

UNIVERSITÉ SORBONNE-NOUVELLE PARIS 3
UFR Arts & Médias
Département de Médiation culturelle
Master Musées et Nouveaux Médias

L'impact environnemental du numérique dans les musées

Le cas des expositions

Joséphine Rastoin

Mémoire de M1 dirigé par M. Fabien Van Geert
2021-2022

Déclaration sur l'honneur

Je, soussignée Joséphine Rastoin, déclare avoir rédigé ce mémoire sans aides extérieures ni sources autres que celles qui sont citées. Toutes les utilisations de textes préexistants, publiés ou non, y compris en version électronique, sont signalées comme telles. Ce travail n'a été soumis à aucun autre jury d'examen sous une forme identique ou similaire, que ce soit en France ou à l'étranger, à l'université ou dans une autre institution, par moi-même ou par autrui.

Fait à Paris, le 30 mai 2022

Joséphine Rastoin

*À ma grand-mère, qui n'a jamais cessé de croire en moi.
À la curiosité, l'amour de la vie et du travail bien fait qu'elle m'a transmis.*

À mon grand-père, pour son amour infailible et son courage.

Remerciements

Je remercie tout particulièrement Fabien Van Geert de m'avoir aidé dans le choix de mon sujet de recherche, pour son suivi et ses conseils précieux tout au long de ce travail ainsi que Monsieur François Mairesse pour l'inspiration que m'ont donné ses propres travaux de recherche.

Je remercie également toutes les personnes qui m'ont accompagné dans mon travail de terrain et sans lesquelles je n'aurais pas pu mener cette enquête, à savoir : Auguste Brisot, Basile Fighiera, Pauline Fleury, Alix Laraignou, Meganne Le Lay, Freddy Pitocco, Victor de Saint-Martin, Alexie Sommer et Ralf Waterfield.

Enfin, je remercie l'ensemble des enseignants du Master 1 Musées et Nouveaux Médias pour les clefs de compréhension et les outils qu'ils nous ont transmis cette année avec une pédagogie sans faille.

Table des matières

Introduction	8
Partie I	12
Le développement d'une conscience écologique et des technologies numériques dans les musées	12
I. 1. L'intégration croissante de l'environnement dans les musées : de la sensibilisation des publics à un renouvellement des pratiques	13
I.1.a. Aux origines de l'environnement dans les musées : les parcs naturels	13
I.1.b. La prise de conscience écologique et le développement du rôle social des musées ..	14
I.1.c. Les écomusées ou l'incarnation rêvée d'un musée véritablement social et écologique	18
I.1.d. La sensibilisation aux problématiques environnementales dans les musées d'art et de sciences	21
I.1.e. La transformation des pratiques muséales	25
I. 2. Transition numérique et contexte néolibéral	30
I.2.a. Le virage néolibéral des musées	30
I.2.b. Le développement du numérique comme réponse aux enjeux de productivité et d'attractivité du musée	33
I.2.c. Le rôle social du numérique	37
Partie II	41
Mesurer l'impact environnemental des expositions numériques	41
II. 1. Objet, périmètre, méthodologie	41
II.1.a. Objet	41
II.1.b. Périmètre	45
II.1.c. Méthodologie	50
II. 2. La démarche	57
II. 3. Exploitation des données	61
II.3.a. Calculs	61
II.3.b. Analyse des résultats	71
II. 4. Limites	75
Conclusion	77
<i>Bibliographie</i>	81
Annexes	

« [E]st-il encore raisonnable de répéter inlassablement des définitions du musée qui envisagent de transmettre le patrimoine aux générations futures, quand celles-ci sont largement soumises à question de leur possibilité même d'existence ? »

L'environnement entre au musée, J. Davallon, G. Grandmont, B. Schiele

Introduction

« La Rmn-Grand Palais lance le projet MUSE », titrait il y a quelques jours le site d'informations *Art Critique*¹. Cette actualité du monde de l'art nous a interrogé. MUSE est un projet qui tend à « démocratiser la culture », en « favorisant l'accès aux grandes œuvres d'art », notamment par la « [mise] au service des territoires » des compétences de la Rmn-Grand Palais². Plus concrètement, ce projet comprend deux modules. Le premier, intitulé « MUSE IMMERSIF », consiste en une exposition numérique immersive « de 150 à 250 m², pré-équip[ée] et pré-scénographi[ée] »³ visant à rediffuser les expositions produites par la Rmn-Grand Palais. Le second, dénommé « MUSE DECOUVERTE », comprend « un parcours basé sur des reproductions d'œuvres en haute définition ou 3D, entouré de dispositifs pédagogiques et ludiques »⁴. Le numérique semble donc omniprésent dans ce projet, qu'il s'agisse de la création et de la présentation de l'exposition numérique immersive, de la reproduction des œuvres ou des dispositifs de médiation proposés. Pourtant, la Rmn-Grand Palais présente ce projet comme s'inscrivant dans « une démarche de développement durable »⁵. À l'heure de la publication par le Shift Project, d'un rapport mettant en lumière l'impact environnemental du numérique dans le secteur culturel⁶, cette assertion apparaît donc quelque peu étonnante.

En effet, le numérique représente aujourd'hui 3 à 4 % des émissions de gaz à effets de serre mondiales. Si ce chiffre paraît à première vue peu élevé, précisons que cela

¹ Art Critique. (2022, 10 juin). La Rmn-Grand Palais lance le projet Muse. [en ligne] <https://www.art-critique.com/2022/06/rmn-grand-palais-lance-projet-muse/> [consulté le 15 juin 2022]

² Rmn-Grand Palais. (s.d.). MUSE. [en ligne] <https://www.grandpalais.fr/fr/muse> [consulté le 15 juin 2022]

³ Ibid.

⁴ Ibid.

⁵ Ibid.

⁶ The Shift Project. (2021, novembre). *Décarbonons la culture !* [Rapport final]. [en ligne] <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2021/11/211130-TSP-PTEF-Rapport-final-Culture-v2.pdf> [consulté le 15 juin 2022]

représente 1,5 fois plus que l’aviation civile⁷. Malgré cela, il semblerait que nous culpabilisons plus de prendre l’avion pour aller passer cinq jours à Bali que de passer une semaine à regarder des séries en streaming en 4K. Cela s’explique notamment par le fait que nous tendons à négliger l’aspect matériel du numérique. L’utilisation récurrente du vocable « virtuel », qui renvoie à « ce qui est en puissance »⁸, à la place du terme « numérique » témoigne d’ailleurs bien de l’imaginaire collectif à ce sujet⁹. Néanmoins, la matérialité du numérique est bien réelle et son impact environnemental l’est tout autant. Sans ralentissement du rythme de croissance de l’usage du numérique et de la vitesse à laquelle les technologies évoluent, les quantités de gaz à effets de serre émises ont de grandes chances d’exploser dans les prochaines années. Certains acteurs professionnels – que ce soit dans le monde de la culture ou dans d’autres domaines – commencent donc à se regrouper pour promouvoir la sobriété numérique, c’est-à-dire l’usage raisonné de ces technologies. En novembre 2021, l’État français a même promulgué une loi « visant à réduire l’empreinte environnementale du numérique en France »¹⁰. Paradoxalement, il existe une forte injonction au numérique de la part des gouvernements ainsi que des institutions internationales.

Nous retrouvons cette même contradiction dans le monde muséal. Ainsi, les musées semblent revendiquer leur position avantageuse pour sensibiliser les populations aux problématiques liées à la crise environnementale. Le G20 a d’ailleurs reconnu en août dernier le « rôle clef des musées en tant que partenaires essentiels pour favoriser le développement durable et lutter contre le changement climatique »¹¹, ainsi que l’a fièrement annoncé le Conseil international des musées (ICOM). Les musées s’imposent comme des acteurs de premier plan dans ce combat non seulement par leurs fonctions de

⁷ Dobré, M., Flipo, F. & Michot, M. (2013). *La face cachée du numérique. L’impact environnemental des nouvelles technologies*. Montreuil : Éditions l’Échappée

⁸ Virtuel. (s.d.). Dans le *Trésor de la Langue Française informatisé* [en ligne] <https://www.cnrtl.fr/definition/virtuel> [consulté le 15 juin 2022]

⁹ Desvallées, A. & Mairesse, F. (dir.). (2011). *Dictionnaire encyclopédique de muséologie* (1ère éd.). Paris : Armand Colin.

¹⁰ LOI n° 2021-1485 du 15 novembre 2021 visant à réduire l’empreinte environnementale du numérique en France (1). Légifrance. (2021, 16 novembre). [en ligne] <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000044327272> [consulté le 15 juin 2022]

¹¹ ICOM. (2021, 2 août). *Le G20 reconnaît le rôle des musées et de l’ICOM dans la lutte contre la crise climatique*. [en ligne] <https://icom.museum/fr/news/le-g20-reconnait-le-role-des-musees-et-de-licom-dans-la-lutte-contre-la-crise-climatique/> [consulté le 14 juin 2022]

préservation, de recherche et de communication¹², mais également par la transformation de leurs propres pratiques. Toutefois, l'utilisation de plus en plus massive et systématique des technologies numériques en leur sein – comme en témoigne l'exemple du projet MUSE de la Rmn-Grand Palais – nous semble, à l'aune des nouvelles connaissances concernant l'impact environnemental de ces dernières, remettre ce rôle en question. Toutefois, nous pouvons remarquer que le développement du numérique dans les musées est aujourd'hui particulièrement axé sur la fonction de communication du musée. Telle que définie par Peter Van Mensch¹³, celle-ci comprend aussi bien les présentations d'artefacts ou de substituts, que les dispositifs de médiation et nous pourrions presque y ajouter, dans le contexte actuel, la communication telle qu'on l'entend aujourd'hui dans le monde des musées. Or, cette fonction semble être au cœur du rôle que peuvent jouer les musées dans la transition écologique.

Dès lors, comment s'articulent le développement d'une conscience écologique et l'essor du numérique au sein des musées ? Dans quelle mesure ces deux tendances sont-elles conciliables ? Et, comment l'évaluer ? Cette dernière question apparaît d'autant plus cruciale que la question de l'impact environnemental du numérique dans les musées n'a fait, à ce jour, l'objet d'aucun ouvrage scientifique à notre connaissance.

Il semble nécessaire de préciser ici que nous avons centré notre travail de recherche sur la fonction de communication des musées et plus particulièrement, sur celle de présentation¹⁴. En effet, celle-ci nous a paru particulièrement intéressante à explorer dans le cadre de l'interaction entre le numérique et l'environnement, du fait qu'elle incarne parfaitement, notamment à travers les expositions temporaires, l'idée reçue selon laquelle les technologies numériques auraient un impact environnemental mineur, en raison de leur immatérialité. Ainsi, nous avons pu constater au cours de nos recherches qu'un certain nombre de personnes, y compris des professionnels du numérique dans les musées, considèrent *a priori* que le transport aérien est responsable de plus de dommages environnementaux que le numérique. S'il est certain que les déplacements induits par les emprunts d'œuvres et le tourisme muséal sont bien souvent responsables d'une partie

¹² Van Mensch, P. (1989). *Professionalising the Muses*. Amsterdam : AHA Books.

¹³ Van Mensch, P. ; op. cit.

¹⁴ Ibid.

importante des dégâts infligés par les musées à l'environnement, l'étude d'expositions numériques nous permet d'apporter un autre éclairage sur la question. Nous nous sommes également focalisés sur les expositions car celles-ci semblent faire l'objet d'un investissement particulier tant du point de vue de l'utilisation de technologies numériques que de celui de la démarche environnementale mise en œuvre par les musées.

Ce mémoire de recherche vise donc à comprendre quelles sont les logiques sous-jacentes au développement quasi simultané des technologies numériques et des préoccupations environnementales dans les musées, produire une première synthèse concernant le sujet de l'environnement et du numérique dans les musées, et proposer un état des lieux de ce qui se fait actuellement en terme d'évaluation d'impact environnemental dans les musées.

Pour tenter de satisfaire ces objectifs, nous procéderons dans un premier temps à l'étude historique du développement des préoccupations environnementales, d'une part et du numérique, de l'autre, dans le monde muséal. Nous nous appuierons, dans ce cadre, sur la littérature scientifique déjà existante sur ces deux sujets pour développer notre propos. Puis, nous nous attèlerons à mesurer l'impact environnemental de deux expositions numériques. Par « expositions numériques », nous entendons : toute exposition dont la majorité, voire l'intégralité, des *expôts*¹⁵ sont présentés sur Internet ou *via* un support numérique. Nous aurons l'occasion de revenir sur cela par la suite. Cette deuxième partie de notre travail de recherche n'aurait pas été possible sans l'accompagnement de personnes spécialisées dans l'analyse de données, ni sans celui d'un expert en sobriété numérique. Celle-ci a également été rendue possible par la participation active de deux personnes travaillant chacune pour une des expositions étudiées. Enfin, pour comprendre quelles étaient les pratiques actuelles en terme d'évaluation de l'impact environnemental des musées, nous avons mené de nombreux entretiens informels.

*

¹⁵ Le terme *expôt* est défini en 1976 par André Desvallées dans son article « Les galeries du Musée national des Arts et traditions populaires : leçons d'une expérience muséologique » (*Musées et Collections publiques de France*, 134, 5-37.) pour désigner « tout ce qui est ou peut être exposé, sans distinction de nature, chaque fois qu'il n'est pas nécessaire de préciser s'il s'agit d'original ou de reproduction, d'objets à trois ou à deux dimensions, d'objet d'art ou d'objet utilitaire, de statue, de peinture, de gravure, d'outil ou de machine, d'objet réel, de modèle ou de photographie. ».

Partie I

Le développement d'une conscience écologique et des technologies numériques dans les musées

La crise du Covid-19, qui a débutée en Europe au début de l'année 2020, a considérablement augmenté l'usage des technologies numériques par les musées¹⁶. En effet, ces dernières sont apparues comme le moyen privilégié par les institutions muséales pour conserver un lien avec leurs publics pendant que leurs portes étaient closes¹⁷. En parallèle, l'intérêt des musées pour les questions environnementales semble avoir explosé, le journal *Télérama* parlant même d'un « sursaut écologique suscité dans [ce] milieu » professionnel¹⁸. Au vu des nouvelles connaissances concernant l'impact environnemental des technologies numériques, le développement concomitant de ces deux tendances semble contradictoire. Néanmoins, il paraît important de rappeler que le développement d'une conscience écologique comme l'intégration croissante du numérique dans le monde muséal ne sont pas des faits récents et correspondent à des mouvements amorcés il y a plusieurs dizaines d'années déjà. Afin de contextualiser notre sujet et de comprendre comment s'articulent ces deux tendances au sein des musées, il s'avère donc nécessaire de revenir sur leur histoire qui ont d'ailleurs bien souvent connu des chemins parallèles.

¹⁶ Ainsi, le site internet digitalmuseums.at, créé par Chiara Zuanni, recense près de 800 nouveaux projets numériques mis en place par les musées du monde entier au cours de cette période.

¹⁷ Selon le rapport de l'Unesco, *Les musées dans le monde face à la pandémie de COVID-19 (2020)*, sur un total de 182 pays dans le monde disposant d'au moins un musée, 156 ont pris des « mesures de fermetures pour l'ensemble du réseau ».

¹⁸ Arlandis, F. (2022, 10 mars). À l'ère du changement climatique, les musées se cherchent un avenir plus écolo. *Télérama*. [en ligne] <https://www.telerama.fr/sortir/a-l-ere-du-changement-climatique-les-musees-se-cherchent-un-avenir-plus-ecolo-7009198.php> [consulté le 14 mai 2022]

I. 1. L'intégration croissante de l'environnement dans les musées : de la sensibilisation des publics à un renouvellement des pratiques

I.1.a. Aux origines de l'environnement dans les musées : les parcs naturels

La première prise de conscience écologique dans le monde muséal remonte aux années 1960-1970. Toutefois, l'histoire des rapports entre les musées et l'environnement commence *a minima* au milieu du XIX^e siècle avec la création aux États-Unis puis, au Canada et au Mexique, des premiers parcs naturels.

Dès ses origines, le musée a porté une attention particulière à la nature : il en présente les différentes espèces végétales et variétés dans les jardins botaniques, en collectionne des fragments dans les cabinets de curiosités et plus tard, la décrit et la classe davantage systématiquement dans les musées de sciences naturelles. Mais la création des parcs naturels témoigne, selon Jean Davallon, Gérald Grandmont et Bernard Schiele¹⁹, de l'émergence d'un nouveau regard porté sur la nature, mû par la volonté de protéger cette dernière. Ainsi, face à l'industrialisation croissante et à l'avancée rapide de la frontière étasunienne, émerge un mouvement dit « conservationniste », qui plaide pour la conservation de la *wilderness*²⁰ américaine. Celui-ci aboutit sur la création des premiers parcs nationaux : Yosemite en 1864 et Yellowstone en 1872. Si le mouvement conservationniste vise à protéger la nature, il n'a jamais milité en défaveur de l'industrialisation ou du capitalisme naissant, ce qui le distingue du mouvement écologiste qui voit le jour près d'un siècle plus tard.

Dans le cadre de notre sujet, il semble intéressant de noter qu'un certain nombre d'auteurs considèrent que ce sont des motifs économiques et idéologiques qui sont à l'origine des parcs naturels plutôt que les prémisses d'une réelle conscience écologique. Dans son article « Le mouvement environnementaliste aux États-Unis », Jean-Daniel Collomb

¹⁹ Davallon, J., Grandmont, G. & Schiele, B. (1992). *L'environnement entre au musée*. Lyon : Presses universitaires de Lyon ; Québec : Musée de la civilisation. p.27-31.

²⁰ Strigler, M.-C. (2013). La *wilderness* : un espace fantasmé. Dans Laffont, G., Gautier, A., Martouzet, D., Chamerois, G., & Bernard, N. (dir.), *L'espace du Nouveau Monde : Mythologies et ancrages territoriaux* (p. 31-44). Rennes : Presses universitaires de Rennes. [en ligne]

<https://books.openedition.org/pur/86516?lang=fr> [consulté le 06 juin 2022]

affirme ainsi que le parc national de Yosemite serait principalement né de la volonté de renforcer l'identité nationale des États-Unis en valorisant son patrimoine naturel, notamment face au vieux continent et à son patrimoine millénaire²¹. De leur côté, Samuel Depraz et Stéphane Héritier rappellent l'importance de la logique économique à l'œuvre dans la création des premiers parcs naturels. La mise en place d'un espace protégé au niveau fédéral aurait été « largement soutenue » par une des compagnies de chemin de fer les plus importantes des États-Unis, afin de pouvoir y développer une activité touristique²².

Nous constatons donc que, dès son entrée dans le champ d'action muséal, le sujet de la protection environnementale relève de logiques diverses. Le cas des parcs naturels témoigne ainsi de manière précoce de la complexité des dynamiques à l'œuvre dans le développement des musées, où une même évolution peut procéder de forces tout à fait contraires.

I.1.b. La prise de conscience écologique et le développement du rôle social des musées

Si, en dépit des motifs contradictoires qui y contribuent, la création des parcs naturels est bien révélatrice d'un changement de perspective du musée vis-à-vis de l'environnement, ce n'est qu'à partir des années 1960-1970, que s'opère une véritable prise de conscience écologique dans ce domaine.

Celle-ci advient dans le contexte plus global d'une montée en puissance des alertes émanant de la communauté scientifique. Il ne s'agit alors plus seulement de plaider pour la conservation de la nature, comme le faisaient les conservationnistes américains, mais de mettre en avant la pression que les avancées technologiques et le modèle économique des pays occidentaux font peser sur l'environnement²³. D'aucuns considèrent la création et l'utilisation de la bombe atomique sur les villes japonaises d'Hiroshima et de Nagasaki

²¹ Collomb, J.-D. (2016). Le mouvement environnementaliste aux États-Unis. *La Pensée*, 388 (4), p.58-72. [en ligne] <https://www.cairn.info/revue-la-pensee-2016-4-page-58.htm> [consulté le 16 mai 2022]

²² Depraz, S. & Héritier, S. (2012). La nature et les parcs naturels en Amérique du Nord. *L'information géographique*, 76 (4), p.6-28. [en ligne] <https://www.cairn.info/revue-l-information-geographique-2012-4-page-6.htm> [consulté le 17 mai 2022]

²³ Davallon, J., Grandmont, G. & Schiele, B. ; op. cit., p. 27-31.

en août 1945, comme l'élément déclencheur de cet éveil international²⁴. Toutefois, il faut attendre les années 1960 pour que certaines voix qui s'élèvent de la communauté scientifique connaissent un retentissement médiatique. C'est notamment le cas de l'ouvrage *Silent Spring* de Rachel Carson²⁵, qui démontre les effets dévastateurs des pesticides sur l'environnement ou encore de *The Population Bomb* de Paul Ehrlich²⁶, qui relie la croissance démographique à l'épuisement des ressources naturelles. Si comme le rappelle très justement Céline Caro, « plusieurs de ces travaux sont volontiers catastrophistes et remplis de pronostics qui se révéleront souvent largement faux »²⁷, ces derniers ont tout de même le mérite d'alerter l'opinion publique, créant ainsi une demande au sein de la société et mobilisant différents types d'institutions. À partir de 1965, les organisations, programmes et conventions internationales visant à protéger la biodiversité et à lutter contre la dégradation de l'environnement se multiplient. En 1970, l'UNESCO crée le *Programme sur l'Homme et la biosphère* « visant à établir une base scientifique pour améliorer les relations entre les individus et leur environnement »²⁸. En 1972, la première conférence véritablement internationale a lieu sur le sujet à Stockholm. La même année, le Club de Rome, un groupe de réflexion regroupant des industriels, des scientifiques, des économistes et des diplomates, publie le très célèbre rapport Meadows²⁹.³⁰ Ce dernier semble accorder une place de choix aux institutions culturelles et notamment, aux musées, en démontrant que l'accroissement du niveau de bien-être des populations ne peut plus passer par la consommation de masse et doit désormais procéder de la pratique « d'activités [...] moins consommatrices d'énergie et de matière », comme « l'éducation, l'art et la recherche fondamentale »³¹. En effet, ces occupations

²⁴ Worster, D. (1977). *Nature's Economy. The Roots of Ecology*. San Francisco : Sierra Club Books.

²⁵ Carson, R. (1962). *Silent Spring*. Boston : Houghton Mifflin.

²⁶ Ehrlich, P. R. (1968). *The Population Bomb*. New York : Ballantine.

²⁷ Caro, C. (2009). *Le développement de la conscience environnementale et l'émergence de l'écologie politique dans l'espace public en France et en Allemagne, 1960-1990* [Thèse de doctorat, Université Sorbonne-Nouvelle – Paris 3 & Technische Universität Dresden]. Qucosa. p.84 [en ligne] <https://tud.qucosa.de/api/qucosa%3A25487/attachment/ATT-0/> [consulté le 24 mai 2022]

²⁸ *Programme sur l'Homme et la biosphère*. Unesco. [en ligne] <https://fr.unesco.org/mab> [consulté le 24 mai 2022]

²⁹ Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens, W., & Club of Rome. (1972). *The Limits to growth: A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York: Universe Books.

³⁰ Caro, C. ; op. cit., p. 82-94.

³¹ Vivien, F.-D. (2010). Chapitre 1. Les antécédents conceptuels du développement soutenable. Dans Zuideau, B. *Développement durable et territoire* (2^e éd, p.25-35). Villeneuve d'Ascq : Presses

apparaissent en adéquation avec les buts que l'Association américaine des musées³² (« une institution organisée et permanente, sans but lucratif, à but essentiellement éducatif ou esthétique ») et l'ICOM³³ (« toute institution permanente qui conserve et présente des collections d'objets de caractère culturel ou scientifique, à des fins d'étude, d'éducation et de délectation ») donnent aux musées dans leur définition respective de ces derniers, au tournant des années 1960-1970³⁴. Cela témoigne donc des attentes qu'il y a envers les musées à cette époque.

Dans le contexte de contestation générale de la fin des années 1960 – qui apparaît d'ailleurs comme une des conditions d'émergence des mouvements écologistes³⁵ –, le musée, considéré comme un avatar du pouvoir dominant, fait l'objet de violentes critiques. En dépit de la volonté de renforcer son rôle éducatif dans l'immédiat après-guerre afin que celui-ci contribue à garantir la démocratie³⁶, il est taxé d'être une institution sclérosée, au service de la bourgeoisie. Pourtant, au lieu de dépérir et de faire l'objet d'un désintéressement comme l'avaient prédit certains³⁷, le musée va s'en trouver « surinvest[i] »³⁸ comme un outil, destiné non plus à une élite mais à l'ensemble de la population, devant servir à l'affirmation des différentes cultures et à éclairer de son savoir les différents enjeux contemporains. Il ne doit plus rester en dehors des préoccupations sociétales et à ce titre, est tenu de traiter de la question environnementale, ainsi que le prescrit Stanislas S. Adotevi lors de la conférence générale de l'ICOM en 1971. Le musée, en vertu des savoirs et des matériaux dont il dispose, est perçu comme ayant « une

universitaires du Septentrion. [en ligne] <https://books.openedition.org/septentrion/15382?lang=fr> [consulté le 24 mai 2022]

³² L'Association américaine des musées (*American Alliance of Museums*) est une organisation créée en 1906. Celle-ci réunit des professionnels des musées étasuniens afin d'œuvrer pour le bon développement des musées.

³³ ICOM est l'acronyme du Conseil International des Musées (*International Council of Museums*). Il s'agit d'une organisation internationale créée en 1946 dans le but de créer une communauté mondiale des professionnels des musées et d'ainsi contribuer au bon développement des musées dans le monde.

³⁴ Desvallées, A. & Mairesse, F. (dir.). (2011). *Dictionnaire encyclopédique de muséologie* (1ère éd.). Paris : Armand Colin.

³⁵ Caro, C. ; op. cit. p.95-119.

³⁶ Desvallées, A. & Mairesse, F. (dir.) ; op. cit.

³⁷ Bazin, G. (1967). *Le temps des musées*. Liège, Bruxelles : Desoer.

³⁸ Chaumier, S. (2011). La nouvelle muséologie mène-t-elle au parc ? . Dans Chaumier, S. (dir.). *Expoland. Ce que le parc fait au musée : ambivalences des formes de l'exposition* (p.65-88). Paris : Editions Complicités. p.71

responsabilité face à la protection de l'environnement »³⁹ : celle d'informer les populations sur le sujet. L'environnement entre donc au musée par le biais de l'éducation, ainsi qu'en témoigne la publication, par l'Association américaine des musées, de *Museums and the Environment : A Handbook for Education*⁴⁰, un manuel qui, tout en réaffirmant le rôle social des musées et leur visée éducative, donne aux professionnels des musées un certain nombre de clefs pour traiter de ce nouvel enjeu que représente alors l'environnement. La création d'un comité pour l'environnement (*Environmental Committee*) au sein de l'Association américaine des musées (et à l'origine de cette dernière publication) ainsi que le fait que l'environnement soit à l'ordre du jour de toutes les conférences générales de l'ICOM des années 1970 témoigne de l'intérêt croissant des musées pour ce sujet.

Dans les conclusions du *Colloque « Musée et environnement »*, organisé par l'ICOM en 1972⁴¹, le musée apparaît donc comme : « l'un des instruments dont se dotent les sociétés humaines pour étudier les problèmes du monde moderne, leur chercher des solutions et communiquer au public les éléments ainsi rassemblés. ». Celui-ci, qui était défini depuis 1961 par l'ICOM comme « toute institution qui présente des ensembles de biens culturels à des fins de conservation, d'étude, d'éducation et de délectation », devient en 1974 :

Une institution permanente, sans but lucratif, au service de la société et de son développement, ouverte au public, et qui fait des recherches concernant les témoins matériels de l'homme et de son environnement, acquiert ceux-là, les conserve, les communique et notamment les expose à des fins d'études, d'éducation et de délectation. ⁴²

À l'instar de Davallon, Grandmont et Schiele, nous pouvons donc constater que les revendications concernant la responsabilité des musées face à la crise écologique, ont entraîné « un réalignement de [leurs] mission[s] »⁴³. Mais à l'inverse, la prise de

³⁹ Davallon, J., Grandmont, G. & Schiele, B. ; op. cit., p.47.

⁴⁰ American Association of Museums. (1971). *Museums and the Environment: A Handbook for Education*. New-York : Arkville Press.

⁴¹ Colloque « Musée et environnement ». (1973). *Museum*, 25 (1/2), p.119-120 [en ligne] https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000012398_fre [consulté le 25 mai 2022]

⁴² Desvallées, A. & Mairesse, F. (dir.) ; op. cit.

⁴³ Davallon, J., Grandmont, G. & Schiele, B. ; op. cit., p.47.

conscience, à l'échelle de la société, de la nécessité de se préoccuper de l'environnement bénéficie également aux musées, qui ont là une occasion de réaffirmer leur rôle social et trouve ainsi un nouveau souffle. L'anecdote contée par François Mairesse en introduction de son ouvrage *Le Musée, temple spectaculaire* témoigne bien de cela. Au printemps 1971, « Serge Antoine, conseiller du ministre de l'Environnement, Hugues de Varine, directeur de l'ICOM et Georges-Henri Rivière, ancien directeur et conseiller permanent de la même institution », sont réunis pour préparer le discours du ministre de l'Environnement lors de la neuvième Conférence générale de l'ICOM, qui aura lieu à la fin de l'été suivant. Serge Antoine apparaît réticent face à la volonté des représentants de l'ICOM que le ministre face expressément le lien entre les musées et l'environnement dans son discours. Il craint que « l'image du musée – 'ringard et poussiéreux' – risque de ternir la dynamique que le ministre entend insuffler à son ministère ». Au lieu d'abandonner le terme « musée », Hugues de Varine propose alors de lui accoler le préfixe « éco - », créant ainsi un nouveau vocable plus moderne et dynamique : « écomusée ». Et c'est ainsi que le ministre de l'Environnement fit le lien entre les musées et l'environnement dans son discours. ⁴⁴ En dépit du réel intérêt de Hugues de Varine et de Georges-Henri Rivière pour les questions environnementales, cette histoire illustre donc les bénéfices que les musées peuvent retirer de l'intégration de l'écologie à leurs programmes. Par ce biais, ces derniers obtiennent la possibilité de redorer leur image et de se rendre nécessaire à la vie sociale.

I.1.c. Les écomusées ou l'incarnation rêvée d'un musée véritablement social et écologique

En dépit des appels lancés par la communauté internationale et de la demande sociale d'intelligibilité des problématiques environnementales, les musées – et notamment les musées de science qui sont les premiers concernés – apparaissent plutôt circonspects. Il faut attendre les années 1980 pour que ces derniers abordent de manière plus franche et généralisée le thème de la protection de l'environnement⁴⁵. Dans ces années 1960-1970, ce sont donc avant tout les Parcs naturels régionaux et les écomusées qui s'emparent du

⁴⁴ Mairesse, F. (2002). *Le Musée, temple spectaculaire. Une histoire du projet muséal*. Lyon : Presses Universitaires de Lyon. p. 7-8.

⁴⁵ Davallon, J., Grandmont, G. & Schiele, B. ; op. cit., p. 47.

sujet. Il nous faut préciser que le modèle des écomusées a largement influencé la redéfinition du musée. En effet, ce projet de musée véritablement « au service de la société »⁴⁶ et écologique est porté par Georges-Henri Rivière qui fut un acteur majeur de l'ICOM, en tant que directeur puis que membre du conseil permanent.

Si les Parcs naturels régionaux sont, contrairement aux Parcs nationaux, « des territoires de projet et d'aménagement beaucoup plus que de protection »⁴⁷, Georges-Henri Rivière, alors président de l'ICOM, a suivi de près les travaux qui ont abouti à leur création officielle en 1967 et y a contribué en tant que conseiller muséologique. Sous son impulsion, sont nés, dans les Parcs naturels régionaux, des « musées de l'environnement », qui deviendront par la suite des écomusées⁴⁸. Ceux-ci sont inspirés des musées cantonaux nés en France à la fin du XIX^e siècle, des musées de plein air scandinaves mais également par certaines « réalisations muséologiques aux États-Unis », notamment au Musée d'histoire naturelle de New-York et dans un Parc naturel du Nouveau-Mexique⁴⁹. Un des premiers exemples en est le musée de plein air – ou écomusée – de Marquèze, dans le Parc naturel régional des Landes de Gascogne. Celui-ci voit le jour en 1968, peu après l'instauration du Parc naturel régional. Constitué d'une série de bâtiments « reproduisant d'anciennes exploitations » ainsi que de paysages représentant les cultures qui y étaient historiquement mises en œuvre, il vise à « [mettre] en évidence[,] dans une perspective écologique[, la] transformation du milieu par l'homme et [les] échanges entre l'animal, le végétal et le minéral »⁵⁰. Cette première expérience témoigne de l'intégration précoce de l'environnement par les musées de plein air des Parcs naturels régionaux, considérés par Georges-Henri Rivière comme des « écomusées en puissance »⁵¹. En effet, l'ancien directeur de l'ICOM se nourrit de cette expérience pour créer les premiers écomusées. L'objectif de ces derniers est de fournir

⁴⁶ Définition du musée de l'ICOM de 1974

⁴⁷ Géoconfluences. (s.d.). *Parc national en France / parc naturel régional (PNR)*. [en ligne] <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/parcs-nationaux-et-parcs-naturels-regionaux-pnr> [consulté le 26 mai 2022]

⁴⁸ Rivière, G.-H. (1989). *La muséologie selon Georges-Henri Rivière*. Paris : Dunod.

⁴⁹ Ibid.

⁵⁰ Moniot, F. (1973). L'écomusée de Marquèze, Sabres, dans le cadre du Parc naturel régional des Landes de Gascogne. *Museum*, 25 (1/2), p. 81. [en ligne] https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000012398_fre [consulté le 27 mai 2022]

⁵¹ Rivière, G.-H. ; op. cit.

« un miroir » dans lequel la population d'un territoire pourra se regarder et se comprendre, tant d'un point de vue historique que d'un point de vue géographique et dans lequel « ses hôtes » pourront également la connaître. Ils doivent être « conç[us], fabriqu[és] et exploit[és] » main dans la main par le pouvoir et la population du territoire en question. Comme l'ensemble des musées selon la définition de l'ICOM de 1974, ils ont fonction de « laboratoire », de « conservatoire » et d' « école ». Nous constatons là l'influence de Georges-Henri Rivière et de Hugues de Varine dans la redéfinition générale des musées. Enfin, le fait que les écomusées consistent en « une expression » de la relation de l'homme à la nature occupe un paragraphe à part entière de la « définition évolutive » formulée par Georges-Henri Rivière en 1980⁵², ce qui témoigne de l'importance accordée à l'environnement par ce type de musées.

Par-delà le simple facteur environnemental, il semble que les écomusées, tels qu'ils sont définis par Georges-Henri Rivière, portent en germe la notion de développement durable⁵³. Celle-ci est officiellement définie en 1987, dans le dénommé « Rapport Brundtland », comme « un mode de développement qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. »⁵⁴. Elle comporte trois aspects : un aspect social, un aspect économique et un aspect environnemental. Or, les écomusées – du moins en théorie – incluent ces trois piliers. Ils sont participatifs et doivent permettre aux populations autochtones comme étrangères de s'instruire. Ils sont également pensés comme des lieux de tourisme et contribuent à revaloriser les savoir-faire locaux ce qui permet une redynamisation économique du territoire. Et enfin, ils conservent les espaces naturels qui s'y trouvent et comme nous le disions, sensibilisent les populations à la protection de l'environnement.

Dans la contribution de Georges-Henri Rivière au numéro spécial environnement de la revue *Museum*, les écomusées apparaissent comme l'incarnation même de la pensée écologique et, à ce titre, semblent pouvoir assumer le rôle social et environnemental que

⁵² Rivière, G.-H. ; op. cit.

⁵³ Casteignau, M. (2004). Écomusées, musées de société et développement durable - Des valeurs partagées de longue date. *Musées et collections publiques de France*, 243 (3), p. 43-48.

⁵⁴ Commission mondiale sur l'environnement et le développement. (1987). *Notre avenir à tous*.

d'aucuns souhaiteraient voir les musées endosser⁵⁵. Mais cette expérience radicale – en ce qu'elle place la communauté et non la collection au cœur du projet muséal –, après avoir connu un succès international pendant une décennie, périclité⁵⁶. En effet, si ce type de musées ne disparaît pas, il se fait, que ce soit en raison d'un manque de moyens financiers⁵⁷ ou d'un besoin d'institutionnalisation⁵⁸, plus policé. D'autre part, à partir du milieu des années 1980, une autre tendance, que nous étudierons plus en détail par la suite, va prendre le pas sur la logique promouvant un musée véritablement social et environnemental⁵⁹, remettant en question le fait même que celui-ci puisse exister un jour.

Quoi qu'il en soit, les écomusées ainsi que ses principaux défenseurs ont joué un rôle de taille dans le développement du rôle social du musée, comme en témoigne le plan triennal de l'ICOM de 1989-1992 qui insiste sur cet aspect⁶⁰. Dès lors, les musées de sciences naturelles ne peuvent plus traiter de la nature sans aborder les problématiques contemporaines et notamment, celle de la préservation de l'environnement.

I.1.d. La sensibilisation aux problématiques environnementales dans les musées d'art et de sciences

Comme l'ensemble du secteur muséal, les musées de sciences naturelles bénéficient grandement de l'émergence des problématiques environnementales et de la redéfinition de la fonction du musée qui s'ensuit. Ainsi que le rappellent Davallon, Grandmont et Schiele, les musées de sciences naturelles, qui étaient tombés en désuétude à l'heure de la valorisation de la culture scientifique et industrielle, trouvent là l'occasion d'un profond renouvellement. En effet, ces derniers, parce qu'ils traitent déjà de la nature, semblent prédisposés à intégrer les questions environnementales. Par conséquent les expositions

⁵⁵ Rivière, G.-H. (1973). Rôle du musée d'art et du musée de sciences humaines et sociales. *Museum*, 25 (1/2), p. 39-45. [en ligne] https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000012398_fre [consulté le 27 mai 2022]

⁵⁶ Mairesse, F. (2000). La belle histoire aux origines de la nouvelle muséologie. *Culture & Musées*, 17/18 (1), p.47. [en ligne] https://www.persee.fr/doc/pumus_1164-5385_2000_num_17_1_1154 [consulté le 06 juin 2022]

⁵⁷ Hubert, F. (1989). Historique des écomusées. Dans Rivière, G.-H., (1989). *La muséologie selon Georges-Henri Rivière* (p.146-154). Paris : Dunod.

⁵⁸ Mairesse, F. (2000) ; op. cit. p. 47.

⁵⁹ Mairesse, F. (2002) ; op. cit.

⁶⁰ Davallon, J., Grandmont, G. & Schiele, B. ; op. cit., p.48.

traitant de ce sujet se multiplient dès les années 1980-1990. L'inauguration du National Museum of Natural History à New Delhi en 1978, créé dans le but de sensibiliser la population indienne aux problèmes écologiques, témoigne de la globalité de ce mouvement. Mais alors qu'ils se contentaient jusque-là d'exposer froidement des spécimens⁶¹, les musées de sciences naturelles replacent les publics au cœur de leur démarche et revoient leur muséographie en conséquence. En plus de la rénovation de certains dioramas, « ils [s'engagent] à leur tour dans la réalisation de dispositifs interactifs et l'utilisation assez massive de supports technologiques (médiatique, informatique, vidéo-disque, etc.) », afin d'appuyer et de mieux transmettre aux publics le discours scientifique développé dans les expositions. Les auteurs de *L'environnement entre au musée* affirment ainsi que « la muséologie scientifique – en grande partie à travers le développement des expositions scientifiques – a inventé le 'langage' qui caractérise la démarche muséale contemporaine. ». En effet, l'exposition, devenant alors « une pratique communicationnelle », peut, dans certains cas, se passer de montrer des spécimens ou des artefacts pour se concentrer sur les dispositifs, notamment technologiques.⁶² En ceci, le développement, puis la diffusion de la muséologie scientifique à l'ensemble du monde muséal, paraît avoir ouvert la voie aux expositions numériques, composées uniquement de substituts et plus de *real things* selon le concept de Duncan Cameron⁶³.

Il est donc intéressant de remarquer que l'intégration des questions environnementales dans les musées est fortement liée avec le développement de nouvelles technologies en leur sein. Car c'est bien pour assurer leur rôle social, en instaurant un échange avec les visiteurs, à propos des enjeux contemporains – dont l'écologie –, que les musées s'emparent des innovations technologiques. D'autre part, il apparaît dans nos lectures que la prise de conscience écologique qui advient dans les années 1960-1970 est à l'origine de ce « réalignement de [la] mission » des musées. Néanmoins, nous pouvons remarquer que cette dynamique apparaît en contradiction avec les prescriptions scientifiques concernant la protection de l'environnement. En effet, dès 1972, le rapport Meadows faisait expressément le lien entre la croissance économique – elle-même basée sur les

⁶¹ Rasse, P. (2017). *Le musée réinventé*. Paris : CNRS Éditions

⁶² Davallon, J., Grandmont, G. & Schiele, B. ; op. cit., p.48-51

⁶³ Cameron, D. F. (1968). Viewpoint: The Museum as a Communication System and Implications for Museum Education. *Curator*, 11 (1), p.33-40

innovations technologiques – et les multiples dégradations environnementales⁶⁴. L'utilisation croissante des nouvelles technologies dans les musées, dans le but de contribuer à la sensibilisation des populations aux problématiques environnementales apparaît donc paradoxale.

Mais revenons au sujet qui nous intéresse pour l'instant. Après les écomusées et les musées de sciences, ce sont les musées d'art contemporain qui s'emparent de la question environnementale. Dès les années 1960, dans le contexte de contestation de la culture dominante et d'éveil d'une conscience écologique que nous avons décrit précédemment, un certain nombre d'artistes ont intégré l'environnement à leur travail. Ainsi, selon Bénédicte Ramade, « la nature, la survie de l'homme en meilleure harmonie avec son environnement a occupé l'esprit d'artistes comme Alan Sonfist, Helen et Newton Harrison, Patricia Johanson ou encore Mierle Laderman Ukeles dès 1965 [...] »⁶⁵. Si cette dernière remarque à juste titre que l'art écologique se développe principalement aux États-Unis, où ont lieu un grand nombre d'expositions sur le sujet, deux artistes allemands qu'elle considère comme parmi ceux qui représentent le mieux ce mouvement, exposent leurs œuvres en Europe. Ainsi, en 1982, lors de la septième édition de l'exposition quinquennale *Documenta*, à Kassel, en Allemagne, Joseph Beuys inaugure *7000 Eichen*, une sculpture évolutive, composée de 7000 chênes – dont le dernier fut planté par son fils lors de l'exposition suivante – auxquels correspondent autant de colonnes en basalte. Cette œuvre symbolique vise, en confrontant l'arbre et la pierre, à sensibiliser le public au problème de la déforestation et témoigne donc bien de l'implication d'un certain nombre d'artistes contemporains concernant l'éducation à l'environnement. Toutefois, il faut attendre la fin des années 2000 pour que de grandes expositions sur le thème de l'environnement soient organisées dans les musées d'art contemporain. Nous pouvons peut-être expliquer cela par le fait que le processus de redéfinition du musée que nous avons décrit précédemment est alors trop récent et que, le musée d'art, qui est – de manière schématique et selon des conceptions anciennes – le plus éloigné des préoccupations sociétales, met plus de temps à s'adapter à ces mutations. La

⁶⁴ Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens, W., & Club of Rome. ; op. cit.

⁶⁵ Ramade, B. (2007). Mutation écologique de l'art ? . *Cosmopolitiques*, 15, p.35. [en ligne] https://archive.boullier.bzh/cosmopolitiques.com/cosmopolitiques.com/archive/boullier_bzh_03-Ramade_Cosmo%2015.pdf [consulté le 27 mai 2022]

recrudescence de ces expositions témoigne donc de l'intégration par le musée d'art, de la conception du musée développée dans les années 1970. En effet, le traitement des problématiques environnementales par ce dernier implique qu'il adopte une approche interdisciplinaire et transversale, qu'il aborde les grands enjeux contemporains et enfin, qu'il s'inscrive dans une logique communicationnelle. Il semble que cela soit chose faite au vu du nombre d'expositions sur le sujet ces dernières années. Pour la seule année 2022, nous pouvons citer pour exemples les expositions *DEATH TO THE LIVING*, *Long Live Trash* au Brooklyn Museum, *Toi et Moi, on ne vit pas sur la même planète*, au Centre Pompidou Metz ou encore l'exposition itinérante *Tarek Ataoui. Water's Witness*. Les musées d'art contemporain, par leur capacité à exposer des œuvres d'artistes engagés pour l'environnement apparaissent donc désormais comme des acteurs privilégiés de la sensibilisation à l'écologie. D'aucuns considèrent même les artistes comme des intercesseurs profanes, seuls capables de nous aider à transformer notre vision du monde et ainsi nous éviter le désastre écologique en vue⁶⁶. Il est intéressant de remarquer que déjà, en 1973, Georges-Henri Rivière invitait les musées d'art à se saisir de cette problématique en montrant comment ils pouvaient y apporter un éclairage spécifique⁶⁷. L'idée selon laquelle les musées d'art peuvent contribuer à sensibiliser les publics à la crise écologique n'est donc pas neuve, mais il a fallu attendre le XXI^e siècle pour que celle-ci se concrétise.

Dès leur prise en compte par le monde muséal, les problématiques environnementales ont amené les musées à modifier leurs pratiques. Ainsi que nous l'avons vu précédemment, la prise de conscience écologique semble avoir donné l'occasion aux musées de réaffirmer leur rôle social. Dans le but d'assurer leur nouvelle mission, les musées ont innové en multipliant les expositions thématiques et en développant de nouveaux dispositifs de médiation. Cependant, il faut attendre le début des années 2000 pour que les musées prennent conscience de l'impact environnemental de leurs activités et se décident à examiner et à transformer leurs propres pratiques au regard de la crise écologique.

⁶⁶ Bourriaud, N. (2021). *Inclusions : esthétique du capitalocène*. Paris : Presses universitaires de France.

⁶⁷ Rivière, G.-H. (1973). ; op.cit. p. 26-44.

I.1.e. La transformation des pratiques muséales

« [L]es musées ont un rôle à jouer dans la sensibilisation et la pédagogie. Mais, en tant que structure tournée vers ses publics, l'institution muséale peut aussi prendre le parti d'adopter un comportement modèle quant à son empreinte écologique. » affirment, dès 2006, Jérôme Caviglia et Nicolas Ponson, s'appuyant sur le cas du Centre de la Nature Montagnarde (CNM) de Sallanches en Haute-Savoie⁶⁸. Ainsi, ils expliquent comment la réorientation de la programmation du CNM en 2005 a également conduit à l'adoption de bonnes pratiques au sein du centre d'interprétation lui-même. Après avoir listé et évalué les « postes impactants » de son activité, le musée a pu mettre en place des solutions pour réduire ces derniers sans nuire à la qualité de son offre ni de son fonctionnement. Cet exemple illustre donc l'émergence d'une nouvelle prise de conscience au sein des musées : celle de leur propre impact environnemental. Dès lors, il ne suffit plus de sensibiliser les publics à la protection de l'environnement, puis à l'écologie et au développement durable. Il faut envisager une transformation des pratiques internes aux musées. Toutefois, celle-ci ne se fait pas de manière directe, ni dans l'ensemble des établissements du secteur muséal. Le ton persuasif employé par Sarah S. Brophy et Elizabeth Wylie dans *The Green Museum : a primer on environmental practices*⁶⁹, un manuel pensé pour les professionnels des musées afin de les accompagner dans l'adoption de pratiques plus responsables, atteste bien de l'enjeu qui se joue et des forces contradictoires qui le traversent. Cela étant dit, cet ouvrage qui recense des expériences réussies en la matière témoigne de l'ouverture d'une nouvelle ère, en partie initiée par les écomusées.

D'après les différents écrits que nous avons pu consulter⁷⁰, trois grands champs d'action s'offrent aux musées pour diminuer leur impact environnemental. Il s'agit de la construction et de la rénovation des bâtiments, de la conception des expositions et du fonctionnement général des musées.

⁶⁸ Caviglia, J. & Ponson, N. (2006). Patrimoine et développement durable : quelle place et quel(s) rôle(s) pour les musées ? . *Musées et collections publiques de France*, 247 (1), p. 58-59

⁶⁹ Brophy, S. S., Wylie, E. (2008). *The Green Museum. A primer on environmental practices*. Lanham : AltaMira Press.

⁷⁰ Ibid. et Chaumier, S. & Porcedda, A. (dir.). (2011). *Musées et développement durable*. Paris : La Documentation française.

Outre le prestige et les retombées économiques que convoie aujourd'hui l'architecture de certains musées, la manière dont sont conçus le ou les bâtiments d'un musée est également liée à des enjeux de conservation des œuvres. En effet, l'humidité relative de l'air est dépendante des variations de température. Or, l'humidité est responsable d'une partie importante des dégâts que peuvent subir les objets conservés : fissures, assèchement, libération de pigments, moisissures et bactéries. Il est donc nécessaire pour un musée de maintenir une température constante dans les réserves et les salles d'exposition. Le chauffage, la climatisation et les déshumidificateurs (en cas d'humidité relative trop élevée) apparaissent donc comme des outils nécessaires. Toutefois, ces derniers représentent un poste d'impact non négligeable au regard de la consommation énergétique que leur utilisation entraîne. Dès lors, l'isolation, et de manière plus générale, la manière dont sont conçus les bâtiments apparaissent comme des moyens de réguler la température à l'intérieur des musées de manière plus durable. Ainsi, dès la fin des années 1990, un certain nombre de musées ont opté pour un toit végétal, permettant à la fois d'améliorer l'isolation thermique du bâtiment et, dans un contexte urbain, de limiter les dommages causés par la concentration des activités humaines⁷¹. La régulation naturelle de la température d'un bâtiment *via* la construction d'un toit végétal n'est qu'un exemple parmi les différentes possibilités qui s'offrent aux musées pour limiter l'impact environnemental de leur écrin. D'autres préfèrent miser sur l'installation de panneaux solaires photovoltaïques ou l'usage de matériaux recyclés lorsqu'il s'agit d'édifier un nouveau bâtiment. L'utilisation raisonnée de la lumière naturelle peut, dans certains cas, également être un moyen de limiter la consommation énergétique liée au recours à des éclairages artificiels comme c'est par exemple le cas au Louvre Abu Dhabi.

S'il existe donc de nombreuses possibilités pour les musées d'agir sur leur impact environnemental à travers la construction ou la rénovation de leur(s) bâtiment(s), la manière dont sont conçues les expositions et notamment, les expositions temporaires, constitue un autre levier d'action important. En effet, au vu de leur caractère éphémère, celles-ci constituent généralement un poste d'impact environnemental majeur de l'activité d'un musée. Il importe donc de trouver des solutions pour limiter ce dernier sans

⁷¹ Brophy, S. S., Wylie, E. ; op. cit. p.107-110.

pour autant nuire à la qualité du projet. Comme en témoigne la contribution d'Anne-Hélène Rigogne, conservatrice en chef à la Bibliothèque Nationale de France, à l'ouvrage collectif *Musées et développement durable*, il est possible d'agir sur tous les éléments du projet, du choix des objets exposés à la gestion des déchets en passant par la scénographie, le graphisme et l'éclairage⁷². D'autre part, les différents guides d'éco-conception des expositions temporaires que nous avons pu consulter insistent sur le fait que la réduction de l'impact environnemental d'une exposition implique de considérer le projet dans son ensemble et de mettre en œuvre des mesures dès son commencement⁷³. Ainsi, c'est durant la phase de conception que sont prises la majeure partie des décisions concernant le commissariat d'exposition, la scénographie, la médiation, la communication et dont l'impact se répercutera ensuite sur la totalité du projet. Pendant cette période a également lieu un certain nombre de réunions qui induisent le déplacement des personnes impliquées dans le projet et qu'il importe de prendre en compte. Nous pouvons facilement imaginer l'impact environnemental que représentent les déplacements en jet privé de Damien Hirst à l'occasion de son exposition à la Fondation Cartier, inaugurée en juillet 2021⁷⁴. Cela étant dit, différentes possibilités s'offrent aux musées pour réduire les dommages environnementaux de leurs expositions, notamment : limiter le transport (lointain) des œuvres et des personnes impliquées dans le projet, avoir recours à du mobilier issu de matériaux recyclés et/ou le réutiliser, privilégier des formes de scénographie légères ou réutilisables (éviter la construction de cimaises qui seront détruites à l'issue de l'exposition par exemple), privilégier des dispositifs d'éclairage et audiovisuels économes en énergie et réutilisables, recycler tout ce qui ne peut pas être réutilisé.

Enfin, les musées peuvent réduire leur empreinte écologique en prenant des mesures concernant leur fonctionnement général. Cela peut passer par la mise en place d'actions

⁷² Rigogne, A.-H. (2011). Intégrer la démarche « développement durable » à la production des expositions : l'expérience de la Bibliothèque Nationale de France. Dans Chaumier, S. & Porcedda, A. (dir.). *Musées et développement durable* (p.119-128). Paris : La Documentation française.

⁷³ Cité des sciences et de l'industrie / Universcience & Atemia. (2010). *Guide d'éco-conception des expositions*. [en ligne]

https://www.universcience.fr/fileadmin/fileadmin_Universcience/fichiers/developpement-durable/_documents/guide_eco_conceptFR.pdf [consulté le 30 mai 2022]

Palais des Beaux-Arts de Lille & Atemia. (2021). *Guide pratique d'écoconception*. [en ligne]

<https://pba.lille.fr/content/download/6166/71045/file/GUIDE+PRATIQUE+D%E2%80%99%C3%89COCO+NCEPTION.pdf> [consulté le 30 mai 2022]

⁷⁴ Information issue d'un entretien informel avec un prestataire de l'exposition en question.

aussi diverses que : le tri des déchets, la sensibilisation et la formation des équipes à l'écoresponsabilité, la diminution de la consommation énergétique, la structuration des budgets et le choix des sources de financements – on peut notamment penser au programme de mécénat du « Cercle art et écologie » du Palais de Tokyo⁷⁵ –, le choix de produits respectueux de l'environnement que ce soit pour le nettoyage des espaces, la conservation et la restauration ainsi que les activités de médiation et de communication.

Nous pouvons donc observer que les musées disposent d'un grand nombre de leviers pour réduire leur impact environnemental. Mais pour ce faire, les musées doivent évaluer quels sont les postes les plus impactants de leur activité et trouver quelles solutions leurs sont adaptées, ce qui nécessite bien souvent de faire appel à des personnes spécialisées. La multiplication des structures proposant d'accompagner les musées dans la transformation de leurs pratiques témoigne de l'engagement croissant de ces derniers dans cette voie. Dans le contexte français, nous pouvons citer pour exemple l'entreprise Atemia, qui notamment collaboré à l'élaboration des guides d'écoconception de la Cité des sciences et de l'industrie et du Palais des Beaux-Arts de Lille, le collectif Les Augures et l'association La Réserve des arts qui vise à accompagner les professionnels de la culture dans « l'appropriation de l'économie circulaire et le réemploi de matériaux »⁷⁶. Si les musées ont bien souvent recours à des prestataires externes, des personnes spécialisées dans la transition écologique des institutions culturelles peuvent également être intégrées à l'équipe d'un musée. C'est notamment le cas au Muséum national d'Histoire naturelle, où Elsa Borromée occupe actuellement le poste de conseillère en développement durable⁷⁷. Afin de mettre en œuvre des mesures de réduction de leur impact environnemental, les musées peuvent également s'appuyer sur leur réseau professionnel. En effet, nous pouvons observer que les débats, les journées d'étude ou encore les séminaires sur la manière dont les musées peuvent adopter des pratiques plus responsables se sont multipliés au cours des dernières années. Il semble d'ailleurs intéressant de constater que ces événements abordent de plus en plus souvent la question

⁷⁵ Le « Cercle art et écologie » est un programme de mécénat du Palais de Tokyo qui vise à soutenir ce dernier dans ses actions de sensibilisation à l'environnement et dans la transformation de ses pratiques.

⁷⁶ La Réserve des arts. *Page d'accueil*. [en ligne] <https://www.lareservedesarts.org/> [consulté le 30 mai 2022]

⁷⁷ Entretien informel avec Térésa Ribeyron, Chef de projet itinérance au Muséum national d'Histoire naturelle, mars 2022.

de l'impact environnemental du numérique dans les musées. Ainsi, la journée d'étude « Déclat écologique au musée ? »⁷⁸ qui a eu lieu le 22 avril 2022 était entièrement consacrée à ce sujet, qui fut également à l'ordre du jour du workshop « Construire la durabilité de nos musées », organisé par le Palais des Beaux-arts de Lille et la RMN-Grand Palais en janvier 2022⁷⁹. Enfin, l'association Les Augures et le studio de design et d'innovation Ctrl S ont créé l'« Augures lab numérique responsable », un « programme d'expérimentation collaboratif » d'une durée de plusieurs mois sur le thème de la sobriété numérique, destiné aux musées souhaitant réfléchir ensemble à des manières plus responsables d'utiliser les technologies numériques⁸⁰.

Il semblerait donc bien que l'utilisation croissante des technologies numériques, durant la pandémie de Covid-19 et les multiples confinements que celle-ci a engendrés, ait permis aux professionnels des musées d'amorcer une réflexion sur l'impact environnemental du numérique. De manière plus générale, ces deux années de crise sanitaire semblent avoir accéléré le mouvement d'adoption, par les musées, de pratiques plus écologiques. Toutefois, comme nous l'avons vu précédemment, c'est une dynamique qui existe dans le monde muséal depuis déjà plusieurs dizaines d'années et qui n'est donc pas uniquement le fait des événements extraordinaires de ces dernières années. Nous pouvons même nous étonner que celle-ci n'ait pas été lancée plus tôt et que les musées ne se soient d'abord investis que dans la sensibilisation aux problématiques environnementales, sans prendre en compte leur propre impact. Mais l'explication réside peut-être dans le fait qu'à l'époque où, « l'environnement entre au musée »⁸¹, les activités de ces derniers ont un impact environnemental beaucoup moins fort qu'aujourd'hui. En effet, dans les années 1980, le tourisme culturel de masse, les expositions *blockbusters* et

⁷⁸ Université Sorbonne-Nouvelle, Master Musées & Nouveaux Médias, Promotion John Kinard. (2022, 22 avril). *Déclat écologique au musée. Entre transition écologique et numérique, quel avenir pour les musées ?* [Journée d'étude]. [en ligne] <https://www.youtube.com/watch?v=1rhW0I1tO-s> [consulté le 14 juin 2022]

⁷⁹ Palais des Beaux-arts de Lille & Réunion des Musées Nationaux – Grand Palais. (s.d.) *Workshop #1, 27 & 28 janvier 2022 : Construire la durabilité de nos musées* [Programme]. [en ligne] https://pba.lille.fr/content/download/6162/71025/file/WORKSHOP_Programme+complet.PDF [consulté le 07 juin 2022]

⁸⁰ Les Augures & Ctrl S. (2021, décembre). *Augures lab numérique responsable* [Dossier de projet]. [en ligne] <https://ifdigital.institutfrancais.com/sites/default/files/media/Augures%20Lab%20-%20Nume%CC%81rique%20responsable%202022%20-%20sans%20exemple.pdf> [consulté le 07 juin 2022]

⁸¹ Davallon, J., Grandmont, G., Schiele, B. ; op.cit.

le développement de l'usage des technologies informatiques dans les musées sont encore relativement nouveaux. C'est donc assez paradoxalement, qu'alors que les musées intègrent l'environnement à leur programmation, leurs pratiques deviennent elles-mêmes de plus en plus impactantes. Comme nous l'avons brièvement évoqué, la confrontation de ces deux évolutions contradictoires semble due à l'émergence d'un nouveau modèle qui, en l'espace d'une vingtaine d'années, va considérablement transformer le monde des musées.

I. 2. Transition numérique et contexte néolibéral

I.2.a. Le virage néolibéral des musées⁸²

Si la « crise des musées »⁸³ évoquée précédemment débouche d'abord sur le développement du rôle social du musée, qui doit alors permettre à l'ensemble des citoyens de mieux comprendre les enjeux contemporains, un tout autre paradigme vient très vite s'adjoindre à celui-ci. En effet, la crise économique qui a lieu dans les années 1970 favorise, au cours de la décennie suivante, l'adoption du modèle néolibéral prôné par Margaret Thatcher, première ministre britannique, et Ronald Reagan, président des États-Unis. Celui-ci est fondé sur le retrait de l'État qui doit se contenter de créer et de maintenir les conditions nécessaires à l'économie de marché. Les musées qui étaient jusque-là principalement financés par les pouvoirs publics – spécifiquement en France –, vont alors s'en trouver considérablement transformés. En effet, « l'État renonçant partiellement à son rôle de financeur, ce sont d'autres mécanismes qui doivent prendre sa place. »⁸⁴. Les musées se voient donc obligés de parvenir à générer des recettes propres, ce qui passe par l'attraction de nouveaux visiteurs et d'entreprises.⁸⁵

⁸² Landry, A. & Schiele, B. (2013). L'impermanence du musée. *Communication & langages*, 175, 27-46. [en ligne] <https://www.cairn.info/revue-communication-et-langages1-2013-1-page-27.htm> [consulté le 25 avril 2022]

⁸³ O'Doherty, B. (1972). *Museums in crisis*. New-York : Braziller.

⁸⁴ Mairesse, F. (2002). *Le Musée, temple spectaculaire. Une histoire du projet muséal*. Lyon : Presses Universitaires de Lyon.

⁸⁵ Ibid.

À la logique sociale qui prédominait dans les années 1970, se juxtapose donc une logique du spectaculaire permettant d'attirer les foules. Selon François Mairesse, cette dernière, qui se propage rapidement à l'ensemble du monde muséal, repose sur quatre caractéristiques principales. La première est l'importance que prend l'« image visuelle » du musée. Cette dernière, qui comprend aussi bien l'architecture du musée que sa communication (logo, charte graphique etc.), se doit d'être résolument contemporaine et innovante. La deuxième est l'introduction de « la technique » dans toutes les activités du musée dans le but de maximiser ses performances. La gestion des collections se fait désormais de manière informatisée, les expositions font l'objet d'une planification serrée et ont de plus en plus recours aux multimédia, l'administration est enrichie de contrôleurs de gestion, de responsables financiers et du personnel. Enfin, la venue du public fait elle aussi l'objet d'une planification nouvelle à travers des études de marché et la gestion des flux de visiteurs. La troisième caractéristique de la logique spectaculaire est « l'évènementiel ». Les expositions temporaires – de préférence d'artistes stars⁸⁶ –, les évènements en tout genre comme les concerts – nous pouvons prendre pour exemple le récent concert du groupe de musique électronique Justice au Château de Versailles⁸⁷ – et les défilés de mode permettent aux musées d'obtenir une reconnaissance médiatique et ainsi d'attirer de nouveaux visiteurs. Ces derniers sont donc privilégiés, bien souvent au détriment des collections permanentes. L'auteur identifie enfin « le ludique ainsi que son corollaire, le politiquement correct » comme quatrième caractéristique du spectaculaire muséal. Ainsi, l'éducation, en ce qu'elle s'oppose aujourd'hui au divertissement, paraît « être la chose la plus ennuyeuse qui soit ». Dans la logique d'auto-financement des musées, ces derniers ne peuvent donc pas se permettre de pâtir de l'image négative que revêt l'école ou le travail. Pour être considéré comme un loisir et pouvoir faire concurrence aux autres activités que l'on pratique sur ces moments-là comme faire des emplettes, aller au cinéma, ou encore, dans un parc d'attractions – qui porte d'ailleurs bien son nom –, le musée doit nécessairement être amusant. Il continue donc (la plupart du temps) à véhiculer un discours scientifique mais celui-ci doit être transmis par le biais du jeu, de contenus multimédia, d'expériences innovantes et d'activités interactives.⁸⁸

⁸⁶ Quemin, A. (2013). *Les stars de l'art contemporain. Notoriété et consécration artistiques dans les arts visuels*. Paris : CNRS Éditions.

⁸⁷ *Versailles Electro*. Château de Versailles. 28 mai 2022.

⁸⁸ Mairesse, F. (2002). ; op. cit.

Ainsi, tout est mis en œuvre pour intéresser les visiteurs et faire en sorte qu'ils se sentent attendus⁸⁹ – c'est également à partir de cette époque que se développent les boutiques et les restaurants au sein des musées –, ce qui rattache en partie ce modèle à celui développé dans les années 1970, qui plaçait les publics au cœur du projet muséal. Toutefois, la prise de conscience écologique que nous avons décrite précédemment, et qui était à la fois à l'origine des transformations du musée et une de ses conséquences, semble avoir été submergée par le développement du spectaculaire muséal sur fond de néolibéralisme. En effet, si, à partir des années 1990, les musées font un pas de plus concernant la sensibilisation environnementale – rappelons que c'est à ce moment-là que les expositions traitant du sujet se multiplient, notamment dans les musées de sciences –, la modification de leurs pratiques dans le sens du spectaculaire muséal apparaît désastreuse d'un point de vue environnemental. Alors que les activités humaines et la consommation de masse ont justement été pointées du doigt comme responsable des dégradations inquiétantes de la planète et que certaines expositions ont même pour but de mettre en lumière ce lien, les musées s'engagent dans une voie impliquant un accroissement de la production, de la consommation et des déchets. Le fait que des boutiques, des restaurants et même parfois des hôtels, voient le jour dans leurs enceintes illustre de manière très explicite l'inscription de ces derniers dans une logique consumériste. D'autre part, les expositions temporaires, qui apparaissent désormais comme une condition nécessaire à la fréquentation d'un musée, ont un impact environnemental particulièrement lourd. En effet, celles-ci mobilisent un grand nombre de ressources humaines et matérielles dont l'impact ne peut pas être amorti sur la durée au vu de leur limitation dans le temps. À cela s'ajoute le fait que dans le spectaculaire, c'est la nouveauté, l'unicité et le sensationnel qui priment. Pour que les expositions répondent à ces critères, des moyens de plus en plus importants sont donc mis en œuvre : emprunts de chefs-d'œuvre à travers le monde, scénographie innovante et dispositifs de médiation dernier cri. Ces derniers impliquent bien sûr une consommation de ressources naturelles, des émissions de polluants et une production de déchets accrues. Enfin, l'inscription des musées dans les circuits touristiques internationaux pèse énormément sur l'impact environnemental des musées qui en bénéficient.

⁸⁹ Rasse, P. (2017). *Le musée réinventé*. Paris : CNRS Éditions.

L'application par les musées du modèle néolibéral apparaît donc bien en contradiction avec le développement d'un musée véritablement écologique. Par ailleurs, si la logique du spectaculaire muséal reprend à son compte le mouvement de mise au service des publics et de démocratisation des musées, initié par les défenseurs du rôle social de ces derniers, c'est désormais dans une toute autre optique. À la lumière de celle-ci, nous pouvons donc émettre l'hypothèse que le développement des technologies numériques dans les musées – même dans le cadre de dispositifs de médiation – serait moins lié à la nécessité de véhiculer un discours scientifique sur l'environnement comme le laissaient entendre Davallon, Grandmont et Schiele⁹⁰, qu'à l'apparition de nouveaux objectifs de productivité et d'attractivité dans les institutions muséales.

I.2.b. Le développement du numérique comme réponse aux enjeux de productivité et d'attractivité du musée

« C'est avec la mise en place de bases de données dédiées à l'administration et à la gestion de la collection que les technologies informatiques et les politiques de numérisation entrent au musée. » affirme Florence Andreacola⁹¹. Or, comme nous l'avons vu précédemment, l'introduction de la technique dans tous les domaines du musée et notamment dans l'administration et la conservation, est une des caractéristiques du spectaculaire muséal, lui-même intimement liée au tournant néolibéral qui s'impose aux musées. En effet, l'utilisation des technologies informatiques va accompagner ces derniers dans la rationalisation de leurs activités, condition désormais nécessaire à l'acquisition de ressources pour ces institutions, qu'il s'agisse de ressources propres, de financements privés ou publics⁹². Mais c'est également dans ce contexte que celles-ci vont commencer à être utilisées pour améliorer la communication avec les publics.

Nous pouvons distinguer deux grands usages des technologies numériques dans la relation des musées avec leurs publics. Celles-ci sont d'abord utilisées au sein-même des

⁹⁰ Davallon, J., Grandmont, G., Schiele, B. ; op.cit. p.48.

⁹¹ Andreacola, F. (2014). Musée et numérique, enjeux et mutations. *Revue française des sciences de l'information et de la communication*, 5 (2). [en ligne] <https://journals.openedition.org/rfsic/1056#citedby> [consulté le 01 juin 2022]

⁹² Mairesse, F. (2002). ; op. cit.

expositions, sous forme d'audioguides, de bornes interactives ou encore de *Personal Digital Assistant* (PDA)⁹³. Ces dispositifs sont conçus par les professionnels des musées pour permettre aux visiteurs de bénéficier de contenus supplémentaires et adaptés à leur profil et à leurs envies. Florence Andreacola remarque que l'introduction des PDA dans les musées représente une innovation supplémentaire, en ce que ceux-ci permettent aux visiteurs de prolonger leur expérience en-dehors du musée. Elle prend ainsi l'exemple de l'Experience Music Project Museum de Seattle, où les visiteurs avaient la possibilité d'enregistrer, grâce au PDA mis à leur disposition, les objets de leur choix et pouvaient ensuite retrouver leur sélection sur leur ordinateur personnel, une fois la visite terminée.⁹⁴ Cela qui nous amène au deuxième grand usage des technologies informatiques par les musées dans le cadre de leurs relations avec les publics : l'élargissement de l'espace muséal. Si celui-ci avait déjà été permis par l'utilisation de CD-Rom multimédia que les visiteurs pouvaient acheter à la fin de leur visite et grâce auxquels ils pouvaient continuer leur découverte de l'exposition chez eux, le développement d'Internet – « soit celui d'une communauté d'utilisateurs pouvant s'échanger, de manière quasi immédiate, des données entre eux, sans tenir compte de leur localisation »⁹⁵ – révolutionne cet usage. En effet, le maintien du lien avec les publics hors des espaces traditionnels du musée grâce aux PDA ou à d'autres dispositifs était conditionné par le fait que les personnes se soient rendues au musée au préalable. Avec la création des premiers sites Internet de musées, dans les années 1990, les musées peuvent être en contact avec leurs potentiels publics sans même que ces derniers aient mis un pied au musée. Ainsi, les musées peuvent désormais être en contact avec leurs publics avant, pendant et après la visite.⁹⁶ Dans un premier temps, les sites Internet des musées sont dédiés à la communication d'informations pratiques dans le but d'accompagner les publics dans la préparation de leur visite. Mais ceux-ci se transforment rapidement en espaces à part entière des musées, en proposant d'explorer leurs collections en ligne et en partageant des contenus visant à la découverte ou à l'approfondissement de leurs expositions.⁹⁷ Le Musée Guggenheim de New-York lance

⁹³ Les *Personal Digital Assistant*, ou Assistant Personnel Numérique en français, est, dans sa version la plus évoluée une sorte d'ordinateur de poche.

⁹⁴ Andreacola, F. ; op. cit.

⁹⁵ Desvallées, A. & Mairesse, F. (dir.). (2011). *Dictionnaire encyclopédique de muséologie* (1ère éd.). Paris : Armand Colin.

⁹⁶ Ibid.

⁹⁷ Ibid.

même, dès 1999, un musée entièrement numérique, le Guggenheim Virtual Museum, destiné à présenter l'art internet et à fournir des archives sur les autres formes d'art utilisant les nouveaux médias⁹⁸. L'émergence d'Internet constitue donc un véritable élargissement de l'espace muséal, qui continue aujourd'hui avec le développement des expositions en ligne, qu'elles soient créées en lien avec une exposition ayant eu lieu dans les murs du musée ou uniquement pour exister sur Internet, à l'image de l'exposition *Miró* en réalité virtuelle du Centre Pompidou⁹⁹.

L'introduction des technologies numériques dans la relation des musées aux publics permet donc d'une part de proposer à ces derniers des contenus plus nombreux et plus personnalisés. D'autre part, celle-ci octroie aux musées une présence élargie et une visibilité accrue. Ces deux éléments apparaissent gage d'attractivité pour les musées auprès de potentiels visiteurs, qui leur permettront d'acquérir des ressources propres et ainsi de continuer à exister dans le contexte néolibéral. Par ailleurs, l'usage que font aujourd'hui les musées des technologies numériques s'inscrit pleinement dans le développement du caractère « ludique » des musées, où le visiteur doit être pleinement captivé par ce qui lui est présenté, le spectaculaire muséal n'admettant pas l'ennui¹⁰⁰.

Il serait faux d'affirmer que les dispositifs immersifs ont vu le jour dans les musées avec le tournant néolibéral ; pensons par exemple aux dioramas qui furent utilisés dans les musées dès le XIX^e siècle. Cependant, ceux-ci vont se multiplier dans le contexte de l'adoption par les musées de la logique du spectaculaire. Ainsi, le Centre Pompidou, dont l'inauguration, en 1977, marque le début d'une nouvelle ère pour le monde muséal¹⁰¹, présente-t-il dès 1985, une exposition intitulée *Les Immatériaux*¹⁰². Dans celle-ci, les visiteurs sont invités à se munir d'un casque audio dans lequel sont diffusés tout au long de l'exposition, « des textes, de la musique et des bruits divers [...] 'choisis pour leur

⁹⁸ Rashid, H. (2017, juillet). *Learning from the Virtual*. e-flux. [en ligne] <https://www.e-flux.com/architecture/post-internet-cities/140714/learning-from-the-virtual/> [consulté le 01 juin 2022]

⁹⁹ Centre Pompidou. (s.d.). Exposition virtuelle Miró. [en ligne] <https://www.centrepompidou.fr/fr/exposition-virtuelle-miro> [consulté le 07 juin 2022]

¹⁰⁰ Mairesse, F. (2002). ; op. cit. p.137.

¹⁰¹ Davis, D. (1990). *The Museum transformed. Design and culture in the post-Pompidou age*. New-York : Abbeville Press

¹⁰² *Les immatériaux*. Paris : Centre Georges Pompidou. 28 mars – 15 juillet 1985.

valeur émotionnelle et/ou associative' »¹⁰³. Le but affiché de l'exposition est avant tout de susciter des émotions chez les visiteurs. Le visiteur, s'il choisit de se coiffer du casque audio mis à disposition, est donc auditivement coupé du monde réel, ce qui le pousse à être absorbé par l'exposition. L'appel aux sens et aux émotions contribue également à la perte de distance critique avec ce qui lui est présenté. Tous ces éléments contribuent donc à l'immersion du visiteur dans l'exposition. Or, l'immersion en ce qu'elle évite – de manière un peu binaire – la réflexion, l'ennui, le vide, semble tout à fait correspondre à la dimension ludique du spectaculaire muséal. Les technologies numériques vont permettre de développer des dispositifs immersifs plus élaborés et plus attractifs pour les publics, ainsi que l'illustre le succès que connaissent aujourd'hui les différents centres d'art numérique gérés par l'entreprise Culturespaces. Les expositions qui y sont présentées reposent sur des projections monumentales d'œuvres d'art numérisées qui évoluent et se succèdent sur les murs et auxquelles s'adjoignent sons et lumières. Leur succès peut être évalué à l'aune du nombre de lieux ouverts entre 2011 – date de l'ouverture des Carrières de Lumières aux Baux-de-Provence – et aujourd'hui : sept, sans compter l'ouverture prochaine de trois autres espaces à New-York, Dortmund et Hambourg. Cette prolifération témoigne de la forte demande dont ces expositions font l'objet. Selon le journal *La Croix*, « [m]algré un ticket d'entrée d'environ 14 € pour un adulte, ce sont près de 1,4 million de visiteurs qui se sont pressés en 2019 à l'Atelier des Lumières »¹⁰⁴ (le centre d'art numérique parisien de Culturespaces), soit près de deux fois plus que dans un Musée de France en moyenne¹⁰⁵. Dès lors, il n'est pas étonnant que les musées s'inspirent de ces expositions immersives pour faire attirer des visiteurs dans leurs murs. Les expositions de ce type se multiplient donc dans les musées ainsi que nous pouvons l'observer avec l'« exposition-événement »¹⁰⁶ *L'Odyssée sensorielle* au Museum national d'Histoire naturelle¹⁰⁷, l'exposition *Machu Picchu et les trésors du*

¹⁰³ Vicet, M. (2019). *Les Immatériaux* : visite de l'exposition au casque. *Hybrid*, 6 (1). [en ligne] <https://journals.openedition.org/hybrid/513#quotation> [consulté le 01 juin 2022]

¹⁰⁴ Jaurès, C. (2020, 2 juillet). Le succès des expositions d'art immersives. *La Croix*. [en ligne] <https://www.la-croix.com/Culture/Expositions/Le-succes-expositions-dart-immersives-2020-07-02-1201103036> [consulté le 01 juin 2022]

¹⁰⁵ Fréquentation des Musées de France. *data.culture.gouv.fr* [en ligne] <https://data.culture.gouv.fr/explore/dataset/frequentation-des-musees-de-france/analyze/?refine.annee=2019&dataChart> [consulté le 01 juin 2022]

¹⁰⁶ Museum national d'Histoire naturelle.(s.d.). *L'Odyssée sensorielle*. [en ligne] <https://www.mnhn.fr/fr/exposition-evenement/l-odysee-sensorielle> [consulté le 01 juin 2022]

¹⁰⁷ *L'Odyssée sensorielle*. Paris : Museum national d'Histoire naturelle. 23 octobre 2021 – 4 juillet 2022.

Pérou à la Cité de l'architecture et du patrimoine¹⁰⁸, ou encore et pour ne citer que quelques exemples, avec la création par la Réunion des Musées Nationaux d'une filiale du Grand Palais, dédiée aux expositions numériques immersives : Grand Palais immersif. Il semble d'ailleurs intéressant de remarquer que toutes ces expositions sont le fruit de collaborations avec des entreprises privées ce qui démontre bien l'irruption du marché dans le monde des musées.

Le numérique s'inscrit donc pleinement dans la logique du spectaculaire muséal qui prévaut aujourd'hui dans un certain nombre d'établissements, et en cela apparaît en contradiction totale avec le caractère social et environnemental d'un musée – nous avons vu à quel point l'application du modèle néolibéral à la gestion des musées a augmenté l'empreinte écologique de ces derniers –. Toutefois, la personnalisation et la multiplication des contenus permises par l'usage de dispositifs numériques, la présence des musées sur Internet semblent pouvoir contribuer à la démocratisation des musées et des savoirs qu'ils transmettent. Par conséquent, le développement des technologies numériques dans les musées apparaît ambigu, relevant à la fois d'une logique économique, d'attraction des publics dans le but de générer des ressources et à la fois d'une logique sociale visant à transmettre plus efficacement des savoirs au public le plus élargi et diversifié possible.

I.2.c. Le rôle social du numérique

Malgré le fait que les technologies numériques se soient et continuent d'être développées dans les musées en partie pour des raisons économiques, celles-ci semblent y jouer un rôle social non négligeable, gage de légitimité pour les musées. Dans ces conditions, l'utilisation du numérique dans les musées apparaît – tout comme les musées eux-mêmes – relever de différentes logiques, qui se recoupent parfois, s'opposent souvent, mais s'entremêlent toujours. Dans ce contexte, le musée semble donc « entre deux eaux », nourri des différentes formes qu'on a voulues lui donner et peinant à choisir un modèle sur lequel il pourrait se fixer.

¹⁰⁸ *Machu Picchu et les trésors du Pérou*. Paris : Cité de l'architecture et du patrimoine. 16 avril – 4 septembre 2022.

Nous avons déjà évoqué plusieurs fois au cours de ce travail les bénéfices que peuvent tirer les publics de l'utilisation des technologies informatiques dans les expositions. François Mairesse, malgré son positionnement plutôt critique à propos des moyens employés par le spectaculaire muséal, reconnaît que les études de visiteurs qui ont été faites concernant les dispositifs – notamment numériques –, utilisés pour véhiculer un discours scientifique au travers d'une expérience ludique, révèlent leur efficacité concernant l'apprentissage des visiteurs¹⁰⁹. Pour Davallon, Grandmont et Schiele, ce sont les technologies informatiques qui ont permises aux musées de sciences de s'emparer des questions environnementales et d'en faire part à leurs visiteurs¹¹⁰. Dans le même sens, Bernard Deloche affirme que l'apparition des musées de société ne découle pas seulement des musées d'ethnographie mais témoigne d'un véritable renversement du mode opératoire, inspiré par « l'interactivité non linéaire » offerte par Internet¹¹¹. L'amélioration de la communication avec les visiteurs, placée au cœur du projet muséal des défenseurs d'un musée véritablement social (et écologique), apparaît donc bien avoir été permise par les technologies numériques.

Toutefois, il semblerait que d'autres perspectives puissent s'ouvrir à nous en considérant les imaginaires liés à l'entrée du numérique dans les musées. Eva Sandri en a effectués une analyse approfondie dans un ouvrage tiré de sa thèse : *Les imaginaires numériques au musée ? Débats sur les injonctions à l'innovation*¹¹². Dans celui-ci, elle réalise un état de l'art des recherches ayant été produites sur le sujet. Elle y mentionne un certain nombre d'études qui se révèlent toutes plutôt positives en ce qui concerne les bénéfices retirés par les visiteurs de l'usage de différents dispositifs numériques de médiation. Mais elle insiste également sur le fait qu'aucune de ces études ne tranchent sur les résultats, considérant que les imaginaires positifs autour de l'utilisation du numérique pourraient influencer le point de vue des enquêtés. En effet, celui-ci fait l'objet d'une promotion par les pouvoirs

¹⁰⁹ Mairesse, F. (2002). *Le Musée, temple spectaculaire. Une histoire du projet muséal*. Lyon : Presses Universitaires de Lyon. p. 138.

¹¹⁰ Davallon, J., Grandmont, G. & Schiele, B. ; op. cit. p. 48

¹¹¹ Deloche, B. (2016). L'irruption du numérique au musée : de la muséologie à la noologie. Dans Mairesse, F. (dir.). *Nouvelles tendances de la muséologie* (p. 145-157). Paris : La documentation française.

¹¹² Sandri, E. (2020). *Les imaginaires numériques au musée ? Débats sur les injonctions à l'innovation*. Paris : MKF éditions.

publics comme outil de démocratisation culturelle, par les musées qui mettent en avant l'amélioration de l'expérience des visiteurs que permettent ces dispositifs en ayant systématiquement recours à des superlatifs tels que « visite augmentée », « visite enrichie » etc. et enfin, par les médias qui se font les relais de l'injonction à l'innovation. Une enquête est abstraite de cette problématique car elle implique une réponse physique et non intellectuelle des visiteurs grâce au recueil de données oculométriques et physiologiques. Les résultats obtenus mettent en avant « l'intérêt de ces publics pour le dispositif proposé, ainsi que leur engagement dans l'activité, observé à travers leur niveau de concentration et de réactivité. » et montrent ainsi que le dispositif étudié permettrait d'augmenter l'accessibilité aux contenus proposés par le musée par rapport à des « dispositifs de médiation traditionnelle (type visite guidée basée sur l'interaction verbale) ». Toutefois, ces dispositifs n'ont pas été comparés à d'autres types de médiation originale (en opposition au traditionnel évoqué plus haut) tels que des ateliers d'art plastique par exemple. Eva Sandri, si elle ne dénie pas les possibilités qu'offrent l'usage du numérique dans les musées, met en donc en lumière la nécessité de procéder à des enquêtes fines qui aideront les professionnels des musées à proposer des dispositifs répondant réellement aux besoins des publics. Ainsi, citant les travaux de Joëlle Le Marec, elle rappelle que « les enquêtes menées auprès des publics ne montrent pas : 'l'expression spontanée pour une modernisation systématique de ces musées' ». ¹¹³

L'injonction à l'innovation numérique dans les musées ne correspondrait donc à aucune réalité sociale, mais procéderait plutôt des logiques techniciste et spectaculaire déployées dans les musées dans le contexte de la domination de l'idéologie néolibérale. Par ailleurs, l'ouvrage d'Eva Sandri nous rappelle que, de la même façon qu'il n'existe pas un type de musée sur lequel tous seraient calqués mais une grande diversité, le numérique n'est pas intégré dans tous les musées pareil ¹¹⁴. Ainsi, selon les logiques adoptées par les musées dans leur intégration du numérique à des fins de médiation, celle-ci pourra avoir un réel impact social ou pas. Par conséquent, l'usage de dispositifs numériques peut bien aider les musées à sensibiliser leurs publics aux problématiques environnementales mais, à certaines conditions.

¹¹³ Sandri, E. (2020). *Les imaginaires numériques au musée ? Débats sur les injonctions à l'innovation*. Paris : Mkf éditions.

¹¹⁴ Ibid.

D'autre part et en considérant les impacts positifs de l'usage des technologies numériques sur les visiteurs, d'autres facteurs, souvent délaissés, apparaissent importants à prendre en compte. Ainsi, aucun travail de recherche ne s'est encore consacré à un certain nombre d'aspects de l'utilisation des technologies numériques dans les musées, dont celui de son impact environnemental comme l'évoque très justement Eva Sandri en conclusion de son ouvrage¹¹⁵. En effet, bien que ce sujet soit à l'ordre du jour de plus en plus d'évènements réunissant des professionnels des musées dans le but de réfléchir à leurs pratiques, nous n'avons pu identifier aucune ressource scientifique abordant – même rapidement – l'impact environnemental du numérique dans les musées. Il apparaît donc nécessaire et urgent de produire des données sur cette question.

¹¹⁵ Sandri, E. ; op. cit.

Partie II

Mesurer l'impact environnemental des expositions numériques

II. 1. Objet, périmètre, méthodologie

II.1.a. Objet

Face à la contradiction apparente entre l'intégration de plus en plus poussée du facteur environnemental et l'essor du numérique dans le monde des musées, il nous a semblé nécessaire de se référer à des données chiffrées afin d'évaluer dans quelle mesure l'utilisation croissante des technologies numériques dans les musées est-elle compatible avec une réduction de l'impact environnemental de leurs activités.

Si les technologies numériques sont aujourd'hui utilisées dans l'ensemble des secteurs du musée, il nous a paru particulièrement intéressant de mesurer l'impact environnemental du numérique directement imputable aux expositions temporaires. En effet, comme nous l'avons déjà mentionné précédemment, celles-ci apparaissent particulièrement néfastes d'un point de vue environnemental, du fait de leur caractère éphémère et de l'investissement important dont elles font l'objet, en tant que « produit d'appel par excellence »¹¹⁶ des musées dans le contexte du néolibéralisme. Ainsi, les déplacements induits par le transport des œuvres et le tourisme muséal, et la création de scénographies spectaculaires et inédites ont été particulièrement pointés du doigt ces dernières années, en matière de consommation de ressources naturelles, d'émissions de gaz à effet de serre et de génération de déchets. En comparaison, les expositions numériques, qui n'occasionnent pas de transport d'*expôts*, ni de déplacement de visiteurs – dans le cas des

¹¹⁶ Landry, A. & Schiele, B. (2013). L'impermanence du musée. *Communication & langages*, 175, p. 27-46. [en ligne] <https://www.cairn.info/revue-communication-et-langages1-2013-1-page-27.htm> [consulté le 25 avril 2022]

expositions en ligne –, peuvent paraître plus respectueuses de l’environnement. Le fait que la consommation de ressources et la production de déchets des technologies numériques soient moins directement visibles que celles des activités physiques contribue également à renforcer cette idée. Nous savons pourtant aujourd’hui que celles-ci reposent aussi sur des équipements matériels (centres de données, réseaux et terminaux) et à ce titre, représentent un coût environnemental non négligeable. Ainsi, la consommation énergétique des centres de données – infrastructures physiques chargées de stocker les données numériques – serait 1, 5 fois plus importante que celle du trafic aérien mondial¹¹⁷. Au vu de l’essor que connaissent les expositions numériques ces dernières années et du manque d’informations concernant leur impact environnemental, il nous a donc paru judicieux de tenter de produire des données sur ce sujet.

Définition

Pour rappel, nous avons défini en introduction les « expositions numériques » comme toute exposition dont la majorité, voire l’intégralité, des *expôts* sont présentés sur Internet ou *via* un support numérique. Nous opposons celles-ci aux « expositions physiques », où les *expôts* sont, à l’inverse, une minorité à être présentés sur Internet ou *via* un support numérique. Sous l’appellation « expositions numériques », nous comprenons donc : les expositions en ligne – qu’il s’agisse d’une reproduction numérique d’une exposition physique ou d’une exposition ayant une existence uniquement numérique (de « la simple publication d’images légendées sur le modèle du diaporama jusqu’à la reconstitution d’espaces simulés en 3D où prennent place les œuvres d’art numérisées »¹¹⁸) – et les expositions *in situ* où la majorité des *expôts* sont numérisés – comme c’est le cas de certaines expositions immersives ou encore des expositions présentées au sein des Micro-Folies.

¹¹⁷ Dobré, M., Flipo, F. & Michot, M. (2013). *La face cachée du numérique. L’impact environnemental des nouvelles technologies*. Montreuil : Éditions l’Échappée

¹¹⁸ Laborderie, A. (2020). Les expositions virtuelles de la BNF de 1998 à 2020. *Culture & Musées*, 35 (1), p. 324-330. [en ligne] <https://journals.openedition.org/culturemusees/5187#quotation> [consulté le 3 mai 2022]

Choix des expositions

Parmi la rapide typologie des expositions numériques que nous venons d'esquisser, notre étude de terrain se concentrera sur les expositions *in situ*. En effet, pour des raisons de temps et de faisabilité, il eut été compliqué – bien qu'extrêmement pertinent, du fait que ce type d'expositions n'exige aucun transport d'œuvres et de visiteurs –, de mesurer l'impact environnemental ne serait-ce que d'une exposition en ligne. Nous prendrons donc pour objet d'étude deux expositions numériques *in situ* : l'exposition de la Micro-Folie hébergée par l'association Ricochets, au sein du Tcho Café à Beauvais ainsi qu'une exposition type des centres d'art numériques développés par l'entreprise Culturespaces. Nous sommes bien conscients que cette dernière n'est pas produite par une institution muséale en tant que telle, bien que la question se pose au vu des récentes évolutions du musée. Mais étant donné que nous avons la possibilité d'obtenir des informations sur ce type d'exposition et que, comme nous l'avons vu, les musées s'inspirent de ce modèle pour créer leurs propres expositions numériques immersives, il nous a paru justifié de l'étudier. De plus, nous avons fait le choix de ne pas étudier une exposition numérique mais deux afin de proposer, à la hauteur de nos moyens, une étude qui soit la plus représentative possible. L'exposition numérique immersive type de l'entreprise Culturespaces met en œuvre des moyens scénographiques très importants tandis que l'exposition numérique de la Micro-Folie installée au Tcho Café de Beauvais est beaucoup plus modeste puisqu'elle ne comporte pas de scénographie particulière. Cette sélection nous permet donc de témoigner des différents types d'utilisation des technologies numériques même dans des expositions qui sont fondées dessus.

Une exposition numérique immersive type de l'entreprise Culturespaces

Culturespaces est une entreprise française créée en 1990. Elle s'est d'abord consacrée à la gestion de monuments, de musées et de centres d'art, avant d'ouvrir son premier centre d'art numérique en 2012 aux Baux-de-Provence : les Carrières de Lumière. Elle apparaît ainsi comme pionnière dans le développement d'expositions numériques immersives. Celles-ci reposent sur la projection à grande échelle de chefs-d'œuvre issus des collections de divers musées. Les œuvres sont animées et leur projection est accompagnée

de sons et de lumières ce qui contribue à l'effet spectaculaire de ces expositions. Il existe à ce jour sept de ces centres d'art numérique un peu partout dans le monde et l'ouverture de trois autres est prévue d'ici 2023. Les données que nous avons recueillies correspondent à une exposition type proposée dans un de ces centres d'art gérés par Culturespaces.¹¹⁹

L'exposition numérique de la Micro-Folie au Tcho Café à Beauvais

Le dispositif Micro-Folie est un projet impulsé par le Ministère de la Culture français et mis en œuvre par l'établissement public du Parc et de la Grande Halle de la Villette en collaboration avec plus de vingt institutions culturelles parmi lesquelles douze établissements fondateurs : le Centre Pompidou, le Château de Versailles, la Cité de la Musique – Philharmonie de Paris, le Festival d'Avignon, l'Institut du monde arabe, le Louvre, le Musée national Picasso-Paris, le Musée du quai Branly-Jacques Chirac, l'Opéra national de Paris, la Réunion des musées nationaux-Grand Palais et Universcience. Celui-ci vise à favoriser l'accès à la culture dans des territoires ne disposant pas nécessairement des équipements nécessaires. Pour cela, il fournit à chaque lieu qui en fait la demande un ensemble de matériels et de « contenus culturels ludiques et technologiques » n'exigeant aucune infrastructure particulière. Les Micro-Folies peuvent donc être aussi bien installées dans une mairie, que dans une salle des fêtes, une école, les locaux d'une association ou d'un commerce. Celles-ci sont construites autour d'un « musée numérique » et donne accès à plus ou moins d'équipements tels qu'un vidéoprojecteur, un écran, un ordinateur, des tablettes numériques, des casques audio ou des livres par exemple. Le « musée numérique » est composée de collections de chefs-d'œuvre numérisés élaborées par les institutions partenaires à partir d'un thème donné. Il est enrichi de 3 à 4 nouvelles collections chaque année. Celui-ci est consultable selon deux modes : le « mode visiteur libre » où chacun peut consulter les collections comme il l'entend, lire les cartels associés aux œuvres et jouer aux activités proposés depuis une tablette numérique et le « mode conférencier » où la découverte des œuvres est guidée par un médiateur. Dans le cas de l'association Ricochets, seul l'accès à la plateforme

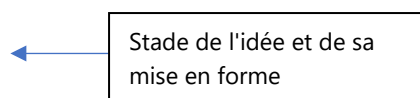
¹¹⁹ Culturespaces. (s. d). *Notre histoire*. [en ligne] <https://www.culturespaces.com/fr/node/1175> [consulté le 15 juin 2022]

Micro-Folie permettant d'utiliser le « musée numérique » a été fourni. Celle-ci a ensuite dû se procurer un ordinateur, un vidéoprojecteur, des tablettes etc. pour pouvoir faire vivre le « musée numérique » au Tcho Café à Beauvais. L'association utilise le « musée numérique » environ une fois par semaine pour des sessions de deux heures en « mode conférencier ». ¹²⁰

II.1.b. Périmètre

Comme tout projet culturel, une exposition ne se réduit pas à son exploitation – c'est-à-dire, à sa présentation aux publics – mais comporte de multiples étapes, en amont et en aval de celle-ci. Pour les décrire, nous avons choisi de nous appuyer sur un « guide pratique » réalisé par des professionnels des musées québécois et publié par le Ministère de la Culture, des Communications et de la Condition féminine du Québec ¹²¹. Il nous faut préciser que le processus de réalisation d'une exposition numérique peut être légèrement différent mais reste dans l'ensemble assez similaire, ce qui justifie notre utilisation de ce guide. Celui-ci distingue sept grandes étapes dans la mise en œuvre d'une exposition : la planification, la conception, la scénarisation et la réalisation, que nous rassemblons car elles correspondent au stade préliminaire du projet où celui-ci est encore à l'état d'idées qui sont progressivement mises en forme par l'écriture, l'élaboration de plans, de maquettes, et d'autres supports ainsi que la production et la fabrication, le montage, la présentation et le démontage qui correspondent au moment où le projet est mis en œuvre sous sa forme définitive.

1. ***La planification***
2. ***La conception***
3. ***La scénarisation et la réalisation***



¹²⁰ Entretiens informels avec Victor de Saint-Martin, stagiaire au sein de la Micro-Folie hébergée par l'association Ricochets, mars-mai 2022.

¹²¹ Ministère de la Culture, des Communications et de la Condition féminine du Québec. (2007). *Réaliser une exposition* [Guide pratique]. [en ligne] <https://www.mcc.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/ssim-guide-realiser-exposition.pdf> [consulté le 05 juin 2022]

4. *La production et la fabrication*
5. *Le montage*
6. *La présentation*
7. *Le démontage*

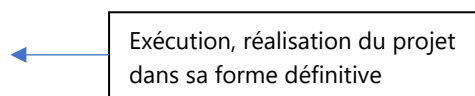


Figure 1 : Les étapes de réalisation d'une exposition¹²²

C'est sur cette deuxième partie du projet que nous nous concentrerons. Bien que notre étude aurait été plus complète si nous avions pris en compte l'ensemble des étapes de réalisation que nous avons présentées précédemment, il s'est avéré impossible pour nous de récolter des données sur les étapes de planification (1), de conception (2), de scénarisation et de réalisation (3) des expositions numériques que nous avons sélectionnées.

Intéressons-nous plus précisément aux étapes de production et de fabrication (4), de montage (5), de présentation (6) et de démontage (7). Toujours selon le « guide pratique » du ministère de la culture québécois, l'étape de production et de fabrication (4) comprend : la production des dispositifs de médiation, la fabrication de la scénographie, du mobilier et de tous les éléments graphiques, la préparation de la salle d'exposition (nettoyage, peinture...), la réception et la prise en charge des artefacts, la production de la version définitive du cahier de réalisation, la production des activités éducatives et culturelles autour de l'exposition et enfin, la promotion de l'exposition – préparation du ou des vernissage(s) et lancement de la communication. Nous pourrions également y ajouter, entre l'étape de production et de fabrication et l'étape de montage, l'impression du catalogue d'exposition. L'étape du montage (5) inclut l'installation de tous les éléments qui constitueront l'exposition, c'est-à-dire : les artefacts (s'il y en a) et leurs supports (étagères, vitrines, socles...), les dispositifs audiovisuels et interactifs, l'éclairage et les différents textes (panneaux, cartels, citations...). Le « guide pratique »

¹²² Les figures 1, 2 et X ont été réalisées à partir des informations données dans Ministère de la Culture, des Communications et de la Condition féminine du Québec. (2007). *Réaliser une exposition* [Guide pratique]. [en ligne] <https://www.mcc.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/ssim-guide-realiser-exposition.pdf> [consulté le 05 juin 2022]

de réalisation d'une exposition sur lequel nous nous appuyons y englobe également les différents tests qui peuvent être effectués pour vérifier que les différents éléments de l'exposition ont une place adaptée, fonctionnent dans le cas des éléments techniques, ne subissent pas une lumière ou des températures trop élevées en ce qui concerne les artefacts. La phase de présentation (6) réunit le vernissage, la poursuite du rodage, l'entretien de l'exposition et si nécessaire, la rotation des artefacts. Enfin, le stade du démontage (7) implique de retirer les artefacts de la salle d'exposition et d'assurer leur retour dans le cas de prêts, de démonter et retirer tous les autres éléments installés pour l'exposition et enfin de remettre la salle en état. C'est également à ce moment-là qu'un certain nombre d'éléments vont être jetés.

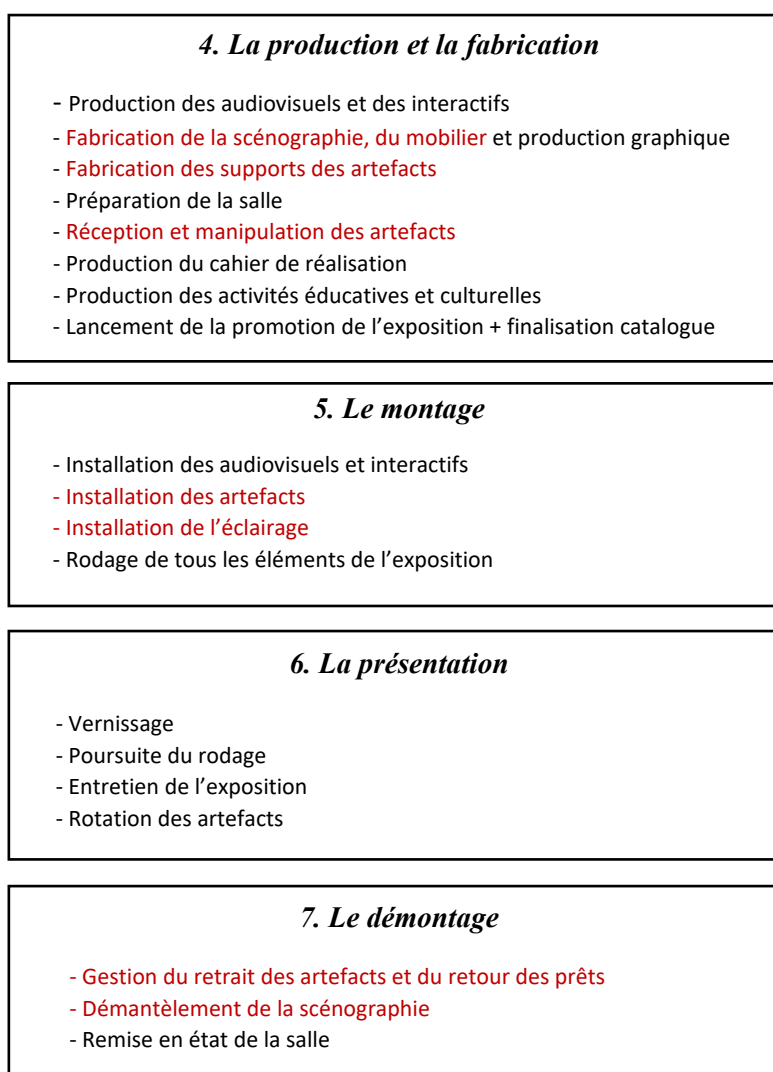


Figure 2 : Détail des différentes étapes de mise en œuvre du projet sous sa forme définitive

Nous avons souhaité donner le détail des différentes étapes de mise en œuvre d'une exposition dans sa forme définitive afin que les éléments que nous prendrons en compte ou pas dans notre étude apparaissent plus clairement.

Ainsi, il nous faut préciser qu'en plus de ne tenir compte que des quatre dernières étapes du processus de réalisation d'une exposition selon le « guide pratique » du Ministère de la culture du Québec, nous ne comprendrons pas dans nos calculs tous les éléments liés à : la promotion de l'exposition, l'édition d'un catalogue ou d'un livret d'exposition, la médiation (textes, dispositifs, visites...) et la programmation culturelle adossée au projet. En effet, au vu des moyens techniques et du temps dont nous disposons pour réaliser notre étude, il nous est apparu nécessaire de faire des choix. Nous avons donc décidé de ne nous intéresser qu'à la présentation – que ce soit d'artefacts ou de substituts numériques – en tant que telle et ce qui la rend possible d'un point de vue matériel et qui se trouve dans la salle d'exposition.

Les déplacements de personnes occasionnés par le projet en lui-même ne seront donc pas comptabilisés, que ce soit de l'équipe interne à l'institution qui organise l'exposition, des artistes, des fournisseurs, des prestataires extérieurs et enfin du public.

Il nous semble pourtant important de remarquer à quel point il aurait été pertinent d'intégrer ce dernier élément à nos calculs car les déplacements liés à la venue du public sont, dans un certain nombre de cas, responsable d'une majeure partie des gaz à effet de serre émis par les expositions. Ainsi, le Bilan Carbone[®] du Louvre datant de 2014 révèle que 99% de l'impact carbone du musée est liée aux déplacements des visiteurs¹²³. Il semble toutefois nécessaire de noter que l'importance de ce facteur est proportionnelle au type d'institution étudiée et plus précisément à sa taille et au type de public qu'elle reçoit. En effet, 75 % des visiteurs du Louvre sont étrangers et proviennent majoritairement des États-Unis, de la Chine et des pays de l'Union européenne (Espagne, Allemagne, Italie, Royaume-Uni). Ils ont donc probablement pris l'avion pour se rendre en France et

¹²³ Musée du Louvre. (s.d.). *Politique de développement durable : Bilan Carbone[®]*. [en ligne] <https://www.louvre.fr/l-etablissement-public/politique-de-developpement-durable> [consulté le 21 mars 2022]

notamment visiter le Louvre, ce qui pèse sur le Bilan Carbone[®] de celui-ci. Ce facteur n'aura donc a priori pas la même importance pour le plus grand musée du monde que pour un petit musée de province par exemple. Toutefois, nous pouvons nous étonner que les trajets des visiteurs représentent une part si importante du Bilan Carbone[®] d'une exposition d'une institution comme la Fondation Cartier [Annexe 1]. En effet, si celle-ci a une forte dimension internationale (notamment à travers les partenariats qu'elle noue) et qu'elle est située à Paris, ce qui la rend en principe plus susceptible de recevoir un public international, elle n'est pas située dans un quartier très touristique et n'a pas l'envergure d'un musée comme le Louvre. Pour comprendre pourquoi les déplacements liés à la venue des visiteurs représente 92 % de l'impact carbone de l'exposition *Nous les Arbres*, il nous faudrait pouvoir avoir accès aux études de visiteurs de la Fondation Cartier. Au vu du succès de l'exposition en question, nous pouvons imaginer que celle-ci a attiré des publics venant de loin, ce qui expliquerait l'importance des déplacements des visiteurs dans son Bilan Carbone[®]. Quoiqu'il en soit cet exemple nous permet de montrer que si ce n'est peut-être pas le cas pour de petites institutions qui attirent un public très local, les trajets des visiteurs ne pèsent pas que sur l'impact environnemental de mégainstitutions comme le Musée du Louvre.

N'étant pas en mesure d'étudier un grand nombre d'institutions et de récolter des données sur les types de public ainsi que leurs moyens de transport jusqu'aux expositions considérées, nous avons pris le parti de ne pas tenir compte les déplacements humains dans nos calculs. Ne pas pouvoir prendre en compte de manière chiffrée ce facteur constituera donc nécessairement un biais à notre étude.

Nous ne nous préoccupons pas non plus du transport des éléments matériels qui ont servi à la présentation.

Si cela n'apparaît pas dans le détail des étapes de réalisation d'une exposition, l'hébergement, les repas et l'usage de fournitures de bureau des personnes ayant participées aux différentes expositions que nous analyserons constitue également un poste d'impact qui aurait mérité d'être considéré. Toutefois, l'usage de fournitures de bureau apparaît compliqué à mesurer étant donné que les données sont souvent assez diffuses.

Par ailleurs, nous n'avons pas pu récolter d'informations concernant l'hébergement et les repas des personnes impliquées dans le projet.

Pour des raisons d'accessibilité des données, nous ne prendrons pas non plus en compte tout ce qui relève de la préparation de la salle (peinture, nettoyage), de son entretien et de sa remise en état. Il en est de même pour tous les emballages des objets utilisés dans l'exposition, que ce soit la boîte contenant un ensemble de vis ou le papier bulle protégeant un vidéoprojecteur acheté pour l'exposition par exemple. Il nous semblait également compliqué de reporter sur nos calculs l'impact environnemental lié à l'utilisation d'un outil que ce soit pour la production et la fabrication des divers éléments permettant la présentation ou pour le montage. Si cela peut paraître évident, nous tenons à préciser que c'est aussi pour ces raisons que nous n'avons pas pris en compte le coût environnemental lié à la création des œuvres en elles-mêmes. Enfin, nous aurions aimé pouvoir intégrer à notre analyse l'impact lié au chauffage ou à la climatisation de l'espace d'exposition mais les enquêtés n'ont malheureusement pas pu répondre à cette question.

Pour conclure, notre analyse se limitera aux éléments en rouge dans la figure 2, tout en remplaçant le mot « artefact » par équipements permettant la présentation des substituts numériques. Il s'agit donc de l'impact lié à la présentation des œuvres, les dispositifs de médiation étant exclus. Par « présentation des œuvres », nous entendons donc : les dispositifs audiovisuels et numériques servant à la diffusion des œuvres ainsi que l'éclairage.

II.1.c. Méthodologie

Au début de notre travail, nous avons cherché à savoir si l'impact environnemental d'une exposition numérique avait déjà été mesuré. D'après nos recherches et les informations que nous avons pu obtenir lors des divers entretiens informels que nous avons menés¹²⁴, c'est un exercice qui n'a pas été mené jusqu'à présent¹²⁵. Nous avons également pu

¹²⁴ Nous donnerons plus de détails sur ces derniers dans la partie suivante : II.2. Recueil des données.

¹²⁵ Il semble important de nuancer ces résultats car nous n'avons pas été en contact avec des personnes du monde entier, seulement avec des acteurs de la transition écologique dans le secteur culturel en

constater que l'évaluation de l'impact environnemental d'un projet spécifique à une institution culturelle – ici, des expositions –, n'est pas encore une chose courante. Les institutions muséales privilégient ainsi l'audit de l'ensemble de ses activités. Le seul cas d'étude de l'impact environnemental du numérique que nous avons trouvé dans le secteur muséal est celui de la RMN-GP qui a commandée, à des experts en sobriété numérique du collectif GreenIT.fr, une Analyse du cycle de vie du numérique à l'échelle de l'institution toute entière¹²⁶. Les études de l'impact environnemental d'expositions dont nous avons pu avoir écho concernent toutes des expositions physiques. Que ce soit pour mesurer l'impact environnemental du numérique à l'échelle de l'organisation dans son ensemble ou celui d'une exposition physique, les institutions et leurs prestataires choisissent systématiquement une de ces deux méthodes : l'Analyse du cycle de vie (ACV) ou le bilan carbone¹²⁷.

L'Analyse du cycle de vie est considérée par l'ADEME (l'Agence de la transition écologique) comme « l'outil le plus abouti en matière d'évaluation globale et multicritère des impacts environnementaux »¹²⁸. C'est également l'instrument privilégié par les experts en sobriété numérique du collectif GreenIT.fr, qui ne réalisent « que des Analyses du cycle de vie ISO 14044/40 »¹²⁹. En effet, cette méthode apparaît extrêmement complète car elle prend en compte tous les flux entrants et sortants de matières premières au cours de la vie d'un bien, d'un service ou d'un procédé. Comme nous venons de le mentionner, les flux entrants et sortants sont étudiés sur l'ensemble de la vie de l'objet choisi : de sa fabrication à son élimination. Les flux entrants peuvent être des incorporations de différentes matières et énergies telles que : des « ressources en fer, eau, pétrole, gaz »¹³⁰. Les flux sortants seront eux des émissions de déchets, de gaz, ou des

France et au Royaume-Uni. Par conséquent, il est tout à fait possible que d'autres personnes dans le monde aient déjà réalisées une enquête de ce type.

¹²⁶ Entretien informel avec Frédéric Bordage, Fondateur du collectif GreenIT.fr, avril 2022.

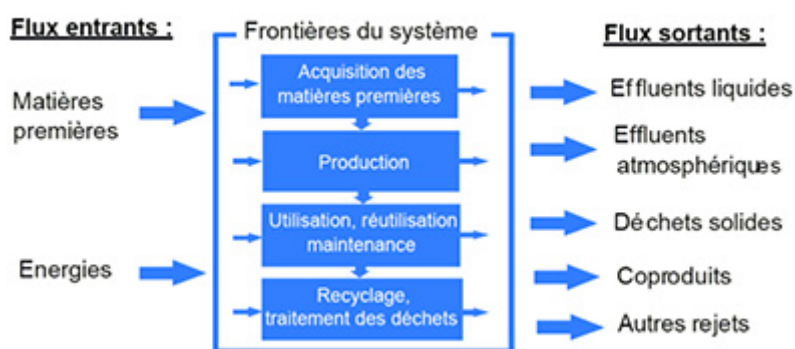
¹²⁷ Attention, il ne faut pas confondre le bilan carbone qui désigne la méthode qui vise à évaluer l'impact environnemental d'une activité à travers la comptabilité des émissions de gaz à effets de serre avec le Bilan Carbone® qui est une des méthodologies utilisables pour ce faire.

¹²⁸ ADEME. (2018, 18 juin). *L'analyse du cycle de vie*. [en ligne] <https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire/consommer-autrement/passer-a-laction/dossier/lanalyse-cycle-vie/quest-lacy> [consulté le 09 juin 2022]

¹²⁹ Entretien informel avec Frédéric Bordage, Fondateur du collectif GreenIT.fr, avril 2022.

¹³⁰ ADEME. (2018, 18 juin). ; op. cit.

rejets de liquides¹³¹. Une fois les résultats obtenus pour l'ensemble des flux, ces derniers peuvent être compilés sous forme d'indicateurs nous renseignant sur les impacts ou les dommages potentiels du produit en terme d'épuisement des ressources, de changement climatique, de risques sur la santé humaine etc...



© ADEME

Figure 3 : L'Analyse du cycle de vie d'un système de produits¹³²

Par ailleurs, l'Analyse du cycle de vie est un outil standardisé par des normes créées par l'Organisation internationale de normalisation (ISO). La norme aujourd'hui en vigueur est la norme ISO 14044 qui date de 2006. Le fait que cet instrument soit normalisé assure qu'il soit utilisé de manière la plus homogène possible, que celui-ci soit fiable et pertinent, et enfin que la « communication [soit] plus formalisée »¹³³.

Pour effectuer les calculs de l'Analyse du cycle de vie d'un système de produits, il existe un grand nombre de logiciels compilant eux-mêmes des bases de données concernant les flux entrants et sortants pour chaque type d'action, de matériaux et d'énergies qui peuvent être inclus dans le système de produits étudié. Ces derniers sont plus ou moins fournis et plus ou moins spécialisés dans un domaine, ou dans un type de produits ou de services. Pour voir à quoi cela ressemble et évaluer dans quelle mesure nous aurions les capacités pour réaliser une Analyse du cycle de vie, nous avons téléchargé la version gratuite du

¹³¹ Ibid.

¹³² ADEME. (2018, 18 juin). ; op. cit.

¹³³ Ibid.

logiciel *EIME – Logiciel ACV et éco-conception*¹³⁴. La prise en main de cet outil ne nous a pas semblé si aisée, en dépit du guide d'utilisation fourni par l'entreprise et de la lisibilité de l'interface graphique. Si après quelques heures passées à utiliser le logiciel, nous nous sommes peu à peu familiarisés avec ce dernier, il nous a paru évident que l'approche multicritère caractéristique de l'Analyse du cycle de vie d'un système de produits et qui en fait « l'outil le plus abouti en matière d'évaluation [...] des impacts environnementaux »¹³⁵, le rend également plus compliqué d'usage. En effet, cette approche globale nécessite de récolter et de saisir des données impressionnantes en termes de quantité, de diversité et de précision. D'ailleurs beaucoup d'entreprises proposent des formations pour apprendre à se servir de ces logiciels et à réaliser ce type d'analyses. Il nous faut préciser que toutes celles que nous avons pu trouver sont payantes.

Comme nous l'avons évoqué, l'Analyse du cycle de vie est privilégiée par le collectif GreenIT, qui l'utilise en ce moment-même pour mesurer les impacts environnementaux de l'usage du numérique de la RMN-GP¹³⁶. Cette méthode a également été choisie par le Muséum national d'Histoire naturelle qui l'a appliquée à l'exposition temporaire *Espèces d'ours !* présentée à la Grande Galerie de l'Évolution en 2016¹³⁷. D'autre part, le récent rapport publié par l'ADEME et l'Arcep (l'Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse) affirme que l'Analyse du cycle de vie est aujourd'hui la méthode la plus appropriée pour évaluer l'impact environnemental du numérique¹³⁸. Pour que notre étude des expositions mentionnées précédemment soit la plus complète possible, il aurait donc fallu que nous leur appliquions cette méthode. Toutefois, au vu des moyens techniques et temporels dont

¹³⁴ Ce logiciel a été développé par le département CODDE de l'entreprise LCIE Bureau Veritas. Il compile des bases de données générales telles que la Base Impact® de l'ADEME et est utilisé par plusieurs grandes entreprises françaises telles qu'Orange, Alstom ou encore par le Groupe SEB. Il est téléchargeable dans sa version gratuite sur cette page Internet : LCIE Bureau Veritas. (s.d.). *EIME – Logiciel ACV et Eco-conception*. [en ligne] <https://codde.fr/nos-logiciels/presentation-eime> [consulté le 09 juin 2022].

¹³⁵ ADEME. (2018, 18 juin). ; op. cit.

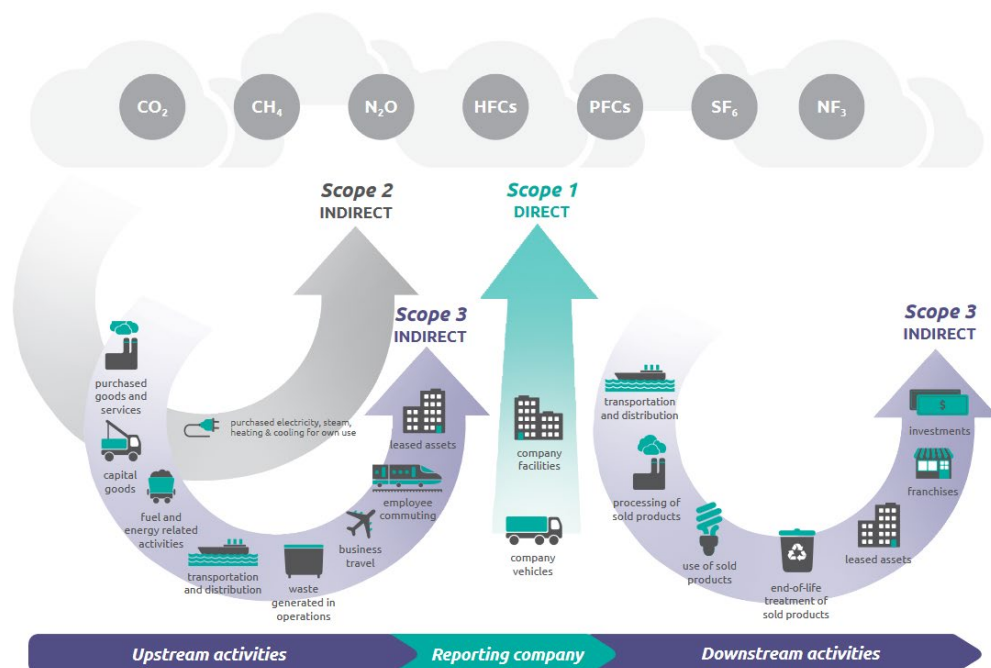
¹³⁶ Entretien informel avec Frédéric Bordage, Fondateur du collectif GreenIT.fr, avril 2022.

¹³⁷ Entretien informel avec Térésa Ribeyron, Chef de projet itinérance au Muséum national d'Histoire naturelle, mars 2022.

¹³⁸ Lees-Perasso, E. et al. (2022). *Évaluation de l'impact environnemental du numérique en France et analyse prospective*. ADEME & Arcep. p. 12 [en ligne] https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/etude-numerique-environnement-ademe-arcep-volet02_janv2022.pdf?fbclid=IwAR2P5_1PQi8hxLOG9d1fM8Do4moSyL-Sy93Ya1r2DCzLSKkzVal7_WJd0XM [consulté le 10 juin 2022]

nous disposons nous avons choisi de nous tourner vers l'autre instrument généralement utilisé pour mesurer les coûts environnementaux d'une exposition temporaire : le bilan carbone.

Le bilan carbone est une méthode d'évaluation de l'impact environnemental moins complète que l'Analyse du cycle de vie puisqu'elle ne comptabilise que les quantités de gaz à effets de serre émises par un produit, une activité, une organisation ou un territoire. Elle ne permet donc pas de rendre compte de l'impact de ces derniers sur les réserves de ressources naturelles ou la santé humaine par exemple. Cependant, comme l'Analyse du cycle de vie, l'empreinte carbone a une approche globale, c'est-à-dire qu'elle peut prendre en compte, selon la méthodologie choisie, les gaz à effets de serre émis à chaque étape de la vie de l'objet choisi, lorsqu'il s'agit d'un produit ou d'un service, ou pour l'ensemble des activités menées lorsqu'on applique cette méthode à une organisation ou à un territoire. Les différents postes d'émissions de gaz à effets de serre sont généralement répartis en trois « scopes » qui correspondent aux différents périmètres possibles d'un bilan carbone. Le premier scope correspond au périmètre le plus restreint. Il comprend les émissions directes liées à la fabrication d'un produit. Le deuxième scope regroupe quant à lui les émissions indirectes liées aux consommations énergétiques lors de la fabrication également. Enfin, le troisième scope, qui représente le périmètre le plus vaste (et donc le plus complet), englobe toutes les émissions indirectes en amont et en aval de la fabrication d'un produit. La répartition des postes d'impact par scope a été pensée pour aider les organisations à identifier les opportunités de réduction d'impact.



© GHG Protocol & Carbon

Trust

Figure 1 : Les différents scopes d'un bilan carbone¹³⁹

Dans le cas de l'analyse d'une exposition, il semble plus judicieux de répartir les données selon les postes d'impact et pas nécessairement selon les scopes énoncés. C'est d'ailleurs ainsi qu'ont procédé HAATCH, le cabinet de conseil en stratégie RSE et mesure d'impact qui a réalisé le Bilan Carbone® de l'exposition *Nous les arbres* ayant eu lieu en 2019 à la Fondation Cartier¹⁴⁰ et Urge Collective, le collectif qui a effectué le bilan carbone de l'exposition *Waste Age* au Design Museum de Londres¹⁴¹.

Il importe de mentionner qu'un bilan carbone peut être réalisé selon différentes méthodologies. Parmi « les plus diffusées en France »¹⁴², on trouve : la méthodologie

¹³⁹ Greenhouse Gas Protocol & Carbon Trust. (s.d.). *Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions* [Guide pratique]. [en ligne] https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Scope3_Calculation_Guidance_0.pdf [consulté le 09 juin 2022]

¹⁴⁰ Entretien informel avec Alix Laignou, Chargée de coordination des expositions à la Fondation Cartier, mai 2022.

¹⁴¹ Entretien informel avec Alexie Sommer, Co-fondatrice de Urge Collective, mai 2022.

¹⁴² Centre de ressources sur les bilans de gaz à effets de serre. (s.d.). *Méthodes de calcul d'un Bilan*. [en ligne]

réglementaire décrite dans l'article 75 de la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant sur l'engagement national pour l'environnement¹⁴³ et qui vise donner des normes aux entreprises pour lesquelles la comptabilité carbone est une obligation légale, le Bilan Carbone[®] développée par l'ADEME en 2004 et dont la coordination et la diffusion est aujourd'hui assurée par l'Association Bilan Carbone (ABC) ainsi que le GHG Protocol, créé en 1998 par le *World Resources Institute* et le *World Business Council for Sustainable Development* et dont l'objectif est de fournir un standard international en termes de calculs et de présentation des résultats obtenus dans le but de simplifier la comptabilité carbone pour les entreprises et de la rendre plus transparente. Si la méthodologie Bilan Carbone[®] comporte elle aussi un certain nombre de standards, elle est plus axée sur « la mise en place d'actions de réduction » des émissions de gaz à effets de serre¹⁴⁴. Les normes ISO 14064 et ISO 14069 constituent quant à elles « un ensemble de principes généraux applicables à l'ensemble des méthodologies »¹⁴⁵. Les différentes méthodologies ont donc des objectifs et des normes différentes mais la démarche reste globalement la même. Nous avons choisi de nous inspirer de la méthodologie du Bilan Carbone[®], celle-ci ayant valeur de référence en France. Toutefois, nous l'avons adaptée au contexte particulier de notre étude. En effet, ne disposant pas d'un certain nombre d'informations nous avons besoin d'une plus grande souplesse concernant les éléments pris en compte dans notre analyse. D'autre part, certaines étapes telles que « la sensibilisation du pilote interne et de son équipe technique »¹⁴⁶ ou encore « [la] planifi[cation] [d']actions de réduction »¹⁴⁷ semblent pouvoir être mises de côté, étant donné que nous réalisons ces évaluations dans le cadre d'un exercice universitaire.

<https://bilansges.ademe.fr/fr/accueil/contenu/index/page/m%25C3%25A9thodes%2Bde%2Bcalcul/siGras/O> [consulté le 10 juin 2022]

¹⁴³ LOI n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant sur l'engagement national pour l'environnement (1). Légifrance. (2010, 13 juillet). [en ligne]

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000022470434/> [consulté le 10 juin 2022].

¹⁴⁴ Association Bilan Carbone. (s.d.). *Fiches pratiques*. [en ligne]

<https://www.associationbilancarbone.fr/wp-content/uploads/2020/01/fiches-pratiques-panorama.pdf> [consulté le 10 juin 2022]

¹⁴⁵ Centre de ressources sur les bilans de gaz à effets de serre. ; op. cit.

¹⁴⁶ Centre de ressources sur les bilans de gaz à effets de serre. (s.d.). *Étapes d'un bilan GES*. [en ligne] <https://bilans-ges.ademe.fr/fr/accueil/contenu/index/page/Etapes%2Bbilan%2BGES/siGras/O> [consulté le 10 juin 2022]

¹⁴⁷ Ibid.

II. 2. La démarche

La version 8 du Bilan Carbone[®], qui correspond à la dernière version de cette méthode, préconise d'évaluer les émissions de gaz à effets de serre d'une activité en cinq étapes, à savoir : « la nomination d'un pilote et la définition des objectifs » (1), puis « la définition des périmètres à comptabiliser » (2), « la collecte et l'exploitation des données » (3), « l'élaboration du plan d'actions de réduction des émissions » (4) et enfin, « la synthèse du Bilan Carbone[®] »¹⁴⁸.

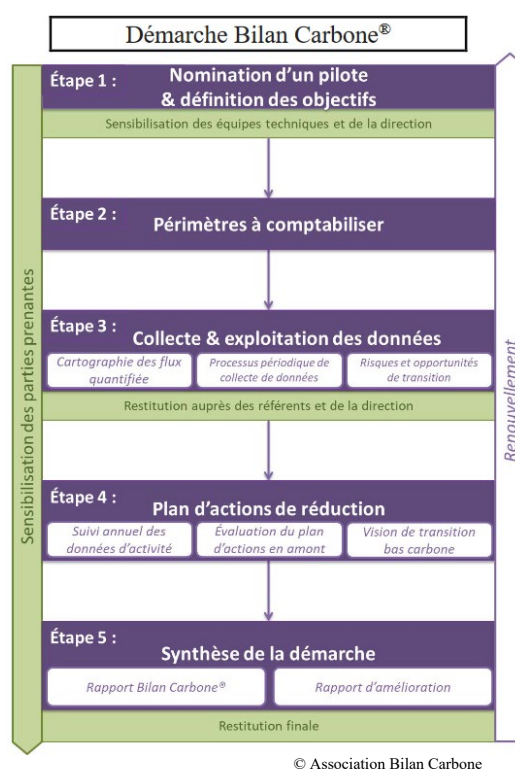


Figure 5 : Les différentes étapes de la démarche Bilan Carbone[®]¹⁴⁹

La nomination d'un pilote et la définition des objectifs (1)

¹⁴⁸ Association Bilan Carbone. (2017). *Guide méthodologique Bilan Carbone[®] V8*. [en ligne] <https://www.associationbilancarbonate.fr/wp-content/uploads/2018/03/bilan-carbone-v8-guide-methodologique-final.pdf> [consulté le 10 juin 2022]

¹⁴⁹ Ibid. p. 10.

Comme évoqué précédemment, il n’y a pas lieu, dans le cadre de notre travail de recherche, de nommer un « pilote » de la démarche au sein des institutions qui ont réalisé les expositions que nous étudions. Par ailleurs, la sensibilisation des « collaborateurs qui seront concernés par la collecte des données puis plus tard, par les actions mises en place »¹⁵⁰ et qui doit commencer dès cette étape n’apparaît qu’en partie réalisable. En effet, pour cela il aurait fallu que l’entièreté des équipes (prestataires externes compris) ayant contribué aux expositions étudiées soient averties de notre démarche et qu’elles aient le désir et la possibilité de nous accompagner dans celle-ci. Or, il n’y a que pour l’exposition *Polyphones. Polyphonies sonores et visuelles* au Musée d’art et d’histoire Paul Eluard – Saint-Denis que cela a été le cas. Pour les trois autres expositions qui font l’objet de notre analyse nous n’avons été en contact qu’avec une partie des personnes – et parfois une seule – impliquées dans les différents projets. Mais nous y reviendrons plus en détail lorsque nous traiterons de la manière dont les données ont été collectées. La « définition des objectifs » lié à la démarche d’évaluation des émissions de gaz à effets de serre d’un projet se fait, en principe, en collaboration avec l’organisation elle-même. Étant donné que nous ne réalisons pas cette étude pour une institution en particulier mais dans un cadre universitaire, les objectifs de celle-ci sont liés à ceux de notre travail de recherche : faire l’expérience d’une méthode d’évaluation de l’impact environnemental d’une exposition et obtenir une idée globale de l’impact environnemental de différentes expositions numériques, en comparaison à une exposition physique.

La définition des périmètres de l’étude (2)

Avant de déterminer les différents périmètres de l’étude, la méthodologie du Bilan Carbone® exige que l’organisation étudiée produise « une cartographie des flux d’énergies et de matière permettant, et provoqués par, l’activité » de celle-ci¹⁵¹. Dans le contexte propre à notre étude, nous n’avons pas demandé aux institutions étudiées de nous fournir un document de ce type. Toutefois, à la lumière de nos connaissances pratiques

¹⁵⁰ Centre de ressources sur les bilans de gaz à effets de serre. (s.d.). *Étapes d’un bilan GES*. [en ligne] <https://bilans-ges.ademe.fr/fr/accueil/contenu/index/page/Etapes%2Bbilan%2BGES/siGras/0> [consulté le 10 juin 2022]

¹⁵¹ Association Bilan Carbone. (2017). *Guide méthodologique Bilan Carbone® V8*. p.15. [en ligne] <https://www.associationbilancarbone.fr/wp-content/uploads/2018/03/bilan-carbone-v8-guide-methodologique-final.pdf> [consulté le 10 juin 2022]

en matière de réalisation d'une exposition et de quelques recherches, nous avons pu identifier les différents « flux d'énergies et de matières » liés aux éléments des expositions que nous avons choisi d'étudier. Ainsi, les émissions engendrées par l'utilisation d'un spot LED pour éclairer une œuvre ne se limitent pas à sa consommation électrique lors de la phase d'exploitation de l'exposition, mais comprennent : les flux d'énergies et de matière nécessaire à sa fabrication, puis à son transport jusqu'au lieu où se déroule l'exposition et enfin, à son devenir après le démontage de l'exposition. Nous ne détaillerons pas ici les flux d'énergies et de matière liés à chaque élément que nous étudierons. Cependant, nous avons choisi de faire apparaître en rouge, dans la *Figure 2* (p.43), les différentes étapes liées aux éléments que nous prendrons en compte afin de mettre en valeur le fait que nous ne nous concentrerons pas seulement sur les émissions liées à l'utilisation d'un produit lors de l'exploitation de l'exposition mais bien à toutes les émissions qui lui sont liées, dans la mesure du possible. Ainsi, il nous faut d'ores et déjà préciser que certaines émissions, telles que celles liées au transport des différents matériaux ou composants permettant de fabriquer un produit donné, apparaissent impossible à prendre en compte – même pour des professionnels – au vu de l'opacité de la chaîne de production¹⁵².

Après avoir cartographié les « flux d'énergies et de matière permettant, et provoqués par, l'activité » d'une organisation, vient la définition des différents périmètres de l'étude. La dernière version du *Guide méthodologique* de réalisation d'un Bilan Carbone® en mentionne trois. Il s'agit d'abord du « périmètre organisationnel [qui] correspond à l'ensemble des sites, installations de l'organisation à prendre en compte », puis vient le « périmètre opérationnel » qui désigne « l'ensemble des émissions générées par l'activité de l'organisation et qui seront comptabilisées (émissions directes ou indirectes) » et enfin, le « périmètre temporel » du Bilan Carbone®¹⁵³. Étant donné que notre analyse se cantonne à des projets spécifiques, il n'apparaît pas nécessaire de définir plus précisément le « périmètre organisationnel ». Nous avons déjà délimité le « périmètre opérationnel » dans une sous-partie dédiée (II.1.b. : p. 41 à 47). Il semble utile de rappeler que nous

¹⁵² Entretien informel avec Alexie Sommer, Co-fondatrice de Urge Collective, mai 2022.

¹⁵³ Association Bilan Carbone. (2017). *Guide méthodologique Bilan Carbone® V8*. p.11. [en ligne] <https://www.associationbilancarbone.fr/wp-content/uploads/2018/03/bilan-carbone-v8-guide-methodologique-final.pdf> [consulté le 10 juin 2022]

n'avons pas utilisé pour ce faire les postes d'émission décrits par la méthode Bilan Carbone®. En effet, notre étude étant relativement limitée et ne correspondant pas à l'ensemble des activités de l'organisation, cela apparaissait plus simple de procéder par type d'éléments (ex. transport des œuvres, éclairage etc.). Et le « périmètre temporel » correspond lui à la durée de chaque projet étudié. Celle-ci est mentionnée dans la sous-partie concernant l'objet de notre étude et détaillant les expositions que nous avons sélectionnées pour notre travail de recherche (II.1.a. : p. 39 à 41).

La collecte des données (3)

« La collecte des données est la phase la plus chronophage de la démarche. »¹⁵⁴. Nous ne pouvons qu'être d'accord avec cette affirmation du *Guide méthodologique Bilan Carbone® V8*. Ainsi, plus de quatre mois nous ont été nécessaires pour recueillir le (relativement) maigre volume de données que nous analyserons ici. Pour cela, nous avons commencé par prendre contact avec les diverses personnes qui nous ont transmis des informations sur les projets étudiés. Nous leur avons expliqué notre démarche et nous leur avons demandé quelles données seraient-ils en mesure de nous transmettre. Dans notre cas, la définition du « périmètre opérationnel » a donc évolué au fil des entretiens que nous avons menés et a été fonction des données que nous avions la capacité d'obtenir. Après ces premiers échanges, nous avons réalisé de longs entretiens informels avec les personnes qui nous ont fourni des informations sur les expositions numériques que nous avons choisies. Pour l'exposition numérique immersive type de l'entreprise Culturespaces, c'est un des prestataires chargé des installations techniques dans les centres d'art numérique en question qui nous a renseigné. Nous n'avons pas essayé d'entrer en contact avec une personne interne à l'entreprise Culturespaces car notre contact nous a clairement fait comprendre que cette dernière ne serait pas favorable à notre démarche. Pour l'exposition numérique de la Micro-Folie, c'est un des salariés de l'association Ricochets qui nous a renseigné. Ces longs entretiens informels ont servi à ce que nous comprenions comment ces expositions numériques fonctionnent d'un point

¹⁵⁴ Association Bilan Carbone. (2017). *Guide méthodologique Bilan Carbone® V8*. p.18. [en ligne] <https://www.associationbilancarbonate.fr/wp-content/uploads/2018/03/bilan-carbone-v8-guide-methodologique-final.pdf> [consulté le 10 juin 2022]

de vue technique, ce qui n'est pas toujours aisé. En effet, la connaissance du fonctionnement technique de ces expositions est vite apparue comme une condition nécessaire à l'évaluation de leur impact environnemental. Une fois que nous avons cerné cela, nous avons pu construire des tableaux spécifiant les données dont nous aurions besoin pour nos calculs. Que ce soit pour l'exposition physique ou pour les expositions numériques, nous avons construits un tableau unique pour chaque exposition. En effet, dans chaque cas, les éléments utilisés dans l'exposition sont extrêmement variables. Une fois ces tableaux terminés, nous les avons transmis à nos contacts afin qu'ils les remplissent et nous les renvoient par la suite [Annexe 2 & 3]. Étant donné que nous n'avons pas pu vérifier par nous-mêmes ces informations, nous ne pouvons pas assurer nos lecteurs de la fiabilité des données récoltées pour les deux expositions numériques que nous étudions.

Après la collecte des données vient l'exploitation de ces dernières. Toutefois, nous traiterons cette partie du processus plus tard dans notre travail de recherche. Une sous-partie entière y sera consacrée. Par ailleurs, nous ne nous attarderons pas non plus ici sur l'élaboration d'un plan d'actions de réduction et d'une synthèse de la démarche effectuée. En effet, ces étapes n'apparaissent pas nécessairement adaptées à notre travail de recherche. Celles-ci se retrouveront toutefois en filigrane de nos conclusions.

II. 3. Exploitation des données

II.3.a. Calculs

Pour effectuer les calculs des émissions de gaz à effets de serre de chaque élément ou poste d'impact d'une activité, il faut multiplier les données d'activité de ces derniers par le facteur d'émission correspondant. Prenons l'exemple du transport par avion de l'œuvre X de Paris à Berlin. La donnée d'activité pour le fret correspond le plus souvent au volume de transport sur un nombre de kilomètres donné, c'est-à-dire à une quantité de tonne-kilomètre (t.km). Pour la calculer il suffit de multiplier le poids de la marchandise par le nombre de kilomètres parcourus. Imaginons donc que l'œuvre X pèse 20 kg. La distance

entre Paris et Berlin étant de 877 km, le transport de l'œuvre X sur ce trajet correspond à 17, 54 t.km. Dans ce cas, la donnée d'activité du poste d'impact transport de l'œuvre X est de 17, 54 t.km. Pour obtenir la quantité d'émissions de gaz à effets de serre que provoque cette activité, il nous faut maintenant consulter une banque de facteurs d'émission. La Base Carbone[®], la banque de facteurs d'émission administrée par l'ADEME, propose différents facteurs d'émission en fonction du type d'avion qui a transporté la marchandise en question. Nous savons que l'œuvre X a été transportée dans un avion-passagers (en opposition à un avion-cargo) de 51 à 100 sièges. Nous voyons que pour ce type de transport, le facteur d'émission est de 1, 42 kg équivalent dioxyde de carbone par tonne-kilomètre. Il nous suffit donc maintenant de multiplier la donnée d'activité (17, 54) par le facteur d'émission (1,42). La quantité d'émissions de gaz à effets de serre engendrée par le transport en avion de l'œuvre X de Paris à Berlin est d'environ 24, 9 kg équivalent CO₂. Maintenant que nous avons expliqué comment sont effectués les calculs des émissions de gaz à effets de serre et à quoi correspond une donnée d'activité, nos lecteurs doivent se demander à quoi correspondent ces quantités d'équivalent dioxyde de carbone. L'équivalent dioxyde de carbone ou équivalent CO₂ est défini par le Service de terminologie environnementale européen comme :

[U]ne mesure métrique utilisée pour comparer les émissions de divers gaz à effets de serre sur la base de leur potentiel de réchauffement global (PRG), en convertissant les quantités de divers gaz émis en la quantité équivalente de dioxyde de carbone ayant le même potentiel de réchauffement planétaire.¹⁵⁵

En effet, la méthodologie du bilan carbone ne vise pas à mesurer les émissions d'un seul gaz à effet de serre mais de tous ceux identifiés par le protocole de Kyoto comme les principales sources du changement climatique, à savoir : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), l'hexafluorure de soufre (SF₆), la famille des hydrofluorocarbures (HFC) et la famille des perfluorocarbures (PFC). Toutefois ces derniers ont tous un potentiel de réchauffement global différent. Le fait que tous aient été rapportés à une seule mesure, l'équivalent dioxyde de carbone, permet donc d'analyser et

¹⁵⁵ Service de terminologie environnementale. (2001). *Glossaire : Équivalent dioxyde de carbone*. Eurostat. [en ligne] https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Carbon_dioxide_equivalent/fr [consulté le 11 juin 2022]

de comparer plus facilement les quantités d'émissions de gaz à effets de serre d'une activité. C'est donc cette unité de mesure que nous utiliserons au cours de nos calculs. Il nous reste à préciser que nous avons utilisé des facteurs d'émission issus de diverses banques de données, celles-ci étant souvent plus complètes dans le monde anglo-saxon¹⁵⁶.

L'exposition numérique immersive type de l'entreprise Culturespaces

Les expositions numériques immersives de l'entreprise Culturespaces reposent sur le principe du mapping vidéo, c'est-à-dire des projections de contenus visuels à grande échelle, donnant une impression de relief. Au départ de toute exposition temporaire de ce type, des numérisations d'œuvres d'art sont achetées aux institutions qui les détiennent. Cette étape ne fait donc l'objet d'aucun déplacement d'œuvre. Les numérisations sont simplement envoyées en haute définition à Culturespaces. L'entreprise les transfère ensuite au studio de création digitale qui va créer un « projet vidéo » constitué d'environ 15 à 20 vidéos. Une fois que celui-ci est créé, il est transféré à l'entreprise Culturespaces pour être validé. Après validation, les fichiers vidéo sont envoyés sur des serveurs Modulo Pi[®] – des serveurs média spécifiquement créés pour le mapping vidéo – sur lesquels ils seront stockés tout au long de l'exposition. Au moment de la projection, ces derniers vont reconstituer les différentes vidéos en un film qui sera ensuite projeté sur les murs et le sol grâce à la centaine de vidéoprojecteurs disposés dans la salle d'exposition. Les serveurs Modulo Pi sont connectés en réseau grâce à des câbles Ethernet pour communiquer avec les vidéoprojecteurs et les contrôleurs et à des câbles de fibre optique pour acheminer le signal vidéo. La projection est agrémentée de sons et de lumières qui sont diffusés grâce à des enceintes (environ 40) et des spots de lumière (environ 30).¹⁵⁷.

Les lecteurs pourront constater en consultant nos tableaux de données qu'un certain nombre de données ont fait l'objet d'approximations telles que le nombre de câbles et le nombre de boîtiers et de machines supplémentaires. Ainsi, nous ne prendrons pas ces

¹⁵⁶ Entretien informel avec Alexie Sommer, Co-fondatrice de Urge Collective & Ralf Waterfield, Data analyst au sein de Urge Collective, mai 2022.

¹⁵⁷ Entretiens informels avec un prestataire chargé des installations techniques des centres d'art numérique de l'entreprise Culturespaces, mars-mai 2022.

éléments en compte. Il semble également utile de rappeler que nous nous contentons d'étudier tous les éléments qui relèvent des expositions temporaires uniquement. Par conséquent, si nous avions au départ pensé prendre en compte les rampes permettant de fixer les projecteurs en hauteur, nous nous sommes ensuite rendu compte que ceux-ci faisaient partie des installations permanentes des centres d'art numérique de Culturespaces. C'est donc la raison pour laquelle celles-ci ne seront pas mentionnées dans nos calculs.

Les éléments que nous avons pris en compte dans la réalisation du Bilan Carbone[®] d'une exposition numérique immersive type de l'entreprise Culturespaces sont les suivants : les vidéoprojecteurs, les deux types d'enceintes différents utilisés, les projecteurs de lumière, les boîtiers de courant porteur en ligne (« boîtiers CPL »), les ordinateurs, les deux types de serveurs média utilisés, les différents contrôleurs audio ainsi que l'envoi numérique du projet vidéo que nous mentionnions plus haut, du studio de création digitale à l'entreprise Culturespaces.

Selon la méthodologie du Bilan Carbone[®], nous avons pris en compte toutes les étapes de la vie de ces éléments, de leur fabrication à leur fin de vie. Pour cela, chaque élément cité ci-avant a fait l'objet de quatre opérations différentes. Nous avons d'abord consulté le facteur d'émissions correspondant dans la catégorie « Achats de biens » de la Base Carbone[®]¹⁵⁸. Dans celle-ci les facteurs d'émissions liés à chaque produit comprennent l'ensemble des émissions liées à sa fabrication ainsi qu'à son transport jusqu'à l'organisation qui les utilisera – en l'occurrence un centre d'art numérique type de Culturespaces. Puis nous avons tenté d'estimer les quantités d'émissions de gaz à effets de serre liées à l'utilisation des éléments cités. Nous nous sommes donc intéressés à la consommation électrique de ces appareils. Cette mesure est rendue possible par le facteur d'émission du mix électrique moyen en France continentale répertorié par la Base Carbone[®]. Ainsi, les résultats que nous avons obtenus ne seront valables que pour un centre d'art numérique géré par l'entreprise Culturespaces en France et non à l'étranger. En effet, les émissions de gaz à effets de serre liées à la consommation électrique varie

¹⁵⁸ Centre de ressources sur les bilans de gaz à effets de serre. (s. d.). *Achats de biens*. [en ligne] <https://bilans-ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/choix-categorie/categorie/8/siGras/1> [consulté le 14 juin 2022]

selon les pays, en fonction des types d'électricité privilégiés par ces derniers. Enfin, pour chacun des éléments permettant la diffusion du projet vidéo d'une exposition type des centres d'art numérique Culturespaces, nous avons mesuré les quantités d'émissions de gaz à effets de serre produites par le traitement qu'ils subissent en tant que déchets. Sur ce point, une question subsiste : une fois jetés par l'organisation, ces éléments sont-ils collectés par les services liés au traitement des déchets parmi les déchets des ménages ou des entreprises ? Étant donné que nous ne disposions pas de cette information et que le facteur d'émissions liés au traitement des « déchets d'équipement électriques et électroniques » (DEE) était seulement disponible dans la section « déchets des ménages », c'est celui-ci que nous avons choisi d'utiliser¹⁵⁹. Dans cette même section, deux facteurs d'émissions sont disponibles : le premier concerne l'impact que constitue le traitement de tel quantité de déchets et le second les économies qu'engendrent celui-ci. En effet, le traitement des déchets permet de recycler une partie des matières et donc d'éviter certaines émissions liées à la fabrication de nouveaux produits avec de nouvelles matières. Cela permet également de générer de l'énergie, telle que de la chaleur par exemple. Il nous reste à préciser que pour la phase que nous avons nommé « Fin de vie », les facteurs d'émissions comprennent : « toutes les étapes de collecte, dépollution, traitement des DEE et transport / traitement des matières jusqu'aux destinations finales (recyclage, valorisation énergétique ou élimination. »¹⁶⁰. En résumé, seul « le transport des DEE réalisé par le détenteur jusqu'au point de collecte n'est pas comptabilisé »¹⁶¹.

Pour calculer les quantités de gaz à effets de serre émises par tel ou tel élément décrit, nous avons parfois eu besoin d'informations qui ne nous avaient pas été transmises par nos contacts ayant travaillé ou travaillant pour les institutions étudiées. Par conséquent, il nous a été nécessaire d'effectuer un certain nombre de recherche en amont des calculs. Si nous disposions bien d'informations concernant les quantités, les marques et les modèles de chaque objet, il nous manquait bien souvent le poids, la consommation électrique ou encore la durée de vie moyenne de ces derniers. Ces données étant, comme les lecteurs le

¹⁵⁹ Centre de ressources sur les bilans de gaz à effets de serre. (s. d.). *Déchets d'équipements électriques et électroniques*. [en ligne] <https://bilans-ges.ademe.fr/fr/accueil/documentation-gene/index/page/Dechets-dequipements-electriqu> [consulté le 14 juin 2022]

¹⁶⁰ Ibid.

¹⁶¹ Ibid.

constateront sous peu, absolument nécessaires aux calculs, nous avons pris la liberté de les renseigner. Le poids des objets et la consommation électrique sont des informations que nous avons trouvées directement dans la description technique de chaque élément. Pour déterminer la durée de vie moyenne de ceux-ci, nous nous sommes appuyés sur la durée de garantie commerciale de ces objets. Il y a donc de fortes chances pour que cette donnée s'avère inexacte, la durée d'utilisation d'un objet étant fonction du modèle économique de l'organisation qui les possède – telle organisation peut suivre le rythme des innovations et ainsi se débarrasser d'un équipement aussitôt qu'une nouveauté est disponible, tandis qu'une autre pourra le garder sur une période beaucoup plus longue – et de la manière dont celui-ci est entretenu. Ainsi, la durée de garantie pour des projecteurs de lumière est de cinq ans en moyenne, mais certains professionnels des musées peuvent les conserver plus de dix ans¹⁶².

La durée de vie moyenne de l'objet est une donnée essentielle pour évaluer la part des impacts environnementaux liés à sa fabrication et à sa fin de vie que nous pouvons imputer à une activité qui ne l'utilise pas sur toute sa longévité. En effet, étant donné qu'une exposition type de l'entreprise Culturespaces dure un an en général, nous avons également évalué la quantité de gaz à effets de serre émises par l'exposition de la Micro-Folie sur une année. Que ce soit pour la fabrication ou la fin de vie, après avoir multiplié le facteur d'émissions par la donnée d'activité du poste, nous avons donc divisé le résultat par la durée de vie moyenne afin de répercuter uniquement la part correspondante au périmètre temporel du Bilan Carbone® des expositions étudiées.

Au sein de la Base Carbone®, trois possibilités s'offrent à celui qui souhaite calculer les quantités de gaz à effets de serre émises par tel produit, service, organisation ou territoire. La première – et la plus fiable du point de vue du niveau de véracité des résultats – correspond à celle où il existe, dans la Base Carbone®, un facteur d'émission correspondant à l'étape et à l'élément que nous recherchons. C'est ce qu'il s'est passé pour l'étape de fabrication des vidéoprojecteurs, la consommation électrique de tous les équipements étudiés ainsi que le traitement des déchets de ces derniers. La deuxième

¹⁶² Entretien informel avec Freddy Pitocco, Technicien d'art au Musée d'art et d'histoire Paul Eluard – Saint-Denis, juin 2022.

méthode n'est disponible que pour l'achat de certains services ou pour le matériel informatique et les équipements électroniques – le domaine qui nous intéresse ici. Il s'agit du ratio monétaire : lorsque le facteur d'émissions pour un objet précis est indisponible, il est possible de se reporter au facteur « Montant des achats ». Les quantités d'émissions engendrées par la phase de « fabrication » d'un produit seront alors calculées d'après leur nature – « Informatique et équipements électroniques » – et leur prix¹⁶³.

En ce qui concerne l'impact environnemental du numérique en lui-même, la Base Carbone[®] n'est pour l'instant pas assez complète. Par conséquent, la troisième solution qui s'offrait à nous était de rechercher ailleurs les facteurs d'émissions nécessaires. C'est notamment dans le très complet rapport publié par l'ADEME et l'Arcep et traitant de la façon dont mesurer l'impact environnemental du numérique¹⁶⁴ que nous avons trouvé ces informations, ainsi que nous l'indiquons dans la rubrique « Source » de nos tableaux de calcul [Annexes 2 & 3]. Nous nous sommes servis des facteurs d'émissions mentionnés dans ce rapport pour mesurer l'empreinte carbone de l'envoi numérique du projet vidéo du studio de création digitale à l'entreprise Culturespaces.

Par ailleurs, deux autres des éléments compris dans notre analyse ont subi un traitement particulier. Il s'agit d'abord des ordinateurs. Étant donné que nous n'avions pas d'informations sur le type, la marque, le modèle etc., nous avons choisi d'appliquer aux dix ordinateurs de l'exposition numérique immersive type de l'entreprise Culturespaces, un facteur d'émissions moyen, obtenu en faisant la synthèse des trois facteurs d'émissions différents proposés pour les ordinateurs¹⁶⁵. Concernant les moyens d'éclairage, nous n'avons pas pu évaluer les émissions liées à leur fabrication. En effet, nous n'avons pas trouvé de facteur d'émissions correspondant, ni dans la Base Carbone[®] ni dans d'autres

¹⁶³ Centre de ressources sur les bilans de gaz à effets de serre. (s. d.). *Informatique et équipements électroniques*. [en ligne] <https://bilans-ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/liste-element/categorie/461/siGras/1> [consulté le 14 juin 2022]

¹⁶⁴ Lees-Perasso, E. et al. (2022). *Évaluation de l'impact environnemental du numérique en France et analyse prospective*. ADEME & Arcep. p. 216 [en ligne] https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/etude-numerique-environnement-ademe-arcep-volet02_janv2022.pdf?fbclid=IwAR2P5_1PQi8hxLOG9d1fM8Do4moSyL-Sy93Ya1r2DCzLSKkzVal7_WJd0XM [consulté le 10 juin 2022]

¹⁶⁵ Centre de ressources sur les bilans de gaz à effets de serre. (s. d.). *Informatique et équipements électroniques*. [en ligne] <https://bilans-ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/liste-element/categorie/461/siGras/1> [consulté le 14 juin 2022]

banques de données. Si de telles informations doivent nécessairement exister, nous avons donc choisi de ne pas mesurer l'impact environnemental lié à cette étape de la vie de ce type de produits, que ce soit pour l'exposition numérique immersive Culturespaces ou pour l'exposition numérique de la Micro-Folie hébergée par l'Association Ricochets. Enfin, il nous faut préciser que pour mesurer les émissions induites par la phase de fin de vie des éclairages, nous leur avons appliqué un facteur d'émissions qui leur est propre, intitulé « Tubes et lampes »¹⁶⁶. Nos lecteurs trouveront l'ensemble des calculs détaillés en annexe [Annexes 4 & 5], mais il est temps pour nous de préoccupé de l'exposition suivante.

L'exposition numérique de la Micro-Folie au Tcho Café à Beauvais

Le Musée Numérique du dispositif Micro-Folie, que nous avons considéré comme une exposition numérique, est contenu dans une application web. Celle-ci a été conçue par la Villette, une fois les numérisations des œuvres des structures partenaires reçues. Le processus d'accès à cette application est transmis à toute organisation hébergeant une Micro-Folie. Ce sont les seules qui peuvent y avoir accès. Une fois l'application installée sur un ordinateur ainsi que sur les tablettes faisant partie du dispositif, un accès à Internet est nécessaire pour pouvoir la consulter. Dans le cas de l'association Ricochets, celui-ci est permis par une Airbox 4G de la marque Orange. Le réseau utilisé est donc la 4G. Les œuvres présentées dans l'exposition numérique de la Micro-Folie sont diffusées à la fois sur un mur grâce à un vidéoprojecteur et sur les tablettes remises aux visiteurs, qui disposent de contenus supplémentaires (cartels et autres) sur ces supports. La diffusion est supervisée par une personne de l'association depuis l'ordinateur. Le vidéoprojecteur est connecté à l'ordinateur par un câble HDMI qui passe sous le plafond de la salle d'exposition. Les tablettes doivent également être connectées à l'ordinateur pour suivre le rythme imposé par le superviseur de l'exposition. Pour cela, il est nécessaire d'ouvrir l'application sur les tablettes et que celles-ci soient connectées sur le même réseau Internet que l'ordinateur. Une fois que les réglages requis ont été fait, les tablettes sont automatiquement reliées à l'ordinateur lorsque l'on ouvre l'application Micro-Folie. À

¹⁶⁶ Centre de ressources sur les bilans de gaz à effets de serre. (s. d.). *Tubes et lampes*. [en ligne] <https://bilans-ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/liste-element/categorie/682/siGras/1> [consulté le 14 juin 2022]

ces éléments s'ajoutent des équipements supplémentaires tels que des casques audio, des enceintes ou encore des amplificateurs sonores qui permettent d'adjoindre des sons aux images diffusées. La personne qui supervise l'exposition dispose également de microphones pour pouvoir communiquer avec les visiteurs. Il semble utile de préciser que le matériel de diffusion utilisé varie selon les Micro-Folies.

Les éléments que nous avons pris en compte dans la réalisation du Bilan Carbone® de l'exposition numérique de la Micro-Folie hébergée par l'association Ricochets sont donc les suivants : l'ordinateur, le vidéoprojecteur, l'écran d'ordinateur, les tablettes numériques, les casques audio, les microphones, les enceintes et l'amplificateur de sons. Nous avons également intégré à nos calculs la connexion à l'application, tant via les tablettes que l'ordinateur utilisé par la personne référente.

Nous nous sommes déjà assez longuement attardés sur la manière dont nous avons réalisé nos calculs pour l'exposition numérique immersive type de l'entreprise Culturespaces. Ayant adopté une démarche quasi similaire pour l'évaluation de l'impact environnemental de l'exposition numérique de la Micro-Folie hébergée par l'Association Ricochets, nous ne reviendrons donc pas dessus. En revanche, nous serions bien inspirés de revenir ici sur les quelques éléments pour lesquels nous avons adopté une démarche de calcul différente. Tout d'abord, nous n'avons pas tenu compte de la phase d'utilisation des casques audio car ceux-ci ne sont jamais utilisés [Annexe 3]. Pour cet équipement, nous avons donc seulement comptabilisés la phase de fabrication et celle de fin de vie. Comme pour l'exposition type de l'entreprise Culturespaces, les émissions de gaz à effets de serre liées à ces deux phases ont été systématiquement calculées en fonction de la durée de vie du produit et du périmètre temporel de l'étude. De la même façon, la phase de fabrication n'a pas non plus été prise en compte pour tous les moyens d'éclairage, c'est-à-dire : les néons, les halogènes et les guirlandes de LED. Il semble également important de mentionner que nous n'avons pas tenu compte dans nos calculs du nombre d'heures durant lesquelles l'ensemble de ces équipements sont utilisés par an. Que ces derniers soient utilisés 9 heures et 18 minutes, 365 jours par an, comme c'est le cas pour l'exposition numérique immersive Culturespaces, ou 16 minutes et 8 secondes, 330 jours par an, comme à la Micro-Folie installée au Tcho Café de Beauvais, nous avons considéré

que cela valait 1 an d'utilisation dans les deux cas. Or, nous pouvons supposer qu'un produit ne s'utilisera pas de la même façon s'il est utilisé 9 heures par jour qu'à peine plus d'un quart d'heure et donc que sa durée de vie sera différente. Par conséquent, il s'agit d'une des limites de nos calculs.

Les deux seuls cas pour lesquels nous avons tenu compte de la différence de durée d'usage entre l'exposition Culturespaces et l'exposition de la Micro-Folie sont : les calculs de la consommation électrique de chacun des équipements (« Utilisation ») et celui des émissions liées à l'utilisation de l'application en ligne. En effet, pour pouvoir proposer une estimation de ces dernières, il était nécessaire de déterminer la durée d'utilisation par an de l'application (5544 minutes). Cependant, ce poste d'impact fait l'objet d'un niveau d'incertitude particulièrement élevé. Comme nous ne disposions pas d'informations concernant la consommation de données informatiques (et plus précisément, d'octets) par temps d'utilisation de l'application, nous avons construit une hypothèse fondée sur la comparaison avec d'autres applications. Étant donné que l'application pèse 200 mégaoctets (Mo), ce qui apparaît relativement élevé, nous avons considéré que la consommation d'octets par minute d'utilisation de l'application devait être importante également. Sachant qu'une application de messagerie instantanée comme Whatsapp utilise 4 Mo par minute par terminal, tandis qu'une application de vidéos en ligne comme Youtube consomme quant à elle 5 Mo par minute par terminal¹⁶⁷, nous avons estimé que l'exposition numérique qui représente un poids de données important en elle-même et qui contient à la fois des images HD, des animations et des vidéos, devait consommer au moins 4 Mo par minute. Nous avons donc multiplié le nombre de minutes d'utilisation annuelle par le nombre de terminaux et par cette consommation hypothétique par minute. Puis nous avons converti le résultat obtenu en gigaoctets (Go) et nous l'avons multiplié par le facteur d'émission disponible dans le rapport de l'ADEME et de l'Arcep que nous avons déjà cité plusieurs fois¹⁶⁸.

¹⁶⁷ Godart, C. (2019, 17 octobre). Consommation data : surveiller, limiter, économiser. Blog Orange. [en ligne] <https://www.orange.be/fr/blog/consommation-data-surveiller-limiter-economiser> [consulté le 14 juin 2022]

¹⁶⁸ Lees-Perasso, E. et al. ; op. cit. p. 216.

Toutefois, il y également des postes d'impact pour lesquels nous n'avons pas pu produire de données. Il s'agit tout d'abord de l'impact lié à l'usage d'Internet du point de vue des data centers mais également celui de la mise en réseaux des différents terminaux (ordinateurs et tablettes) ainsi que celui lié à la fabrication de l'Airbox de la marque Orange dont dispose l'association Ricochets, notamment pour se connecter à l'application de la Micro-Folie. En effet, nous ne disposons pas des moyens ni des informations pour évaluer les quantités d'émissions de gaz à effets de serre causées par ces postes d'impact.

II.3.b. Analyse des résultats

Sans surprise, la quantité de gaz à effets de serre émise par une exposition numérique immersive type de l'entreprise Culturespaces est bien supérieure à celle de l'exposition de la Micro-Folie hébergée par l'association Ricochets au Tcho Café de Beauvais. Pour prendre la mesure de la différence d'impact entre ces deux expositions numériques comparons les résultats obtenus. L'exposition type de Culturespaces génère – selon les postes d'impacts étudiés – un total de 386, 17 tonnes d'équivalent CO₂. L'exposition de la Micro-Folie de Beauvais est quant à elle responsable – toujours selon le périmètre que nous avons établi – de 2, 49 tonnes d'équivalent CO₂, soit 155 fois moins que la précédente. Cela s'explique en grande partie par le matériel utilisé dans ces deux expositions. En effet, l'exposition Culturespaces comprend un nombre bien plus important d'équipements qui sont individuellement à l'origine de plus d'émissions de gaz à effets de serre que les équipements sur lesquels reposent l'exposition de la Micro-Folie.

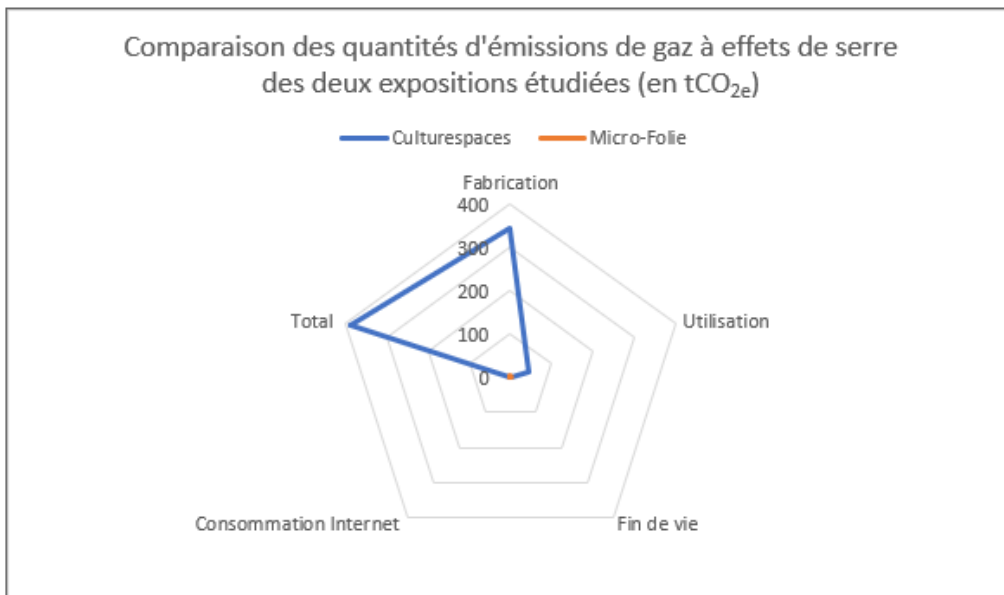


Figure 6 : Comparaison des quantités d'émissions de gaz à effets de serre des deux expositions étudiées (en tCO_{2e})

Ce graphique [Figure 6], témoigne de l'écart colossal entre l'impact de l'exposition numérique immersive type de l'entreprise Culturespaces et l'exposition numérique de la Micro-Folie de Beauvais par le petit point orange qui représente les quantités d'émissions de cette dernière, en comparaison de la grande figure bleue. Par ailleurs, il est intéressant de noter que malgré la différence importante entre les deux expositions, de durée d'usage des équipements par an, celle-ci apparaît relativement peu importante une fois traduite en quantités d'émissions de gaz à effets de serre. La différence se situe donc bien dans la phase de fabrication des équipements. Pour réduire l'impact environnemental de l'exposition numérique immersive type de Culturespaces, il s'agirait donc non pas de moins utiliser les équipements mais de penser un modèle d'exposition impliquant moins de matériel. Nous pouvons d'ailleurs remarquer que les moyens techniques mis en œuvre pour chacune de ces expositions sont à l'image des modèles économiques des organisations qui en sont à l'origine et des logiques dans lesquelles celles-ci s'inscrivent. Ainsi, malgré l'immixtion du marché dans le financement des musées publics, ces derniers restent dans l'ensemble des organisations relativement pauvres par rapport à des entreprises privées comme Culturespaces. Les moyens techniques dont ils disposent s'en trouvent donc affectés. Mais cette différence d'un point de vue du matériel technique

s'explique également (et peut être surtout) par la logique qui est à l'œuvre derrière chacun de ces projets. Alors que le dispositif des Micro-Folies a été créé dans l'optique de « démocratiser la culture » et s'inscrit ainsi dans une logique sociale, les expositions numériques immersives des différents centres d'art numérique Culturespaces sont avant tout conçus dans la logique du spectaculaire muséal décrite par François Mairesse et décrite précédemment¹⁶⁹.

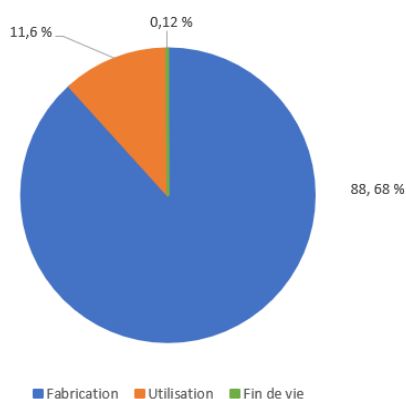
Mais pour que les résultats que nous avons obtenus soient plus signifiants du point de vue de leur impact sur l'environnement, comparons-les avec d'autres éléments. Selon les données publiées par le Ministère de la transition écologique, la quantité de gaz à effets de serre émise chaque année par un Français moyen serait « légèrement inférieur à 10t. CO₂ eq. »¹⁷⁰. Or, pour que la Terre continue d'être habitable, il faudrait que les émissions de gaz à effets de serre ne représente pas plus de 2 tonnes d'équivalent CO₂ par personne dans le monde et par an. Par conséquent, et si nous tenons compte du fait que seule une petite (infime ?) partie des postes d'impact des expositions étudiées ont été intégrés dans notre analyse, la quantité de gaz à effets de serre dont est responsable l'exposition numérique immersive type de Culturespaces apparaît énorme. En effet, cela représente seulement 100 fois moins que l'empreinte carbone de la totalité des activités du Louvre – à savoir, le plus grand musée au monde –, les trajets effectués par les visiteurs exclus. Si l'impact environnemental de l'exposition de la Micro-Folie apparaît beaucoup moins important, celui-ci reste non négligeable. Ainsi, selon le convertisseur CO₂ développé par l'ADEME, 2, 49 tonnes d'équivalent CO₂ représente 12 902 km en voiture, 107 jeans, 4882 repas végétariens et 343 repas avec du bœuf¹⁷¹. Si nous reprenons l'exemple du transport de l'œuvre X pesant 20 kg, en avion, de Paris à Berlin, nous nous apercevons que 2, 49 tonnes d'équivalent CO₂ équivaut également au transport par avion de 100 œuvres de 20 kg de Paris à Berlin. Or il nous semble qu'un niveau si important de fret est possible seulement pour de très grosses expositions. Selon nos calculs, l'impact environnemental du numérique apparaît donc important.

¹⁶⁹ Mairesse, F. (2002). *Le Musée, temple spectaculaire. Une histoire du projet muséal*. Lyon : Presses Universitaires de Lyon. p. 138.

¹⁷⁰ Ministère de la transition écologique. *Estimation de l'empreinte carbone de 1995 à 2019*. [en ligne] <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/estimation-de-lempreinte-carbone-de-1995-2019> [consulté le 14 juin 2022]

¹⁷¹ ADEME. *Mon Convertisseur CO₂*. [en ligne] <https://monconvertisseurco2.fr/> [consulté le 14 juin 2022]

Répartition des émissions de gaz à effets de serre par phase
Exposition type Culturespaces



Répartition des émissions de gaz à effets de serre par phase
Exposition Micro-Folie de Beauvais

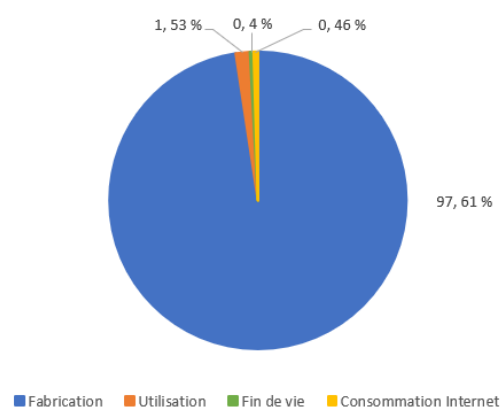


Figure 7 & 8 : Répartition des émissions de gaz à effets de serre par phase¹⁷²

Comme ces deux diagrammes le mettent en lumière [Figure 7 & 8], cet impact apparaît principalement dû à la phase de fabrication des équipements utilisés dans les deux expositions étudiées. Ainsi, 88,68 % des émissions de gaz à effets de serre recensées pour une exposition numérique type de l'entreprise Culturespaces et 97,61 % pour l'exposition de la Micro-Folie de Beauvais sont imputables à ce que nous avons appelé la « fabrication » des équipements et qui comprend toutes les étapes, de l'achat des matières premières à l'acquisition de ces produits par l'organisation étudiée. Ce constat n'est pas étonnant et correspond à ce qui ressort du rapport *Évaluation de l'impact du numérique en France et analyse prospective*¹⁷³. Il est intéressant de constater que les émissions évitées par le traitement des déchets est loin de compenser les émissions de gaz à effets de serre liées à la fabrication des terminaux. Par conséquent, la seule solution pour limiter l'impact environnemental du numérique est de limiter l'achat et le renouvellement des terminaux.

¹⁷² La consommation Internet n'apparaît pas dans le diagramme de l'exposition type de l'entreprise Culturespaces car celle-ci représentait une part équivalente à 0.

¹⁷³ Lees-Perasso, E. et al. ; op. cit. p. 103

Toutefois, il convient de relativiser l'importance des quantités de gaz à effets de serre émises par ces deux expositions à l'aune des limites que comportent notre étude.

II. 4. Limites

Nous avons déjà mentionné une partie des limites de notre analyse dans notre présentation de notre travail de terrain. Toutefois, il paraît opportun de les rappeler ici et de mentionner celles que nous n'aurions pas encore eu l'occasion d'évoquer.

Ainsi, la première limite de notre enquête et, probablement la plus évidente, réside dans le périmètre restreint que nous avons étudié. En effet, comme nous l'avons précisé précédemment, notre étude s'est concentrée sur une partie très limitée des expositions, à savoir tout ce qui a trait à la présentation en elle-même. Nous n'avons pas pris en compte toutes les étapes en amont et en aval de l'exposition ainsi qu'un certain nombre d'éléments cruciaux faisant partie de la phase d'exploitation de l'exposition tels que les déplacements des visiteurs. D'autre part et comme nous l'avons déjà mentionné également, la méthode du bilan carbone n'apparaît pas la plus appropriée pour mesurer l'impact environnemental d'expositions numériques. À l'image du collectif GreenIT.fr, il aurait donc été préférable, si nous en avions eu les moyens, de procéder à une Analyse du cycle de vie de ces expositions. En outre, pour que notre étude soit plus représentative, il aurait fallu que nous nous penchions sur un plus grand nombre d'expositions numériques, mais aussi physiques afin d'obtenir un outil de comparaison.

Sur un plan moins général, il semble important de relever la grossièreté de certains de nos calculs. Celle-ci est due à deux choses : le fait que nous ayons procédé à des estimations concernant la durée de vie des équipements et l'utilisation du ratio monétaire pour calculer les quantités de gaz à effets de serre émises lors de la fabrication d'un nombre important d'équipements, particulièrement pour l'exposition numérique immersive type de l'entreprise Culturespaces. Par ailleurs, nous n'avons pas pris en compte les émissions liées à la consommation électrique des appareils au repos ainsi qu'à la connexion en réseau des multiples équipements dans le cas de l'exposition type de Culturespaces ainsi que de l'ordinateur et des tablettes dans celui de l'exposition numérique de la Micro-Folie de Beauvais. Enfin, nous avons rencontré des difficultés à comprendre le fonctionnement

technique des différents dispositifs numériques utilisés. Par conséquent, il se peut que notre étude comporte un certain nombre de biais de ce point de vue.

Notre étude apparaît donc loin d'être parfaite et il serait à propos qu'elle connaisse une suite. Malgré cela, il est nous tout de même possible de tirer un certain nombre de conclusions et d'effectuer certaines recommandations.

*

Conclusion

L'étude du développement d'une conscience écologique, comme celle de l'essor du numérique dans le monde des musées ainsi que l'évaluation de l'impact environnemental de deux expositions numériques nous poussent à constater que l'utilisation du numérique dans les musées relèvent de deux logiques contradictoires. En effet, celle-ci semble s'inscrire autant dans une logique sociale, allant dans le sens de la protection de l'environnement, que dans une logique spectaculaire, qui lui serait antagoniste. Ainsi, les impacts du numérique dans les musées, qu'ils soient positifs ou négatifs, dépendraient de la manière dont celui-ci est utilisé. D'aucuns font état des bénéfices, tant cognitifs que comportementaux, qui peuvent être retirés de l'expérimentation de dispositifs numériques. Si le numérique permet aux visiteurs de mieux appréhender et intégrer le discours scientifique véhiculé par les musées, celui-ci – si tant est que les informations transmises soient adéquates – œuvrerait donc en faveur de l'environnement. Nous avons effectivement constaté, au cours de notre recherche, que le rôle communicationnel des musées s'était trouvé un nouveau renouvelé par le développement des nouvelles technologies en leur sein. C'est donc en partie grâce au numérique que le musée serait aujourd'hui un acteur de choix dans la lutte contre le changement climatique et les autres désagréments que subit actuellement la planète, ainsi qu'en témoigne notamment le film *Climate Action Needs Culture*¹⁷⁴. Les musées ont d'ailleurs été reconnus par le G20, au mois d'août 2021, comme ayant un « rôle clé » à jouer « dans la lutte contre la crise climatique »¹⁷⁵. Toutefois, comme nous l'avons observé, l'usage du numérique présente aussi des coûts non négligeables d'un point de vue environnemental. Au-delà de son impact environnemental, l'usage du numérique dans les musées posent aussi des questions d'ordre sanitaire et politique. Comme l'a très justement fait remarquer Camille

¹⁷⁴ Creative Carbon Scotland, National Galleries Scotland, (et al.). (2021). *Climate Action Needs Culture*. Picture Zero. [en ligne] <https://www.nationalgalleries.org/art-and-artists/features/climate-action-needs-culture> [consulté le 14 juin 2022]

¹⁷⁵ ICOM. (2021, 2 août). *Le G20 reconnaît le rôle des musées et de l'ICOM dans la lutte contre la crise climatique*. [en ligne] <https://icom.museum/fr/news/le-g20-reconnait-le-role-des-musees-et-de-icom-dans-la-lutte-contre-la-crise-climatique/> [consulté le 14 juin 2022]

Pène, membre du collectif Les Augures, dans son intervention à la journée d'étude « Déclivité écologique au musée », nous connaissons encore mal l'impact du numérique sur la santé humaine mais commençons à constater les désagréments que celui-ci peut poser, notamment chez les enfants¹⁷⁶. D'autre part, l'utilisation du numérique dans les musées entraîne une dépendance aux plus grosses entreprises du monde, à savoir les GAFAM¹⁷⁷. Or, celles-ci apparaissent en totale contradiction avec l'adoption d'un modèle écologique. Dans ce contexte, il apparaît donc nécessaire d'évaluer les avantages et les inconvénients du numérique dans la relation des musées avec leurs publics, afin d'adopter une politique numérique raisonnée. S'il semble clair que la diminution de l'impact environnemental du numérique ne peut passer que par une baisse de la consommation de certaines grandes structures, il s'avère nécessaire, au moins pour toutes les autres, de procéder à un arbitrage entre les coûts et les bénéfices. Mais déjà faut-il les connaître.

Tout semble donc être une histoire de mesure. Néanmoins, il est apparu, au cours de notre étude, que mesurer l'impact environnemental d'un projet fondé sur des technologies numériques – dans notre cas, des expositions – n'était pas si simple. En effet, la méthode la plus appropriée pour cela semble être l'Analyse du cycle de vie. Or, cette dernière demande un certain nombre de compétences en matière d'analyse de données. De plus, quelle que soit la méthode utilisée et l'objet étudié, une évaluation de l'impact environnemental implique, pour être la plus fiable possible, d'avoir collecté au préalable un grand nombre de données souvent extrêmement précises. C'est également une démarche qui prend beaucoup de temps. Ainsi, le Bilan Carbone® de l'exposition *Nous les Arbres* a nécessité plus d'un an et demi¹⁷⁸. Par ailleurs, il existe à ce jour un nombre très restreint d'institutions ayant procédé à une étude des dommages environnementaux engendrés par une exposition uniquement et aucune consacrée à une exposition numérique. La mesure de l'impact environnemental d'une ou de l'ensemble de ses activités apparaît donc difficile à réaliser pour des musées moyens, disposant de peu de temps et de moyens. Néanmoins, nous pouvons déjà faire remarquer que ce sont

¹⁷⁶ Conseil de l'enfance et de l'adolescence. (2020). *Les enfants, les écrans et le numérique* [Dossier]. Haut Conseil de la famille, de l'enfance et de l'âge. p. 27-33. [en ligne] https://www.hcfea.fr/IMG/pdf/dossier_enfantsecransnumerique.pdf [consulté le 14 juin 2022]

¹⁷⁷ Acronyme pour désigner Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft.

¹⁷⁸ Entretien informel avec Alix Laignou, Chargée de coordination des expositions à la Fondation Cartier, mai 2022.

généralement les plus petits musées qui sont les moins impactants d'un point de vue environnemental, puisque ces derniers n'ont souvent pas d'autre choix que de réaliser des projets relativement sobres. Toutefois, nous avons pensé que la création d'un formulaire prédéfini que les professionnels des musées pourraient remplir pour obtenir une idée globale de l'impact environnemental des expositions dans lesquelles ils ont été impliqués pourrait pallier le manque d'évaluation de ces dernières. Le résultat ne serait alors pas aussi précis que ce que permettrait une Analyse du cycle de vie mais permettrait tout de même de tirer quelques conclusions et que les institutions muséales adoptent leur politique d'exposition en fonction. Ainsi, même avec des résultats un peu grossiers, notre analyse de l'impact environnemental d'une exposition type de l'entreprise Culturespaces et de l'exposition de la Micro-Folie de Beauvais nous a permis de mettre en lumière certains points, tels que l'importance des gaz à effet de serre émis par la fabrication des terminaux sur lesquels reposent les expositions numériques.

Nous présupposons donc ici que les musées seraient prêts à adapter leurs pratiques dans le sens de la décroissance afin de réduire leurs impacts environnementaux lorsque cela s'avère nécessaire. Mais ces derniers y sont-ils vraiment enclins ? Nous nous permettons de poser cette question au vu de la voie choisie par les musées au tournant des années 1980. Outre le développement de la logique du spectaculaire dans les institutions muséales alors même que le monde des musées était déjà bien conscient des problématiques environnementales, l'histoire de ces derniers semble extrêmement liée au développement de la consommation de masse. Ainsi que le rappelle Serge Chaumier, si les musées ont récemment été reconnus comme des institutions « dans une position unique pour soutenir les politiques environnementales durables, diffuser des informations scientifiques et encourager les pratiques durables dans leurs communautés locales »¹⁷⁹, ce sont également ceux-là « qui ont accompagné la société industrielle et la société d'abondance », *via* les musées industriels mais aussi le principe même de muséification, qui consiste à arracher l'objet de son milieu d'origine (celui-ci perdant alors sa valeur d'usage) et à n'en conserver qu'un exemplaire dont la valeur vient du fait qu'il est l'unique et présuppose donc que les autres ont disparu et n'ont pas été recyclés ou

¹⁷⁹ ICOM. (2021, 2 août). Le G20 reconnaît le rôle des musées et de l'ICOM dans la lutte contre la crise climatique. [en ligne] <https://icom.museum/fr/news/le-g20-reconnait-le-role-des-musees-et-de-icom-dans-la-lutte-contre-la-crise-climatique/> [consulté le 14 juin 2022]

réutilisés¹⁸⁰. D'un autre point de vue, cette démarche de conservation apparaît avoir été, comme dans le cas des parcs naturels, un premier pas vers la préservation de l'environnement. Il semblerait donc que les musées soient fondés sur des bases contradictoires, notamment d'un point de vue environnemental. Outre les contradictions que ces derniers portent en eux, cette démonstration met en lumière le fait que le monde muséal, comme l'utilisation du numérique que ce dernier fait, est à plusieurs vitesses. De manière schématique, celui-ci comporterait alors : des petites organisations dont les activités dégagent par nature un impact environnemental relativement faible, des institutions prêtes à abandonner certaines pratiques pour diminuer ce dernier et enfin des institutions poussant la logique du spectaculaire muséal au maximum et, pour engranger suffisamment de profits, n'étant pas prêtes à adapter leurs manières de faire. L'enjeu serait alors de réfléchir à comment rendre la sobriété plus attrayante que le spectaculaire.

En définitive, nous pouvons affirmer que la lutte contre la crise environnementale est un sujet qui réunit et qui permet d'adopter une démarche écologique au sens où l'employait Georges-Henri Rivière. Ainsi, une étudiante en muséologie peut très bien être amenée à effectuer un travail de *data analyst* en plus d'étudier le fonctionnement technique de dispositifs numériques ainsi que l'histoire économique et que sais-je encore.

¹⁸⁰ Chaumier, S. (2019). Est-il encore temps de parler du musée de demain ? . Dans Le Marec, J., Schiele, B. & Luckerhoff, J. (dir.). *Musées, mutations* (p.145-160). Dijon : OCIM

Bibliographie

Nous avons choisi de présenter à nos lecteurs une bibliographie thématique, afin de mettre en lumière les lacunes de la littérature scientifique sur le thème conjoint du numérique et de l'environnement dans les musées.

Généralités sur les musées :

Abouddrar, B.-N., Mairesse, F., Martin, L. (2021). *Géopolitiques de la culture : l'artiste, le diplomate et l'entrepreneur*. Malakoff : Armand Colin.

Bazin, G. (1967). *Le temps des musées*. Liège, Bruxelles : Desoer.

Cameron, D. F. (1968). Viewpoint: The Museum as a Communication System and Implications for Museum Education. *Curator*, 11 (1), p.33-40.

Chaumier, S. (dir.). (2011). *Expoland. Ce que le parc fait au musée : ambivalences des formes de l'exposition*. Paris : Editions Complicités.

Davis, D. (1990). *The Museum transformed. Design and culture in the post-Pompidou age*. New-York : Abbeville Press.

Desvallées, A. (1976). Les galeries du Musée national des Arts et traditions populaires : leçons d'une expérience muséologique. *Musées et Collections publiques de France*. 134. p. 5-37.

Desvallées, A. (2002). *Vagues. Une anthologie de la nouvelle muséologie*. Mâcon : Editions W ; Savigny-le-Temple : M.N.E.S.

Desvallées, A. & Mairesse, F. (dir.). (2011). *Dictionnaire encyclopédique de muséologie* (1^{ère} éd.). Paris : Armand Colin.

- Drouguet, N. & Gob, A. (2003). *La muséologie : histoire, développement, enjeux actuels* (4^e éd.). Paris : Armand Colin.
- Landry, A. & Schiele, B. (2013). L'impermanence du musée. *Communication & langages*, 175 (1), p. 27-46. [en ligne] <https://www.cairn.info/revue-communication-et-langages1-2013-1-page-27.htm> [consulté le 25 avril 2022]
- Le Marec, J., Schiele, B. & Luckerhoff, J. (2019). *Musées, mutations*. Dijon : OCIM.
- Mairesse, F. (2000). La belle histoire aux origines de la nouvelle muséologie. *Culture & Musées*, 17/18 (1), p.33-56. [en ligne] https://www.persee.fr/doc/pumus_1164-5385_2000_num_17_1_1154 [consulté le 06 juin 2022]
- Mairesse, F. (2002). *Le Musée, temple spectaculaire. Une histoire du projet muséal*. Lyon : Presses Universitaires de Lyon.
- Mairesse, F. (2010). *Le musée hybride*. Paris : La Documentation française.
- Mairesse, F. (dir.). (2016). *Nouvelles tendances de la muséologie*. Paris : La documentation française.
- Mairesse, F. (2020). *Gestion de projets culturels : conception, mise en œuvre, direction* (2^e éd.). Malakoff : Armand Colin.
- O'Doherty, B. (1972). *Museums in crisis*. New-York : Braziller.
- Quemin, A. (2013). *Les stars de l'art contemporain. Notoriété et consécration artistiques dans les arts visuels*. Paris : CNRS Éditions.
- Rasse, P. (2017). *Le musée réinventé*. Paris : CNRS Éditions.
- Rivière, G.-H. (1989). *La muséologie selon Georges-Henri Rivière*. Paris : Dunod.

Van Mensch, P. (1989). *Professionalising the Muses*. Amsterdam : AHA Books.

Musées et environnement :

Ambrose, T. & Paine, C. (2006). *Museum Basics* (2^{ème} éd.). Londres, New-York : Routledge. p. 13-14.

Ardenne, P. (2019). *Un art écologique. Création plasticienne et anthropocène*. Lormont : Le Bord de l'eau.

Aubert, S. (2011). Le développement durable dans la construction d'un Centre de Conservation et d'Étude. *La Lettre de l'OCIM*, 133 (1), p.18-23. [en ligne] <https://journals.openedition.org/ocim/655#quotation> [consulté le 14 mai 2022]

Bourriaud, N. (2021). *Inclusions : esthétique du capitalocène*. Paris : Presses universitaires de France.

Brophy, S. S., Wylie, E. (2008). *The Green Museum. A primer on environmental practices*. Lanham : AltaMira Press.

Cantin, E. (2021). *Les musées face à la transition écologique. Initiatives, enjeux* [mémoire de maîtrise inédit]. Université Sorbonne-Nouvelle Paris 3.

Casteignau, M. (2004). Écomusées, musées de société et développement durable - Des valeurs partagées de longue date. *Musées et collections publiques de France*, 243 (3), p. 43-48.

Caviglia, J. & Ponson, N. (2006). Patrimoine et développement durable : quelle place et quel(s) rôle(s) pour les musées ? . *Musées et collections publiques de France*, 247 (1), p. 56-59.

Chaumier, S. & Porcedda, A. (dir.). (2011). *Musées et développement durable*. Paris : La Documentation française.

Davallon, J., Grandmont, G. & Schiele, B. (1992). *L'environnement entre au musée*. Lyon : Presses universitaires de Lyon ; Québec : Musée de la civilisation.

Girault, Y. & Zwang, A. (2019). Musées et aires protégées, à la croisée de multiples enjeux pour l'éducation relative à l'environnement. *Éducation relative à l'environnement*, 15 (1).

Janes R., R. (2011). Museums and the end of materialism. Dans Marstine, J. (dir.). *Museum Ethics* (p. 54-69). Londres, New-York : Routledge.

Le Marec, J. (2011). L'environnement et la participation au musée : différentes expressions culturelles des sciences. *Hermès, La Revue*, 61 (3), p. 167-174 [en ligne] <https://www.cairn.info/revue-hermes-la-revue-2011-3-page-167.htm> [consulté le 27 mai 2022]

Macleod, S. (2011). Towards an ethics of museum architecture. Dans Marstine, J. (dir.). *Museum Ethics* (p. 379-392). Londres, New-York : Routledge.

Manca, I. (2019, 17 septembre). Les expos sont-elles compatibles avec l'écologie ? . *Le Journal des Arts*. [en ligne] <https://www.lejournaldesarts.fr/expositions/les-expos-sont-elles-compatibles-avec-lecologie-145400> [consulté le 2 mai 2022]

Moniot, F. (1973). L'écomusée de Marquèze, Sabres, dans le cadre du Parc naturel régional des Landes de Gascogne. *Museum*, 25 (1/2), p.79-84. [en ligne] https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000012398_fre [consulté le 06 juin 2022]

Ramade, B. (2007). Mutation écologique de l'art ? . *Cosmopolitiques*, 15, p.31-42. [en ligne]

https://archive.boullier.bzh/cosmopolitiques_com/cosmopolitiques_com_archive_boullier_bzh_03-Ramade_Cosmo%2015.pdf [consulté le 27 mai 2022]

Musées et numérique :

Andreacola, F. (2014). Musée et numérique, enjeux et mutations. *Revue française des sciences de l'information et de la communication*, 5 (2). [en ligne]

<https://journals.openedition.org/rfsic/1056#citedby> [consulté le 01 juin 2022]

Deloche, B. (2016). L'irruption du numérique au musée : de la muséologie à la noologie. Dans Mairesse, F. (dir.), *Nouvelles tendances de la muséologie* (p. 145-158). Paris : La documentation française.

Juanals, B. & Minel, J.-L. (2016). Stratégies de communication et dispositifs de médiation à l'ère numérique : vers des « musées ouverts » ? . Dans Mairesse, F. (dir.), *Nouvelles tendances de la muséologie* (p. 159-194). Paris : La documentation française.

Laborderie, A. (2020). Les expositions virtuelles de la BNF de 1998 à 2020. *Culture & Musées*, 35 (1), p. 324-330. [en ligne]

<https://journals.openedition.org/culturemusees/5187#quotation> [consulté le 3 mai 2022]

Parry, R. (dir.) (2010). *Museums in a digital age*. Londres, New-York : Routledge.

Sandri, E. (2020). Les imaginaires numériques au musée ? Débats sur les injonctions à l'innovation. Paris : MkF éditions.

Schweibenz, W. (2004). L'évolution du musée virtuel. *Les Nouvelles de l'ICOM*, 57 (3). [en ligne] <https://www.icom-musees.fr/sites/default/files/2018-09/Vol57n3%2C2004.pdf> [consulté le 2 mai 2022]

Vicet, M. (2019). *Les Immatériaux* : visite de l'exposition au casque. *Hybrid*, 6 (1). [en ligne] <https://journals.openedition.org/hybrid/513#quotation> [consulté le 01 juin 2022]

Numérique et environnement :

Dobré, M., Flipo, F. & Michot, M. (2013). *La face cachée du numérique. L'impact environnemental des nouvelles technologies*. Montreuil : Éditions l'Échappée

Autres :

Collomb, J.-D. (2016). Le mouvement environnementaliste aux États-Unis. *La Pensée*, 388 (4), p.58-72. [en ligne] <https://www.cairn.info/revue-la-pensee-2016-4-page-58.htm> [consulté le 16 mai 2022]

Caro, C. (2009). *Le développement de la conscience environnementale et l'émergence de l'écologie politique dans l'espace public en France et en Allemagne, 1960-1990* [Thèse de doctorat, Université Sorbonne-Nouvelle – Paris 3 & Technische Universität Dresden]. Qucosa. [en ligne] <https://tud.qucosa.de/api/qucosa%3A25487/attachment/ATT-0/> [consulté le 24 mai 2022]

Depraz, S. & Héritier, S. (2012). La nature et les parcs naturels en Amérique du Nord. *L'information géographique*, 76 (4), p.6-28. [en ligne] <https://www.cairn.info/revue-l-information-geographique-2012-4-page-6.htm> [consulté le 17 mai 2022]

Dorel, G. (2006). L'idée de frontière dans l'histoire et la géographie des États-Unis. Une approche géohistorique du concept de frontière à travers le cas étasunien. *Travaux de l'Institut de Géographie de Reims*, 125/126 (1), p.77-80. [en ligne] https://www.persee.fr/doc/tigr_0048-7163_2006_num_32_125_1512 [consulté le 15 mai 2022]

Matagne, P. (2003). Aux origines de l'écologie. *Innovations*, 18 (2), p.27-42. [en ligne] <https://www.cairn.info/revue-innovations-2003-2-page-27.htm#no5> [consulté le 24 mai 2022]

Strigler, M.-C. (2013). La *wilderness* : un espace fantasmé. Dans Laffont, G., Gautier, A., Martouzet, D., Chamerois, G., & Bernard, N. (dir.), *L'espace du Nouveau Monde : Mythologies et ancrages territoriaux* (p.31-44). Rennes : Presses universitaires de Rennes. [en ligne] <https://books.openedition.org/pur/86516?lang=fr> [consulté le 06 juin 2022]

Vivien, F.-D. (2010). Chapitre 1. Les antécédents conceptuels du développement soutenable. Dans Zuindeau, B. *Développement durable et territoire* (2e éd, p.25-35). Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion. [en ligne] <https://books.openedition.org/septentrion/15382?lang=fr> [consulté le 24 mai 2022]

Worster, D. (1977). *Nature's Economy. The Roots of Ecology*. San Francisco : Sierra Club Books.

Sources

Rapports et guides :

American Association of Museums. (1971). *Museums and the Environment: A Handbook for Education*. New-York : Arkville Press.

Association Bilan Carbone. (2017). *Guide méthodologique Bilan Carbone® V8*. [en ligne] <https://www.associationbilan carbone.fr/wp-content/uploads/2018/03/bilan-carbone-v8-guide-methodologique-final.pdf> [consulté le 10 juin 2022]

Association Bilan Carbone. (s.d.). *Fiches pratiques*. [en ligne] <https://www.associationbilan carbone.fr/wp-content/uploads/2020/01/fiches-pratiques-panorama.pdf> [consulté le 10 juin 2022]

Cité des Sciences et de l'Industrie / Universcience & Atemia. (2010). *Guide d'éco-conception des expositions* [Guide pratique]. [en ligne] https://www.universcience.fr/fileadmin/fileadmin_Universcience/fichiers/developpement-durable/ documents/guide eco conceptFR.pdf [consulté le 30 mai 2022]

Commission mondiale sur l'environnement et le développement. (1987). *Notre avenir à tous* [Rapport scientifique].

Conseil de l'enfance et de l'adolescence. (2020). *Les enfants, les écrans et le numérique* [Dossier]. Haut Conseil de la famille, de l'enfance et de l'âge. [en ligne] https://www.hcfea.fr/IMG/pdf/dossier_enfantsecransnumerique.pdf [consulté le 14 juin 2022]

Greenhouse Gas Protocol & Carbon Trust. (s.d.). *Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions* [Guide pratique]. [en ligne] https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Scope3_Calculation_Guidance_0.pdf [consulté le 09 juin 2022]

La Villette & Ministère de la Culture. (s.d.). *Micro-Folie : plateforme culturelle au service des territoires* [Dossier de projet]. [en ligne]
<https://www.culture.gouv.fr/Media/Regions/Drac-Paca/Files/Politique-culturelle/Dossier-de-presentation-generale-des-Micro-Folies> [consulté le 03 juin 2022]

Lees-Perasso, E. et al. (2022). *Évaluation de l'impact environnemental du numérique en France et analyse prospective*. ADEME & Arcep. [en ligne]
https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/etude-numerique-environnement-ademe-arcep-volet02_janv2022.pdf?fbclid=IwAR2P5_1PQi8hxLOG9d1fM8Do4moSyL-Sy93Ya1r2DCzLSKKzVal7_WJd0XM [consulté le 10 juin 2022]

Palais des Beaux-Arts de Lille & Atemia. (2021). *Guide pratique d'écoconception* [Guide pratique]. [en ligne]
<https://pba.lille.fr/content/download/6166/71045/file/GUIDE+PRATIQUE+D%E2%80%99%99%C3%89COCONCEPTION.pdf> [consulté le 30 mai 2022]

Palais des Beaux-arts de Lille & Réunion des Musées Nationaux – Grand Palais. (s.d.) *Workshop #1, 27 & 28 janvier 2022 : Construire la durabilité de nos musées* [Programme]. [en ligne]
https://pba.lille.fr/content/download/6162/71025/file/WORKSHOP_Programme+complet.PDF [consulté le 07 juin 2022]

Meadows, D. H. & Meadows, D. L. (Massachusetts Institute of Technology). (1972). *The Limits to Growth, a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York : Universe Books.

Ministère de la Culture, des Communications et de la Condition féminine du Québec. (2007). *Réaliser une exposition* [Guide pratique]. [en ligne]
<https://www.mcc.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/ssim-guide-realiser-exposition.pdf> [consulté le 05 juin 2022]

The Shift Project. (2021, novembre). *Décarbonons la culture !* [Rapport final]. [en ligne] <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2021/11/211130-TSP-PTEF-Rapport-final-Culture-v2.pdf> [consulté le 15 juin 2022]

Colloques, débats et journées d'étude :

Colloque « Musée et environnement ». (1973). *Museum*, 25 (1/2). p.119-120 [en ligne] https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000012398_fre [consulté le 25 mai 2022]

Université Sorbonne-Nouvelle, Master Musées & Nouveaux Médias, Promotion John Kinard. (2022, 22 avril). *Déclat écologique au musée. Entre transition écologique et numérique, quel avenir pour les musées ?* [Journée d'étude]. [en ligne] <https://www.youtube.com/watch?v=1rhWO11tO-s> [consulté le 14 juin 2022]

Pages et sites internet :

ADEME. (2018, 18 juin). *L'analyse du cycle de vie*. [en ligne] <https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire/consommer-autrement/passer-a-l'action/dossier/lanalyse-cycle-vie/quest-lacv> [consulté le 09 juin 2022]

ADEME. *Mon Convertisseur CO2*. [en ligne] <https://monconvertisseurco2.fr/> [consulté le 14 juin 2022]

Centre de ressources sur les bilans de gaz à effets de serre. (s. d.). *Achats de biens*. [en ligne] <https://bilans-ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/choix-categorie/categorie/8/siGras/1> [consulté le 14 juin 2022]

Centre de ressources sur les bilans de gaz à effets de serre. (s. d.). *Déchets d'équipements électriques et électroniques*. [en ligne] <https://bilans->

ges.ademe.fr/fr/accueil/documentation-gene/index/page/Dechets-dequipements-electriqu [consulté le 14 juin 2022]

Centre de ressources sur les bilans de gaz à effets de serre. (s. d.). *Étapes d'un bilan GES*. [en ligne] <https://bilans-ges.ademe.fr/fr/accueil/contenu/index/page/Etapes%2Bbilan%2BGES/siGras/0> [consulté le 10 juin 2022]

Centre de ressources sur les bilans de gaz à effets de serre. (s. d.). *Informatique et équipements électroniques*. [en ligne] <https://bilans-ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/liste-element/categorie/461/siGras/1> [consulté le 14 juin 2022]

Centre de ressources sur les bilans de gaz à effets de serre. (s. d.). *Méthodes de calcul d'un Bilan*. [en ligne] <https://bilansges.ademe.fr/fr/accueil/contenu/index/page/m%25C3%25A9thodes%2Bde%2Bcalcul/siGras/0> [consulté le 10 juin 2022]

Centre de ressources sur les bilans de gaz à effets de serre. (s. d.). *Tubes et lampes*. [en ligne] <https://bilans-ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/liste-element/categorie/682/siGras/1> [consulté le 14 juin 2022]

Culturespaces. (s. d.). *Notre histoire*. [en ligne] <https://www.culturespaces.com/fr/node/1175> [consulté le 15 juin 2022]

data.culture.gouv.fr. (s.d.). *Fréquentation des Musées de France*. [en ligne] <https://data.culture.gouv.fr/explore/dataset/frequentation-des-musees-de-france/analyze/?refine.annee=2019&dataChart> [consulté le 01 juin 2022]

Géoconfluences. (s.d.). *Parc national en France / parc naturel régional (PNR)*. [en ligne] <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/parcs-nationaux-et-parcs-naturels-regionaux-pnr> [consulté le 26 mai 2022]

ICOM. (2021, 2 août). *Le G20 reconnaît le rôle des musées et de l'ICOM dans la lutte contre la crise climatique*. [en ligne] <https://icom.museum/fr/news/le-g20-reconnait-le-role-des-musees-et-de-licom-dans-la-lutte-contre-la-crise-climatique/> [consulté le 14 juin 2022]

Institut français Thüringen. (s.d.). *Polyphone – une exposition au Musée de beaux-arts de Gera*. [en ligne] <https://www.institutfrancais.de/fr/thuringen/event/polyphone-18658> [consulté le 05 juin 2022]

La Réserve des arts. (s.d.). *Page d'accueil*. [en ligne] <https://www.lareservedesarts.org/> [consulté le 30 mai 2022]

LCIE Bureau Veritas. (s.d.). *EIME – Logiciel ACV et Eco-conception*. [en ligne] <https://codde.fr/nos-logiciels/presentation-eime> [consulté le 09 juin 2022].

Ministère de la transition écologique. *Estimation de l'empreinte carbone de 1995 à 2019*. [en ligne] <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/estimation-de-lempreinte-carbone-de-1995-2019> [consulté le 14 juin 2022]

Musée du Louvre. (s.d.). *Politique de développement durable : Bilan carbone*. [en ligne] <https://www.louvre.fr/l-etablissement-public/politique-de-developpement-durable> [consulté le 21 mars 2022]

Muséum national d'Histoire naturelle.(s.d.). *L'Odyssée sensorielle*. [en ligne] <https://www.mnhn.fr/fr/exposition-evenement/l-odysee-sensorielle> [consulté le 01 juin 2022]

Oregon State University Libraries Special Collections. (2015). *The Right to Petition*. Linus Pauling and the International Peace Movement. [en ligne] <http://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/peace/narrative/page27.html> [consulté le 24 mai 2022]

Rashid, H. (2017, juillet). *Learning from the Virtual*. e-flux. [en ligne] <https://www.e-flux.com/architecture/post-internet-cities/140714/learning-from-the-virtual/> [consulté le 01 juin 2022]

Rmn-Grand Palais. (s.d.). *MUSE*. [en ligne] <https://www.grandpalais.fr/fr/muse> [consulté le 15 juin 2022]

Service de terminologie environnementale. (2001). *Glossaire : Équivalent dioxyde de carbone*. Eurostat. [en ligne] https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Carbon_dioxide_equivalent/fr [consulté le 11 juin 2022]

Unesco. (s.d.) *Programme sur l'Homme et la biosphère*. [en ligne] <https://fr.unesco.org/mab> [consulté le 24 mai 2022]

Articles de presse et de blogs :

Arlandis, F. (2022, 10 mars). À l'ère du changement climatique, les musées se cherchent un avenir plus écolo. *Télérama*. [en ligne] <https://www.telerama.fr/sortir/a-l-ere-du-changement-climatique-les-musees-se-cherchent-un-avenir-plus-ecolo-7009198.php> [consulté le 14 mai 2022]

Art Critique. (2022, 10 juin). La Rmn-Grand Palais lance le projet Muse. [en ligne] <https://www.art-critique.com/2022/06/rmn-grand-palais-lance-projet-muse/> [consulté le 15 juin 2022]

Audouin, A. & Vendramin, S. (2021, novembre/décembre). Réinitialiser le monde par l'art après l'échec de la COP26. *Impact Art News*. [en ligne] <https://artofchange21.com/fr/8968-2/> [consulté le 15 juin 2022]

Goy, J. (2021, 2 novembre). Le Design Museum a divisé par près de 20 l’empreinte carbone de son exposition en cours. *Le Journal des Arts*. [en ligne] <https://www.lejournaldesarts.fr/expositions/le-design-museum-divise-par-pres-de-20-lempreinte-carbone-de-son-exposition-en-cours> [consulté le 15 juin 2022]

Hugounenq, S. (2021, 28 janvier). Comment les musées lient art et écologie. *Le Quotidien de l’art*. Édition N°2095. [en ligne] <https://www.lequotidiendelart.com/articles/19088-comment-les-mus%C3%A9es-lient-art-et-%C3%A9cologie.html> [consulté le 15 juin 2022]

Jaurès, C. (2020, 2 juillet). Le succès des expositions d’art immersives. *La Croix*. [en ligne] <https://www.la-croix.com/Culture/Expositions/Le-succes-expositions-dart-immersives-2020-07-02-1201103036> [consulté le 01 juin 2022]

Expositions :

Arts de l’Islam. Un passé pour un présent. Saint-Denis : Musée d’art et d’histoire Paul Eluard – Saint-Denis. 20 novembre 2021 – 27 mars 2022.

Polyphone. Polyphonies visuelles et sonores. Saint-Denis : Musée d’art et d’histoire Paul Eluard – Saint-Denis. 20 mai 2022 – 7 novembre 2022.

Les immatériaux. Paris : Centre Georges Pompidou. 28 mars – 15 juillet 1985.

L’Odyssée sensorielle. Paris : Muséum national d’Histoire naturelle. 23 octobre 2021 – 4 juillet 2022.

Machu Picchu et les trésors du Pérou. Paris : Cité de l’architecture et du patrimoine. 16 avril – 4 septembre 2022.

Centre Pompidou. (s.d.). *Exposition virtuelle Miró*. [en ligne]

<https://www.centrepompidou.fr/fr/exposition-virtuelle-miro> [consulté le 07 juin 2022]

Lois et textes juridiques :

LOI n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant sur l'engagement national pour l'environnement (1). Légifrance. (2010, 13 juillet). [en ligne]

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000022470434/> [consulté le 10 juin 2022]

LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (1). Légifrance. (2015, 18 août). [en ligne]

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000031044385/> [consulté le 09 juin 2022]

LOI n° 2021-1485 du 15 novembre 2021 visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique en France (1). Légifrance. (2021, 16 novembre). [en ligne]

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000044327272> [consulté le 15 juin 2022]

Film :

Creative Carbon Scotland, National Galleries Scotland, (et al.). (2021). *Climate Action Needs Culture*. Picture Zero. [en ligne] <https://www.nationalgalleries.org/art-and-artists/features/climate-action-needs-culture> [consulté le 15 juin 2022]

Annexe 1 : Les chiffres clefs du Bilan Carbone® de l'exposition *Nous les Arbres*¹⁸¹

RÉSULTATS
Les chiffres clefs du Bilan carbone® de l'exposition *Nous les Arbres*



CONFIDENTIEL © HAATCH 2021

18

¹⁸¹ Document confidentiel.

Annexe 2 : Tableaux de collecte des données d'une exposition numérique immersive type de l'entreprise Culturespaces

	Type d'éléments	Nature (matériaux, composition, type ou emplacement quand il s'agit d'un fichier, d'une BDD)	Quantité (indiquer l'unité de mesure)	Marque	Modèle	Taille / Poids (indiquer l'unité de mesure)	Consommation énergétique (en watts)	Qualité de l'image/de la vidéo	Durée d'utilisation	Durée de vie moyenne (par rapport à durée de garantie du produit)	Source(s)
Salle	Écran(s) / Tissu(s) de projection		Nbr : 0								
	Vidéoprojecteurs(s)		Nbr : 100	BARCO	G60 et F80	22,7 kg / vidéoprojecteur	935 W et 1050 W nominal			5 ans	https://www.barco.com/fr/product/g60-w10#services https://www.barco.com/fr
	Enceinte(s) 1	Polyuréthane résistant à l'eau	Nbr : 30	NEXO	ID24	6kg / enceinte	Enceinte passive (fonctionne avec un amplificateur = entre 200 et 500 W)		Si l'on se calque sur les horaires d'ouverture = 9 heures et 18 minutes / jour en moyenne sur 365 jours (les expositions durent généralement 1 an et les centres d'art sont ouverts tous les jours de l'année)	5 ans	https://www.nexo-sa.com/wp-content/uploads/ID24-Manuel-
	Enceinte(s) 2	Baltic birch / Poplar plywood	Nbr : 10	NEXO	L15	35 kg / caisson	Max 5000 W (?)			5 ans	https://www.nexo-sa.com/wp-content/uploads/L15_datasheet_v1.5_FR.pdf
	Lumières DMX		Nbr : 30	Chauvet	COLORADO 2 QUAD ZOOM	8,6 kg / spot	Entre 201 et 208 W			5 ans	https://www.chauvetprofessional.com/products/colorado-2-quad-zoom/
	Boîtiers CPL (Courant Porteur En Ligne)		Nbr : 15	Netgear	M4250-26G4F-PoE+	4,3 kg / boîtier	401 W (all ports used, max PoE load, line-rate traffic, max)			3 ans	https://www.netgear.com/fr/business/wired/switches/fully-managed/gsm4230p/
	Ordinateur(s)		Nbr : 10	?						5 ans	

	Ordinateur(s)		Nbr : 10	?					5 ans	
Régie	Boîtiers CPL (Courant Porteur En Ligne)		Nbr : 10	Netgear	M4250-26G4F-PoE+	4,3 kg / boîtier	401 W (all ports used, max PoE load, line-rate traffic, max)		3 ans	https://www.netgear.com/fr/business/wired/switches/fully-managed/gsm4230p/
	Serveur média (type 1)		Nbr : 3	MODULO PI	kinetic designers	31 kg / serveur	850 W		5 ans	https://www.electroson.fr/wp-content/uploads/2020/08/Modulo-Kinetic-Rugg-
	Serveur média (type 2)		Nbr : 35	MODULO PI	kinetic V-Nodes	29 kg / serveur	850 W		5 ans	https://www.electroson.fr/boutique/modulo-pi-kinetic-vnode-ki-vno-2-2-sorties/
	Audio (type 1)		Nbr : 2	Yamaha	MRX 7-D	6,5 kg / unité	65 W		5 ans	https://fr.yamaha.com/fr/products/proaudio/processors/mrx7-d/specs.html#product-
	Audio (type 2)		Nbr : 12	Nexo	NXAMPx4	24,5 kg / unité	Entre 20 et 8000 W selon mode d'utilisation		5 ans	https://www.nexo-sa.com/wp-content/uploads/NXAMP4x4-Datasheet-
	Câbles		beaucoup							
	Autres boîtiers & machines		beaucoup							
	Fichier(s)	Type de fichier : Vidéo	Nbr : 1 / exposition			Poids : environ 18 Go		HD (1920 x 1080)	À chaque nouvelle exposition	

Si l'on se calque sur les horaires d'ouverture = 9 heures et 18 minutes / jour en moyenne sur 365 jours (les expositions durent généralement 1 an et les centres d'art sont ouverts tous les jours de l'année)

Type d'éléments	Nature (matériaux, composition, type ou emplacement quand il s'agit d'un fichier, d'une BDD)	Quantité (indiquer l'unité de mesure)	Marque/ Fabricant	Modèle	Taille / Poids (indiquer l'unité de mesure)	Puissance (en watts ou kWh)	Temps d'utilisation / jour	Durée de vie moyenne (à quelle fréquence sont-ils renouvelés ?)
Moyens de chauffage/ climatisation dans la pièce de l'exposition	Données non obtenues							
Cimaises / éléments construits pour l'évènement	Pas de cimaises, projections qui se font directement sur les murs et sols existants							
Mobilier 1 : Bancs en métal	Métal	Nbr : environ 20	?					?
Mobilier 2 : Tabourets	Tourets en bois	Nbr : environ 30						

	Fournisseur	Consommation annuelle de la structure	Surface (en m2)
Electricité	Données non obtenues		1400 m2
Gaz	Données non obtenues		

Salle dans laquelle se déroule l'exposition

Annexe 3 : Tableaux de collecte des données de l'exposition de la Micro-Folie de Beauvais

Type d'éléments	Nature (matériaux, composition, type ou emplacement quand il s'agit d'un fichier, d'une BDD)	Quantité (indiquer l'unité de mesure)	Marque	Modèle	Taille / Poids (indiquer l'unité de mesure)	Consommation énergétique (W ou kWh)	Qualité de l'image/de la vidéo	Temps d'utilisation / semaine	Durée de vie moyenne (durée garantie)	Sources
Ordinateur		Nbr : 1	Fujitsu	Esprimo P958/E94	7kg	280 W	Ultra HD 1080p	2h	3 ans	https://www.alsoactebis.com/ec/cms5/media/doc
Écran		Nbr : 1	"	B24 8 TE pro	5,6kg 60,5cm diagonale (23,8 pouces)	43,6 W	Full HD	2h	3 ans	https://sp.ts.fujitsu.com/dmsp/Publications/public/
Vidéoprojecteur		Nbr : 1	Benq	LU9255	24kg	1000 W	Ultra HD 1080p	2h	5 ans	https://www.benq.eu/fr-fr/business/projector/lu9
Tablettes numériques***		Nbr : 20	Samsung	Tab A7	476g 263,1mm diagonale	?	4k	2h	2 ans	https://www.boulangier.com/ref/1165978
Casques audio		Nbr : 20	Audio Technica	ATH-AVC 200	210g	500mW		0h (pas utilisés)	2 ans	https://www.ldlc.com/fr/le/PB00211278.html
Enceintes		Nbr : 6	Ecler	Vic8	2,3kg 288mm diamètre	300 W		2h	5 ans	https://www.sonovente.com/ecler-verso-8-
Base de données	Interne / externe (hébergé par la Villette) **	Nbr : 1			Poids : interne = 200mo			2h		
Accès à Internet	Type :box carte sim	Nbr : 1	Fournisseur : orange	Technologie* : 4G				2h		
Amplificateur		Nbr : 1	Screen'up	AMZ6240TS	10 kg	450W		2h	5 ans	http://fvs.fr/380-Sonorisation/469-Ampli-
Microphone		Nbr : 2	Sennheiser	EwG4 300	1, 43 kg	30W		1h	3 ans	https://www.la-bs.com/fr/art/ew300g4-

*Les différentes technologies d'accès à Internet sont : l'ADSL, le câble, la fibre, la 3G, la 4G, la 5G

**connexion internet nécessaire pour y accéder

***connexion des tablettes à l'ordinateur via wifi

Type d'éléments	Nature (matériaux, composition, type ou emplacement quand il s'agit d'un fichier, d'une BDD)	Quantité (indiquer l'unité de mesure)	Marque/ Fabricant	Taille / Poids (indiquer l'unité de mesure)	Puissance (en watts ou kWh)	Temps d'utilisation / jour	Durée de vie moyenne (à quelle fréquence sont- ils renouvelés ?)	Sources
Caisse(s) contenant le matériel	Info indisponible							
Moyens de chauffage/ climatisation dans la pièce de l'exposition	Radiateur électriques	Nbr : 6	Atlantic	?	?	2h	?	
Lampe(s)/ Luminaire(s)	Guirlandes (LED)	Nbr : 2	Action	1m50 , 300 g	1, 5 W		5 ans	
Ampoule(s)	Néons + halogène	Nbr : 30 (15 paires) + 3 halogènes	?	150g + 10 g	10 W et 116 W		3 ans + 1 an	
Revêtement sol de la salle d'exposition	Lino	environ 50 m2 (déduit)	?	Surface : 45 m2			?	
Revêtement murs de la salle d'exposition	Aucun, peinture	11 L (calculé à partir d'une moyenne)	?	Surface : 108 m2 (calculée à partir des données disponibles)			?	https://www.renovationettravaux.fr/combien-de-litre-peinture-par-m2-

	Fournisseur	Consommation annuelle de la structure	Surface (en m2)
Electricité	EDF	Données indisponibles	Ensemble des espaces intérieurs de la structure d'accueil 95m2
Gaz	GDF	Données indisponibles	Salle dans laquelle se déroule l'exposition 45m2 (murs de 3m de haut)

Annexe 4 : Analyse des données de l'exposition numérique immersive type de l'entreprise Culturespaces

Type d'éléments	Temps d'utilisation / jour	Temps d'utilisation / an	Durée de vie en années (établi en fonction de la garantie)	Fabrication					
				Nombre d'unités	Prix unitaire (€)	Facteur d'émission	Source	Formule	Résultat (kg CO2 e)
Vidéoprojecteurs	9 heures et 18 minutes / jour en moyenne	365 jours / an	5	100		145 kg CO2 e / unité	Base Carbone®	(Nbr x FE) / durée de vie	2900
Enceintes 1			5	30	689	917 kg CO2 e / 1000 €		((Nbr x Prix)) x FE / durée de vie	3790, 88
Enceintes 2			5	10	1908				3499, 27
Lumières			5	30					
Boîtiers CPL			3	25	1200	917 kg CO2 e / 1000 €	Base Carbone®	((Nbr x Prix)) x FE / durée de vie	9170
Ordinateurs			5	10		207 kg CO2 e / unité		(Nbr x FE) / durée de vie	414
Serveurs média 1			5	3	≈ 18 500	917 kg CO2 e / 1000 €		((Nbr x Prix)) x FE / durée de vie	10 178, 7
Serveurs média 2			5	35	≈ 45 000				288 855
Audio 1			5	2	3327				1220, 34
Audio 2			5	12	9 500			20 907, 6	
								TOTAL	340 935, 79

Type d'éléments	Temps d'utilisation / jour	Temps d'utilisation / an	Durée de vie en années (établi en fonction de la garantie)	Utilisation					
				Nombre d'unités	Consommation électrique (kWh/an/unité)	Facteur d'émission	Source	Formule	Résultat (kg CO2 e)
Vidéoprojecteurs	9 heures et 18 minutes / jour en moyenne	365 jours / an	5	100	3379,9	0.0599 kgCO2e/kWh	Base Carbone ⁹	(Nbr d'unités x kWh/an/unité) x FE	20 245,6
Enceintes 1			5	30	1191,9				2141,84
Enceintes 2			5	10	2724,36				1631,89
Lumières			5	30	696,4				1251,43
Boîtiers CPL			3	25	1365,6				2044,99
Ordinateurs			5	10	1702,72				1019,93
Serveurs média 1			5	3	2894,63				520,16
Serveurs média 2			5	35	2894,63				6068,59
Audio 1			5	2	221,35				26,52
Audio 2			5	12	13 689,9				9840,3
TOTAL									44 791,25

Type d'éléments	Temps d'utilisation / jour	Temps d'utilisation / an	Durée de vie en années (établi en fonction de la garantie)	Fin de vie					
				Nombre d'unités	Poids (kg / unité)	Facteur d'émission	Source	Formule	Résultat (kg CO2 e)
Vidéoprojecteurs	9 heures et 18 minutes / jour en moyenne	365 jours / an	5	100	27	Impacts : 1995 kgCO2e/tonne de déchets Émissions évitées : -1537 kgCO2e/tonne de déchets	Base Carbone®	(unité x poids en tonnes) x FE / durée de vie	1077,3 - 829,98
Enceintes 1			5	30	6				71,82 - 55,33
Enceintes 2			5	10	35				139,65 - 107,59
Lumières			5	30	8,6	749 kgCO2e/tonne -755 kgCO2e/tonne			38,65 - 38,96
Boîtiers CPL			3	25	4,3	Impacts : 1995 kgCO2e/tonne de déchets Émissions évitées : -1537 kgCO2e/tonne de déchets			71,49 - 55,07
Ordinateurs			5	10	6,5				25,93 - 19,98
Serveurs média 1			5	3	31				37,107 - 28,59
Serveurs média 2			5	35	29				404,98 - 312,01
Audio 1			5	2	6,5				5,19 - 4
Audio 2			5	12	24,5	117,3 - 90,37			
								Sous-total	1989,41 - 1541,88
								TOTAL	447,53

Type d'éléments	Fabrication	Utilisation	Fin de vie	Total (sans émissions évitées par gestion des déchets)	Total (avec émissions évitées par gestion des déchets)	Total / unité (avec émissions évitées par gestion des déchets)
Vidéoprojecteurs	2900	20 245, 6	1077, 3 - 829, 98	24 222, 9	23 392, 92	233, 93
Enceintes 1	3790, 88	2141, 84	71, 82 - 55, 33	6004, 54	5949, 21	198, 3
Enceintes 2	3499, 27	1631, 89	139, 65 - 107, 59	5270, 81	5163, 22	516, 32
Lumières		1251, 43	38, 65 - 38, 96	1290, 08	1251, 12	41, 7
Boîtiers CPL	9170	2044, 99	71, 49 - 55, 07	11 286, 48	11 231, 41	449, 26
Ordinateurs	414	1019, 93	25, 93 - 19, 98	1459, 86	1439, 88	143, 99
Serveurs média 1	10 178, 7	520, 16	37, 107 - 28, 59	10 735, 97	10 707, 38	3 569, 13
Serveurs média 2	288 855	6068, 59	404, 98 - 312, 01	295 328, 57	295 016, 56	8 429, 04
Audio 1	1220, 34	26, 52	5, 19 - 4	1252, 05	1248, 05	624, 02
Audio 2	20 907, 6	9840, 3	117, 3 - 90, 37	30 865, 2	30 774, 83	2564, 57
			TOTAL	387 716, 46	386 174, 58	

Envoi du fichier du studio de création digitale à l'entreprise Culturespaces		en kg CO2 e	en tonne CO2 e
<p>Nombre de transferts pris en compte : 1</p> <p>Taille du fichier : 18 Go</p> <p>Facteur d'émission : 0, 00927 kg CO2 e / Go</p> <p>Source : Lees-Perasso, E. et al. (2022). Évaluation environnementale des équipements et infrastructures numériques en France. ADEME & Arcep. p.216</p> <p>Résultat : 0, 17 kg CO2 e</p>	TOTAL GLOBAL	386 174, 75	386, 17

Annexe 5 : Analyse des données de l'exposition numérique de la Micro-Folie hébergée par l'association Ricochets

Type d'éléments	Temps d'utilisation / jour	Temps d'utilisation / an	Durée de vie en années (établi en fonction de la garantie)	Fabrication						
				Nombre d'unités	Prix unitaire (€)	Facteur d'émission	Source	Formule	Résultat (kg CO2 e)	
Ordinateur	0, 28h / jour en moyenne 16, 8 minutes par jour (2 h / semaine)	330 j / an	3	1		296 kg CO2 e / unité	Base Carbone [®]	(Nbr x FE) / durée de vie	56, 33	
Écran			3	1		248 kg CO2 e / unité			82, 67	
Vidéoprojecteurs			5	1		145 kg CO2 e / unité			29	
Tablettes numériques			2	20		63, 2 kg CO2 e / unité			632	
Amplificateur			5	1	562	917 kg CO2 e / 1000 €			((Nbr x Prix)) x FE / durée de vie	103, 07
Enceintes			5	6	275					302, 61
Guirlandes (LED)					5	2				
Néons					3	30				
Halogènes					1	3				
Casques audio			0h / jour	0 j / an	2	20	39, 95	917 kg CO2 e / 1000 €	Base Carbone [®]	((Nbr x Prix)) x FE / durée de vie
Microphone	0, 14h / jour en moyenne (1h / semaine)	330 j / an	3	2	801, 38	489, 91				
								TOTAL	2 428, 27	

Type d'éléments	Temps d'utilisation / jour	Temps d'utilisation / an	Durée de vie en années (établi en fonction de la garantie)	Utilisation					
				Nombre d'unités	Consommation électrique (kWh/an/unité)	Facteur d'émission	Source	Formule	Résultat (kg CO2 e)
Ordinateur	0,28h / jour en moyenne 16,8 minutes par jour (2 h / semaine)	330j / an	3	1	25,872	0.0599 kgCO2e/kWh	Base Carbone [®]	(Nbr d'unités x kWh/an/unité) x FE	1,55
Écran			3	1	4,03				0,24
Vidéoprojecteurs			5	1	92,4				5,53
Tablettes numériques			2	20	12				14,38
Amplificateur			5	1	41,58				2,49
Enceintes			5	6	27,72				9,96
Guirlandes (LED)			5	2	0,14				0,02
Néons			3	30	0,924				1,66
Halogènes			1	3	10,72				1,93
Casques audio	0h / jour	0 j / an	2	20					
Microphone	0,14h / jour en moyenne (1h / semaine)	330 j / an	3	2	1,39	0.0599 kgCO2e/kWh	Base Carbone [®]	(Nbr d'unités x kWh/an/unité) x FE	0,25
								TOTAL	38,01

Type d'éléments	Temps d'utilisation / jour	Temps d'utilisation / an	Durée de vie en années (établi en fonction de la garantie)	Fin de vie					
				Nombre d'unités	Poids (kg / unité)	Facteur d'émission	Source	Formule	Résultat (kg CO2 e)
Ordinateur	0, 28h / jour en moyenne 16, 8 minutes par jour (2 h / semaine)	330 j / an	3	1	7	Impacts : 1995 kgCO2e/tonne de déchets Émissions évitées : -1537 kgCO2e/tonne de déchets	Base Carbone®	(unité x poids en tonnes) x FE / durée de vie	4, 65 - 3, 59
Écran			3	1	5, 6				3, 72 - 2, 87
Vidéoprojecteurs			5	1	24				9, 58 - 7, 38
Tablettes numériques			2	20	0, 476				9, 50 - 7, 31
Amplificateur			5	1	10				3, 99 - 3, 07
Enceintes			5	6	2, 3	5, 50 - 4, 24			
Guirlandes (LED)			5	2	0,3	Impacts : 749 kgCO2e/tonne de déchets			0, 09 - 0, 09
Néons			3	30	0, 15	Émissions évitées : -755 kgCO2e/tonne de déchets			1, 12 - 1, 13
Halogènes			1	3	0, 01				0, 02 - 0,02
Casques audio	0h / jour	0 j / an	2	20	0, 21	Impacts : 1995 kgCO2e/tonne de déchets	4, 19 - 3, 23		
Microphone	0, 14h / jour en moyenne (1h / semaine)	330 j / an	3	2	1, 43	Émissions évitées : -1537 kgCO2e/tonne de déchets	1, 9 - 1, 46		
								Sous-total	44, 26 - 34, 39
								TOTAL	9, 87

Type d'éléments	Fabrication	Utilisation	Fin de vie	Total (sans émissions évitées par gestion des déchets)	Total (avec émissions évitées par gestion des déchets)	Total / unité (avec émissions évitées par gestion des déchets)
Ordinateur	56,33	1,55	4,65 - 3,59	62,53	58,94	58,94
Écran	82,67	0,24	3,72 - 2,87	86,63	83,76	83,76
Vidéoprojecteurs	29	5,53	9,58 - 7,38	44,11	36,73	36,73
Tablettes numérique	632	14,38	9,50 - 7,31	655,88	648,57	32,43
Amplificateur	103,07	2,49	3,99 - 3,07	110,18	107,11	107,11
Enceintes	302,61	9,96	5,50 - 4,24	318,07	313,83	52,3
Guirlandes (LED)		0,02	0,09 - 0,09	0,11	0,02	0,01
Néons		1,66	1,12 - 1,13	2,78	1,65	0,05
Halogènes		1,93	0,02 - 0,02	1,95	1,93	0,64
Casques audio	732,68		4,19 - 3,23	736,87	733,64	36,68
Microphone	489,91	0,25	1,9 - 1,46	492,06	490,06	245,03
TOTAL GLOBAL				2511,17	2476,24	

Estimation approximative de l'impact lié à l'utilisation de l'application	en kg CO2 e	en tonne CO2 e
<p>Nombre de terminaux pris en compte : 21</p> <p>Poids de l'application : 200 Mo</p> <p>Hypothèse sur la consommation data de l'application : 4 Mo / minute</p> <p>Nombre de minutes d'utilisation de l'application / an : 5544 minutes (0, 28 h x 330 jours)</p> <p>Consommation data liée à l'application / an : 465, 70 Go / an (temps d'utilisation x consommation par minute x nbr de terminaux)</p> <p>Facteur d'émission : 0, 0247 kg CO2 e / Go</p> <p>Résultat : 11,50 kg CO2 e</p>	TOTAL GLOBAL	2487,74
		2,49