

**Mémoire de fin d'études : "Construction durable au 21ème siècle, mythe ou réalité ? Approche critique : transition, low tech, résilience."**

**Auteur :** Bongartz, Julien

**Promoteur(s) :** Henz, Olivier

**Faculté :** Faculté d'Architecture

**Diplôme :** Master en architecture, à finalité spécialisée en art de bâtir et urbanisme

**Année académique :** 2018-2019

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/6916>

---

*Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---



---

UNIVERSITÉ DE LIÈGE – FACULTÉ D'ARCHITECTURE

# Construction durable au 21<sup>ème</sup> siècle, mythe ou réalité ? Approche critique : transition, low tech, résilience

Travail de fin d'études présenté par Julien BONGARTZ  
en vue de l'obtention du grade de Master en Architecture

Sous la direction de : Olivier HENZ

Année académique 2018-2019

Haute qualité construite



## Remerciements

Je remercie tout particulièrement :

- mon promoteur Monsieur Henz, Monsieur Dawans ainsi que Monsieur Possoz pour leur soutien et leurs bons conseils durant la rédaction de ce travail de fin d'études ;
- Madame Henvaux et Monsieur Genray pour le temps consacré à la lecture de ce mémoire.

Mention spéciale à mon entourage pour leur écoute et leurs encouragements.

# Table des matières

Préambule .....	5
Introduction.....	6
La société d'aujourd'hui .....	7
I.    Un système capitaliste mondialisé basé sur le pétrole.....	7
II.   La collapsologie ou « comment tout peut s'effondrer » .....	11
Peut-on éviter l'effondrement ? .....	15
III.  La transition ou comment changer les choses ?.....	19
IV.  La résilience, un concept clé ? .....	20
V.   Le concept de low tech .....	22
Et l'architecture dans tout ça ? .....	25
I.    Construire, un jeu d'enfant ? .....	25
II.   Une architecture résiliente, low tech ?.....	27
III.  L'architecture à l'heure actuelle en Belgique .....	32
IV.  Analyse d'un cas: Le pavillon belge à l'Expo universelle de Dubaï 2020 .....	34
Le marché d'attribution.....	34
La question de la durabilité .....	36
Et la question des techniques dans tout ça ? .....	40
Comment traduire de telles prescriptions en un pavillon ?.....	42
V.    Comment construire demain alors ? .....	48
Conclusion générale .....	52
Table des illustrations.....	54
Table des annexes .....	56
Bibliographie.....	57
Annexes .....	62

## **Préambule**

Lors de mes études, j'ai été confronté à différents points de vue, tous différents, et je dois bien reconnaître que j'avais du mal à savoir ce que je trouvais vraiment juste et pourquoi. Je m'interrogeais beaucoup sur mon futur rôle au sein de notre société.

Les maisons passives qu'on construit actuellement m'ont souvent été décriées que ce soit pour leur aspect sanitaire lié aux conduites de ventilation ou pour la complexité de leur construction. Lors d'un cours, j'ai entendu parler d'une maison sans chauffage et sans techniques : c'était la BE 2226 en Autriche. J'étais intrigué... Je trouvais qu'elle avait bien plus de sens que nos maisons passives.

J'ai donc entrepris des démarches pour réaliser mon travail de fin d'études sur ce bâtiment mais la recherche avait déjà été réalisée. Mon promoteur m'a alors proposé d'investir la question de la résilience en architecture. Je ne connaissais pas ce mot ou, du moins, je n'en saisisais pas le sens.

C'était l'heure des premières recherches...

## Introduction

Nous sommes à une époque où la question environnementale est de plus en plus prise au sérieux. Les problématiques concernant le réchauffement climatique, les mers de plastiques, la biodiversité ou encore la pollution font partie de notre quotidien. Les rapports du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) sont formels : il faut baisser nos émissions de CO<sub>2</sub> pour limiter au maximum le réchauffement du climat. Tout le monde est concerné : politiques comme citoyens... et l'architecte n'échappe pas à la règle.

Comment vivre un demain sans pétrole ? Le tout technologique est-il une solution ? Comment penser des ensembles résilients ?

Ces questions sur l'avenir de notre planète intéressent des personnes venant de tout horizon. Ces personnes analysent la situation actuelle et se rendent compte que si l'on continue de la sorte, la société « va droit dans le mur ». Celles-ci ont conscience de l'aspect fini de notre planète. Elles nous donnent des pistes de réflexions pour adapter nos comportements en vue de minimiser notre impact sur l'environnement. C'est notamment le cas de Rob Hopkins et de son concept de transition face à la dépendance au pétrole, de Philippe Bihouix et de son idée de low tech mais aussi celui des collapsologues Pablo Servigne et Raphael Stevens.

Le travail est séparé en deux parties. Dans la première, nous prendrons conscience de la société dans laquelle on vit, de ses aberrations et de ses enjeux. Nous verrons ensuite ce qu'est la collapsologie et nous expliquerons les concepts de résilience, de transition et de low tech ainsi que leur importance dans notre monde actuel.

Dans la deuxième partie, nous verrons en quoi une architecture peut s'inscrire dans les concepts étudiés au niveau de sa construction. Nous verrons ensuite si nos préoccupations et nos volontés coïncident avec nos actions. Est-ce que l'architecture promue est vraiment durable et pensée sur le long terme ? Nous tenterons de répondre à cette question en analysant l'appel d'offre ainsi que le projet lauréat du pavillon belge à la future exposition universelle de « Dubaï 2020 ». Ce pavillon est, en effet, censé représenter ce qui se fait de mieux en Belgique aujourd'hui mais également pour notre futur.

Par ces compréhensions et ces analyses, ce travail a l'ambition de pouvoir guider l'architecte dans ses choix constructifs. Il ne lui donnera pas une solution précise mais le fera réfléchir sur l'importance du rôle qu'il peut jouer au sein de notre société.

# La société d'aujourd'hui

## I. Un système capitaliste mondialisé basé sur le pétrole

À l'heure actuelle, nous sommes plongés au sein d'une société globalisée dans laquelle l'argent, le profit, la consommation ou encore la vitesse sont des maîtres mots. Une société basée sur le matériel et l'« avoir » et où la publicité joue un rôle non négligeable. Posséder est devenu, pour beaucoup synonyme de bien-être (ou de bien-être relatif). Or, tout ce mode de vie ne fonctionne principalement qu'à travers les énergies pétrolières. Il faut du pétrole et, de préférence, du pétrole pas cher pour le transport et la fabrication d'une grande majorité des objets qui nous entourent : aspirine, colle, isolation, sacs, vestes, plastiques ou encore contenant de jus de fruits n'en sont que quelques exemples.<sup>1</sup>

Le graphique suivant témoigne de la demande croissante en énergie et ne fait que confirmer notre dépendance au pétrole.

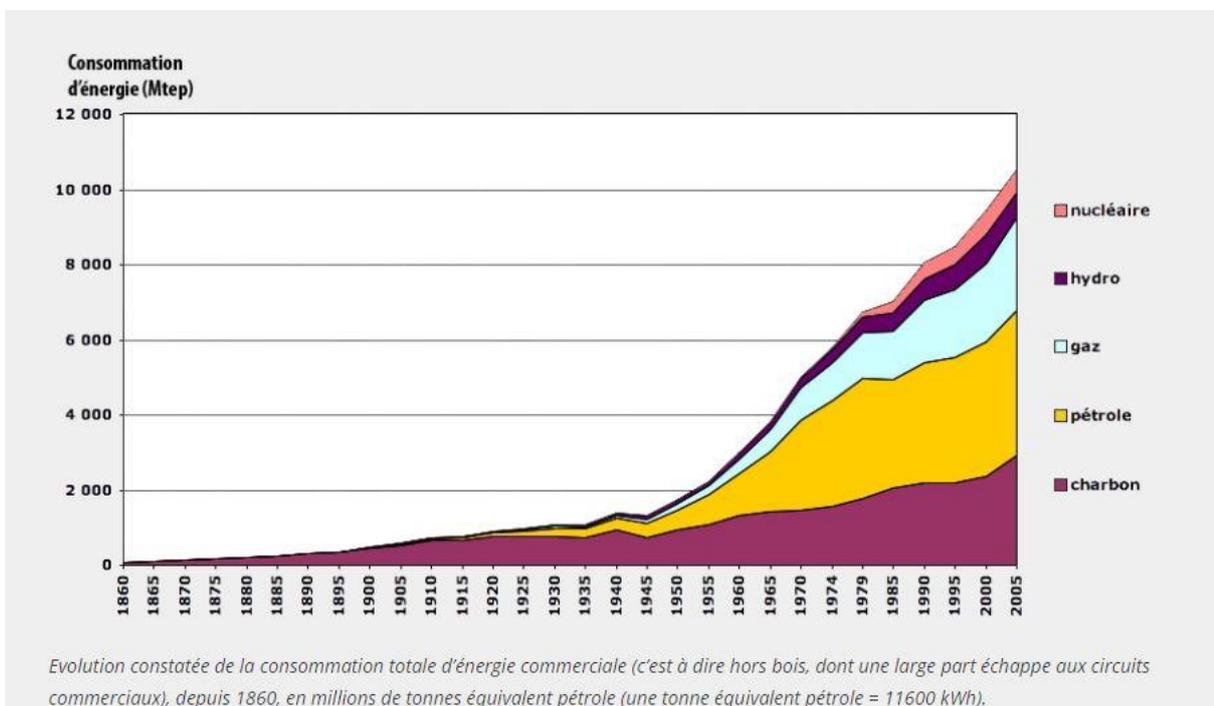


Figure 1

<sup>1</sup> Hopkins, Rob. *Manuel de transition. De la dépendance au pétrole à la résilience locale*. Montréal : Ecosociété, 2010, p. 19.

Cette société de la consommation n'est pas nouvelle. En effet, tout a commencé avec la révolution industrielle. C'est à partir de ce moment-là qu'on est passé du monde de l'agriculture à celui de l'industrie. Ce changement s'est généralisé au fil des décennies et a naturellement influencé nos modes de vie. De petits producteurs locaux et d'artisans, on est passé à un système de production en masse grâce à la machine et au travail à la chaîne. Le savoir-faire et penser des artisans s'est perdu petit à petit en créant un travail déshumanisant et rares sont ceux qui pouvaient encore trouver une satisfaction envers leur propre travail. Ce phénomène a d'ailleurs été mis en lumière dans le célèbre film de Chaplin, *Les temps modernes*, en 1936.

Au 20<sup>e</sup> siècle et après les guerres 14-18 et 40-45, la société de consommation a évolué. En effet, au fil des années, les usines ont fermé, et, dans les années 60, on est progressivement passé du monde industriel au monde tertiaire, celui des services. Par la suite, la politique du « tout à la voiture » a été privilégiée. Le moteur individuel remplaçant les systèmes collectifs en place (ex : trams, tramways de l'Expo universelle de Liège en 1905 dans le quartier des Vennes).

Aujourd'hui, nous sommes dans la continuité de l'époque d'après-guerre. Les anciennes usines ont laissé place à de grandes friches industrielles et si elles ne sont pas déconstruites, elles sont régulièrement occupées par les grandes chaînes de magasins actuels. Les usines locales sont de plus en plus rares. La délocalisation vers d'autres pays où la main d'œuvre est moins chère semble être devenue une règle. Nous ne produisons presque plus rien de ce dont nous avons besoin tous les jours. Nous sommes devenus complètement dépendants des productions mondiales et donc des différents moyens de transport qui livrent chaque jour nos différents magasins favoris. Ces délocalisations profitent naturellement aux grands patrons qui s'enrichissent mais sont la cause de nombreuses inégalités, de pertes de travail et de savoir-faire, de gaspillage...

Une autre différence marquante entre en jeu. En effet, à l'époque, seule la société occidentale était marquée par le monde de la consommation. Aujourd'hui, les peuples africains et asiatiques sont attirés par le mythe de notre société comme nous avons, nous, été attirés par le mode de vie américain après la Seconde Guerre mondiale. Ils veulent donc vivre « comme en Occident ». Or, nous sommes aujourd'hui près de 8 milliards de personnes sur Terre et elle possède ses limites. Ainsi, « le jour de dépassement » comme l'appelle l'ONG Global Footprint Network en partenariat avec la

WWF (Fonds mondial pour la nature) tombe chaque année de plus en plus tôt (en 2018, ce jour tombait le 1<sup>er</sup> août). Ce jour symbolise en fait la date à partir de laquelle l'homme est en dette par rapport à la nature. Il a « pêché plus de poissons, abattu plus d'arbres et récolté plus que ce que la nature peut nous fournir en une année. »<sup>2</sup> Il a « émis plus de carbone que ce que les océans et les forêts sont en mesure d'absorber. »<sup>3</sup>

## World Population (2019 and historical)

[View the complete population historical table](#)

Year (July 1)	Population	Yearly % Change	Yearly Change	Median Age	Fertility Rate	Density (P/Km <sup>2</sup> )	Urban Pop %	Urban Population
2019	<b>7,714,576,923</b>	1.07 %	81,757,598	29.9	2.51	52	55.3 %	4,262,736,048
2018	<b>7,632,819,325</b>	1.09 %	82,557,224	29.9	2.51	51	54.9 %	4,186,975,665
2017	<b>7,550,262,101</b>	1.12 %	83,297,821	29.9	2.51	51	54.4 %	4,110,778,369
2016	<b>7,466,964,280</b>	1.14 %	83,955,460	29.9	2.51	50	54.0 %	4,034,193,153
2015	<b>7,383,008,820</b>	1.19 %	84,967,932	30	2.52	50	53.6 %	3,957,285,013
2010	<b>6,958,169,159</b>	1.24 %	83,201,955	29	2.57	47	51.3 %	3,571,272,167
2005	<b>6,542,159,383</b>	1.26 %	79,430,479	27	2.63	44	48.9 %	3,199,013,076
2000	<b>6,145,006,989</b>	1.33 %	78,706,515	26	2.75	41	46.5 %	2,856,131,072
1995	<b>5,751,474,416</b>	1.53 %	84,106,191	25	3.02	39	44.7 %	2,568,062,984
1990	<b>5,330,943,460</b>	1.81 %	91,432,333	24	3.44	36	42.9 %	2,285,030,904
1985	<b>4,873,781,796</b>	1.80 %	83,074,052	23	3.60	33	41.1 %	2,003,049,795
1980	<b>4,458,411,534</b>	1.79 %	75,864,867	23	3.87	30	39.2 %	1,749,539,272
1975	<b>4,079,087,198</b>	1.97 %	75,701,910	22	4.46	27	37.6 %	1,534,721,238
1970	<b>3,700,577,650</b>	2.07 %	72,196,992	22	4.92	25	36.5 %	1,350,280,789
1965	<b>3,339,592,688</b>	1.94 %	61,276,032	23	4.96	22	N.A.	N.A.
1960	<b>3,033,212,527</b>	1.82 %	52,193,998	23	4.89	20	33.6 %	1,019,494,911
1955	<b>2,772,242,535</b>	1.80 %	47,193,563	23	4.96	19	N.A.	N.A.

Source: **Worldometers** ([www.Worldometers.info](http://www.Worldometers.info))

Elaboration of data by United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World Population Prospects: The 2017 Revision*. (Medium-fertility variant).

Figure 2

Nous vivons aussi dans un monde où des experts de tous horizons, tout comme différents mouvements citoyens, s'accordent pour dire que nous ne pouvons pas continuer à vivre comme aujourd'hui. Ils prennent conscience des absurdités du système mondial. Est-ce normal d'importer des pommes de Grande-Bretagne et d'en exporter en même quantité? Est-ce normal de confectionner un produit dans un endroit, le faire emballer dans un autre puis de l'exporter dans le monde entier et tout ça pour avoir un maximum de bénéfices ?

<sup>2</sup> 1<sup>er</sup> août 2018 : jour du dépassement mondial, WWF, <https://www.wwf.fr/jourdudepassement>, consulté le 4 avril 2019.

<sup>3</sup> Ibid.

Cette façon de faire, ce monde globalisé va de pair avec une immense consommation d'énergie. Nos habitudes sont dès lors, en quelque sorte, responsables du changement climatique.

Ces changements climatiques sont aujourd'hui, enfin, pris au sérieux mais il aura fallu beaucoup de temps. Le GIEC (groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) a été créé en 1988 par l'Organisation Météorologique Mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement : « il a pour mission de rendre compte de l'état des connaissances scientifiques relatives à l'évolution du climat mondial, ses impacts, et les moyens de l'atténuer »<sup>4</sup>.

Quant aux COP (conférence des parties), la première a eu lieu en 1995 à Berlin suite au « sommet de la Terre de Rio » en 1992 où plus de 178 pays se sont rencontrés pour la conférence décennale de l'ONU sur l'environnement et le développement. C'est là que la *déclaration de Rio de Janeiro* donne pour la première fois une définition du développement durable et qu'on fixe une convention sur le climat qui appuie la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre afin de minimiser l'impact humain sur le changement climatique. Ainsi, chaque année, les pays se retrouvent pour trouver des solutions concrètes pour lutter contre le changement climatique.<sup>5</sup> La dernière COP, La COP 24 a eu lieu en décembre 2018 en Pologne à Katowice.

La création de ces deux organismes est donc très récente par rapport aux nombreuses années où on a produit et pollué sans vraiment s'en rendre compte.

L'intérêt pour le climat n'est pas présent qu'au niveau global ou d'ailleurs les accords entre pays sont difficiles à obtenir et à respecter. Cela touche aussi, de plus en plus, un grand nombre de citoyens. Ainsi, les films comme « Demain » de Cyril Dion et Mélanie Laurent, les marches pour le climat, des documentaires comme « La planète est-elle vraiment foutue ? » de David Mutaner reflètent tout l'intérêt et les questions portées sur le climat et le futur de notre planète.

La difficulté des personnes à se poser des questions et à adapter leur comportement réside dans le fait que tant qu'on n'est pas touché personnellement, on a souvent du mal à mesurer les conséquences de nos habitudes journalières. Les feux de forêt, les

---

<sup>4</sup> *Changements climatiques : les rapports du GIEC*, Climat.be, <https://www.climat.be/fr-be/changements-climatiques/les-rapports-du-giec>, consulté le 18 janvier 2019.

<sup>5</sup> *Les COP : une brève histoire de la COP1 à la COP24*, COMPTE CO2, <https://www.compteco2.com/article/historique-cop-conference-des-parties/>, consulté le 18 janvier 2019.

inondations, les tremblements de terre, etc., qui surviennent dans les pays étrangers, semblent éloignés de notre vie en Belgique.

Un exemple simple mais pourtant très proche de nous permet d'illustrer ce propos : lors des inondations à Tilff en 2016, la population interviewée nous expliquait lors d'un travail sur la ville que l'entraide et la collectivité avait pris le pas sur les individualités. Tous les gens étaient logés à la même enseigne et étaient forcés de trouver des solutions ensemble. Il faut donc dans beaucoup de cas, le voir, le vivre, pour y croire.

Un exercice simple est peut-être à faire pour mieux se rendre compte de la société dans laquelle on vit et des impacts que cela peut provoquer. Il suffit, sur une journée, de nous interroger sur nos comportements journaliers. D'où vient mon café, ma nourriture? D'où viennent mes habits et comment sont-ils confectionnés ? Comment fonctionne mon frigo, ma voiture ? Grâce à quoi ?

Ce monde décrit en quelques lignes est le monde d'aujourd'hui mais également celui de demain, celui dans lequel l'architecte devra concevoir ses projets mais surtout celui où la vie humaine s'épanouira. Or, comme on vient de le voir, c'est aussi le monde de la controverse et des exagérations. C'est dans ces circonstances qu'est née la discipline de la collapsologie et qu'est pensée une société de la transition. Nous allons examiner ces différents « concepts » dans la suite de ce travail en abordant, entre autres, des auteurs comme Philippe Bihouix, Rob Hopkins, Pablo Servigne et Raphaël Stevens. Cela nous permettra de voir dans quel contexte et avec quoi l'architecte de demain sera amené à travailler.

## **II. La collapsologie ou « comment tout peut s'effondrer »**

La collapsologie (du latin collapsus, tomber d'un bloc, s'écrouler, s'affaisser) est la science appliquée et transdisciplinaire s'occupant de l'effondrement. Comme nous le disent Servigne et Stevens :

« Il ne s'agit pas de la fin du monde, ni de l'apocalypse. Il ne s'agit pas non plus d'une simple crise dont on sort indemne, ni d'une catastrophe ponctuelle que l'on oublie après quelques mois, comme un tsunami ou une attaque terroriste. Un effondrement est « le processus à l'issue duquel les besoins de base (eau, alimentation, logement, habillement, énergie, etc.) ne sont plus

fournis [à un coût raisonnable] à une majorité de la population par des services encadrés par la loi »<sup>6</sup>.

Tous les êtres vivants sont donc potentiellement concernés. L'étude sur l'effondrement part d'une analyse globale du monde, le décortique et s'interroge sur son avenir, sur notre avenir. Pourquoi parler d'effondrement ? Tout simplement parce que si l'on continue comme aujourd'hui « on va droit dans le mur ».

Les scientifiques nomment la nouvelle époque géologique dans laquelle on est entré l'Anthropocène. Ils la caractérisent comme étant « une époque où les humains sont devenus une force qui bouleverse les grands cycles biochimiques du système terre »<sup>7</sup>. On est de plus en plus nombreux sur Terre, on consomme toujours plus d'eau, de ressources en tout genre, on pollue et on déforeste toujours plus. Les graphiques suivants<sup>8</sup> montrent bien les tendances, dans différents domaines, du monde des exponentielles dans lequel on est plongé.

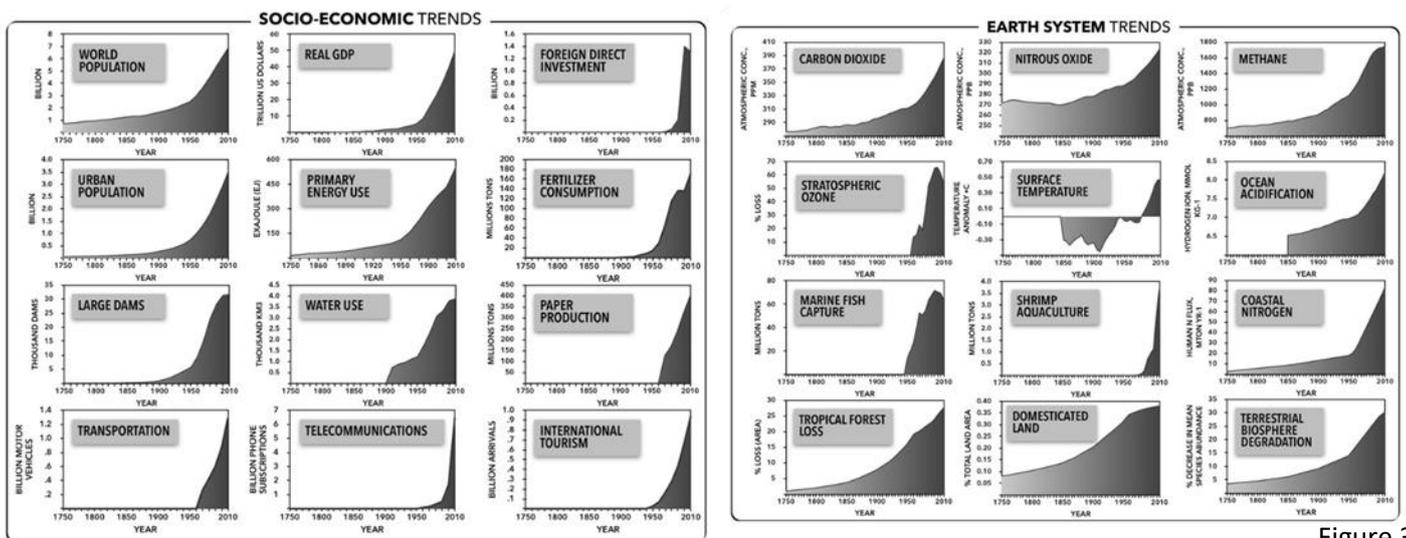


Figure 3

Ceci nous amène naturellement à parler des limites. En effet, pour produire toujours plus, pour se déplacer toujours plus rapidement, il faut toujours plus d'énergie, de matériaux,... Or, la Terre possède bien ses propres limites même si elles sont rarement prises en compte au bénéfice des grands lobbies mondiaux. On constate deux types de limites :

<sup>6</sup> Servigne, Pablo & Stevens, Raphaël. *Comment tout peut s'effondrer. Petit manuel de collapsologie à l'usage des générations présentes*. Paris : Editions du Seuil, 2015, p.15.

<sup>7</sup> Ibid, p.33.

<sup>8</sup> Pour approfondir le sujet : Steffen, W et al, *The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration*, The Anthropocene Review, 2015, p.1-18.

- les premières sont de vraies limites infranchissables et dépendent des stocks disponibles sur Terre (dits non-renouvelables), c'est le cas du pétrole et des différents minerais (« désigne une roche, un minéral ou une association de minéraux contenant un ou plusieurs éléments chimiques utiles en teneurs suffisamment importantes pour permettre leur exploitation. »<sup>9</sup>). Plus on les consommera, moins il en restera. Le souci, c'est que la société actuelle en est dépendante et en consomme davantage alors que les réserves s'amenuisent. On utilise du pétrole pour tout : pour se déplacer, pour faire fonctionner les usines mais aussi pour fabriquer tout ce que la société de consommation demande (peinture, CD, vernis, isolant, aspirines...)<sup>10</sup>. Ce n'est pas tout, l'utilisation du pétrole comme du charbon émet du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Elle est responsable des changements climatiques et donc des catastrophes qui se produisent en masse dans le monde. En ce qui concerne les différents métaux, leur utilisation touche également une multitude de choses dont nous dépendons tous les jours. Sans eux, pas de GSM, pas d'ordinateurs, pas non plus de centrales nucléaires. Or les technologies deviennent de plus en plus nombreuses. Elles remplacent l'être humain qui en est dépendant. Le gros problème, c'est que les réserves ne sont pas extensibles et que la société de consommation avec l'obsolescence programmée demande bien plus de ressources que pour le « nécessaire ». L'exemple de l'ampoule qui pourrait durer bien plus longtemps en ayant un filament plus gros illustre bien ce propos.
  
- Les secondes limites sont en fait des frontières. On peut les franchir. « Une limite n'est pas l'endroit où quelque chose s'arrête, mais plutôt, comme les Grecs l'avaient perçu, celui à partir duquel une chose commence à manifester sa présence ».<sup>11</sup> Elles sont invisibles et on ne voit bien souvent leurs conséquences que lorsqu'elles sont dépassées. Elles provoquent des dérèglements. L'exemple le plus parlant est celui du réchauffement climatique. A l'heure actuelle, on sait bien, par les rapports du GIEC, que nos modes de vie sont responsables de l'effet de serre. Celui-ci ayant comme conséquences le réchauffement de la planète et les catastrophes qui en résultent. C'est à l'homme de décider le

---

<sup>9</sup> *Minerai*, Futura planète, Planète, <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/geologie-minerai-1553/>, page consultée le 20 janvier 2019.

<sup>10</sup> Hopkins, Rob. *Manuel de transition. De la dépendance au pétrole à la résilience locale*. Montréal : Ecosociété, 2010, p. 19.

<sup>11</sup> Heidegger Martin. « *Bâtir Habiter Penser* ». In *Essais et conférences*, Paris : Gallimard, 1958, p. 183.

comportement qu'il adopte. Soit il continue comme maintenant, soit il adapte ses comportements pour « atténuer » ce qui peut encore l'être.

La question des limites du système de croissance exponentielle a été étudiée dans le modèle Meadows en 1972. Les scientifiques voulaient voir l'évolution de notre société sur le long terme. Ils se sont basés sur les six principaux paramètres du monde dans lequel on est : « la population, la production industrielle, la production de services, la production alimentaire, le niveau de pollution et les ressources non-renouvelables »<sup>12</sup>. D'après ce modèle, un effondrement généralisé est possible entre les années 2010 et 2030 mais ce n'est pas tout, le rapport montre les interconnexions entre les différents systèmes. Prenons l'exemple de la population. Si elle venait à baisser, c'est l'ensemble du système qui serait touché. Il faudra moins de nourriture, moins produire,... Si un domaine s'effondre, c'est l'ensemble qui sera mis en péril. C'est exactement ce qui se passe avec les populations de loups et de lapins. S'il y a beaucoup de lapins et donc de nourriture, le nombre de loups augmentera ce qui aura comme conséquence une baisse du nombre de lapins et le cycle recommencera.

Le modèle Meadows a donc mis en lumière, dès 1972, l'« extrême instabilité de notre système »<sup>13</sup>. L'ennui, c'est que, plus de 40 ans après, rien n'a vraiment changé.

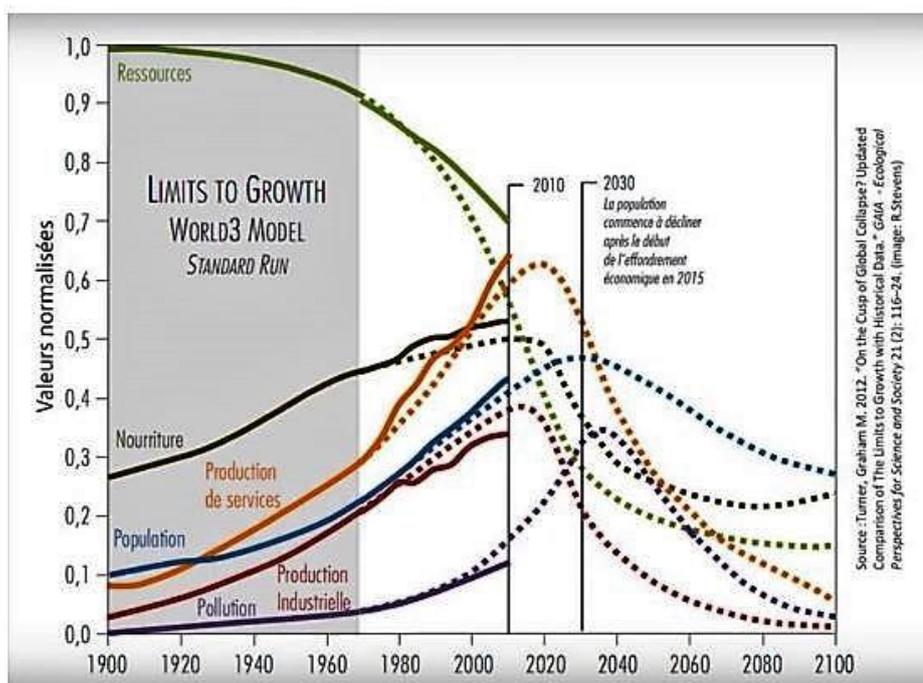


Figure 4

<sup>12</sup> Servigne, Pablo & Stevens, Raphaël. *Comment tout peut s'effondrer. Petit manuel de collapsologie à l'usage des générations présentes*. Paris : Editions du Seuil, 2015, p. 168.

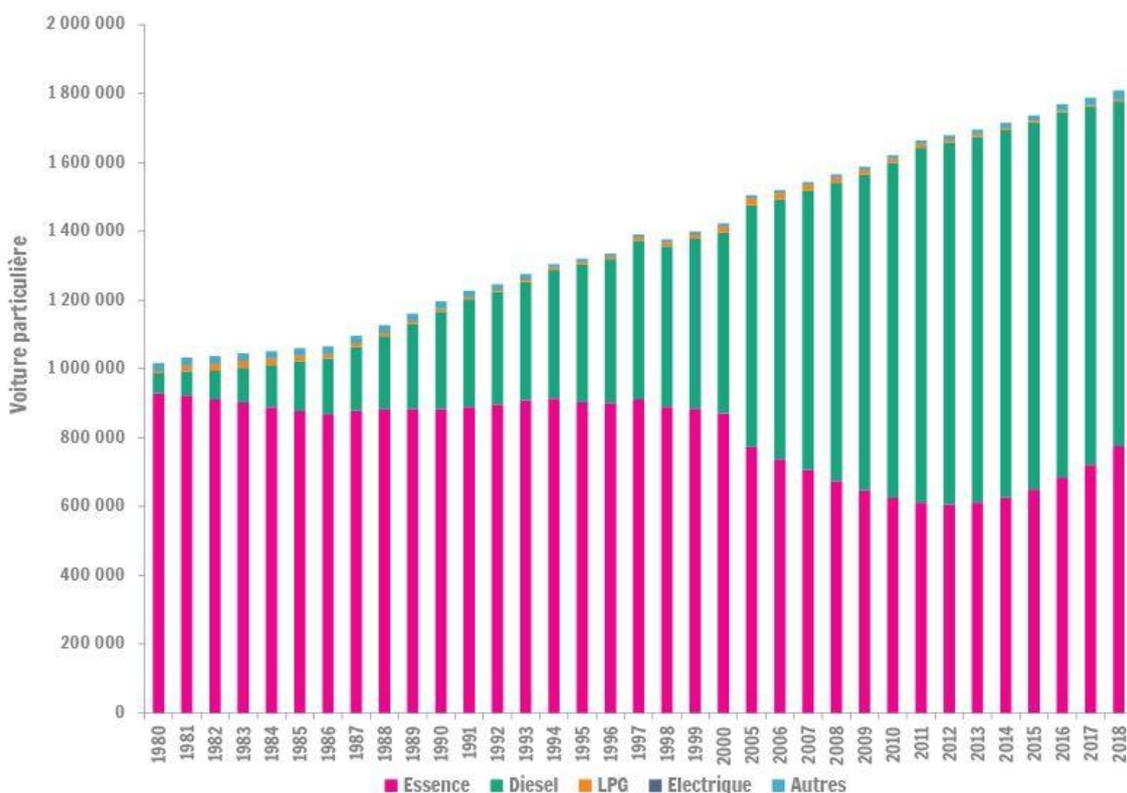
<sup>13</sup> Servigne, Pablo & Stevens, Raphaël. *Comment tout peut s'effondrer. Petit manuel de collapsologie à l'usage des générations présentes*. Paris : Editions du Seuil, 2015, p. 171.

## Peut-on éviter l'effondrement ?

Seul l'avenir nous le dira. Une chose est sûre c'est qu'aujourd'hui, l'écologie est au programme de tous les partis politiques. Tous s'entendent pour faire bouger les choses : des normes PEB aux « solutions durables » comme les panneaux photovoltaïques, les éoliennes ou encore la voiture électrique. Mais une question se pose : est-ce que les mesures prises actuellement sont vraiment « durables » ? Nous allons prendre l'exemple de la voiture comme élément de réflexion en prenant conscience qu'un raisonnement similaire peut être réalisé pour l'ensemble des nouvelles « technologies vertes ».

A l'heure actuelle et depuis le tout à la voiture des années 70, presque plus moyen de s'en séparer. C'est peut être l'élément phare de notre société de consommation. Nous circulons toujours plus dans des logiques monofonctionnelles datant de la charte d'Athènes en 1933. On prend l'auto pour aller au travail, pour aller faire ses courses, pour nos loisirs,...

Evolution du parc automobile des voitures particulières en Wallonie et par type de motorisation



Sources : Statbel – Parc de véhicules à moteur ; Calculs : IWEPS

Figure 5

Aujourd'hui, le nombre de voitures dans la société augmente d'années en années. Pour ne donner qu'un exemple, rien qu'en Wallonie, le nombre de véhicules a presque doublé depuis les années 80 et approche aujourd'hui la barre des 2 millions. Fonctionnant en majorité grâce aux énergies pétrolières, elles sont responsables d'une partie des émissions de CO<sub>2</sub> rejetées dans l'atmosphère mais sont aussi une pollution visuelle et sonore dans nos endroits de vie. Les fabricants cherchent dès lors des solutions afin de minimiser les rejets. On voit apparaître des biocarburants réalisés à partir de colza, de betteraves, mais aussi des voitures électriques qu'on nous vend comme « vertes ». Pour faire bref avec les biocarburants, soit on choisit de cultiver des produits nécessaires à la survie de l'homme, soit on décide de consacrer les champs pour produire du carburant en sachant bien qu'il n'y en a pas assez pour produire toute l'énergie que notre mode de vie demande.

En ce qui concerne les voitures électriques, il est vrai qu'une fois en circulation, elles ne rejettent plus de CO<sub>2</sub>. Si tout le monde roulait en voiture électrique, nos centres villes seraient certainement plus respirables. Le problème, c'est, comme le rappelle Philippe Bihouix, elles se chargent de plus en plus de technologies high tech. Leurs constructions demandent davantage de métaux présents en quantité finie comme le cobalt, le lithium pour les batteries ou encore les terres rares utilisées pour de nombreux objets de la vie courante<sup>14</sup> comme les téléphones. Tous ces métaux présents en quantité finie doivent être extraits de la terre. Cela nécessite d'importants moyens et de l'énergie. Plus les stocks diminueront, plus il faudra creuser bas et plus ça demandera de l'énergie.

Les métaux ont cependant un avantage par rapport au pétrole qui, lui, part en fumée lors de son exploitation. En effet, ils sont en principe recyclables à l'infini<sup>15</sup>. Le souci c'est que « la complexité des produits, des composants (...) et des matières (...) nous empêche d'identifier, de séparer et de récupérer facilement les matières premières »<sup>16</sup>. Donc, plus un produit comportera d'éléments différents, moins il sera recyclable et plus il faudra de nouvelles ressources. Or, la voiture électrique tout

---

<sup>14</sup> *Terre rare*, Futura sciences, Sciences, <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-terre-rare-1647/>, consulté le 21 janvier 2019.

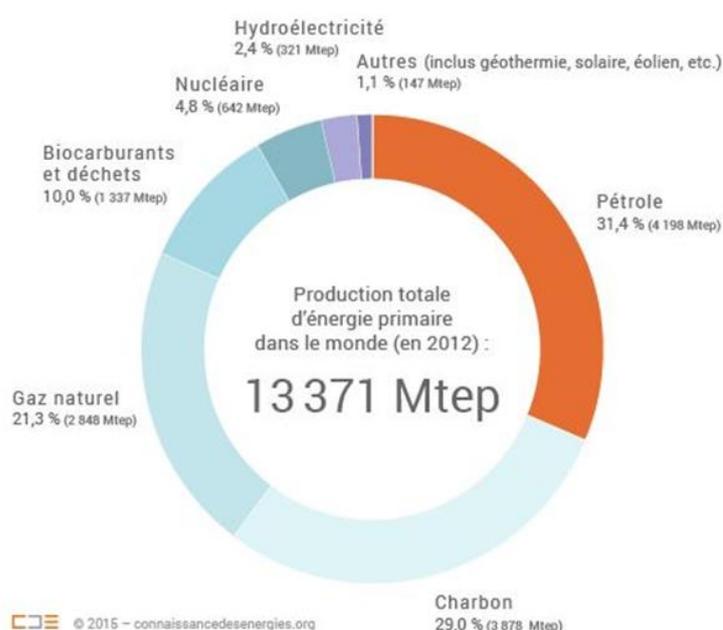
<sup>15</sup> Bihouix, Philippe. *L'âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable*. Paris : Editions du Seuil, 2014, p.68.

<sup>16</sup> Ibid. p.68

comme la plupart des technologies qu'on invente aujourd'hui est justement basée sur une complexité grandissante.

Dans un article de la RTBF intitulé « Voiture électrique : 697.612 km pour devenir verte ! » Damien Ernst, expert en énergie et professeur au sein de l'université de Liège, se demandait combien de kilomètres il fallait à une voiture électrique pour devenir vraiment plus verte qu'une voiture à essence. L'article dérangeait visiblement de trop et a été supprimé mais D. Ernst, convaincu par ses dires, a republié une version de ces calculs en les approfondissant. Je ne vais ici qu'expliquer les grandes lignes de son raisonnement. Pour plus d'informations, je vous invite à prendre connaissance du document original (voir annexes).

Une voiture électrique se différencie donc d'une voiture essence essentiellement par la présence d'une batterie sous son capot, or la fabrication des éléments constituant la batterie et de la batterie elle-même rejette du CO<sub>2</sub>. Mais ce n'est pas tout. Pour les recharger, il faut de l'électricité et cette production d'électricité rejette également du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Comme le précise Ernst, ces émissions dépendent du mix énergétique. En d'autres mots, cela dépend de comment on produit l'électricité qui servira à faire rouler le véhicule. Nucléaire, charbon ou énergies renouvelables en sont quelques exemples. A ce propos, le schéma ci-dessous nous montre que la part du nucléaire comme celle des énergies « vertes » est minime. Plus de 80 pourcents de l'électricité dans le monde sont toujours produits grâce aux combustions du charbon, du gaz et du pétrole.



Production mondiale d'énergie primaire en 2012, d'après les données du Key World Energy Statistics 2014 de l'AIE

Les émissions de CO<sub>2</sub> et donc l’empreinte carbone d’une voiture électrique sont donc différentes en fonction du pays dans lequel on se trouve. Il faut néanmoins se rendre compte que, comme le précise Ernst, les batteries qui équipent nos véhicules actuels sont pour beaucoup produites en Chine. Pourquoi ? Tout simplement car les entreprises chinoises échappent à la taxe CO<sub>2</sub> qu’on inflige aux entreprises européennes<sup>17</sup>. Or ce pays possède un mix énergétique bien plus polluant qu’en Europe. Pour ne citer que deux chiffres, Ernst parle d’émission d’un kilo de CO<sub>2</sub> par Kwh produit en Chine là où en Europe, ce chiffre se situe entre 300 et 400 grammes. Dans de telles conditions, comment respecter la baisse des émissions de CO<sub>2</sub> prévue par le GIEC ? Remarquons ici que ce raisonnement sur les productions chinoises ne se limite pas qu’au cas du véhicule électrique. Un grand lot de ce qu’on utilise chaque jour est produit en Chine dans les mêmes conditions et importé chez nous avant d’être vendu.

Pour conclure avec l’exemple de la voiture, une électrique n’émettra donc pas toujours moins de CO<sub>2</sub> qu’une voiture roulant à l’énergie pétrolière. Il lui faudra, suivant les calculs, un nombre important de kilomètres pour devenir « verte » et cela sans tenir compte des problématiques liées à son recyclage ou encore à sa durée de vie. Suivant les hypothèses, Ernst arrive à des chiffres compris entre 67 226 et 378 843 kilomètres.

Dans tous les cas, une grosse SUV consommera toujours plus qu’une petite voiture et ce même si elle roule à l’électricité. La solution ne réside donc pas dans le fait de remplacer nos voitures actuelles par d’autres dites « vertes ». Pour Bihouix, rouler avec une voiture d’une tonne de matière pour transporter 80 kilogrammes n’a pas de sens.<sup>18</sup> Il prône pour une limitation de l’utilisation de la voiture quand c’est possible mais surtout pour une réduction de leur poids et donc de leur consommation, pour le covoiturage ou encore pour l’usage du vélo. Il ajoute que, au vu du nombre de voitures grandissant et, dans un même temps, des limites des ressources disponibles, de plus en plus de citoyens devront trouver d’autres solutions. Tout le monde ne pourra plus se payer son plein de pétrole.

---

<sup>17</sup> Ernst, Damien. *Voiture électrique : 697.612km pour devenir verte ! Vrai ou Faux ?*, article en ligne, mars 2019, <http://hdl.handle.net/2268/233554>, consulté le 20 avril 2019.

<sup>18</sup> Bihouix, Philippe. *L’âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable*. Paris : Editions du Seuil, 2014, p.191.

Jancovici, président du « Shift Project », souhaite, lui, des voitures roulant à moins de deux litres au cent kilomètre afin de décarboner l'Europe<sup>19</sup>.

On le voit, diminuer son impact passera par changer ses comportements, sa consommation en énergie. Les technologies high tech développées pour lutter contre les changements climatiques ne font, en fait, que substituer le pétrole. Dans les deux cas, il y aura de moins en moins de réserves et le risque de pénuries augmentera. L'économie basée sur les technologies « vertes » poursuivra la logique linéaire du pétrole. On prend, on transforme, on consomme, on jette (quid des déchets ?). C'est dans ce contexte que Denis Meadows dira lors d'une interview en 2012 : « En 1972, nous utilisons 85% des capacités de la biosphère. Aujourd'hui, nous en utilisons 150% et ce rythme s'accélère. Je ne sais pas exactement ce que signifie le développement durable, mais quand on en est là, il est certain qu'il faut ralentir. »<sup>20</sup>. Et il ajoutera : « Quand quelqu'un se préoccupe d'économie verte, il est plutôt intéressé par l'économie et moins par le vert ».<sup>21</sup>

Ces études sur l'effondrement de la société conduisent donc inévitablement à des réflexions sur une société de la transition. Comment vivre un demain sans pétrole ? Faut-il adapter son mode de vie ? De quoi est fait notre avenir ? Afin de répondre à ses questions, les concepts de transition, de résilience et de low tech semblent incontournables.

### **III. La transition ou comment changer les choses ?**

Suite à la prise de conscience du monde actuel, plusieurs personnes se mobilisent. Elles sont conscientes des limites de « notre Gaia ». Toutes tentent de donner des pistes pour agir différemment et ainsi de passer d'un système mondial globalisé à un système relocalisé. Dans son *Manuel de transition de la dépendance au pétrole à la résilience locale*, Rob Hopkins se pose la question d'une société sans pétrole. Il tente de voir comment on peut survivre et s'en sortir sans le moteur principal de notre société

---

<sup>19</sup> Pour approfondir le sujet : The Shift Project, The Carbon Transition Think Tank, <https://theshiftproject.org/>, consulté le 20 avril 2019.

<sup>20</sup> Noualhat, Laure. « Le scénario de l'effondrement l'emporte », Libération, [https://www.liberation.fr/futurs/2012/06/15/le-scenario-de-l-effondrement-l-emporte\\_826664](https://www.liberation.fr/futurs/2012/06/15/le-scenario-de-l-effondrement-l-emporte_826664), consulté le 22 janvier 2019.

<sup>21</sup> Ibid.

actuelle. Il prône une société de la transition, une société en descente énergétique.<sup>22</sup> Il part du principe que la société de consommation occidentale ne peut « se perpétuer ou même continuer de croître en tirant toute son énergie de sources renouvelables »<sup>23</sup>. Il nous invite, nous lecteurs, à changer nos modes de vie, à agir et donc à oser faire les choses autrement. La citation d'Albert Einstein illustre bien ce propos:

*« N'importe quel imbécile intelligent peut rendre les choses plus grosses, plus complexes et plus violentes. Il faut une pointe de génie – et beaucoup de courage – pour aller dans la direction opposée. » (Cité dans Manuel de transition de la dépendance au pétrole à la résilience locale, 2010, p.16).*

Cette idée de transition fait appel à des principes de collectivité, de proximité, de diversité ou encore d'indépendance. Elle va de pair avec le concept de résilience et celui des Low Tech cher à P. Bihouix.

#### **IV. La résilience, un concept clé ?**

Commençons par le concept de résilience. Celui-ci est de plus en plus utilisé et ce dans des domaines bien différents. Nous allons donc tenter de le définir et d'en définir les limites. Dans le domaine de l'écologie, la résilience est la capacité d'un écosystème, d'un groupe d'individus à se rétablir après une perturbation extérieure, (incendie, inondation...) <sup>24</sup>. On peut donc facilement transposer cette idée dans notre société humaine. La résilience signifierait que les communautés puissent s'adapter, changer leurs habitudes pour retrouver un équilibre et ainsi ne pas s'effondrer au premier signe de pénurie ou de crise. En d'autres mots, s'il y a un effondrement généralisé de notre société, comment pouvoir continuer à vivre dans des conditions satisfaisantes ? Hopkins nous donne trois caractéristiques pour avoir un système résilient : la diversité, la modularité et des rétroactions directes.<sup>25</sup>

La diversité d'un environnement résilient est essentielle. Plus il y aura de fonctions différentes au sein d'une même communauté, (j'entends par là, un ensemble de

---

<sup>22</sup> Hopkins, Rob. *Manuel de transition. De la dépendance au pétrole à la résilience locale*. Montréal : Ecosociété, 2010, p.54.

<sup>23</sup> Ibid. p.59.

<sup>24</sup> Larousse 2016

<sup>25</sup> Hopkins, Rob. *Manuel de transition. De la dépendance au pétrole à la résilience locale*. Montréal : Ecosociété, 2010, p.61.

personnes qui se regroupent, un petit village) moins le phénomène de dépendance se fera ressentir. Pour comprendre cette première caractéristique, l'exemple du gâteau que donne Rob Hopkins en parlant de la ville de Totnes me semble intéressant. En effet, il nous dit qu'avant la révolution industrielle, la ville était autosuffisante. Les habitants avaient tout ce qu'il leur fallait à proximité. Ensuite, la production s'est déplacée et la ville est devenue dépendante de cette production délocalisée. En fait, avant « le gâteau était produit localement et le glaçage et la cerise sur le dessus étaient importés. Maintenant, c'est l'inverse »<sup>26</sup>. Cet exemple est valable pour la majorité de nos besoins aujourd'hui. Attiré par le profit, on délocalise toujours plus. Nous sommes dès lors de plus en plus dépendants or ce petit jeu n'est possible que grâce au transport de marchandises qui, lui, est directement dépendant des stocks de pétrole.

Par modularité, Hopkins entend favoriser des connexions internes entre les différentes fonctions d'un système. Il part du principe que si toutes les parties d'un système peuvent s'organiser, alors elles pourront répondre bien plus facilement à une perturbation. Le partage d'informations prime et les solutions sont trouvées ensemble. Le système se base donc sur un principe important : la solidarité.

En ce qui concerne les rétroactions directes, Hopkins part de l'analyse de nos comportements. S'il se passe quelque chose loin de nous, nous ne mesurons pas directement les conséquences de nos actes. En rapprochant les conséquences de nos choix, nous en aurons plus vite conscience et nous agissons certainement plus vite. C'est ce qui se passe à l'heure actuelle avec le réchauffement climatique et les catastrophes qui en découlent. Tant qu'on n'y est pas confronté, on ne mesure pas les difficultés rencontrées.

La résilience se base donc sur un retour au local, à la solidarité, à l'entraide, à la créativité ou encore à la débrouille. Ceci renvoie directement aux principes ancestraux. A l'époque, les artisans possédaient un savoir-faire, ils maîtrisaient toute leur production et vivaient ensemble. A l'heure actuelle, il y a délocalisation mais les produits ne sont même plus confectionnés et emballés au même endroit. Nos aliments parcourent des milliers de kilomètres avant d'atterrir dans nos assiettes. Pour ce qui est du vivre ensemble, les relations entre individus s'affaiblissent. Nous ne connaissons parfois même pas nos voisins. Un comble pour une société de plus en plus connectée ?

---

<sup>26</sup> Hopkins, Rob. *Manuel de transition. De la dépendance au pétrole à la résilience locale*. Montréal : Ecosociété, 2010, p.65.

Notons que la résilience n'est pas à confondre avec la durabilité. Il y a une différence entre penser le recyclage de plastiques dans une approche durable et penser à les réutiliser pour la production d'autres choses et ce dans un contexte local. Un autre exemple concerne la plantation d'arbres pour capter du CO<sub>2</sub>. Planter des arbres nourriciers est bien plus résilient que d'en planter sans se préoccuper de leurs espèces.

## V. Le concept de low Tech

L'idée des low Tech développée par P. Bihouix dans *l'Age des low Tech* rejoint la question de la résilience. Il ne croit pas au mythe des technologies « vertes » à grande échelle qui ne feront, au mieux, que retarder l'effondrement. En effet, comme nous l'avons déjà vu, les high Tech sont composés de plus en plus d'éléments dont les stocks ne sont pas inépuisables. En outre, la problématique liée à leur recyclage ne semble pas toujours être prise en compte. Que se passera-t-il quand nos éoliennes, nos panneaux solaires en tout genre seront en fin de vie ? Sur cette question du recyclage, P. Bihouix dira que : « Monter les taux de recyclage ne se limite pas à la faculté de collecter les produits en fin de vie et de les intégrer dans une chaîne de traitement. Dans de nombreux cas, il serait nécessaire de revoir en profondeur la conception même des objets »<sup>27</sup>. Il privilégie donc les basses technologies aux hautes technologies et cela dans une logique de décroissance. Cette décroissance passe par une remise en cause de nos besoins et de nos habitudes. Que peut-on supprimer qui n'est pas nécessaire ? On pourrait citer une multitude d'exemples. Ceux-ci vont des tonnes de prospectus publicitaires au presse-fruits électrique en passant par les écrans publicitaires qu'on place le long de nos routes. Est-ce qu'ils améliorent vraiment notre cadre de vie ?

Notons que Low tech et décroissance ne signifient pas revenir en arrière. Bien au contraire, c'est prendre conscience de la dimension finie de la Terre ainsi que des aberrations du système et de nos choix. Le but étant d'aller vers une société avec un niveau de vie et de confort agréable tout en limitant les ressources utilisées. Ainsi, on

---

<sup>27</sup> Bihouix, Philippe. *L'âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable*. Paris : Editions du Seuil, 2014, p.70.

pourra éviter le risque trop grand de pénuries. Cette façon de penser va à l'encontre de la société matérialiste et consummatrice d'aujourd'hui. Finie l'obsolescence programmée, place à des produits fabriqués avec le moins de ressources possible. Des produits robustes, modulaires et réparables facilement<sup>28</sup>. Place à une économie circulaire plutôt que linéaire dans laquelle on prend, on fabrique, on utilise, on jette.

Ce changement de mentalité rappelle la transition vue précédemment. Bihoux comme Hopkins ne pense pas que les technologies nous permettront de sauver les choses. En d'autres mots, il ne suffit pas de changer d'ampoule électrique. C'est notre mode de vie qui est à revoir. Un retour à des choses plus locales, à plus de simplicité et par la même occasion à plus d'entraide est prôné.

Cette préoccupation du local par rapport au global n'est pas nouvelle. Déjà en 1955, Paul Ricoeur, dans *Histoire et vérité*, s'interrogeait sur le phénomène d'universalisation. Il regrettait que les connaissances et la culture de nos ancêtres se perdent pour une modernité semblable partout<sup>29</sup>.

A la même période, dans *Bâtir Habiter Penser*, Heidegger s'interroge sur l'architecture moderniste internationale qui repose sur des logiques mathématiques universelles. Il nous fait réfléchir sur la différence qu'il y a entre habiter ou être logé. Ces réflexions sur ce qui est le mieux pour l'Être débouchent sur ce qu'il appelle le quadriparti. Celui-ci comprend quatre éléments formant un tout : la terre, le ciel, les divins et les mortels.<sup>30</sup> Pour lui, il est important de tenir compte de la terre c'est à dire du lieu, du terrain ou encore du type de sol dans lequel on se trouve. La question du ciel rejoint les questions d'ensoleillement, de lumière ou de climat. Pour ce qui est des mortels, cela touche au domaine de la sociologie. En effet, pour Heidegger, l'élément le plus important c'est le pont. Il relie deux rives et donc les personnes entre elles. Il est en quelque sorte le symbole de la solidarité, des liens entre individus. La question du divin renvoie quant à elle à tout ce qui nous dépasse, au mystère. Dit autrement, c'est l'élément qui fait qu'on est attiré par quelque chose mais qu'on ne sait pas expliquer.

La pensée Heideggérienne s'inscrit donc naturellement dans la thématique de la transition vers une société plus viable. Elle a influencé et influence encore beaucoup de personnes, des architectes qui y trouvent les bases d'une architecture régionalisée,

---

<sup>28</sup> Bihoux, Philippe. *L'âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable*. Paris : Editions du Seuil, 2014, p.126.

<sup>29</sup> Ricoeur, Paul. *Histoire et Vérité*, Paris : Le Seuil, 1955. (Repris par Frampton K. dans « Pour un régionalisme critique et une architecture de résistance » ». Critique, n°476-477 (Janvier-février 1987), p.66.)

<sup>30</sup> Heidegger Martin. « *Bâtir Habiter Penser* ». In *Essais et conférences*, Paris : Gallimard, 1958, p. 176.

intégrée dans un contexte. C'est le cas par exemple de Peter Zumthor, de Norbert Schulz ou encore de Kenneth Frampton.

Dans *Pour un régionalisme critique et une architecture de résistance*, Frampton nous fait d'ailleurs lui aussi part de son sentiment envers la civilisation universelle. Il regrette que la créativité, la diversité des formes urbaines disparaissent au profit de la seule technique. C'est ce qu'il appelle, tout comme Heidegger, l'universelle délocalisation. On construit, on fait partout les mêmes choses sans se préoccuper des spécificités de l'endroit. Il opte donc pour ce qu'il appelle une architecture de résistance. Il apporte cependant une nuance : « Cette résistance critique doit se garder de tout optimisme à l'égard des technologies avancées, mais se méfier aussi de la tendance toujours d'actualité à régresser dans l'historicisme nostalgique. »<sup>31</sup> Il n'est donc pas contre l'utilisation des techniques mais désire conserver une identité culturelle et locale. Il impose des limites au progrès. Il s'interroge également sur la notion de liberté dans une société modernisée. Est-ce que modernité rime avec liberté ? Il cite l'exemple de la télévision qui influence le comportement des personnes et agit ainsi sur la culture de masse<sup>32</sup> mais nous pourrions étendre cette réflexion à nos comportements actuels. Est-ce ce que posséder une voiture, un gsm ou encore un ordinateur signifie être plus libre ? On pourrait le croire. On peut pourtant défendre rationnellement que ce n'est qu'une illusion. Certes, on peut se déplacer où l'on veut quand on veut. On peut faire les choses quand on le souhaite. On peut bénéficier du don d'ubiquité grâce à nos engins connectés. Mais nous n'avons jamais été aussi dépendants. Nous sommes liés aux développeurs de nos technologies qui, elles, sont vite dépassées et presque irréparables. Nous acceptons les mises à jour sans trop nous poser de questions. A ce sujet, Welzer H., dans *Penser par soi-même*, se demande d'ailleurs si on accepterait qu'on change l'aménagement de notre salon tous les mois sous prétexte que c'est mieux comme ça. Nous sommes donc directement aliénés dans la société de consommation et à la logique du tout jetable.

Nous voyons à travers ces différents auteurs que les questions du global au local, de la haute technologie à la basse technologie ne sont pas nouvelles. Les réflexions concernent l'ensemble des éléments de notre société et ne sont donc pas limitées à un domaine en particulier. Nous allons dans la suite du travail nous recentrer sur un domaine en particulier : l'architecture.

---

<sup>31</sup> Frampton, Kenneth. « Pour un régionalisme critique et une architecture de résistance ». Critique, n°476-477 (Janvier-février 1987), p.71.

<sup>32</sup> Ibid.p.70.

## Et l'architecture dans tout ça ?

Dans la société actuelle, tout est architecture. L'architecte pense des projets au sein d'une société. Il côtoie des personnes avec des mœurs, croyances, bien différentes. Il est plongé au sein d'un univers qu'il doit comprendre pour apporter des réponses adaptées. Comme le reste de la société, « l'avenir de l'habitat est à la croisée d'enjeux humains, sociétaux et planétaires »<sup>33</sup>. Quelle sera l'architecture de demain ? Comment faire une architecture résiliente ? Comment maintenir un niveau de vie agréable en sachant qu'on est de plus en plus sur Terre mais que les réserves diminuent ? Toutes ces questions méritent d'être posées. Nous allons voir dans la deuxième partie si ce qu'on réalise pour l'instant et ce qu'on prône pour demain coïncident avec les concepts de low tech et de résilience et ce dans le but d'une société de transition. Pour y parvenir, nous allons commencer par reprendre conscience de l'évolution de l'architecture. Nous verrons ensuite les différents concepts à travers l'architecture avant de s'interroger sur ce qui se fait actuellement. Nous finirons en prenant le cas du futur pavillon belge à l'Exposition universelle de Dubaï en 2020. Le thème de l'expo « Connecter les esprits, construire le futur » est complété par 3 sous-thèmes : l'opportunité, la mobilité et la durabilité. D'après le site officiel de l'expo, par opportunité, les organisateurs veulent inciter les visiteurs à agir en leur présentant de nouvelles idées pour demain. Par mobilité, ils désirent montrer l'importance de la connectivité numérique dans les progrès toujours plus grands de l'humanité. Et par durabilité, ils mettent en avant la nécessité de vivre en équilibre avec notre monde et ce, pour préserver notre planète.<sup>34</sup> Le pavillon devrait donc être représentatif du monde de demain.

### I. Construire, un jeu d'enfant ?

Revenons quelques instants aux prémices de l'architecture.

---

<sup>33</sup>*Habiter demain. Ré-inventons nos lieux de vie*, carnet d'exposition, [http://www.cite-sciences.fr/au-programme/expos-temporaires/habiter\\_demain/pdf/idv\\_habiter\\_demain.pdf](http://www.cite-sciences.fr/au-programme/expos-temporaires/habiter_demain/pdf/idv_habiter_demain.pdf), consulté le 20 avril 2019.

<sup>34</sup>*Connecting Minds, Creating the Future*, Expo 2020 Dubaï UAE, <https://www.expo2020dubai.com/en/discover/themes>, consulté le 9 avril 2019.

A la Préhistoire, nos ancêtres nomades s'abritaient comme ils le pouvaient. Ils utilisaient des grottes et ce qu'ils trouvaient autour d'eux : branchages, feuilles, terre, peaux d'animaux. Leur but était de se protéger face aux intempéries et aux animaux sauvages. Ils vivaient principalement de la cueillette et de la chasse.

Après, grâce à l'invention de l'agriculture et de l'élevage, ils deviennent sédentaires. C'est l'apparition des premiers « villages ». L'habitat comme les matériaux utilisés étaient bien différents en fonction des endroits. On parle d'architecture vernaculaire. Dans *Histoire de l'architecture*, Patrick Nuttgens remarque qu'il n'y a eu que deux manières de construire et ce depuis toujours. Soit en posant un bloc sur l'autre, soit en fabriquant une armature, un squelette et en le recouvrant d'un revêtement.<sup>35</sup> Ces manières de faire ont certes évolué à l'heure actuelle mais, à l'époque, elles étaient liées à un lieu et aux matériaux disponibles localement.

Ces différentes façons de faire sont aujourd'hui, dans la majorité des cas, les mêmes dans tous les pays. Il n'y a donc plus vraiment de spécificités suivant les endroits. On parle d'architecture générique ou internationale.

Construire partout le même type d'architecture est en fait très récent par rapport à la présence de l'homme sur Terre. Cela n'a été rendu possible qu'à partir de la révolution industrielle du 18 et 19<sup>e</sup> siècles. C'est, en effet, que depuis l'invention de la machine à vapeur par James Watt en 1760 puis celle de la pile en 1800 par le physicien italien Alessandro Volta ou encore celle de l'ampoule à incandescence par Thomas Edison en 1879 que nos modes de vie ont fondamentalement changé. Toutes ces techniques et celles qui les ont suivies ont donc permis de faire la même chose dans chaque pays. La question de l'énergie est donc devenue fondamentale. Comment continuer sur la même voie aujourd'hui si nous n'avons ni chauffage, ni ventilation, ni air conditionné, ni électricité ?

Ces réflexions sur les spécificités des lieux intéressent naturellement certains architectes. Ainsi, dans une interview donnée au site *deezen*, l'architecte suisse Jacques Herzog dénonçait la "*stupidité*" des bâtiments Art déco de Miami, "*des boîtes dotées d'air conditionné décorées comme des pâtisseries*". Et il ajouta vouloir concevoir le nouveau Pérez Art Museum en "*s'appuyant sur le climat incroyable de la Floride pour imaginer un bâtiment ouvert, perméable à cet environnement. Bref, une nouvelle*

---

<sup>35</sup> Nuttgens, Patrick. *Histoire de l'Architecture*. Paris : Phaidon, 2002, P.10.

## II. Une architecture résiliente, low tech ?

Nous avons vu dans la première partie la notion de résilience en abordant la société de transition de Hopkins et le concept de low tech cher à M. Bihoux. Nous allons maintenant tenter d'expliquer plus précisément ces concepts en les appliquant à l'architecture. Qu'est-ce qu'une architecture résiliente, low tech ? Comment construire dans un contexte d'effondrement ? Quelle architecture pour le monde de demain ?

Nous nous limiterons ici sur la question de comment construire un bâtiment en Belgique, en Région wallonne, si la société s'écroulait, si l'électricité et les besoins en énergie se faisaient rares. Nous ne nous pencherons donc pas sur la notion de résilience en cas de catastrophes naturelles (incendie de forêt, inondation...). Certes, chaque endroit est soumis à son lot de malheurs mais ceci constitue des cas « rares » qui méritent une réflexion lors de la conception.

Nous ne nous attarderons pas non plus sur les questions d'étalement urbain qui diminuent le nombre de m<sup>2</sup> de terres cultivables dont dépend la survie de la population.

Notons également que la résilience ne sera jamais absolue<sup>37</sup> et qu'il sera toujours possible de faire mieux. Un projet ne sera jamais parfait. Il aura eu le mérite d'opter pour de nouvelles approches. A ce sujet, Harald Welzer, précisera qu' « il est productif de prendre le risque de se tromper »<sup>38</sup> et ajoutera qu' « il est sensé de ne considérer l'expérience comme utile que jusqu'à nouvel ordre, et surtout de ne considérer un état de chose donné que comme une proposition, et non comme une certitude. »<sup>39</sup>

Les pistes de solutions expliquées ci-après ne seront donc ni des solutions miracles, ni une liste figée de propositions. Toutes ne pourront pas être forcément appliquées au même projet. Il faudra bien sûr tenir compte du lieu dans lequel on se trouve, de la fonction ou encore du budget. Chaque projet aura ses propres particularités.

---

<sup>36</sup> Godfrain, Marie. *L'architecture vernaculaire, quand l'habitat se fond dans son environnement*, Le Monde, Janvier 2014, [https://www.lemonde.fr/m-actu/article/2014/01/24/retour-aux-sources\\_4353074\\_4497186.html](https://www.lemonde.fr/m-actu/article/2014/01/24/retour-aux-sources_4353074_4497186.html), consulté le 25 avril 2019.

<sup>37</sup> *The Resilient Design Principles*, Resilient Design Institute, <https://www.resilientdesign.org/the-resilient-design-principles/>, consulté le 28 janvier 2019.

<sup>38</sup> Welzer, Harald. *Penser par soi-même. Guide de résistance*. Paris : Charles Léopold Mayer, 2016, p.119.

<sup>39</sup> Ibid.

Pour qu'une architecture s'inscrive dans les problématiques de low tech, de résilience et de transition, il faut dans un premier temps avoir une réflexion sur le choix des matériaux. En effet, même si une maison possède une durée de vie plus longue que les technologies à obsolescence rapide, le secteur de la construction est particulièrement consommateur en matériaux et en énergie<sup>40</sup>. Par souci de facilité et de budget, la destruction pure et simple est souvent préférée à la remise en état ou à la rénovation d'un bâtiment. Cette attitude fait que la masse de déchets produits par ce secteur est énorme. Or, beaucoup de ces matériaux pourraient être recyclés facilement ou réutilisés ailleurs. C'était d'ailleurs le cas dans les habitudes de nos ancêtres. Pourquoi toujours vouloir des matériaux neufs qui, pour leur fabrication, leur transport ou leur extraction demandent une quantité d'énergie non négligeable?

#### Production des déchets par secteur en Belgique (2004-2016, en tonnes)

	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016
Total	53.013.275	59.294.999	48.615.551	61.323.320	53.839.470	57.965.403	63.152.377
Construction	11.051.218	13.089.649	15.441.861	16.852.662	17.132.769	18.347.259	19.573.149
Services	8.971.810	9.959.475	5.023.641	6.697.911	4.635.229	4.840.455	5.403.172
Ménages	5.337.002	4.745.162	4.459.161	5.865.753	5.294.743	5.419.043	5.041.208
Industrie	26.466.600	31.138.888	23.409.597	31.707.672	26.611.266	29.046.813	32.865.656
Agriculture	1.186.645	361.825	281.291	199.322	165.462	311.833	269.192

Sources: Statbel (Direction générale Statistique - Statistics Belgium) sur base sur base d'enquêtes, sources administratives (OVAM, IBGE-BIM, DGARNE) et modèles.  
Données et info supplémentaires: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/waste/data>

Figure 7

La réduction du nombre de matériaux employés est donc une première piste. Celle-ci va de pair avec la manière de les assembler entre eux. Il vaut mieux penser à des solutions facilement démontables pour pouvoir récupérer facilement les différents composants. Construire simple avec l'idée d'un habitat minimum peut également permettre des économies de moyens. L'architecte joue donc un rôle considérable dans la manière de concevoir ses projets.

Au niveau du type de matériaux mis en œuvre, le choix d'une matière et d'un savoir-faire local semble être judicieux. Si la matière est de type « non finie » c'est-à-dire si on sait la récupérer presque en totalité lors de sa déconstruction, c'est encore mieux. Cette approche circulaire bénéficiera en outre aux producteurs locaux et permettrait des réparations bien plus aisées. Cela évitera aussi aux produits de faire des millions de

<sup>40</sup> Bihouix, Philippe. *L'âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable*. Paris : Editions du Seuil, 2014, p.201.

kilomètres avant d'être placés. On touche ici à ce qu'on appelle l'impact environnemental d'un produit.

On ne s'en rend pas toujours compte mais chaque produit possède une face cachée. Il a fallu extraire de la matière, le fabriquer puis le transporter avant de le placer. Lors de sa déconstruction, la question de son recyclage et de sa mise en déchets aura aussi son importance. Toutes ces opérations sont consommatrices en énergie et en ressources. Pour calculer l'impact d'un produit, la prise en compte de l'analyse de son cycle de vie, de son énergie grise et de sa durée de vie est donc nécessaire. Ainsi, plus un produit durera longtemps tout en demandant un minimum d'énergie et de matière durant l'ensemble de son cycle de vie, plus il aura un impact limité.

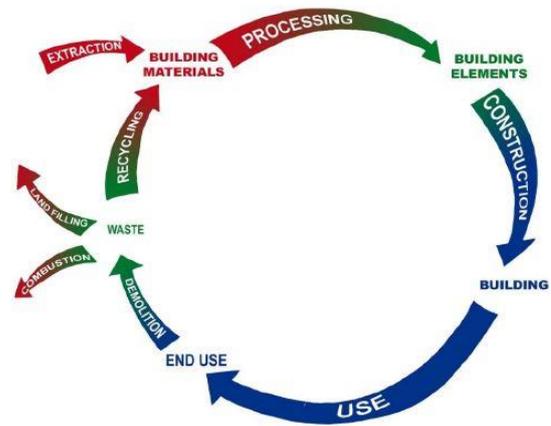


Figure 8

Afin de faire son choix parmi les nombreux matériaux disponibles sur le marché, différents outils ont été développés. C'est par exemple le cas du KBOB en Suisse qui réalise le bilan global des produits. Chaque produit est alors associé à des Ecopoints UBP. Plus le chiffre est élevé, plus l'impact environnemental est grand.

Dans un second temps, construire en ayant une approche low tech semble incontournable. Comme nous l'avons déjà vu dans la première partie, les technologies actuelles deviennent de plus en plus complexes, ce qui limite d'ailleurs leur recyclage. Si certaines personnes sont persuadées qu'elles vont changer les choses, ce n'est en tout cas pas l'avis de Bihoux. Pour lui, elles ne vont qu'engendrer d'autres pénuries<sup>41</sup>. Il ne croit pas au mythe de la croissance verte. Harald Welzer confirme d'ailleurs ce propos en affirmant que « l'écologie et la croissance s'excluent mutuellement »<sup>42</sup>. Ce dernier ajoutera d'ailleurs que « l'association grandissante de l'écologie à une science naturelle et technique est un des pires développements de ces deux dernières décennies. La finalité d'une telle association est tout à fait claire : elle nous permet de rêver qu'un monde durable nous apporterait autant de prospérité, de confort et de délégation à autrui que l'ancien non durable. »<sup>43</sup>

<sup>41</sup> Bihoux, Philippe. *L'âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable*. Paris : Editions du Seuil, 2014, p.71.

<sup>42</sup> Welzer, Harald. *Penser par soi-même. Guide de résistance*. Paris : Charles Léopold Mayer, 2016, p.109.

<sup>43</sup> Ibid. p. 113.

On le voit, ils prônent tous les deux un changement de mentalité, de comportement et un retour à la simplicité. Ils sont conscients qu'on ne peut pas continuer à vivre comme aujourd'hui en sachant que nous sommes de plus en plus nombreux sur Terre et que ses réserves diminuent.

Le secteur de la construction n'échappe pas à la règle. Nos maisons sont remplies de gadgets en tout genre. On peut d'ailleurs se poser la question des maisons passives ou à basse consommation d'aujourd'hui. Certes, celles-ci ne rejettent presque rien comme CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère lorsqu'elles sont construites mais elles sont généralement équipées d'un lot de technologies impressionnant (systèmes de ventilation, capteurs, panneaux en tout genre,...). Toutes ces technologies ont une obsolescence programmée et donc une durée de vie limitée. Elles sont, en outre, dépendantes de l'électricité et on peut s'interroger sur leur capacité de recyclage. En fait, on peut faire le parallèle entre une maison passive et une voiture électrique. Dans les deux cas, on ne cherche pas à changer nos habitudes ou notre consommation, on tente de remplacer une chose par une autre. Que se passerait-il si nous n'avions plus d'électricité, plus de pétrole ?

Construire une architecture low tech signifierait donc l'équiper avec un minimum de technologies. Le bâtiment serait ainsi bien moins dépendant des productions extérieures du monde globalisé. Les technologies qu'elle comporte devraient être réparables facilement et localement.

L'approche low tech remet également en cause nos besoins. Comme le dit Bihouix, il est toujours plus « simple et moins coûteux d'isoler un corps que d'isoler ou chauffer une pièce entière »<sup>44</sup>. Notre vision du confort mérite donc d'être remise en question : une température de 20°C n'est pas toujours nécessaire.

Au niveau de la hauteur des bâtiments, Bihouix précise que plus on construit en hauteur, plus il faut de l'énergie et des ressources métalliques high tech<sup>45</sup> et ce même si construire en hauteur à l'avantage d'utiliser moins d'espace au sol. Accepter de ne pas toujours avoir les dernières nouveautés et profiter de ce qu'on a réellement, penser modularité, sont également des pistes vers plus de simplicité. Remarquons que toutes ces pistes de réflexions ont le même but : créer une architecture pouvant répondre aux

---

<sup>44</sup> Bihouix, Philippe. *L'âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable*. Paris : Editions du Seuil, 2014, p.122.

<sup>45</sup> Ibid. p. 140.

besoins humains fondamentaux tout en garantissant des conditions de vies minimales et ce même sans électricité.

Le troisième et dernier temps rejoint naturellement les deux premiers : une architecture ancrée dans son territoire, qui profite et exploite au mieux son emplacement, sera bien moins dépendante du système global qu'une architecture construite dans l'unique but de loger une ou plusieurs personnes. Ce dernier point fait également appel aux notions de proximité et de vivre ensemble et donc à un retour à plus d'entraide, de solidarité. Ainsi, de nouvelles façons d'habiter comme les habitations partagées voient le jour. Pour donner un exemple, comparons ces deux projets.

Même s'ils sont tous les deux situés en Irlande, ils ont une approche tout à fait différente. Le premier ressemble aux lotissements que l'on construit dans nos campagnes. Tous les bâtiments sont positionnés par rapport à la route sans se soucier de l'orientation. Ils ont tous la même apparence et ne profitent pas au maximum des apports solaires. De plus, leur construction à partir de béton produit dans un autre endroit cause l'évacuation des terres alors que traditionnellement, les maisons en Irlande sont construites en pisé.<sup>46</sup> Au niveau des terres restantes, elles ne sont qu'un résultat d'après construction. Il n'y a donc pas de réflexion globale. Le seul but est de loger des habitants.

Le second projet fait, quant à lui, corps avec son environnement. Il est construit avec des matériaux locaux et son orientation est réfléchi. L'étang placé devant la maison augmente la luminosité dans la maison en hiver et réchauffe le potager. Il permet, en outre, un rafraîchissement passif en été<sup>47</sup>. Il n'y a donc pas besoin de systèmes



Figure 9a

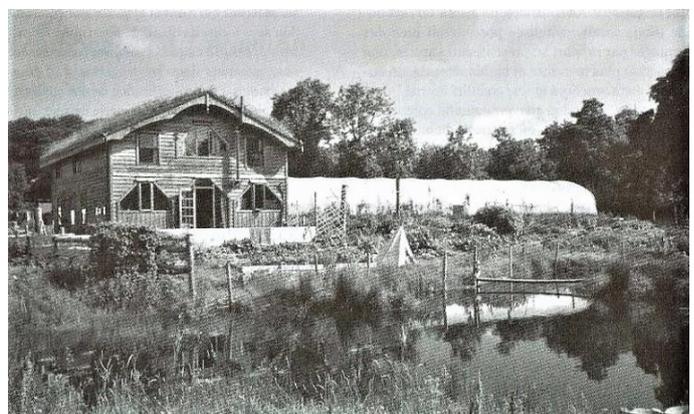


Figure 9b

<sup>46</sup> Hopkins, Rob. *Manuel de transition. De la dépendance au pétrole à la résilience locale*. Montréal : Ecosociété, 2010, p.135.

<sup>47</sup> Ibid. p.134.

sophistiqués pour arroser ou encore pour refroidir. Le potager placé à proximité permet, lui, de subvenir aux besoins fondamentaux. C'est donc une réflexion bien plus poussée qui ne se limite pas à être logé. On habite un vrai lieu bien plus autonome.

Pour conclure cette partie, précisons que penser recyclage, fin de vie, local, économie de matière est bien plus intéressant dans un contexte d'effondrement que de rester dans le système capitaliste linéaire actuel dans lequel on fabrique, on prend, on jette. C'est un virage à 180 degrés par rapport à l'économie à obsolescence programmée d'aujourd'hui.<sup>48</sup> Le problème, c'est que les personnes qui font tourner le système capitaliste n'ont pas d'intérêts à changer. Or, « chaque jour de croissance aujourd'hui implique moins de ressources demain ».<sup>49</sup>

### **III. L'architecture à l'heure actuelle en Belgique**

Nous l'avons vu précédemment, les préoccupations environnementales sont présentes au sein de notre société. A l'heure actuelle, plus aucun parti politique n'ignore des thèmes comme l'écologie ou le développement durable. Des lois sont prises pour bannir les voitures polluantes des centres villes ou encore pour réduire nos déchets plastiques. L'abolition des sacs plastiques au supermarché en est un exemple. Ces préoccupations sont davantage renforcées par l'ensemble des actions citoyennes pour le climat et la planète. Et toutes les idées sont bonnes. Cela passe des recettes sans déchets au plogging (jogging en ramassant les déchets) ou encore aux opérations de distribution de gourdes dans une logique de réutilisation.

Pour baisser notre consommation d'énergie dans nos maisons, les politiques nous incitent à les isoler ou à changer nos chaudières en nous attribuant des primes énergie.<sup>50</sup> Ils nous incitent également à penser « durable » en plaçant des panneaux solaires ou encore en changeant nos vitrages.

Pour répondre aux questions climatiques et ainsi baisser les émissions de CO<sub>2</sub>, l'architecte doit donc respecter des normes. Depuis les premières réglementations sur la thermique des bâtiments en 1985, ces exigences n'ont cessé d'augmenter. On est

---

<sup>48</sup> Bihoux, Philippe. *L'âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable*. Paris : Editions du Seuil, 2014, p.126.

<sup>49</sup> Welzer, Harald. *Penser par soi-même. Guide de résistance*. Paris : Charles Léopold Mayer, 2016, p.113.

<sup>50</sup> *Primes énergie (à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2019)*, Wallonie énergie SPW, <https://energie.wallonie.be/fr/primes-energie-depuis-le-1er-mars-2018.html?IDC=8793>, consulté le 13 avril 2019.

aujourd'hui confronté aux réglementations PEB<sup>51</sup> pour toutes nouvelles constructions ou rénovations. Pour 2021, les bâtiments à construire devront atteindre le standard NZEB (Nearly zero energy building) ou Q-ZEN (bâtiment dont la consommation est quasi nulle ou bâtiment Quasi Zéro Energie). Ces exigences ont naturellement eu un impact sur les détails techniques de construction. On doit isoler de plus en plus. On doit étanchéifier à l'air pour éviter les pertes de chaleur. On construit alors des maisons « thermo » sans cheminée pour éviter toute entrée d'air. Or, comme nous en avons déjà parlé, elles ont besoin d'un lot de techniques nouvelles pour fonctionner.

En outre, la question de leur durée de vie et du type de matériaux mis en œuvre ne semble pas être prise en compte. Prenons l'exemple de l'isolation : dans une grande majorité des cas, pour répondre aux normes, les nouveaux bâtiments sont isolés par des panneaux en polyuréthane. Or, si on regarde le tableau des écobilans (UBP), le polyuréthane est un des isolants avec le plus important impact environnemental et ce sur toute sa durée de vie (de la production à l'élimination). Sa production n'est possible qu'à partir d'un dérivé de pétrole et en ce qui concerne son recyclage, Bihoux précisera qu'il ne peut être refondu<sup>52</sup>. L'utilisation d'un tel matériau a donc des conséquences en amont et en aval de son placement sur les murs de nos maisons

KBOB / eco-bau / IPB 2009/1:2016												Données écobilans dans la c				
Rohdichte/ Flächen- masse Masse volumique/ surface	Bezug Référence	UBP13			Primärenergie Energie primaire						Treibhaus- gasemissionen Emissions de gaz à effet de serre			MATÉRIAUX [Bibliographie treeze, version 2.2.2016]  Remarque: Affichage des données spécifiques aux fabric régions de production en cliquant sur les '*' sur le bord c		
		UBP			erneuerbar renouvelable			nicht erneuerbar (Graue Energie) non renouvelable (énergie grise)								
		Total	Herstellung Fabrication	Entsorgung Elimination	Total	Herstellung Fabrication	Entsorgung Elimination	Total	Herstellung Fabrication	Entsorgung Elimination	Total	Herstellung Fabrication	Entsorgung Elimination			
kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
920	kg	3.600	2.240	1.360	0.909	0.907	0.002	24,8	24,7	0.133	5,33	2,76	2,58	Feuille de polyéthylène (PE)		
920	kg	3.650	2.290	1.360	0.555	0.552	0.002	25,9	25,8	0.133	5,53	2,95	2,58	Voile de polyéthylène (PE)		
<b>Produits d'isolation thermique</b>																
150	kg	45.400	45.200	181	13,7	13,7	0.002	231	231	0.127	48,7	48,4	0.303	Fibres d'aérogel		
65-140	kg	950	920	29,8	0,173	0.172	0.001	4,53	4.47	0.068	1,01	1.00	0.010	Perlite expansée		
65-140	kg	589	563	25,8	0,054	0.052	0.002	1,85	1.80	0.051	0,437	0.428	0.009	Vermiculite expansée		
30	kg	1.630	1.480	144	6,05	6.05	0.001	5,20	5.14	0.060	0,990	0.768	0.222	Isolation lin		
30	kg	2.020	1.870	144	5,55	5.55	0.001	7,38	7.32	0.060	1,42	1.20	0.222	Isolation lin, résistant au feu		
20-100	kg	1.690	1.660	29,8	2,19	2.19	0.001	7,75	7.68	0.068	1,13	1.12	0.010	Laine de verre		
120	kg	1.690	1.530	159	7,68	7.68	0.002	6,65	6.54	0.106	1,34	1.12	0.221	Panneau en liège		
40	kg	6.490	5.310	1.180	0,707	0.620	0.086	34,6	33.6	1.03	6,23	4.19	2.04	Résine phénolique (PF)		
15-40	kg	5.180	3.610	1.570	0,360	0.358	0.002	29,8	29.7	0.133	7,64	4.46	3.19	Polystyrène expansé (EPS)		
30-35	kg	10.800	9.240	1.570	0,507	0.505	0.002	29,1	28.9	0.133	14,5	11.3	3.19	Polystyrène extrudé (XPS)		
30	kg	6.630	5.110	1.510	0,806	0.796	0.010	30,2	29.6	0.642	7,52	4.80	2.72	Polyuréthane (PUR/PIR)		
100-165	kg	1.040	1.020	18,6	1,89	1.89	0.001	5,32	5.26	0.068	1,17	1.16	0.010	Verre cellulaire		
125-150	kg	323	309	14,2	0,261	0.260	0.000	1,74	1.69	0.054	0,155	0.148	0.007	Gravier de verre cellulaire		
32-160	kg	1.140	1.110	29,8	0,339	0.338	0.001	4,33	4.27	0.068	1,13	1.12	0.010	Laine de roche		
215	kg	562	562	0	4,79	4.79	0	0,228	0.228	0	0,090	0.090	0	Mur en brique de paille		
148	kg	860	816	43,6	7,04	7.03	0.001	3,53	3.49	0.041	0,665	0.624	0,041	Panneau de fibres mou		
35-60	kg	418	332	86,2	0,242	0.240	0.002	1,03	0.931	0.102	0,257	0.216	0,041	Fibres de cellulose (soufflées)		

Figure 10

Ces maisons produisent ensuite souvent plus d'énergie qu'elles n'en consomment. Leurs propriétaires n'ont plus vraiment de dépenses liées au chauffage ou à la production d'eau chaude. Ils font donc, des économies d'argent. Remarquons qu'ici, nous ne tenons pas compte du prix d'achat de ce genre de maison, ni des

<sup>51</sup> Exigences PEB à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2021, Wallonie énergie SPW, <https://energie.wallonie.be/fr/exigences-peb-a-partir-du-1er-janvier-2021.html?IDD=114100&IDC=7224>, consulté le 10 février 2019.

<sup>52</sup> Bihoux, Philippe. *L'âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable*. Paris : Editions du Seuil, 2014, p.68.

remplacements des technologies comme l'onduleur des panneaux photovoltaïques (tous les dix ans en moyenne). Comme le rappelle Welzer, ces économies passent dans la plupart des cas dans d'autres choses. « Le gain en efficacité d'un côté engendre le gaspillage de l'autre ».<sup>53</sup>

#### **IV. Analyse d'un cas: Le pavillon belge à l'Expo universelle de Dubaï 2020**

Nous venons de faire un résumé rapide sur la manière de construire nos habitations actuelles. Nous avons aussi perçu quelques-unes de leurs incohérences. Nous allons voir maintenant, si le futur pavillon belge à l'expo Dubaï 2020 « montre une Belgique résolument tournée vers le futur »<sup>54</sup> comme le veulent ses commanditaires en analysant s'il entre dans les principes de résilience, de transition et de low tech qui, comme nous l'avons vu, semblent être la bonne voie à suivre pour le monde de demain.

##### **Le marché d'attribution**

Afin d'obtenir le pavillon désiré, le commissariat général belge pour les Expositions internationales a rédigé un guide d'attribution dans lequel il définit les exigences. Nous allons nous intéresser principalement aux annexes concernant la durabilité et les systèmes HVAC. Nous nous poserons aussi des questions sur les ambitions d'un tel projet et sur la raison d'être de l'exposition. Vous trouverez ces différents documents à la fin de ce travail. Nous n'approfondirons donc pas des thèmes comme la scénographie, les installations électriques ou encore les normes incendie. Ces différents points sont, en effet, bien plus ciblés et n'entrent pas vraiment dans la réflexion de ce travail.

Débutons par analyser globalement l'appel à projets. D'après ce dernier, le futur pavillon doit être une « vitrine » de la Belgique. La volonté principale est « de montrer au monde entier ce que la Belgique est capable de réaliser aux niveaux technologique et écologique »<sup>55</sup> et ce dans des perspectives d'avenir. Les

---

<sup>53</sup> Welzer, Harald. *Penser par soi-même. Guide de résistance*. Paris : Charles Léopold Mayer, 2016, p.95.

<sup>54</sup> Marché public Expo Dubaï, Guide d'attribution pour procédure concurrentielle avec négociation, p.5.

<sup>55</sup> Marché public Expo Dubaï, Guide d'attribution pour procédure concurrentielle avec négociation, Annexe 7 : Programme des besoins p.5.

commanditaires veulent, en outre, attirer le plus grand nombre de visiteurs possible en créant un pavillon unique et attirant.

Par le sous-thème choisi, la mobilité, ils veulent montrer que notre pays (et ses innovations) « est pionnier en matière de mobilité intelligente et qu'il propose des réponses au grands défis sociaux, économiques et écologiques de notre époque. »<sup>56</sup> A ce sujet, nous avons déjà analysé le cas de la voiture électrique qui, comme on l'a vu, ne paraît pas si verte que ça.

Au vu de ces ambitions, nous pouvons souligner, en premier lieu, que les logiques du monde globalisé persistent aux dépens du monde relocalisé prôné par le mouvement de transition. L'image que la Belgique a dans le monde semble être une priorité tout comme la question des retombées économiques. Ces différents principes supposent donc un monde de demain dans la continuité de celui d'aujourd'hui. Il n'y a pas de remise en cause de notre système actuel malgré les ambitions sociales et écologiques vantées. Ensuite, nous reviendrons sur la question de la technique par après mais nous voyons ici que l'idée d'un meilleur futur se base sur des innovations technologiques. Or, c'est précisément l'inverse que prône Bihouix en parlant de low tech et ce n'est pas Arald Welzer qui dira le contraire. Ce dernier affirme même au sujet de nos technologies que « à force de laisser penser des programmes pour nous, nous renonçons à la liberté de penser »<sup>57</sup>

Pour continuer, analysons l'énumération des critères d'attribution. Nous nous apercevons que les points attribués à la valeur économique du pavillon (25 points sur 100) et ceux concernant l'esthétique architecturale (25 points également) sont bien plus importants que ceux octroyés pour la question de durabilité (15 points). Cette observation ne fait que confirmer une chose : l'économie prime sur les questions environnementales.

Une réflexion similaire peut être faite sur la raison d'être de l'exposition. Son thème concerne le futur de notre société et inclut les problématiques de durabilité. A en croire le site de Dubaï 2020, ils veulent montrer comment vivre en équilibre avec le monde qui nous entoure. Avec de telles préoccupations environnementales, réunir « le monde » dans un même pays semble-t-il logique ? Il faudra une grande quantité d'énergie pour construire, pour acheminer les

---

<sup>56</sup> Marché public Expo Dubaï, Guide d'attribution pour procédure concurrentielle avec négociation, p.6.

<sup>57</sup> Welzer, Harald. *Penser par soi-même. Guide de résistance*. Paris : Charles Léopold Mayer, 2016, p.74.

matériaux, les aliments propres à chaque pays et ce n'est ici qu'une petite part des nombreuses dépenses qui seront réalisées. L'aéroport tournera à plein régime pour accueillir les nombreux voyageurs attendus et les grandes chaînes hôtelières seront ravies. Tout cela ne profitera de nouveau qu'à l'économie. Croissance « verte », progrès, compétitivité, restent donc des maîtres mots.

Nous pouvons également nous interroger sur le lieu d'une telle exposition. Les Emirats arabes unis sont l'un des plus importants pays producteurs de pétrole. Dubaï est en outre la ville de toutes les exagérations. C'est là qu'on trouve, par exemple, la plus haute tour du monde, la Burj Khalifa et qu'on crée les îles artificielles qui font sa réputation. « Tout y est permis à condition que ce soit unique et pharaonique »<sup>58</sup> entend-on dans une émission d'Arte sur les réserves de sable. C'est une ville en plein développement où les riches trouvent leur bonheur, et où les innovations dernier cri ont la cote. Quant à la question de l'eau, elle n'a visiblement que peu d'intérêts au vu de la présence de golfs arrosés abondamment et de parcs aquatiques en plein désert.<sup>59</sup> Nous sommes donc là dans une ville en totale opposition avec les problématiques de protection de la planète. Les questions de low tech, de faire plus petit ou d'économie de moyens n'ont pas vraiment leur place dans un tel pays.

### **La question de la durabilité**

Après ces réflexions globales sur l'exposition ainsi que sur les motivations de la Belgique d'y participer, poursuivons cette analyse de l'appel à projets en nous attardant sur les questions liées à la durabilité du futur pavillon belge. Nous pouvons lire dans les annexes que : « Compte tenu du rôle exemplaire à jouer par les instances publiques, le pavillon devra être conçu de manière à limiter au maximum son impact environnemental dans sa conception, sa réalisation et son utilisation ». Pour y arriver, il doit pouvoir obtenir une certification BREEAM « excellent ». Ce certificat évalue en fait la durabilité d'un bâtiment. Il rend compte d'une analyse poussée allant de la conception à faible

---

<sup>58</sup> Delestrac, Denis. *Le sable, Enquête sur une disparition*, Arte France, <https://www.youtube.com/watch?v=MFEM8PznN7s>, consulté le 25 avril 2019.

<sup>59</sup> *Dubaï, la démesure*, Échappées belles, France Télévisions, <https://www.youtube.com/watch?v=vEciFOHum6M>, consulté le 20 avril 2019.

impact à la réduction des émissions de carbone en passant par les questions écologiques et de biodiversité.<sup>60</sup>

De plus, au niveau des matériaux utilisés, ceux-ci devront provenir de Belgique et ce, dans le but de montrer ce que notre pays peut faire. Ils devront aussi répondre à la classification NIBE (Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie)<sup>61</sup>. Cet outil classe les différents matériaux en fonction de leurs impacts respectifs. Nous pouvons donc choisir les matériaux qui semblent les plus respectueux pour la planète. Le recours à des matériaux recyclés et ou recyclables est également souhaité.

Enfin, précisons que l'exposition est prévue pour une durée de six mois. Le Pavillon devra donc, en principe, être démonté totalement et évacué des Emirats arabes unis. Quant au terrain, il devra retrouver son état initial.

On le voit, les préoccupations pour la planète sont bel et bien prises en compte dans les « dire ». La certification BREEAM comme l'outil de choix de matériaux NIBE ont le mérite d'exister. Le souci c'est que ce qui est prôné n'est pas en accord avec la réalité. En effet, on ne voit tout d'abord pas en quoi une architecture prévue pour six mois est « durable ». Penser durabilité, environnement, résilience, c'est, comme on l'a vu, penser économie de moyens, c'est tenir compte de l'aspect fini de notre planète et c'est penser à réduire notre consommation d'énergie. Or, le pavillon belge demandera pas mal d'énergie et engendrera de la pollution uniquement pour importer et réexporter les matériaux. Il « consommera » également un grand nombre de matériaux et même si il est censé être reconstruit ailleurs après l'exposition, on peut s'interroger sur les économies de ressources.

L'idée d'utiliser des matériaux à faible impact est, elle aussi, controversée. Pour diminuer les incidences sur l'environnement, une des solutions est d'utiliser des matériaux et des savoir-faire locaux. Les questions de réparation en seront alors facilitées et ne dépendront plus du monde globalisé. Importer des matériaux « belges » pour mettre en valeur des matériaux « locaux » n'a tout simplement pas de sens.

---

<sup>60</sup> *How BREEAM Certification Works ?*, BREEAM, <https://www.breeam.com/discover/how-breeam-certification-works/>, consulté le 20 avril 2019.

<sup>61</sup> NIBE, Experts in sustainability, <https://www.nibe.org/nl>, consulté le 20 avril 2019.

Nous sommes ici face aux aberrations d'un système qui ne prend toujours pas en compte une réflexion globale. On est plongé dans le mythe de la croissance verte où il y a de nouveau plus d'économie que de vert.

A ce stade de notre raisonnement, nous pouvons déjà affirmer que le pavillon le plus « durable » sera en fait celui qui ne sera pas construit. Nous pouvons aussi nous interroger sur le rôle exemplaire que désirent jouer les autorités. N'aurait-il pas été plus judicieux, quitte à construire un pavillon « belge » dans un autre pays, d'utiliser nos connaissances actuelles en créant, par exemple, un pavillon au moyen de matériaux *vraiment* locaux, en valorisant un savoir-faire *vraiment* local pour ainsi montrer qu'on est réellement dans un souci environnemental et de transition ? Alors certes, le pavillon aurait peut-être été moins « tape à l'œil » mais ne correspondrait-il pas plus au thème de l'exposition ?

Remarquons ici que, en lisant Hopkins, nous avons vu que le changement devait bien commencer quelque part. Le fait de construire un pavillon complètement différent des autres dans un tel pays, en osant véritablement le changement, en étant plus proche des habitants, n'aurait-il pas suscité plus d'interrogations ?

Continuons maintenant notre analyse en nous attachant à la consommation énergétique du bâtiment. Ce dernier devra respecter le principe « trias energetica ». Il devra donc réduire au maximum ses besoins énergétiques, privilégier les énergies renouvelables et si cela n'est pas possible, il devra utiliser le plus efficacement possible les énergies non renouvelables. Pour y arriver, le pavillon doit non seulement respecter les exigences de la réglementation PEB belge mais il doit aussi, au vu de son statut de bâtiment public, approcher une consommation quasi neutre.<sup>62</sup>

Concernant, sa consommation d'eau, le pavillon doit la limiter au maximum. Pour y arriver, l'appel d'offres demande de prévoir, entre autres, des systèmes de récupération d'eau de pluie, des systèmes d'épuration des eaux grises pour arroser ou pour les wc.

---

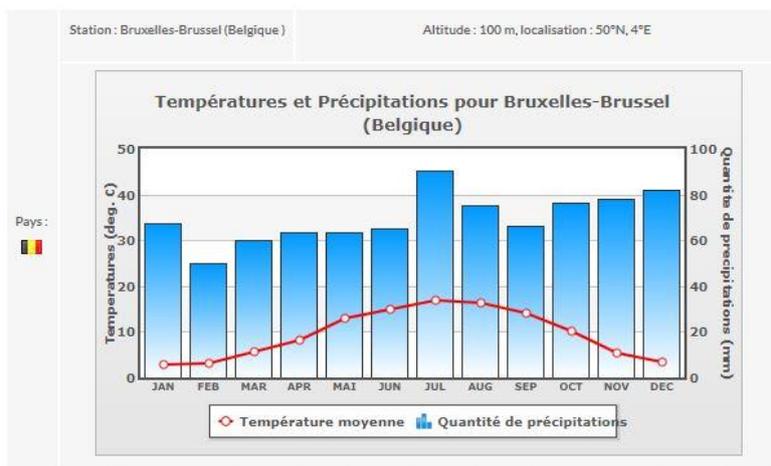
<sup>62</sup> Marché public Expo Dubaï, Guide d'attribution pour procédure concurrentielle avec négociation, Annexe 1 : Durabilité, p.2.

Pour comprendre les enjeux des différentes consommations, rappelons que Dubaï possède un climat désertique. Il y fait chaud. La température moyenne s'élève à 26.7°C<sup>63</sup> et il ne pleut presque jamais. Les deux graphiques suivants témoignent bien de la différence de climat par rapport à la Belgique.

Dans de telles conditions, le chauffage est superflu. Les dépenses énergétiques sont majoritairement causées par les systèmes de refroidissement. Nous pouvons donc nous demander l'intérêt d'y appliquer le PEB. En effet, le calcul n'est d'actualité que chez nous et tient compte de conditions d'utilisation et de climat standardisées<sup>64</sup>. Ses deux buts principaux sont de connaître « la performance de l'enveloppe du bâtiment (isolation thermique) et des systèmes (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation...) ».<sup>65</sup>

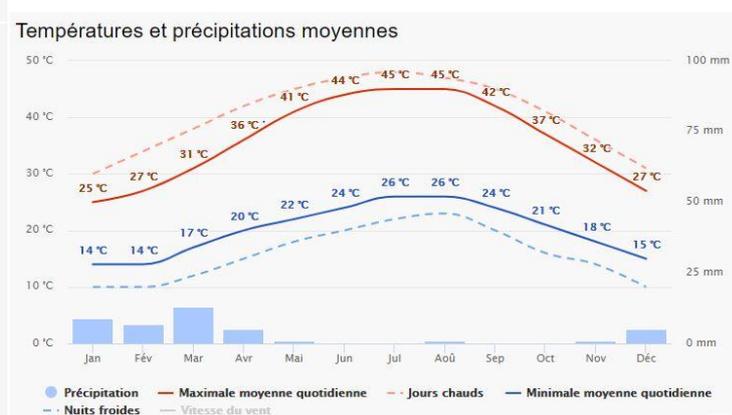
En bref, en Belgique, on nous demande de toujours isoler plus pour conserver un maximum de chaleur à l'intérieur de nos maisons tandis qu'à Dubaï, on cherche à baisser les températures intérieures. Les hypothèses sur la température de confort, sur les questions de chauffage ou encore sur les questions de surchauffe ne peuvent dès lors qu'être différentes. Pour le dire autrement, si nous avons, en Belgique, 25 degrés Celsius en moyenne durant l'année, nous ne nous poserions pas la question de l'isolation de nos maisons et encore moins celle de nos systèmes HVAC à récupération de chaleur.

Au niveau des énergies renouvelables censées compenser l'ensemble de la demande en énergie du pavillon, il faut se rendre compte, par exemple, qu'un



Météo Belgique

Figure 11



Météo Dubaï

Figure 12

<sup>63</sup> Climat Dubaï, Climate-Data.org, <https://fr.climate-data.org/asia/emirats-arabes-unis/dubai/dubai-705/>, consulté le 16 avril 2019.

<sup>64</sup> Vente, location, publicité : les bâtiments affichent leur performance énergétique, Wallonie énergie SPW, <https://energie.wallonie.be/fr/certificat-peb-quoi-quand-comment.html?IDC=8787>, consulté le 20 avril.

<sup>65</sup> Ibid.

panneau solaire n'aura pas le même rendement en plein désert que par chez nous. Il faudra moins de panneaux pour arriver à la même production. Malgré ce nombre réduit, on peut de nouveau s'interroger sur l'ensemble des moyens mis en œuvre. Cela en vaut-il vraiment la peine pour une durée de 6 mois ? Si on déplace ultérieurement le pavillon, permettra-t-il toujours d'avoir un bilan énergétique neutre alors que les conditions d'ensoleillement seront différentes ? Cette question met l'accent sur les problématiques de déplacement d'un bâtiment. Construire dans le désert est bien différent que de construire en Belgique. Les calculs ne pourront dans aucun cas être identiques.

La problématique de l'économie de l'eau est, quant à elle, naturellement intéressante à prendre en compte. Remarquons qu'en ce qui concerne l'eau de pluie, il tombera, d'après le graphique, moins de cent litres par mètre carré pendant la durée de l'expo. Si on multiplie ce nombre par le nombre maximum de m<sup>2</sup> bâtissable (1456.98), on pourrait récupérer un maximum de 145 698 litres d'eau ce qui correspond par exemple à tirer la chasse 16 188 fois (89 fois par jour). Nous voyons par ce simple calcul que l'eau de pluie ne sera pas suffisante. Il faudra chaque jour utiliser de l'eau « potable » pour satisfaire les besoins. Or Dubaï est obligée de dessaler l'eau de mer et cela n'est possible que grâce aux énergies pétrolières. Consommer de l'eau signifie donc rejeter du CO<sup>2</sup> et on ne parle pas ici des conséquences de la désalinisation sur le monde marin<sup>66</sup>. Prévoir un système d'épuration pour traiter les eaux grises semble donc avoir du sens.

### **Et la question des techniques dans tout ça ?**

D'après l'appel à projets, le pavillon doit être ventilé et climatisé afin d'atteindre un confort acceptable. Pour une température extérieure de 32°C, la température maximale intérieure sera de 26°C. Cette température intérieure pourra monter jusqu'à 29°C s'il fait 38°C dehors. Différents espaces comme celui réservé à la vente de chocolat ne pourront, par contre, jamais dépasser les 20°C. Pour y parvenir et compte tenu des problématiques de l'eau, le but est de limiter au maximum l'utilisation de système de refroidissement par eau glacée. En période chaude, le pavillon devra, en plus, être maintenu en surpression d'air par rapport

---

<sup>66</sup> *La mer à boire*, dossier médiathèque archi'média, La cité de la mer Cherbourg, 2012, <https://mediathequedelamer.com/wp-content/uploads/dossier-la-mer-a-boire.pdf>, consulté le 18 avril 2019.

à l'extérieur pour limiter l'influence du climat extérieur quand on ouvre les portes<sup>67</sup>. Pour la question de l'eau chaude, des panneaux solaires sont à prévoir.

Remarquons que les commanditaires du projet stipulent également qu'il serait intéressant de placer certains locaux comme les chambres froides en sous-sol pour profiter d'un refroidissement naturel.

Pour obtenir le confort demandé ainsi que pour limiter au maximum la consommation d'énergie en vue d'avoir un impact environnemental le plus neutre possible, le pavillon devra se doter d'un lot de techniques non négligeable : systèmes de ventilation, sondes, panneaux solaires n'en sont que quelques exemples. Le bâtiment sera donc de type high tech et ce même si on utilise des techniques dites renouvelables. Il sera donc dépendant de tous ces programmes et demandera de l'électricité continuellement.

Concernant l'idée d'enterrer une partie du bâtiment, celle-ci paraît judicieuse. Le pavillon tiendrait alors nettement plus compte de son environnement. On peut cependant s'interroger sur la question de démontabilité d'une architecture de la sorte.

On le voit, construire à Dubaï n'est pas simple. On ne peut aborder les choses de la même façon dans chaque endroit. C'est pourtant ce qu'on semble vouloir faire en y appliquant le PEB alors que ça n'a pas de sens. Nous sommes donc toujours bien dans une logique de monde globalisé où les énergies pétrolières sont indispensables. Les théories expliquées dans la première partie de ce travail ne sont en fait que très peu prises en compte. Les nombreuses prescriptions pour un pavillon « durable » sont, en effet, souvent truffées d'incohérences.

Au niveau des techniques, nous pouvons nous demander si nous avons vraiment le choix d'en utiliser dans une ville aux portes du désert. Si la réponse est affirmative, le type d'architecture devra être revu. Il faudra qu'il fasse bien plus corps avec son territoire que pour l'instant. Notre définition du confort devra, elle aussi, être remise en question pour approcher une architecture ancrée dans son pays et tenant compte de la finitude de notre planète.

---

<sup>67</sup> Marché public Expo Dubaï, Guide d'attribution pour procédure concurrentielle avec négociation, Annexe 5 : HVAC, p.5.

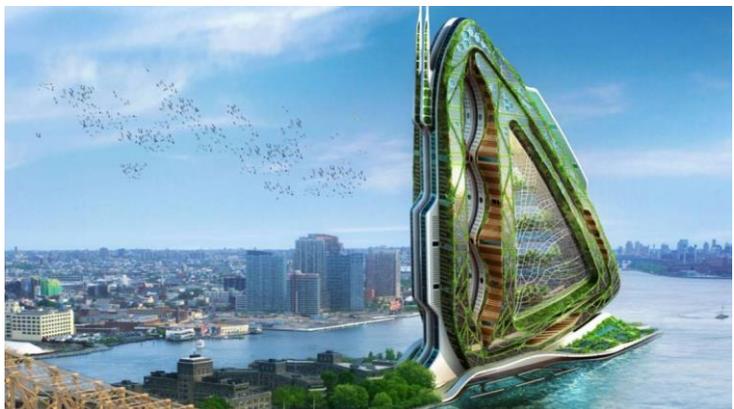
## Comment traduire de telles prescriptions en un pavillon ?

Intéressons-nous maintenant au projet Lauréat. Celui-ci a été nommé « THE GREEN ARK ». Il a été dessiné par Vincent Callebaut en association avec le bureau Assar architects et il sera construit par l'entreprise BESIX.

Callebaut est un architecte belge basé à Paris. D'après son site internet, son bureau, Vincent Callebaut Architectures s'intéresse particulièrement aux problèmes environnementaux et sociaux du monde. Il se pose des questions sur l'habitat de demain et imagine des projets à allures futuristes censés répondre aux défis du 21<sup>e</sup> siècle.<sup>68</sup> Dans un entretien dans l'émission *Les sentinelles* sur la RTBF, il fait part de sa volonté de recréer un monde où l'homme est en totale symbiose avec les écosystèmes qui l'entourent. Pour y arriver, il imagine une architecture qui ne génère pas de déchets et qui tient compte des ressources de la planète.

Il appelle ça l'« archibiotic ». Ce mot est en fait la contraction des termes « architecture », « biotechnologie » et de « technologie de l'information et de la communication ». Pour lui, c'est un juste milieu entre un monde où l'on ne sait plus se passer de son smartphone et un retour à des écosystèmes équilibrés. Les bâtiments qu'il crée s'inspirent de la nature. Il s'intéresse aux formes du vivant (biomorphisme), à sa structure (bionique) et à son écosystème (biomimétisme). Pour illustrer son propos, Callebaut se demande pourquoi nous ne pourrions pas construire une architecture fonctionnant comme la forêt amazonienne c'est-à-dire sans produire de déchets, en créant notre propre énergie et en ayant une coopération entre les individus.

Son projet « Dragonfly » (non réalisé) situé à New York fait la synthèse entre ces différentes préoccupations. Le bâtiment est végétalisé pour qu'il puisse absorber du CO<sub>2</sub>, recycle les déchets



Callebaut, *Dragonfly*, New-york Figure 13

<sup>68</sup> Pour approfondir le sujet : Callebaut, Vincent. *Fertile Cities*. Paris : Design Media Publishing, 2014.

organiques (biomasse), produit cent pourcent de son énergie (énergie renouvelable) et permet une agriculture en ville puisqu'il comporte des « fermes verticales ».

En ce qui concerne le bureau Assar Architects, d'après leur site, celui-ci fait partie des plus grands cabinets belges. Ils sont aptes à l'élaboration de projets de grande ampleur et intègrent la dimension écologique et environnementale dans leurs réflexions.

L'entreprise Besix est, elle, « un acteur mondial et le premier groupe en Belgique dans le secteur de la construction »<sup>69</sup>. Besix fait également ce qu'il y a de mieux en matière d'innovations environnementales et a déjà travaillé à Dubaï puisque l'équipe a contribué à la construction de la plus haute tour du monde.

Au vu des différents intervenants et de leurs intérêts pour la question écologique, nous pouvons comprendre le pourquoi de leur « victoire ». Il faut dire que sur papier, la démarche de Callebaut paraît alléchante et en accord avec les volontés du commissariat général belge pour les expositions internationales.

Nous allons maintenant voir si le pavillon lauréat fait mieux que ce qui était demandé dans l'appel d'offres en sachant que, dans tous les cas, l'approche « durable » d'un tel « objet » pose question.

Pour y répondre, je me baserai sur les articles de presse concernant le futur pavillon ainsi que sur les dires des différents intervenants sur leur site internet respectif. J'ai bien essayé de contacter Monsieur Callebaut pour savoir ce qu'il pensait d'une telle exposition ainsi que pour avoir de plus amples informations sur ce pavillon mais je n'ai malheureusement jamais reçu de réponses. J'ai également tenté de contacter Patrick Vercauteren Drubbel, le Commissaire Général au Commissariat général belge pour les expositions internationales mais cette demande n'a pas non plus reçu l'intérêt souhaité.

D'après les sources consultées, le projet prend la forme d'une arche végétale sur cinq niveaux. C'est un bâtiment-jardin conçu à partir des technologies les plus récentes. Sa géométrie a été pensée pour avoir un espace extérieur ombragé et

---

<sup>69</sup> *BESIX: Pavillon belge de l'EXPO 2020 Dubaï*, BESIX, <https://press.besix.com/besix-pavillon-belge-de-lexpo-2020-dubai>, consulté le 25 avril 2019.

ventilé le plus grand possible. L'arche repose également sur deux piliers afin de limiter son emprise au sol.

Son concept est intitulé « Smart et Green Belgium 2050 ». Les questions de préservation de l'environnement, de « durabilité » tout comme celles concernant l'habitat de demain sont au cœur de la pensée des architectes. Par ce projet et grâce à des technologies nouvelles, ils veulent montrer qu'il est possible de penser la ville autrement. Ils ont aussi l'ambition d'informer les visiteurs sur les solutions d'optimisation de leur consommation énergétique comme sur leur production de déchets.



Figure 14

Au niveau des matériaux utilisés, le projet sera construit avec des matériaux 100 pourcents belges et intégrera un maximum de matériaux bio-sourcés (matériaux provenant du vivant ou d'origine animale<sup>70</sup>) ou issus de produits recyclés. Il est, en outre, prévu pour être entièrement démontable afin d'atteindre le « zéro-déchet ».

En ce qui concerne les consommations énergétiques, le pavillon produira plus d'énergie que ce qu'il n'en consomme. Les 10.000 plantes qu'il contiendra auront pour rôle de capter le CO<sub>2</sub> par le procédé naturel de photosynthèse. D'après les calculs effectués, il pourra stocker 35 tonnes de CO<sub>2</sub> durant les 6 mois de l'expo. Les plantes auront aussi pour avantage de réduire la température ressentie de 3 à 5°C. La lumière naturelle est privilégiée. Des claustras végétaux protégeront le bâtiment contre la surchauffe tout comme l'arche tournoyante. Les énergies renouvelables seront utilisées et une utilisation intelligente de l'eau est prévue.

Pour sa ventilation, le but étant de réduire au maximum la consommation énergétique, il sera équipé de malqafs (technique ancienne et locale de

---

<sup>70</sup> *Les matériaux biosourcés dans le bâtiment*, Bâtir pour la planète, Fédération française du bâtiment, <http://www.batirpourlaplanete.fr/wp-content/uploads/2015/08/Guide-materiaux-biosources.pdf>, consulté le 21 avril 2019.

refroidissement qui capte les vents par des « cheminées » et les amènent à l'intérieur des espaces de vie<sup>71</sup>).

Par rapport à l'idée des architectes de penser l'habitat de 2050, la réflexion sur un autre mode de vie, une autre manière de construire semble intéressante et se rapproche du concept de transition de Hopkins. Cette réflexion est d'ailleurs au cœur du travail de Callebaut. Un des buts prioritaires est de baisser au maximum les émissions de CO<sub>2</sub> pour tenter de limiter au maximum le réchauffement de la planète. C'est la manière d'accomplir ces tâches qui peut nous surprendre. Le pavillon belge est pensé, certes à une échelle différente, avec la même logique que le projet pour Paris 2050. A ce sujet, Bihoux dira, lors d'un débat télévisé sur la question de l'énergie de demain, que penser ce genre de projet est effrayant. Il se pose la question de la quantité de matériaux nécessaire pour la construction de tels projets. Pour lui, ils ne peuvent tout simplement pas se généraliser. Les techniques imaginées comme des dalles de sols qui, lorsque l'on marche dessus, produisent de l'électricité demandent bien trop de ressources. Dans le même débat télévisé, Jancovici s'interroge, lui, sur la question de l'énergie utilisée pour fabriquer les différents constituants ainsi que sur leur disponibilité à proximité de Paris. Il met aussi le doigt sur la question de la technique qui ne suffit pas pour penser la transition. Pour lui, les questions culturelles et économiques méritent une attention particulière. Il faudra s'imposer des limites.

La réflexion faite ici est applicable pour le pavillon. Dans les deux cas et d'après les auteurs étudiés, la technique ne suffira pas. Le high tech ne résoudra pas tout. L'avenir de notre planète mais surtout de l'être humain passera d'abord par un changement de mentalité.



Figure 15



Figure 16

<sup>71</sup> Kohlstedt, Kurt. *Windcatchers of Dubai: Traditional Cooling Towers Shape Desert Vernacular*, 99% Invisible, <https://99percentinvisible.org/article/windcatchers/>, consulté le 24 avril 2019.

Ensuite, au niveau de la géométrie et de l'aspect du bâtiment, avoir prévu une arche pour maximiser les endroits d'ombre et la ventilation paraît intelligent compte tenu du climat local. Les lattes en bois comme le végétal protégeront le bâtiment de la surchauffe tout en y apportant de la lumière naturelle. En outre, le fait que le pavillon repose sur deux piliers limite la présence de fondations. Il sera donc plus facile à démonter.

Après, au niveau des matériaux utilisés, penser économie circulaire, zéro-déchet et recyclage semble adéquat dans les problématiques étudiées. Au vu de l'apparence du bâtiment ainsi que des charges qu'il reprendra avec le végétal présent en toiture, on peut néanmoins s'interroger sur l'applicabilité de ces préoccupations. Quels matériaux seront vraiment utilisés et pourquoi ? Nous pouvons aussi nous interroger sur les matériaux bio-sourcés. Est-ce que le simple fait d'être d'origine végétale ou animale le rend-il plus « écologique » ? Nous ne reviendrons pas ici sur le non-sens d'appliquer des produits *locaux* de Belgique à Dubaï tout en vantant l'utilisation de produits *vraiment locaux*.

Au niveau des 10 000 plantes qui recouvriront le pavillon, commençons par saluer le fait d'utiliser le végétal pour stocker le CO<sub>2</sub>. Ce principe fondamental ne demande aucun raccord à l'électricité ni au pétrole. Il permet en plus de créer de l'ombre et de baisser la température ressentie de manière totalement naturelle. La végétalisation du pavillon pose cependant plusieurs questions. La première fait appel à du bon sens. D'après les vues projetées, nous sommes en présence de plantes d'une hauteur supérieure à deux mètres. Or, le pavillon sera construit pour 6 mois. Les plantes ne pourront donc être plantées sur place et devront être importées comme tous les matériaux nécessaires ce qui consommera de l'énergie.

La deuxième réflexion touche à la question de l'eau. Pour arroser 10 000 plantes et au vu du climat local, il faudra certainement un nombre de litres d'eau important. Or, comme on l'a vu, la production d'eau à Dubaï demande du pétrole pour sa désalinisation. Il faudra également doter le pavillon de techniques supplémentaires pour arroser en continu ou à rythme régulier. Dans de telles conditions, traiter les eaux grises semble judicieux si on veut faire un minimum d'économie d'eau.

La troisième réflexion touche aux essences des arbres. On l'a vu avec Hopkins, cette question est fort importante. Le choix de végétaux nourriciers est à privilégier. Ainsi une plante n'aura pas seulement comme fonction de capter le CO<sub>2</sub> ou de faire de l'ombre, elle participera à la survie de l'être humain.

La quatrième remarque concernant les végétaux se focalise sur leur captation de CO<sub>2</sub>. D'après les architectes, ce sont 35 tonnes de CO<sub>2</sub> qui seront « absorbées » pendant la durée de l'exposition. Mais à quoi cela correspond-t-il vraiment ? Un petit calcul s'impose.

D'après Ernst, la combustion d'un litre d'essence produit 2.28kg de CO<sub>2</sub>. Si on divise les 35 tonnes par 2.28, on aura une idée du nombre de litres d'essence qui seront « absorbés » par la végétation du Pavillon.  $35000/2.28 = 15\ 351$  litres d'essence.

Si on considère qu'une voiture consomme 6 litres/100km, le bâtiment absorbe l'équivalent de la quantité de CO<sub>2</sub> émise par une voiture qui parcourt 255 850 km. Si on étend le raisonnement, un avion consomme rarement moins que 3 litres/100km et par passager. Si on prend un avion de 150 personnes qui effectue le trajet Bruxelles-Dubaï (prenons 6000 km pour arrondir), on obtient alors 27 000 litres de pétrole, ce qui donne 61 560 kilogrammes de CO<sub>2</sub>.

La végétation mise en place sur le bâtiment ne permet donc même pas de capter la quantité de CO<sub>2</sub> d'un vol aller entre notre pays et Dubaï. Or, comme on l'a dit, tous les matériaux seront importés et il est fort probable que pour les amener sur place, il faudra plus qu'un vol.

Ce calcul met de nouveau en évidence les incohérences du système. En effet, les bâtiments se veulent les plus écologiques possible. Ils ne peuvent presque pas consommer d'énergie et encore moins rejeter du CO<sub>2</sub> alors que, rien que pour amener leurs matériaux sur place, de nombreuses tonnes de carburant seront nécessaires. On est ici face aux mêmes aberrations que celles causées par certains propriétaires de maisons passives qui, grâce à leurs économies, voyagent deux fois plus. La conscience environnementale intéressante d'un côté se perd donc de l'autre.

La question écologique n'est donc toujours pas prise dans sa globalité. Les réflexions dépendent toujours d'un monde où l'économie prime et où le pétrole

coule à flot. Sans pétrole, on ne saurait tout simplement pas concevoir une telle exposition. Or, plus on consomme aujourd'hui, moins il en restera demain.

Achevons ici l'analyse du futur pavillon belge en analysant l'ambition d'informer les visiteurs sur des logiques d'optimisation de leur consommation et de leurs déchets. Rien que le mot « optimisation » renvoie à des logiques de « rendre meilleur » ou encore de rendement. On est donc toujours bien dans un monde où l'économie prime. Changer d'ampoules, de voitures, de systèmes de production d'électricité ne fait que déplacer le souci. Ces réflexions sous-tendent une vie comme aujourd'hui en plus vert. On ne change pas sa consommation, sa façon de faire, on change d'objets.

## **V. Comment construire demain alors ?**

Nous l'avons vu, l'écart entre nos volontés et nos actions est grand. Nous sommes pris dans les filets du monde capitaliste où consommer est le leitmotiv et il n'est pas évident de s'en éloigner pour pouvoir, in fine, en sortir. Welzer parle de résister et nous encourage à penser par nous-mêmes. L'architecture de demain ne peut se réduire à des questions techniques et au placement de technologies plus « vertes » les unes que les autres.

La réflexion sur un retour au local et sur des bâtiments vraiment résilients intéresse de nombreux architectes. Nous allons voir par la suite différentes possibilités qui entrent en accord avec les concepts développés dans ce travail. Il y en a certainement bien plus mais celles-ci me semblaient particulièrement intéressantes lors de mes recherches. Le but n'est pas ici d'approfondir en détail chaque projet mais d'en comprendre leur réflexion. Nous les expliquerons brièvement en voyant en quoi ils sont plus proches des notions développées que le pavillon belge de Dubaï censé représenter l'habitat de demain.

Commençons par les travaux de Martin Rauch. Sa maison personnelle située dans le Vorarlberg en Autriche est construite en pisé et est intégrée dans son terrain. L'ensemble des matériaux utilisés sont naturels et locaux. Les murs monolithiques de la maison sont réalisés avec la terre de son terrain. Les étanchéités sont réalisées en fibre de lin et des roseaux sont utilisés pour l'isolation thermique si l'épaisseur des murs ne

suffit pas (épaisseur allant jusqu'à 45 cm). L'ensemble des matériaux peut donc retourner à la terre en fin de vie.

La construction ne demande ni usine de production ni transport de matériaux et est possible en autoconstruction. Cela nécessite naturellement un savoir-faire et un peu d'huile de bras.



Figure 17

De plus, la terre régule naturellement

l'humidité. Il ne faut donc pas de systèmes de ventilation complexes.

En ce qui concerne la durabilité des constructions en terre, celle-ci n'est pas à remettre en cause au vu, par exemple, d'une ville comme Shibām au Yémen datant du 16<sup>e</sup> siècle et aujourd'hui classée au patrimoine mondial de l'UNESCO.

Ce premier exemple prouve qu'utiliser les matériaux présents naturellement sur site est possible. L'expression « faire corps avec son site » prend ici tout son sens. La construction ne demande presque pas d'énergie et approche le « zéro déchet », elle permet un retour au savoir-faire local, elle est facilement réparable et elle ne demande pas systématiquement la présence de pétrole ou de techniques de pointe. Elle entre donc, pour moi, dans les concepts étudiés.

Poursuivons avec le projet *BE 2226* du bureau Baumschlager Eberle<sup>72</sup> situé à Lustenau dans le Vorarlberg autrichien. Ici, pas besoin de systèmes de chauffage ou de ventilation qui, par définition, ont une courte durée de vie. Tout est pensé pour que le bâtiment dure le plus longtemps possible. La hauteur des pièces, leurs dispositions, les questions de clarté naturelle, d'inertie ou encore de quantité de CO<sub>2</sub> ont été analysées afin de maximiser le confort des usagers. Sa composition de parois en blocs de terre cuite assure une température intérieure entre 22 et 26°C durant toute l'année (d'où son nom). Pour « chauffer » le bâtiment, les apports internes (personnes, éclairage, ordinateurs) suffisent. Le seul système technique présent dans le bâtiment concerne

---

<sup>72</sup> Pour approfondir le sujet : Aicher Florian, Feireiss Kristin, Junghans Lars ET AL. *Die Temperatur der Architektur*. Berlin : Birkhäuser, 2016.

l'ouverture automatisée de deux fenêtres sur cinq en fonction de la qualité de l'air intérieur.

Ce deuxième exemple applique, lui, la question du low tech chère à P. Bihouix. Hormis un système d'éclairage, pas besoin de techniques au sein du bâtiment. Le système d'ouverture des fenêtres pourrait très bien être réalisé manuellement à condition de réfléchir à nos actes. Préférer, par exemple, une aération naturelle la nuit en été et sur le



Figure 18

temps de midi en hiver afin de conserver le confort souhaité. Les matériaux utilisés ont certes demandé de l'énergie pour leur fabrication et leur transport et ne sont pas fabriqués sur place mais ils ont été choisis pour leur longue durée de vie et leurs propriétés. La question de la modularité des espaces ayant été aussi pensée, le bâtiment est donc certainement habitable pour longtemps.

Concevoir ce genre de projet fait aussi appel aux problématiques de transition. Son étude demande du temps et un raisonnement poussé. C'est une approche multidisciplinaire. L'utilisation de nos technologies de pointe pour concevoir et calculer ce genre de bâtiment possède, pour moi, plus d'intérêts au niveau des problématiques environnementales. Elles nous aideront dans nos calculs mais ne seront pas nécessaires à le faire fonctionner. Nous ferons ainsi une économie de ressources et donc d'énergie et le bâtiment n'en sera pas dépendant. Il sera donc bien plus résilient en cas de blackout. Nous pourrions y vivre même sans pétrole et électricité.

Le dernier exemple d'architecture que j'avais envie de mettre en valeur est celui de la ferme ardennaise<sup>73</sup>. En effet, avant la révolution industrielle et la création des chemins de fer, les habitants étaient isolés de tout. Ils vivaient en autarcie. Ils ne dépendaient donc de rien. Les habitations étaient construites avec les matériaux locaux (pierres,

---

<sup>73</sup> Paragraphe réalisé à partir du cours « Architecture ancienne, traditionnelle et contemporaine en Belgique » donné par Folville Xavier, ULiège, année 2017-18.

paille, bois...) et la dénivellation du terrain était prise en compte. Au niveau des ouvertures, celles-ci se situaient principalement dans les pignons au vu des toitures en pente prévues pour l'évacuation des eaux.

En ce qui concerne l'aménagement intérieur, les espaces de vie étaient de petite taille et accolés aux étables.

Alors certes, leur idée du confort n'était pas identique à celle d'aujourd'hui et il n'y avait pas de grandes baies vitrées mais le bâtiment était bien plus résilient. Ils savaient y vivre sans grands moyens et avaient tout sous la main.



Ferme traditionnelle du 18e s. (en 1928) Figure 19

La différence par rapport à aujourd'hui est donc flagrante. La technique et les énergies ont permis une évolution mais celles-ci sont également responsables de bons nombres d'exagérations ainsi que d'une perte de savoir-faire. L'exemple de la ferme ardennaise prouve que les concepts vus ne sont pas nouveaux et surtout qu'ils étaient possibles. On ne reviendra jamais complètement en arrière mais je pense qu'il est intéressant d'apprendre de nos ancêtres. Ils ne faisaient pas les choses sans raison.

## Conclusion générale

La prise de conscience des problématiques écologiques et environnementales prend de plus en plus de place au sein de notre société matérialiste. En plus d'exister, nous avons vu leur importance incontournable pour le monde de demain. Tout le monde y est confronté même si l'on ne s'en rend pas toujours compte.

Les différents auteurs analysés ont tous montré qu'on ne pouvait plus continuer comme maintenant. Cela n'est tout simplement pas possible au vu des stocks limités des ressources et de l'augmentation de la population. L'étude sur l'effondrement a d'ailleurs encore renforcé ce propos en montrant que notre système globalisé basé sur l'argent et la consommation peut s'effondrer en un claquement de doigts.

Ils prônent tous pour un changement des mentalités et une remise en question de notre système actuel. Les technologies « vertes » ne les satisfont pas. Il ne suffit pas de remplacer une chose par une autre. C'est toute notre manière de vivre et de penser qu'il faut modifier et elle ne s'arrête pas à une question technique. L'économie, la culture, les valeurs ou encore nos modes de vie sont tous des éléments à reconsidérer.

Ainsi, le retour vers une société plus locale, plus autonome, capable de satisfaire les besoins fondamentaux dans n'importe quelles circonstances est privilégié. Consommer ne sera plus le maître mot. Les questions d'adaptabilité, de réparabilité ou encore de solidarité seront préférées aux individualités et aux technologies high tech à obsolescence programmée. Il est important de préciser ici que rien ne sera parfait. Quoi qu'on fasse, nous aurons un impact sur notre planète.

Vivre dans une situation pareille ne signifie cependant pas forcément vivre moins bien. Ce sera différent. Nous profiterons certainement davantage du moment présent par rapport à une société où tout est devenu banal. Les relations entre individus seront renforcées et le retour à un savoir-faire local ne peut qu'être valorisant pour les travailleurs.

Malgré cette conscientisation environnementale et tout le savoir que l'on possède, l'écart entre nos volontés et ce qui est réellement mis en place est grand. L'analyse de l'appel d'offres pour Dubaï 2020 a permis de le démontrer. Les volontés de durabilité comme celles d'en faire une référence pour le futur posent questions. Certes, ces volontés confirment l'intérêt des politiques pour les questions environnementales mais on n'y retrouve pas l'ambition d'une société de transition. Au contraire, le projet est

pensé pour un monde globalisé dans la continuité de celui d'aujourd'hui. Il est dans la logique d'un futur toujours meilleur dans lequel les technologies et l'énergie ont une place importante. Rien que le fait d'aller construire un pavillon « belge » à Dubaï avec des matériaux belges en sachant le nombre de trajets qu'il faudra effectuer n'a pas de sens. La question d'un pavillon durable pour une durée de six mois pose également question.

Le projet « The Green Ark » lui-même pose question. Certes, les préoccupations pour la préservation de la nature se ressentent par l'utilisation de végétation pour capter le CO<sub>2</sub> ou encore par l'utilisation de matériaux recyclés mais les nombreuses technologies nécessaires pour son fonctionnement en font un bâtiment high tech. Le pavillon n'est pas inscrit dans son territoire. C'est un objet qu'on dépose dans un endroit pour qu'on le remarque. Il ne ressemble en rien à l'architecture traditionnelle locale. Sa viabilité ne dépend que de la disponibilité en énergie même si celle-ci est produite par le bâtiment lui-même. Les questions de local et de low tech ne sont donc pas prises en compte.

On le voit, les incohérences sont multiples. Sortir du système actuel n'est pas évident. C'est pourtant dans ce contexte de transition que l'architecte de demain sera amené à travailler. Il n'y a pas de solutions miracles et un projet ne sera jamais parfait mais les concepts vus dans ce travail semblent incontournables pour le monde de demain.

## Table des illustrations

Figure 1 : Jancovici, Jean-Marc. *A quoi ressemble notre consommation énergétique actuellement ?*, *L'énergie et nous*, <https://jancovici.com/transition-energetique/l-energie-et-nous/a-quoi-ressemble-notre-consommation-energetique-actuellement>, consulté le 3 avril 2019.

Figure 2 : Worldometers, World Population, <http://www.worldometers.info/world-population/>, consulté le 4 avril 2019.

Figure 3 : Angus, Ian. *When did the Anthropocene begin, and why does it matter?*, *Climate & Capitalism*, <https://climateandcapitalism.com/2015/09/10/when-did-the-anthropocene-begin-and-why-does-it-matter/>, consulté le 25 avril 2019.

Figure 4 : Colin, Michel-Pierre. *Comment tout va s'effondrer*, *Le Climatoblogue*, <http://leclimatoblogue.blogspot.com/2017/03/comment-tout-va-seffondrer-par-michel.html>, consulté le 25 avril 2019. (Graphique d'après Graham M. Turner, « On the cups of global collapse ? Update Comparison of The Limits to Growth with historical data », *GAIA-Ecological Perspectives for Sciences and Society*, vol.21, n°2,2012, p.116-124.)

Figure 5 : *Parc automobile et immatriculations*, Iweps, Indicateurs statistiques, <https://www.iweps.be/indicateur-statistique/parc-automobile-immatriculations/>, consulté le 20 avril 2019.

Figure 6 : *Production d'énergie dans le monde*, *Connaissances des Energies*, Fiches pédagogiques, <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/chiffres-cles-production-d-energie>, consulté le 19 avril 2019.

Figure 7 : *Production de déchets*, Statbel, *La Belgique en chiffres*, <https://statbel.fgov.be/fr/themes/environnement/dechets-et-pollution/production-de-dechets#figures>, consulté le 24 avril 2019.

Figure 8 : De Backer, Wim. *4D Design of temporary constructions*, Exposé VUB, 2009, [https://www.vub.ac.be/arch/backyard/gallery/people/wim-debacker/PhD\\_Debacker\\_presentatie.pdf](https://www.vub.ac.be/arch/backyard/gallery/people/wim-debacker/PhD_Debacker_presentatie.pdf), consulté le 25 avril 2019.

Figure 9a et 9b : Hopkins, Rob. *Manuel de transition. De la dépendance au pétrole à la résilience locale*. Montréal : Ecosociété, 2010, p.134-135.

Figure 10 : Tableau provenant du tableur excel KBOB/ eco-bau/ IPB 2009/1 :2016, Données écobilans dans la construction. Pour approfondir : <https://www.kbob.admin.ch/kbob/fr/home/KBOB/die-kbob0.html>.

Figure 11 : *Climatogrammes*, Météo Belgique, <https://www.meteobelgique.be/article/donnees-statistiques/climatogramme.html>, consulté le 20 avril 2019.

Figure 12 : *Climat Dubaï*, Meteo Blue, [https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/modelclimate/duba%C3%AF\\_%C3%89mirats-arabes-unis\\_292223](https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/modelclimate/duba%C3%AF_%C3%89mirats-arabes-unis_292223), consulté le 20 avril 2019.

Figure 13 : Mao, Blaise. *Dragonfly : la ferme urbaine bio et autosuffisante*, GEO, <https://www.geo.fr/voyage/architecture-ecologie-dragonfly-37411>, consulté le 21 avril 2019.

Figure 14 : Coulée, Philippe. *Besix construira l'arche-jardin belge de l'Expo universelle de Dubaï*, L'Echo, <https://www.lecho.be/entreprises/immobilier/besix-construira-l-arche-jardin-belge-de-l-expo-universelle-de-dubai/10101517.html>, consulté le 20 avril 2019.

Figure 15 et 16 : *Le pavillon belge pour EXPO 2020 Dubaï prend forme!*, Wallonia.be, <http://www.awex-export.be/fr/medias/le-pavillon-belge-pour-expo-2020-dubai-prend-forme>, consulté le 24 avril 2019.

Figure 17 : *House Rauch*, Lehm Ton Erde, <http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?PID=7>, consulté le 25 avril 2019.

Figure 18 : Welzel, Jenna J. Architectural Photography & Film, <http://www.jennawelzel.de/en/news-reader-neu-en/office-building-2226-in-lustenauvorarlberg-austria.html?page=9>, consulté le 24 avril 2019.

Figure 19 : Photo extraite du cours « Architecture ancienne, traditionnelle et contemporaine en Belgique » donné par Folville Xavier, ULiège, année 2017-18.

## Table des annexes

Annexe 1 : Ernst, Damien. *Voiture électrique : 697.612km pour devenir verte ! Vrai ou Faux ?*, article en ligne, mars 2019, <http://hdl.handle.net/2268/233554>, consulté le 18 avril 2019.

Annexe 2 : Prise de note sur l'entretien de Callebaut Vincent dans « Les sentinelles » ; RTBF, La trois, 12 avril 2018.

Annexe 3 : Marché public Expo Dubaï, Guide d'attribution pour procédure concurrentielle avec négociation.

Annexe 4 : Marché public Expo Dubaï, Guide d'attribution pour procédure concurrentielle avec négociation. Annexe 1 Durabilité.

Annexe 5 : Marché public Expo Dubaï, Guide d'attribution pour procédure concurrentielle avec négociation. Annexe 5 HVAC.

Annexe 6 : Marché public Expo Dubaï, Guide d'attribution pour procédure concurrentielle avec négociation. Annexe 7 Programme des besoins.

## Bibliographie

Cette bibliographie n'est pas exhaustive. Ne sont repris ici que les documents qui m'ont servi, de près ou de loin, à rédiger ce travail.

### Ouvrages principaux

Aicher Florian, Feireiss Kristin, Junghans Lars ET AL. *Die Temperatur der Architektur*. Berlin : Birkhäuser, 2016.

Bihoux, Philippe. *L'âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable*. Paris : Editions du Seuil, 2014.

Callebaut, Vincent. *Fertile Cities*. Paris : Design Media Publishing, 2014.

Frampton, Kenneth. « *Pour un régionalisme critique et une architecture de résistance* ». *Critique*, n°476-477 (Janvier-février 1987), 66-81.

Heidegger Martin. « *Bâtir Habiter Penser* ». In *Essais et conférences*, Paris : Gallimard, 1958, p. 170-193.

Hopkins, Rob. *Manuel de transition. De la dépendance au pétrole à la résilience locale*. Montréal : Ecosociété, 2010.

Nuttgens, Patrick. *Histoire de l'Architecture*. Paris : Phaidon, 2002.

Ricoeur, Paul. *Histoire et Vérité*. Paris : Le Seuil, 1955.

Servigne, Pablo & Stevens, Raphaël. *Comment tout peut s'effondrer. Petit manuel de collapsologie à l'usage des générations présentes*. Paris : Editions du Seuil, 2015.

Welzer, Harald. *Penser par soi-même. Guide de résistance*. Paris : Charles Léopold Mayer, 2016.

### Documents consultés en ligne

Barroca, Bruno. *La résilience urbaine entre transition et rupture*, La vie de la recherche scientifique, in : *Les scientifiques acteurs de la transition écologique et solidaire*, 2017, n°409, pp. 40-42, [En ligne], <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01658271/document>, consulté le 10 avril 2018.

Bisson, Marie-France. *Vernaculaire moderne ? Vers une compréhension de la notion d'architecture vernaculaire et de ses liens avec la modernité architecturale*, Université du Québec à Montréal, Mémoire août 2007, [en ligne], <https://archipel.uqam.ca/849/1/M10082.pdf>, consulté le 12 avril 2018.

Delangh, David. *La permaculture appliquée à l'architecture: outil et philosophie pour la résilience urbaine*, travail de fin d'étude sous la direction de PRIGNO ISABELLE et NEUWELS Julie, ULB, 2012, [en ligne], [https://issuu.com/daviddelangh/docs/m\\_\\_moire\\_permaculture](https://issuu.com/daviddelangh/docs/m__moire_permaculture), consulté le 10 avril 2018.

Diab Youssef, Lagarnier Richard, Lhomme SergeI ET AL. *La résilience urbaine : un nouveau concept opérationnel vecteur de durabilité urbaine ?*, Développement durable et territoires, 2012, [En ligne], <https://journals.openedition.org/developpementdurable/9208#citedby>, consulté le 20 avril 2019.

Ernst, Damien. *Voiture électrique : 697.612km pour devenir verte ! Vrai ou Faux ?*, mars 2019, [en ligne], <http://hdl.handle.net/2268/233554>, consulté le 18 avril 2019.

Grodwihl, Marc. *Architecture vernaculaire et paysages, Les enjeux culturels de la transition énergétique à Ungersheim (Alsace)*, Journal des anthropologues, 2013, [En ligne], <http://jda.revues.org/4808>, consulté le 10 avril 2018.

Libaert, Thierry. *Consommation et controverse : le cas de l'obsolescence programmée*, Hermès, La Revue, vol. 73, no. 32015, pp. 151-158, [En ligne], <https://www.cairn.info/revue-hermes-la-revue-2015-3-page-151.htm?contenu=article>, consulté le 10 avril 2018.

*Habiter demain. Ré-inventons nos lieux de vie*, carnet d'exposition, [http://www.cite-sciences.fr/au-programme/expos-temporaires/habiter\\_demain/pdf/idv\\_habiter\\_demain.pdf](http://www.cite-sciences.fr/au-programme/expos-temporaires/habiter_demain/pdf/idv_habiter_demain.pdf), [En ligne], consulté le 20 avril 2019.

*La mer à boire*, dossier médiathèque archi'média, La cité de la mer Cherbourg, 2012, [En ligne], <https://mediathequedelamer.com/wp-content/uploads/dossier-la-mer-a-boire.pdf>, consulté le 18 avril 2019.

*Les matériaux biosourcés dans le bâtiment*, Bâtir pour la planète, Fédération française du bâtiment, [En ligne], <http://www.batirpourlaplanete.fr/wp-content/uploads/2015/08/Guide-materiaux-biosources.pdf>, consulté le 21 avril 2019.

## Sites Internet

Angus, Ian. *When did the Anthropocene begin, and why does it matter?*, Climate & Capitalism, <https://climateandcapitalism.com/2015/09/10/when-did-the-anthropocene-begin-and-why-does-it-matter/>, consulté le 25 avril 2019.

Colin, Michel-Pierre. *Comment tout va s'effondrer*, Le Climatoblogue, <http://leclimatoblogue.blogspot.com/2017/03/comment-tout-va-seffondrer-par-michel.html>, consulté le 25 avril 2019. (Graphique d'après Graham M. Turner, « On the cups of global collapse ? Update Comparison of The Limits to Growth with historical data », GAIA-Ecological Perspectives for Sciences and Society, vol.21, n°2,2012, p.116-124.)

Coulée, Philippe. *Besix construira l'arche-jardin belge de l'Expo universelle de Dubaï*, L'Echo, <https://www.lecho.be/entreprises/immobilier/besix-construira-l-arche-jardin-belge-de-l-expo-universelle-de-dubai/10101517.html>, consulté le 20 avril 2019.

De Backer, Wim. *4D Design of temporary constructions*, Exposé VUB, 2009, [https://www.vub.ac.be/arch/backyard/gallery/people/wim-debacker/PhD\\_Debacker\\_presentatie.pdf](https://www.vub.ac.be/arch/backyard/gallery/people/wim-debacker/PhD_Debacker_presentatie.pdf), consulté le 25 avril 2019.

Godfrain, Marie. *L'architecture vernaculaire, quand l'habitat se fond dans son environnement*, Le Monde, Janvier 2014, [https://www.lemonde.fr/m-actu/article/2014/01/24/retour-aux-sources\\_4353074\\_4497186.html](https://www.lemonde.fr/m-actu/article/2014/01/24/retour-aux-sources_4353074_4497186.html), consulté le 25 avril 2019.

Kohlstedt, Kurt. *Windcatchers of Dubai: Traditional Cooling Towers Shape Desert Vernacular*, 99% Invisible, <https://99percentinvisible.org/article/windcatchers/>, consulté le 24 avril 2019.

Jancovici, Jean-Marc. *A quoi ressemble notre consommation énergétique actuellement ?*, *L'énergie et nous*, <https://jancovici.com/transition-energetique/l-energie-et-nous/a-quoi-ressemble-notre-consommation-energetique-actuellement>, consulté le 3 avril 2019.

Mao, Blaise. *Dragonfly : la ferme urbaine bio et autosuffisante*, GEO, <https://www.geo.fr/voyage/architecture-ecologie-dragonfly-37411>, consulté le 21 avril 2019.

Noualhat, Laure. « *Le scénario de l'effondrement l'emporte* », Libération, [https://www.liberation.fr/futurs/2012/06/15/le-scenario-de-l-effondrement-l-emporte\\_826664](https://www.liberation.fr/futurs/2012/06/15/le-scenario-de-l-effondrement-l-emporte_826664), consulté le 22 janvier 2019.

ASSAR / VINCENT CALLEBAUT remporte le concours pour la réalisation du Pavillon de la Belgique à l'occasion de l'Exposition Universelle de 2020 à Dubaï, Assar architects, Actualité, <http://www.assar.com/fr/news/assar-vincent-callebaut-remporte-le-concours-pour-la-r%C3%A9alisation-du-pavillon-de-la-belgique-%C3%A0-l>, consulté le 20 avril 2019.

1<sup>er</sup> août 2018 : jour du dépassement mondial, WWF, <https://www.wwf.fr/jourdudepassement>, consulté le 4 avril 2019.

BESIX: Pavillon belge de l'EXPO 2020 Dubaï, BESIX, <https://press.besix.com/besix-pavillon-belge-de-lexpo-2020-dubai>, consulté le 25 avril 2019.

Changements climatiques : les rapports du GIEC, Climat.be, <https://www.climat.be/fr-be/changements-climatiques/les-rapports-du-giec>, consulté le 18 janvier 2019.

Climat Dubaï, Climate-Data.org, <https://fr.climate-data.org/asia/emirats-arabes-unis/dubai/dubai-705/>, consulté le 16 avril 2019.

Climat Dubaï, Meteo Blue, [https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/modelclimate/duba%C3%AF\\_%C3%89mirats-arabes-unis\\_292223](https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/modelclimate/duba%C3%AF_%C3%89mirats-arabes-unis_292223), consulté le 20 avril 2019.

Climatogrammes, Météo Belgique, <https://www.meteobelgique.be/article/donnees-statistiques/climatogramme.html>, consulté le 20 avril 2019.

Connecting Minds, Creating the Future, Expo 2020 Dubaï UAE, <https://www.expo2020dubai.com/en/discover/themes>, consulté le 9 avril 2019.

House Rauch, Lehm Ton Erde, <http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pID=7>, consulté le 25 avril 2019.

Le pavillon belge pour EXPO 2020 Dubaï prend forme!, Wallonia.be, <http://www.awex-export.be/fr/medias/le-pavillon-belge-pour-expo-2020-dubai-prend-forme>, consulté le 24 avril 2019.

Les COP : une brève histoire de la COP1 à la COP24, COMPTE CO<sub>2</sub>, <https://www.compteco2.com/article/historique-cop-conference-des-parties/>, consulté le 18 janvier 2019.

*Exigences PEB à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2021*, Wallonie énergie SPW, <https://energie.wallonie.be/fr/exigences-peb-a-partir-du-1er-janvier-2021.html?IDD=114100&IDC=7224>, consulté le 10 février 2019.

*How BREEAM Certification Works ?*, BREEAM, <https://www.breeam.com/discover/how-breeam-certification-works/>, consulté le 20 avril 2019.

*Minerai*, Futura planète, Planète, <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/geologie-minerai-1553/>, consultée le 20 janvier 2019.

NIBE, Experts in sustainability, <https://www.nibe.org/nl>, consulté le 20 avril 2019.

*Parc automobile et immatriculations*, Iweps, Indicateurs statistiques, <https://www.iweps.be/indicateur-statistique/parc-automobile-immatriculations/>, consulté le 20 avril 2019.

*Primes énergie (à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2019)*, Wallonie énergie SPW, <https://energie.wallonie.be/fr/primes-energie-depuis-le-1er-mars-2018.html?IDC=8793>, consulté le 13 avril 2019.

*Production de déchets*, Statbel, La Belgique en chiffres, <https://statbel.fgov.be/fr/themes/environnement/dechets-et-pollution/production-de-dechets#figures>, consulté le 24 avril 2019.

*Production d'énergie dans le monde*, Connaissances des Energies, Fiches pédagogiques, <https://www.connaissancesdesenergies.org/fiche-pedagogique/chiffres-cles-production-d-energie>, consulté le 19 avril 2019.

*Terre rare*, Futura sciences, Sciences, <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-terre-rare-1647/>, consulté le 21 janvier 2019.

*The Green Ark, First Prize Winner*, Vincent Callebaut architectures Paris, [http://vincent.callebaut.org/object/190103\\_expo2020dubai/expo2020dubai/projects/user](http://vincent.callebaut.org/object/190103_expo2020dubai/expo2020dubai/projects/user), consulté le 20 avril 2019.

*The Resilient Design Principles*, Resilient Design Institute, <https://www.resilientdesign.org/the-resilient-design-principles/>, consulté le 28 janvier 2019.

*The Shift Project, The Carbon Transition Think Tank*, <https://theshiftproject.org/>, consulté le 20 avril 2019.

*Vente, location, publicité : les bâtiments affichent leur performance énergétique*, Wallonie énergie SPW, <https://energie.wallonie.be/fr/certificat-peb-quoi-quand-comment.html?IDC=8787>, consulté le 20 avril.

Welzel, Jenna J. Architectural Photography & Film, <http://www.jennawelzel.de/en/news-reader-neu-en/office-building-2226-in-lustenauvorarlberg-austria.html?page=9>, consulté le 24 avril 2019.

Worldometers, World Population, <http://www.worldometers.info/world-population/>, consulté le 4 avril 2019.

## Vidéos

Callebaut Vincent, entretien de, in : émission « Les sentinelles » ; RTBF, La trois, 12 avril 2018

Delestrac, Denis. *Le sable, Enquête sur une disparition*, Arte France,  
<https://www.youtube.com/watch?v=MFEM8PznN7s>, consulté le 25 avril 2019.

Rauch, Martin. *Quels enjeux pour l'architecture en terre d'aujourd'hui ?*, Conférence UC LOUVAIN,  
<https://uclouvain.be/fr/facultes/loci/martin-rauch-et-thomas-granier.html>, consulté le 24 avril 2019.

*Ce soir ou Jamais ! Cop 21 : quelle énergie aurons-nous le droit d'utiliser ?*, France 2, 4/12/2015,  
<https://www.youtube.com/watch?v=6B56B50f7Tc>, consulté le 20 avril 2019.

*Dubaï, la démesure*, Échappées belles, France Télévisions,  
<https://www.youtube.com/watch?v=vEciFOHum6M>, consulté le 20 avril 2019.

## Annexes

**Annexe 1** : Ernst, Damien. *Voiture électrique : 697.612km pour devenir verte ! Vrai ou Faux ?*, mars 2019, [en ligne], <http://hdl.handle.net/2268/233554>, consulté le 18 avril 2019.

### **Voiture électrique : 697.612 km pour devenir verte ! Vrai ou faux ?**

Auteur : Prof. Damien ERNST, University of Liège

Très récemment, la RTBF, un média belge, publiait un article intitulé « Voiture électrique : 697.612 km pour devenir verte ! » J'avais donné pour cet article une interview au journaliste Gérald Wéry et fait quelques calculs. Et effectivement, sous certaines hypothèses, je trouvais que lorsque l'on prenait en compte le CO<sub>2</sub> émis par la fabrication de la batterie d'un véhicule électrique, ce n'était qu'à partir de 697612 km parcourus que l'on pouvait considérer que le véhicule électrique émettait moins de CO<sub>2</sub> qu'une voiture à essence. On parle ici d'un véhicule électrique ayant une batterie de 80 kWh. On notera que certains véhicules électriques haut de gamme peuvent même être livrés avec des batteries plus grosses. A titre d'exemples, l'Audi E-Tron a une batterie de 95 kWh. Et le nouveau Tesla roadster une batterie de 200 kWh. Gérald Wéry et moi-même avons été vivement attaqués suite à la publication de cet article qui a été très mal compris sur le fond. J'ai d'ailleurs tweeté à ce sujet pour bien expliquer, de manière assez directe, ce qu'était le fond de mon intervention :

<https://twitter.com/DamienERNST1/status/1104060419897991168>

Pour éviter la controverse et ces attaques sur les réseaux sociaux, la RTBF a décidé de le retirer de son site web. On soulignera qu'en dehors de son titre provocateur, l'article n'attaquait pas du tout la filière du véhicule électrique. L'article mentionnait par exemple que les véhicules électriques, contrairement aux véhicules thermiques en circulation à l'heure actuelle, n'émettent pas de NO<sub>x</sub> et nettement moins de particules fines, ce qui a un effet très bénéfique sur la santé humaine.

La méthodologie utilisée pour calculer ce nombre de kilomètres a été vivement attaquée sur les réseaux sociaux par ce que l'on pourrait appeler, en étant un rien ironique, la secte des gens qui pensent qu'acheter une grosse voiture électrique de plus de 2 tonnes – comme la Jaguar I-Pace (2200 kg) par exemple – fait d'eux des exemples en matière de lutte contre le réchauffement climatique. Les attaques sur Twitter ont souvent été faites avec très peu de classe. On passera les détails. Néanmoins, certaines de ces attaques étaient instructives et comme je suis un scientifique, je n'hésite jamais à remettre en cause les choses que j'avais affirmées lorsque l'on me présente de nouveaux éléments d'information. Une telle attitude est à la base même de la pensée scientifique. Je vais donc refaire ciaprès mes calculs, mais en y intégrant l'information collectée à partir de ces attaques pour discuter les hypothèses que j'avais utilisées pour faire mes calculs et même pour en changer une qui se doit de l'être. Je n'ai aucun problème à le reconnaître. Pour calculer le nombre de kilomètres à partir desquels une voiture électrique ayant une batterie de 80 kWh devenait « verte », on avait considéré que l'énergie totale nécessaire à sa fabrication était de 296 GJ. Ce chiffre provient de l'article "Manufacturing energy analysis of lithium ion battery pack for electric vehicles". L'article est disponible à l'adresse suivante : <https://bit.ly/2VMa4hA>

Comme ce chiffre de 296 GJ fait référence à une installation de petite taille, on peut s'attendre à ce que des économies d'échelle puissent être réalisées avec des installations industrielles de fabrication de batteries, ce que l'article mentionne. Il avance même un chiffre de 72% d'économie d'énergie, sans néanmoins citer de source derrière ce dernier. Je n'en n'avais pas tenu compte dans mes calculs précédents. C'était une erreur. On va donc travailler ici en en tenant compte. On notera que cette

réduction de 72% d'énergie sur la partie manufacturière ne signifie pas 72% de réduction des 296 GJ nécessaires pour fabriquer la batterie dont j'avais tenu compte lors de mes calculs réalisés pour la RTBF. En effet, pour fabriquer une batterie il y a deux grandes étapes qui consomment beaucoup d'énergie : la fabrication des matières premières (100 GJ environ d'après l'article) et la fabrication de la batterie à partir de ces matières premières (196 GJ d'après l'article). Cette réduction de 72% ne s'applique dès lors qu'aux 196 GJ, ce qui nous donne comme énergie totale nécessaire pour fabriquer la batterie de 80 kWh le chiffre de  $100 + 54.88 = 154.88$  GJ au lieu des 296 GJ sur lesquels on s'était basé. Par la suite, on n'utilisera plus le GJ comme unité d'énergie, mais bien le kWh, une unité d'énergie qui me semble être plus conviviale. Exprimé en kWh, cette quantité d'énergie équivaut à 43022 kWh. A titre de comparaison, un ménage moyen en Belgique consomme environ 3500 kWh d'électricité par an.

Notre première hypothèse de travail sera donc la suivante :

**Hypothèse 1 [énergie pour fabriquer une batterie].** La quantité d'énergie nécessaire pour fabriquer une batterie de 80 kWh est égale à 43022 kWh.

On notera que c'est la seule hypothèse que je change dans un premier temps par rapport à l'article publié par la RTBF. Je reviendrai avec un nouveau jeu d'hypothèses par la suite.

Voici la suite des calculs et les hypothèses associées. Ces hypothèses sont également discutées.

**Hypothèse 2 [CO2 émis par kWh de batterie fabriqué].**

1 kWh d'énergie utilisée pour fabriquer la batterie émet la même quantité de CO2 que la combustion de 1 kWh d'essence.

On rappelle que dans 1 litre d'essence, il y a 9.63 kWh d'énergie et que la combustion d'un litre d'essence produit 2.28 kg de CO2. Le kWh d'énergie consommé pour fabriquer notre batterie équivaut donc à 0.236 kg de CO2.

La fabrication de la batterie émet donc  $0.236 \text{ [kg/kWh]} \times 43022 \text{ [kWh]} = 10153$  kg de CO2 soit un peu plus de dix tonnes de CO2.

*Discussion hypothèse 2 :* Considérer 236 gr de CO2 par kWh d'énergie utilisé dans la fabrication du véhicule électrique est en fait fort peu. Prenons par exemple la phase fabrication de la batterie à partir des matières premières. Cette partie consomme principalement de l'énergie électrique. Aux USA, produire 1 kWh d'électricité conduit à une production d'environ 500 grammes de CO2. En Chine, c'est encore plus. On est plus proche de 1 kilo de CO2 que de 500 grammes. Un tiers de l'énergie utilisée pour fabriquer notre batterie est liée à la partie manufacturière. Ce tiers pourrait donc être associé à quatre fois plus d'émissions de CO2 que ce que l'on avait considéré précédemment. Ce qui nous ferait doubler le nombre de tonnes de CO2 émis pour la fabrication de la batterie. Il est donc probable que la fabrication d'une batterie de 80 kWh en Chine conduise en fait à la production de 20 tonnes de CO2 si l'on adapte l'Hypothèse 2 pour tenir compte des spécificités du mix électrique chinois. Vive le made in China ! On notera que les émissions de gaz à effet de serre en Belgique sont de l'ordre de 8.5 tonnes de CO2 par an par personne.

**Hypothèse 3 [consommation des véhicules].** Le véhicule électrique consomme 20 kWh aux 100 km et la voiture à essence 6 litres aux 100 kilomètres.

*Discussion hypothèse 3* : Pour une Tesla S, le 20 kWh par 100 km semble être plus ou moins valable même si sur les réseaux sociaux, les plus grands défenseurs de la voiture électrique parlaient plutôt d'un 23 kWh par 100 km. Un ami qui a une Tesla X me dit qu'il est plutôt à 26-27 kWh par 100 km en ayant un style de conduite économe. Un petit véhicule électrique du type Nissan Leaf consommera plutôt 15 kWh. Pour une Jaguar I-Pace, on serait plutôt au-dessus de 30 kWh par 100 km. Le journaliste Gérald Wery m'a fait savoir que lors de ses essais, il a obtenu une valeur de 28 kWh pour l'Audi E-Tron sans l'air conditionné allumé, et 34 kWh pour la Jaguar I-Pace avec l'air conditionné allumé. Il m'a également précisé que ces valeurs ont été obtenues en adoptant le mode de roulage « efficiency » des voitures, avec, je le cite, le pied très très léger.

Le 6 litres aux 100 km est sans doute faible pour une voiture premium, comme le sont les Tesla S ou la Jaguar I-Pace. On pourrait être plutôt autour de 8 litres aux 100 kilomètres pour une voiture premium essence. Pour ma voiture, une Citroën C1, je suis à 5.5 litres aux 100 km. On notera que l'on aurait pu aussi prendre pour la comparaison une voiture diesel qui émet environ 10% moins de CO2 qu'une voiture à essence de même gabarit. Sans oublier de souligner que le champion de la filière véhicules thermiques en terme d'émissions de CO2 est le véhicule roulant au gaz naturel (CNG). On parle même pour cette filière de plus de 10% de réduction d'émissions de CO2 par rapport au diesel lorsque l'on considère le début de la chaîne de production jusqu'au pot d'échappement. Mieux encore. La voiture hybride roulant au gaz naturel ! Avec des petites batteries de moins de 5 kWh, les voitures hybrides arrivent à afficher des performances impressionnantes. La première génération de Toyota Prius, c'était par exemple une petite batterie de 4.4 kWh et une consommation bien en dessous des 5 litres aux 100 km. On notera aussi qu'une personne qui veut avoir 400 km d'autonomie avec son véhicule électrique est obligée d'opter pour un véhicule ayant une batterie de l'ordre de 80 kWh, ce que l'on ne trouve pour l'instant que dans les modèles premium. Il y a fort à parier que d'ici 2-3 ans, des voitures plus modestes seront également proposées avec des batteries de 80 kWh. A cet égard, il est bon de souligner que la Nissan Leaf e+ qui sortira en juin 2019 aura une batterie de 62 kWh.

**Hypothèse 4 [grammes de CO2 par kWh électrique]** Le kWh électrique stocké dans la batterie – et donc utilisable par le véhicule électrique – est associé à 550 grammes d'émissions de CO2.

Avec cette nouvelle hypothèse, on peut donc calculer que rouler 100 km avec notre véhicule électrique produit  $20 \times 0.55 = 11$  kg de CO2.

*Discussion hypothèse 4* : Le chiffre de 550 grammes est l'intensité en CO2 du mix électrique allemand. Au niveau européen la moyenne tourne plutôt autour de 300 gr par kWh, voir un peu plus. Au début des années 2000, on tournait plutôt autour de 400 gr par kWh en Europe. On notera que ces chiffres sont parfois controversés, notamment parce qu'il est difficile de quantifier exactement les émissions de CO2 d'une filière de production d'électricité sur l'ensemble de son cycle de vie et l'ensemble de son périmètre. On a souvent tendance à les sous-estimer. Pour la filière nucléaire les estimations peuvent varier de 15 à ... 140 grammes de CO2 par kWh produit. Pour les filières renouvelables comme le solaire, l'éolien et l'hydraulique, on parle souvent de valeurs variant entre 10 et 40 grammes de CO2 par kWh sur leur cycle de vie. Notons que pour un panneau photovoltaïque installé dans le nord de l'Europe, cela pourrait être significativement plus que 40 grammes. On remarquera aussi qu'il y a des pertes en rechargeant la batterie du véhicule électrique. On parle de 5% environ et cela dépend de la vitesse de chargement. Plus la vitesse est élevée, plus il y a des pertes. Il y a aussi des pertes dans la batterie lors de la décharge et ces dernières sont plus élevées lorsque la puissance soutirée des batteries est grande. C'est la raison pour laquelle les performances énergétiques de la batterie d'un véhicule électrique

s'effondrent un peu quand vous roulez à grande vitesse avec. Il y a aussi des pertes au niveau du réseau électrique pour acheminer cette électricité de sa source de production vers la voiture. Elles sont de l'ordre de 10% en France pour acheminer le courant vers un utilisateur connecté au réseau basse tension. On pourrait donc en tenant compte de ces pertes être à plus de 630 grammes de CO2 produit par kWh d'électricité stockée dans la voiture si effectivement la voiture était alimentée par le mix électrique allemand.

**Hypothèse 5 [grammes de CO2 par litre d'essence consommé par la voiture]** Un litre d'essence consommé par une voiture correspond à l'émission de 2.28 kg de CO2.

Avec cette hypothèse, notre véhicule à essence émettra  $6 \times 2.28 \text{ kg} = 13.68 \text{ kg}$  de CO2 par 100 km parcourus.

*Discussion hypothèse 5 (et un peu la 4 aussi) :* 2.28 kg correspondent à la quantité de CO2 produit par la combustion de 1 litre d'essence. Cependant, l'extraction du pétrole, son transport et son raffinage émettent aussi du CO2. Un chiffre m'a été communiqué plusieurs fois : brûler un litre d'essence dans votre voiture émettrait en fait une quantité de CO2 égale à la quantité de CO2 produite par la combustion de 1.4 litre d'essence. On serait dès lors peut-être à  $1.4 \times 13.68 = 19.15 \text{ kg}$  de CO2 par 100 km parcourus. On notera que le gaz utilisé pour produire de l'électricité doit aussi être extrait et transporté. De plus, l'extraction du gaz, surtout du gaz de schiste, émet aussi du CH4 dans l'atmosphère, un puissant gaz à effet de serre. On n'a pas tenu compte de cela pour évaluer les émissions de gaz à effet de serre de notre voiture électrique. On n'a également pas tenu compte du fait que construire et maintenir un réseau électrique a un coût CO2 non négligeable.

**Hypothèse 6 [CO2 émis par la fabrication des voitures]** La fabrication de la voiture électrique émet une quantité de CO2 égale à la quantité de CO2 utilisée pour fabriquer la voiture à essence plus la quantité de CO2 émise pour fabriquer la batterie.

*Discussion hypothèse 6 :* On pourrait raisonnablement considérer qu'avec cette hypothèse, la voiture électrique est défavorisée notamment dû au fait qu'un moteur électrique est plus simple qu'un moteur thermique et donc que la fabrication de ce dernier émettrait moins de CO2. C'est très difficile d'y voir vraiment clair à ce sujet, il manque des chiffres. On en profite au passage pour souligner que plus la voiture est grosse (essence, diesel ou électrique), plus son processus de fabrication aura tendance à émettre du CO2. On ne comprend dès lors pas vraiment cet engouement simultané pour les gros SUVs et les marches pour le climat dans le monde. Quelque chose m'échappe.

### **Et maintenant le calcul !**

Sur base de ces hypothèses, calculons le nombre de kilomètres parcourus à partir duquel une voiture électrique commence à émettre moins de CO2 qu'une voiture à essence.

Par 100 km parcourus, notre véhicule électrique va produire  $13.68 - 11 = 2.68 \text{ kg}$  de CO2 de moins qu'un véhicule à essence. Mais il partait avec un « petit » désavantage : les 10153 kg de CO2 produits lors de la fabrication de la batterie. Il lui faudra donc rouler  $10153 / 2.68 \times 100 = 378843 \text{ km}$  pour rattraper ce retard. C'est moins que les 697612 km initialement annoncés.

### **Un nouveau jeu d'hypothèses**

Venons maintenant avec un nouveau jeu d'hypothèses que je trouve fort intéressant, et qui est plus favorable aux véhicules électriques. Je revisite tout d'abord l'Hypothèse 3 qui devient maintenant :

**Hypothèse 3 [consommation des véhicules].** Le véhicule électrique consomme 23 kWh aux 100 km et la voiture à essence 6 litres aux 100 kilomètres.

Le 20 kWh par 100 km était même de l'avis des grands défenseurs de l'électrique, beaucoup trop optimiste pour une grosse voiture électrique. On est sans doute d'ailleurs plus proche de 30 kWh que de 23 kWh dans la réalité.

Je revisite également l'Hypothèse 4. La nouvelle Hypothèse 4 est la suivante :

**Hypothèse 4 [grammes de CO2 par kWh électrique]** Le kWh électrique stocké dans la batterie – et donc utilisable par le véhicule électrique – est associé à 317 grammes d'émissions de CO2.

Pour arriver à ce nouveau chiffre de 317 grammes par kWh, je fais en fait deux sous-hypothèses. Premièrement, je choisis un mix électrique ayant une intensité carbone de 275 grammes par kWh, soit la moitié de l'intensité carbone du mix électrique allemand actuel. Je pense que l'intensité carbone moyenne du mix électrique européen au cours de ces 10 prochaines années, une période de temps compatible avec la durée de vie d'une voiture électrique pourrait tourner autour de cette valeur. Le renouvelable se développe bien mais on va également perdre beaucoup de capacité nucléaire en Europe dans les 7-8 années à venir, environ 15 GW. Cela va être à mon avis assez difficile de passer avant 2025 sous cette intensité carbone de 275 grammes de CO2 par kWh généré pour le mix électrique européen. Deuxièmement, je considère que pour 1 kWh stocké dans la batterie, il faut générer 1,15 kWh d'électricité pour prendre en compte les pertes au niveau du réseau de distribution et les pertes lors de la recharge de la batterie. Encore une fois cette sous-hypothèse me semble être assez optimiste pour la filière électrique.

La dernière hypothèse que je change est l'Hypothèse 5. La nouvelle Hypothèse 5 est la suivante :

**Hypothèse 5 [grammes de CO2 par litre d'essence consommé par la voiture]** Un litre d'essence consommé par une voiture correspond à l'émission de 3.2 kg de CO2.

Je considère avec cette nouvelle hypothèse que consommer 1 litre d'essence équivaut en terme d'émissions de CO2 à brûler en fait 1.4 litre d'essence. Cela permet de prendre en compte les émissions de CO2 liées à l'extraction, au raffinage et au transport des produits pétroliers. On notera que je devrais sans doute aussi pour être juste avec la filière véhicules à essence considérer qu'il y a un coût CO2 caché derrière la construction, la maintenance et l'opération des réseaux électriques, ce que je ne fais pas.

Avec ce nouveau jeu d'hypothèses, on peut voir que par 100 km parcourus, notre véhicule électrique va maintenant produire  $6 \times 3.2 - 23 \times 0.317 = 19.2 - 7.291 = 11.90$  kg de moins de CO2 qu'un véhicule à essence. Il lui faudra donc rouler  $10153 / 11.90 \times 100 = 85319$  km pour devenir plus vert qu'un véhicule à essence. On remarquera que si j'avais pris 28 kWh pour 100 km pour le véhicule électrique, comme Gérald Wery l'a observé pendant ses essais, j'aurais obtenu une valeur égale à  $10153 / (6 \times 3.2 - 28 \times 0.317) = 98343$  km.

Essayons maintenant de rediscuter aussi un rien l'Hypothèse 1 et l'Hypothèse 2. Ces deux hypothèses nous amènent à des émissions de CO2 de l'ordre de 10153 kg pour la fabrication de la batterie de 80 kWh. Comme discuté précédemment, les émissions de CO2 liées à la fabrication de la batterie peuvent varier assez fort, en fonction de l'endroit où la batterie est fabriquée. C'est très difficile d'y voir clair à ce sujet. J'ai l'impression que l'on doit se situer quelque part en 2019 dans l'intervalle 8000 kg – 18000 kg de CO2 émis pour la fabrication de 80 kWh de batteries. Avec notre nouveau jeu d'hypothèses, un

véhicule électrique ayant une batterie de 80 kWh commencerait à avoir une empreinte carbone inférieure à celle d'un véhicule à essence quelque part entre plus ou moins 67226 km et 151259 km parcourus. Avec l'ancien jeu d'hypothèses, on serait plutôt dans l'intervalle 298507 km – 671641 km.

**Que conclure de ces chiffres ?** Je vous laisse conclure ce que vous voulez de ces chiffres, mais il y a certainement beaucoup à dire. Comme les hypothèses sont parfaitement détaillées et les calculs bien expliqués, vous pouvez même penser générer d'autres résultats en variant les hypothèses. Un cas très intéressant à traiter est celui de la voiture hybride roulant au gaz naturel ou à l'hydrogène. Il implique sans doute une revisite de l'Hypothèse 6.

J'ai juste envie de terminer cet article en discutant un rien du cas de la Chine. La Chine développe massivement sa filière véhicule électrique, principalement pour des raisons de santé publique. La qualité de l'air est terriblement mauvaise dans les grandes villes chinoises. Remplacer les anciens véhicules thermiques par des véhicules électriques, c'est réduire les émissions de NOx et de particules fines qui sont toxiques et donc améliorer la qualité de l'air. Dans le cas de la Chine, avec un mix électrique qui avoisine le kilo de CO2 par kWh produit, et qui restera à mon avis bien au-dessus des 600 grammes par kWh dans les 10 ans à venir, même la substitution du véhicule à essence par des véhicules électriques ayant des batteries modestes d'une taille d'environ 40 kWh, risque de s'accompagner d'une hausse des émissions de CO2. Vu la taille du marché chinois, cela n'est pas rassurant lorsque l'on garde à l'esprit que le GIEC nous dit qu'il faut impérativement réduire rapidement nos émissions de CO2 pour éviter une catastrophe planétaire. Autre point important concernant la Chine : les entreprises chinoises qui fabriquent des batteries ne sont pas soumises à une taxe CO2 comme le sont les entreprises européennes qui rentrent dans le système ETS. D'un point de vue de la lutte contre le réchauffement climatique c'est ridicule, car c'est un incitant à fabriquer les batteries des véhicules électriques en Chine où l'intensité carbone est plus élevée qu'en Europe. Il est vraiment urgent que l'Europe instaure une taxe carbone sur les importations. Je ne suis pas le seul à le dire mais rien ne semble bouger.

## Epilogue

Un excellent ami à moi, que l'on pourrait qualifier d'écologiste radical, m'a dit avec une pointe d'humour : « Il est totalement scandaleux que le titre de cet article publié sur le site web de la RTBF puisse laisser penser qu'un véhicule électrique puisse être vert ! ». Cela donne à réfléchir.

**Annexe 2** : Prise de note sur l'entretien de Callebaut Vincent dans « Les sentinelles » ; RTBF, La trois, 12 avril 2018. (La vidéo semble ne plus être disponible dans sa totalité, je joins donc mes notes prises lors du passage de l'émission. Elles ne sont là que pour informations complémentaires)

### **Comment habiterons-nous en 2050 ?**

Approche multi disciplinaire. Mode de vie écoresponsable.

Volonté de recréer un monde où l'homme est en totale symbiose avec les écosystèmes.

Pour lui, il y a maintenant une paupérisation du langage architectural (module rectangulaire très simple, archi très pragmatique). Il souhaite la réinventer, volonté de quartiers où il fait bon vivre et où on peut mieux vivre ensemble.

Utopie (-> projet pour un futur meilleur) / Dystopie (société moins bien qu'aujourd'hui)

Archibiotique (= état de conscience de l'homme contemporain => veut vivre dans un milieu végétal mais qui, en même temps, ne peut plus se passer de son smartphone) = entre l'hyper technologie qui permet de dématérialiser notre monde et le retour à des écosystèmes équilibrés

Archi = architecture

Bio= biotechnologie (inventée par la nature)

Tic = technologie de l'information et de la communication

\*biomorphisme (= s'inspirer des formes du vivant => analyse des coques du nautilaire)

\*Bionique (= s'inspirer des structures des vivants = > ex de la libellule, ses ailes fines supportent le poids de son corps 80 fois supérieur à celui de ses ailes.)

\* Biomimétisme (= analyse d'un Eco système, ex : forêt amazonienne (=>photosynthèse = seule énergie, ne produit pas de déchets, aucune pollution, mise toujours sur la coopération entre les espèces et ajuste la forme à la fonction) => Pourquoi on ne sait pas construire des villes qui fonctionnent comme la forêt amazonienne ? => villes sans déchets, sans pollution et en tenant compte que nos ressources sont limitées.

Projet Dragonfly (New York) = synthèse des différents concepts => village vertical, nourricier, qui produit sa propre énergie, et recycle ses déchets => permet de faire revenir l'agriculture au cœur de la ville.

Volonté de réintégrer les lieux de production au cœur des lieux de consommation.

Energie, écologie et alimentation = 3 piliers de l'architecture de Callebaut

Recréation de liens directs entre producteurs agricoles et consommateurs (dans 20 ans, les supermarchés peuvent disparaître vu que la campagne est en lien avec le tissu urbain)

Bâtiment végétalisé qui opère la photosynthèse et capte une quantité de carbone (archi carbo-absorbante)

Bâti qui recycle les déchets (déchets organiques qui, en fait, peuvent être transformé en énergie grâce à une centrale de biométhanisation => biogaz grâce aux compostes qui permet de produire de l'électricité ou un réseau de chaleur => bâtiment (ferme verticale) produit 100 % de l'énergie qu'il a besoin.

Possibilité de créer des nouveaux bâtiments mais aussi de superposer de nouveaux bâtiments aux anciens existants.

Projet de Paris 2050 => pas de tabula rasa mais on garde le meilleur de chaque époque pour construire le patrimoine de demain => concept de solidarité énergétique (greffe contemporaine sur les anciens bâti pour que ceux-ci puissent produire 100% de l'énergie qu'ils ont besoin)

Les villes doivent être capables d'encaisser des phénomènes de canicule, fortes pluies (dérèglement climatique)

Volonté de villes qui fonctionnent comme des éponges, respirantes et non plus imperméable et permettent de rafraîchir naturellement l'atmosphère urbaine

⇒ Volonté de ramener du vert en ville = tendance en architecture

VERDE 25 , TURIN , ( émission silence ça pousse France 5) archi et nature ensemble mais solution différente , ici on a laissé pousser la nature puis on a construit l'archi => différent de construire un bâti puis d'y mettre du vert dans les espaces restants. Jardin avec différentes espèces mais toujours régionales.

Pompe à chaleur pour faire le chaud et le froid.

Après la guerre, contact avec la nature est en baisse => volonté de revenir en arrière.

Retour interview Callebaut :

⇒ Volonté de réinventer le modèle des années 60 où campagne, industrie, bureau, centre, quartier historique, et maison avec jardin individuel sont séparés. =>Connection de quartiers monofonctionnels avec l'auto.

Volonté de ville où cultures, fonctions sont mélangées entre elles pour augmenter la qualité de vie et diminuer l'adduction à une hyper mobilité.

Ramener une nature en ville, oui mais est-ce toujours une nature si on superpose ? Si on ne peut plus toucher le sol ?

=>Volonté de ne plus avoir d'étalement à l'horizontal mais avoir une densification urbaine (= à la vertical)

But : économiser le territoire dans les zones périurbaines pour sauvegarder une nature en plein sol.

⇒ Dans les villes, on superpose des sols entre eux, les toitures ne jouent plus uniquement le rôle de protections mais servent à réintégrer de l'agroforesterie, de l'agriculture urbaine, de la permaculture => ces concepts vont transformer les consommateurs du 20<sup>e</sup> siècle en consommateur du 21<sup>e</sup> siècle

Quel sera le rapport entre les villes et les campagnes ?

Dans les campagnes, on aurait encore une qualité plus haute qu'en ville (// sauvegarde du milieu naturel)

Idée de superposer les maisons individuelles et leurs jardins les uns sur les autres comme un téttris au cœur de la ville => avoir les avantages de la campagne en ville en vivant au plus près des autres et des services.

But : sortir les voitures de la ville :> ne plus construire tout à partir du tout à l'auto

Voir projet de village vertical à new Delhi ( Hypérior ) => superpositions des différentes fonctions nécessaires :> indépendant de l'auto => penser la ville comme un écosystème plurifonctionnel (=> limite les consommations et mobilité raisonnée )

Après, découverte des spécificités des différents quartiers et sur la grande échelle, ne pas avoir les mêmes choses dans tous les pays mais tenir compte de la culture de chacun et travailler avec des matériaux le plus locaux possible qui proviennent de filiales recyclées et ou recyclables (=> personnalisations des différents bâtiments) PAS D'UNIFORMISATION => TROUVER LA SPECIFICITE DE CHAQUE ENDROIT.

Pour faire une archi durable, il faut du temps. Penser à des architectures pour les plus pauvres, à des archi auto-construite où les architectes sont là pour imaginer la méthodologie des constructions et construction par les habitants

Volonté de commencer un projet en demandant l'avis de la population et d'en tenir compte :> processus de coparticipation avec l'habitant

Ville de demain entrainera une nouvelle société :> l'archi à une incidence sur les modes de vie.

⇒ C'est ce que Jacques Tati évoquait déjà avec son film Play time en 1967 (habitant isolé face au dieu télé) Nouvel objet = Nouveau mode de vie

Les bâtiments imaginés = vivants, = appropriés par la population =>volonté de bâtiments mutables, réversibles et qui peuvent changer de fonctions assez facilement :> idée que la fonction peut évoluer

Callebaut pense le passage du capitalisme du 20 e s. au solidarisme.

Du 21<sup>e</sup> s ( = « moins de biens, plus de liens »)

=>Au 20<sup>e</sup> siècle, capitalisme = basé sur l'accumulation de biens matériels

Solidarisme = basé sur des liens sociaux => notion de possession = remplacée par l'usage

Changement lent vers une nouvelle société sans capitalisme :> civilisation dématérialisée

Notions de COWORKING et de COLIVING sont souhaitées par les citoyens aujourd'hui => veulent partager les usages dans le cadre de l'habitat ou du travail.

Aujourd'hui, on demande aux archis d'imaginer des appartements qui fonctionnent comme des poupées russes « appartement dans des appartements où chacun à des endroits plus intimes pour se retrouver mais aussi des endroits comme un grand living commun « vivre pour soi mais tout partager ensemble »

Pour lui mixité + richesse de vie mais dure d'imposer la mixité sociale aux gens

Rôle de l'architecte : induire un nouveau comportement, des nouvelles façons de vivre.

Les bâtiments conçus par Callebaut seraient 15 à 30 % plus chers qu'un bâti traditionnel => est-ce vraiment des bâtiments où la mixité est possible ?

Réponse : faut révolutionner notre économie qui est basée sur le court terme et sur le profit immédiat.

⇒ « pour faire une architecture durable, il faut faire une économie durable » Bâtiment = plus cher que la norme car ils intègrent dès le départ toutes les énergies renouvelables ( fermes solaires, éoliennes, géothermie) .Sur 10 ans, on peut rembourser cette plus-value économique. Il imagine même des copropriétés à économies positive (crédit = rembourser par la production énergétique produite par l'architecture novatrice).

Approche pluridisciplinaire et élaboration de projets en discussion avec les ingénieurs agronomes, etc ( pas que des arbres cosmétiques, surtout comestibles)

Il pense que le citoyen de demain sera différent de celui d'aujourd'hui :> = plus respectueux de l'environnement, travaillera peut être moins, et invention d'une société non basée sur l'argent => invention d'une économie partagée où tous les habitants du globe ont accès aux ressources => idée d'un revenu universel qui permettrait à chacun de jouir de sa propre vie privée et d'être plus disponible

Son archi = inspirée par la nature => pas d'angles droits => ? D'éducation du regard ?

« L'architecture = notre 2<sup>e</sup> vêtement => on y est 24h sur 24 »

Révolution de la société est possible avec l'aide des citoyens

Callebaut = inspiré par Luc Schuiten (invente des codes et une architecture à l'opposé de ce qui se faisait), qui pense les choses de façon positives)

Par Horta / Hankar => art nouveau

⇒ Optimisations des choses, réduction de la matière au minimum en s'inspirant de la nature  
⇒ Pour lui , le fait d'être entourer de courbes et non d'angles droits fait qu'on se sent beaucoup mieux. ( Rappelle les courbes maternelles)

Il veut inverser les codes, aller en contre sens de ce qui est fait à l'heure actuelle.

Ils ont gagné un concours pour la reconstruction de Mossoul à partir de son cœur et non en dehors de la ville qui est isolée car pont déconstruit pour entourer la ville. Leur but étant de reconstruire la ville avec les ruines des bâtiments sur place, les retravailler pour faire des ponts habités du futur et permettent aux habitants de reconstruire la ville eux même à partir du lien aquatique historique.

Autre projet : tao zhu yin yuan à Taipei

ARCHITECTURE : PARIS 2050 => Callebaut imagine Paris en 2050

Ville de demain = - post- carbone/insecticide / nucléaire / fossile => vie qui a retrouvé une symbiose avec les écosystèmes.

- Inverse de la charte d'Athènes du Corbusier avec ses quartiers monofonctionnels => ville multi fonctionnelle : culturelle
- Éviter de phénomènes de gentrification

But : développer le concept de solidarité énergétique à grande échelle mais conscience que d'ici 2050, il y aura des détours, des changements => ce ne sera pas une idée en ligne droite

Projet de MASDAR CITY du bureau de Norman Foster « une citée verte au pays de l'or noir » émission France 5 ,2012

= créer une ville de toute pièce en plein milieu du désert qui fonctionne grâce aux énergies renouvelables et qui recyclerait tous ses déchets. Construit dans un environnement hostile.

Projet de SONGDO à Séoul = nouvelle ville aussi .

⇒ Si on crée des villes nouvelles de toutes part, il y a des risques de les déshumaniser => l'habitant à du mal à s'y retrouver

**Annexe 3**  
**Commissariat général belge**  
**pour les Expositions Internationales**



Rue du Progrès, 50  
1210 Bruxelles  
Belgique

N° d'entreprise 0684.768.827



Marché Public N° 2018/EXPO/DUBAI2020	
GUIDE D'ATTRIBUTION POUR PROCÉDURE CONCURRENTIELLE AVEC NÉGOCIATION	
concerne :	Marché de travaux pour la Conception, Construction, Scénographie, Maintenance, Démontage et Démolition du pavillon belge pour l'Exposition universelle de Dubaï en 2020.  Émirats arabes unis, Dubaï, site pour l'Exposition universelle de Dubaï 2020 – Lot C.77
informations :	Contactez le Pouvoir adjudicateur à l'adresse email suivante : <a href="mailto:Expo2020Dubai@economie.fgov.be">Expo2020Dubai@economie.fgov.be</a> .

Les *offres* doivent être reçues au plus tard le **mercredi 21 novembre pour 10 h 00** et être introduites de manière électronique via la plateforme électronique e-Tendering, accessible via l'URL <https://eten.publicprocurement.be/>.

Coût du cahier spécial des charges : **GRATUIT**

**Remarques : Pour une question de pertinence, seules les pages en rapport avec ce travail ont été conservées.**

## **PARTIE 1 – PARTICULARITÉS DU MARCHÉ**

### **Objet du présent marché**

Le marché a pour objet les travaux, les fournitures, les services, le transport, la main-d'œuvre et tous les moyens nécessaires à la conception, la construction (y compris la finition intérieure), la scénographie, la maintenance, le démontage et l'évacuation du pavillon belge pour l'Exposition universelle de Dubaï, qui se déroulera du 20 octobre 2020 au 10 avril 2021 inclus.

La procédure choisie est la procédure concurrentielle avec négociation, avec publicité européenne. Ce choix se justifie par la circonstance que ce marché implique la proposition de solutions innovantes et de concepts architecturaux créatifs, ainsi que les circonstances particulières liées à la nature, à la complexité, au montage juridique et financier, du, et aux risques rattachés au projet (art. 38, §1, 1er, b et c de la loi relative aux marchés publics).

Le pavillon belge se trouve sur le lot C.77 du site de l'Exposition de Dubaï, dont la surface au sol est de 2.179,43m<sup>2</sup> et dont au maximum 1.456,98m<sup>2</sup> peuvent être construits en tenant compte des marges de recul imposées par les Organismes. Aucune hauteur minimum n'est fixée mais il est demandé de tenir compte de la nécessité de maintenir une visibilité appropriée afin d'attirer les visiteurs. La hauteur maximale est de 15m. Le pavillon correspondra au programme des besoins (annexe 7) qui fait partie intégrante de ce guide d'attribution.

L'ensemble du pavillon, tant les aspects architecturaux que la scénographie et l'aménagement, devra être conçu autour du thème de l'Expo 2020 : Connecter les esprits, construire le futur. Le but des organisateurs de l'Expo 2020 est de créer des partenariats essentiels et intelligents sur trois grandes priorités, qui constituent les sous-thèmes, tous reliés entre eux : Opportunité, Mobilité (le thème choisi par la Belgique) et Durabilité. Ces trois sous-thèmes seront mis en avant sous différents angles : avancées scientifiques et technologiques (innovation), développement économique et réglementaire (inclusion), développement humain et social (compréhension). Le site <https://www.expo2020dubai.com/themes/mobility> donne plus d'information sur le thème de la mobilité vu par les organisateurs.

Il y a donc lieu de développer un projet en réponse au thème de la Mobilité en partant des particularités et des points de vue propre à la Belgique.

À travers l'exposition nous voulons montrer que la Belgique est résolument tournée vers le futur, qu'elle est connectée au monde extérieur.

L'architecture devra offrir aux visiteurs une expérience architecturale unique, surprenante, éblouissante et inoubliable. Les façades extérieures orientées vers le public devront être attrayantes dans le but de capter l'attention des visiteurs et éveiller leur curiosité pour y entrer et découvrir le pavillon. La mobilité consistera donc premièrement à ce que le visiteur s'arrête au pavillon belge.

La surface extérieure du pavillon offrira des accès généreux aux visiteurs y compris des espaces conviviaux pour les files d'attente mais aussi des espaces de loisirs, de détente et de consommations. Ces espaces devront être entièrement équipés, comme tout le pavillon d'ailleurs, et assurer aux visiteurs une protection adaptée aux conditions climatiques locales.

Les accès du pavillon et la circulation interne doivent assurer une circulation fluide des visiteurs quotidiens avec une entrée et une sortie séparées, une entrée VIP proche du début de la scénographie du pavillon, et à l'arrière du bâtiment une entrée pour les fournisseurs et le personnel.

Le flux interne des visiteurs du pavillon devra être continu afin d'éviter tant que possible la formation de files à l'extérieur et à l'intérieur du pavillon tout en prévoyant éventuellement, selon la scénographie choisie, des espaces séparés pour des présentations plus détaillées, comme par exemple des films, des démonstrations, ou des modules actifs de jeux et d'apprentissage.

Le bâtiment sera le plus passif possible avec une empreinte écologique évaluée sur toute la période de l'Expo la plus basse possible et privilégiera l'utilisation de matériaux durables et recyclables.

Le concept architectural retenu devra être en lien avec le thème de la mobilité et former un ensemble

cohérent et harmonieux avec le design et la scénographie intérieure du pavillon. Il privilégiera la production et l'utilisation d'énergies renouvelables, l'optimisation de l'utilisation des eaux, la gestion écologique des déchets, le contrôle des émissions et de la pollution atmosphérique, tout en gardant à l'esprit que le pavillon devra être démonté et réexporté des Émirats Arabes Unis, à moins qu'il ne soit réutilisé au terme de l'Exposition. Les matériaux utilisés devront être adaptés aux conditions climatiques locales et aux nombres de visiteurs attendus dans le pavillon qu'on peut estimer aux alentours de 20.000 par jour pendant toute la durée de l'Exposition.

La scénographie devra donner une visibilité à l'État fédéral et aux entités fédérées tout en veillant à ce que l'ensemble du concept soit harmonieux, cohérent et complémentaire. Il s'agira de montrer ce que la Belgique et ses entités fédérées peuvent offrir de plus innovant pour connecter les esprits et mettre en relation les peuples, les personnes, les entreprises, les objets, les villes, les régions dans un souci permanent de protection de la nature.

La scénographie devra mettre le visiteur au centre de l'exposition. Elle devra être physiquement, intellectuellement et émotionnellement accessible à tous les visiteurs.

Elle devra transmettre un message original, fort, simple et percutant qui doit imprégner le visiteur au-delà de sa visite et lui permettre de différencier le pavillon belge des pavillons voisins qui sont amenés à développer le même thème. Elle devra stimuler positivement l'imaginaire des visiteurs qui se laisseront emporter vers leur avenir.

Ce message fort qui doit montrer une Belgique résolument tournée vers le futur, connectée au monde extérieur et pionnière en matière de mobilité y compris de mobilité virtuelle, pourrait être construit autour du concept de la Belgique Connectée (Smart Belgium).

Un fil rouge innovant et s'inspirant de l'homme évoluant dans un environnement virtuellement mobile pourrait être imaginé en s'aidant de supports visuels et éventuellement des hologrammes, des video mapping ou autres nouvelles technologies numériques. Le vélo et le cyclisme pourraient être ce fil rouge.

Derrière ce concept de « Belgique Connectée » ou « Smart Belgium » le visiteur doit retrouver l'homme (le Belge) comme thème central de l'exposition. Sa mobilité concerne toutes les catégories de personnes y compris les personnes à mobilité réduite en mettant en évidence l'espace multiculturel dont la Belgique est une référence mondiale.

Le visiteur sera amené à vivre un trajet multimodal qui montrera comment les innovations technologiques des entreprises belges et régionales préparent l'homme à évoluer dans la Belgique et le monde de demain.

La Belgique et ses Régions sont pionnières en matière de mobilité intelligente et proposent des réponses aux grands défis sociaux, économiques et écologiques de notre époque tels que le réchauffement climatique, le vieillissement de la population, la mondialisation, la numérisation et l'intelligence artificielle. Ces réponses pourraient faire partie de la scénographie en montrant notre vision de la ville ou du pays du futur ainsi qu'au travers d'une série d'expériences réussies en matière de sécurité routière grâce à la connectivité numérique, les transports de marchandises, la logistique (y compris la bio-logistique), la mobilité des personnes et les véhicules autonomes, les expériences de voyages au travers de nos aéroports et de nos ports. On attire l'attention particulière des soumissionnaires sur le fait que la Belgique possède de nombreuses entreprises proposant des technologies très innovantes dans ces domaines. En annexe 8 de ce document se trouve une liste non exhaustive de sous thèmes de la mobilité du futur disponible en Belgique qui pourraient inspirer la scénographie du pavillon.

La manière dont ce message fort sera reproduit devra reposer avant tout sur le divertissement, la surprise et les histoires inattendues sachant que l'apprentissage est possible à travers différentes interactions y compris des moments de détente et de jeu. La présentation des atouts touristiques belges et régionaux connus peut servir de support ou d'arrière-plan et susciter chez les visiteurs l'envie de visiter la Belgique ultérieurement.

L'air du pavillon devra entièrement être conditionnée (ou conditionnable), soit (et de préférence) par l'utilisation intelligente de ventilation, soit par de la climatisation classique ou autres technologies innovantes. Le pavillon devra être fonctionnel et comprendra également plusieurs bureaux ou espaces de travail pour le personnel administratif (Commissaire Général, Directeur du pavillon, les représentants des Régions et un open space pour une vingtaine de membres du personnel administratif et d'encadrement),

des espaces de stockage suffisamment grands pour les marchandises et les produits alimentaires, des chambres froides, des vestiaires et sanitaires distincts pour les visiteurs et pour le personnel, un local poubelles suffisamment grand, un business center modulable avec auditoire d'une capacité minimale de 120 personnes, des espaces de restauration (restaurant gastronomique, espace de restauration take away, mess pour le personnel), une cuisine professionnelle, des espaces de commercialisation de produits belges tels que des gaufres, des frites, des chocolats, des bières, des diamants, des souvenirs représentatifs de la Belgique. Tout en tenant compte que la superficie des espaces commerciaux ne peut dépasser 20% de l'ensemble de la superficie du pavillon. Tous ces espaces devront être entièrement équipés, meublés, prêts à fonctionner et sécurisés pour éviter les vols et les dégradations.

Les organisateurs de l'Expo 2020 Dubai demandent que la partie muséale du pavillon et les parties commerciales puissent être exploitées séparément selon les horaires d'ouverture. En effet, en ce moment il est prévu que les visites de la partie muséale du pavillon devront s'arrêter à 22h00 tandis que les activités commerciales pourront continuer à fonctionner jusqu'à 1h00 du matin en semaine et à 2h00 du matin le week-end. Il est donc de la primordiale importance que les espaces commerciaux, intérieurs et extérieurs du pavillon soient conçus et aménagés de manière attrayantes pour attirer et fidéliser les visiteurs et les clients jusqu'à la fermeture du site de l'Expo dans une ambiance conviviale, amicale et musicale. Il est fortement recommandé de prévoir une continuité entre les espaces commerciaux extérieurs et intérieurs du pavillon.

Le business center, y compris l'auditoire, et l'(es) espace(s) d'exposition devront être modulable et/ou suffisamment polyvalent pour pouvoir accueillir des activités académiques, économiques, commerciales, artistiques, culturelles et touristiques.

La sécurité, la maintenance et l'entretien devront être assurés et réalisés selon des schémas bien précis avec des descriptions détaillées de tâches, des objectifs et des obligations de résultats. Un système de vidéo surveillance raccordé à un centre de contrôle devra être installé et fonctionner parfaitement. L'entretien du pavillon devra veiller à ce que tous les espaces du pavillon soient en permanence d'une parfaite propreté. Il faudra également prévoir un système de nettoyage à la demande si nécessaire. La permanence technique doit veiller à apporter des solutions aux éventuels problèmes techniques dans les délais les plus brefs et veiller à tout moment au bon fonctionnement technique du pavillon.

La construction, la scénographie, l'exploitation, la maintenance, la démolition et l'évacuation du pavillon belge devront répondre aux directives générales des organisateurs dubaïotes.

Un des objectifs du pavillon belge est d'être une vitrine du savoir-faire au sens large de la Belgique et de ses entités fédérées. C'est pourquoi le Pouvoir adjudicateur souhaite que l'architecture et la scénographie du pavillon mettent en évidence et utilise le plus possible des techniques, applications, produits et matériaux belges ou d'origine belge, tant pour l'extérieur que l'intérieur du pavillon.

Le Pouvoir adjudicateur prévoit un **budget** limité à 8.000.000 euros taxes, impôts et charges compris (huit millions d'euros) pour l'ensemble des travaux et services dont fait objet le présent marché. En revanche, le Pouvoir adjudicateur s'attend explicitement à ce que les Soumissionnaires apportent activement des sponsors afin de maximiser les valeurs économiques et d'investissement du pavillon belge et présentent un projet de pavillon Belge dont la valeur économique est substantiellement plus élevée que le budget disponible : la **plus-value** ajoutée par un Soumissionnaire grâce à des contrats de **sponsoring** (soit financièrement, soit en nature en livrant du matériel de construction ou des services techniques, spécialisés ou autre, soit en réduisant considérablement le coût d'un matériel ou d'un service) sera très sérieusement prise en compte dans l'évaluation d'après les critères d'attribution.

Il est à noter que les organisateurs dubaïotes nous ont informé que tous les matériaux nécessaires pour la construction du pavillon et importés directement sur le site de l'Expo seront exemptés de droits de douane et toute autre taxe. En plus, il sera normalement possible de demander le remboursement de la TVA payée sur les biens et les matériaux localement acquis et les services localement fournis et utilisés pour la construction et le fonctionnement du pavillon. L'attention est attirée sur le fait que le Pouvoir adjudicateur disposera d'une société locale, une *LLC* ou *Limited Liability Company*, qui sera créée par les organisateurs de l'Expo pour les besoins du Pouvoir adjudicateur, notamment en ce qui concerne l'obtention d'un *free trade licence* lui permettant d'importer du matériel directement sur le site de l'Expo en exemption de droit de douane et toute autre taxe. Seule cette *LLC* disposera d'une telle licence. En revanche, les Soumissionnaires sont responsables de leur propre analyse fiscale du présent marché et doivent eux-mêmes tenir compte des taxes éventuelles applicables.

En plus des aspects de durabilité environnementale, économique et sociale pour tous les aspects du présent marché, une attention toute particulière est portée à la connaissance du marché local en ce qui concerne la construction et la maintenance du pavillon. Le Soumissionnaire doit disposer d'un architecte enregistré localement, ce dernier étant responsable pour le design du pavillon et la demande de permis de construction auprès des organisateurs. En ce qui concerne la scénographie, une attention toute particulière est portée à l'expérience en matière de concept dit visiteur-centrique.

Le marché est subdivisé comme suit :

**PARTIE 1** : L'ensemble des études pour la **conception** du pavillon belge et son environnement.

Ces études et la conception comprennent (liste non-exhaustive) :

- le gros œuvre fermé,
- la stabilité de l'ouvrage,
- les installations sanitaires,
- le chauffage, la ventilation et le conditionnement d'air
- l'acoustique,
- l'électricité, l'électromécanique, les réseaux de communication (y compris WiFi), les moyens audiovisuels,
- l'exposition au pavillon belge : la scénographie,
- l'aménagement intérieur total :
  - o espaces commerciaux,
  - o finition intérieure prête à l'emploi,
  - o mobilier fixe et mobile,
  - o signalisation et pictogrammes,
  - o appareils d'éclairage,
- l'aménagement de l'environnement extérieur,
- l'aménagement et l'équipement d'une cuisine professionnelle, d'un ou plusieurs restaurants et d'un ou plusieurs bars,
- l'étude globale de la protection contre l'incendie et de la sécurité d'accès,
- la coordination de l'ensemble des études architecturales et techniques.

**PARTIE 2** : La **coordination sécurité-santé** dans les phases de la conception et de la réalisation (construction, démontage et évacuation).

**PARTIE 3** : La **construction** du pavillon belge et de son environnement, y compris les fournitures, le transport, la main d'œuvre et tous les moyens nécessaires ainsi que la coordination de l'ensemble des sous-traitants ou cocontractants intervenant pendant cette phase. L'introduction et l'obtention de toutes les autorisations nécessaires à la réalisation du présent marché en étroite concertation avec le Pouvoir adjudicateur.

**PARTIE 4** : La partie **maintenance/sécurité/autres coûts**, qui comprendra:

- le nettoyage/entretien très fréquent de toutes les surfaces bâties ou non, y compris les zones vertes,
- la blanchisserie/le nettoyage à sec, y compris du linge du restaurant, de la cuisine, des espaces commerciaux et les uniformes du personnel du pavillon,
- le traitement et l'évacuation des déchets,
- l'assistance technique/dépannage,
- la maintenance des installations techniques/HVAC,
- le gardiennage/la sécurité,
- les taxes, contributions, assurances,
- les autres coûts et charges.

**PARTIE 5** : La partie **démontage et évacuation** du pavillon et la **remise en état** initial du terrain.

À la fin de l'expo, le 10/04/2021, l'Adjudicataire se charge du démontage et évacuation du pavillon en dehors des Émirats arabes unis et de la remise en état initial du terrain, conformément à la réglementation applicable au site d'Exposition.

L'Adjudicataire est libre de disposer du pavillon à sa meilleure convenance, y compris la réutilisation ou la cession, tout en sachant que si le pavillon est reconstruit et reçoit une autre destination, cette nouvelle destination doit être préalablement et explicitement approuvée par le

Pouvoir adjudicateur. Toutes les mentions qui renvoient à l'Expo ou à la participation de l'État belge doivent être enlevées.

Le prix mentionné par les Soumissionnaires dans leur offre pour cette partie 5, comprendra les éléments suivants :

- (En plus) : le prix pour le démontage du pavillon et son évacuation en dehors des Émirats arabes unis et la remise en état initial du terrain, conformément à la réglementation applicable au site d'Exposition ;
- (En moins) la "valeur résiduelle" du pavillon, à savoir la valeur que l'Adjudicataire réaliserait à la suite de la récupération/réutilisation éventuelle/cession du pavillon, de son projet, des matériaux utilisés, etc.

Néanmoins, le Pouvoir adjudicateur se réserve le droit de modifier le sort du pavillon lors de l'exécution du Marché. Le Pouvoir adjudicateur a la possibilité de décider, à la fin de l'Expo le 10/04/2021, que le pavillon reste sa propriété. Si le cas se présente, le Pouvoir adjudicateur sera libre de disposer du pavillon à sa meilleure convenance, y compris la réutilisation ou la cession, sans devoir payer à cet effet des indemnités, charges ou droits supplémentaires à l'Adjudicataire, excepté pour ce qui est du transfert des droits intellectuels sur le projet. A cette fin, les Soumissionnaires mentionnent dans leur offre le prix du transfert définitif des droits intellectuels sur le projet au Pouvoir adjudicateur : le calcul de ce prix est fixé à 15% du montant de la Partie 1. Le Pouvoir adjudicateur se chargera le cas échéant du démontage et de l'évacuation du pavillon et de la remise en état initial du terrain. Dans ce cas, les travaux de démontage et d'évacuation seront retirés du marché et ce, sans compensation pour l'Adjudicataire.

Les Soumissionnaires sont censés tenir compte des éléments susmentionnés lors de la rédaction de leur offre.

Le Pouvoir adjudicateur se réserve le droit de demander des prestations supplémentaires "sur demande" à l'Adjudicataire s'il estime que les circonstances l'exigent.

Les dates ci-dessous constituent certaines périodes non-modifiables auxquelles les différentes phases du marché sont attendues :

- Fin construction du pavillon : 20/10/2019
- Fin aménagement du pavillon : 20/07/2020
- Fin installation scénographie : 20/09/2020
- Exposition : 20/10/2020 au 10/04/2021
- Fin démolition : 10/10/2021

Pour tous les détails concernant les tâches à exécuter, il est renvoyé à la description technique du présent guide d'attribution (annexes 1 à 12).

## **Lots (article 58 de la Loi relative aux marchés publics)**

Les spécificités et complexités relatives à l'exécution des travaux sur le sol dubaïote impliquent une coordination rendant l'allotissement impossible dans le cadre du présent marché.

Pouvoir adjudicateur

Les travaux sont exécutés sous la direction de la Régie des Bâtiments (maître d'ouvrage délégué) (numéro d'entreprise : 0208.312.646), au nom et pour le compte du Commissariat général belge pour les Expositions internationales (numéro d'entreprise : 0684.768.827), Rue du Progrès 50, à 1210 Bruxelles, en exécution de la décision de participation du Conseil des Ministres du 16 décembre 2016. Lorsque, dans les Documents du marché, il est question du « Pouvoir adjudicateur », on entend par là, le « Commissariat général belge pour les Expositions internationales ».

Toutefois, le Pouvoir adjudicateur se réserve le droit de se faire substituer, sans aucun préjudice, en total ou en partie, à n'importe quel moment et pour la durée lui convenant pendant l'exécution du Marché, par une autre entité entièrement contrôlée par le Pouvoir adjudicateur. Notamment, le Pouvoir adjudicateur peut se faire substituer par la LLC lui appartenant et localement établie pour les besoins de la participation belge à l'Expo 2020. Quand le présent cahier des charges et les autres

## Liste des autres pièces à joindre à l'offre

Le Soumissionnaire est tenu de joindre les pièces suivantes à son offre, qui devront tous présenter une bonne lisibilité et permettre une compréhension sans ambiguïtés :

**Document nr 1.** Le formulaire d'offre selon le modèle repris en annexe 13 et tous les documents administratifs.

Documents exigés pour l'attribution du présent marché joint au formulaire d'offre:

**Document nr 2.** Pour autant qu'elle n'est pas encore fournie dans le cadre de la procédure de sélection, la preuve que le Soumissionnaire ou au moins un Opérateur économique membre de son groupement répond aux exigences en matière d'agrément des entrepreneurs (classe D, catégorie 8). Conformément à la réglementation, l'entrepreneur doit être agréé au moment de l'attribution du marché ;

**Document nr 3.** Un **planning** reprenant les différentes phases du marché ;

**Document nr 4.** Un tableau de prix détaillé, comme déterminé à l'article 20 Métré récapitulatif, selon le modèle repris en annexe 18;

**Document nr 5.** Dossier technique de plans, sections, schémas de principe, notes et matériaux:

### 5A. Architecture :

- 5A1: une note écrite (au maximum 5 pages) en français ou en néerlandais et traduit en anglais.

Ceci doit permettre d'apprécier les éléments suivants:

- les options architecturales
- si la solution proposée (construction et aménagement extérieur) est harmonisée au thème de l'Exposition.
- 5A2 : plan de l'implantation du pavillon par rapport au réseau routier (échelle 1/200) avec aménagement de l'environnement immédiat.
- 5A3: plans d'implantation avec indication des dimensions des différents niveaux et aménagement extérieur à 1/100.
- 5A4: vues des différentes façades et de la toiture (échelle 1/100) avec les chiffres des composantes les plus importantes; afin qu'il soit possible de lire et de comprendre le développement conceptuel du pavillon belge.
- 5A5: une esquisse (échelle 1/200) avec indication de la gestion des différents flux de trafic, tant externe (ligne d'attente) qu'interne (visiteurs, groupes, PMR, VIP, personnel) ainsi que les entrées et sorties du pavillon.
- 5A6: toutes les sections longitudinales pertinentes avec indication des dimensions (échelle 1/100);
- 5A7: toutes les sections transversales pertinentes avec indication des dimensions (échelle 1/100);
- 5A8: le schéma de principe de la toiture, éventuellement avec sections (échelle 1/50) et/ou données détaillées qui démontre quelles mesures ont été prises pour l'isolation thermique, avec indication de la zone de la "toiture verte" et l'éventuelle terrasse sur toit;
- 5A9: une perspective à échelle 1/100 de l'extérieur du pavillon;
- 5A10: un plan d'égouts extérieurs à échelle 1/100;

- 5A11: les sections détaillées des éléments de construction auxquelles une attention particulière doit être donnée (échelle 1/50 – données détaillées échelle 1/20):
  - la spécification d'une toiture plate éventuelle
  - l'isolation sonore des bureaux, du restaurant et du business centre par rapport au hall d'Exposition et ces locaux mutuels.

#### 5B. Scénographie :

- 5B1: une note écrite (au maximum 5 pages) en français ou en néerlandais et traduite en anglais:

Ceci doit permettre d'apprécier les éléments suivants:

- la thématique générale dominante de l'exposition au pavillon belge et le développement d'une propre identité pour le pavillon belge
  - le pouvoir pédagogique du concept (de quelle manière le concept interpellera tous les visiteurs du pavillon, peu importe leur classe sociale, leur âge et leur culture).
- 5B2: 4 esquisses du concept global de l'exposition dans la forme d'esquisses lisible et compréhensibles qui transmettent les intentions de l'auteur de projet.
  - 5B3: les plans d'implantation à échelle 1/100 avec indication des différentes pièces scénographiques et des parties composantes.
  - 5B4: au moins 2 sections schématiques générales de la zone d'exposition (1 en longueur et 1 en largeur), à échelle 1/100
  - 5B5: 3 visuels du concept proposé, sous des angles différents.

#### 5C. Durabilité :

- 5C1: une note explicative étendue d'au maximum 15 pages en français ou en néerlandais et traduite en anglais en ce qui concerne le concept d'énergie dans lequel une application poussée du principe *Trias Energetica* est proposée. Ce principe est utilisé pour la demande d'énergie, l'utilisation de matériel et la consommation d'eau.

- la demande d'énergie :

étape 1 : limitez la demande d'énergie : évitez l'utilisation inutile d'énergie par un concept de projet économique en énergie; conceptions de bâtiments compactes avec une bonne orientation, rapports intéressants entre murs et fenêtres, une bonne entrée de lumière du jour, éclairage synthétique de présence et commandée par la lumière du jour, un brise-soleil réglable, une bonne qualité d'isolation et une densité d'air dans l'enveloppe du bâtiment, une stratégie de ventilation adaptée, récupération de chaleur (p.ex. d'eau de douche), ...

étape 2 : utilisation de sources d'énergie durables/renouvelables : utilisation de sources d'énergie durables comme chaleur du sol, énergie solaire thermique et photovoltaïque, utilisation d'énergie éolienne et biomasse ...

étape 3 : utilisation efficace de ressources limitées : utilisation de combustibles (fossiles) limitées efficacement comme éclairage efficace en énergie, systèmes de chauffage à basse température, chaudières CC à condensation, ventilation hybride, refroidissement libre, pompes thermiques, module de cogénération.

- les matériaux utilisés :

étape 1 : limitez l'utilisation des matériaux : construction compacte, gestion de déchets

étape 2 : utilisez des matériaux durables/renouvelables dont les matériaux correspondent uniquement à la classe 1.2.3. de l'index NIBE

étape 3 : limitez l'utilisation de matériaux non durables et justifiez leur utilisation.

- la consommation d'eau :

étape 1 : limitez la demande d'eau: utilisez des appareils économiques en eau (toilettes, douches, robinets, ...)

étape 2 : récupérez où possible : examen ou réutilisation d'eau grise est possible (pour rinçage des toilettes) et si l'eau pluviale peut être récupérée.

étape 3: installez les dispositifs pour infiltration et stockage d'eaux pluviales : toitures de végétation, wadis, ...

La note doit également reprendre les mesures qui seront prises afin d'atteindre la certification BREEAM EXCELLENT (ou standard international équivalent).

- 5C2: une note explicative étendue d'au maximum 10 pages en français ou en néerlandais et traduite en anglais décrivant et récapitulant l'estimation de consommation en eau, gaz, électricité du pavillon sur la durée de l'Exposition. Les hypothèses de cette note en termes de climatisation, eau chaude sanitaire et ventilation sont reprises dans l'annexe 5 HVAC. Le document devra également reprendre quel pourcentage de la consommation d'énergie est produit sur site de manière renouvelable et quelles sources d'énergies alternatives sont prévues.

#### 5D. Stabilité :

- 5D1: une note explicative (d'au maximum 3 pages) en français ou en néerlandais et traduite en anglais dans laquelle le principe de la structure proposée est clairement exposée; composition-type des sols; sécurisation incendie des structures.
- 5D2: les plans de principe de la structure des fondations.

#### 5E. Ventilation et climatisation :

- 5E1: une note descriptive générale en français ou en néerlandais et traduite en anglais des installations de ventilation et de climatisation avec:
  - une déclaration des différents systèmes, ainsi que leur régulation automatique avec indication de la puissance des groupes.
  - les types de traitement pour les différentes sortes de locaux du bâtiment (hall d'exposition, salle des VIP, restaurant, cuisine, bureaux, etc. ...).
- 5E2: les plans généraux des installations et les schémas des principes choisis

#### 5F. Électricité (courant fort, courant faible, téléphonie et transfert de données) :

- 5F1: une note explicative en français ou en néerlandais et traduite en anglais avec:
  - une description technique avec esquisse des installations pour éclairage intérieur et extérieur, y compris notamment l'éclairage par laquelle le pavillon sera mis en avant.
  - les mesures et installations proposées pour une production propre d'électricité de secours.
  - bilan de la puissance lors d'une alimentation normale.
- 5F2: la structure des installations (cabines à haute tension, ensemble des installations basse tension, ... ensembles des distributeurs de basse tension).

#### 5G. Électromécanique :

- 5G1: une note explicative avec:
  - la justification en matière d'implantation et le type d'équipements (ascenseur, monte-charge, petit monte-charge ...)
  - les conséquences de ce choix pour le confort d'utilisation du bâtiment.

#### 5H Installations sanitaires - conduites d'amenée et d'évacuation :

- 5H1: un plan de toutes les conduits d'amenée et d'évacuation du pavillon

#### 5I. Équipements de cuisine :

- 5I1: un plan détaillé de la cuisine, de son mobilier et de ses appareils avec tous les raccordements électriques, raccordements d'eau chaude et froide, toutes les évacuations et conduites d'eaux usées (échelle 1/50).

#### 5J. Physique du pavillon (acoustique, hygrothermie, lumière naturelle) :

- 5J1: une note explicative en français ou en néerlandais et traduite en anglais avec les choix d'architecture et le choix des matériaux en vue de la réponse aux exigences en matière de qualité dans les domaines suivants:
  - acoustique
  - thermique
  - lumière naturelle

#### 5K. Sécurité incendie et sécurisation d'accès :

- 5K1: une note explicative concernant les principes pour la sécurité incendie et la sécurisation d'accès active et passive, conformément au schéma avec indication de la gestion des différents flux de trafic.

Les 8 notes explicatives des points D à K sont pour l'ensemble au maximum 12 pages en français ou en néerlandais et traduites en anglais, avec ajout de schémas de principe au format A3.

Ces notes sont rédigées dans la forme d'un texte, d'esquisses ou de schémas de fonctionnement, dans les différents domaines d'ingénierie.

#### 5L. Matériel et matériaux :

Le Soumissionnaire joint à son offre la liste résumée en français ou en néerlandais et traduite en anglais du matériel ou des matériaux (marque et type commerciaux), ainsi que la documentation correspondante et la qualité environnementale du matériel choisi (réutilisable, recyclable, ...), pour les postes suivants du marché:

- 5L1: Gros-œuvre et parachèvements:
  - a) Éléments de construction
    - construction et nature des éléments structurels (fondations, sols, parois, squelette, ...);
    - nature des cloisons de séparation;
    - structure de réflexion et construction de toiture.
  - b) Finitions
    - revêtements de mur, de sol et de plafond;
    - encadrements de portes et de fenêtres + vitrages + système éventuel d'obscurcissement;
    - type d'escalier + garde-corps et rampes d'escaliers.
  - c) Services
    - Mobilier et appareils de cuisine
    - mobilier autonome pour l'ensemble du pavillon, y compris bureaux, restaurants, espaces commerciaux et espaces de scénographie

- type d'appareils d'éclairage.
- 5L2: Installations de ventilation et de climatisation:
  - groupes de traitement d'air;
  - pompes et circulateurs ;
  - régulation automatique ;
  - échangeurs de chaleur accumulateurs:
  - équipements pour air conditionnée (split units, convecteurs de ventilation, installations pour eau glacée, ...);
  - hottes cuisine.
- 5L3: Installations électriques:
  - les cabines haute tension ;
  - les transformateurs;
  - l'ensemble général des appareils d'éclairage à basse tension;
  - l'ensemble des distributeurs de basse tension;
  - les appareils d'éclairage pour l'espace d'Exposition, la réception, le shop, les bureaux, le restaurant, le local VIP et les installations sanitaires etc. ...
  - les appareils d'éclairage de sécurité ;
  - les installations de production électrique de secours.
- 5L4: Installations à basse tension:
  - téléphonie: - centrale
    - appareils
  - communication : - WiFi
    - dataserver et système d'e-mail
  - détection incendie: - centrale
    - détecteur
- 5L5: Installations électromécaniques (ascenseurs, petit monte-charge, etc)
  - moteur/ralentisseur, mise en marche, portes de cabine et de palier.

Les mentions de la marque et du type, comme déterminé ci-avant ne peuvent pas être accompagnées d'une mention telle que "ou similaire", "ou équivalent". L'Adjudicataire doit pendant l'exécution appliquer les matériaux indiqués ou le matériel indiqué.

**Document nr 6.** Dossier relatif à l'entretien du pavillon au sens large : maintenance, nettoyage et sécurité.

6A. Maintenance technique :

Le Soumissionnaire joint à son offre une note explicative (au maximum 2 pages) reprenant les moyens humains et techniques mis en place afin de garantir le bon fonctionnement des installations du pavillon, et ce conformément aux exigences de confort et d'utilisation pour les occupants et les visiteurs. Cette note contient entre autres :

- un détail de la fréquence des entretiens préventifs
- une explication des mesures prises en cas d'entretien correctif (pour la scénographie, l'HVAC, l'électricité, ICT, cuisine, frigo, ...)
- un maximum d'informations concernant l'utilisation du système de télégestion (pour la scénographie, l'HVAC, l'électricité, ICT, cuisine, frigo, ...)

6B. Nettoyage et entretien :

Le Soumissionnaire joint à son offre une note explicative (au maximum 2 pages) reprenant les moyens humains et techniques mis en place afin de garantir le bon fonctionnement des installations :

- équipements
- main d'œuvre
- fréquence (sanitaire, vitres, sols, cuisines, magasins, ...)
- ...

#### 6C. Surveillance et sécurité :

Le Soumissionnaire joint à son offre une note explicative (au maximum 4 pages) reprenant les moyens humains et techniques mis en place afin de garantir la sécurité à l'intérieur de l'enceinte du pavillon belge :

- gardiennage
- caméra, détecteurs, ...
- « access control » à spécifier
- ...

#### 6D. Jardinerie et entretien des zones vertes :

Le Soumissionnaire joint à son offre une note explicative (au maximum 2 pages) reprenant les moyens humains et techniques mis en place afin de garantir l'entretien et l'aspect des espaces verts, à l'intérieur de l'enceinte du pavillon belge :

- équipements
- main d'œuvre
- fréquence d'entretien, arrosage, ...
- produits
- ...

#### 6E. Blanchisserie – Nettoyage à sec

Le Soumissionnaire joint à son offre une note explicative (au maximum 2 pages) reprenant les moyens humains et techniques mis en place afin de garantir l'entretien du linge (uniformes, restaurant, sanitaires,...)

Il y développera le personnel mis en place, les délais de récupération du linge, les fréquences de renouvellement, ...

#### 6F. Traitement et évacuation des déchets

Le Soumissionnaire joint à son offre une note explicative (au maximum 4 pages) reprenant les moyens humains et techniques mis en place afin de garantir l'enlèvement des déchets à l'intérieur de l'enceinte du pavillon Belge.

Il y développera également, l'aspect environnemental de la gestion des déchets ainsi que :

- main d'œuvre
- équipements
- fréquence d'évacuation (cuisines, bureaux, extérieurs, cendriers, ...)
- méthode d'élimination
- tri
- ...

#### **Document nr 7. Autorisations, agréments et accréditations.**

Ce dossier reprend toutes les agréments, accréditations et autorisations requises dans le présent marché, particulièrement aux points 8.2 et 8.3 du présent guide.

-----

Tous les documents introduits par les Soumissionnaires restent propriétés du Pouvoir adjudicateur; le Soumissionnaire reste propriétaire de la propriété intellectuelle et artistique de l'architecture du pavillon sous réserve de ce qui est prévu à l'article 49 du présent guide.

### **Délai d'engagement (article 58 A.R. Passation)**

Les Soumissionnaires restent engagés par leur offre, telle qu'elle a été éventuellement rectifiée par le Pouvoir adjudicateur, pendant un délai de 180 jours de calendrier à compter de la date limite de remise de la BAFO.

### **Clause de non-responsabilité**

Le présent document ne peut pas être considéré comme un encouragement à introduire une offre.

Ces informations sont uniquement mises à la disposition des Candidats sélectionnés, qui sont censés posséder la compétence et l'expérience nécessaires pour pouvoir évaluer les risques inhérents à une procédure de passation, et comprendre et évaluer les informations communiquées dans ce document.

Le Candidat est censé procéder lui-même à une analyse et à une estimation indépendantes des informations communiquées et, si nécessaire, en vérifier l'exactitude, la complétude et la précision.

Le Soumissionnaire ne pourra pas se prévaloir, vis-à-vis du Pouvoir adjudicateur, des lacunes, omissions ou contradictions dans les Documents du marché s'il n'a mentionné ces lacunes, omissions ou contradictions au moins dix jours avant la remise de l'offre auprès du Pouvoir adjudicateur.

Sous réserve de ce qui est prévu à l'article 6.12, dernier alinéa, du présent guide, le Pouvoir adjudicateur n'accepte aucune responsabilité pour les frais de soumission, les dépenses, le travail réalisé ou les efforts qui ont été fournis par ou au nom d'un Candidat ou d'un Soumissionnaire en exécution de la présente procédure de passation, même si aucune suite n'est donnée à la présente procédure de passation, par exemple suite à des décisions émanant d'autres autorités ou instances.

Par le dépôt d'une offre, le Soumissionnaire accepte la présente clause de non-responsabilité.

## **PARTIE 5 – ATTRIBUTION DU MARCHÉ**

### **Principe (article 81 de la loi relative aux marchés publics)**

Le marché est attribué au Soumissionnaire ayant remis l'offre régulière qui est économiquement la plus avantageuse du point de vue du Pouvoir adjudicateur.

Après négociations et introduction de la BAFO, le Pouvoir adjudicateur écarte les offres qui doivent être considérées comme nulles ou irrégulières.

Seront plus particulièrement considérées comme **irrégulières**:

- **les offres dont le dossier est essentiellement incomplet;**
- **les offres dont le montant total à payer par le Pouvoir adjudicateur, taxes, impôts et charges compris, est supérieur à 8.000.000 euros;**
- **les offres qui ne respectent pas les dates clés définies dans le planning d'exécution du marché.**

Le Pouvoir adjudicateur se réserve également le droit de refuser une offre qui, après négociations, ne respecte pas les prescriptions urbanistiques imposées par l'organisation de l'Expo.

Ensuite, le Pouvoir adjudicateur attribue le marché au Soumissionnaire dont l'offre reçoit le plus de points.

### **Énumération des critères d'attribution**

Avec un total de 100 points, les critères d'attribution sont les suivants :

- valeur économique du pavillon (25 points)
- valeur architecturale, esthétique et innovatrice (25 points)
- scénographie (25 points)
- durabilité et qualité technique (15 points)
- entretien et prévention (10 points)

#### **34.1. - La valeur économique du pavillon (25 points)**

La valeur économique du pavillon est évaluée en 2 étapes :

**1)** d'abord un **score** est donné selon deux aspects :

- le prix du Marché et la prise en compte de l'enveloppe budgétaire maximale indiquée dans le présent guide d'attribution ; et

- la valeur comptable du pavillon livré : le Soumissionnaire détaille la valeur du pavillon livré, reprenant en plus des prix facturés au Pouvoir adjudicateur, les montants de sponsoring en nature (valeur comptable) et financiers qu'il aura réussi à lever.

Les Soumissionnaires mentionneront dans un document séparé (voir modèle « fiche descriptive » en annexe 19), joint à leur offre et pour chaque poste du marché faisant l'objet d'un sponsoring, l'identité du sponsor, le montant ou la valeur et le poste concerné. Ils joignent à leur offre les engagements signés des sponsors : c'est-à-dire pour chaque sponsor, une confirmation ferme de l'intention de sponsoriser le pavillon belge en précisant la valeur du sponsoring, les éventuelles conditions spéciales du sponsor et l'engagement ferme de signer un contrat avec le Pouvoir adjudicateur selon les grandes lignes prévues dans le contrat modèle (voir ci-dessous).

Le Pouvoir adjudicateur se réserve le droit de vérifier s'il existe des motifs d'exclusion dans le chef des sponsors, sans préjudice de la possibilité d'appliquer des mesures correctrices conformément à l'article 70 de la Loi relative aux marchés publics. Il se réserve également le droit de refuser un sponsoring qui serait incompatible avec la thématique et le message de l'Expo, avec les valeurs démocratiques de la

Belgique, ou qui porterait atteinte à la crédibilité, la fiabilité, l'objectivité ou l'indépendance du Pouvoir adjudicateur. Dans le cadre des négociations, le Pouvoir adjudicateur pourra exiger que le Soumissionnaire remplace ou élimine un sponsor à l'encontre duquel il existe des motifs d'exclusion ou de refus tels que mentionnés dans le présent guide.

En cas de refus d'un sponsoring avant l'attribution du marché par le Pouvoir adjudicateur, le Soumissionnaire adapte le prix de son offre, sans en modifier sa régularité. Ceci impactera les points attribués au critère correspondant.

L'annexe 11.1 reprend les options disponibles pour les Soumissionnaires à offrir aux sponsors comme retour en échange de leur sponsoring. En fonction de la valeur comptable (et non la valeur économique ou le prix de vente) du sponsoring dans les livres du sponsor et/ou de sa contribution financière, il aura droit à des services ou des prestations en échange de son sponsoring. Lors de la conclusion du Marché, les sponsors retenus de l'Adjudicataire et approuvés par le Pouvoir adjudicateur concluront un contrat séparé avec le Pouvoir adjudicateur. Un modèle de ce contrat de partenariat se trouve à l'annexe 11.2. Ce contrat doit garantir que le Pouvoir adjudicateur exécute les retours effectifs offerts et prestés pour les différents sponsors du pavillon belge, qu'ils soient apportés directement par l'Adjudicataire ou non. Les annexes 11.1 et 11.2 peuvent être transmises par les Soumissionnaires aux candidats sponsors, mais restent confidentielles.

Afin de calculer le score des Soumissionnaires, la formule utilisée est la suivante :

$$\text{Score} = 2Y - X$$

avec Y = valeur comptable du pavillon, soit la somme des prix facturés au Pouvoir adjudicateur augmentée des valeurs de sponsoring pour chaque poste faisant partie du montant total de l'offre (comme défini à l'article 20 du présent guide d'attribution : Partie 1 à 4 et Partie 5.A)

X = prix du Marché/pavillon, soit le montant total de l'offre (comme défini à l'article 20) (maximum = 8 millions d'euros)

**2)** ensuite les Soumissionnaires se voient attribuer un nombre de **points** afin de les classer sur ce critère d'attribution.

Le Soumissionnaire ayant obtenu le plus grand score obtient le maximum de points, c'est-à-dire 25 points. Les autres reçoivent un nombre de points proportionnel, selon la formule suivante :

$$\text{Points} = 25 * \left( \frac{\text{Score Soumissionnaire}}{\text{Score Max}} \right)$$

avec : Score Soumissionnaire = le score dudit Soumissionnaire selon la première étape  
Score Max = le score du Soumissionnaire ayant obtenu le plus grand score selon la première étape

### **34.2 - La valeur architecturale, esthétique et innovatrice du pavillon (25 points)**

La valeur architecturale, esthétique et innovatrice est évaluée sur :

- L'esthétique et l'originalité architecturale intérieure et extérieure du pavillon (7 points)
- La concordance entre l'architecture proposée et le programme des besoins, y compris les exigences relatives aux installations techniques et exigences de confort pour les occupants et visiteurs (6 points)
- La circulation interne, la gestion des flux des visiteurs et la réponse aux différentes fonctions demandées (6 points)
- L'esthétique et l'originalité de l'aménagement des abords extérieurs (3 points)
- L'adéquation de la solution proposée avec la thématique de l'Exposition (3 points)

### **34.3 - Scénographie (25 points)**

La scénographie est évaluée sur :

- Son respect de la thématique (10 points)

- Les volontés pédagogiques du concept (8 points)
- Le caractère innovant du projet de scénographie (7 points)

#### **34.4 - Durabilité et qualité technique du bâtiment (15 points)**

La qualité technique du bâtiment est évaluée sur :

- La structure du bâtiment (2 points)
- Les installations techniques (HVAC, électricité, électromécanique, cuisine) (3 points)
- La sécurité (incendie et agression/intrusion) (3 points)

La durabilité est évaluée sur :

- La démarche environnementale (2 points)
- La production de CO2 liée à l'utilisation du pavillon (3 points – plus de points pour moins de production)  
 Cette production de CO2 sera calculée sur base des données statistiques belges, à savoir :
  - gaz naturel : 0.198 kg CO2/kWh
  - mazout : 0.264 kg CO2/kWh
  - électricité : 0.29 kg CO2/kWh.
- La production d'énergie renouvelable (2 points – plus de points pour plus de production) : le Soumissionnaire mentionnera la proportion d'énergie renouvelable du projet (en puissance installée en kW ou production d'énergie estimée sur la durée de l'Expo en kWh : solaire thermique / photovoltaïque / autres...).

#### **34.5 – Entretien, prévention et sécurité (10 points).**

La qualité des interventions relatives à l'entretien, aux réparations et à l'exploitation est évaluée en fonction des mesures qui seront proposées à être mises en œuvre par le Soumissionnaire en personnel et en matériel, afin de répondre aux exigences d'entretien et de sécurité du pavillon, aux exigences de maintenance technique du pavillon telles que des appels de dépannage, de remplacement de pièces et d'entretien et aux exigences de sécurité.

La répartition des points selon les thèmes abordés est la suivante :

- blanchisserie et nettoyage à sec : 1 point
- jardinerie et entretien des zones vertes : 1 point
- maintenance technique : 2 points
- nettoyage et entretien : 2 points
- surveillance et sécurité : 2 points
- traitement et évacuation des déchets : 2 points

**Annexe 4**  
**Commissariat général belge**  
**pour les Expositions Internationales**



Rue du Progrès, 50  
1210 Bruxelles  
Belgique

N° d'entreprise 0684.768.827



Marché Public N° 2018/EXPO/DUBAI2020	
GUIDE D'ATTRIBUTION POUR PROCÉDURE CONCURRENTIELLE AVEC NÉGOCIATION	
concerne :	Marché de travaux pour la Conception, Construction, Scénographie, Maintenance, Démontage et Démolition du pavillon belge pour l'Exposition universelle de Dubaï en 2020.  Émirats arabes unis, Dubaï, site pour l'Exposition universelle de Dubaï 2020 – Lot C.77
informations :	Contactez le Pouvoir adjudicateur à l'adresse email suivante : <a href="mailto:Expo2020Dubai@economie.fgov.be">Expo2020Dubai@economie.fgov.be</a> .

# ANNEXE 1

# DURABILITÉ

## Généralités

Compte tenu de son environnement et du rôle exemplaire à jouer par les instances publiques, le pavillon belge devra être conçu de manière à limiter au maximum son impact environnemental (notamment dans sa conception, sa réalisation et son utilisation).

Le pavillon devra faire l'objet d'une certification BREEAM (ou certification internationale équivalente) et obtenir au minimum le résultat « Excellent » (ou équivalent).

Le pavillon doit satisfaire aux « *Green Building Regulations & Specifications* » de l'Émirat de Dubaï. L'attention est attirée sur le fait que les organisateurs de l'Exposition portent beaucoup d'attention à l'aspect de la durabilité et qu'ils ont émis plusieurs textes, politiques et guides à ce sujet. Le Soumissionnaire est censé en avoir pris connaissance et en avoir tenu compte lors de la remise de son offre.

L'Adjudicataire devra inclure un calcul de la consommation énergétique du bâtiment, reprenant l'ensemble des équipements (éclairage, climatisation, auxiliaire pour les techniques spéciales, chambres froides éventuelles, équipements de scénographie, appareils de levage,...), la production d'énergie renouvelable et quantifier l'ensemble en terme de CO<sub>2</sub> sur base des coefficients de conversion suivants : Gaz naturel : 0.198 kg CO<sub>2</sub>/kWh, Mazout : 0.264 kg CO<sub>2</sub>/kWh, Électricité : 0.29 kg CO<sub>2</sub>/kWh. Il veillera à ce que cette consommation soit la plus faible possible et à installer un système de monitoring de ces différentes consommations.

Sous réserve de normes plus strictes en vigueur sur le site de l'Exposition ou émises par les organisateurs de l'Exposition, le pavillon devra respecter les exigences PEB d'application en Belgique à savoir qu'il devra respecter la plus stricte des exigences régionales en application au moment du projet. Compte tenu de sa spécificité de bâtiment public, il devra répondre à l'exigence de quasi-neutralité énergétique.

L'Adjudicataire veillera au strict respect des exigences énergétiques et environnementales en vigueur à Dubaï.

## Éthique de production

Seuls des produits issus de fabricants qui respectent les droits fondamentaux du travail seront employés. Il appartient à l'Adjudicataire de le démontrer.

- Liberté d'association et reconnaissance effective du droit aux négociations collectives
- Aucun recours au travail forcé ou obligatoire
- Aucun recours au travail des enfants
- Aucune discrimination en matière d'emploi et de travail
- Aucune discrimination fondée sur le genre, l'origine ethnique ou la confession religieuse

## Prestations énergétiques

### *Principes généraux*

Le pavillon doit être conçu selon le principe de « trias energetica », à savoir :

- tout d'abord, réduire au maximum les besoins énergétiques ;
- ensuite, répondre aux besoins énergétiques en utilisant autant que possible des énergies renouvelables ;
- enfin, répondre aux besoins énergétiques restants en utilisant les énergies non renouvelables de la manière la plus efficace possible.

Il doit en outre être satisfait aux principes et exigences de la réglementation PEB et le pavillon doit avoir une consommation d'énergie quasi neutre.

Les installations seront conçues de manière à limiter la consommation d'énergie.

## Gestion et contrôle de l'eau et système de commande

L'Adjudicataire prendra toutes les mesures possibles pour limiter au strict minimum la consommation d'eau du pavillon ainsi que le déversement des eaux de pluie et des eaux usées (même après assainissement). Les interventions auxquelles l'Adjudicataire peut recourir en vue de diminuer l'impact sur l'empreinte écologique et l'environnement sont, entre autres :

- appareils hydro-économiques (pommeaux de douche, robinets, chasses d'eau, urinoirs sans eau, etc.) ;
- récupération de l'eau de pluie, avec filtrage nécessaire et optimisation de la réutilisation (pour les installations techniques, les machines à laver, etc.) ;
- épuration des eaux grises et optimisation de la réutilisation (pour les toilettes et l'arrosage des pelouses) ;
- retardement de l'évacuation des eaux et de l'infiltration sur site propre ;
- prétraitement des effluents fécaux avant déversement.

Tant pour l'épuration des eaux grises que pour le prétraitement des eaux noires, la préférence est donnée à une station d'épuration biologique.

Les systèmes nécessaires pour détecter toute surconsommation sont également à prévoir : systèmes de détection de fuites, compteurs d'eau par cluster ou entité, etc. de sorte que la consommation d'eau puisse être étroitement surveillée.

## Durabilité écologique

Lorsqu'il est possible d'utiliser des produits plus écologiques pour une application particulière, bien évidemment conformément aux exigences en matière de qualité et de performances, l'Adjudicataire doit opter pour les matériaux présentant l'impact le plus faible sur l'environnement. La classification NIBE sert de cadre de référence pour évaluer la qualité écologique des différents produits au cours de la phase de conception.

Il est convenu que la classification environnementale sera évaluée et considérée en vertu de la dernière édition de la « Milieuclassificaties bouwproducten » (classification environnementale des produits de construction) de NIBE. Le NIBE (« Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie ») est un institut qui a établi un système de classification permettant de comparer le caractère écologique des matériaux. L'adresse du site web est <http://www.nibe.org/>.

Cela implique l'utilisation, dans la mesure du possible, de matériaux recyclés, et qui seront en outre également recyclables à la fin de la durée de vie du bâtiment.

Pour les produits en bois, seuls les produits accompagnés d'un certificat prouvant qu'ils proviennent de bois gérés de manière durable seront acceptés. Ainsi, les essences naturellement durables seront préférées aux essences devant subir une transformation pour le devenir.

## Durabilité dans la phase de chantier

Durant toute la phase de chantier, l'Adjudicataire doit veiller à réduire au minimum les nuisances pour les riverains et les entreprises déjà établies. Et ce tant pour les désagréments liés au dégagement de poussière qu'aux nuisances visuelles et sonores, ainsi qu'aux entraves à la circulation et au trafic.

Une gestion poussée des déchets sera en outre mise en œuvre sur le chantier.

Outre la limitation des déchets (préfabrication, limitation des emballages, etc.), toutes les fractions sont recueillies séparément et évacuées vers des décharges qui recyclent chaque fraction au maximum.

Pour la phase de chantier, l'Adjudicataire doit établir un plan de gestion des déchets et nommer un coordinateur des déchets.

Tous les moyens doivent être déployés pour éviter la pollution du sol, de l'air et de l'eau.

Les parties de construction préfabriquées sont préférées aux constructions fabriquées sur le chantier. Les éléments de construction produits de manière industrielle optimisent mieux la consommation de matériaux et la production de déchets.

**Annexe 5**  
**Commissariat général belge**  
**pour les Expositions Internationales**



Rue du Progrès, 50  
1210 Bruxelles  
Belgique

N° d'entreprise 0684.768.827



Marché Public N° 2018/EXPO/DUBAI2020	
GUIDE D'ATTRIBUTION POUR PROCÉDURE CONCURRENTIELLE AVEC NÉGOCIATION	
concerne :	Marché de travaux pour la Conception, Construction, Scénographie, Maintenance, Démontage et Démolition du pavillon belge pour l'Exposition universelle de Dubaï en 2020.  Émirats arabes unis, Dubaï, site pour l'Exposition universelle de Dubaï 2020 – Lot C.77
informations :	Contactez le Pouvoir adjudicateur à l'adresse email suivante : <a href="mailto:Expo2020Dubai@economie.fgov.be">Expo2020Dubai@economie.fgov.be</a> .

# ANNEXE 5

## HVAC

## **Généralités.**

Le pavillon à construire doit être ventilé et climatisé de manière à garantir une bonne qualité d'air ainsi qu'un confort acceptable pour le personnel et les visiteurs dans les différentes zones du pavillon en fonction de leur destination.

Le marché comprend les travaux d'installation, l'entretien en garantie totale pendant l'Expo ainsi que le démontage et l'évacuation après l'Expo de tous les équipements et installations HVAC.

**Les exigences de performances et de conception des installations HVAC énoncées au chap. B du CCT105/2017 (<https://www.regiedesbatiments.be/fr/telechargements/cahier-des-charges-105-2017>) et les exigences en la matière établies par l'organisateur de l'Expo doivent être respectées.**

Principe du « Trias Energetica » : les installations sont conçues suivant trois objectifs, par ordre décroissant de priorité :

1. limiter autant que possible les besoins en énergie (de par une conception et un aménagement optimisés du bâtiment et des espaces)
2. utiliser autant que possible de l'énergie renouvelable pour satisfaire aux besoins
3. utiliser de l'énergie conventionnelle avec une efficacité maximale pour satisfaire aux besoins qui ne peuvent pas être couverts par l'énergie renouvelable

Tous les systèmes de refroidissement artificiel doivent être conformes aux normes minimales énoncées dans le point 502.01 des « Green Building Regulations and Specifications » (réglementations et spécifications pour une construction écologique) de l'Émirat de Dubaï.

Les locaux du pavillon belge seront refroidis selon le besoin ; un système de chauffage n'est pas nécessaire pendant la durée de l'Exposition.

- Pour le(s) espace(s) d'exposition, il sera utilisé un système tout-air.
- Pour les autres locaux, le rafraîchissement se fera à l'aide d'unités terminales alimentées en eau glacée ou détente directe, en complément d'une ventilation mécanique et/ou naturelle selon les circonstances.
- Les locaux de stockage (à l'exception des locaux de stockage de denrées alimentaires sensibles à la chaleur), les vestiaires et les sanitaires du personnel ne sont pas climatisés, mais uniquement ventilés mécaniquement de manière à garantir une bonne qualité d'air intérieur.

S'il souhaite recourir à un système de refroidissement adiabatique de l'air, l'Adjudicataire devra tout mettre en œuvre pour limiter autant que possible la consommation d'eau douce et démontrer par calcul que la solution qu'il propose est énergétiquement plus efficace et est plus durable que l'utilisation de moyens traditionnels de refroidissement par eau glacée.

Les méthodes de calculs, l'exécution et les contrôles sont conformes aux normes locales et aux prescriptions propres à l'organisateur de l'Exposition.

Le calcul de dimensionnement des installations est à charge de l'Adjudicataire. Le contrôle des calculs, des plans et de l'exécution se fera par un organisme de contrôle agréé à Dubaï (à charge de l'Adjudicataire).

## **Installations.**

Les installations HVAC comprennent principalement :

- la production et distribution d'eau glacée (ou systèmes à détente directe) selon les besoins calculés, y compris tous accessoires et équipements pour garantir le respect des critères acoustiques et environnementaux.
- la production et distribution d'eau chaude sanitaire, avec tous les accessoires exigés, qui fournit de l'eau à 60°C ; cette installation sera munie d'un réservoir tampon d'une capacité au moins égale à la consommation horaire totale (stockage minimal de 1 m<sup>3</sup> d'eau chaude). La

production sera de préférence assurée par une installation solaire thermique, complétée d'une installation alimentée à l'électricité ou au gaz LPG ; l'Adjudicataire prévoit toutes les alimentations et évacuations ainsi que les dispositifs de sécurité et de comptage nécessaires à cet effet. Une boucle de circulation est également prévue pour les points de puisage éloignés de la production.

L'Adjudicataire prévoit au minimum les alimentations d'eau chaude suivantes et leur raccordement sur la production d'eau chaude (centralisée ou systèmes de boilers individuels si les distances sont trop importantes) :

- deux points de puisage dans chaque bar et dans le restaurant avec chacun une consommation maximum de 100 l d'eau chaude par heure,
- deux points de puisage dans la cuisine avec chacun une consommation maximum de 200 l d'eau chaude par heure,
- un point de puisage dans l'espace commercial avec une consommation maximum de 60 l d'eau chaude par heure,
- un point de puisage dans l'espace de détente / mess du personnel avec une consommation maximum de 60 l d'eau chaude par heure,
- des points de puisage dans l'espace d'exposition avec chacun une consommation maximum de 60 l d'eau chaude par heure,
- l'alimentation de 4 douches pour le personnel (avec chacune un débit de 7 l /min à 40°C pendant 7 min par douche prise, et un total de maximum 15 douches prises en 1 heure, et ce 2 fois par jour),
- des groupes de traitement d'air, y compris tous les accessoires exigés et la régulation automatique; ils seront conçus et installés de manière telle que pour la période d'Exposition (octobre-mai) les conditions de confort, décrites ci-dessous, soient respectées dans les différents espaces intérieurs, en tenant compte des caractéristiques physiques de construction du bâtiment, des équipements intérieurs, de l'occupation et de l'utilisation prévue des locaux.
- les réseaux de distribution d'air traité :
  - de l'espace d'exposition,
  - de la zone commerciale, du bar et du restaurant
  - du business center / espace VIP, des bureaux et locaux annexesy compris les unités terminales, les organes de réglage et de régulation des débits selon les besoins. Ces réseaux sont conçus pour une bonne répartition de l'air dans les espaces à traiter.
- les unités terminales de climatisation (par ex ventilo-convecteurs) et leurs raccordements sur la distribution de froid et l'évacuation des condensats dans les différents locaux à refroidir (à l'exception de la zone d'exposition qui est traitée en tout air)
- l'extraction d'air des blocs sanitaires vers l'extérieur
- l'installation d'extraction dans la cuisine et les zones commerciales de cuisson (frites, gaufres,...), avec hottes, extracteurs et conduits d'air, jusque et y compris le rejet d'air extérieur. La compensation de l'air extrait est étudiée et aménagée. Si exigé par les règlements locaux, les systèmes d'extinction automatique au-dessus des appareils de cuisson et/ou dans les hottes et conduits d'air sont également à charge de l'Adjudicataire.
- un tableau électrique pour l'alimentation des installations décrites.
- la régulation des installations prévues
- au besoin, chaque équipement sera muni des silencieux et accessoires nécessaires au respect des clauses acoustiques.
- un local technique (ou plusieurs locaux si nécessaire) pour les installations de traitement de l'air, y compris la prise et l'évacuation de l'air (plenum, grilles ...) et leur raccordement sur les installations de traitement de l'air.
- sont également inclus tous les raccordements aux réseaux publics de distribution et d'évacuation qui sont nécessaires (alimentation eau, électricité, gaz LPG, évacuation eaux usées,...) comme demandé par l'organisateur de l'Exposition (voir notamment *Special Regulations* n° 4 et 10), et conformément aux normes et à la réglementation locale en vigueur aux Emirats arabes unis.

## **Hypothèses de dimensionnement et exigences de confort intérieur**

### **Données climatiques de base.**

Les données climatiques extérieures sont celles de la ville de Dubaï, Émirats Arabes Unis.

Les installations seront dimensionnées en tenant compte des données publiées par l'organisateur dans le rapport '*Climate modeling analysis*' pour l'Expo.

Les conditions extérieures de base prises en compte pour le dimensionnement de la climatisation sont à priori de : **32°C, 60% HR** ; des valeurs moyennes indicatives selon la saison étant fournies au tableau suivant :

	Fin Octobre	novembre	décembre	janvier	février	mars	Début avril
t° sèche (°C)	32	30	25	24	24	28	31
t° humide (°C)	26	24	20	19	19	20	21

### **Conditions ambiantes à l'intérieur.**

Les températures intérieures sont déterminées de la façon suivante :  
maximum **26 °C, 70 % HR** pour une température extérieure de 32 °C, 60% HR.

Si la température extérieure est supérieure à 32 °C, la température intérieure peut augmenter de 1°C pour chaque augmentation de 2°C de la température extérieure, et ce jusque 38°C à l'extérieur, conditions dans lesquelles la température intérieure est alors de 29°C maximum.

Ces exigences sont valables pour l'espace d'exposition, la zone commerciale, le restaurant, le business center, l'espace VIP et les bureaux (à l'exception des locaux non climatisés comme les vestiaires, sanitaires du personnel et locaux annexes non occupés par des personnes).

De plus, dans la zone commerciale, le local destiné à la vente de chocolat doit être maintenu à une température constante de 20°C (+- 2°C) ; les équipements et dispositions nécessaires doivent être prévus à cet effet (séparation des ambiances, ventilo-convecteur, rideau d'air,...).

Des mesures doivent être prises afin d'assurer en toutes circonstances dans la cuisine une température inférieure à 30 °C et une humidité inférieure à 60 %.

Pour les locaux de stockage de denrées alimentaires sensibles à la chaleur (par exemple le chocolat), la température devra être maintenue à 18°C maximum 24/24h pendant toute la durée de l'Expo. Des chambres froides (positive et négative) pour la cuisine doivent également être aménagées, ainsi que des locaux réfrigérés pour le stockage des futs de bière. Un système de refroidissement indépendant fonctionnant en continu est donc nécessaire à cet effet.

Dans la cuisine est également aménagé un local pour les préparations froides maintenu à max 16°C pendant la durée d'utilisation.

Pour les locaux techniques (électricité, informatique, scénographie, ...), les conditions d'ambiance à respecter seront établies en fonction des exigences des fournisseurs des équipements à y implanter (à priori maximum 25°C pour le matériel informatique).

Dans les sanitaires, il n'y a pas d'imposition de température, mais l'extraction mécanique compensée par le transfert d'air en provenance d'autres locaux climatisés garantit un rafraîchissement minimum. Les sanitaires publics seront climatisés comme le restaurant et le business center, avec en plus l'extraction mécanique d'air pour garantir une bonne qualité d'air.

## Ventilation et qualité d'air.

Lors des périodes chaudes, le pavillon doit être maintenu en surpression d'air par rapport à l'extérieur (débit pulsion > débit extraction) pour limiter l'influence du climat extérieur lorsque les portes sont ouvertes.

Lorsque les conditions météorologiques le permettent, la ventilation des espaces peut être réalisée partiellement ou intégralement de manière naturelle (entrées d'air et/ou sorties d'air naturelles), avec éventuellement l'assistance de ventilateurs d'extraction et/ou de pulsion permettant d'assurer les débits hygiéniques requis. On aura par exemple recours à cette solution après le coucher du soleil en fin de journée, lorsque la zone muséale est fermée mais que les zones commerciales restent exploitées (possibilité d'ouverture de grandes baies, de terrasses protégées et espaces extérieurs ouverts pour le café, le restaurant,...).

Les vitesses d'air dans les conduits de ventilation seront calculées sur base d'une vitesse limite de 7 m/sec et d'une perte de charge moyenne maximum de 1 Pa/m pour les réseaux.

**L'espace d'exposition** est refroidi à l'aide d'air comme vecteur énergétique.

La quantité minimale d'air frais introduite par ce système doit être de 30 m<sup>3</sup>/h par personne pour ces locaux.

**La ventilation des autres locaux** se fait au moyen d'air à température ambiante ou rafraîchie. Les débits sont déterminés de la façon suivante :

Le débit d'air hygiénique fourni est déterminé par personne (dimensionnement des systèmes sur base de l'occupation maximale).

- Dans les bureaux et l'espace VIP, la ventilation est de 50 m<sup>3</sup>/h.pers
- Dans le business center et l'espace de repos / mess pour le personnel, celle-ci est de 30 m<sup>3</sup>/h.pers.
- Pour le café / restaurant, elle est de 30 m<sup>3</sup>/h.pers.

Pour les sanitaires, les extractions minimales sont de :

- 25 m<sup>3</sup>/h par urinoir
- 50 m<sup>3</sup>/h par WC
- 100 m<sup>3</sup>/h par douche

à condition que chaque bloc sanitaire reçoive, dans tous les cas, trois renouvellements complets d'air par heure.

Dans les vestiaires, le débit d'air de ventilation est au min de 2 vol/h.

Dans les locaux de stockage, il est au minimum de 1 vol/h.

Pour la cuisine, le débit est fonction des équipements qui y seront installés avec un minimum de 20 renouvellements du volume / heure ; l'extraction est réalisée par un système indépendant, et une attention particulière est portée à l'implantation du rejet d'air à l'extérieur (risque de propagation d'odeurs).

Pour le local poubelles, le magasin de chocolats et la cuisson des gaufres / frites, des extractions spécifiques sont également prévues de manière à évacuer la vapeur et les odeurs produites.

## Hypothèses de charges internes.

Les apports dus au climat extérieur (par les parois du pavillon et la ventilation) sont à calculer par l'Adjudicataire en fonction de l'architecture imaginée.

L'Adjudicataire aura de préférence recours à une simulation thermique dynamique du bâtiment de manière à optimiser sa conception architecturale et le dimensionnement des installations.

Les charges internes résultant de l'occupation, de l'éclairage, des appareils... peuvent en première approche être évaluées sur base des hypothèses suivantes (qui pourront être affinées en cours d'étude selon les équipements et scénarios d'occupation qui seront effectivement mis en place) :

	Taux d'occupation des locaux	Charges internes dues aux équipements électriques (hors éclairage de base estimé à 10W/m <sup>2</sup> )
Espace commercial	75 pers	Selon équipements spécifiques (frigos, comptoirs, appareils divers)
Bureaux de direction, des commissaires et des Régions	2 x 2 pers 1 x 4 pers	25 W/m <sup>2</sup>
Bureaux du personnel / paysager	20 pers	35 W/m <sup>2</sup>
espace VIP et salle de réunion de la direction	2 x 10 pers	25 W/m <sup>2</sup>
business center	160 pers	15 W/m <sup>2</sup>
restaurant	120 pers (à réduire si une partie en terrasse extérieure)	Selon équipements spécifiques
bar(s)	150 pers (à réduire si une partie en terrasse extérieure et/ou si reparti sur plusieurs endroits)	Selon équipements spécifiques (pompes à bière, frigos, machines à café, appareils divers,...)
Espace(s) d'exposition	1000 pers (dépendant de la répartition exacte en un ou plusieurs espaces)	Selon scénographie (projecteurs, écrans, éclairage spécifique, matériel informatique, matériels divers,...)

En ce qui concerne la cuisine et les zones de cuisson, une étude spécifique des charges internes doit être établie par l'Adjudicataire.

### Fonctionnement et régulation des installations

La ventilation et la climatisation de chaque zone et fonction du pavillon doivent pouvoir être commandées séparément à l'aide de programmeurs horaires indépendants.

La partie muséale du pavillon, le business center, l'espace VIP et les parties commerciales doivent pouvoir être exploitées séparément selon les horaires d'ouverture et d'utilisation. En effet, les visites de la partie muséale du pavillon devront s'arrêter à 22 h 00 tandis que les activités commerciales pourront continuer à fonctionner jusqu'à 1 h 00 du matin en semaine et à 2 h 00 du matin le week-end.

La régulation des batteries froides des unités terminales est régie par des thermostats d'ambiance, en plus d'horloges à programmes.

Pour la ventilation et le conditionnement d'air, au moins deux unités de traitement d'air sont prévues :

- un groupe de traitement d'air avec un ventilateur d'extraction, une section de mélange (air neuf – air repris), une section de filtration, une section de rafraîchissement et une section de ventilateur de pulsion pour l'espace d'exposition, qui garantit aussi bien la température de confort que l'air hygiénique.
- un groupe de traitement de l'air (ou plusieurs groupes) à débit variable avec un ventilateur d'extraction, une section de filtration, une section de rafraîchissement et une section de ventilateur de pulsion pour les autres locaux.

Des extracteurs complémentaires sont prévus pour les sanitaires et la cuisine.

Les installations HVAC devront être équipées de compteurs, détecteurs de débit et détecteurs de fuite reliés au système de gestion technique du bâtiment.

### **Performances énergétiques des installations HVAC**

Une attention particulière est portée au niveau de performances et de consommation énergétique des équipements installés. Les installations seront donc conçues autant que possible en vue d'une limitation de la consommation d'énergie.

Cela implique :

- le choix d'un mode de traitement des locaux adapté aux exigences de confort, aux conditions d'occupation et aux caractéristiques du bâtiment ;
- l'utilisation d'une installation permettant un réglage optimal suivant les variations d'occupation et les conditions extérieures (régulation à l'aide de sondes de température, humidité, taux de CO2, sondes de présence, horloges à programme, ...)
- le recours autant que possible à la récupération d'énergie ;
- une consommation d'énergie minimale de l'équipement prévu.

Le Soumissionnaire joindra à son offre une note de calcul de la consommation énergétique des installations HVAC et de production d'eau chaude sanitaire du pavillon (en kWh, avec émissions de CO2 correspondantes), sur base des données moyennes suivantes :

Fonctionnement 7/7 jours du 20/10/2020 au 10/04/2021, de 10h à 22h pour la partie muséale et jusque 1h du matin pour la partie commerciale.

Sur base d'un climat moyen (moyennes journalières) :

	Fin Octobre	novembre	décembre	janvier	février	mars	Début avril
t° sèche (°C)	31	27	23	21	22	25	28

Le cas échéant (par ex en cas d'utilisation de refroidissement par humidification adiabatique), le Soumissionnaire indiquera également la quantité d'eau douce utilisée par ses systèmes sur la période d'ouverture de l'Exposition (hors consommation d'eau sanitaire).

**Annexe 6**  
**Commissariat général belge**  
**pour les Expositions Internationales**

Rue du Progrès, 50  
1210 Bruxelles  
Belgique

N° d'entreprise 0684.768.827



Marché Public N° 2018/EXPO/DUBAI2020	
GUIDE D'ATTRIBUTION POUR PROCÉDURE CONCURRENTIELLE AVEC NÉGOCIATION	
concerne :	Marché de travaux pour la Conception, Construction, Scénographie, Maintenance, Démontage et Démolition du pavillon belge pour l'Exposition universelle de Dubaï en 2020.  Émirats arabes unis, Dubaï, site pour l'Exposition universelle de Dubaï 2020 – Lot C.77
informations :	Contactez le Pouvoir adjudicateur à l'adresse email suivante : <a href="mailto:Expo2020Dubai@economie.fgov.be">Expo2020Dubai@economie.fgov.be</a> .

# ANNEXE 7

## PROGRAMME DES BESOINS

**Remarques : Pour une question de pertinence, seules les pages en rapport avec ce travail ont été conservées.**

## PROGRAMME DES BESOINS

Le présent programme des besoins énumère les besoins fonctionnels et qualitatifs auxquels le futur pavillon devra répondre sur la base des éléments connus à ce jour.

Il est souligné que le Soumissionnaire doit considérer les dispositions du présent cahier des charges comme des directives générales. Tant que le programme des besoins et tous les autres Documents du marché sont respectés, le Soumissionnaire a le droit, moyennant une motivation claire, de proposer dans son offre unique une exécution autre que celle demandée, si celle-ci augmente l'esthétique ou la fonctionnalité du pavillon et reste dans les limites du budget disponible (à augmenter éventuellement par du sponsoring).

Ainsi, les données fonctionnelles et dimensionnelles reprises dans ce texte n'ont pas de valeur contraignante, mais plutôt un caractère indicatif, à l'exception des exigences minimales auxquelles il doit être satisfait.

A l'article 81 du guide d'attribution figure la liste des documents de référence et directives établis par les organisateurs de l'Expo en concertation avec, entre autres, le Bureau International des Expositions (BIE).

Ces documents sont joints au guide d'attribution et en font partie intégrante. Certains de ces documents ne sont pas encore disponibles dans une version finale approuvée, mais sont tout de même déjà communiqués en raison de leur intérêt par rapport au sujet du présent marché public. Il est en outre à noter que des directives supplémentaires (appelées *Special Regulations*) seront probablement édictées au cours de la période précédant l'Expo, et qu'il conviendra également d'en tenir compte à ce moment. D'autres directives devraient donc normalement encore être émises, portant entre autres sur la propriété intellectuelle.

## Introduction

### L'Exposition universelle, le thème principal et les sous-thèmes

L'Exposition universelle de Dubaï aura lieu du 20 octobre 2020 au 10 avril 2021 inclus. Il s'agit d'une exposition universelle telle que reconnue par le Bureau international des Expositions de Paris et organisée en général une fois tous les 5 ans.

Le site de l'Exposition est situé à Dubaï, aux Émirats Arabes Unis, à environ 35 kilomètres au sud-ouest du centre de Dubaï en direction d'Abu Dhabi, dans la zone du Dubaï World Central (DWC) et à proximité de l'aéroport Al Maktoum International.

Le thème principal de l'Expo 2020 est : *Connecting minds, creating the future* (Connecter les esprits, construire le futur). L'objectif des organisateurs de l'Expo 2020 est de stimuler des coopérations essentielles et intelligentes autour de trois grandes priorités, reprises dans les sous-thèmes et reliées entre elles : Opportunité, Mobilité et Durabilité. Ces trois sous-thèmes, qui forment aussi trois zones indépendantes sur le site de l'Exposition, sont mis en avant sous divers angles d'approche : avancées scientifiques et technologiques (innovations), développement économique et réglementaire (inclusion), développement humain et social (compréhension). De plus amples informations à ce sujet peuvent être trouvées sur le site web de l'Expo 2020 : <https://www.expo2020dubai.com/themes>.

### La participation belge à l'Expo 2020

La Belgique participe à l'Exposition universelle de Dubaï en construisant et aménageant un pavillon d'exposition sur un terrain de taille moyenne. Le terrain attribué à la Belgique est situé dans la zone de la mobilité. Il convient donc de développer un projet en réponse au thème de la

mobilité, avec pour point de départ les spécificités et points de vue propres à la Belgique en la matière.

La participation belge est coordonnée au niveau fédéral par le Commissariat général belge pour les expositions internationales créé à cet effet (le Pouvoir adjudicateur), mais est organisée en concertation avec l'ensemble des entités fédérées du pays. La conception du pavillon et sa scénographie doivent donc de manière générale refléter l'union, tout en permettant aux différentes parties de montrer leur diversité et de bénéficier ainsi d'une visibilité légitime.

En ce qui concerne les exigences posées à la scénographie de la partie exposition du pavillon belge, il est principalement renvoyé à ce qui est prévu à cet égard au point 1 du guide d'attribution : l'objet du présent marché. La scénographie devra offrir une visibilité à l'État fédéral comme aux entités fédérées, tout en veillant à ce que l'ensemble du concept soit harmonieux, cohérent et complémentaire.

Le pavillon belge de l'Expo 2020 Dubaï doit montrer au monde ce que la Belgique, ses Régions et ses Communautés ont de plus innovant à offrir aux niveaux économique, scientifique, académique, technologique, artistique et culturel, et ce toujours en rapport avec le thème « mobilité ».

Le Soumissionnaire trouvera en annexe 8 du guide d'attribution un aperçu non exhaustif des divers projets, réalisations et innovations aux niveaux fédéral et régional, lequel peut lui permettre de développer un concept scénographique. L'objectif est que le Soumissionnaire le considère comme l'une des potentielles sources d'inspiration dans lesquelles il peut puiser afin de développer une scénographie cohérente et interactive, tenant compte des différents niveaux de pouvoir belges qui doivent être pris en considération.

## **Le pavillon belge**

Le marché public concerne la conception, la construction, la scénographie, l'entretien, le démantèlement et la démolition du pavillon belge pour l'Exposition universelle de Dubaï, y compris la finition intérieure, sur un lot de 2.179,43 m<sup>2</sup> de surface au sol, et fait l'objet d'une procédure concurrentielle avec publication.

Le site de l'Exposition sera accessible à partir de 9 h et les pavillons devront être ouverts au grand public entre 10 h et 1 h les jours de semaine (jusqu'à 2 h pendant le week-end, soit le vendredi et le samedi soir). La partie exposition (la partie non commerciale) sera sans doute ouverte entre 10 h et 22 h. Cela signifie que l'entretien, le nettoyage, l'évacuation des déchets (et autres matériaux) et la livraison des marchandises doivent se faire pendant les heures de fermeture du site de l'Expo, c'est-à-dire entre 1 h (ou 2 h) et 9 h du matin. Les heures précises d'ouverture et de fermeture sont communiquées sous réserve de modification par les organisateurs de l'Expo. Ces heures ont été confirmées sur demande explicite, sauf les heures de fermeture du pavillon (qui restent à confirmer).

La construction et la scénographie du pavillon belge doivent satisfaire aux directives générales des organisateurs de Dubaï, en ce compris les lois et directives locales en la matière.

En résumé, le terrain belge, et le pavillon belge en particulier, comprendront les activités et/ou éléments suivants :

- la représentation scénographique de la contribution de la Belgique et de ses entités fédérées au thème de l'Exposition universelle, ce qu'on appelle le(s) espace(s) d'exposition ;
- un grand choix de restauration : un restaurant semi-gastronomique (c'est-à-dire le meilleur de la brasserie-restaurant belge), des points de vente de plats à emporter (frites belges, gaufres, etc.) et de boissons typiques belges, de préférence accompagnés d'un ou de plusieurs espaces extérieures, terrasses et/ou un jardin ;

- des magasins proposant des produits typiques belges, du chocolat et des diamants ;
- des bureaux pour les commissaires, les entités fédérées, la direction et le personnel du pavillon ;
- des locaux du personnel pour les employés du pavillon (sanitaires, vestiaires, espace de repos, mess) ;
- un business center et un espace VIP ;
- des toilettes visiteurs ;
- des espaces techniques et de stockage suffisamment spacieux ;
- un(e) (ou plusieurs) (toits)-terrasse(s) (si compatibles avec le concept architectural) ;
- une zone extérieure, aménagement paysager compris, prévue pour la gestion des visiteurs (flux de visiteurs entrants et sortants) et les activités logistiques du *back-of-house*.

Vu les conditions climatiques des Émirats Arabes Unis pendant la période de l'Expo (ce sera l'hiver entre octobre et avril, et le climat sera au plus agréable), il est certainement conseillé de prendre en considération les habitudes et souhaits locaux afin de pouvoir profiter des espaces extérieurs si possible. L'habitude typiquement belge de profiter des terrasses peut très certainement être présentée comme un atout du pavillon belge de Dubaï. En outre, étant donné que le soleil se couchera entre 17 h 30 et 18 h 40 pendant la période de l'Expo, un éclairage adapté du pavillon est requis jusqu'à 1 h ou 2 h en soirée.

## Principes généraux de l'organisation physique du pavillon

### Organisation globale du pavillon

#### Activités

Les activités du pavillon comprennent (i) le(s) espace(s) d'exposition avec la représentation scénographique de la contribution de la Belgique et de ses entités fédérées au thème principal de l'Expo 2020 Dubaï et au sous-thème spécifique de la mobilité, (ii) les espaces commerciaux avec la restauration (restaurant, plats à emporter et bars) et les magasins et (iii) le business center accueillant des ateliers, séminaires, réceptions et événements.

Le bon fonctionnement du pavillon requiert en outre certaines activités essentielles, telles que la gestion du pavillon, les équipements sanitaires, la production et/ou la distribution des commodités (eau, électricité, gaz, climatisation, télécommunication) ainsi que le stockage des livraisons et provisions.

#### Surfaces et niveaux

Le pavillon belge est situé sur le lot C.77 du site de l'Exposition de Dubaï, d'une surface au sol de 2.179,43 m<sup>2</sup>, dont au maximum 1.456,98 m<sup>2</sup> peuvent être bâtis compte tenu de la marge de recul requise par les organisateurs.

Aucune hauteur minimale n'est définie, mais il est demandé de prendre en considération le fait que le pavillon doit avoir une certaine visibilité en vue d'attirer des visiteurs. La hauteur maximale est de 15 m, éléments décoratifs compris (comme un mât de drapeau, par exemple). Une autorisation d'exception peut cependant être demandée, si nécessaire et souhaitée, sans la moindre garantie toutefois. Si un projet prévoit un pavillon dont la hauteur dépasse clairement cette limite (c'est-à-dire de manière structurelle, et pas une simple exception pour un élément décoratif ici ou là), il n'est possible d'obtenir une autorisation d'exception à cet effet que pour autant que la surface au sol occupée soit également adaptée de manière telle que la surface de plancher n'augmente pas sensiblement (voir également à ce sujet la « *indicative GFA* » de 3.505,88 m<sup>2</sup> selon le *Plot Sheet* dans sa version du 2 mai 2018).

En principe, 1 étage souterrain (sous-sol) est autorisé. Bien que le *Plot Sheet* stipule aujourd'hui « *upon approval* », les organisateurs nous ont confirmé qu'un étage souterrain sera autorisé si celui-ci satisfait aux règles et standards locaux et ne dépasse pas l'empreinte au sol maximale de notre pavillon. Le Pouvoir adjudicateur encourage, dans la mesure du possible, fortement l'usage d'un sous-sol, surtout pour les espaces techniques, du personnel (sanitaires, vestiaires, éventuellement l'espace de repos) et de stockage (pour des chambres froides et une utilisation intelligente d'un refroidissement naturel par le sol, par exemple), pour autant bien entendu qu'il s'intègre dans la conception globale du pavillon et qu'il ne limite pas trop celle-ci d'emblée.

Un(e) ou plusieurs (toits-)terrasses sont autorisé(e)s, ainsi que plusieurs étages, plus d'un bâtiment et des annexes, tant que les paramètres du *Plot Sheet* et les marges imposées sont respectés. Le Pouvoir adjudicateur laisse au maximum à l'architecte le soin de choisir.

## Fonctionnalité et architecture

Le pavillon doit revêtir un caractère fonctionnel, conformément aux besoins spécifiques définis par le présent programme des besoins ; il doit favoriser le bon déroulement de l'exposition et, en outre, offrir aux membres du personnel des conditions de sécurité optimales et des conditions de travail adaptées à l'exécution de leurs tâches.

D'un point de vue fonctionnel, une attention particulière doit être accordée à la facilité d'entretien (nettoyage et maintenance) du pavillon, ainsi qu'à la résistance des matériaux utilisés (surtout aux endroits accessibles au public) et à la sécurité tant des visiteurs que du personnel. Le pavillon doit rester en parfait état tout au long de la période de l'Expo 2020, malgré un usage potentiellement très intensif.

Comme le pavillon est en fait une « vitrine » de la Belgique et ses entités fédérées, une attention particulière doit être accordée à l'architecture, laquelle doit être remarquable de par la manière dont elle concrétise le thème de l'exposition ainsi que le sous-thème de la zone d'exposition dans laquelle le pavillon se trouve. Le Pouvoir adjudicateur invite l'architecte et l'entrepreneur, ainsi que leurs ingénieurs, à montrer au monde entier ce dont la Belgique est capable aux niveaux technologique et écologique, de préférence en y associant étroitement une application du savoir-faire industriel belge. En outre, la scénographie des espaces d'exposition et la finition intérieure des autres parties doivent être en harmonie.

Vu que l'objectif du pavillon belge est précisément de montrer aux visiteurs de l'Expo 2020 Dubaï le savoir-faire industriel, scientifique et technologique de la Belgique, il est préférable d'utiliser des produits belges pour la conception architecturale du pavillon, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, et tant au niveau de la structure que de la finition.

## Durabilité et utilisation générale des matériaux

Bien que la mobilité soit mise en avant en tant que thème principal du pavillon, la durabilité est également particulièrement importante pour la conception, la construction effective, l'enlèvement et l'exploitation, l'utilisation et l'entretien, ainsi que le traitement des déchets du pavillon belge. Le concept architectural retenu donnera la préférence à la production et à l'utilisation d'énergie renouvelable, à l'optimisation de la consommation d'eau, à la gestion écologique des déchets, au contrôle des émissions et de la pollution de l'air. La totalité du cycle de vie du matériau doit être prise en compte pour l'évaluation de la durabilité : du développement à la production, puis à l'utilisation, jusqu'à sa mise hors service. Il convient également de prendre en considération la réglementation en vigueur ainsi que les exigences et conditions des organisateurs de l'Expo. Nous renvoyons ici aussi spécifiquement à ce qui a été convenu à ce sujet dans le *Self-Build Pavilions Delivery Guide*, le *Self-Build Pavilions Guide* et la *Sustainability Policy* des organisateurs de l'Expo.

Étant donné qu'il est possible que le pavillon doive être démoli et évacué à la fin des 6 mois d'exposition, les matériaux et techniques de construction utilisés doivent être pensés en vue d'une réutilisation ultérieure ou d'une « reconfiguration » (systèmes et solutions extrêmement modulaires et flexibles), ou d'un recyclage (avec une attention particulière pour les matériaux et techniques de construction qui permettent un démontage, un désassemblage et une réutilisation ultérieure des matériaux).

## **Finitions et installations**

### **Introduction**

Il est demandé de proposer une solution globalement « clé sur porte », aussi pour l'ensemble des finitions, le mobilier fixe et mobile, ainsi que toutes les installations techniques pour le fonctionnement du pavillon pendant la période et les heures d'ouverture de l'Expo.

Le pavillon satisfait à toutes les réglementations qui s'y appliquent au moment de l'exécution des travaux.

Le pavillon doit être perçu comme un aménagement extérieur, un boîtier gros œuvre, un aménagement intérieur et une scénographie. La totalité de la surface du lot doit être reprise et parachevée dans la proposition du Soumissionnaire. La manière dont ces différentes parties sont aménagées, dépend entièrement de la conception.

Nous tentons de décrire quelques finitions et installations de base dans ce chapitre, mais il doit être satisfait aux règles les plus strictes entre les descriptions des locaux spécifiques données ci-dessus, les réglementations locales et les réglementations de l'Expo, ainsi éventuellement qu'à une combinaison des différentes descriptions.

L'ordre d'importance est détaillé dans les clauses administratives.

Les annexes 1 jusqu'à 6 incluse, 9, 10 et 12 du guide d'attribution contiennent en outre des descriptions plus détaillées des besoins techniques.

### **Applications spécifiques**

#### **Installation HVAC**

La température doit être contrôlable et réglable dans toutes les parties du pavillon, tel que prescrit dans les clauses techniques. Il est évidemment de la plus grande importance que l'installation soit aussi conçue dans l'esprit de l'Expo (installations durables et respectueuses de l'environnement).

Le pavillon belge doit littéralement et figurativement (pouvoir) être une maison ouverte. Le Pouvoir adjudicateur donne la préférence à une zone publique ouverte, dont les portes ou parois peuvent être ouvertes selon les circonstances (probablement surtout en fin de journée), donnant l'impression qu'il n'y a pas de démarcation entre l'espace intérieur et extérieur, surtout au niveau des espaces commerciaux. Vu les conditions climatiques agréables prévues pendant la période de l'Expo (voir plus haut), un usage intelligent de ventilation et de refroidissement naturels est préférable à un système rigide d'air conditionné qui nécessite des séparations strictes entre l'intérieur et l'extérieur. Néanmoins, il sera probablement nécessaire de prévoir de la ventilation mécanique minimale pour un refroidissement actif, avec des batteries de refroidissement si nécessaire, afin d'avoir un confort d'air pendant les moments les plus chauds.

Il est en tout cas demandé de prévoir malgré tout un système de refroidissement ou d'air conditionné pour certains espaces, qui n'ont soit pas d'accès direct à l'air extérieur, soit qui exigent une climatisation particulière : surtout pour les entrepôts de produits alimentaires et la cuisine (froide) et le magasin au chocolat (y compris le stock), mais aussi pour les espaces administratifs et techniques. La climatisation du business center doit aussi pouvoir être réglée de manière telle que la température reste agréable même en cas d'utilisation à pleine capacité (120 ou 160 personnes) en gardant les fenêtres/parois fermées (à l'occasion de présentations pendant des séminaires, par exemple). De manière générale, les utilisateurs de tous les espaces du pavillon doivent pouvoir profiter d'un climat agréable.

## Finitions

Le Pouvoir adjudicateur a le droit d'imposer certains éléments au Soumissionnaire pour les finitions, plus précisément s'ils sont le résultat d'un sponsoring ou partenariat avec le pavillon belge. Le Soumissionnaire émet sa propre proposition, laquelle peut ensuite être adaptée pendant les négociations. La finition en général doit être discutée avec des éventuels exposants individuels du pavillon.

Il est de préférence fait usage de produits belges pour toutes les finitions, applications, installations et techniques. Il peut s'agir de produits d'origine ou de fabrication belge, ou de produits ou applications conçues, inventées ou commercialisées par des parties belges.

## Installation électrique

Outre les installations prévues ci-dessous, un éclairage de secours doit être installé, conformément à la réglementation locale en vigueur.

Une attention particulière est accordée à la clause imposée par les organisateurs stipulant que la distance maximale entre le local basse tension et la station électrique intermédiaire située hors du terrain du pavillon (au sud du terrain, voir *Plot Sheet*) ne peut dépasser 15 m.

## Installation basse tension

L'installation de basse tension est prévue dans le pavillon, plus précisément :

- pour l'ensemble du bâtiment, la centrale et les terminaux téléphoniques, la communication data, la détection d'incendie et la détection d'intrusion ;
- sonorisation complète.

Les points de raccordement fixes, les équipements à fixer et leur câblage doivent en outre être prévus dans le pavillon.

Pour la partie télécommunication, les équipements les plus modernes doivent être utilisés. Au moins un raccordement de télécommunication sera prévu par surface de 8 m<sup>2</sup> dans les bureaux.

Dans toutes les zones (à l'exception des zones de circulation), un raccordement de télécommunication sera prévu par surface de 50 m<sup>2</sup>.

## Identité visuelle et signalisation

Le Soumissionnaire prévoit également :

- un film promotionnel sur la conception du pavillon pouvant être utilisé à des fins commerciales. Les droits d'utilisation de ce film reviennent au Commissariat général ;
- signalisation extérieure du pavillon : inscriptions et éclairage spécial des façades extérieures du pavillon sur lesquelles sont indiqués du texte – identification du pavillon :

Belgique, Flandre, Wallonie, Bruxelles – et le logo du pavillon ; ceux-ci peuvent se trouver sur différentes faces du pavillon, selon la conception.

- signalisation intérieure du pavillon et de l'exposition, avec une attention particulière accordée à l'expérience des visiteurs et à ce qu'on appelle le *visitors journey*, y compris toutes les signalisations (d'urgence) prévues par les règles légales locales.

## Acoustique

Le Soumissionnaire fait en sorte que tous les espaces du pavillon belge soient séparés acoustiquement l'un de l'autre et que le bruit d'un espace (exposition, restaurant, commerce, etc.) ne cause pas des inconvénients dans un autre espace (bureaux, business center, etc.).

## Sonorisation – éclairage

Le Soumissionnaire prévoit une sonorisation dans les espaces d'exposition, les espaces commerciaux, le business center et les espaces extérieurs, indépendamment de la scénographie. Cette sonorisation doit être de qualité professionnelle, être exempte de distorsion et garantir un niveau sonore uniforme.

L'installation doit être multifonction et pouvoir être utilisée à diverses fins : messages d'urgences, musique d'ambiance, présentation, film et informations aux visiteurs. Elle doit être simple à commander et aisément réglable. Un usage normal ne peut entraîner une surcharge. Le matériel doit être encastré dans un meuble fixe et être pourvu d'un tableau de commande pour l'enclenchement et le déclenchement de l'installation dans différents espaces polyvalents.

Caractéristiques minimales :

- microphone dynamique sans fil ;
- possibilité de connexion à un ordinateur portable, une radio numérique ou d'autres appareils audiovisuels ;
- connexion pour DJ ;
- amplificateur avec au minimum des sources d'entrées numériques HDMI et optiques, des entrées pour câbles analogiques TULIPE, une distribution radiophonique (coaxiale), un raccordement réseau (UTP) ;
- répartiteur audio sur plusieurs zones, prise pour microphone, système audio 5.1.

Le Soumissionnaire prévoit en outre une installation d'éclairage dynamique, conforme aux règles de l'art et aux derniers développements en matière d'installations audiovisuelles. En particulier le restaurant, le business center et surtout le(s) bar(s) et l'espace extérieur sont pourvus d'éclairages événementiels (éclairage LED mobile et contrôlable).

## Protection anti-intrusion et contrôle d'accès

Le Soumissionnaire prévoit la protection anti-intrusion et le contrôle d'accès nécessaires pour le pavillon.

La protection anti-intrusion comprend entre autres : détection de mouvement (détecteurs double technologie : radar et infrarouge) à hauteur des portes d'accès et des nœuds de circulation, centrale de commande (enclenchement et déclenchement) au moyen d'un clavier à code, signalisation des alarmes intrusion aux services de sécurité de l'Expo, contacts d'indication de l'état de la porte sur les portes d'accès et détecteurs de bris de vitre (sécurité des vitrines).

Un système de protection par surveillance caméra tant des visiteurs que des matériaux doit être prévu et permettre l'enregistrement et la sauvegarde des images.

Le système de protection doit pouvoir être relié à une centrale d'alarme. Il doit également pouvoir envoyer des messages à des téléphones mobiles de particuliers.

Les images du système de surveillance caméra doivent pouvoir être visionnées à distance, éventuellement par une centrale d'alarme et aussi sur des smartphones ou tablettes de particuliers (tels que les commissaires, le(s) directeur(s) du pavillon ou le responsable de la sécurité).

Il est fait mention dans ce programme des besoins à plusieurs reprises de contrôles d'accès requis : il faut entendre par cela un système de badges et lecteurs de badges centralisé. Il doit être possible de programmer ceux-ci individuellement et par lecteur de badge.

\*



