelle résultante augmentent dans un premier temps la valeur récréative d'un peuplement jusqu'à ce qu'un seuil soit atteint et qu'une augmentation de cette densité fasse décroître les sentiments positifs pour les raisons évoquées ci-dessus.

c. Variabilité inter-peuplements

L'étude de Filyushkina et al. (2017) nous éclaire sur une prise de recul rarement considérée dans les autres études sur les préférences des visiteurs. En effet, la plupart d'entre-elles considèrent l'échelle du peuplement et peu se penchent sur l'attrait de la variabilité des structures à l'échelle du massif et donc entre ces peuplements. Or dans la plupart des cas, les visiteurs traversent différents peuplements durant leur activité en forêt et la préférence globale pour le massif diffère de la somme distincte des préférences de chaque peuplement traversé (Axelsson Lindgren, 1990; Nousainen and Pukkala, 1992). A cet égard, Filyushkina et ses collègues (2017) ont observé que la variabilité entre les peuplements était corrélée positivement à la valeur récréative du massif et pouvait même outrepasser l'attrait de la variabilité au sein d'un seul même peuplement. C'est également dans ce sens que vont les observations de Lindgren (1995) et Mattsson & Li (1994) et l'enquête d'Edwards et al. (2010a). Ces

observations tendent à supporter l'hypothèse selon laquelle l'implémentation généralisée d'une sylviculture proche de la nature pourrait diminuer la variabilité à l'échelle du massif et de facto, de sa valeur récréative. Selon ces auteurs, il serait donc bénéfique pour l'attrait général des paysages forestiers et leur valeur récréative de conserver une variabilité des caractéristiques forestières tant à l'échelle des peuplements qu'à l'échelle du massif et donc, de maintenir une diversité des méthodes de régimes de gestions. C'est l'approche développée actuellement en France derrière le concept de « forêt mosaïque ».

d. La surface des coupes rases

Le rapport AGRETA (2020) montre que les utilisateurs des forêts de la Grande Région préfèrent nettement des forêts présentant des espaces ouverts, que peu d'entre eux montrent une préférence pour les forêts continues et qu'une petite minorité est plutôt favorable aux paysages présentant des coupes à blanc. L'étude de Silvennoinen et al. (2002) réalisée en Finlande a confirmé que les coupes à blanc réduisaient significativement la valeur d'agrément des peuplements et la méta-analyse de Gundersen et Fridvold (2008) que celles-ci ainsi que toute trace évidente d'opérations sylvicoles étaient peu appréciées. A cet égard, notons que les coupes sélectives n'engendrent pas de réactions négatives de la part des utilisateurs de la forêt (Haakenstad, 1972; Kardell and Lindhagen, 1998; Holgen et al., 2000; Kardell, 2001) et peuvent au contraire être préférées car elles peuvent entretenir une irrégularité du peuplement et donc un plus grand sentiment de naturalité. L'une des hypothèse supplémentaire avancée vis-à-vis de cela est que les mesures sylvicoles discrètes, sans traces évidentes de récolte donnent une impression de soin à la nature et affectent peu le paysage forestier (Lind et al., 1974; Kardell and Lindhagen, 1998). De plus, certaines études ont souligné que les valeurs récréatives et paysagères étaient influencées par le temps écoulé depuis les derniers traitements sylvicoles. En effet, lors d'une intervention sylvicole ces valeurs diminuent soudainement puis remontent progressivement à mesure que le temps passe et que les traces d'exploitation se résorbent (figure 8).

Gobster (1999), à l'époque, avait de plus identifié que les préférences visuelles penchaient vers les petites ouvertures au sein du peuplement par rapport aux grandes et vers les ouvertures dispersées par rapport à celles qui sont concentrées. Ceci est notamment confirmé par l'enquête d'Edward et al. (2010a) sur les forêts européennes qui conclut à l'existence d'une corrélation négative entre la taille des coupes rases et la valeur récréative. En d'autres termes, plus la taille des coupes rases augmente, plus la valeur récréative du peuplement diminue. Ce critère a en outre été classé comme modifiant significativement les préférences des utilisateurs.

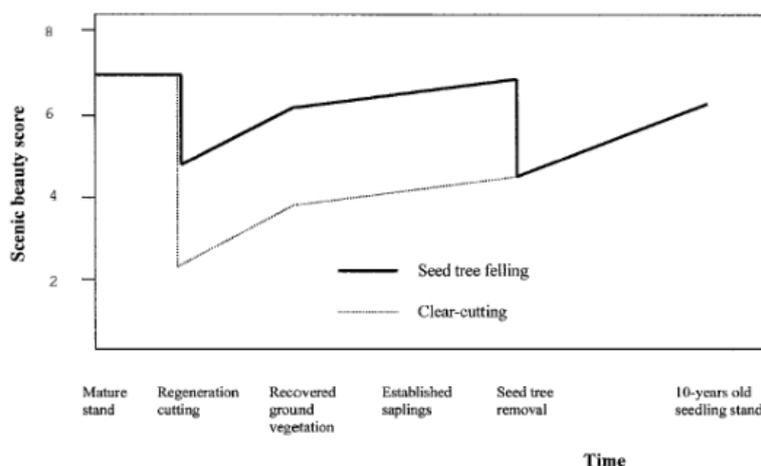


Fig. 3. Average temporal development of the scenic beauty score (range 1–10) of a Scots pine stand, as evaluated from photographs, in clear-felling and natural regeneration.

Figure 8 : Evolution de la beauté scénique (échelle de 1 à 10) d'un peuplement de pins en comparant l'effet d'une coupe rase et de la régénération naturelle issue d'une coupe isolée (Silvennoinen et al. 2002)

e. Continuité du couvert

L'enquête réalisée par Edwards et al. (2010a) montre que les préférences quant à la couverture arborée suivent une évolution « en cloche ». En d'autres termes, au fur et à mesure que l'étendue de la couverture arborée augmente, passant d'un couvert clairsemé (ex : arbres d'alignement et de rétention) à un couvert modéré (ex : tel que ceux retrouvés dans les systèmes de coupe par sélection) et à un couvert complet (c'est-à-dire une canopée fermée), la valeur récréative augmente puis diminue. Cela signifie qu'un haut ou un faible taux de couverture arborée est considéré comme moins attractif qu'un taux intermédiaire.

f. Continuité du paysage

A l'échelle du paysage, le public semble trouver préférable la présence d'un patchwork de milieux tels que des milieux forestiers, aquatiques, agricoles ou prairiaux à la présence continue et étendue d'un espace forestier (Schmithüsen et al. 1997). De la même manière, Gundersen et Frivold (2008) écrivent : "Diverses enquêtes ont souligné que les forêts offrant des possibilités de vue sur les environs sont préférées (Haakenstad 1972, 1975 ; Lind et al. 1974 ; Kellomäki et Savolainen 1984) ». Nous n'avons pas pu mettre en avant une taille standard de forêt ou une proportion de mélange de paysages majoritairement appréciée par les visiteurs. Néanmoins, nous pouvons conclure – tel que l'ont fait Edwards et al. en 2010 (a) - que la présence significative d'espaces ouverts est favorable à l'attractivité des sites.

g. Mixité des peuplements

Les peuplements plurispécifiques semblent dans la grande majorité des cas préférés aux peuplements monospécifiques (Filyushkina et al. 2017) et ce, en raison de la plus haute variabilité visuelle qui en résulte (Abildtrup et al., 2013; Dhakal et al., 2012; Elsasser et al., 2010; Gundersen and Frivold, 2008; Ribe, 1989; Willis et al., 2003). Concernant la nature des essences, il semblerait que les peuplements mélangés de résineux et de feuillus soient largement préférés aux forêts uniquement feuillues, elles-mêmes préférées aux forêts uniquement résineuses (Breyne et al. 2020, Jensen, 1999a; Nielsen et al., 2007; Termansen et al., 2013, Filyushkina et al. 2017). Le tableau dressé par la méta-analyse d'Edwards et al. 2010 est plus contrasté. Son enquête révèle par ailleurs que la relation entre la diversité des essences d'un peuplement et sa valeur récréative est positive selon la plupart des répondants à l'échelle européenne. Une part significative d'entre eux considère néanmoins qu'un excès de diversité (non chiffré) tend à faire diminuer l'attrait pour le peuplement. Notons que selon ce même sondage, l'importance accordée à la diversité arborée est relativement faible et l'attractivité à ce critère pourrait dépendre des essences en présence et du lien culturel entre les utilisateurs de la forêt et celles-ci. De plus, les cofacteurs - selon l'un des experts ayant répondu à l'enquête - sont trop nombreux que pour valider l'appréciation de ce critère. Cet avis n'est pas unanimement partagé (Ribe 1989, Cook 1972, Kellomaki 1975).

h. Irrégularité structurelle des peuplements

Concernant l'irrégularité structurelle et toujours en lien avec la variabilité visuelle, les peuplements multi-stratifiés tels que ceux retrouvés dans les forêts irrégulières et multi-âges sont nettement préférés aux peuplements unistratifiés à travers l'Europe (e.g Breyne et al. 2020, Filyushkina et al. 2017, Nielsen et al. 2007, Ribe 1989, Gundersen et Frivold 2008, Giergiczny et al., 2015). La relation entre le taux de préférence et la variabilité de la taille des arbres dans les peuplements et/ou le nombre de couche de canopées est positive pour la majorité des répondants à l'enquête d'Edwards et al. 2010.

i. Présence de bois mort

La présence de bois mort en forêt semble être grandement appréciée en forêt avec plus de 80% des répondants qui préfèrent sa présence à son absence en forêt de la Grande Région (Breyne et al. 2020).

Ces conclusions vont également dans le sens des observations de Emborg et al. (2000) et Anon (2002) ainsi que de Vanwijnsberghe et van de Leemput (2002) qui - lors d'une enquête sur 4540 individus en Belgique - a révélé que 80% des répondants estimaient que le bois mort faisait partie intégrante du paysage forestier et devait être conservé.

Le tableau dressé par l'enquête d'Edward et al. (2010) en Europe est plus contrasté tant au niveau de leur enquête que de leur revue de la littérature. En effet, la majorité des répondants a considéré qu'un très faible ou très élevé taux de bois morts était perçu négativement tandis qu'un taux intermédiaire de bois mort était perçu favorablement et augmentait la valeur récréative du peuplement. Selon cette même enquête, ce critère importe peu pour définir la valeur récréative de la forêt. A l'inverse, une étude récente de 2019 (Ebenberger et Arnberger) réalisée en Autriche stipule que le bois mort en forêt a un impact négatif clair sur la beauté scénique car il donnerait l'impression que la forêt est dégradée et en mauvaise santé (Ribe, 1990; Martens et al., 2011; Nielsen et al., 2012)

Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ces divergences d'opinions. D'une part, une grande partie de la littérature souligne des différences d'appréciation du bois mort en fonction du niveau d'éducation et de la profession des utilisateurs. En effet, la connaissance de la plus-value écologique du bois mort semble influencer significativement son appréciation en forêt (Edward et al. 2010, Karjalainen 2000). La situation a vraisemblablement évolué au cours du temps en passant d'un public peu informé considérant négativement le bois mort vers un public actuellement plus informé et ayant donc un avis plus favorable à sa présence dans les peuplements (e.g. Ribes et al. 1989, Edwards et al. 2010a). D'autre part, les quantités de bois morts en forêt en Belgique atteignent en moyenne 8,2 m³ par hectare (Alderweireld et al. 2015), ce qui est relativement peu par rapport à d'autres pays. L'image que les répondants ont donc du bois mort en forêt peut donc – selon leur nationalité - être très différente et mener à des évaluations sur bases de standards biaisés.

Notons que la méta-analyse de ce même auteur différencie le critère relatif au bois mort à celui des résidus de coupes et d'éclaircies. Ce dernier est quant à lui considéré comme important dans la mesure de la valeur récréative (hormis en Europe centrale) et unanimement négatif.

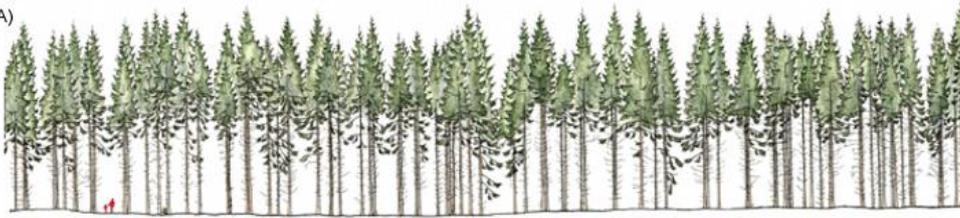
5. Evaluation croisée des caractéristiques des peuplements

Comme suggéré dans le classement effectué par Edwards et al. (2010a), les attributs des peuplements considérés de manière isolée ne peuvent rendre compte à eux-seuls des préférences et de la valeur récréative d'un peuplement. En effet, c'est la combinaison de l'ensemble de ces caractéristiques qui déterminera le faciès des peuplements et donc, sa valeur récréative finale.

Par exemple, Nielsen et al. (2007) ont étudié les avantages récréatifs associés aux pratiques de gestion forestière fondées sur la nature et les ont évalués d'un point de vue monétaire en utilisant la méthode « du consentement à payer ». En particulier, ils ont interrogé des visiteurs sur leurs préférences vis-à-vis de la combinaison de trois caractéristiques forestières : la composition des espèces d'arbres, la structure verticale des peuplements et la présence d'arbres morts laissés à la décomposition naturelle (figure 9). Le consentement à payer le plus élevé (environ 262 euros) et donc la préférence la plus grande a été trouvée pour un scénario consistant à remplacer le peuplement de référence de conifères équiennes, sans arbres morts par un mélange de conifères et de feuillus de différentes hauteurs, en laissant quelques arbres morts (environ 5 par hectares).

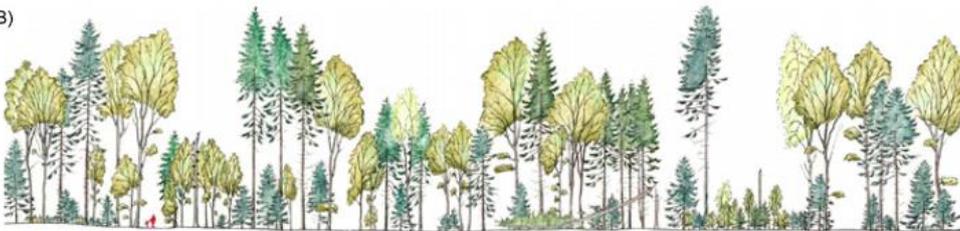
Conifers, one tree height, no dead trees - 100 DKK

(A)



Mix of conifers and broadleaves, varied tree height, few dead tree - 500 DKK

(B)



tic only one

I prefer forest type A at an additional annual tax payment of 100DKK.....

or

I prefer forest type B at an additional annual tax payment of 500DKK.....

Figure 9 : Exemple de formulaire visant à déterminer les préférences des utilisateurs

Dans ce sens également, le rapport AGRETA (2020) conclut que les opérateurs touristiques et les visiteurs sont favorables à plus de naturalité dans les forêts. En particulier, le grand public exprime une forte préférence pour les forêts naturelles en comparaison avec des forêts artificialisées : 86% préfèrent une forêt irrégulière (ou multi-âges) par rapport à une forêt homogène, 80% préfèrent la présence de bois mort par rapport à son absence, une grande majorité préfère les peuplements mélangés feuillus et résineux (figure 10). Un paysage « mosaïque » avec des ouvertures naturelles est préféré à des forêts denses et continues ou encore à des forêts avec une présence des coupes à blanc. Cette étude a également utilisé des méthodes monétaires pour évaluer les préférences (consentement à se déplacer) et observe les mêmes préférences pour des paysages forestiers empreints d'une plus grande naturalité (figure 11) à travers la méthode du consentement à payer (Nielsen et al. 2007)

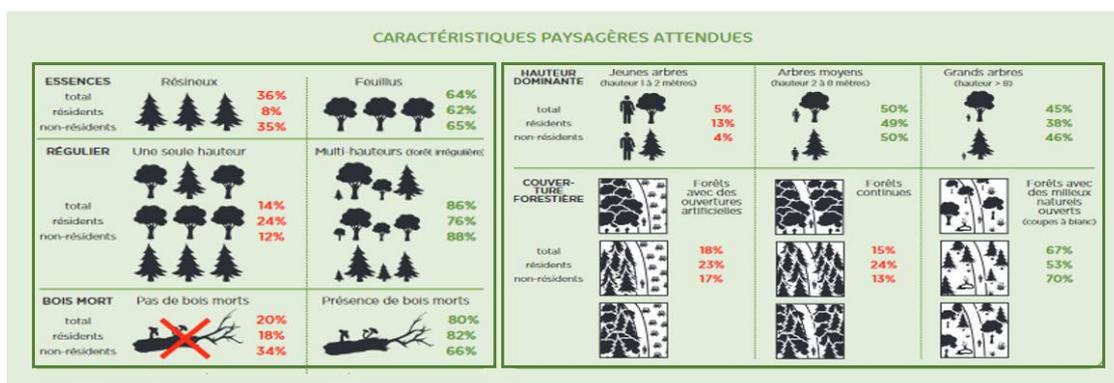


Figure 10 : Schéma récapitulatif reprenant les caractéristiques paysagères et les préférences des utilisateurs des forêts de la Grande Région dans une étude par choix discrets (Breyne et al. 2020).

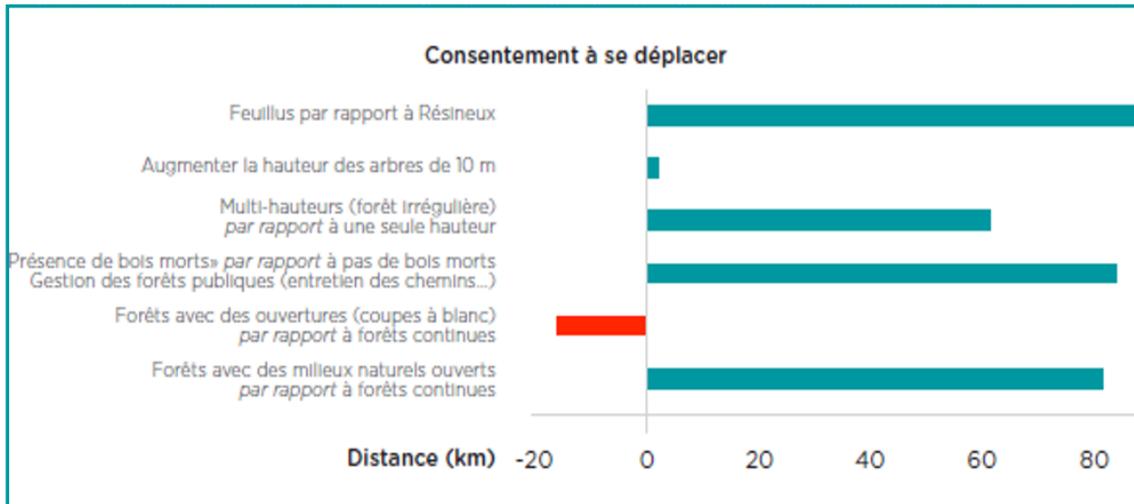


Figure 11 : Graphe reprenant le consentement à se déplacer par les utilisateurs des forêts de la grande région par une étude du consentement à se déplacer (Breyne et al. 2020).

6. Perspectives et messages principaux

De manière générale, et tel que décrit précédemment dans la littérature (e.g. Nielsen et al. 2007, Ribe, 1989; Bell et al., 2005; Gustavsson et al., 2005, Dhakal et al., 2012) , nous pouvons donc conclure que les peuplements tempérés européens associés à une plus haute valeur récréative, scénique et touristique correspondent à ceux ayant une plus grande variabilité spatiale, biologique et structurelle. Ils regroupent en outre les caractéristiques suivantes : présence de grands et vieux arbres, mélange d'espèces arborées (i.e. mixité des peuplements), irrégularité structurelle impliquant une variété d'âge et de taille des individus et présence de bois mort. Ces peuplements présentent également une continuité temporelle de leur couvert forestier, des espaces ouverts à l'échelle du massif et une densité végétale permettant une pénétration visuelle suffisante qui favorisent leur attractivité (Ribe, 1989; Hummel, 1992; Lindhagen, 1996; Ribe, 2005).

Les traits associés aux peuplements plurispécifiques, irréguliers et contenant un peu de bois mort correspondent bien aux traits retrouvés dans les forêts gérées en SMCC. Il en va de même pour le mode de prélèvement « pied par pied » (i.e. single-stem harvesting) et l'absence de coupes rases qui permettent une continuité de l'ambiance forestière et l'absence de changements brutaux dans le paysage tout en conservant une densité d'arbres intermédiaire. De plus, la SMCC favorise de larges dimensions d'exploitabilité et vise à conserver des arbres remarquables, contenant des dendro-microhabitats et ayant une haute valeur écologique. Ces arbres correspondent bien souvent à des arbres âgés de gros diamètres qui obtiennent également la préférence du public. Néanmoins, la SMCC ne favorise pas l'ouverture des milieux à l'échelle du massif pourtant importante aux yeux des utilisateurs. On peut cependant en conclure que les forêts gérées en SMCC en comparaison aux forêts non gérées ou gérées de manière plus intensive présentent des caractéristiques attrayantes pour le public et possèdent donc un potentiel récréatif et touristique important. C'est également dans ce sens que vont les conclusions du rapport AGRETA (Breyne et al. 2020).

Les tendances présentées plus haut concerne les préférences d'une majorité des visiteurs. Cela implique qu'une faible fraction de la population exprime une préférence pour des forêts qui ne répondent pas aux critères évoqués et que pour eux, ces mêmes services récréatifs et paysagers seront

mieux rendus dans une forêt plus uniforme en termes d'âge, d'essences, d'absence de bois mort, etc. Il serait donc bénéfique pour l'attrait général des paysages forestiers et leur valeur récréative de conserver une variabilité des caractéristiques forestières tant à l'échelle des peuplements qu'à l'échelle du massif et donc, de maintenir une diversité des méthodes de régimes de gestions. C'est l'approche développée actuellement en France derrière le concept de « forêt mosaïque ». Une autre considération importante est celle relative à l'hétérogénéité des visiteurs. En effet, dans cette synthèse, les visiteurs ont été considérés comme un seul et même groupe homogène. Or, le profil des visiteurs (promeneur, scientifique, chasseur, pêcheur, cavalier, etc.) influence l'attrait pour les caractéristiques de peuplement.

Notons également que les préférences n'ont été abordées ici que sous le spectre des caractéristiques visuelles liées aux attributs forestiers et aux modes de gestions. Or, les préférences dépendent également d'autres caractéristiques et processus tels que la proximité entre le peuplement et l'habitation d'un visiteur, la présence d'infrastructures récréatives ou encore d'activités guidées. Enfin, les résultats présentés ici sont d'ordre qualitatif et il serait intéressant de mener de plus amples recherches pour pouvoir mieux appréhender les liens entre préférences et attributs et pouvoir au mieux orienter la gestion et la valeur des peuplements.

Finalement, l'analyse des préférences des visiteurs met en évidence une certaine convergence entre ce que les visiteurs apprécient et les tendances actuelles de la gestion des massifs forestiers, dictées par les changements climatiques et la nécessaire prise en compte de la biodiversité pour le bon fonctionnement des écosystèmes. En effet, les recommandations pour améliorer la résilience des forêts face aux changements globaux promeuvent la diversité des essences et des structures, la limitation des mises à blanc (Himpens et al., 2017) et l'adaptation des modes de gestion aux conditions écologiques locales (Maebe et al. 2018). Elles concernent aussi le développement de la biodiversité à différentes échelles en favorisant la capacité d'accueil de la biodiversité au sein des peuplements (diversité d'essences, bois morts, grands arbres, structure verticale, clairières, etc. : IBP de Larrieu Gonin 2008) et en comptant sur les lisières et les milieux ouverts à l'échelle des massifs (Fichet et al. 2011), qui offrent de facto de la variabilité visuelle aux visiteurs de la forêt.

D. Articles fondateurs et bibliographie par thèmes



1. Bibliographie liée à l'introduction

ASKAFOR (2022). Référentiel de la sylviculture mélangée à couvert continu. Document en préparation

Dufour, S., Sartre, X. A. de, Castro, M., Oszwald, J., & Rollet, A. J. (2016). Origine et usages de la notion de services écosystémiques : éclairages sur son apport à la gestion des hydrosystèmes. *Vertigo*, Hors-série 25. <https://doi.org/10.4000/vertigo.17435>

Haines-Young, R.; Potschin, M. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 Guidance on the Application of the Revised Structure. *Eur. Environ. Agency* 2018, 53.

IPBES. (2021). Glossary : Ecosystem services. IPBES. <https://ipbes.net/glossary/ecosystem-services>

MEA. 2005 Millennium Ecosystem Assessment, Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends. Island Press

Rives, F., D. Pesche, P. Méral et S. M. Carrière, 2016, Les services écosystémiques : une notion discutée en écologie, 21 p., P. Méral, D. Pesche, Les services écosystémiques. Repenser les relations nature et société, Quae, Versailles, pp. 53-73.

SPW, service public de Wallonie. (2018). Classification des services écosystémiques. SPW. <http://etat.environnement.wallonie.be/contents/indicatorsheets/MILIEUX%20Focus%201.html>

2. Bibliographie liée au bien-être et à la santé en lien avec la fréquentation des forêts

2.1 Articles fondateurs

Auteurs	Titre de l'article
Doimo et al. 2020	Forest and Wellbeing: Bridging Medical and Forest Research for Effective Forest-Based Initiatives
Kim et al. 2020	Exploring the relationship between Forest structure and Health
Grilli et Sachelli 2020	Health Benefits Derived from Forest: A Review
Dodev et al. 2020	Forest welfare services - the missing link between forest policy and management in the EU
Bratman, G.N., Hamilton, P.J., Daily, G.C. 2012.	The impacts of nature experience on human cognitive function and mental health

2.2 Bibliographie

Ahmed, M.Z.; Ahmed, O.; Aibao, Z.; Hanbin, S.; Siyu, L.; Ahmad, A. Epidemic of COVID-19 in China and associated Psychological Problems. *Asian J. Psychiatr.* 2020, 51. [CrossRef]

Akutsu, H.; Kikusui, T.; Takeuchi, Y.; Sano, K.; Hatanaka, A.; Mori, Y. Alleviating effects of plant-derived fragrances on stress-induced hyperthermia in rats. *Physiol. Behav.* 2002, 75, 355–360. [CrossRef]

Albert, L.; Stanciu, C.; Delcea, C.; Mihai, A.; Pops, or, S. Psycho-emotional Factors and Their Role in Craniomandibular Disorders. *Int. J. Ment. Heal. Psychiatry* 2018, 4. [CrossRef]

- Alderweireld M., Burnay F., Pitchugin M., Lecomte H., 2015. Inventaire Forestier Wallon. Résultats 1994 – 2012. SPW, DGO3, DNF, Direction des Ressources forestières, Jambes, 236 pp.
- Ambrose-Oij, B., O'Brien, L., 2017. Grow Wild Evaluation Technical Report Vol II Community and Flagship Projects 2014–16, Forest Research Report to Grow Wild. Royal Botanic Garden, Kew, Richmond Surrey, pp. 84.
- An, B.Y.; Wang, D.; Liu, X.J.; Guan, H.M.; Wei, H.X.; Ren, Z. Bin The effect of environmental factors in urban forests on blood pressure and heart rate in university students. *J. For. Res.* 2019, 24, 27–344. [CrossRef]
- An, K. W., Kim, E. I., Jeon, K. S., & Setsu, T. (2004). Effects of forest stand density on human's physiopsychological changes. *Journal Faculty of Agriculture Kyushu University*, 49(2), 283–291
- Annerstedt, M., Jönsson, P., Wallergård, M., Johansson, G., Karlson, B., Grahn, P., Hansen, s., M. Währborg, P., 2013. Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest — results from a pilot study. *Physiol. Behav.* 118, 240–250. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.05.023>.
- Annerstedt, M.; Norman, J.; Boman, M.; Mattsson, L.; Grahn, P.; Währborg, P. Finding stress relief in a forest. *Ecol. Bull.* 2010, 53, 33–42
- Antonelli, M., Barbieri, G., & Donelli, D. (2019). Effects of forest bathing (shinrin-yoku) on levels of cortisol as a stress biomarker: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Biometeorology*, 63, 1117–1134. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01717-x>.
- Antonelli, Michele, et al., 2020. Forest Volatile Organic Compounds and Their Effects on Human Health: A State-of-the-Art Review ». *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no 18, p. 6506. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.3390/ijerph17186506>
- Antonovsky, Aaron. The salutogenic model as a theory to guide health promotion, *Health Promotion International*, Volume 11, Issue 1, March 1996, Pages 11–18, <https://doi.org/10.1093/heapro/11.1.11>
- Arnberger, A., Eder, R., 2015. Are urban visitors' general preferences for green-spaces similar to their preferences when seeking stress relief? *Urban For. Urban Green.* 14, 872–882
- Bang, K.S.; Kim, S.; Song, M.K.; Kang, K.I.; Jeong, Y. The effects of a health promotion program using urban forests and nursing student mentors on the perceived and psychological health of elementary school children in vulnerable populations. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018, 15. [CrossRef]
- Bang, K.S.; Lee, I.; Kim, S.; Lim, C.S.; Joh, H.K.; Park, B.J.; Song, M.K. The effects of a campus Forest-Walking program on undergraduate and graduate students' physical and psychological health. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2017, 14. [CrossRef]
- Berman, M.G., Jonides, J., Kaplan, S., 2008. The cognitive benefits of interacting with nature. *Psychol. Sci.* 19, 1207–1212.
- Berto, R., 2014. The role of nature in coping with psycho-physiological stress: a literature review on Restorativeness. *Behav. Sci.* 4, 394–409
- Bielinis, E., Bielinis, L., Krupińska-Szeluga, S., Łukowski, A., Takayama, N., Bielinis, E., et al. (2019). The effects of a short forest recreation program on physiological and psychological relaxation in young Polish adults. *Forests*, 10(1), 34. <https://doi.org/10.3390/f10010034>

- Bielinis, E., Takayama, N., Boiko, S., Omelan, A., & Bielinis, L. (2018b). The effect of winter forest bathing on psychological relaxation of young Polish adults. *Urban Forestry & Urban Greening*, 29, 276–283. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2017.12.006>.
- Bixler, R.D., Floyd, M.F., 1997. Nature is scary, disgusting, and uncomfortable. *Environ. Behav.* 29, 443–467
- Bjerke, T., Østdahl, T., Thrane, C., Strumse, E., 2006. Vegetation density of urban parks and perceived appropriateness for recreation. *Urban Forest. Urban Green.* 5, 35–44
- Bratman, G. N., Hamilton, J. P., Hahn, K. S., Daily, G. C., & Gross, J. J. (2015). Nature experience reduces rumination and subgenual prefrontal cortex activation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(28), 8567–8572. <https://doi.org/10.1073/pnas.1510459112>.
- Bratman, G.N., Daily, G.C., Levy, B.J. and Gross, J.J. 2015 The benefits of nature experience: Improved affect and cognition. *Landsc. Urban. Plan.* 138, 41–50
- Bratman, G.N., Hamilton, P.J., Daily, G.C., 2012. The impacts of nature experience on human cognitive function and mental health. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1249, 118–136
- Browning, M.H.E.M.; Mimnaugh, K.J.; Van Riper, C.J.; Laurent, H.K.; Lavalley, S.M. Can Simulated Nature Support Mental Health? Comparing Short, Single-Doses of 360-Degree Nature Videos in Virtual Reality with the Outdoors. *Front. Psychol.* 2020, 10. [CrossRef]
- Burgess, J. (1996). Focusing on fear: The use of focus groups in a project for the Community Forest Unit, Countryside Commission. *Area*, 28, 130–135. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable>
- Cackowski, J., Nasar, J., 2003. The restorative effects of roadside vegetation: implications for automobile driver anger and frustration. *Environ. Behav.* 35, 736–751.
- Carrus, G., Dadvand, P., Sanesi, G., 2017a. The role and value of urban forests and green infrastructure in promoting human health and wellbeing. In: Pearlmutter, D., Calfapietra, C., Samson, R., O'Brien, L., Krajter Ostoić, S., Sanesi, G., Alonso del Amo, R. (Eds.), *The Urban Forest*. Springer International Publishing, pp. 217–230.
- Carrus, G., Laforteza, R., Colangelo, G., Dentamaro, I., Scopelliti, M., Sanesi, G., 2013. Relations between naturalness and perceived restorativeness of different urban green spaces. *Psychology* 4, 227–244.
- Carrus, G., Scopelliti, M., Laforteza, R., Colangelo, G., Ferrini, F., Salbitano, F., Agrimi, M., Portoghesi, L., Semenzato, P., Sanesi, G., 2015. Go greener, feel better? The positive effects of biodiversity on the well-being of individuals visiting urban and peri-urban green areas. *Landsc. Urban Plan.* 134, 221–228.
- Chen, H.-T., Yu, C.-P., Lee, H.-Y., Chen, H.-T., Yu, C.-P., & Lee, H.-Y. (2018). The effects of forest bathing on stress recovery: evidence from middle-aged females of Taiwan. *Forests*, 9(7), 403. <https://doi.org/10.3390/f9070403>
- Chen-Hsuan Cheng, J., Monroe, M.C., 2012. Connection to nature: children's affective attitude toward nature. *Environ. Behav.* 44 (1), 31–49.

- Chiang, Y.-C.; Li, D.; Jane, H.-A. Wild or tended nature? The effects of landscape location and vegetation density on physiological and psychological responses. *Landsc. Urban Plan.* 2017, 167, 72–83. [CrossRef]
- Cho, K.S.; Lim, Y.-R.; Lee, K.; Lee, J.; Lee, J.H.; Lee, I.-S. Terpenes from forests and human health. *Toxicol. Res.* 2017, 33, 97–106. [CrossRef] [PubMed]
- Chun, M.H., Chang, M.C., Lee, S., 2017. The effects of forest therapy on depression and anxiety in patients with chronic stroke. *Int. J. Neurosci.* 127, 199–203. <https://doi.org/10.3109/00207454.2016.1170015>.
- Clark, N. E., Lovell, R., Wheeler, B. W., Higgins, S. L., Depledge, M. H., & Norris, K. (2014). Biodiversity, cultural pathways, and human health: a framework. *Trends in Ecology and Evolution*, 29(4), 198e204
- Clayton, S., 2003. Environmental identity: A conceptual and operational definition. In: Clayton, S., Opatow, C. (Eds.), *Identity and the Natural Environment: The Psychological Significance of Nature*. MIT Press, Cambridge, MA, pp. 45–65.
- Cleland, V., Crawford, D., Baur, L. A., Hume, C., Timperio, A., & Salmon, J. (2008). A prospective examination of children’s time spent outdoors, objectively measured physical activity and overweight. *International Journal of Obesity*, 32, 1685–1693.
- Collins, T., Goto, R., Edwards, D., 2014. *Future Forest: The Black Wood, Rannoch, Scotland*. Final report. Landscape Research Group and Forest Research.
- Curtin, S., 2009. Wildlife tourism: the intangible, psychological benefits of human-wild- life encounters. *Curr. Issue Tour.* 12, 451–474.
- de Kort, Y.A.W.; Meijnders, A.L.; Sponselee, A.A.G.; IJsselsteijn, W.A. What’s wrong with virtual trees? Restoring from stress in a mediated environment. *J. Environ. Psychol.* 2006, 26, 309–320. [CrossRef]
- Dodev, Y., Zhiyanski, M., 2019. Forest Welfare Policy in South Korea (in Bulgarian). *Proceeding Papers 150 Years of Bulgarian Academy of Sciences*. Forest Research Institute, Sofia, pp. 289–296.
- Dodev, Y., Zhiyanski, M., Glushkova, M., & Shin, W. S. (2020). Forest welfare services - the missing link between forest policy and management in the EU. *Forest Policy and Economics*, 118(June), 102249. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102249>
- Doimo, Ilaria, et al. 2020 Forest and Wellbeing: Bridging Medical and Forest Research for Effective Forest-Based Initiatives ». *Forests*, vol. 11, no 8, p. 791. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.3390/f11080791>.
- Ebenberger, M., & Arnberger, A. (2019). Exploring visual preferences for structural attributes of urban forest stands for restoration and heat relief. *Urban Forestry and Urban Greening*, 41(August 2018), 272–282. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.04.011>
- FAO (2021). *Services Ecosystémiques & Biodiversité*. FAO. <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/fr/>
- Farrow, M. R., & Washburn K. (2019). A Review of Field Experiments on the Effect of Forest Bathing on Anxiety and Heart Rate Variability. *Global Advances in Health and Medicine*, 8(3), 216495611984865. <https://doi.org/10.1177/2164956119848654>
- Fjortoft, I. (2001). The natural environment as a playground for children: The impact of outdoor play activities in pre-primary school children. *Early Childhood Education Journal*, 29, 111–117

Fjortoft, I. (2004). Landscape as playscape: The effects of natural environments on children's play and motor development. *Children, Youth and Environments*, 14,21–44. Retrieved from <http://www.colorado.edu/journals/cye/>

Forest Welfare Promotion Act of the Republic of Korea. 2015. Act No. 13255, Mar. 27, 2015. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/kor167032.pdf>.

Forestry Culture and Recreation Act of Republic of Korea, 2016. Act No.14518, 27.12.2016. Enforcement date 28.06.2017.

Fredrickson, L., Anderson, D., 1999. A qualitative exploration of the wilderness experience as a source of spiritual inspiration. *J. Environ. Psychol.* 19, 21–39.

Fujisawa M, Takayama N, Morikawa T (2012) Study on Physiological Response and Subjective Appraisal Brought visually by a Light Environment of a Forest. *Pap Environ Inf Sci* (in Japanese) 26:103–106

Fuller, R.A., Irvine, K.N., Devine-Wright, P., Warren, P.H., Gaston, K.J., 2007. Psychological benefits of green space increase with biodiversity. *Med. Microbiol. Lett.* 3, 390–394

Furuyashiki, A., Tabuchi, K., Norikoshi, K., Kobayashi, T., & Oriyama, S. (2019). A comparative study of the physiological and psychological effects of forest bathing (Shinrin-yoku) on working age people with and without depressive tendencies. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 24(46), 46. <https://doi.org/10.1186/s12199-019-0800-1>.

Gao, T., Zhu, L., Zhang, T., Song, R., Zhang, Y., Qiu, L., 2019. Is an environment with high biodiversity the most attractive for human recreation? A case study in Baoji, China. *Sustainability* 11, 4086.

Garland M, Doherty D, Golden-Mason L, Fitzpatrick P, Walsh N, O'Farrelly C. Stress-related hormonal suppression of natural killer activity does not show menstrual cycle variations: implications for timing of surgery for breast cancer. *Anticancer Res.* 2003;23:2531–5

Gatersleben, B.; Andrews, M. When walking in nature is not restorative-The role of prospect and refuge. *Heal. Place* 2013, 20, 91–101. [CrossRef]

P. Grahn, U.K. Stigsdotter. The relation between perceived sensory dimensions of urban green space and stress restoration *Landsc. Urban Plan.*, 94 (3) (2010), pp. 264-275 [doi:org.ezp.sub.su.se/10.1016/j.landurbplan.2009.10.012](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.10.012)

Granger, R.E.; Campbell, E.L.; Johnston, G.A.R. (+)- And (-)-borneol: Efficacious positive modulators of GABA action at human recombinant $\alpha 1\beta 2\gamma 2L$ GABA(A) receptors. *Biochem. Pharmacol.* 2005, 69, 1101–1111. [CrossRef]

Grilli, Gianluca, et Sandro Sacchelli. 2020 Health Benefits Derived from Forest: A Review ». *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no 17, p. 6125. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.3390/ijerph17176125>

Guan, H., Wei, H., He, X., Ren, Z., & An, B. (2017). The tree-species-specific effect of forest bathing on perceived anxiety alleviation of young-adults in urban forests. *Annals of Forest Research*, 0(0), 327–341. <https://doi.org/10.15287/afr.2017.897>

Guzmán-Gutiérrez, S.L.; Bonilla-Jaime, H.; Gómez-Cansino, R.; Reyes-Chilpa, R. Linalool and β -pinene exert their antidepressant-like activity through the monoaminergic pathway. *Life Sci.* 2015, 128, 24–29. [CrossRef] [PubMed]

Guzmán-Gutiérrez, S.L.; Gómez-Cansino, R.; García-Zebadúa, J.C.; Jiménez-Pérez, N.C.; Reyes-Chilpa, R. Antidepressant activity of *Litsea glaucescens* essential oil: Identification of β -pinene and linalool as active principles. *J. Ethnopharmacol.* 2012, 143, 673–679. [CrossRef]

Haines-Young, R.; Potschin, M. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 Guidance on the Application of the Revised Structure. *Eur. Environ. Agency* 2018, 53.

Hansen, M. M., Jones, R., & Tocchini, K. (2017). Shinrin-yoku (Forest bathing) and nature therapy: A state-of-the-art review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/ijerph14080851>

Hansen, M.M.; Jones, R.; Tocchini, K. Shinrin-yoku (Forest bathing) and nature therapy: A state-of-the-art review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2017, 14, 851. [CrossRef]

Hansmann, R., Hug, S.-M., Seeland, K., 2007. Restoration and stress relief through physical activities in forests and parks. *Urban For. Urban Green.* 6, 213–225.

Hartig, T., & Kahn, P. H., Jr. (2016). Living in cities, naturally. *Science*, 352, 938–940.

Hartig, T., Mang, M., Evans, G., 1991. Restorative effects of natural environment experiences. *Environ. Behav.* 23, 3–26.

Hartig, T., Staats, H., 2006. The need for psychological restoration as a determinant of environmental preferences. *J. Environ. Psychol.* 26, 215–226.

Hartig, T., Van den Berg, A.E., Hagerhall, C.M., Tomalak, M., Bauer, N., Hansmann, R., Ojala, A., Syngollitou, E., Carrus, G., van Herzele, A., Bell, S., Camilleri Podesta, M.T., Waaseth, G., 2011. Health benefits of nature experience: psychological, social and cultural processes. In: Nilsson, K., Sangster, M., Gallis, C., Hartig, T., De Vries, S., Seeland, K., Schipperijn, J. (Eds.), *Forests, Trees and Human Health*. Springer, N.Y, pp. 127–168.

Hartig, T., Van den Berg, A.E., Hagerhall, C.M., Tomalak, M., Bauer, N., Hansmann, R., Ojala, A., Syngollitou, E., Carrus, G., van Herzele, A., Bell, S., Camilleri Podesta, M.T., Waaseth, G., 2011. Health benefits of nature experience: psychological, social and cultural processes. In: Nilsson, K., Sangster, M., Gallis, C., Hartig, T., De Vries, S., Seeland, K., Schipperijn, J. (Eds.), *Forests, Trees and Human Health*. Springer, N.Y, pp. 127–168.

Hartig, T.; Mitchell, R.; de Vries, S.; Frumkin, H. *Nature and Health*. *Annu. Rev. Public Health* 2014, 35, 207–228. [CrossRef] [PubMed]

Hartig, T.; Staats, H. Guest Editors' introduction: Restorative environments. *J. Environ. Psychol.* 2003, 23, 103–107. [CrossRef]

Henwood, K., Pidgeon, N., 2001. Talking about woods and trees: threat of urbanization, stability, and biodiversity. *J. Environ. Psychol.* 21, 125–147

Hine, R., Pretty, J., Barton, J., 2009. Research Project: Social, Psychological and Cultural Benefits of Large Natural Habitat & Wilderness Experience - A review of current literature for the Wilderness Foundation. Interdisciplinary Centre for Environment and Society Department of Biological Sciences, University of Essex, Colchester. pp. 14.

James, S.L.; Abate, D.; Abate, K.H.; Abay, S.M.; Abbafati, C.; Abbasi, N.; Abbastabar, H.; Abd-Allah, F.; Abdela, J.; Abdelalim, A.; et al. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 Diseases and Injuries for 195 countries and territories, 1990–2017: A

systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet* 2018, 392, 1789–1858. [CrossRef]

Johansson M, Gyllin M, Witzell J, Küller M. 2014. Does biological quality matter? Direct and reflected appraisal of biodiversity in temperate deciduous broad-leaf forest. *Urban For Urban Green*. 13:28–37

Jung, W.H.; Woo, J.M.; Ryu, J.S. Effect of a forest therapy program and the forest environment on female workers' stress. *Urban For. Urban Green*. 2015, 14, 274–281. [CrossRef]

Kamioka, H., Tsutani, K., Mutoh, Y., Honda, T., Shiozawa, N., Park, S., et al. (2012). A systematic review of randomized controlled trials on curative and health enhancement effects of forest therapy. *Psychology Research and Behavior Management*, 5, 85. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S32402>.

Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: a psychological perspective*. Cambridge: Cambridge University Press.

Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15(3), 169–182.

Karjalainen, E., Sarjala, T., Raitio, H., 2010. Promoting human health through forests: overview and major challenges. *Environ. Health Prev. Med*. 15 (1), 1–8.

Karlsson, U., Sola, S., Sidenius, U., & Dahl, A. (2017). Landscape and Urban Planning Forest design for mental health promotion — Using perceived sensory dimensions to elicit restorative responses. *Landscape and Urban Planning*, 160, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.11.012>

Kawada, T.; Li, Q.; Nakadai, A.; Inagaki, H.; Katsumata, M.; Shimizu, T.; Hirata, Y.; Hirata, K.; Suzuki, H. Effect of Forest Bathing on Sleep and Physical Activity. In *Forest Medicine*; Nova Science Publisher: Hauppauge NY, USA, 2012; pp. 105–110, ISBN 978-1-62100-000-6.

Kawakami, K.; Kawamoto, M.; Nomura, M.; Otani, H.; Nabika, T.; Gonda, T. Effects of phytoncides on blood pressure under restraint stress in SHRSP. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol*. 2004, 31 (Suppl. S2), S27–S28. [CrossRef]

Keniger, L. E., Gaston, K. J., Irvine, K. N., & Fuller, R. A. (2013). What are the benefits of interacting with nature? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10,913. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph10030913>.

Kenter, J.O., Reed, M.S., Irvine, K.N., O'Brien, E., Brady, E., Bryce, R., Christie, M., Church, A., Cooper, N., Davies, A., Hockley, N., Fazey, I., Jobstvogt, N., Molloy, C., Orchard-Webb, J., Ravenscroft, N., Ryan, M., Watson, V., 2014. UK National Ecosystem Assessment Follow-on. Work Package Report 6: Shared, Plural and Cultural Values of Ecosystems. UNEP-WCMC, LWEC, UK.

Kessler, A.; Sahin-Nadeem, H.; Lummis, S.C.R.; Weigel, I.; Pischetsrieder, M.; Buettner, A.; Villmann, C. GABA(A) receptor modulation by terpenoids from *Sideritis* extracts. *Mol. Nutr. Food Res*. 2014, 58, 851–862. [CrossRef]

Kim, B.J.; Jeong, H.; Park, S.; Lee, S. Forest adjuvant anti-cancer therapy to enhance natural cytotoxicity in urban women with breast cancer: A preliminary prospective interventional study. *Eur. J. Integr. Med*. 2015, 7,

Kim, J.G.; Khil, T.G.; Lim, Y.; Park, K.; Shin, M.; Shin, W.S. The Psychological Effects of a Campus Forest Therapy Program. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17, 3409. [CrossRef] [PubMed]

- Kim J, Park D-B, Seo JI. Exploring the Relationship between Forest Structure and Health. *Forests*. 2020; 11(12):1264. <https://doi.org/10.3390/f11121264>
- Kingsley, J., & Townsend, M. (2006). "Dig in" to social capital: Community gardens as mechanisms for growing urban social connectedness. *Urban Policy and Research*, 24, 525–537
- Kuper, R. (2017). Restorative potential, fascination, and extent for designed digital landscape models. *Urban Forestry and Urban Greening*, 28(March), 118–130. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.10.002>
- Kyu-Won Sim, Kim, Byung-Gook, Lee, Ju-Hee, Pong-Sik, Yeon, 2018. The evaluation of effectiveness of the interpretive program at national parks. *J. Outdoor Recreat. Tour.* 21, 69–75.
- Laband, D., 2013. The neglected stepchildren of forest-based ecosystem services: cultural, spiritual, and aesthetic values. *Forest Policy Econ.* 35, 39–44.
- Lafortezza, R., Carrus, G., Sanesi, G., Davies, C., 2009. Benefits and well-being perceived by people visiting green spaces in periods of heat stress. *Urban For. Urban Green.* 8, 97–108.
- Lakhani, A.; Norwood, M.; Watling, D.P.; Zeeman, H.; Kendall, E. Using the natural environment to address the psychosocial impact of neurological disability: A systematic review. *Heal. Place* 2019, 55, 188–201. [CrossRef]
- Lee, H.J.; Son, Y.H.; Kim, S.; Lee, D.K. Healing experiences of middle-aged women through an urban forest therapy program. *Urban. For. Urban. Green.* 2019, 38, 383–391. [CrossRef]
- Lee, I., Choi, H., Bang, K.S., Kim, S., Song, M.K., Lee, B., 2017. Effects of Forest therapy on depressive symptoms among adults: a systematic review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 14, 3.
- Lee, J., Park, B.-J., Park, B., Tsunetsugu, Y., Ohira, T., Kagawa, T., Miyazaki, Y., 2011. Effect of forest bathing on physiological and psychological responses in young Japanese male subjects. *Public Health* 125, 93–100.
- Lee, J., Park, B.-J., Tsunetsugu, Y., Kagawa, T., Miyazaki, Y., 2009. Restorative effects of viewing real forest landscapes, based on a comparison with urban landscapes. *Scand. J. For. Res.* 24 (3), 227–234
- Lee, J., Shin, W.S., 2019. Forest therapy in Korea. In *International Handbook of Forest Therapy*; Kotte, D., Li, Q., Shin, W.S., Michalsen, A., Eds.; Cambridge Scholar Publishing: Cambridge, UK, 222–235.
- Lee, J., Tsunetsugu, Y., Takayama, N., Park, B.J., Li, Q., Song, Ch., Komatsu, M., Ikei, H., Tyrväinen, L., 2014. Influence of Forest Therapy on Cardiovascular Relaxation in Young Adults. *Hindawi Publishing Corporation, Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, Volume 2014.*
- Lee, J.Y., Lee, D.C., 2014. Cardiac and pulmonary benefits of forest walking versus city walking in elderly women: a randomised, controlled, open-label trial. *Eur. J. Integr. Med.* 6, 5–11. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2013.10.006>.
- Li Q. (2019). Effets des forêts et des bains de forêt (shinrin-yoku) sur la santé humaine : une revue de la littérature [Effect of forest bathing (shinrin-yoku) on human health: A review of the literature]. *Sante publique (Vandoeuvre-les-Nancy, France)*, S1(HS), 135–143. <https://doi.org/10.3917/spub.190.0135>
- Li WW, Hodgetts D, Ho E (2010) Gardens, transitions, and identity reconstruction among older Chinese immigrants to New Zealand. *J Health Psychol* 15:786. doi: 10.1177/1359105310368179. SAGEPublications

- Li, C., Sun, C., Sun, M., Yuan, Y., & Li, P. (2020). Effects of brightness levels on stress recovery when viewing a virtual reality forest with simulated natural light. *Urban Forestry & Urban Greening*, 56, 126865.
- Li, Q. (2010). Effect of forest bathing trips on human immune function. In *Environmental Health and Preventive Medicine* (Vol. 15, Issue 1, pp. 9–17). <https://doi.org/10.1007/s12199-008-0068-3>
- Li, Q. (2010). Effect of forest bathing trips on human immune function. In *Environmental Health and Preventive Medicine* (Vol. 15, Issue 1, pp. 9–17). <https://doi.org/10.1007/s12199-008-0068-3>
- Li, Q.; Morimoto, K.; Kobayashi, M.; Inagaki, H.; Katsumata, M.; Hirata, Y.; Hirata, K.; Suzuki, H.; Li, Y.J.; Wakayama, Y.; et al. Visiting a forest, but not a city, increases human natural killer activity and expression of anti-cancer proteins. *Int. J. Immunopathol. Pharmacol.* 2008, 21, 117–127. [CrossRef] [PubMed]
- Li, Q.; Morimoto, K.; Nakadai, A.; Inagaki, H.; Katsumata, M.; Shimizu, T.; Hirata, Y.; Hirata, K.; Suzuki, H.; Miyazaki, Y.; et al. Forest bathing enhances human natural killer activity and expression of anti-cancer proteins. *Int. J. Immunopathol. Pharmacol.* 2007, 20, 3–8. [CrossRef] [PubMed]
- Lovell, R., Wheeler, B.W., Higgins, S.L., Irvine, K.N., Depledge, M.H., 2014. A systematic review of the health and well-being benefits of biodiverse environments. *J. Toxicol. Environ. Health B Crit. Rev.* 17 (1), 1–20
- Lyu, B.; Zeng, C.; Xie, S.; Li, D.; Lin, W.; Li, N.; Jiang, M.; Liu, S.; Chen, Q. Benefits of a three-day bamboo forest therapy session on the psychophysiology and immune system responses of male college students. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2019, 16. [CrossRef]
- Maller, 2009. Promoting children’s mental, emotional and social health through contact with nature: A model. *Health Educ.* 109, 522–543
- Maller, C., Townsend, M., Pryor, A., Brown, P., Legar, L.S.T., 2005. Healthy nature healthy people: ‘contact with nature’ as an upstream health promotion intervention for populations. *Health Promot. Int.* 21 (1), 45–54.
- Mao, G.-X.; Cao, Y.-B.; Lan, X.-G.; He, Z.-H.; Chen, Z.-M.; Wang, Y.-Z.; Hu, X.-L.; Lv, Y.-D.; Wang, G.-F.; Yan, J. (2012 a) Therapeutic effect of forest bathing on human hypertension in the elderly. *J. Cardiol*, 60, 495–502. [CrossRef] [PubMed]
- Mao, G.X.; Lan, X.G.; Cao, Y.B.; Chen, Z.M.; He, Z.H.; Lv, Y.D.; Wang, Y.Z.; Hu, X.L.; Wang, G.F.; Yan, J. (2012 b) Effects of short-term forest bathing on human health in a broad-leaved evergreen forest in Zhejiang Province, China. *Biomed. Environ. Sci.* 2012, 25, 317–324. [CrossRef]
- Markevych, I.; Schoierer, J.; Hartig, T.; Chudnovsky, A.; Hystad, P.; Dzhambov, A.M.; de Vries, S.; Triguero-Mas, M.; Brauer, M.; Nieuwenhuijsen, M.J.; et al. Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. *Environ. Res.* 2017, 158, 301–317. [CrossRef] [PubMed]
- Martens, D., Gutscher, H., & Bauer, N. (2011). Walking in wild and tended urban forests: The impact on psychological well-being. *Journal of Environmental Psychology*, 31, 36–44.
- Mayer, F.S., Frantz, C.M.P., 2004. The connectedness to nature scale: a measure of Individuals’ feeling in community with nature. *J. Environ. Psychol.* 24 (4), 503–515.

- McCree, M., Cutting, R., & Sherwin, D. (2018). The Hare and the Tortoise go to Forest School: taking the scenic route to academic attainment via emotional wellbeing outdoors. *Early Child Development and Care*, 188(7), 980–996. <https://doi.org/10.1080/03004430.2018.1446430>
- Meneguzzo, F.; Albanese, L.; Bartolini, G.; Zabini, F. Temporal and Spatial Variability of Volatile Organic Compounds in the Forest Atmosphere. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2019, 16, 4915. [CrossRef] [PubMed]
- Milligan, C., & Bingley, A. (2007). Restorative places or scary spaces? The impact of woodland on the mental well-being of young adults. *Health and Place*, 13, 799–811
- Miyazaki, Y.; Lee, J.; Park, B.J.; Tsunetsugu, Y.; Matsunaga, K. Preventive medical effects of nature therapy. *Nihon Eiseigaku Zasshi*. 2011, 66, 651–656. [CrossRef]
- Morita, E., Fukuda, S., Nagano, J., Hamajima, N., Yamamoto, H., Iwai, Y., Nakashima, T., Ohira, H., & Shirakawa, T. (2007). Psychological effects of forest environments on healthy adults: Shinrin-yoku (forest-air bathing, walking) as a possible method of stress reduction. *Public Health*, 121(1), 54–63. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2006.05.024>
- Morita, E., Imai, M., Okawa, M., Miyaura, T., Miyazaki, S., 2011. A before and after comparison of the effects of forest walking on the sleep of a community-based sample of people with sleep complaints. *Biopsychosoc. Med.* 5, 13. <https://doi.org/10.1186/1751-0759-5-13>.
- Nilsson, K., Sangster, M., Gallis, C., Hartig, T., de Vries, S., Seeland, K., & Schipperijn, J. (Eds.). (2011). *Forests, trees and human health*. Dordrecht, Holland: Springer
- Nilsson, K.; Sangster, M.; Gallis, C.; Hartig, T.; Vries, S.; Seeland, K.; Schipperijn, J. *Forests, Trees and Human Health*; Springer Netherlands: Dordrecht, The Netherlands, 2011; ISBN 9789048198054.
- Nordh, H., Grahn, P., Währborg, P., 2009 a. Meaningful activities in the forest, a way back from exhaustion and long-term sick leave. *Urban For. Urban Green.* 8 (3), 207–219.
- Nordh, H., Hartig, T., Hägerhäll, C., Fry, G., 2009 b. Components of small urban parks that predict the possibility for restoration. *Urban For. Urban Green.* 8 (3), 225–235.
- O'Brien, L. and Murray, R. 2007 'Forest School and its impacts on young children: Case studies in Britain', *Urban Forestry & Urban Greening* 6(4): 249-265.
- O'Brien, L., De Vreese, R., Kern, M., Sievänend, T., Stojanova, B., Atmiş, E., 2017. Cultural ecosystem benefits of urban and peri-urban green infrastructure across different European countries. *Urban For. Urban Green.* 24, 236–248.
- O'Brien, L., Forster, J., 2017. *Fun and Fitness in the Forest: Monitoring and evaluation of the three-year Active Forest pilot programme*. Report to Sport England and Forestry Commission England. Forest Research, Farnham. file:///C:/Users/Lenovo/Desktop/FR_Obrien_funandfitness_fullreportFINALSept2017.pdf.
- O'Brien, L., Morris, J., Stewart, A., 2012. *Exploring relationships between peri-urban woodlands and people's health and well-being*. The Research Agency of the Forestry Commission.
- O'Donovan, M.R.; Gapp, C.; Stein, C. Burden of disease studies in the WHO European Region—a mapping exercise. *Eur. J. Public Health* 2018, 28, 773–778. [CrossRef] [PubMed]
- Ochiai, H., Ikei, H., Song, C., Kobayashi, M., Miura, T., Kagawa, T., Li, Q., Kumeda, S., Imai, M., & Miyazaki, Y. (2015 a). Physiological and psychological effects of a forest therapy program on

middle-aged females. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(12), 15222–15232. <https://doi.org/10.3390/ijerph121214984>

Ochiai, H., Ikei, H., Song, C., Kobayashi, M., Takamatsu, A., Miura, T., Kagawa, T., Li, Q., Kumeda, S., Imai, M., Miyazaki, Y., 2015 b. Physiological and psychological effects of forest therapy on middle-aged males with high-normal blood pressure. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 12, 2532–2542. <https://doi.org/10.3390/ijerph120302532>

OFSTED 2004 'Outdoor Education - Aspects of good practice', London: Department for Education and Skills

Oh, B., Lee, K. J., Zaslowski, C., Yeung, A., Rosenthal, D., Larkey, L., & Back, M. (2017). Health and well-being benefits of spending time in forests: Systematic review. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 22(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12199-017-0677-9>

Oh, K.H., Shin, W.S., Khil, T.G., Kim, D.J., 2020. Six-step model of nature-based therapy process. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020 (17), 685. <https://doi.org/10.3390/ijerph17030685>.

Ohe, Y., Ikei, H., Song, C., Miyazaki, Y., 2017. Evaluating the relaxation effects of emerging forest-therapy tourism: a multidisciplinary approach. *Tour. Manag.* 62, 322e334. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2017.04.010>.

Ohtsuka, T., Shizu, Y., Hirota, M., Yashiro, Y., Shugang, J., Iimura, Y., & Koizumi, H. (2014). Role of coarse woody debris in the carbon cycle of Takayama forest, central Japan. *Ecological Research*, 29(1), 91–101. <https://doi.org/10.1007/s11284-013-1102-5>

Palsdottir, A. M. (2014). The role of nature in rehabilitation for individuals with stress-related mental disorders. Alnarp, Sweden: SLU [Doctoral Thesis 2014:45]

Park BJ, Tsunetsugu Y, Kasetani T et al (2010) The physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the forest atmosphere or forest bathing): evidence from field experiments in 24 forests across Japan. *Environ Health Prev Med* 15:18–26. doi:10.1007/s12199-009-0086-9

Park, B.J., Tsunetsugu, Y., Ishii, H., Furuhashi, S., Hirano, H., Kagawa, T., Miyazaki, Y., 2008. Physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the atmosphere of the forest) in a mixed forest in Shinano Town, Japan. *Scandinavian J. Forest Res.* 23, 278–283. <https://doi.org/10.1080/02827580802055978>.

Park, B.J., Tsunetsugu, Y., Kasetani, T., Hirano, H., Kagawa, T., Sato, M., Miyazaki, Y., 2007. Physiological effects of Shinrin-Yoku (taking in the atmosphere of the forest)—Using salivary cortisol and cerebral activity as indicators. *J. Physiol. Anthropol.* 26, 123–128.

Park, B.J., Tsunetsugu, Y., Kasetani, T., Morikawa, T., Kagawa, T., Miyazaki, Y., 2009. Physiological effects of forest recreation in a young conifer forest in Hinokage Town, Japan. *Silva Fenn* 43, 291–301.

Park, B.J.; Tsunetsugu, Y.; Kasetani, T.; Kagawa, T.; Miyazaki, Y. The physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the forest atmosphere or forest bathing): Evidence from field experiments in 24 forests across Japan. *Environ. Health Prev. Med.* 2010, 15, 18–26. [CrossRef]

Potwarka, L. R., Kaczynski, A. T., & Flack, A. L. (2008). Places to play: Association of park space and facilities with healthy weight status among children. *Journal of Community Health*, 33, 344–350

Qiu, L., Lindberg, S., Nielsen, A.B., 2013. Is biodiversity attractive? On-site perception of recreational and biodiversity values in urban green space. *Landsc. Urban Plan.* 119, 136–146.

Requardt, A., Baycheva, T., Pelli, P., Sotirov, M., 2011. Policies, institutions and instruments by policy area. Indicator B12. Cultural and spiritual values. In: *FOREST EUROPE, UNECE and FAO 2011: State of Europe's Forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe.*

Roberts, A., Hinds, J., & Camic, P. M. (2020). Nature activities and wellbeing in children and young people: a systematic literature review. *Journal of Adventure Education and Outdoor Learning*, 20(4), 298–318. <https://doi.org/10.1080/14729679.2019.1660195>

Rossi, R.; Socci, V.; Talevi, D.; Mensi, S.; Niolu, C.; Pacitti, F.; Di Marco, A.; Rossi, A.; Siracusano, A.; Di Lorenzo, G. COVID-19 pandemic and lockdown measures impact on mental health among the general population in Italy. An N=18147 web-based survey. *medRxiv* 2020. (pre-print). [CrossRef]

RSPB, 2013. Connecting with Nature Retrieved 8/7/15 from. https://www.rspb.org.uk/Images/connecting-with-nature_tcm9-354603.pdf.

Sacchelli, Sandro, et al. (2020). Neuroscience Application for the Analysis of Cultural Ecosystem Services Related to Stress Relief in Forest ». *Forests*, vol. 11, no 2, p. 190. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.3390/f11020190>

Sandifer, P.A.; Sutton-Grier, A.E.; Ward, B.P. Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation. *Ecosyst.*

Shanahan, D. F., Bush, R., Gaston, K. J., Lin, B. B., Dean, J., Barber, E., & Fuller, R. A. (2016). Health benefits from nature experiences depend on dose. *Scientific Reports*, 6(1), 28551. <https://doi.org/10.1038/srep28551>.

Shanahan, D.F.; Astell-Burt, T.; Barber, E.A.; Brymer, E.; Cox, D.T.C.; Dean, J.; Depledge, M.; Fuller, R.A.; Hartig, T.; Irvine, K.N.; et al. Nature-Based Interventions for Improving Health and Wellbeing: The Purpose, the People and the Outcomes. *Sports* 2019, 7, 141. [CrossRef] [PubMed]

Shin, W. S., Shin, C. S., & Yeoun, P. S. (2012). The influence of forest therapy camp on depression in alcoholics. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 17(1), 73–76. <https://doi.org/10.1007/s12199-011-0215-0>

Shin, W.S., Jaakson, R., Kim, E.I., 2001. Benefits-based analysis of visitor use of Sorak-san National Park in Korea. *Environ. Manag.* 28, 413–419.

Shin, W.S., Kim, S.-K., 2007. The influence of Forest experience on Alcoholics' depression levels. *Jour. Korean For. Soc.* Vol. 96 (2), 203–207.

Shin, W.S., Kwon, H.G., Hammitt, W., Kim, B.S., 2005. Urban forest park use and psychosocial outcomes: a case study in six cities across South Korea. *Scand. J. For. Res.* 20, 441–447.

Shin, W.S., Oh, H.K., 1996. The influence of the Forest program on depression level. *Jour. Korean For. Soc.* Vol. 85 (4), 586–595.

Shin, W.S., Shin, Ch.S., Yeoun, P.S., Kim, J.J., 2011. The influence of interaction with forest on cognitive function. *Scand. J. For. Res.* 26, 595–598

Shin, W.S., Yeoun, P.S., Yoo, R.W., Shin, Ch.S., 2010. Forest experience and psychological health benefits: the state of the art and future prospect in Korea. *Environ. Health Prev. Med.* 15, 38–47.

- Song, C., Ikei, H., Kagawa, T., Miyazaki, Y., 2019. Effect of walking in a forest on young women. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 16, 229. <https://doi.org/10.3390/ijerph16020229>.
- Song, C., Ikei, H., Kobayashi, M., Miura, T., Li, Q., Kagawa, T., Kumeda, S., Imai, M., Miyazaki, Y., 2017 b. Effect of viewing forest landscape on middle-aged hypertensive men. *Urban For. Urban Green.* 21, 247–252. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.12.010>
- Song, C., Ikei, H., Kobayashi, M., Miura, T., Taue, M., Kagawa, T., Li, Q., Kumeda, S., Imai, M., Miyazaki, Y., 2015. Effect of forest walking on autonomic nervous system activity in middle-aged hypertensive individuals: a pilot study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 12, 2687–2699. <https://doi.org/10.3390/ijerph120302687>.
- Song, C., Ikei, H., Miyazaki, Y., 2016. Physiological effects of nature therapy: a review of the research in Japan. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 13, 781. <https://doi.org/10.3390/ijerph13080781>.
- Song, C., Ikei, H., Miyazaki, Y., 2017 a. Sustained effects of a forest therapy program on the blood pressure of office workers. *Urban For. Urban Green.* 27, 246–252. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.08.015>.
- Song, C., Ikei, H., Miyazaki, Y., 2018. Physiological effects of visual stimulation with forest imagery. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 15, 213. <https://doi.org/10.3390/ijerph15020213>.
- Song, C.; Ikei, H.; Kagawa, T.; Miyazaki, Y. Effects of walking in a forest on young women. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2019, 16, 229. [CrossRef]
- Sonntag-Öström, E., Nordin, M., Slunga Järvholm, L., Lundell, Y., Brännström, R., Dolling, A., 2011. Can the boreal forest be used for rehabilitation and recovery from stress-related exhaustion? A pilot study. *Scand. J. For. Res.* 26, 245–256
- Sonntag-Öström, E., Stenlund, T., Nordin, M., Lundell, Y., Ahlgren, C., Fjellman-Wiklund, A., Järvholm, L. S., & Dolling, A. (2015). “Nature’s effect on my mind” - Patients’ qualitative experiences of a forest-based rehabilitation programme. *Urban Forestry and Urban Greening*, 14(3), 607–614. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.06.002>
- Sreetheran, M., Konijnendijk van den Bosch, C.C., 2014. A socio-ecological exploration of fear of crime in urban green spaces – a systematic review. *Urban For. Urban Green.* 13 (1), 1–18.
- Stigsdotter, U. K., Corazon, S. S., Sidenius, U., Refshauge, A. D., & Grahn, P. (2017). Forest design for mental health promotion—Using perceived sensory dimensions to elicit restorative responses. *Landscape and Urban Planning*, 160, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.11.012>
- Stoltz J., Grahn P., Perceived sensory dimensions: An evidence-based approach to greenspace aesthetics, *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 59, 2021, 126989, ISSN 1618-8667, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.126989>.
- Sung, J.D., Woo, J.M., Kim, W., Lim, S.K., Chung, E.J., 2012. The effect of cognitive behavior therapy-based Forest Therapy program on blood pressure, salivary cortisol level, and quality of life in elderly hypertensive patients. *Clin. Exp. Hypertens.* 30, 1–7
- Tabbush, P., 2010. Cultural Values of Trees, Woods and Forests. Final report. The Research Agency of the Forestry Commission. file:///C:/Users/Lenovo/Desktop/Cultural_value_woods_full_report_March2010.pdf

Takayama N, Fujisawa M, Aramaki M, Mmorikawa T (2012) Influence of Subjective Appraisal and Personality and Other Traits to Psychological Stress Reduction Effect Caused by the Sunshine Filtering Through Foliage in the Forest Picture. *J Jpn Inst Landsc Archit (in Japanese)* 75:565–570. doi:10.5632/jila.75.565

Takayama, N., Fujiwara, A., Saito, H., Horiuchi, M., 2017 a. Management effectiveness of a secondary coniferous forest for landscape appreciation and psychological restoration. *Int. J. Env. Res. Public Health* 14, 800.

Takayama, N., Korpela, K., Lee, J., Morikawa, T., Tsunetsugu, Y., Park, B.-J., Li, Q., Tyrväinen, L., Miyazaki, Y., & Kagawa, T. (2014). Emotional, restorative and vitalizing effects of forest and urban environments at four sites in Japan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(7), 7207–7230. <https://doi.org/10.3390/IJERPH110707207>.

Takayama, N.; Saito, H.; Fujiwara, A.; Horiuchi, M. (2017 b) The effect of slight thinning of managed coniferous forest on landscape appreciation and psychological restoration. *Prog. Earth Planet. Sci.* 4, 17. [CrossRef]

Tennessen, C., Cimprich, B., 1995. Views to nature: effects on attention. *J. Environ. Psychol.* 15, 77–85. [http://dx.doi.org/10.1016/0272-4944\(95\)90016-0](http://dx.doi.org/10.1016/0272-4944(95)90016-0).

Toda, M.; Den, R.; Hasegawa-Ohira, M.; Morimoto, K. Effects of woodland walking on salivary stress markers cortisol and chromogranin A. *Complement. Ther. Med.* 2013, 21, 29–34. [CrossRef] [PubMed]

Tomao, A., Secondi, L., Carrus, G., Corona, P., & Portoghesi, L. (2018). Restorative urban forests : Exploring the relationships between forest stand structure , perceived restorativeness and bene fi ti s gained by visitors to coastal *Pinus pinea* forests. *Ecological Indicators*, 90(February), 594–605. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.03.051>

Tsunetsugu, Y., Park, B. J., & Miyazaki, Y. (2010). Trends in research related to “shinrin-yoku” (taking in the forest atmosphere or forest bathing) in Japan. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 15(1), 27–37. <https://doi.org/10.1007/s12199-009-0091-z>

Tsunetsugu, Y., Park, B.J., Ishii, H., Hirano, H., Kagawa, T., Miyazaki, Y., 2007. Physiological effects of Shinrin-Yoku (taking in the atmosphere of the forest) in an oldgrowth broadleaf forest in Yamagata Prefecture. *Japan. J. Physiol. Anthropol.* 26, 135–142.

Tsunetsugu, Y.; Lee, J.; Park, B.; Tyrväinen, L.; Kagawa, T.; Miyazaki, Y. Landscape and Urban Planning Physiological and psychological effects of viewing urban forest landscapes assessed by multiple measurements. *Landsc. Urban Plan.* 2013, 113, 90–93. [CrossRef]

Tsutsumi, M.; Nogaki, H.; Shimizu, Y.; Stone, T.E.; Kobayashi, T. Individual reactions to viewing preferred video representations of the natural environment: A comparison of mental and physical reactions. *Japan J. Nurs. Sci.* 2017, 14, 3–12. [CrossRef]

Ulrich, R. (1983). Aesthetic and affective response to natural environment. In I. Altman, & J. Wohlwill (Eds.), *Human behavior and the natural environment* (pp. 85e125). New York: Plenum Press.

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)

- Van den Berg, A.E., Koole, S.L., Van der Wulp, N.Y., 2003. Environmental preference and restoration: (How) are they related? *J. Environ. Psychol.* 23, 135–146.
- Velarde MD, Fry G, Tveit M (2007) Health effects of viewing landscape-Landscape types in environmental psychology. *Urban For Urban Green* 6:199–211
- Vujcic, M., Tomicevic-Dubljevic, J., Grbic, M., Lecic-Tosevski, D., Vukovic, O., & Toskovic, O. (2017). Nature based solution for improving mental health and well-being in urban areas. *Environmental Research*, 158, 385–392. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.06.030>
- Wang, R.; Zhao, J. Effects of evergreen trees on landscape preference and perceived restorativeness across seasons. *Landsc. Res.* 2020, 45, 649–661. [CrossRef]
- Williams, K., Harvey, D., 2001. Transcendent experience in forest environments. *J. Environ. Psychol.* 21, 249–260.
- World Federation for Mental Health. DEPRESSION: A Global Crisis; World Mental health Day, October 10; World Federation for Mental Health: Occoquan, VA, USA, 2012.
- World Health Organization. (2002). Nations for mental health final report. Geneva: Retrieved from https://www.who.int/mental_health/media/en/400.pdf
- Yamaguchi, M., Deguchi, M., Miyazaki, Y., 2006. The effects of exercise in forest and urban environments on sympathetic nervous activity of normal young adults. *J. Int. Med. Res.* 34, 152–159.
- Yeon, P.S., Shin, Ch.S., Lee, J.W., Cha, J.Y., Ohga, Sh., 2019. A study on environmental sensitivity and friendship among elementary and middle school students by the size of school Forest. *J. Fac. Agric. Kyushu Univ.* 64 (1), 9–14.
- Yi, Jiyune, Boncho, Ku, Kim, Seul Gee, Khil, Taegy, Lim, Youngsuwn, Shin, Minja, Jeon, Sookja, Kim, Jingun, Kang, Byunghoon, Shin, Jongyeon, Kim, Kahye, Young Jeong, Ah., Park, Jeong Hwan, Choi, Jungmi, Cha, Wonseok, Shin, Changseob, Shin, Wonsop, Kim, Jaeuk U., 2019. Traditional Korean medicine-based Forest therapy programs providing electrophysiological benefits for elderly individuals. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 16, 4325. <https://doi.org/10.3390/ijerph16224325>. 2019.
- Yokota T, Uehara K, Nomoto Y. Addition of noradrenaline to intrathecal morphine augments the postoperative suppression of natural killer cell activity. *J Anesth.* 2004;18:190–5.
- Yu, C.-P., Lin, C.-M., Tsai, M.-J., Tsai, Y.-C., & Chen, C.-Y. (2017). Effects of short forest bathing program on autonomic nervous system activity and mood states in middle-aged and elderly individuals. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(8), 897. <https://doi.org/10.3390/ijerph14080897>.
- Zabini, F., Albanese, L., Becheri, F. R., Gavazzi, G., Giganti, F., Giovanelli, F., Gronchi, G., Guazzini, A., Laurino, M., Li, Q., Marzi, T., Mastorci, F., Meneguzzo, F., Righi, S., & Viggiano, M. P. (2020). Comparative study of the restorative effects of forest and urban videos during covid-19 lockdown: Intrinsic and benchmark values. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 1–13. <https://doi.org/10.3390/ijerph17218011>

3 Bibliographie liée aux préférences des utilisateurs de la forêt

3.1 Articles fondateurs

Auteurs	Titre de l'article
Edwards et al. 2010 a	Public Preferences for Silvicultural Attributes of European Forests
Filyushkina et al. 2017	Preferences for variation in forest characteristics: Does diversity between stands matter?
Gundersen et Fridvold 2018	Public preferences for forest structures: A review of quantitative surveys from Finland, Norway and Sweden
Nielsen et al. 2007	An economic valuation of the recreational benefits associated with nature-based forest management practices
AGRETA (Breyne et al. 2020)	L'écotourisme en Ardenne, rapport 2 : Les actions et les attentes des résidents, touristes et touristes potentiels par rapport aux espaces naturels.

3.2 Bibliographie

Abildtrup, J., Garcia, S., Olsen, S.B., Stenger, A., 2013. Spatial preference heterogeneity in forest recreation. *Ecol. Econ.* 92:67–77. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.01.001>.

Anon., 2002. The Danish National Forest Programme in an International Perspective. Ministry of the Environment, Danish Forest and Nature Agency, Copenhagen

Axelsson Lindgren, C., 1990. Perceived differences between forest stands – recreation and planning. Ph.D. Thesis (Study II). Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp (in Swedish, with English summary).

Baveye J. & Massinon N. (2008). La valeur économique totale des forêts belges : une première approche. *Federale Overheidsdienst FINANCIEN – BELGIE Documentatieblad*. 68e volume, n° 3, 3e trimestre 2008

Bell, S., Blom, D., Rautamaäki, M., Castel-Branco, C., Simson, A., Olsen, I.A., 2005. Design of urban forests. In: Konijnendijk, C.C., Nilsson, K., Randrup, T.B., Schipperijn, J. (Eds.), *Urban Forests and Trees. A Reference Book*. Springer, Berlin, pp. 149–186.

Bell, S., 2001a. Can a fresh look at the psychology of perception and the philosophy of aesthetics contribute to the better management of forest landscapes? In: Sheppard, S.R.J., Harshaw, H.W. (Eds.), *Forest and Landscapes. Linking Ecology, Sustainability and Aesthetics*. IUFRO Research Series, No. 6. CAB International, Oxon, UK, pp. 125–148

Bell, S., 2001b. Landscape, perception and visualisation in the visual management of forests. *Landsc. Urban Plan* 54, 201–211

Berninger, K., Adamowicz, W.L., Kneeshaw, D.D. and Messier, C. 2010 Sustainable forest management preferences of interest groups in three regions with different levels of industrial forestry: an exploratory attribute-based choice experiment. *Environ. Manage.* 46 (1), 117–133.

BLASCO, E., GONZÁLEZ-OLABARRIA, J.R., RODRÍGUEZ-VEIGA, P., PUKKALA, T., KOLHEMAINEN, O. & PALAHÍ, M. (2009) Predicting scenic beauty of forest stands in Catalonia (North-east Spain). *Journal of Forestry Research*, 20(1): 73-78.

Jens, A., Johanna, B., & Soraya, C. (2021). L'écotourisme en Ardenne, Rapport 4 : Une évaluation des valeurs économiques pour les visiteurs des espaces naturels.

- Carlson, A., 2001. Aesthetic preferences for sustainable landscapes: seeing and knowing. In: Sheppard, S.R.J., Harshaw, H.W. (Eds.), *Forest and Landscapes. Linking Ecology, Sustainability and Aesthetics*. IUFRO Research Series, No. 6. CAB International, Oxon, UK, pp. 31–41.
- Carvalho-Ribeiro, S.M. and Lovett, A. 2011 Is an attractive forest also considered well managed? Public preferences for forest cover and stand structure across a rural/urban gradient in northern Portugal. *Forest Policy Econ.* 13 (1), 46–54.
- Christie, M., Hanley, N. and Hynes, S. 2007 Valuing enhancements to forest recreation using choice experiment and contingent behaviour methods. *J. For. Econ.* 13,75–102.
- Colson, V., Lejeune, P., ROndeux, J. (2009), la fonction récréative de la forêt wallonne : évaluation et pistes de réflexion pour son intégration optimale dans l'aménagement intégré des massifs. *Forêt wallonne* 101.
- COOK, W.L. Jr. (1972) An evaluation of the aesthetic quality of forest trees. *Journal of Leisure Research* 4:293-302.
- Daniel TC (2006) Public preferences for future conditions in disturbed and undisturbed northern forest sites. *Public Wild Fire Manag Soc Sci Find Manag* 53–62.
https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr_nrs1.pdf#page=63
- Daniel, T.C., Muhar, A., Arnberger, A., Aznar, O., Boyd, J.W., Chan, K.M.A., Costanza, R., Elmqvist, T., Flint, C.G., Gobster, P.H., Grêt-Regamey, A., Lave, R., Muhar, S., Penker, M., Ribe, R.G., Schauppenlehner, T., Sikor, T., Soloviy, I., Spierenburg, M., Taczanowska, K., Tam, J., von der Dunk, A., 2012. Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 109:8812–8819. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1114773109>.
- Daniel TC (2001) Whither scenic beauty? Visual landscape quality assessment in the 21st century. *Landsc Urban Planning* 54:267–281
- Dhakal, B., Yao, R.T., Turner, J.a., Barnard, T., 2012. Recreational users' willingness to pay and preferences for changes in planted forest features. *Forest Policy Econ.* 17: 34–44.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2011.11.006>.
- Doimo, I., & Masiero, M. (2020). Forest and Wellbeing : Bridging Medical and Forest Research for Effective Forest-Based Initiatives. 1–31.
- Edwards, D., Jay, M., Jensen, F., Lucas, B., Marzano, M., & Montagne, C. (2010). Tools for Sustainability Impact Assessment Instrument : IP Thematic Priority : 6 . 3 Global Change and Ecosystems Public Preferences for Silvicultural Attributes of European Forests Start date of project : 011105 Duration : 4 years Organisation name of le. *Applied Sciences*, 518128.
- Edwards, D., Jay, M., Jensen, F., Lucas, B., Marzano, M., Montagné, C., Peace, A., Weiss, G., Edwards, D., Jay, M., Jensen, F., Lucas, B., & Marzano, M. (2010). Deliverable D2 . 3 . 6 : Assessment of the recreational value of European forest management alternatives To cite this version : HAL Id : hal-01072271 Tools for Sustainability Impact Assessment.
- Edwards D, Jay M, Jensen FS et al (2012) Public preferences for structural attributes of forests: Towards a pan-European perspective. *Forest Policy Econ* 19:12–19. doi:10.1016/j.forpol.2011.07.006
- Elsadek, M.; Sun, M.; Sugiyama, R.; Fujii, E. Cross-cultural comparison of physiological and psychological responses to different garden styles Cross-cultural comparison of physiological and

- psychological responses to different garden styles. *Urban. For. Urban. Green.* 2018, 38, 74–83. [CrossRef]
- Elsasser, P., Englert, H., Hamilton, J., 2010. Landscape benefits of a forest conversion programme in North East Germany: results of a choice experiment. *Ann. For. Res.* 53, 37–50.
- Emborg J, Christensen M, Heilmann-Clausen J (2000) The structural dynamics of Suserup Skov, a near-natural temperate deciduous forest in Denmark. *For Ecol Man* 126:173–189
- Fichet, V., Branquart, E., Claessens, H., Delescaille, L., Dufrene, M., Graitson, E., Paquet, J., Wibail, L. (2011). Milieux ouverts forestiers, lisières et biodiversité. De la théorie à la pratique.
- Filyushkina, A., Agimass, F., Lundhede, T., Strange, N., & Bredahl, J. (2017). Preferences for variation in forest characteristics : Does diversity between stands matter ? *Ecological Economics*, 140, 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.010>
- Gatersleben, B.; Andrews, M. When walking in nature is not restorative-The role of prospect and refuge. *Heal. Place* 2013, 20, 91–101. [CrossRef]
- Giergiczny, M., Czajkowski, M., Żylicz, T., Angelstam, P., 2015. Choice experiment assessment of public preferences for forest structural attributes. *Ecol. Econ.* 119:8–23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.07.032>.
- Gobster PH (1999) An ecological esthetic for forest landscape management. *Landsc J* 18:54–64
- Gundersen, V.S., Frivold, L.H., 2008. Public preferences for forest structures: a review of quantitative surveys from Finland, Norway and Sweden. *Urban For. Urban Green.* 7: 241–258. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2008.05.001>.
- Gustavsson, R., Hermy, M., Konijnendijk, C., Steidle-Schwahn, A., 2005. Management of urban woodland and parks-searching for creative and sustainable concepts. *Urban Forests and Trees.* Springer, Berlin Heidelberg:pp. 369–397 http://dx.doi.org/10.1007/3-540-27684-X_14.
- Haakenstad, H. 1972. Forest management in an area of outdoor life. An investigation of public opinion about Oslomarka. Survey A and Survey B. Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole No. 16. Agricultural University of Norway, Ås (in Norwegian, with English summary)
- Haakenstad, H. (1975) Silviculture in recreational areas. The forest and outdoor life in two model areas in Oslomarka. Agricultural University of Norway, Ås (in Norwegian, with English summary)
- Hanley, N., Wright, R.E., Adamowicz, V.I.C., 1998. Using Choice Experiments to Value the Environment. 11 pp. 413–428.
- Hartig, T., & Staats, H. (2006). The need for psychological restoration as a determinant of environmental preferences. *Journal of Environmental Psychology*, 26, 215–226.
- Himpens, S., Laurent, C., Marchal, D. (2017). Le changement climatique et ses impacts sur les forêts wallonnes : recommandations aux décideurs, propriétaires et gestionnaires. <http://biodiversite.wallonie.be/servlet/Repository/changements-climatiques-brochure-recommandations-2017.pdf?ID=38830>
- Holgén, P., Mattsson, L., Li, C.-Z., 2000. Recreation values of boreal forest stand types and landscapes resulting from different silvicultural systems: an economic analysis. *J. Environ. Manag.* 60:173–180. <http://dx.doi.org/10.1006/jema.2000.0377>.

- Horne, P., Boxall, P.C. and Adamowicz, W.L. 2005 Multiple-use management of forest recreation sites: a spatially explicit choice experiment. *Forest Ecol. Manage.* 207, 189–199
- Hummel, F.C., 1992. Aspects of forest recreation in Western Europe. *Forestry* 65, 237–251
- Hunt, L., Twynam, G.D., Haider, W. and Robinson, D. 2010 Examining the desirability for recreating in logged settings. *Soc. Nat. Resour.* 13 (8), 717–734.
- Jensen, F.S., 2000. The effects of information on Danish forest visitors' acceptance of various management actions. *Forestry* 73, 165–172
- Jensen, F.S. 1993. Landscape Managers' and politicians perception of the forest and landscape preferences of the population. *Forest and Landscape Research*, 1, 79-93
- Jensen, F.S., 1999b. Changes in the Forest Preferences of the Danish Population From 1977 to 1994, Forest Recreation in Denmark From 1970 to the 1990s. The Research Series The Royal Veterinary and Agricultural University, Department of Economics and Natural Resources, Unit of Landscape, Hørsholm.
- Juutinen, A., Kosenius, A. and Ovaskainen, V. 2014 Estimating the benefits of recreation-oriented management in state-owned commercial forests in Finland: A choice experiment. *J. For. Econ.* 20 (4), 396–412.
- Kaplan, R., Kaplan, S., 1989. *The Experience of Nature*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kardell, L., Lindhagen, A., 1998. Ett försök med stamvis blädning på Ekenäs. Skogstillstånd (and markvegetation samt attityder (An experiment with single-tree selection at Ekenäs. Forest condition, ground vegetation and attitudes). Report No. 77, Section of Environmental Forestry, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala (in Swedish).
- Kardell, L., 2001. Ett kvartssekel med några luckblädningsexperiment i Uppsalatrakten (1976–2001) (A quarter century with some group selection experiments in the Uppsala area, 1976–2001). Report No. 90, Section of Environmental Forestry, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala (in Swedish).
- Karjalainen, E. 2000. Metsänhoitovaihtoehtojen arvostus ulkoilualueilla (Preferences for forest management alternatives in recreational areas). In: Saarinen, J. and Raivo, P.J. (Eds.), *Metsä, harju ja järvi: Näkökulmia suomalaiseen maisematutkimukseen ja –suunnitteluun*. The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi (in Finnish).
- Karlsson, U., Sola, S., Sidenius, U., & Dahl, A. (2017). Landscape and Urban Planning Forest design for mental health promotion — Using perceived sensory dimensions to elicit restorative responses. *Landscape and Urban Planning*, 160, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.11.012>
- Kellomäki, S. 1975. Forest stand preferences of recreationists. *Forestalia Fennica*. City of Helsinki Real Estate Department, Forestry and Agriculture Division Document 146.
- Kellomäki, S. and Savolainen, R. 1984. The scenic value of the forest landscape assessed in field and laboratory. *Landscape Planning* 11, 97-107.
- KLUKAS, R.W. & DUNCAN, D.P. (1967) Vegetation preferences among Itaska Park visitors. *Journal of Forestry* 65: 18-21

Larrieu, L., Gonin, P. (2008). L'indice de biodiversité potentielle (ibp) : une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers. *Revue Forestière Française*, n° 6, DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.4267/2042/28373>.

Lind, T., Oraug, J., Rosenfeld, I.S. & Østensen, E. 1974. Friluftsliv I Osloomarka. Analyse av en intervjuundersøkelse om publikums bruk og krav til Osloomarka (Recreation in Osloomarka. Analysis of an interview survey about people's use of and demands on Osloomarka). Arbeidsrapport No. 8/74, Norwegian Institute for Urban and Regional Research, Oslo (in Norwegian)

Lindgren, 1995. Forest aesthetics. In: Hytönen, M. (Ed.), Multiple-use Forestry in the Nordic Countries. Metla, Finnish Forest Research Institute, Helsinki Research Centre, Jyväskylä, pp. 279–293.

Lindhagen, A. and Hörnsten, L. 2000. Forest recreation in 1977 and 1997 in Sweden: changes in public preferences and behaviour. *Forestry* 73, 143-151.

LINDHAGEN, A. (1996) An approach to clarifying public preferences about silvicultural systems: A case study concerning group selection and clear-cutting. *Scand. J. For. Res.*, 11, 375-387.

Maebe, L., Claessens, H., Dufrière, M. (2018). Première Charte forestière : comment l'approche des services écosystémiques informe une gestion multifonctionnelle. *Forêt Nature*, 148, 12-29

MARIEL, P., HOYOS, D., MEYERHOFF, J., CZAJKOWSKI, M., DEKKER, T., GLENK, K., . . . THIENE, M. (2021). Environmental Valuation with Discrete Choice Experiments. Guidance on Design, Implementation and Data Analysis. Cham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-62669-3>

Mattsson, L., Li, C., 1994. How do different forest management practices affect the non-timber value of forests?—an economic analysis. *J. Environ. Manag.* 41, 79–88.

Misgav, A., 2000. Visual preference of the public for vegetation groups in Israel. *Landsc. Urban Plan* 48, 143–159.

Nielsen, A.B., Olsen, S.B., Lundhede, T., 2007. An economic valuation of the recreational benefits associated with nature-based forest management practices. *Landsc. Urban Plan.* 80:63–71. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.06.003>.

Nielsen, A.B., Heyman, E., Richnau, G., 2012. Liked, disliked and unseen forest attributes: relation to modes of viewing and cognitive constructs. *J. Environ. Manag.* 113: 456–466. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.014>.

Nouisainen, I., Pukkala, T., 1992. Use of computer graphics for predicting the amenity of forest trails. *Silva Fennica* 26, 241–250

Parsons, R., Daniel, T.C., 2002. Good looking. In defence of scenic landscape aesthetics. *Landsc. Urban Plan* 60, 43–56.

Pearce, D.W., 2001. The economic value of forest ecosystems. *Ecosyst. Health* 7:284–296. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1526-0992.2001.01037.x>.

Petucco, C., Skovsgaard, J.P. and Jensen, F.S. 2013 Recreational preferences depending on thinning practice in young even-aged stands of pedunculate oak (*Quercus robur* L.): comparing the opinions of forest and landscape experts and the general population of Denmark. *Scand. J. For. Res.* 28 (April 2015), 668–676.

- Ribe, R.G., 1989. The aesthetics of forestry: what has empirical preference research taught us? *Environ. Manag.* 13, 55–74.
- Ribe RG (2005) Comparing Changes in Scenic Beauty Produced by Green-Tree Retention Harvests, Thinnings and Clearcuts: Evidence From Three Pacific Northwest Experiments. In: Maguire and others (eds.) *Balancing Ecosystem Values: Innovative Experiments for Sustainable Forestry*. USDA Forest Service, General Technical Report PNW-635. Portland, OR. 137–146.
- Ribe, R. 1990. A general model for understanding the perception of scenic beauty in northern hardwood forests. *Landscape J.* 9: 86–101
- Roover, P., Hermy, M. and Gulink, H. 2002. Visitor profile, perceptions and expectations in forests from a gradient of increasing urbanisation in central Belgium. *Landscape and Urban Planning*, 59, 129-145.
- Savolainen, R. & Kellomäki, S. 1981. Scenic value of forest landscape. *Acta. For. Fenn.* 170, 75pp. (in Finnish, with English summary).
- Scarpa, R., Chilton, S.M., Hutchinson, W.G.G., Buongiorno, J., 2000. Valuing the recreational benefits from the creation of nature reserves in Irish forests. *Ecol. Econ.* 33:237–250.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00143-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00143-3).
- Silvennoinen, H., Pukkala, T., Tahvanainen, L., 2002. Effects of cuttings on the scenic beauty of a tree stand. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17, 263–273.
- Sing, L., Metzger, M. J., Paterson, J. S., & Ray, D. (2018). A review of the effects of forest management intensity on ecosystem services for northern European temperate forests with a focus on the UK. *Forestry*, 91(2), 151–164. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpx042>
- Slee, B., 2005. Socio-economic values of natural forests. *For. Snow Landsc. Res* 79, 157–167.
- Sreetheran, M., Konijnendijk van den Bosch, C.C., 2014. A socio-ecological exploration of fear of crime in urban green spaces – a systematic review. *Urban For. Urban Green.* 13 (1), 1–18.
- Swanwick, C., 2009. Society's attitudes to and preferences for land and landscape. *Land Use Policy* 26, S62–S75.
- Tahvanainen, L., Tyrväinen, L., 2001. Forest management and public perceptions—visual versus verbal information. *Landsc. Urban Plan.* 53, 53–70.
- Termansen, M., McClean, C.J., Jensen, F.S., 2013. Modelling and mapping spatial heterogeneity in forest recreation services. *Ecol. Econ.* 92:48–57. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.05.001>.
- Tyrväinen, L., Silvennoinen, H., Kolehmainen, O., 2003. Ecological and aesthetic values in urban forest management. *Urban For. Urban Green.* 1, 135–149.
- VANWIJNSBERGHE, S. & VAN DE LEEMPUT, C. (25-27 November 2002) Analyse des consultations publiques lors de la mise au point du plan de gestion de la forêt de Soignes – partie Bruxelles Capitale. [Analysis of public consultations when developing the management plan for the Soignes forest – Brussels capital section.]. Colloque « la perception de la forêt ». Paris
- Willis, K. 2003. Woodland – its Contribution to Sustainable Development and the Quality of Life. Report by Environmental Resources Management for The Woodland Trust, UK

E. Annexes



Tableau des équivalences entre les nomenclatures internationales MAE, TEEB et CICES V5.1

<u>Millenium Ecosystem Assessment (MAE 2005)</u>	<u>The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB 2007)</u>	<u>Common International Classification of Ecosystem Services (CICES V5.1 2016)</u>
Provisionning services		
Industrial wood	Raw material	Material / biomass fibre
Non-wood forest products	Food / raw material	Nutrition /biomass
		Material / biomass fibre
Fresh water (water purification, also regulation service)	Water supply	Material / water
		Biochemicals
		Ornamental
Genetic resources	Genetic resources	Material / Biomass, fibre (genetic resources)
Regulation Services		
Pest regulation	Biological control	Maintenance of physical, chemical biological condition / pest and disease control
Health protection		
Water regulation	Regulation of water flows	Mediation of flow / liquid flow
	Disturbance prevention or moderation	Mediation of flow / air flow (storms)
Air quality regulation	Air purification	Maintenance of physical, chemical, biological condition / Atmospheric composition and climate regulation
Climate regulation (incl C sequestration)	Climate regulation (incl C sequestration)	Maintenance of physical, chemical, biological condition / Atmospheric composition and climate regulation

Soil protection (erosion regulation)	Erosion prevention	Mediation of flows / Mass flows
Soil formation (supporting service)	Maintaining soil fertility	Maintenance of physical, chemical, biological condition / Atmospheric composition and climate regulation
Pollination	Pollination	Maintenance of physical, chemical, biological condition / Lifecycle maintenance, habitat and gene pool protection
Habitat		
Biodiversity repository	Maintenance of genetic diversity (especially in gene pool protection)	Maintenance of physical, chemical, biological condition / Lifecycle maintenance, habitat and gene pool protection
	Lifecycle maintenance	
Cultural services		
Spiritual	Spiritual experience	Spiritual, symbolic and other interaction with ecosystem and landscape / spiritual and/or emblematic
Historical		
Ecotourism	Recreation & tourism	Spiritual, symbolic and other interaction with ecosystem and landscape / physical and experiential interaction
Recreation		
Aesthetic values	Aesthetic information	Spiritual, symbolic and other interaction with ecosystem and landscape / other cultural output
Knowledge systems & education	Information for cognitive development	Spiritual, symbolic and other interaction with ecosystem and landscape / physical and experiential interactions

Characteristics of living systems that enable activities promoting health, recuperation or enjoyment through active or immersive interactions

Characteristics of living systems that enable activities promoting health, recuperation or enjoyment through passive or observational interactions

Characteristics of living systems that enable scientific investigation or the creation of traditional ecological knowledge

Elements of living systems that have symbolic meaning

Elements of living systems used for entertainment or representation

Characteristics or features of living systems that have an existence value

Détail des indicateurs utilisés dans l'enquête d'Edwards et al. 2010 a

<p>1. Size of trees within stand</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stand age: from establishment to maturity • Canopy height: from low to high
<p>2. Variation in tree size within stand</p> <ul style="list-style-type: none"> • Variation in tree size: from uniform to diverse • Number of canopy layers: from one to many
<p>3. Variation in tree spacing within stand</p> <ul style="list-style-type: none"> • Variation in tree spacing: from regular to different sized groups of trees and openings
<p>4. Extent of tree cover within stand</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tree cover: from sparse (i.e. retention and seed trees) to moderate (e.g. shelterwood and selection systems) to full (i.e. closed canopy)
<p>5. Visual penetration through stand</p> <ul style="list-style-type: none"> • Distance visible: from short to long • Understorey and shrub layer: from dense to absent
<p>6. Density of ground vegetation cover up to 50 cm height within stand</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ground cover: from absent to dense
<p>7. Number of tree species within stand</p> <ul style="list-style-type: none"> • Number of species: from one to many
<p>8. Size of clear-cuts</p> <ul style="list-style-type: none"> • Size of clear-cuts: from small to large
<p>9. Residue from harvesting and thinning</p> <ul style="list-style-type: none"> • Volume of tree stumps, branches and other visible woody residue: from low to high
<p>10. Amount of natural deadwood (standing and fallen)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Volume of deadwood: from low to high
<p>11. Variation <i>between</i> stands along a 5 km trail through forest</p> <ul style="list-style-type: none"> • Number of forest stand types* encountered: from one to many
<p>12. 'Naturalness' of forest edges</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proportion of 'natural' looking (i.e. not straight) edges: from low to high