

**Laboratoire Ville, Urbanisme et Développement Durable (VUDD)**

Option

**Architecture, Ville et Urbanisme (AVU)**

Mémoire de Master

**Modélisation des impacts d'un *black-out* électrique (BOE) de  
longue durée sur la résilience de la ville de demain.**

**Simulation sur la commune d'Alger-Centre**

Présenté par :

**AOUDJIT Thiziri**

Sous la direction de :

**Pr. Ewa BEREZOWSKA-AZZAG**

Membres de jury :

**Président de jury** : Dr HOCINE Mohamed, EPAU

**Examinatrices** : Dr BELOUHRANI Wahiba, EPAU

Mme BOUATTOU Asma, Université de Blida

22 Avril 2019

## **Remerciement**

Je reste touchée et profondément prise par tous ceux qui m'ont témoigné un semblant d'encouragement, un fil de confiance en mes capacités et l'aptitude à réaliser ce mémoire.

A vous mon Dieu, ma famille, mon entourage et professeur Berezowska-Azzag, ces lignes en guise de reconnaissance.

## Résumé

Au cours de ces dernières années, les chercheurs dans le domaine de l'astrophysique ont constaté un affaiblissement du champ magnétique terrestre. Ce changement d'intensité s'explique par plusieurs phénomènes que vit la planète aujourd'hui et parmi eux, le réchauffement climatique. Ce dernier est le fruit de différents processus, qu'ils soient naturels (variations naturelles du climat de la Terre, celle-ci entrant dans un nouvel âge de réchauffement) ou anthropiques (les émissions des gaz à effet de serre).

La planète Terre est un système complexe dont les composants interagissent entre eux de manière complémentaire. Il suffit qu'un seul élément soit déstabilisé (le climat), et les conséquences sur notre planète se multiplient (comme par exemple l'affaiblissement du champ magnétique). En tant que système complexe, la ville n'échappe guère à ces conséquences. En effet, les tempêtes solaires qui atteignent la Terre à cause de l'affaiblissement du champ magnétique peuvent jouer un rôle important dans la rupture de longue durée de l'approvisionnement en courant électrique dans les villes. Ce phénomène est appelé « *Black-out Énergétique* » (BOE).

Face à ce risque électrique, toutes les villes, mais en particulier les villes intelligentes, seraient au premier rang sur la liste des enjeux les plus exposés et hautement vulnérables. Reposant sur l'omniprésence de nouvelles technologies de l'information et de communication, ces villes du futur pourraient subir une catastrophe majeure qui toucherait alors toutes leurs fonctions : économiques, sociales et environnementales.

La capitale de l'Algérie, avec le projet de Smart City en cours de développement, s'inclinerait aussi devant ce phénomène, si les mesures nécessaires pour renforcer sa résilience face à ce risque ne seraient pas prises en considération. A cet effet, ce travail de recherche vise à comprendre le phénomène du BOE, à identifier ses effets probables en milieu urbain et à analyser les possibilités d'adaptation urbaine en proposant quelques solutions résilientes, qui pourraient être prises en considération comme mesures prioritaires lors de la concrétisation du projet de *smart city* dans la commune d'Alger-Centre. Cette contribution pourrait aussi sensibiliser les acteurs concernés par la planification, la conception et la gestion de la ville sur ce risque, qui commence seulement à émerger comme un véritable enjeu du futur.

**Mots clés :** Réchauffement climatique, Black-out énergétique, Tempête solaire, Résilience urbaine, Ville intelligente, Alger.

في السنوات الأخيرة، اكتشف باحثون في الفيزياء الفلكية أن شدة المجال المغناطيسي الأرضي بدأت تضعف. هذا التغيير في شدته يفسر من خلال العديد من الظواهر التي تعيشها الأرض حاليا اللاتي من بينها ما يعرف بالاحتباس الحراري. هذا الأخير يعتبر نتيجة لأفعال طبيعية مختلفة (التغيرات الطبيعية لمناخ الأرض، دخول عصر مناخي جديد) أو للنشاط الصناعي للإنسان (الغازات المسببة للاحتباس الحراري).

كوكب الأرض بعناصره المتفاعلة والمتكاملة فيما بينها يشكل نظام معقد ومتجانس، فيكفي لعنصر واحد أن يؤدي إلى زعزعة استقراره (المناخ) ومن ثم إلى مضاعفة العواقب على الأرض (ضعف المجال المغناطيسي).

وبما أن المدينة تعتبر هي أيضا نظاما معقدا، فهي معرضة لهذه العواقب. والواقع أن العواصف الشمسية اللاتي تضرب الأرض بسبب ضعف المجال المغناطيسي، تلعب دورا هاما في حوادث انقطاع التيار الكهربائي في المدن ولفترة طويلة، وهو ما يسمى بـ "الانقطاع الكهربائي".

تعتبر المدن وخاصة الذكية منها على رأس قائمة القضايا التي ستكون أكثر عرضة لهذا الانقطاع الكهربائي. بما أنها تستند كثيرا على تكنولوجيا المعلومات والاتصال الجديدة، فهذه المدن تمثل إمكانيات كبيرة بأن تكون مسرحا لكارثة كهربائية، هذه الأخيرة سوف تؤثر على جميع وظائفها سواء كانت اجتماعية، اقتصادية، أو بيئية.

عاصمة الجزائر التي تنهيا لاستقبال مشروع المدينة الذكية، ستتحني هي أيضا لهذه الظاهرة إذا لم تأخذ التدابير اللازمة لتعزيز مرونتها تجاه هذه الكارثة الكهربائية.

ولهذه الغاية، يهدف هذا البحث إلى فهم ظاهرة الانقطاع الكهربائي، تحديد آثاره المختلفة، ودراسة إمكانية المدن للتكيف عليها من خلال اقتراح بعض الحلول المرنة، والتي يمكن أخذها بعين الاعتبار كتدابير أولية أثناء تنفيذ مشروع المدينة الذكية في بلدية الجزائر وسط. ويراد بهذا البحث أيضا توعية المختصين في تخطيط وتصميم وإدارة المدن، على مخاطر الانقطاع الكهربائي الذي يعتبر تحدي حقيقي للمستقبل.

**مفردات أساسية:** الاحتباس الحراري، الانقطاع الكهربائي، عاصفة شمسية، المرونة الحضرية، المدينة الذكية، الجزائر العاصمة.

## **Abstract**

In these recent years, astrophysicists have established a phenomenon of the earth magnetic field weakening. The change of its intensity is currently explained by researchers through several natural occurrences that our planet suffers-up today, and among them the global warming. In fact, a new age of warming has begun, as the result of various natural (for example climatic) or anthropogenic effects (for example greenhouse gases emissions). Our planet is a complex system, which elements interact between each other in a complementary way. It is enough for a single element to destabilize the earth climate and to induce multiply consequences on our planet (for example the weakening of the magnetic field).

In this complex system, cities could not be out of those consequences. In fact, solar storms caused by the weakening of magnetic field have an important role to play in breaking the electric power distribution for a long period in the cities; this phenomenon is called “*Electric Blackout*”. Smart cities would be at the top of the list of exposition, being the most vulnerable to this electrical risk. Based on the new information and communication technologies, these cities of the future could go directly to an economic, social and environmental disaster.

Algiers, with its project of smart-city planned for the future, would be certainly exposed to this phenomenon if the necessary measures to strengthen its resilience face to this risk would not be taken into consideration.

So, this research aims firstly to understand the phenomenon of the BOE, to identify its probable effects and to analyze the possibilities of urban adaptation by proposing some resilient solutions, which could be taken into consideration as priority ones during the realization of the smart city project in the municipality of Algiers-Centre. This contribution could also raise the awareness of stakeholders, involved in city planning, design and management, on this risk that is only beginning to emerge as a very challenge for the future.

**Keywords:** Global warming, Electric Blackout, Solar storm, Urban resilience, Smart city, Algiers.

# Table des matières

Remerciement .....	1
Résumé .....	2
ملخص .....	3
Abstract.....	4
Table des matières .....	5
Liste des figures.....	7
Liste des tableaux .....	9
Liste des schémas .....	9
<b>Introduction générale.....</b>	<b>2</b>
1. Motivation du choix du thème et contexte de la recherche .....	2
2. Problématique et hypothèses .....	7
3. Objectifs de la recherche .....	8
4. Choix du cas d'étude .....	8
5. Concepts-clés .....	9
6. Méthodologie de recherche .....	14
<b>Chapitre I</b>	
<b>Tempête solaire comme risque de catastrophe urbaine majeure .....</b>	<b>20</b>
<b>Introduction du chapitre I.....</b>	<b>20</b>
<b>I.1. Ville, un système urbain vulnérable .....</b>	<b>21</b>
I.1.1. Risque, notion et composantes .....	21
I.1.1.1. Définition de la notion et de types des risques .....	21
I.1.1.2. Vulnérabilité, Aléa et Enjeux.....	24
I.1.2. Catastrophe et résilience.....	30
I.1.2.1. Catastrophe .....	30
I.1.2.2. Résilience.....	31
<b>I.2. Relation entre le champ magnétique terrestre et le réchauffement climatique .....</b>	<b>32</b>
I.2.1. Impact du champ magnétique terrestre sur le réchauffement climatique .....	32
I.2.2. Impact du réchauffement climatique sur le champ magnétique terrestre .....	34
<b>I.3. Affaiblissement du champ magnétique terrestre et son impact sur la ville de demain .....</b>	<b>35</b>
I.3.1. Réchauffement climatique et son impact sur la production et la transmission énergétique .....	36
I.3.2. Tempête solaire et risque de black-out énergétique .....	39
<b>Conclusion du Chapitre I.....</b>	<b>40</b>

## **Chapitre II**

<b>Modélisation des impacts de BOE sur la ville de demain.....</b>	<b>42</b>
<b>Introduction du chapitre II .....</b>	<b>42</b>
<b>II.1. Ville, un écosystème urbain complexe .....</b>	<b>43</b>
II.1.1. Définition de l'écosystème.....	43
II.1.2. Ville, un système complexe .....	43
<b>II.2. Modélisation, moyen de représentation systémique.....</b>	<b>44</b>
II.2.1. Définition de la modélisation systémique .....	45
II.2.2. Types de modèles.....	47
II.2.3. Modèle de la ville durable et de la ville intelligente .....	50
<b>II.3. Modélisation des impacts du Black-out Énergétique sur la ville de demain.....</b>	<b>51</b>
II.3.1. Identification des impacts du BOE sur la ville.....	51
II.3.2. Choix du modèle pour représenter les impacts du BOE sur la ville de demain .....	57
II.3.3. Modélisation des impacts du BOE et identification des solutions .....	58
<b>Conclusion du Chapitre II .....</b>	<b>60</b>

## **Chapitre III**

<b>Analyse structurelle des solutions urbanistiques résilientes face au BOE ..</b>	<b>62</b>
<b>Introduction du chapitre III.....</b>	<b>62</b>
<b>III.1. Prospective et analyse structurelle au service d'une priorisation des solutions.....</b>	<b>63</b>
III.1.1. Prospective comme démarche de construction des scénarios .....	63
III.1.2. Description de la méthode de l'analyse structurelle avec l'aide de l'outil Micmac .....	64
III.1.3. Fonctionnement de l'outil MICMAC .....	67
<b>III.2. Application de l'analyse structurelle à l'aide de l'outil Micmac .....</b>	<b>70</b>
III.2.1. Identification du système (commune d'Alger-Centre) .....	70
III.2.2. Identification des variables et établissement de la matrice structurelle des relations directes.....	74
III.2.3. Priorisation des solutions avec la matrice des relations indirectes .....	77
<b>III.3. Cartographie et référentiel des solutions.....</b>	<b>79</b>
III.3.1. Référentiel du potentiel d'application des solutions prioritaires .....	79
III.3.2. Cartographie des solutions prioritaires .....	87
<b>Conclusion du Chapitre III .....</b>	<b>91</b>
<b>Conclusion Générale .....</b>	<b>93</b>
Bibliographie .....	98
Webographie .....	105
Annexes.....	108
Annexe 01 : Alger Smart City, éléments d'information .....	i
Annexe 02 : Explication des quelques solutions identifiées dans le mémoire.....	v

## Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Intensité du champ magnétique terrestre capturé par Swarm en juin 2014	7
<b>2</b>	Circuit fait par l'auteur pour l'identification des potentialités de la commune d'Alger Centre	16
<b>3</b>	Le triangle du risque	22
<b>4</b>	Les catégories de vulnérabilité et leurs facteurs spéciaux	26
<b>5</b>	de l'étude des risques à la résilience.	32
<b>6</b>	le champ magnétique terrestre comme bouclier face aux vents solaire	34
<b>7</b>	Evolution de l'aimantation à saturation en fonction de la température pour le fer, le nickel et le cobalt	35
<b>8</b>	Emission de gaz à effet de serre dans le monde en 2010	36
<b>9</b>	Moyenne des variations de températures au cours des 150 dernières années	37
<b>10</b>	Demande énergétique mondiale par secteur.	39
<b>11</b>	la notion de système	46
<b>12</b>	Exemple de modèle du réseau bayésien	48
<b>13</b>	Exemple du modèle en réseau	49
<b>14</b>	Exemple du modèle aréolaire.	49
<b>15</b>	Le sens de relation entre des variables du système étudié.	66
<b>16</b>	Matrice structurelle des relations directes entre les variables.	67
<b>17</b>	Plan motricité/dépendance direct	68
<b>18</b>	Exemple de multiplication de la matrice structurelle.	69
<b>19</b>	Comparaison entre le classement direct et indirect.	70
<b>20</b>	Carte montrant les limites de la wilaya d'Alger	71
<b>21</b>	Carte montrant les limites de la commune d'Alger Centre	72
<b>22</b>	Variables prise en considération pour la matrice des relations directes et indirectes	74
<b>23</b>	Matrice des relations directes	74
<b>24</b>	Tableau des résultats de la matrice des relations directes	75
<b>25</b>	Plan montrant le classement des variables par rapport à leurs relations influence/dépendance directes	76
<b>26</b>	Tableau de la matrice des relations indirectes	77
<b>27</b>	Tableau des résultats de la matrice des relations indirectes	77
<b>28</b>	Plan montrant le classement des variables par rapport à leurs relations influence/dépendance indirectes	78
<b>29</b>	Parking Tafourah	80
<b>30</b>	Parking du port d'Alger	80
<b>31</b>	Ministère des finances	80
<b>32</b>	Office national des examens et concours	80
<b>33</b>	Panneaux solaires photovoltaïques sur le toit du lycée Nelson Mandela, Nantes	80
<b>34</b>	Gare maritime d'Alger	81
<b>35</b>	Ministère du tourisme et de l'artisanat	81
<b>36</b>	Panneaux solaires photovoltaïques sur l'école primaire Eliot River, Ile-du-Prince-Edouard	81
<b>37</b>	Bâtiment d'habitat collectif	81
<b>38</b>	Bâtiment d'habitat collectif	81
<b>39</b>	Panneaux solaires photovoltaïque sur les bâtiments d'habitat collectifs	81

<b>40</b>	Centrale de Cogénération Biomasse de Metz-Chambière	82
<b>41</b>	Baie d'Alger	82
<b>42</b>	Usine Marémotrice de la Rance, France	82
<b>43</b>	Espace public Boulevard Zighoud Youcef	83
<b>44</b>	Bancs générant de l'électricité	83
<b>45</b>	Revêtement de sol produisant de l'énergie électrique	83
<b>46</b>	Fils électriques accrochés aux bâtiments résidentiels anciens.	84
<b>47</b>	Parc Beyrout	84
<b>48</b>	Parc Beyrout	84
<b>49</b>	Jardin de plantes aromatiques	84
<b>50</b>	Jardin Tifariti	85
<b>55</b>	Parc de la liberté	85
<b>52</b>	Exemple de Permaculture	85
<b>53</b>	Exemple de Permaculture	85
<b>54</b>	Friche se situant sur la rue	86
<b>55</b>	Place public sur le Boulevard Khmisti	86
<b>56</b>	Place publique transformée en un espace d'approvisionnement	86
<b>57</b>	Friche transformée en un espace d'approvisionnement	86
<b>58</b>	Carte représentant l'hyper centre et les 3 couronnes d'Alger	87
<b>59</b>	Carte montrant les 11 perles d'Alger prévu par Arte Charpentier.	87
<b>60</b>	Carte montrant les 8 promenades prévues par Parquexpo.	88
<b>61</b>	Cartographie du potentiel de la commune d'Alger-Centre à recevoir les solutions prioritaires.	89
<b>62</b>	Effet Venturi en ville	vii
<b>63</b>	Schéma expliquant le processus de ventilation naturelle des bâtiments.	vii
<b>64</b>	Taux de consommation de l'énergie électrique dans un data center	ix
<b>65</b>	Système de refroidissement des serveurs « <i>free cooling</i> »	x

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Les facteurs de la vulnérabilité selon Robert d'Ecrole	27
<b>2</b>	Niveau de gravité de l'aléa et le degré de perturbation de l'organisation	29
<b>3</b>	Impact du réchauffement climatique sur la production et la transmission des énergies renouvelables.	37
<b>4</b>	Différents impacts du Black-out Energétique sur les enjeux de la ville intelligente et la ville classique, ainsi que leurs effets.	51
<b>5</b>	Avantages et inconvénients des trois modèles arborescent, bayésiens et aréolaire.	57
<b>6</b>	Différents équipements de la commune d'Alger-Centre.	72
<b>7</b>	Référentiel des solutions prioritaires.	80
<b>8</b>	Synthèse des quelques potentialités repérées à Alger-Centre.	90

## Liste des schémas

<b>Schéma</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Schéma logique du processus de changement du champ électromagnétique terrestre menant vers un <i>blackout</i> en milieu urbain	4
<b>2</b>	Schéma de synthèse de la démarche méthodologique	17
<b>3</b>	Schéma de synthèse de la structuration du mémoire	18
<b>4</b>	modèle hiérarchique en arborescence	48
<b>5</b>	Explication du contenu général du modèle arborescent	58

## Liste des abréviations

**APC** : Assemblée Populaire Communale.

**BOE** : Black-out Energétique.

**CNAM** : Conservatoire National des Arts et Métiers.

**COP** : *Conference Of Parties* (conférence des parties).

**ESA** : Agence Spatiale Européenne.

**GCR**: *Galactic and Cosmic rays* (Rayons cosmiques galactiques).

**GES** : Gaz à Effet de Serre.

**GEUS** : centre d'enquêtes géologiques du Groenland.

**GPS** : *Global Positioning System* (système de positionnement global).

**IDO** : Internet des objets. (*IoT Internet of Things* en anglais)

**LIPSOR** : Laboratoire d'Investigation en Prospective, Stratégie et Organisation.

**MICMAC** : Matrice d'Impacts Croisés, Multiplication Appliquée à un Classement.

**MW** : Mégawatt.

**NASA** : *National Aeronautics and Space Administration*.

**PC** : *Portable computer* (ordinateur portable).

**PCAET** : Plan Climat Air Energie Territorial

**PCET** : Plan Climat Énergie Territorial

**PCLE** : Plan Climat Local Energie

**PDAU** : Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme.

**PED** : Pays en Développement

**POS** : Plan d'Occupation du Sol.

**PPR** : Plan de Prévention de Risques.

**PPRBE** : Plan de Prévention de Risque de Black-out énergétique

**PPRT** : Plan de Prévention des Risques Technologiques

**PPSMVSS** : Plan Permanent de Sauvegarde et de Mise en Valeur des Secteurs Sauvegardés.

**PS** : Plan Spéciaux.

**RD** : Réseaux Divers.

**TCSP** : Transport en Commun sur Site Propre.

**TIC** : Technologies de l'Information et la Communication.

**Wi-Fi** : *Wireless Fidelity*.

# **Introduction Générale**

# Introduction générale

## 1. Motivation du choix du thème et contexte de la recherche

### Contexte global

Au cours de ces dernières années, notamment depuis le début du 21<sup>e</sup> siècle, les scientifiques font état d'un événement découvert récemment et qui risque de bousculer la vie sur Terre s'il n'est pas pris en considération, au moins autant que celui du réchauffement climatique. Ce phénomène est bel et bien le déplacement du pôle magnétique terrestre vers Greenwich en Angleterre, qui marque un changement de direction après avoir longtemps se déplacer vers Montréal au Canada. L'inquiétude des chercheurs est portée essentiellement sur une **prédiction d'inversement des pôles magnétiques**, un événement qui ne s'est pas produit depuis 780 000 ans et qui risque de se produire d'ici quelques centaines d'années<sup>1</sup>. Le vrai problème posé par les experts et les scientifiques, qui concerne le globe terrestre et qui pourrait toucher la sécurité de la population sur la Terre déjà actuellement, est **l'affaiblissement du champ magnétique terrestre**, sous l'effet du réchauffement climatique.

Ces dernières années, « *la terre subit une hausse de températures potentiellement exacerbées en milieu urbain du fait de la concentration de la population et de leurs activités* »<sup>2</sup>, cette augmentation de chaleur a généré ce que nous appelons aujourd'hui le « réchauffement climatique ». Celui-ci fait fondre les deux calottes polaires, arctique et antarctique, ce qui influe sur la distribution des masses sur la planète. Les précipitations ont été, elles aussi, affectées par le changement climatique, ce qui a modifié les quantités d'eau stockées par les continents. De ce fait, le réchauffement de la planète est également considéré comme une importante raison du changement de la direction du pôle magnétique<sup>3</sup>.

La vitesse de déplacement du pôle magnétique s'est élevée soudainement au cours de ces quelques dernières années ; elle est passée de 15km/an au début du 20<sup>ème</sup> siècle à 65km/an au début des années 2000<sup>4</sup>. Selon les chercheurs, ce changement brusque de vitesse a affaibli le champ magnétique terrestre de 15% de son intensité. Ainsi, un déclin de 5% par siècle s'est transformé en 5% par décennie. Sur une courte durée de 6 mois, la force du champ magnétique a baissé de 80 nano-teslas<sup>5</sup>, ce qui risque de réduire son rôle de bouclier protégeant la Terre contre **les vents solaires et les rayons cosmiques**.

---

<sup>1</sup> -NASA Content Administrator, 2012: Magnetic pole reversal happens all the (Geologic) Time, site official de la NASA [En ligne], 30 novembre 2011.

<https://www.nasa.gov/topics/earth/features/2012-poleReversal.html>

-Phil Livermore et Jon Mound, Why the earth's magnetic poles could be about to swap places, and how it would affect us, Phys.org [En ligne], 27 janvier 2017

<https://phys.org/news/2017-01-earth-magnetic-poles-swap-affect.html>

<sup>2</sup> Berezowska-Azzag Ewa, Bouattou Asma, 2017, Stratégies de rafraichissement urbain à Alger : aider la ville à contrer son réchauffement, Territoires d'Afrique N°9, mars 2017, p.75

<sup>3</sup> Surrendra Adhikari un chercheur de la NASA, revue scientifique *Science Advances* publié le 8 Avril 2016. [En ligne]. <http://advances.sciencemag.org/content/2/4/e1501693>

<sup>4</sup> Maxime Lambert, magazine électronique *Maxiscience* [En ligne], 22 février 2011.

[http://www.maxisciences.com/pole-nord-magnetique/le-pole-nord-magnetique-se-deplace-de-plus-en-plus-vite\\_art12722.html](http://www.maxisciences.com/pole-nord-magnetique/le-pole-nord-magnetique-se-deplace-de-plus-en-plus-vite_art12722.html)

<sup>5</sup> Caroline Moréteau, magazine électronique *Maxiscience* [En ligne], Le 15 juillet 2014

L'Agence Spatiale Européenne (ESA) a lancé le trio de satellites SWARM en Novembre 2003, pour mesurer ces changements catastrophiques de l'intensité du champ magnétique. Elle fournit un aperçu sans précédent de ses rouages complexes.

## Affaiblissement du champ magnétique et son impact sur les villes

Le champ magnétique protège la Terre des vents solaires comportant des particules électriquement chargées. Selon la NASA, un affaiblissement de ce dernier est plus qu'alarmant, parce qu'une éjection de masse coronale pourrait frapper la Terre et les particules solaires interagiraient alors avec le champ magnétique pour produire de puissantes fluctuations électromagnétiques. Les premiers qui seraient directement affectés par cette tempête solaire sont les réseaux d'électricité et de télécommunication. Selon l'Université Technique de Danemark, les surtensions provoquées par les particules solaires peuvent aller jusqu'à endommager les transformateurs, ce qui pourrait plonger les villes dans un *blackout* pendant plusieurs mois.<sup>6</sup>

La plus grande tempête solaire jamais enregistrée a eu lieu en 1859, quand une série d'éruptions solaires d'une intensité inhabituelle, appelées « les Evénements de Carrington », a induit de puissants courants électriques dans les sous-sols et les réseaux électriques aériens. Rachel Langlet rapporte que cette tempête magnétique a duré une semaine et a été responsable de très nombreuses pannes et explosions dans les réseaux de télégraphie, les seuls réseaux électriques existants à l'époque. Ces derniers fonctionnaient tout seuls et des incendies se déclaraient au niveau des postes de télégraphie. Les médias de l'époque rapportent que les aurores boréales ont été aperçues de Cuba et de l'équateur. Les éruptions étaient si violentes que les habitants du nord-est des Etats-Unis pouvaient lire leur journal à la seule lumière des aurores.<sup>7</sup> En 1989, c'est au Québec qu'une tempête magnétique a frappé, faisant plonger ainsi toute la ville dans le noir pendant 9 heures.

Entièrement dépendantes de l'électricité, nos villes sont très vulnérables à ce type de catastrophe. La technologie envahit presque tous les aspects de nos vies, que ce soit dans l'alimentation, le chauffage, les transports, l'industrie, la santé...etc. Si en 1859, la tempête solaire n'a causé que l'explosion des réseaux de télégraphies, actuellement les conséquences seraient bien plus graves. L'effondrement du réseau électrique causé par une éruption solaire provoquerait une panne d'électricité générale, voir un *black-out*, qui paralyserait certainement tous les secteurs de la ville et toute

---

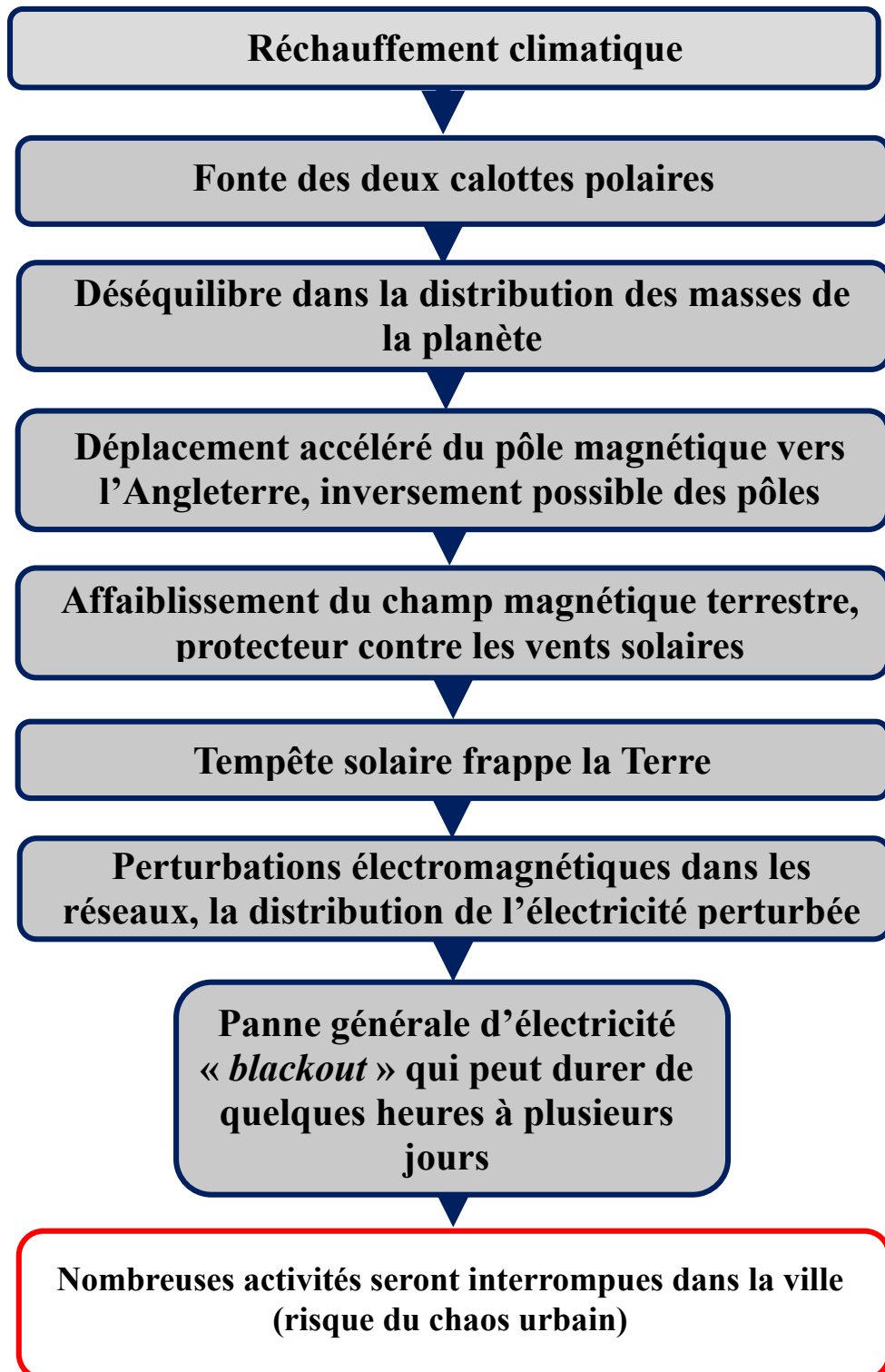
[http://www.maxisciences.com/champ-magnetique/le-champ-magnetique-terrestre-s-affaiblit-plus-vite-que-prevu\\_art33043.html](http://www.maxisciences.com/champ-magnetique/le-champ-magnetique-terrestre-s-affaiblit-plus-vite-que-prevu_art33043.html), idem.

<sup>6</sup> -Université technique du Danemark, les tempêtes solaires déclenchent des phénomènes surprenants près de la terre, phys.org [En ligne], 3 mars 2017, <https://phys.org/news/2017-03-solar-storms-trigger-phenomena-earth.html>

-ENASS Papers 8, Tempêtes solaires et réseaux d'électricité : quelles conséquences pour les (ré) assureurs ?, revue banque [En ligne], 6 novembre 2014 ; <http://www.revue-banque.fr/banque-detail-assurance/article/tempetes-solaires-reseaux-electricite-queles-cons>

<sup>7</sup> Rachel Langlet, Argumentation sur le risque qu'une éruption solaire de type « événement de Carrington » crée un black-out mondial. Impact sur les centrales nucléaires, partie de la Thèse de physique en 2004 Contractuelle à la scolarité, UFR ST Université de Franche-Comté Besançon, France, février 2012, p.01 [https://www.sanurezo.org/IMG/pdf/Argumentation\\_activite\\_solaire\\_nucleaire.pdf](https://www.sanurezo.org/IMG/pdf/Argumentation_activite_solaire_nucleaire.pdf)

activité humaine serait ainsi impactée. Le schéma récapitulatif ci-dessous explique les causes d'une panne d'électricité générale due aux phénomènes décrits *supra*.



**Schéma 1 :** Schéma logique du processus de changement du champ électromagnétique terrestre menant vers un *blackout* en milieu urbain (source : Auteur, sur la base de la littérature scientifique)

Ces dernières années, nous avons assisté à l'avènement du concept de *Smart City*, qui commence à prendre de l'ampleur dans le monde. Plusieurs villes se sont engagées dans les intelligences plurielles. Eveno et Mestre considèrent en même temps que *la ville intelligente a une capacité propre à se renouveler et à se réinventer en permanence sous l'interaction de ses parties prenantes*<sup>8</sup>. Cette intelligence de maintenir sa durabilité réside dans sa résilience, qui dépend aussi de la qualité de sa gouvernance. Cependant, la particularité des villes intelligentes est leur dépendance entière des technologies de l'information et de la communication. Les chercheurs avertissent :

*[La ville] s'équipe donc de plates-formes techniques truffées de capteurs disséminés dans l'espace urbain pour engranger de la donnée, gérer automatiquement ou améliorer la gestion d'un nombre toujours plus élevé de problèmes, en lien avec la croissance urbaine, l'augmentation de la population, son extension dans l'espace, l'émergence de nouveaux besoins, l'intégration de nouvelles échelles d'interaction*<sup>9</sup>.

Cette dépendance des TIC n'est pas toujours un avantage pour les villes. En effet, si une panne d'électricité générale de longue durée se produit, les conséquences seraient plus que catastrophiques. Internet, les satellites, téléphones et autres moyens de communication, transport, transformateurs d'électricité seraient hors service, centrales de production de l'électricité et les stations de dessalement de l'eau ne fonctionneraient plus. La catastrophe toucherait toutes les fonctions de la ville : agriculture, industrie, santé, habitat, alimentation, économie, services fondamentaux et plusieurs autres domaines. Les couts des dégâts engendrés par une coupure d'électricité de longue durée sont estimés à des millions, voir des milliards de dollars.<sup>10</sup> Il nous semble donc particulièrement important de s'intéresser aux impacts possibles d'un tel phénomène sur le milieu urbain.

## Contexte local

Dans le cadre de la politique nationale visant à développer les infrastructures électriques et gazières, l'Algérie a opté pour le développement du secteur de l'énergie afin de subvenir aux besoins de l'électricité des citoyens et de l'économie nationale. Ces dernières années, les habitudes d'utilisation de l'électricité ont changé, avec les changements de modes de travail, de récréation, de déplacements et l'introduction dans les foyers des équipements électriques et électroniques, ce qui a augmenté la

---

<sup>8</sup> Emmanuel Eveno et Jean-Michel Mestres, Villes numériques, villes intelligentes ?, revue urbanisme N°394 [En ligne].

<https://www.urbanisme.fr/issue/report.php?code=394>

<sup>9</sup> Ibid

<sup>10</sup> -Association des entreprises électriques suisses, blackout électrique, janvier 2018, p.02-03

[https://www.strom.ch/fileadmin/user\\_upload/Dokumente\\_Bilder\\_neu/010\\_Downloads/Basiswissen-Dokumente/29\\_Blackout\\_electrique\\_fr.pdf](https://www.strom.ch/fileadmin/user_upload/Dokumente_Bilder_neu/010_Downloads/Basiswissen-Dokumente/29_Blackout_electrique_fr.pdf)

-Confédération de suisse, Connaitre les dangers : panne de courant, Alertsuisse [En ligne], 6 décembre 2016.

<https://blog.alertsuiss.ch/fr/connaitre-les-dangers/panne-de-courant/connaitre-les-dangers-panne-de-courant/>

-Vincent Lucchese, Tempête solaire : ce chaos mondial qui peut surgir en quelques heures, Usbek et Rica [En ligne], 24 avril 2017.

<https://usbeketrica.com/article/tempete-solaire-ce-chaos-mondial-qui-peut-surgir-en-quelques-heures>

consommation énergétique en Algérie.<sup>11</sup> Cette augmentation de la demande a poussé le gouvernement, avec l'entreprise Sonelgaz, à redoubler d'efforts dans le domaine de la production de l'énergie. En effet, la puissance de production a connu une évolution, elle est passée de 7492 MW en 2005 à 17 238.6 MW en 2015<sup>12</sup>.

D'autre part, Alger s'apprête actuellement à accueillir le projet de *Smart City* et aspire à devenir une métropole attractive et compétitive à l'échelle internationale et à améliorer le cadre et la qualité de vie de ses citoyens d'ici l'année 2035.<sup>13</sup>

Le fonctionnement de la ville intelligente repose donc sur les technologies d'information et de communication, alors que celles-ci dépendent d'un bon fonctionnement des réseaux d'électricité et de télécommunication. L'Algérie justement ne remplit pas ce critère important, son réseau électrique est très défaillant, les coupures irrégulières d'électricité en sont témoin.<sup>14</sup>

Rajoutons à cela sa vulnérabilité face aux réchauffements climatiques que Berezowska-Azzag et Bouattou l'ont signalé :

*« La wilaya d'Alger qualifiée comme l'une des villes côtières d'Afrique du Nord les plus exposées aux aléas climatiques [...] Cette vulnérabilité thermique s'explique principalement par la forte densité du plan bâti et la minéralisation du sol, qui limitent la place aux systèmes écologiques verts et bleus, ainsi que par la concentration humaines notamment des activités industrielles »<sup>15</sup>.*

<sup>11</sup> Ci-dessous un tableau montrant l'évolution de la consommation de l'électricité en Algérie de 2010 à 2017 (en GWh)

Source : Le ministère algérien de l'énergie ; <http://www.energy.gov.dz/francais/index.php?page=bilan-des-realizations-2>

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Consommation nationale nette	45666	51082	57348	59516	64050	68766	70748	75675
Consommation finale	33471	35869	4077	43156	45766	50152	52289	56376

<sup>12</sup> Ministère algérien de l'énergie, programme national de l'efficacité énergétique <http://www.energy.gov.dz/francais/uploads/2016/Energie/electricite-gaz-maj.pdf>

<http://www.energy.gov.dz/francais/>

<sup>13</sup> PDAU d'Alger 2016 à l'horizon 2035,

-Ouremdane Mehenni, Sommet smart city 2018 : Alger smart city, réalité ou chimère ?, Algérie eco [En ligne], 28 juin 2018 ; <https://www.algerie-eco.com/2018/06/28/sommet-smart-city-2018-alger-smart-city-realite-ou-chimere/>

-<http://www.wilaya-alger.dz/fr/sommet-mondial-smart-cities-organise-par-smart-city-alger-pour-evaluer-les-dernieres-technologies-et-strategies-dinvestissement/>

-<http://www.smartcityalgiers.com/>

<sup>14</sup> La communication des experts lors de la table ronde de la journée d'étude organisée par l'équipe QUEDD, Laboratoire VUDD, EPAU, 14 mai 2018.

-CDER, Le piratage du réseau électrique cause d'importantes pertes financières, 11 juin 2012

<https://portail.cder.dz/spip.php?article2345>

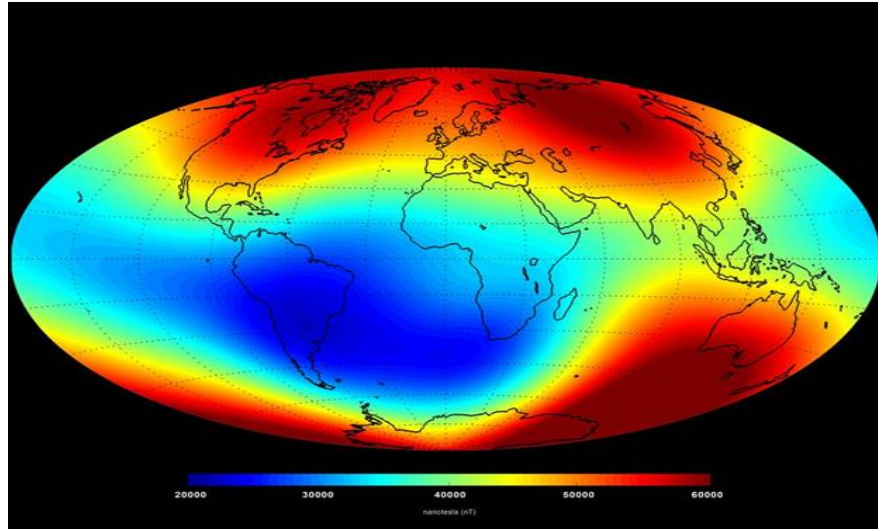
-Radio algérienne, Coupure de courant électrique dans plusieurs communes d'Alger due à une panne de réseau [En ligne], 4 août 2016, <http://www.radioalgerie.dz/news/fr/article/20160804/85271.html>

-Faouzi Senoussaoui, Panne de réseau de transport d'électricité, Liberté [En ligne], 13 juillet 2017.

<https://www.liberte-algerie.com/actualite/panne-du-reseau-de-transport-deelectricite-273471>

<sup>15</sup> Berezowska-Azzag Ewa, Bouattou Asma, Stratégies de rafraîchissement urbain à Alger : aider la ville à contrer son réchauffement, Territoires d'Afrique N°9, mars 2017, p.76 et 81

Avec l'affaiblissement actuellement constaté du champ magnétique terrestre dans quelques zones du globe, dont l'Algérie fait partie, comme nous pouvons le constater dans la photo ci-dessous qui présente les mesures du champ magnétique effectuées par le trio satellitaire Swarm, le projet d'Alger Smart City ne sera pas seulement confronté aux problèmes de défaillance du réseau électrique algérien, mais aussi au problème de panne d'électricité générale que peuvent engendrer les tempêtes magnétiques.



**Figure 1 :** Intensité du champ magnétique terrestre capturé par Swarm en juin 2014

Source:

[http://www.esa.int/fre/ESA\\_in\\_your\\_country/France/Swarm\\_revele\\_les\\_changements\\_du\\_magnetisme\\_terrestre](http://www.esa.int/fre/ESA_in_your_country/France/Swarm_revele_les_changements_du_magnetisme_terrestre)

## 2. Problématique et hypothèses

### 2.1 Problématique

L'inscription de l'Algérie dans une zone où le champ magnétique s'affaiblit menace les réseaux électriques et de communication algériens, mais aussi la vie de ses citoyens notamment ceux d'Alger, qui verra le projet de *Smart City* mis en place d'ici 2035. En cas d'une panne d'électricité générale, les activités de celle-ci s'interrompent, ce qui pourrait engendrer un chaos dans la métropole. De ce fait, une problématique peut se poser aux architectes-urbanistes, concepteurs des aménagements urbains conformes aux objectifs de développement durable, mais aussi aux gestionnaires de la ville en tant qu'un écosystème urbain :

**Quels seraient les moyens de résilience urbaine face au risque du « *Black-out* Electrique » ?**

De la problématique découlent un nombre de questions de recherches :

- **Pouvons-nous considérer la tempête magnétique comme un risque pour la ville ?**
- **Quel est l'impact d'une panne générale d'électricité d'une longue durée sur le déroulement des fonctions d'une ville de demain ?**

- **Quelles solutions pouvons-nous proposer pour renforcer la résilience de la ville de demain, notamment celle d’Alger ?**
- **Quel serait le rôle de l’architecte-urbaniste dans le projet d’Alger Smart City, afin d’améliorer la résilience urbaine face à un *black-out* électrique ?**

## 2.2. Hypothèses

Les questions de recherche formulées ci-dessus nous mènent vers les trois suppositions suivantes, qu’il s’agirait pour nous de vérifier dans le cadre de notre recherche :

- La tempête magnétique générant un BOE<sup>16</sup> est un risque majeur qu’il faut prendre en considération dans la planification et la conception de l’aménagement urbain.
- Les impacts d’une panne d’électricité sur la ville de demain seraient nombreux, et relèveraient d’une approche écosystémique de la ville.
- Le BOE étant un risque majeur technologique d’origine exogène, l’identification de ses impacts permettrait de mettre en place des solutions innovantes d’aménagement urbain pour améliorer la résilience de la commune d’Alger-Centre face au risque de BOE.

## 3. Objectifs de la recherche

Nous avons fixé un objectif général qui consiste à :

- **Mettre en lumière un nouveau risque majeur de BOE qui pourrait affecter le milieu urbain dans l’avenir.**

Pour arriver à atteindre notre objectif général, nous allons d’abord répondre à un ensemble d’objectifs opérationnels :

- Identifier les impacts du BOE sur la ville de demain.
- Prendre en charge les impacts potentiels du BOE dans la planification et programmation urbaine à l’échelle communale.

## 4. Choix du cas d’étude

Le choix du cas d’étude s’est porté sur la commune d’Alger-Centre pour la simple raison que c’est une commune de l’hyper centre contenant les institutions les plus importantes du pays et abrite un nombre considérable d’habitants, aussi le projet de smart city se concrétiserait probablement dans cette commune pour marquer ses débuts, elle jouerait le rôle de commune-témoin. Le moment du démarrage de ce projet nous paraît particulièrement propice pour attirer l’attention des autorités gestionnaires du projet sur son exposition aux différents risques majeurs, parmi lesquels le BOE n’est pas pris en compte dans les politiques publiques et dans les instruments d’aménagement urbain.

---

<sup>16</sup> **BOE** : Black-out Energétique ou Black-out Electrique (une définition est apportée dans le point « Concepts-clés »).

## 5. Concepts-clés

Etant donné la spécificité de notre problématique, la compréhension de concepts-clés impliqués dans cette recherche nous semble nécessaire. Nous allons en donner quelques aperçus dans ce qui suit.

### 5.1. Ville intelligente

La ville intelligente a connu plusieurs définitions distinctes, ce qui a fait d'elle un objet de recherche multidisciplinaire. Mais toutes se regroupent autour d'un seul principe commun qui veut que la ville intelligente est guidée, supportée par la disponibilité des données et dépend donc des technologies de l'information et de la communication<sup>17</sup>. Douay et Henriot précisent par exemple que

*« ... les big data sont [...] l'outil indispensable pour permettre l'émergence de véritables smart cities, structurées par une connaissance de la ville actualisée en temps réel et une forme d'ubiquité permanente »<sup>18</sup>. Ainsi, comme le remarquent Breux et Diaz, la ville devient une plateforme pour générer des données et des algorithmes. La miniaturisation, la connectivité et l'augmentation de la mémoire flash des technologies digitales rendent possibles l'incrustation de dispositifs numériques dans les infrastructures urbaines. »<sup>19</sup>*

Par ces technologies de pointe, la ville intelligente cherche à répondre aux enjeux du développement durable et offrir une vie meilleure et confortable pour les citoyens.

*Eveno et Mestres observent que la ville s'équipe de plates-formes techniques truffées de capteurs disséminés dans l'espace urbain pour engranger de la donnée, gérer automatiquement ou améliorer la gestion d'un nombre toujours plus élevé de problèmes, en lien avec la croissance urbaine, l'augmentation de la population, son extension dans l'espace, l'émergence de nouveaux besoins, l'intégration de nouvelles échelles d'interaction »<sup>20</sup>*

Nous distinguons les villes intelligentes à travers **six critères fondamentaux** que propose Rudolf Giffinger, expert en recherche analytique sur le développement urbain et régional à l'université technologique de Vienne, qui sont : l'économie intelligente, la mobilité intelligente, l'environnement intelligent, les habitants intelligents, le mode de vie intelligent, la gouvernance intelligente.<sup>21</sup> On peut remarquer d'ores et déjà que cette approche s'accorde avec la conception écosystémique de la ville durable, qui distingue quatre domaines interactifs et interdépendants : économique, socioculturel, environnemental et managérial. Certains chercheurs vont même plus loin, en admettant que cet écosystème fonctionne comme un organisme vivant et possède par conséquent une morphologie, une

---

<sup>17</sup> Sandra Breux et Jérémy Diaz, La ville intelligente : Origine, définitions, forces et limites d'une expression polysémique, Institut national de la recherche scientifique Centre - Urbanisation Culture Société, janvier 2017 ; p.7

<http://espace.inrs.ca/4917/1/Rapport-LaVilleIntelligente.pdf>

<sup>18</sup> Nicolas Douay et Carine Henriot, La Chine à l'heure des villes intelligentes, revue de l'information géographique, 2016, p.89.

<https://www.cairn.info/revue-l-information-geographique-2016-3-p-89.htm>

<sup>19</sup> Sandra Breux et Jérémy Diaz, Ibid.

<sup>20</sup> Emmanuel Eveno et Jean-Michel Mestres, Villes numériques, villes intelligentes ?, revue urbanisme N°394 [En ligne], <https://www.urbanisme.fr/issue/report.php?code=394>

<sup>21</sup> <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=smartcities-caracteristiques>

physiologie et une intelligence, qui concourent ensemble à l'établissement d'une résilience aux différents risques qui peuvent menacer cet organisme.<sup>22</sup>

## 5.2. Ville durable

Ces dernières années, les villes assistent à une explosion démographique qui atteindraient d'après l'ONU 5 milliard à l'horizon 2030<sup>23</sup> soit 60% de la population mondiale<sup>24</sup>. Bien qu'elles n'occupent que 3 % de la surface du globe, les villes consomment 75 % de l'énergie produite, génèrent 60 % des gaz à effet de serre et consomment les deux tiers des ressources en eau de la planète<sup>25</sup>. A cet effet, une nécessité de trouver une solution qui permettrait de répondre aux enjeux environnementaux, sociaux, économique et managériaux de demain s'est avéré indispensable<sup>26</sup>. Ce qui a poussé les chercheurs et les spécialistes de poser la question sur la manière de rendre les villes plus durables.

Le concept de ville durable apparu du rapport Brundtland<sup>27</sup> est aujourd'hui un concept polysémique, il fait objet de sujet d'un débat politique, technique et culturel<sup>28</sup>. Cependant, une définition globale qui englobe les différents points de vue des spécialistes a été donnée. Une ville durable est une ville qui dure dans le temps en gardant son identité et son dynamisme à long terme tout en répondant aux besoins du présent<sup>29</sup>. Elle est une expression qui désigne une ville déclinant le développement durable dans ses politiques territoriales prenant en compte les enjeux sociaux, économiques, environnementaux, culturels et interculturels dans la mise en œuvre de toute action de développement<sup>30</sup>. Ce n'est pas juste un projet d'aménagement mais une vision globale des politiques publiques projetée sur la ville<sup>31</sup>.

La ville durable doit présenter quelques éléments essentiels<sup>32</sup> :

---

<sup>22</sup> Ewa Berezowska-Azzag, Guide du projet Urbain, Volume 1 : Connaitre le contexte de développement durable, Synergie, Alger 2011, p.41, 42

<sup>23</sup> Brucy Anne, les défis de la ville durable, CNRS le journal [En ligne], 7/01/2016.

<https://lejournale.cnrs.fr/articles/les-defis-de-la-ville-durable>

<sup>24</sup> Architectes français à l'export, Penser la ville durable : l'approche française, p.15

[https://static1.squarespace.com/static/56142225e4b0b5fb6111e964/t/569538edb204d5b2bd1ef805/1452620018114/Penser\\_la\\_ville\\_durable\\_Approche\\_francaise.pdf](https://static1.squarespace.com/static/56142225e4b0b5fb6111e964/t/569538edb204d5b2bd1ef805/1452620018114/Penser_la_ville_durable_Approche_francaise.pdf)

<sup>25</sup> Ibid.

<sup>26</sup> Ibid.

<sup>27</sup> Heliot Raphaelle, Ville durable et écoquartiers, Cédis, 2010, p.14

<https://www.cedis-formation.org/wordpress/wp-content/uploads/2010/09/%C3%89COQUARTIERS-internet.pdf>

<sup>28</sup> D'Emilio Luna, La ville durable, les cahiers de la recherche architecturale, urbaine et paysagère, 2012, pp 97-102.

<https://journals.openedition.org/crau/552>

<sup>29</sup> Cyria Emelianoff, Comment définir une ville durable ? [En ligne], 1999.

<http://base.d-p-h.info/fr/fiches/dph/fiche-dph-8294.html#Haut>

<sup>30</sup> Muriel Nelly Fotso Chakam, La notion de la ville durable, Médiaterre [Enlignen], 10/10/2018. <https://www.mediaterre.org/actu,20181010181634,11.html>

<sup>31</sup> Hagel Zoé, Ville durable : Des concepts aux réalisations, les coulisses d'une fabrique urbaine. Marseille ou l'exemple d'une ville méditerranéenne, Aix-Marseille Université, 13/12/2013, p.169. <https://tel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/941066/filename/These-Zoe-HAGEL.pdf>

<sup>32</sup> Architectes français à l'export, Penser la ville durable : l'approche française, p.15

[https://static1.squarespace.com/static/56142225e4b0b5fb6111e964/t/569538edb204d5b2bd1ef805/1452620018114/Penser\\_la\\_ville\\_durable\\_Approche\\_francaise.pdf](https://static1.squarespace.com/static/56142225e4b0b5fb6111e964/t/569538edb204d5b2bd1ef805/1452620018114/Penser_la_ville_durable_Approche_francaise.pdf)

- 1- Ville dense : préserver les ressources foncières et limiter l'étalement urbain à condition qu'elle n'affecte pas la qualité de vie de ces citoyens, mais aussi favoriser le transport en commun au détriment des voitures particulières.
- 2- Economie circulaire : énergie, eau, nourriture, biens de consommation, déchets, sont analysés avec pour objectif d'organiser la circularité de la production et du recyclage.
- 3- Une ville mixte : une mixité sociale et fonctionnelle basée sur des circuits courts. Une ville multiple dans sa diversité, qui ne tient pas seulement à la répartition des habitants dans les quartiers mais à celle des activités, des équipements municipaux, des enceintes sportives, des commerces, des associations<sup>33</sup>. Elle renforce aussi l'égalité d'accès aux services publics d'éducation et de santé mais aussi aux réseaux de transport, d'eau et d'électricité.
- 4- Une ville désirable : agréable à vivre, elle offre aux habitants des loisirs et des agréments.
- 5- Une ville sûre et résiliente : elle doit être en mesure d'absorber d'éventuels chocs économiques, climatiques ou énergétiques et ainsi répondre, dans la durée, aux besoins de ses habitants.
- 6- Une ville réversible : en tant qu'accélérateur du changement, elle doit être capable de recevoir d'éventuelles mutations futures (économiques, démographiques ou encore technologiques). Il faut intégrer la réversibilité dans la conception des projets urbains d'aujourd'hui pour une meilleure protection contre l'inconnu du futur.
- 7- Ville citoyenne : où le citoyen participe à l'aménagement de sa ville.
- 8- Ville nature, économe et neutre en énergie<sup>34</sup>.

Pour finir, une ville durable est celle qui lutte contre les gaz à effet de serre, préconise les ressources, favorise les énergies renouvelables, recycle les déchets, préserve l'environnement naturel et bâti, pour un seul but améliorer la qualité de vie des citoyens.

### 5.3. Risque de *black-out* énergétique (BOE) persistant

Un *black-out* énergétique persistant est apparu ces derniers temps comme un défi nouveau pour le développement urbain. Il s'agit de l'effondrement de la totalité du réseau électrique, causant une panne d'électricité de grande envergure touchant ainsi plusieurs régions et un grand nombre de population. Un BOE est dû essentiellement à la rupture soudaine d'équilibre entre la consommation et la production, mais aussi à l'écroulement de fréquence ou de tension, à l'effondrement de réseau électrique à cause des aléas météorologiques (foudre, tempête, gel...), aux erreurs humaines ou les tempêtes magnétiques.<sup>35</sup>

---

<sup>33</sup> Cassaigne Bertrand, La ville durable, Revue Projet N°313, 2009, pp.78-83.

<https://www.cairn.info/revue-projet-2009-6-page-78.htm>

<sup>34</sup> Hagel Zoé, Ville durable : Des concepts aux réalisations, les coulisses d'une fabrique urbaine. Marseille ou l'exemple d'une ville méditerranéenne, Aix-Marseille Université, 13/12/2013, p.64

<https://tel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/941066/filename/These-Zoe-HAGEL.pdf>

<sup>35</sup> Association des entreprises électriques suisses, blackout électrique, janvier 2018, p.01

[https://www.strom.ch/fileadmin/user\\_upload/Dokumente\\_Bilder\\_neu/010\\_Downloads/Basiswissen-Dokumente/29\\_Blackout\\_electrique\\_fr.pdf](https://www.strom.ch/fileadmin/user_upload/Dokumente_Bilder_neu/010_Downloads/Basiswissen-Dokumente/29_Blackout_electrique_fr.pdf)

« Les exercices de simulation de panne généralisée de l’approvisionnement mettent en évidence une durée minimale de 4 à 8 heures pour un blackout. Ces durées courtes ne peuvent être atteintes que si l’on dispose d’une source de fréquence et de tension d’un pays voisin (interconnexion). Dans le cas contraire, il faut prévoir un temps de reconstitution de la fourniture (« black start ») d’un jour au minimum, pour autant que de grandes centrales soient disponibles. Quelques scénarios montrent des durées pouvant atteindre 2 à 3 jours. »<sup>36</sup>

Un blackout énergétique peut atteindre un niveau extrême si les infrastructures du réseau électrique sont gravement endommagées ; dans ce cas toute la région plongera dans le noir pendant une durée qui peut aller jusqu’à plusieurs mois.

## 5.4. Résilience urbaine

L’urbanisation rapide, les extensions des villes dans les zones dangereuses et les changements climatiques que connaît le monde aujourd’hui mettent en péril la vie des citoyens et la durabilité des villes. Par conséquent, il est plus qu’indispensable de renforcer la capacité des habitants et de la ville à faire face aux différents phénomènes majeurs et à protéger les ressources humaines, économiques et naturelles.

« La ville étant reconnue comme le nouvel écosystème du XXI<sup>e</sup> siècle, la résilience urbaine est posée comme une condition majeure du développement durable »<sup>37</sup>.

La résilience est un concept théorique qui a été largement discuté et modifié depuis la définition première issue de la physique des matériaux<sup>38</sup> (voir la définition dans le 1<sup>er</sup> chapitre).

*La résilience urbaine signifie la capacité d’une ville à absorber une perturbation et à récupérer ses fonctions à la suite de celle-ci*<sup>39</sup>.

Elle permet à travers de nombreux processus de rebondir après un choc, récupérer son niveau de performance et atteindre un nouvel état d’équilibre. En d’autres termes, c’est la capacité de persister et de s’adapter.

*La ville est dite résiliente, si elle est capable d’assumer la dégradation occasionnelle de son fonctionnement sans pertes majeurs à long terme*<sup>40</sup>.

---

<sup>36</sup> Ibid, p 2.

<sup>37</sup> Christian Thibault, IAU îdF, la résilience urbaine, Institut d’aménagement et d’urbanisme, Juin 2015, p.06  
[https://www.iau-](https://www.iau-idf.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude_1195/Valorisation_petit_dej_decideurs_chercheurs_27_juillet_2015.pdf)

<sup>38</sup> Marie Toubin, Serge Lhomme, Youssef Diab, Damien Serre et Richard Laganier, « La Résilience urbaine : un nouveau concept opérationnel vecteur de durabilité urbaine ? », Développement durable et territoires, Vol. 3, n° 1, Mai 2012, mis en ligne le 24 mai 2012, p.03

<http://developpementdurable.revues.org/9208> ; DOI : 10.4000/developpementdurable.9208

<sup>39</sup> Lhomme et al, 2010 in Marie Toubin, Améliorer la résilience urbaine par un diagnostic collaboratif, Ecole des ingénieurs de la ville de Paris, Ecole supérieure du génie urbain, 26 Février 2014, p.07  
[https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00958279v2/file/toubin\\_presentation\\_soutenance\\_2014.pdf](https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00958279v2/file/toubin_presentation_soutenance_2014.pdf)

<sup>40</sup> Marie Toubin, Ibid, p.62

Selon Marco Stathopoulos :

*« Contrairement à la ville stable, sécurisée, hiérarchisée, optimisée et normée, chère au développement durable, la ville résiliente est flexible et transformable. Elle fonctionne en hétéarchie, limite les dépendances et multiplie interconnexions et redondances entre les différentes échelles de fonctionnement. Le risque fait partie de ses fondements, tout comme les ressources qui peuvent s'en dégager »<sup>41</sup>*

Les enjeux urbains (humains et matériels) sont souvent confrontés à des aléas de différentes origines (naturelles, géologiques, anthropiques ...). La nécessité de les adapter à ces dysfonctionnements occasionnels est primordiale – nous déduisons donc qu'une amélioration de résilience du système urbain doit être effectuée à court ou à long terme.

La résilience urbaine repose sur de leviers principaux :

- 1- *L'adaptation préventive* qui se traduit par une recherche sur la vulnérabilité du milieu urbain et ses différentes caractéristiques ; cet apprentissage est accentué par l'innovation issue d'une collaboration à moyen ou à long terme entre les différentes compétences relevant de l'urbanisme, de l'architecture, de l'ingénierie, de la géographie, sociologie ou économie. L'adaptation préventive sert à mettre en place une stratégie technique visant à limiter le degré de perturbation du système par une meilleure capacité de résistance et d'absorption.<sup>42</sup>
- 2- *L'atténuation* qui consiste à mettre en place une stratégie plus organisationnelle visant à absorber le choc, limiter les dégâts et accélérer le retour à la normale, à travers une collaboration entre les différents acteurs d'intervention (protection civile, décideurs, pompiers, spécialistes en médecine, différentes associations).

## 5.5. Modélisation

La modélisation est une opération par laquelle un modèle d'un système complexe est établi à fin d'étudier plus commodément et de mesurer les effets sur ce système, des variations des éléments qui le composent et de montrer ses aspects importants<sup>43</sup>.

Selon George Marius :

*« L'utilité de modélisation se trouve aussi dans la recherche des relations de causalité logique dans le fonctionnement du « système modélisé » De ce point de vue, l'enjeu de la modélisation, dans n'importe quel domaine, est d'établir l'existence et la forme de ces relations, dans le but de faciliter la compréhension du fonctionnement du phénomène »<sup>44</sup>.*

---

<sup>41</sup> Marco Stathopoulos, dans Qu'est que la résilience urbaine ? revue Urbanisme n°381 [En ligne]

<https://villeresiliente.org/2012/01/22/resilience-urbaine/>

<sup>42</sup> Marie Toubin, Serge Lhomme, Youssef Diab, Damien Serre et Richard Laganier ; Ibid

<sup>43</sup> <http://www.cnrtl.fr/definition/mod%C3%A9lisation>

<sup>44</sup> George Marius Homocianu, L'interface transport-urbanisme et sa modélisation : Comprendre pour mieux appréhender la complexité et guider l'action publique, Novembre 2007, p.11

<http://simbad.laet.science/documents/Autres/InterfaceTransportUrbanisme.pdf>

On peut énumérer quelques types fondamentaux de modèles : **modèle hiérarchique** (système arborescent), **modèle bayésien**, **modèle réticulaire** (système en réseau), **modèle aréolaire** (système d'aires), **modèle chaotique**.

## 6. Méthodologie de recherche

### 6.1. Identification de l'approche

Cette recherche consiste à exposer et mettre en système les impacts d'un BOE sur la ville de demain, en prenant compte de l'énergie produite par combustion fossile, étant donné que la production de l'électricité en Algérie utilise essentiellement les ressources non renouvelables (pétrole et gaz). Afin d'obtenir une réponse à la problématique et aboutir à une vérification des hypothèses définies préalablement, nous avons opté pour les démarches et méthodes suivantes :

Approches	Méthodes	Outils
<b>Déductive</b> : qui part de la théorie communément admise pour déduire des conclusions sans avoir besoin de recourir à une expérience	Descriptive Qualitative	Recherches bibliographiques Observation sur terrain
<b>Systémique</b> (définit dans le Chapitre II)	Analyse comparative	Modèle hiérarchique arborescent
<b>Prospective</b> (définit dans le chapitre III)	Analyse structurelle	Logiciel Micmac

### 6.2. Etapes de recherche

Notre recherche se déroule en 7 étapes, dont le schéma ci-dessous décrit l'enchaînement logique.

#### Partie théorique :

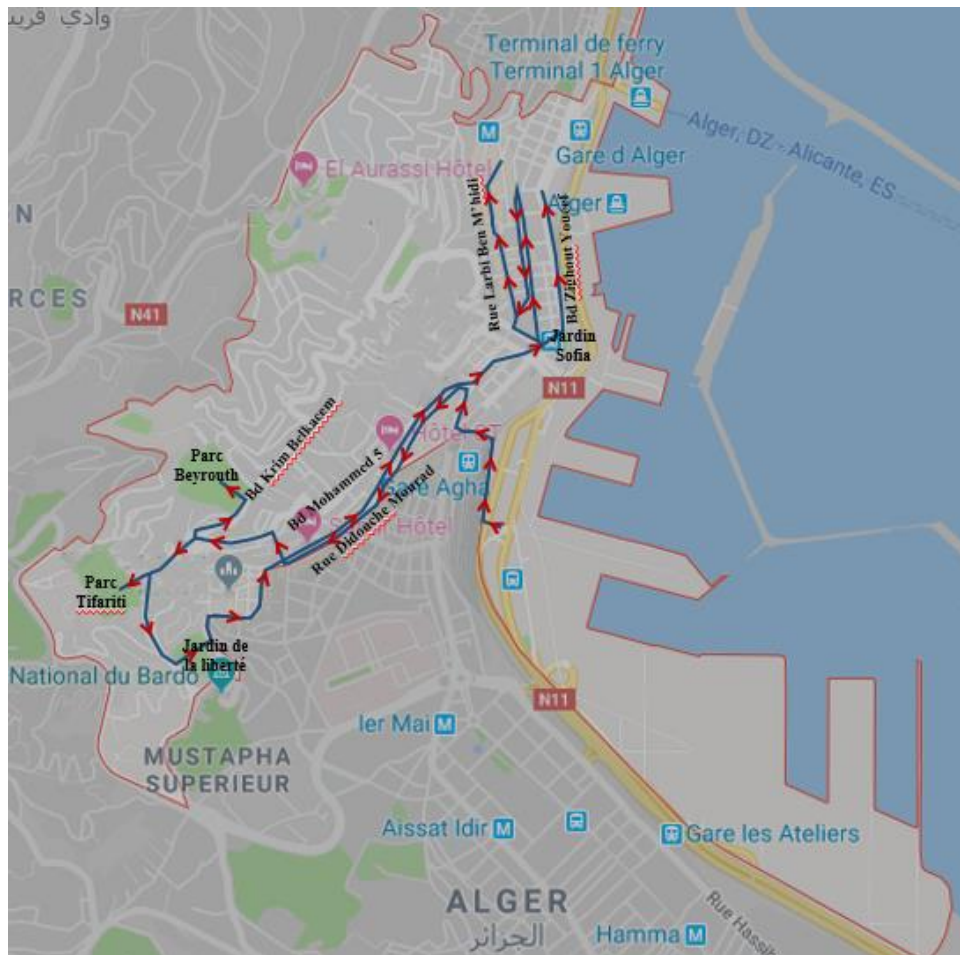
Principalement théorique, elle consistera en premier lieu à comprendre le phénomène à l'origine de la panne générale d'électricité de longue durée. Elle comportera une recherche théorique sur les notions et termes relatifs au sujet de recherche (notion de risque, vulnérabilité, l'aléa, l'enjeu, la catastrophe, la résilience, la ville intelligente et le black-out électrique). Il s'agira de définir ensuite le rapport entre le réchauffement climatique et le champ magnétique terrestre. Cette étape s'appuie sur une recherche bibliographique relative aux phénomènes géophysiques, climatiques et urbanistiques, elle permettra de vérifier la 1ere hypothèse et de poser la question que traitera le 2eme chapitre.

**Partie analytique :**

Elle consistera à introduire une description générale des impacts d'une panne d'électricité de longue durée sur la ville intelligente et la ville durable suivant le résultat d'exploration d'une bibliographie scientifique et technique (25 sources). Ce chapitre aboutira à une modélisation des différents impacts du BOE sur la ville de demain à travers un modèle hiérarchique arborescent, tout en sortant avec des solutions résilientes (20 solutions) issues d'une recherche bibliographique, ce qui permettrait de vérifier la 2eme hypothèse. Cette étape posera aussi la question qui sera traitée dans le 3eme chapitre.

**Partie opérationnelle :**

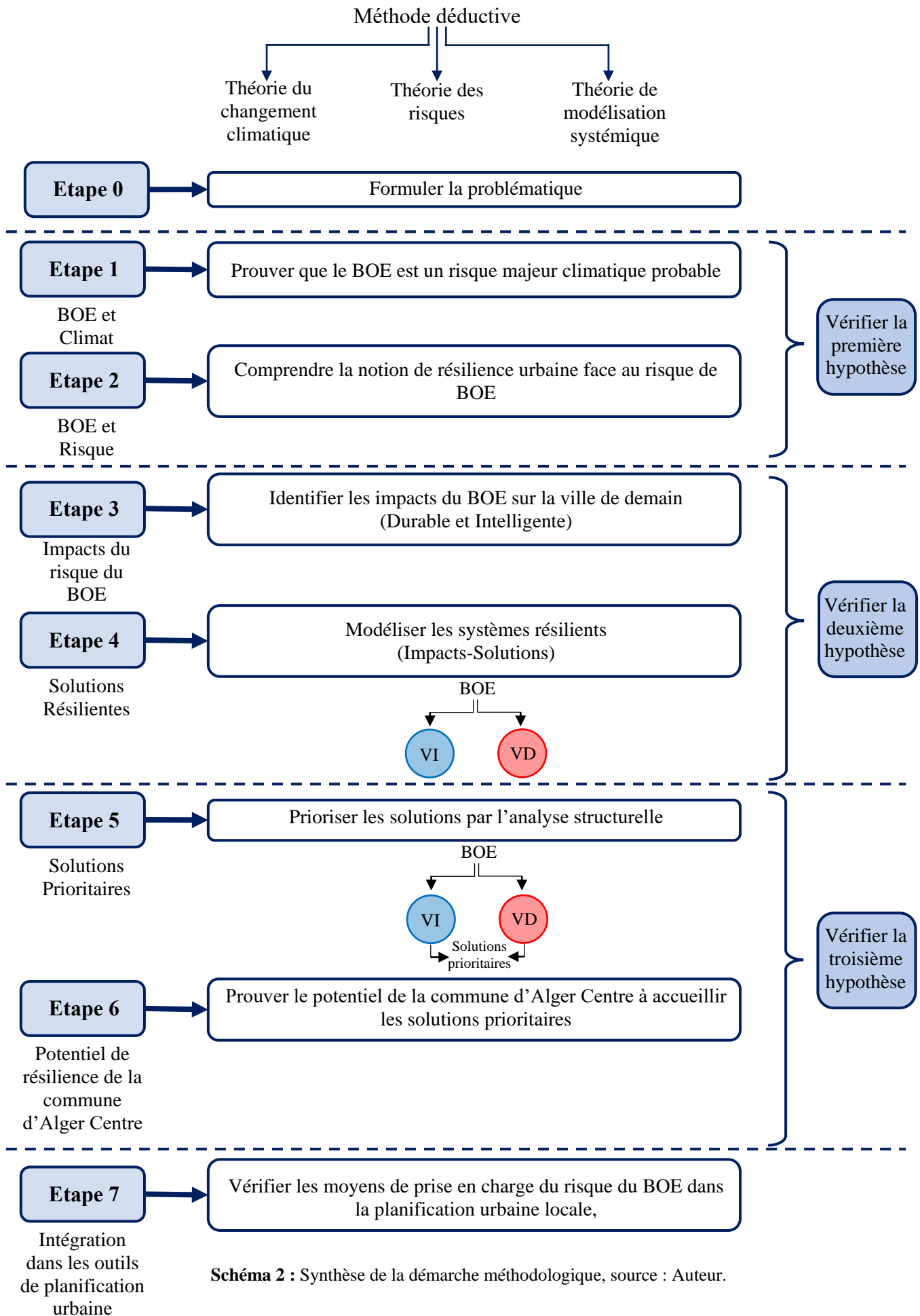
Elle hiérarchisera les variables (11 solutions choisies du fait de leurs appartenance au domaine d'action de l'architecte urbaniste) en utilisant la méthode MICMAC afin de faire ressortir les variables-clés et établir ainsi une priorisation des solutions résilientes (5 solutions résilientes prioritaires ressorties après l'analyse structurelle) déjà identifiées en 2eme chapitre, tout en les dotant d'un référentiel pour la commune d'Alger-Centre qui pourrait être considéré comme support lors de la concrétisation du projet Alger Smart City. L'identification des potentialités de cette commune est basée d'abord sur une observation cartographique (Google earth et Google map), puis une observation *in situ* (repérage des sites aptes à recevoir les solutions résilientes) par le biais d'un photoreportage durant 7 jours en Février 2019 et suivant un circuit prédéfini (voir la carte ci-dessous). Cette étape nous permettra de vérifier la 3eme hypothèse.



**Figure 02 :** Circuit fait par l’auteur pour l’identification des potentialités de la commune d’Alger Centre.  
Source : Carte Google map traitée par l’auteur.

**La conclusion générale** synthétisera les résultats obtenus et expliquera les limites de la recherche dans le cadre de ce mémoire et les limites des solutions proposées. Elle indiquera aussi quelques pistes de recherche qui pourront enrichir et apporter une continuité à ce travail.

Ci-dessous un schéma qui synthétise les étapes de la méthodologie de recherche (Schéma 2).



**Schéma 2 :** Synthèse de la démarche méthodologique, source : Auteur.

## 7. Structure du mémoire

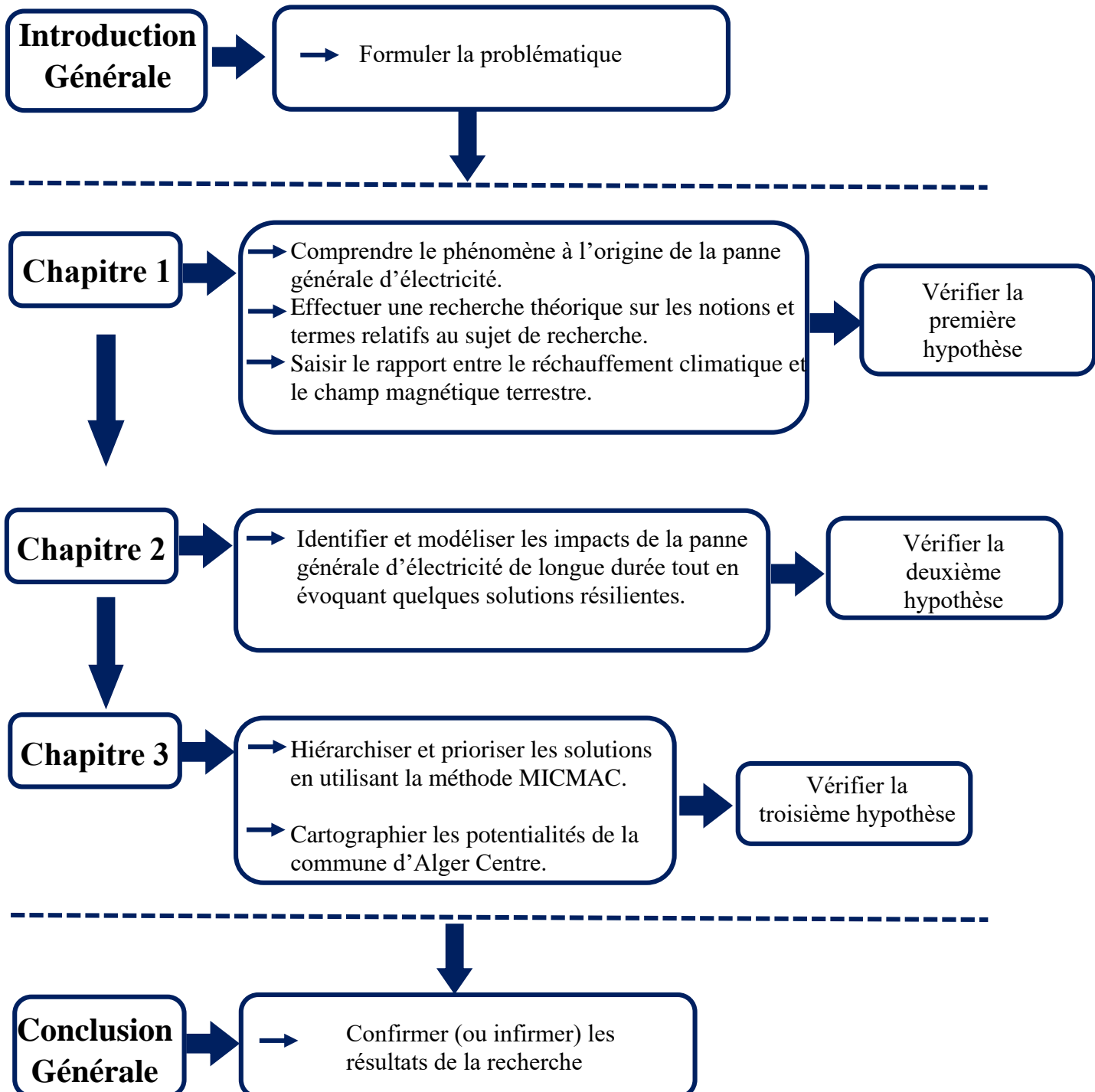


Schéma 3 : Synthèse des éléments de structuration du mémoire, source : Auteur.

# **Chapitre I**

## **Tempête solaire comme risque de catastrophe urbaine majeure**

## Chapitre I

### Tempête solaire comme risque de catastrophe urbaine majeure

*« Vous auriez voulu, et qui n'eût pas voulu de même ? Que le tremblement se fut fait au fond d'un désert plutôt qu'à Lisbonne. Peut-on douter qu'il ne s'en forme aussi dans les déserts ? Mais nous n'en parlons point, parce qu'ils ne font aucun mal aux messieurs des villes, les seuls hommes dont nous tenions compte, ils en font peu même aux animaux et aux sauvages qui habitent épars, dans des lieux retirés, et qui ne craignent ni la chute des toits, ni l'embrassement des maisons. Mais que signifierait un pareil privilège ? Serait-ce donc à dire que l'ordre du monde doit changer selon nos caprices, que la nature doit être soumise à nos lois, et que, pour lui interdire un tremblement de terre en quelque lieu, nous n'avons qu'à y bâtir une ville ? »<sup>45</sup>*

J.-J. Rousseau, Lettre à M. de Voltaire (18 août 1756)

## Introduction du chapitre I

L'affaiblissement du champ magnétique terrestre qui laisserait certainement passer les tempêtes solaires dans les années à venir, laisserait aussi la terre sans son bouclier, exposée aux dangers cosmiques. Ces tempêtes magnétiques ne seraient probablement que de passage, mais marqueraient leurs empreintes au sein de la planète. En endommageant les réseaux électriques et de télécommunication, elles plongeraient l'humanité dans le noir, un *black-out* qui risquerait de durer longtemps.

Afin de comprendre la gravité de cette panne de courant de longue durée et la possibilité qu'elle puisse représenter un risque pour nos villes, il est nécessaire d'abord de comprendre la signification de ce dernier et comment pourrait-il être une menace pour le système urbain.

De ce fait, ce chapitre exposera la notion de risque avec ses composantes (aléa, vulnérabilité), il définira aussi quelques termes qui lui sont relatifs (catastrophe, résilience, enjeux) et se terminera par l'explication de la relation entre le champ magnétique terrestre et le réchauffement climatique.

---

<sup>45</sup> <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k10400876/f21.image>

## I.1. Ville, un système urbain vulnérable

La ville, un système urbain complexe où se rassemblent les groupes humains, les éléments matériels (les bâtiments affectés à divers fonctions, les infrastructures, les réseaux et éléments de voiries) et les éléments immatériels (son histoire, son image et sa cohésion sociale)<sup>46</sup>, la ville est à la fois un lieu de vie, d'activité et de pouvoir.

Les différents éléments qui la composent font d'elle un système urbain vulnérable aux différents risques naturels ou anthropiques, engendrés par le phénomène du changement climatique dont la ville en est un responsable majeur, ce qui fait d'elle aussi la principale victime de ses crimes.

### I.1.1. Risque, notion et composantes

#### I.1.1.1. Définition de la notion et de types des risques

Le risque a été défini sous différents angles, en premier lieu il a été abordé dans le sens commun comme étant la possibilité de perdre quelque chose, selon Pascale Metzger et Robert D'Ercole :

*« Quand on parle de risque en milieu urbain dans le sens commun viennent d'abord les inquiétudes posés par la délinquance urbaine, les problèmes sociaux. Le terme risque est utilisé à chaque fois qu'il y a possibilité de perdre quelque chose. [Que ce soit] pour un individu ou une famille (perdre la vie, perdre un travail, perdre une maison suite à un séisme ou un cyclone...etc), une ville (perdre une de ses importantes activités, fermer une entreprise importante, être touchée par une catastrophe...etc), un pays (risque de crise économique, risque de guerre ou d'instabilité politique, risque de perdre un rôle important sur la scène internationale...etc) »<sup>47</sup>.*

Sur le plan environnemental, le risque touche la biodiversité, la santé humaine, la préservation des espaces, les ressources en eau, la qualité de l'air, il est aussi question des risques que présentent les nouvelles technologies et les risques dus aux changements climatiques<sup>48</sup>.

D'une manière générale, le risque peut être défini comme la probabilité d'occurrence de dommage compte tenu des interactions entre facteurs d'**endommagement (aléas)** et facteurs de **vulnérabilité** (peuplement, répartition des biens). Certains résumant ainsi ces définitions par une formule « **risque = aléa x vulnérabilité** ». Il est le produit de conjonction des facteurs indissociables :

---

<sup>46</sup> Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement de France, Gestion des risques majeurs dans les villes européennes, Analyse des enjeux dans les villes, Application à la ville de Nice et comparaison avec les pratiques en Italie et en Espagne. Etude réalisé dans le cadre des opérations de service public du BRGM 97-H-451, novembre 1998, p.04. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RR-39855-FR.pdf>

<sup>47</sup> Pascale Metzger et Robert D'Ercole, Les risques en milieu urbain : éléments de réflexion, EchoGéo 18 | 2011 septembre 2011/décembre 2011, p.02. <https://journals.openedition.org/echogeo/12640>

<sup>48</sup> Ibid, p.03

la variable naturelle constituée par l'aléa et la variable humaine traduite par la vulnérabilité<sup>49</sup>. Ces deux piliers, qui constituent la notion du risque que nous définirons par la suite,

« ... opèrent une division du travail entre les sciences dures qui se chargent de l'aléa et les sciences sociales qui analysent la vulnérabilité. Cette division est directement reproduite dans la bipolarisation classique de la géographie entre ses deux composantes majeures que sont la géographie physique et la géographie sociale »<sup>50</sup>.

Le risque par conséquent se matérialise par la survenue d'une catastrophe, à travers l'aléa qui se conjugue à des vulnérabilités préexistantes sociale ou physique<sup>51</sup>, pour causer ainsi de graves dommages et de pertes humaines ou matériels. Ainsi nous revenons à la première définition du risque dans le sens commun, qui consiste à perdre quelque chose.

Villagràn de León (2001), qui s'est inspiré du modèle développé par Crichton (1999), a mis au point un modèle de risque qu'il a appelé « *risk triangle* » ou bien le triangle du risque. Celui-ci montre que le risque découle de la combinaison de trois composantes : l'aléa, la vulnérabilité et les déficiences dans la préparation. La vulnérabilité est ici définie comme les conditions préexistantes qui rendent les infrastructures, les processus, les services et la productivité plus enclins à être affectés par un aléa externe. Bien que le terme d'exposition ne soit pas ici mentionné, celle-ci est perçue par l'auteur comme une composante de l'aléa<sup>52</sup>.



**Figure 03 :** Le triangle du risque, source : Villagràn de León, 2001 in Béatrice Quenault, 2011, p 77.

<sup>49</sup> Gutton Rafaëlle, rapport de stage de fin d'étude, Master 2 professionnel Gestion des catastrophes et des risques naturels ; Elaboration, application et spatialisation, d'indicateurs géographiques de risques naturels en zones urbanisées, septembre 2010, p.09

<sup>50</sup> Pascale Metzger et Robert D'Ercole, Les risques en milieu urbain : éléments de réflexion, EchoGéo 18 | 2011 septembre 2011/décembre 2011, p.06. <https://journals.openedition.org/echogeo/12640>

<sup>51</sup> Béatrice QUENAUULT (Coord.), projet de recherche pirve 20-2051 vulnérabilité et résilience au changement climatique en milieu urbain : vers de nouvelles stratégies de développement urbain durable ? Juin 2011, p 34.

<sup>52</sup> Ibid, p 77.

## Types de risques

Pascale Metzger et Robert D'Ercole ont défini dans leur publication « Les risques en milieu urbain : éléments de réflexion » les différents types de risques dans un milieu urbain. Ils sont identifiés à partir de la cause du risque. Ainsi nous avons :

- Les risques naturels (devenus « d'origine naturelle ») sont appréhendés par les disciplines spécialistes du risque inondation, de crues, de glissement de terrain, des risques volcaniques, sismiques, d'effondrements etc. Ce sont des risques qui sont définis d'abord par leur origine dans un processus physique et naturel, mais ils sont plus ou moins altérés par des phénomènes anthropiques, en particulier par l'urbanisation et la déforestation.
- Les risques anthropiques, en particulier les risques industriels et technologiques liés aux installations dangereuses, les risques dus au transport de matériels dangereux, les risques automobiles, la rupture de barrages, l'explosion des centrales nucléaires, etc.
- Les risques sociaux sont des risques politiques, risque de guerre, la délinquance etc., c'est la société, l'organisation sociale et politique qui est la cause du risque, c'est donc un champ abordé par les différentes disciplines des sciences sociales.
- Les risques sanitaires semblent être une espèce à part dans la grande problématique des risques, car ils sont construits non pas sur la cause du risque mais sur ce que nous ne voulons pas perdre, sur ce que nous voulons protéger, c'est-à-dire sur la santé et tout ce qui peut affecter la santé, qu'elle soit humaine ou animale, qui est approché par les risques sanitaires, quelles qu'en soient les causes.
- Pour les risques environnementaux, la situation est moins claire : nous avons surtout des approches dans lesquels l'environnement (le milieu dans lequel nous vivons) devient un risque, du fait par exemple de la pollution de l'eau, des sols, de l'air, ou la déforestation. Nous serions donc dans le risque défini par la cause, découpé par les objets des disciplines ; mais nous pourrions également considérer que c'est l'environnement qui est au cœur des risques environnementaux, qu'il s'agit de préserver l'environnement, auquel cas les risques environnementaux seraient tous les risques qui pèsent sur l'environnement.

*« Le risque est dit « majeur » lorsqu'il peut faire de très nombreuses victimes et occasionner des dommages considérables, dépassant les capacités de réaction des instances concernées (États, sociétés civiles), à l'échelle de la zone touchée. Le risque majeur est caractérisé conjointement par une faible probabilité d'occurrence (faible fréquence) et d'énormes impacts, il peut alors devenir une catastrophe perturbant durablement les équilibres naturels et sociaux à divers niveaux d'échelle. Les conséquences, pour la population, sont dans tous les cas tragiques en raison du déséquilibre brutal entre besoins et moyens de secours disponibles »<sup>53</sup>.*

---

<sup>53</sup> <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/risque-s>

### I.1.1.2. Vulnérabilité, Aléa et Enjeux

#### a) Vulnérabilité

La vulnérabilité est un concept multidisciplinaire et multidimensionnel, elle n'est pas simple à appréhender. Plusieurs recherches et définitions lui ont été attribuées par les scientifiques et les sociologues. Selon Reghezza :

*« Lorsque l'on cherche à étudier la vulnérabilité, on se heurte d'emblée à la pluralité des définitions et des approches, qui finissent par renvoyer à des objets très différents. »<sup>54</sup>*

En 1987, J. Theys et J.-L. Fabiani notaient que *« le mot souffre d'un trop-plein sémantique puisqu'il évoque aussi bien la dépendance ou la fragilité, la centralité, l'absence de régulations efficaces, le gigantisme ou la faible résilience. »*.

Pour Reghezza :

*« Le terme de vulnérabilité vient du latin « vulnus » qui désigne la blessure, puis, en latin tardif, s'applique au soldat blessé qui, du fait, de ses blessures est exposé à la mort. On retrouve cette idée de blessure dans les termes de dommages (pour les biens matériels) et de pertes (pour les vies humaines) qui interviennent fréquemment dans les définitions scientifiques de la vulnérabilité. »<sup>55</sup>*

*« The vulnerability of a human system as determined by the nature of the physical hazard(s) to which it is exposed, the likelihood or frequency of occurrence of the hazard(s), the extent of human exposure to hazard, and the system's sensitivity to the impacts of the hazard(s) »<sup>56</sup>.*

Afin de bien cerner la définition de la vulnérabilité et de réduire la vague de définitions existantes sur ce concept. Celui-ci est divisé en deux grandes parties :

- La première relève des sciences physiques dans lesquelles le risque est pensé en termes de probabilité d'occurrence et d'impacts. La vulnérabilité renvoie alors au degré d'endommagement potentiel des enjeux suite à la survenue d'un aléa dont les paramètres sont plus ou moins bien connus.<sup>57</sup> Cette vulnérabilité dite « technique » ou « biophysique » est la conséquence d'un aléa sur des enjeux matériels (bâtiments, réseaux, infrastructures, populations...) causant des endommagements physiques. Cela présente l'avantage de rendre la notion facile à quantifier, car ne sont pris en compte que des éléments matériels objectifs, tels que l'intensité de l'aléa, le degré d'exposition, la densité de population, ou la qualité et la capacité de résistance des constructions (liée à la qualité des matériaux et de la structure utilisée). La lutte contre ce type de vulnérabilité se traduit notamment par l'édiction de normes de construction, de réglementations et de

---

<sup>54</sup> Magali Reghezza, Réflexions autour de la vulnérabilité métropolitaine : la métropole parisienne face au risque de crue centennale, 22 Janvier 2007, p.09

[https://tel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/125856/filename/these\\_reghezza.pdf](https://tel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/125856/filename/these_reghezza.pdf)

<sup>55</sup> Ibid, p.65

<sup>56</sup> Brooks, 2003 in Magali Reghezza, Ibid, 2007, p.71

<sup>57</sup> Nicholls, Hoozemans et Marchand in Magali Reghezza, Ibid, 2007, p.65

planifications pour l'occupation des sols, ou par la mise au point de nouveaux matériaux et de nouvelles techniques de construction<sup>58</sup>. La vulnérabilité biophysique est déterminée par la nature de l'aléa auquel le système (enjeux) est exposé, par la probabilité ou la fréquence d'occurrence de cet aléa, par l'importance de l'exposition à cet aléa et par la sensibilité de ce système aux impacts de l'aléa. Le terme « biophysique » suggère à la fois une composante physique (la nature de l'aléa, processus physique et ses manifestations) et une composante biologique (pour un système naturel) ou sociale (pour un système humain) qui renvoie aux propriétés du système affecté.<sup>59</sup>

- La seconde partie «regroupe les définitions employées en sciences sociales. La vulnérabilité désigne alors la capacité des individus à faire face à une crise ou un changement. Ces définitions font appel à d'autres notions telles que la « capacité à faire face » ou la « capacité d'adaptation »<sup>60</sup>. Cette capacité d'adaptation désigne l'aptitude du système à faire face aux risques et absorber les chocs et qui découle des facteurs socio-économiques, politiques et culturels<sup>61</sup>.

Une société vulnérable est une société qui n'a pas les capacités d'adaptation et de faire face aux risques, c'est à dire qu'elle est incapable de produire des solutions techniques, juridiques, économiques, sociales et autres pour répondre aux situations de crises auxquelles elle peut être exposée. Elle est dans l'incapacité à résister aux chocs et de limiter ou réduire les dommages et les pertes.<sup>62</sup> En se référant à Cannon et al. (2003), Quenault définit la vulnérabilité sociale en tant qu'un degré d'autoprotection et de protection sociale insuffisants, du manque de qualifications et des dysfonctionnements ou inadéquation des installations institutionnelles qui définissent le contexte global au sein duquel un individu ou une communauté endure et répond aux impacts négatifs d'un événement aléatoire<sup>63</sup>. Selon Quenault, la vulnérabilité telle que la décrit Allen désigne l'absence de capacité de la société à faire face à une crise ou à un changement, la difficulté d'une personne, d'un groupe d'humains, d'une organisation ou d'un territoire à anticiper un phénomène destructeur, à l'affronter, à lui résister et à récupérer après sa survenue<sup>64</sup>. Selon Reghezza, Cardona a résumé en revanche la définition de la vulnérabilité sociale :

*« La vulnérabilité ne peut être définie ou mesurée sans référence à la capacité d'absorption du choc, de réponse et de redressement par rapport à l'impact de l'événement sur la population »<sup>65</sup>*

---

<sup>58</sup> Béatrice Quenault (Coord.), projet de recherche pIRve 20-2051 vulnérabilité et résilience au changement climatique en milieu urbain : vers de nouvelles stratégies de développement urbain durable ? Juin 2011, p.60.

<sup>59</sup> Magali Reghezza, *Réflexions autour de la vulnérabilité métropolitaine : la métropole parisienne face au risque de crue centennale*, 22 Janvier 2007, p.71

<sup>60</sup> Allen, 2003 in Magali Reghezza, *Ibid*, 2007, p.65

<sup>61</sup> Magali Reghezza, *Ibid*, p.72

<sup>62</sup> *Ibid*.

<sup>63</sup> Cannon et al, 2003 in Béatrice Quenault, *Ibid*, 2011, p.63

<sup>64</sup> Allen, 2003 in Béatrice Quenault, *Ibid*, 2011, p.62

<sup>65</sup> Cardona, 2003 in Magali Reghezza, *Ibid*, 2007, p.72

Ainsi la notion de vulnérabilité peut se résumer en une résultante d'un bilan entre des fragilités et des capacités à résister, elle est décrite en fonction de<sup>66</sup> niveau d'exposition à un danger, niveau de sensibilité à un danger, capacité de s'adapter à un danger.

Magali Reghezza a classé la vulnérabilité en trois catégories, chacune avec ses facteurs spatiaux :

Vulnérabilité matérielle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- localisation en zone inondable</li> <li>- concentration</li> <li>- densité de la population</li> <li>- densité des infrastructures critiques</li> <li>- spécialisation fonctionnelle</li> </ul>
Vulnérabilité structurelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- continuité/contiguïté</li> <li>- polycentrisme inabouti</li> <li>- domination de l'hyper-centre</li> <li>- relations entre les territoires/lieux composant l'espace francilien</li> <li>- accessibilité des sites stratégiques</li> </ul>
Vulnérabilité fonctionnelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dépendance par rapport aux fonctions politiques</li> <li>- dépendance par rapport aux fonctions économiques</li> <li>- intégration de l'espace francilien dans des systèmes plus vastes (inscription spatiale)</li> </ul>

**Figures 04** : Les catégories de vulnérabilité et leurs facteurs spatiaux, source : Reghezza ; 2006 ; p 246.

Ces catégories de vulnérabilité résultent du croisement de deux approches géographiques :

- « la **vulnérabilité matérielle**, qui résulte du croisement entre espace physique, générateur de l'aléa initial et l'espace de localisation des enjeux, qui définit la matérialité de l'espace »<sup>67</sup>.
- « la **vulnérabilité structurelle**, c'est-à-dire la vulnérabilité liée à l'organisation spatiale, qui découle du croisement entre espace de localisation et espace de mise en relation entre les lieux<sup>68</sup>. »
- « la **vulnérabilité fonctionnelle**, c'est-à-dire la vulnérabilité liée aux fonctions de l'espace, elle provient du croisement entre l'espace de relation et l'espace des pratiques »<sup>69</sup>.

### Facteurs de vulnérabilité

Pour R. D'Ercole, « la vulnérabilité apparaît comme la propension d'une société donnée à subir des dommages en cas de manifestation d'un phénomène naturel ou anthropique. Cette propension varie selon le poids de certains facteurs qu'il est nécessaire d'identifier et d'analyser car ils induisent un certain type de réponse de la société »<sup>70</sup>.

<sup>66</sup> Resilient communities starter Kit.

<sup>67</sup> Magali Reghezza, Réflexions autour de la vulnérabilité métropolitaine : la métropole parisienne face au risque de crue centennale. Géographie. Université de Nanterre - Paris X, 2006, p.248

<sup>68</sup> Ibid.

<sup>69</sup> Ibid.

<sup>70</sup> D'Ercole Robert, Thouret Jean-Claude, Dollfus Olivier, Asté Jean-Pierre, Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse, Revue de géographie alpine tome 82 n°4, 1994, p.87

<b>Facteur de la croissance démographique et urbaine et de son accélération</b>	
<b>Facteur des modes d'occupation et d'utilisation du sol :</b>	<p>Ils contribuent à l'accroissement d'exposition aux menaces par exemple l'occupation :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-De zones inondables.</li> <li>-De zones susceptibles d'être affectées par les produits d'une éruption volcanique.</li> <li>-Secteurs urbanisés sur des failles actives.</li> <li>-L'occupation irrationnelle de terrains à forte pente.</li> <li>-La déstabilisation de versants par déboisement ou les écoulements modifiés par l'urbanisation constituent.</li> </ul>
<b>Les facteurs socio-économiques</b>	<p>L'urbanisation dans un contexte de crise ou de fluctuations économiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-L'exode rural.</li> <li>-La spéculation foncière.</li> <li>-Les pratiques clientélistes.</li> <li>-La recherche de la proximité des centres actifs de la ville, constituent les principaux facteurs évoqués pour comprendre l'afflux de populations contraintes d'occuper des terrains à risque.</li> </ul>
<b>Les facteurs psychosociologiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'ignorance et la non-sensibilisation des gens sur le fait qu'ils vivent dans un secteur dangereux.</li> <li>-Comment les gens perçoivent le risque.</li> <li>-Les risques naturels sont ainsi souvent moins obsédants que d'autres risques dits sociaux ou urbains que sont le chômage, l'insécurité, la drogue, etc.</li> </ul>
<b>Les facteurs liés à la culture et à l'histoire des sociétés exposées</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La transculturation imposée par les colonisations et l'adoption de modèles occidentaux peu conformes aux besoins de sécurité des P.E.D.</li> <li>-Ce sont les traditions.</li> <li>-Auto-construction.</li> <li>-Pratiques politiques laxistes.</li> <li>-Rejet dans la nature de déchets et produits encombrants considérés comme des sources de risque.</li> <li>-La fatalité et la résignation liées aux croyances, aux religions, aux superstitions.</li> </ul>
<b>Les facteurs techniques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La mauvaise qualité des constructions généralement non adaptée au milieu.</li> <li>-L'incapacité technique de maîtrise des eaux.</li> <li>-Les systèmes techniques de construction des routes inadéquats.</li> <li>-Ouvrages de protection qui sont rudimentaires.</li> </ul>
<b>Les facteurs fonctionnels</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La qualité opérationnelle des organisations et des moyens techniques et humains mis en œuvre pour la gestion des crises.</li> <li>-La prévision temporelle et la mise en place de structures locales de sécurité civile.</li> <li>-Le problème de la prévision, de la surveillance et de l'alerte signalée à propos de crues de rivières à très faible temps de réponse.</li> <li>-La communication difficile entre les divers acteurs.</li> </ul>

<p><b>Les facteurs institutionnels et politico-administratifs</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Les échelles et domaines de compétence des organismes concernés et la qualité des relais aux niveaux national, régional et local, afin de mettre en évidence les dysfonctionnements.</li> <li>-L'absence de programmes de prévention, de préparation ou de manière plus générale de réflexion sur les risques dans le cadre de la planification urbaine.</li> <li>-Les pratiques politiques laxistes.</li> <li>-Les récupérations politiciennes.</li> <li>-Les opérations préventives bloquées par la pression sociale.</li> <li>-L'obligation de valider des situations de fait dangereuses.</li> <li>-La question de la législation et des réglementations est à peine discutée ou inexistantes.</li> </ul>
<p><b>Autres facteurs :</b> Assurances dont la couverture est très faible dans les P.E.D (lieu et moment précis de l'impact), dysfonctionnements urbains, fonctionnels et techniques imprévisibles, etc.</p>	

**Tableau 1 :** Les facteurs de la vulnérabilité selon Robert D'Ercole, Source : Robert D'Ercole, 1994, p88,89.

### Importance de la vulnérabilité dans l'étude des risques

L'étude de l'aléa a toujours primé sur celle de la vulnérabilité, et les solutions techniques afin de réduire les endommagements dus aux risques sont toujours privilégiées.

Cependant, à cause des insuffisances dues à la focalisation sur l'aléa, une composante sociale a été nécessairement introduite par les scientifiques à travers la notion d'enjeu pour l'étude des risques. Ils ont mis en évidence la corrélation entre l'endommagement et la capacité de résistance physique de l'enjeu (sa fragilité).

*« La vulnérabilité est désormais introduite dans les politiques de gestion du risque et en particulier, dans les documents réglementaires tels les PPR. Toutefois, l'utilisation du concept présente de nombreuses limites. En premier lieu, la vulnérabilité pose un problème théorique car elle est mal ou insuffisamment définie. La plupart du temps, le concept est utilisé dans un sens restreint qui ne rend pas compte de sa complexité. Ainsi, les cartes de PPR appelées cartes de vulnérabilité sont en fait des cartes d'exposition des enjeux qui ne prennent pas en compte les facteurs inhérents de fragilité »<sup>71</sup>.*

#### b) Aléa

Bien que la vulnérabilité soit le 2eme pilier important de l'approche de risque (risque = aléa × la vulnérabilité), et même si on a donné à celle-ci une grande importance, l'aléa est largement dominant et la plupart des travaux qui se réclament de la problématique des risques sont en fait des études de l'aléa. Les atlas des risques sont le plus souvent des atlas des aléas<sup>72</sup>.

<sup>71</sup> D'Ercole Robert, Thouret Jean-Claude, Dollfus Olivier, Asté Jean-Pierre, Ibid.

<sup>72</sup> Pascale Metzger et Robert D'Ercole ; Les risques en milieu urbain : éléments de réflexion ; EchoGéo 18 | 2011 septembre 2011/décembre 2011, p.06. <https://journals.openedition.org/echogeo/12640>

Selon Yvette Veyret, Magali Reghezza :

*« Pendant longtemps, la question de la vulnérabilité des infrastructures, des aménagements, des populations n'a pas été au centre des préoccupations de la recherche sur les risques. Dans l'analyse classique, le risque associe aléa et vulnérabilité, cette dernière apparaissant comme le parent pauvre alors que les aléas ont retenu toute l'attention. Cet état de fait est, d'une part, lié à l'histoire des recherches sur le risque et, d'autre part, au concept même de vulnérabilité, malaisé à cerner »<sup>73</sup>.*

Selon Metzger et D'Ercole, *« l'aléa est un évènement plus ou moins inattendu à l'origine de la catastrophe »<sup>74</sup>*. Un phénomène naturel créateur de dommages, il est d'origine climatique (sécheresse, vague de chaleur, tempête...), géologique (séisme, tsunami, volcan...) ou mixte (phénomène complexe).

L'aléa devient une catastrophe quand il entre en collision avec les enjeux humains ou matériels, causant ainsi des dommages plus ou moins considérables qui dépendent de la vulnérabilité plus ou moins forte (exposition, sensibilité et capacité d'adaptation) du territoire qui reçoit le choc, mais aussi des caractéristiques propres de l'aléa (degré de surprise ou caractère inédit, intensité...)<sup>75</sup>.

Dans le paradigme risque = aléa × vulnérabilité, la primauté est toujours donnée à l'étude de l'aléa comme étant le fondement des recherches et des analyses dans la perspective de l'élaboration de plan de prévention des risques.<sup>76</sup> Yvette Veyret et Magali Reghezza observent notamment à ce sujet, que :

*« L'approche la plus répandue du risque étant centrée sur l'aléa, on conçoit aisément que la gestion du risque soit avant tout une réponse à ce dernier, à son intensité, à sa fréquence. La société n'est envisagée que comme victime passive. Parallèlement, la gestion de crise se contente de réparer les conséquences de l'impact du processus physique »<sup>77</sup>.*

### Niveaux de gravité de l'aléa

Niveau de gravité	Degré de perturbation de l'organisation
Incident	Perturbation des données du système Ex : la défaillance d'un composant ou d'un sous-ensemble d'un système plus large
Accident	Perturbation des modèles du comportement du système Ex : une situation qui entraîne un comportement inattendu d'un dispositif technique ou d'une personne.
Accident grave	Perturbation des missions de l'organisation Ex : une situation qui oblige un groupe d'acteurs à effectuer une mission différente et nouvelle.

<sup>73</sup> Yvette Veyret, Magali Reghezza, Laboratoire Gecko, Université de Paris X-Nanterre, Vulnérabilité et risque L'approche récente de la vulnérabilité, responsabilité & environnement N° 43, juillet 2006, p.09 <http://annales.com/re/2006/re43/Veyret.pdf>

<sup>74</sup> Pascale Metzger et Robert D'Ercole, Ibid, p.07

<sup>75</sup> Béatrice Quenault (Coord.), projet de recherche pirve 20-2051 vulnérabilité et résilience au changement climatique en milieu urbain : vers de nouvelles stratégies de développement urbain durable ? Juin 201, p.201

<sup>76</sup> Pascale Metzger et Robert D'Ercole, Ibid.

<sup>77</sup> Yvette Veyret, Magali Reghezza, Ibid, p.09

Catastrophe	Perturbation des règles de l'organisation Ex : une situation qui remet en cause une procédure ou un règlement établi et nécessite la mise en place d'une procédure de sauvegarde improvisée.
Catastrophe majeure	Perturbation de l'échelle des valeurs de l'organisation Ex : une situation qui oblige l'organisation à sacrifier certaines valeurs (protéger les biens et l'environnement) pour protéger des valeurs plus précieuses (des vies humaines).

**Tableau 2** : Niveau de gravité de l'aléa et le degré de perturbation de l'organisation, source : Kerven, 1995.

### c) Enjeux

Les enjeux sont tout ce que nous pouvons perdre (des vies humaines ou des objets matériels) lors de la survenue d'une catastrophe. Ils sont caractérisés par leurs niveaux d'exposition aux aléas et leurs degrés de vulnérabilité<sup>78</sup>.

Les enjeux entrent dans les politiques de prévention de risques à travers l'identification des enjeux majeurs d'un système urbain<sup>79</sup> ou les éléments essentiels dans le bon fonctionnement urbain et qui pourraient faire l'objet de protection prioritaire lors d'une catastrophe.

## I.1.2. Catastrophe et résilience

### I.1.2.1. Catastrophe

Du latin *catastrophā*, du grec *katastrophē*, bouleversement<sup>80</sup>, une catastrophe est un événement brutal qui provoque des bouleversements importants pouvant engendrer de grands dégâts matériels et humains. En effet, l'implantation de populations, d'infrastructures ou d'activités dans des zones soumises aux aléas conditionne les conséquences économiques et humaines de ces catastrophes<sup>81</sup>.

La catastrophe n'affecte pas seulement les enjeux humains et matériels, mais aussi l'image et la survie du système considéré (le système urbain ou l'un de ses sous-systèmes) en révélant sa mal-organisation, son dysfonctionnement et la faiblesse de sa préparation à recevoir et absorber les chocs.

Ainsi, Quenault a identifié les caractéristiques d'une crise :

*« Une crise est donc à triple composante : elle se caractérise, en premier lieu, par le déferlement de difficultés qui dépasse les capacités de réponse (logistique impuissante, protections insuffisantes, envahissement par la complexité et l'aléatoire) du système. Elle se traduit ensuite par la perturbation des systèmes impliqués en tant qu'ensembles organisés (désengagement des*

<sup>78</sup> -Gutton Rafaëlle, rapport de stage de fin d'étude, Master 2 professionnel Gestion des catastrophes et des risques naturels ; Elaboration, application et spatialisations, d'indicateurs géographiques de risques naturels en zones urbanisées, septembre 2010, p.07

- Pascale Metzger et Robert D'Ercole ; Les risques en milieu urbain : éléments de réflexion ; EchoGéo 18 | 2011 septembre 2011/décembre 2011, p.09. <https://journals.openedition.org/echogeo/12640>

<sup>79</sup> Pascale Metzger et Robert D'Ercole ; Les risques en milieu urbain : éléments de réflexion ; EchoGéo 18 | 2011 septembre 2011/décembre 2011, p.10. <https://journals.openedition.org/echogeo/12640>

<sup>80</sup> <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/catastrophe/13747>

<sup>81</sup> <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-catastrophe-naturelle-6507>

*structures, distension des rouages, perte des capacités d'autocorrection, manifestation des conflits latents, dissolution des alliances). Elle implique, enfin, la mise en question des décisions stratégiques et des valeurs de référence »<sup>82</sup>.*

### **I.1.2.2. Résilience**

Depuis plusieurs décennies, le terme de résilience a pris à son tour une importance particulière aux yeux des scientifiques. Dans les sciences fondamentales, plusieurs définitions ont été avancées et contribuent à évoluer l'étendue du terme de résilience. A commencer dans le domaine de physique mécanique, où le terme de résilience signifie « *la capacité d'un matériau d'emmagasiner de l'énergie cinétique et de se mouvoir élastiquement sous une charge sans se briser ou perdre sa forme* »<sup>83</sup>. La résilience elle désigne alors sa capacité à revenir à son état initial après avoir subi une pression ou un choc.

Dans d'autres disciplines scientifiques, la résilience désigne « *l'aptitude d'un organisme vivant (biologie, biochimie), d'une particule (physique) ou d'une molécule (chimie) à modifier sa structure et à s'adapter à l'action d'un facteur de stress environnemental* »<sup>84</sup>. D'après Quenault, qui s'inspire de Holling, Dauphiné et Pimm, la résilience peut être définie comme :

*«...une mesure de la persistance des systèmes et de leur aptitude à absorber les changements et les perturbations tout en maintenant néanmoins les mêmes relations entre les populations ou les variables d'état »<sup>85</sup>.*

Elle intègre dans la définition de la résilience la notion du seuil à ne pas franchir :

*« ... et s'inscrit en fait dans un paradigme simplificateur de l'équilibre, où chaque système possède un seul état d'équilibre dont il s'éloigne plus ou moins. Quand il franchit un seuil, le système disparaît ou se transforme en un autre système »<sup>86</sup>.*

Enfin la notion du temps prend une importance capitale dans la définition initiale de la résilience :

*« la résilience désigne « la vitesse à laquelle le système retourne à son état originel »<sup>87</sup>.*

De plus, selon Walker et al. (2004), la résilience est « *la capacité d'un système à absorber les perturbations et à se réorganiser tout en opérant des changements de manière à conserver essentiellement les mêmes fonctions, structures, identité et rétroactions, en d'autres termes, pour rester dans le même bassin d'attraction* »<sup>88</sup>.

---

<sup>82</sup> Laganier, 2011 in Béatrice Quenault (Coord.) ; projet de recherche pirve 20-2051 vulnérabilité et résilience au changement climatique en milieu urbain : vers de nouvelles stratégies de développement urbain durable ? Juin 2011, p.35

<sup>83</sup> Gordon, 1978 in Béatrice Quenault, Ibid, 2011, p.91

<sup>84</sup> Béatrice Quenault, Ibid, p.92

<sup>85</sup> Holling, 1973,14 in Béatrice Quenault, Ibid, 2011, p.92

<sup>86</sup> Dauphiné, Provitolo, 2004, 2 in Béatrice Quenault, , Ibid, 2011, p.92

<sup>87</sup> Pimm, 1984 in Béatrice Quenault, Ibid, 2011, p.93

<sup>88</sup> Walker et al, 2004 in Béatrice Quenault, Ibid, 2011, p.97

Ainsi, on distingue deux approches dans la notion de résilience. La première est la capacité d'un système à absorber le choc et persister. La deuxième est la capacité de ce même système à se maintenir face au choc et sa rapidité à revenir à son état initial<sup>89</sup>.

### De la menace à la résilience

Il existe trois phases qui décrivent le parcours chronologique de la menace à la résilience. La première phase vient avant le déclenchement de la catastrophe, elle consiste en l'étude des menaces et des risques, la prise des mesures anticipatrices, la coordination entre les différents acteurs qui contribuent à l'intervention lors de la crise, ainsi que la mise en place des plans de prévention de risques. La deuxième phase correspond au déroulement de la crise suite à un aléa déclencheur de la catastrophe, cette phase consiste en la mise en place d'un plan d'urgence et la coordination entre les différents acteurs d'intervention. La troisième phase correspond à la fin de la crise et le retour du système à son état normal après avoir absorbé le choc et mis en œuvre des actions de rétablissement et de reconstruction, ce qui fait de lui un système résilient<sup>90</sup>.

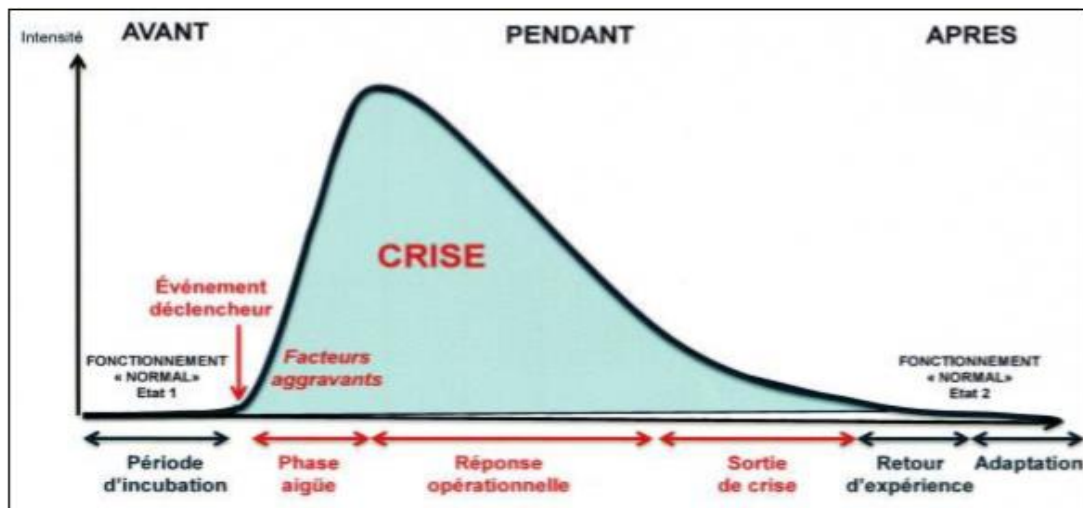


Figure 05 : De l'étude des risques à la résilience, Source : Lhome et al, 2010

## I.2. Relation entre le champ magnétique terrestre et le réchauffement climatique

### I.2.1. Impact du champ magnétique terrestre sur le réchauffement climatique

Pour mesurer les changements du champ magnétique de la préhistoire jusqu'aujourd'hui, les scientifiques ont découvert un moyen surprenant qui est la poterie. En effet dans les pots anciens, les scientifiques ont constaté la présence d'un minéral à base de fer appelé magnétite. Lorsque ces pots sont

<sup>89</sup> Béatrice Quenault, 2011, Ibid, p.93

<sup>90</sup> Ibid p.36

fabriqués, les minéraux de magnétite s'alignent avec le champ magnétique de la Terre, tout comme les aiguilles de la boussole. En examinant la poterie de la préhistoire à l'époque moderne, les scientifiques ont découvert à quel point ce champ a changé considérablement au cours des derniers siècles. Ils ont mis en évidence que le champ magnétique de la Terre était dans un état de mouvement permanent.

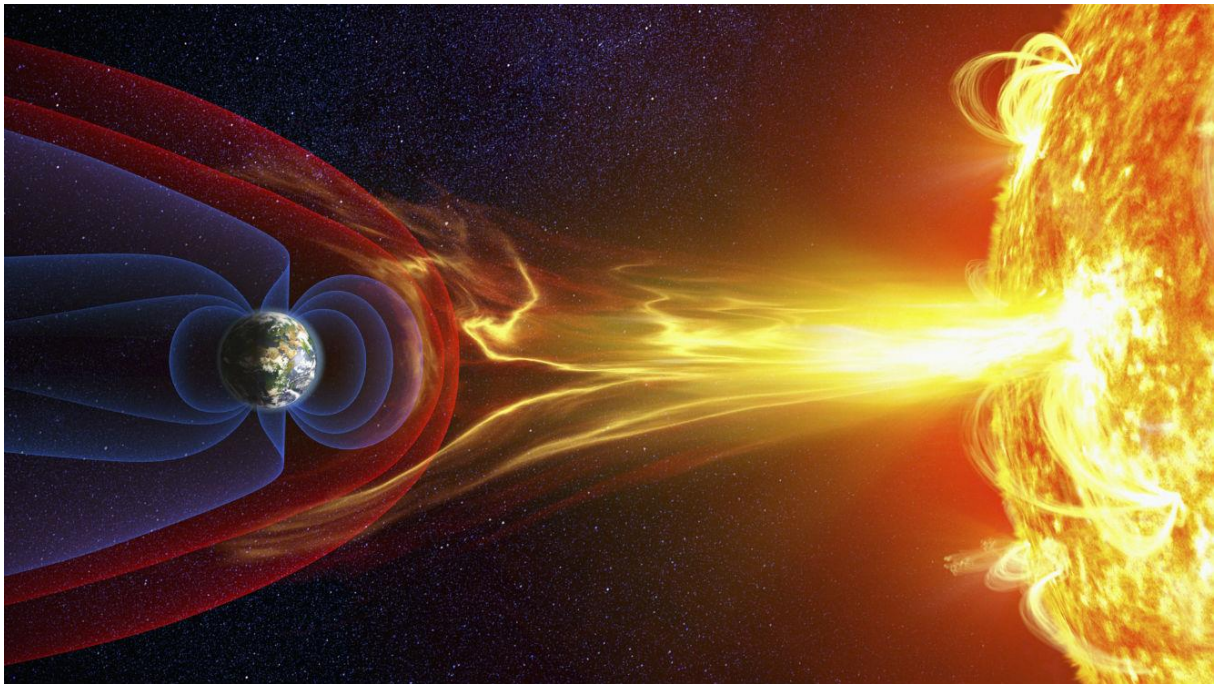
Ce changement permanent du champ magnétique a-t-il un effet sur le climat ? En effet, une étude danoise effectuée par les deux chercheurs géophysiciens danois Mads Faurschou Knudsen de l'Institut de géologie de l'université d'Aarhus et Peter Riisager du Centre d'enquêtes géologiques du Danemark et du Groenland (GEUS), a comparé un modèle du champ magnétique préhistorique de la Terre avec des données climatiques provenant de stalagmites et de stalactites en Chine et Oman. Cette comparaison montre que le volume des précipitations dans les tropiques a été influencé par des changements dans le champ magnétique de la Terre au cours des 5000 dernières années, selon les auteurs. *«Il existe un lien étroit entre le volume de précipitations dans les tropiques et la force du champ magnétique»*, a déclaré M. Faurschou Knudsen.

Mads Faurschou Knudsen et Peter Riisager ont aussi déclaré que :

*« Certaines études indiquent que la modulation solaire des particules du rayon cosmique galactique (GCR) a de profondes conséquences sur le système climatique de la Terre. Un corollaire de la théorie du climat GCR implique un lien entre le champ magnétique terrestre et le climat, car le champ géomagnétique module également le flux GCR atteignant l'atmosphère terrestre. Dans cette étude, nous explorons ce lien géomagnétique-climatique potentiel en comparant une nouvelle reconstitution du moment dipolaire géomagnétique de l'Holocène avec des données de spéléothèmes à haute résolution en Chine et à Oman. Les données spéléothèmes représentent des enregistrements de substitution pour les précipitations passées dans les régions de faible latitude, paramètre climatique susceptible d'avoir été sensible aux variations du flux de GCR modulé par le moment dipolaire. Curieusement, nous observons une corrélation relativement bonne entre les enregistrements de spéléothèmes à haute résolution et le moment dipolaire, ce qui suggère que le champ magnétique de la Terre a dans une certaine mesure influencé les précipitations de basse latitude dans le passé. En plus de soutenir que les variations du champ géomagnétique ont pu influencer le climat de la Terre dans le passé, notre étude apporte également un certain soutien au lien controversé entre les particules du GCR, la formation des nuages et le climat »<sup>91</sup>.*

---

<sup>91</sup> Mads Faurschou Knudsen et Peter Riisager, Existe-t-il un lien entre le champ magnétique terrestre et les précipitations de basse latitude ?, revue *Geology* [En ligne], 01 JANVIER 2009.



**Figure 06 :** Champ magnétique terrestre comme bouclier face aux vents solaire. Source : France 24, 2017<sup>92</sup>.

Cette étude danoise a pu démontrer que le réchauffement climatique et la formation des couvertures nuageuses ne sont pas seulement causés par les émissions du gaz à effet de serre, mais aussi par les changements dans l'intensité du champ magnétique qui s'est affaibli au cours de ces dernières années.

### **I.2.2. Impact du réchauffement climatique sur le champ magnétique terrestre**

Pour comprendre l'impact du réchauffement climatique sur le champ magnétique terrestre, nous pouvons comparer la terre à un simple matériau ferromagnétique. Pierre Curie a démontré à travers ses expériences sur ces matériaux magnétiques, que l'aimantation de ces derniers diminue en augmentant l'exposition du matériau à des températures données.

A ce sujet, Anh Tuan Bui a expliqué que « *Au-dessus d'une température critique qu'on appelle la température de Curie (Pierre Curie), les matériaux magnétiques perdent leurs propriétés ferromagnétiques et se comportent comme des substances paramagnétiques* »<sup>93</sup>. Et il a rajouté que :

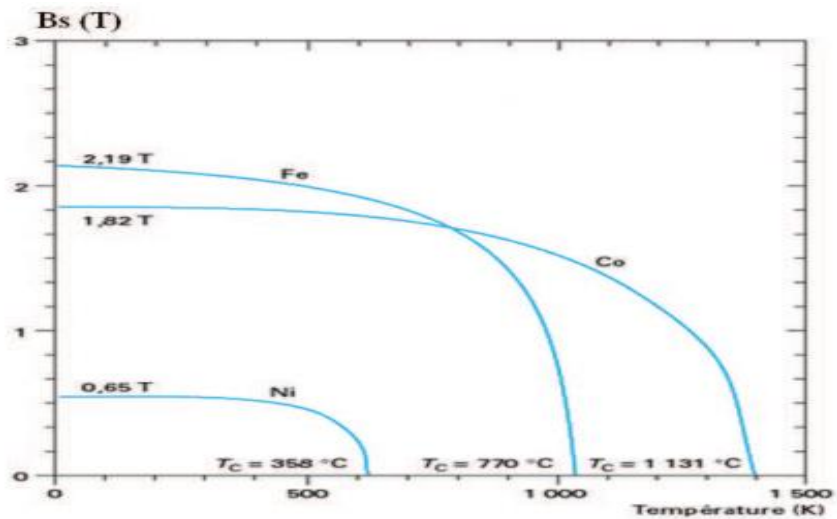
*« L'effet de la température sur le ferromagnétisme est très important. Lorsque la température augmente, l'énergie thermique tend de plus en plus à rompre l'alignement spontané des atomes. A la température de Curie, les forces d'échanges sont complètement surmontées et le*

<sup>92</sup> ROCHEREUIL Chloé, 2017, Le champ magnétique de la terre va-t-il bientôt s'inverser et tous nous plonger dans le noir ?, France 24 [En ligne], (20/01/2017).

<sup>93</sup> Anh Tuan Bui, Thèse doctorat, Caractérisation et modélisation du comportement des matériaux magnétiques doux sous contrainte thermique, Université Claude Bernard - Lyon I, soutenue le 19 avril 2011, p 21. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00857546/document>

*ferromagnétisme disparaît. Aux températures supérieures au point de Curie, le matériau se comporte comme un matériau paramagnétique (il perd complètement son aimantation).»<sup>94</sup>*

**Figure 07** : Evolution de l'aimantation à saturation en fonction de la température pour le fer, le nickel et le cobalt, source : Anh Tuan Bui, 2011.



Par exemple, si nous exposons un fil de fer suspendu à un aimant de façon que ce dernier attire le fil sans le toucher, nous remarquerons que le fil va pencher vers l'aimant. Mais si nous réchauffons l'extrémité libre du fil de fer, à une certaine température dite « la température de Curie », celui-ci va immédiatement perdre son aimantation et va regagner sa position initiale avant qu'il soit exposé à l'aimant.

Cette réalité physique a poussé les scientifiques à conclure que le champ magnétique terrestre peut également être affecté par l'augmentation des températures et le réchauffement climatique et que celui-ci contribue à l'affaiblissement de son intensité. Le changement climatique et l'augmentation des températures ont un impact soit direct (l'expérience de Pierre Curie), soit indirect (comme nous l'avons déjà expliqué dans l'introduction) sur l'intensité du champ magnétique terrestre.

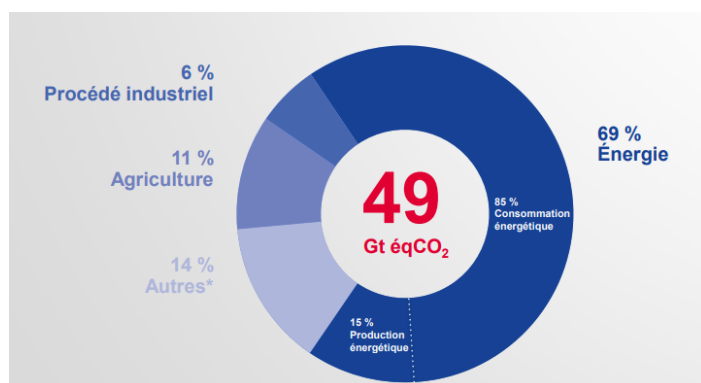
### I.3. Affaiblissement du champ magnétique terrestre et son impact sur la ville de demain

Effectivement l'affaiblissement du champ magnétique a un impact sur les réseaux électriques et de télécommunication. Soit l'impact est direct, à travers les tempêtes solaires qui engendrent des pannes générales d'électricité de longue durée et vont interrompre toute activité humaine dans la ville, notamment la ville intelligente qui est fondée sur les TIC. Soit indirectement, par le réchauffement climatique causé en partie par l'affaiblissement du champ magnétique. En effet, l'augmentation des températures a un effet non négligeable sur la production et la transmission de l'énergie, ce qui freinera le bon déroulement des activités dans la ville intelligente.

<sup>94</sup> Anh Tuan Bui, Ibid, 2011, p.25

### I.3.1. Réchauffement climatique et son impact sur la production et la transmission énergétique

La production et la transmission de l'énergie (renouvelable surtout) sont vulnérables face à la hausse des températures durant ces dernières années et aussi pendant les années à venir si l'homme ne fait rien face aux changements climatiques. Cependant, ces impacts ne sont qu'une réponse du climat à la production de l'énergie par les combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz), qui a contribué avec une grande part aux émissions du CO<sub>2</sub>. Maintenant que les politiques internationales visent à réduire les émissions des GES, « *La limitation du réchauffement à 2°C maximum par rapport à l'ère préindustrielle reste possible, mais implique une réduction forte et rapide des émissions au niveau mondial notamment par des changements à grande échelle dans les systèmes énergétiques* »<sup>95</sup>.



**Figure 08 :** Emission de gaz à effet de serre dans le monde en 2010, source : Total énergie et climat, 2015, p 6 ; GIEC, 2014.

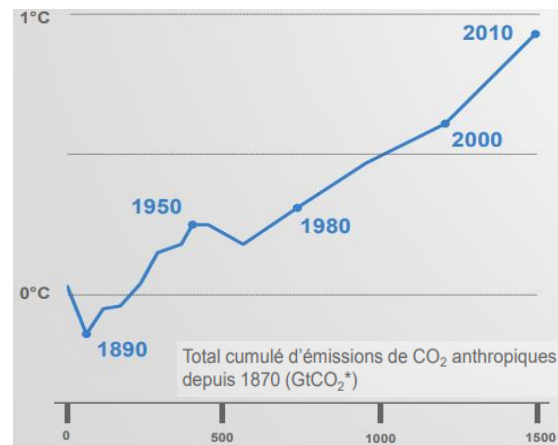
Le GIEC affirme également que « *l'une des menaces les plus préoccupantes à l'heure actuelle est le changement climatique causé par les émissions croissantes de gaz à effet de serre. En extrapolant la tendance actuelle, les émissions mondiales de CO<sub>2</sub>, qui représentent 75 % des émissions de gaz à effet de serre, augmenteront de 55 % d'ici 2030. Si une politique énergétique vigoureuse n'est pas mise en place, le niveau des émissions en 2050 sera le double du niveau de 1990. Le réchauffement associé pourrait alors être de 1,1 à 6,4°C.*

*Il est admis par les scientifiques spécialistes dans le domaine que le réchauffement des vingt prochaines années est déjà inéluctable ; les décisions environnementales et énergétiques prises aujourd'hui sont donc cruciales pour la deuxième moitié du XXI<sup>e</sup> siècle »<sup>96</sup>.*

<sup>95</sup> Rapport de GIEC, « Changements climatiques 2014 : Atténuation des changements climatiques ». 12 avril 2014. <http://www.climat.be/fr-be/changements-climatiques/les-rapports-du-giec/2014-attenuation/>

<sup>96</sup> Carole Couhert, These de doctorat, Pyrolyse flash à haute température de la biomasse ligno-cellulosique et de ses composés : production de gaz de synthèse Energie électrique ; École Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2007, p.15. <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-00271260/document>

**Figure 09** : Moyenne des variations de températures au cours des 150 dernières années, source : Total énergie et climat, 2015 ; GIEC, 2014.



Ainsi tous les pays du monde se focalisent aujourd'hui sur la production de l'énergie renouvelable. Cependant, les répercussions des changements climatiques sur le secteur de l'énergie touchent aussi les moyens de production des énergies renouvelables. Le tableau suivant expliquera cet impact de la hausse des températures sur la production des énergies renouvelables (nous avons pris les trois modes d'énergies renouvelables les plus utilisés au monde) :

<b>Energie Solaire</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plus la température est élevée, plus la tension produite dans les cellules solaires est basse et plus la production électrique diminue.</li> <li>- L'augmentation des températures fait augmenter la vapeur d'eau atmosphérique ainsi augmenter l'humidité. Celle-ci est très néfaste pour les panneaux photovoltaïques « L'humidité pénétrant dans le module photovoltaïque à travers les bords stratifiés provoque la corrosion. La rétention de l'humidité dans l'enveloppe du module augmente la conductivité électrique du matériau. La corrosion attaque les connexions métalliques des cellules du module PV provoquant une augmentation des courants de fuite et ainsi une perte de performance. »<sup>97</sup></li> <li>- « <i>La décoloration du module photovoltaïque à cause des rayons ultraviolets combinés à l'eau sous des températures d'exposition supérieures à 50°C, se traduit par un changement de couleur du matériau utilisé pour son encapsulation qui est généralement en Ethylène Vinyl Acetate (EVA) ou du matériau adhésif entre le verre et les cellules. Ce changement de couleur peut se traduire soit par un jaunissement soit par un brunissement du matériau encapsulant. Elle provoque une modification de la transmittance de l'encapsulant des cellules et par conséquent la puissance générée par le module est diminuée</i> »<sup>98</sup>.</li> </ul>
<b>Energie éolienne</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le vent est un courant d'air qui se forme lorsque l'air atmosphérique se déplace d'une zone de haute pression (anticyclone) vers une zone de basse pression (dépression), cette différence de pression est engendrée par l'inégalité de distribution de chaleur sur la terre (les zones tropicales sont plus chaude que les zones de hautes latitudes)<sup>99</sup>. Par conséquent cette différence de température risque d'être modifiée par le réchauffement climatique, la différence de température entre les tropiques et les hautes latitudes devrait donc diminuer, ce qui pourrait ralentir la circulation atmosphérique, et donc ralentir le mouvement de vents. Ce qui va avoir un effet négatif sur la production de l'énergie éolienne.</li> </ul>

<sup>97</sup> Ababacar Ndiaye, Thèse de doctorat, Étude de la dégradation et de la fiabilité des modules photovoltaïques - Impact de la poussière sur les caractéristiques électriques de performance, Sciences de l'ingénieur [physics]. Ecole Supérieure Polytechnique (ESP) - université cheikh anta diop de dakar, 2013.p.43

<sup>98</sup> Ibid p.46

<sup>99</sup> Hocine Mohamed, cours optionnel « Changements et variabilités climatiques », cours du 11 avril 2018.

<b>Energie hydraulique</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Évaporation accrue des réservoirs ou des cours d'eau, due à une forte hausse de température ou à une période de sécheresse, affectant la production d'hydroélectricité. « <i>Les sécheresses prolongées entraînent souvent une diminution des arrivées de réservoirs et une augmentation de l'évaporation, ce qui entraîne des changements dans l'exploitation des réservoirs et a une incidence sur la production d'hydroélectricité</i> »<sup>100</sup>.</li> <li>- Modification du fonctionnement du système hydroélectrique Augmentation des températures de l'air et de l'eau sous l'effet du réchauffement climatique.</li> <li>- Modification des régimes pluviométriques sous l'effet du réchauffement climatique.</li> </ul>
<b>Transmission de l'énergie</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- À mesure que la température augmente, la capacité des lignes de transport des sous-stations électriques et des transformateurs diminue.</li> <li>- Certains éléments de l'infrastructure électrique, en particulier les lignes électriques aériennes, sont particulièrement vulnérables aux dommages causés par les phénomènes météorologiques extrêmes, les incendies de forêt dus à l'augmentation des températures peuvent gravement endommager les lignes de transmission.</li> <li>- En plus d'endommager ou de détruire directement les équipements de transmission, les températures élevées et la fumée des incendies peuvent provoquer des pannes de circuit ou endommager les transformateurs. Les opérateurs du réseau peuvent même fermer les lignes de transmission à proximité des incendies pour éviter les dommages.</li> <li>- Les températures de réchauffement devraient entraîner des étés plus chauds, ce qui, combiné aux tendances du marché du logement, devrait entraîner une augmentation de l'installation et de l'utilisation de la climatisation. L'utilisation accrue de la climatisation pendant les périodes de chaleur estivale peut faire pression sur les ressources du réseau et créer une tension sur les lignes électriques ce qui pourrait les endommager<sup>101</sup>.</li> </ul>

**Tableau 3 :** Impact du réchauffement climatique sur la production et la transmission des énergies renouvelables.  
Source : synthèse Auteur, sur la base des sources scientifiques citées en renvois.

Par conséquent, des stratégies de diminutions de la température dans les villes (premières sources du réchauffement climatique) est indispensable, notamment dans la Wilaya d'Alger. A ce sujet A. Bouattou et E. Berezowska-Azzag ont proposé quelques stratégies qui peuvent être prises en compte pour un rafraichissement urbain à Alger<sup>102</sup> :

- La maîtrise de la densité et l'occupation raisonnable du sol.
- La construction dans les limites actuelles de la commune.
- L'intégration de la trame verte et bleue.
- La perméabilisation du sol.
- La réduction de la consommation d'énergie.
- La réduction des sources de la chaleur notamment les activités industrielles et les transports.

<sup>100</sup> Schaeffer et al, 2012 In Eric Gordon, Colorado climate change vulnerability study, a report submitted to the Colorado energy office, University of Colorado Boulder Dennis Ojima, Colorado State University. p.94

<sup>101</sup> Ibid p.96

<sup>102</sup> Berezowska-Azzag Ewa, Bouattou Asma, Stratégies de rafraichissement urbain à Alger : aider la ville à contrer son réchauffement, Territoires d'Afrique N°9, mars 2017. p.82

- La réduction de l'accès de la voiture particulière.
- La mise en place d'un système de transport en commun performant et attractif.
- La reconversion vers les activités moins émettrices des gaz à effet de serre.

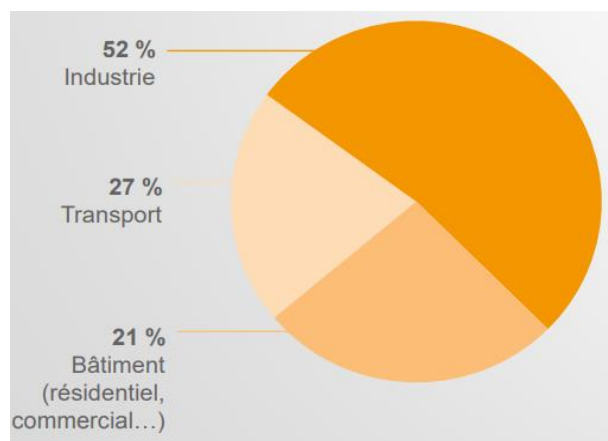
### I.3.2. Tempête solaire et risque de black-out énergétique

Des explosions et éruptions massives se produisent sur la surface du soleil, entraînant l'éjection du plasma et de grandes masses de gaz à une vitesse allant de quelques centaines à quelques milliers de km par seconde et avec une puissance énergétique d'une dizaine de joules, l'équivalent d'un milliard de fois une bombe atomique. Selon les experts, ces phénomènes, appelés « éjections de masse coronale », sont accompagnés d'un intense rayonnement gamma, X et ultraviolet et de l'émission de particules chargées et polarisées électro-magnétiquement. Cette éjection peut atteindre la Terre en moins de dix minutes et entraîner des augmentations considérables du rayonnement électromagnétique (tempête solaire). Lorsque l'éjection de masse coronale touche le champ magnétique terrestre (magnétosphère), celui-ci s'affaiblit. Cet impact négatif sur le champ magnétique terrestre est mesuré en nanotesla (nT). La perturbation entraîne alors des tempêtes géomagnétiques et électromagnétiques dans la magnétosphère.<sup>103</sup>

La tempête magnétique, en envoyant de très hauts voltages à travers les lignes électriques, provoque une forte libération d'énergie capable de faire exploser les transformateurs et fondre les lignes de transmission d'électricité.

L'énergie est indispensable à la vie humaine, depuis sa découverte l'homme n'a pas cessé de compter sur le pouvoir de l'électricité. Toutes les fonctions de la ville dépendent de l'énergie électrique, comme le montre le graphique en secteur en Figure 10 ci-dessous.

Aujourd'hui, les villes intelligentes avec leur dépendance des TIC ne peuvent se passer de cette source électrique. Cependant, si les réseaux électriques sont brouillés et la ville plonge ainsi dans un blackout énergétique, une catastrophe majeure se produira en milieu urbain. La question se pose alors : quels sont les impacts d'un BOE sur les fonctions essentiels de la ville intelligente ?



**Figure10** : Demande énergétique mondiale par secteur, source : Total énergie et climat, 2015, p 5.

<sup>103</sup> Confédération suisse, Analyse nationale des dangers, dossier tempête solaire, 30/06/2015, p.01

## **Conclusion du Chapitre I**

Les risques majeurs urbains sont, pour la plupart, soit naturels soit technologiques, comme nous l'avons vu dans la définition. Ils sont liés à l'aléa et à la vulnérabilité des villes face à ces aléas. Nous connaissons plusieurs phénomènes naturels climatiques, comme les ouragans, les inondations, la sécheresse, l'érosion des terres agricoles, les incendies des forêts, ou géologiques comme les séismes et les tsunamis, qui surviennent sous l'effet du réchauffement climatique.

Par ailleurs, ces dernières années le monde a connu un affaiblissement du champ magnétique terrestre, créant ainsi un autre aléa qui peut frapper la ville, et la ville de demain en particulier du fait de sa dépendance totale de la fourniture de l'énergie électrique, qui est la tempête magnétique consécutive à la tempête solaire. Dans les études des risques urbains, celle-ci n'a pas été classée en tant que risque majeur. Pourtant elle devrait l'être, car les dommages qu'elle causerait au niveau des réseaux de télécommunication et de l'électricité seraient néfastes pour les villes de demain.

Une panne d'électricité générale de longue durée anéantirait toute activité sociale, économique ou culturelle dans le système urbain qui présente une vulnérabilité dans tous ces domaines face à ce phénomène, engendrant ainsi d'innombrables pertes matérielles, mais aussi et surtout humaines. Donc, l'affaiblissement du champ magnétique, la tempête magnétique et la panne générale de l'électricité constituent un risque majeur dont les conséquences seraient catastrophiques pour la ville de demain. Nous avons vu aussi que chaque risque majeur est associé à des impacts sur les enjeux matériels et humains, mais qu'il est également suivi par des solutions résilientes qui permettraient de maintenir l'équilibre urbain.

**Quels seraient les impacts du BOE sur le système urbain (intelligent et durable) et quelles pourraient être les solutions résilientes à mettre en place face à ce risque ?** Cette question fera l'objet de nos préoccupations dans le chapitre suivant.

# **Chapitre II**

## **Modélisation des impacts de BOE sur la ville de demain**

## Chapitre II

### Modélisation des impacts de BOE sur la ville de demain

*« Tout comme les organismes vivants, comme la famille ou la société, la ville a besoin d'une gestion prévisionnelle. Que faire si ? Comment faire pour ? Avec qui faut-il faire ? Ces questions sont à la base d'une réflexion prospective qui permet de modifier les regards usuels sur la ville pour contribuer à faire éclore d'autres, tout à fait nouveaux, et de formuler les stratégies d'action pour parvenir à les imprimer dans le territoire »<sup>104</sup>.*

Ewa BEREZOWSKA-AZZAG

### Introduction du chapitre II

De nos jours, une ville intelligente (qui est aussi une ville de demain) est désormais celle qui se repose sur les différentes technologies et intelligences artificielles. Toutes les grandes métropoles veulent acquérir le titre de *smart city*, qui les mettrait dans le contexte de la bataille de compétitivité à l'échelle internationale. Cette concurrence a rendu quasi aveugles les autorités locales, qui se précipitent pour obtenir une renommée universelle, sans une réelle prise de conscience sur les dangers que peuvent courir ces villes de demain.

Certes, une panne d'électricité de longue durée ne préviendrait personne quand elle frapperait les villes. Néanmoins une étude préalable de ses impacts probables et de leur conséquence sur le système urbain complexe devrait être menée, et des solutions qui renforceraient la résilience de ces derniers devraient être prospectées. Elles ne seraient sûrement pas nombreuses à l'heure actuelle, mais contribueraient à diminuer les dommages et permettraient aux fonctions urbaines de poursuivre même sans le courant électrique.

Ce chapitre abordera justement la question d'impacts, en utilisant une méthode systémique pour les modéliser et en proposant quelques solutions qui pourraient éventuellement remplacer l'énergie électrique ou la générer, au service de la résilience urbaine.

---

<sup>104</sup> Ewa Berezowska-Azzag, Programmation stratégique, prospecter pour façonner le devenir de la ville, Vie de ville H.S N°2, Juin 2011, p.76

## II.1. Ville, un écosystème urbain complexe

Avant d'aborder la question des impacts des phénomènes catastrophiques sur la ville, quelques notions méritent un éclaircissement, afin de mieux comprendre la complexité de notre tâche.

### II.1.1. Définition de l'écosystème

Selon E. Berezowska-Azzag, l'écosystème désigne :

*« L'unité écologique constituée au plan structurel par l'association de deux composantes en constante interaction l'une avec l'autre : un environnement physico-chimique, abiotique, ayant une dimension spatio-temporelle bien définie, dénommé **biotope**, associé à une communauté vivante, biotique, appelée biocénose. Les écosystèmes constituent des entités en équilibre dynamique, susceptibles d'évoluer en fonction de variations spontanées ou provoquées par des facteurs exogènes, climatiques ou autres »<sup>105</sup>.*

L'écosystème urbain est composé du système urbain bâti (édifices et infrastructures) et du système environnement naturel (sol, air, eau, matière première, faune et flore)<sup>106</sup>, il est basé sur l'interaction entre les trois milieux constitutifs du système urbain : environnemental, social et économique, auxquels s'ajoute le préfixe « éco » désignant le rapport du domaine avec l'environnement naturel<sup>107</sup>.

### II.1.2. Ville, un système complexe

La ville est conçue comme un système complexe, ses différents composants s'articulent entre eux au sein de sous-systèmes urbains qui sont en interactions dynamiques. Ces dernières sont à l'origine du comportement du système dans le temps<sup>108</sup>. D.T. Wegener (1994) a distingué huit sous-systèmes urbains et les a classés selon l'échelle de temporalité, allant des processus les plus lents aux processus les plus rapides<sup>109</sup> :

- Changement très lent : concentre les éléments les plus permanents de la structure physique des villes (réseaux, occupation des sols, grands projets d'infrastructure...)
- Changement lent : les logements qui ont une durée de vie supérieure à un siècle et leurs construction prend plusieurs années, ainsi que les lieux d'emplois (bureaux, usines....)
- Changement rapide : l'emploi et la population.

---

<sup>105</sup> Ewa Berezowska-Azzag, *Projet urbain Guide méthodologique: Connaitre le contexte du développement durable*, Synergie, 2011, p.44

<sup>106</sup> Ibid p.47

<sup>107</sup> Ibid p.45

<sup>108</sup> Jean-Philippe Antoni, *Modéliser la ville, formes urbaines et politiques de transport*, Economica, p.33

<sup>109</sup> Ibid p.34

- Changement immédiat : les biens, les transports, les déplacements.

Selon E. Berezowska-Azzag, le système urbain est un ensemble qui pour vivre et fonctionner a besoin d'extraire, stocker, transformer, produire, consommer et rejeter. Ce type de fonctionnement métabolique génère une complexité de flux exogènes et endogènes, qui ont poussé les spécialistes à considérer que l'urbain est un véritable système complexe<sup>110</sup>.

## II.2. Modélisation, moyen de représentation systémique

Le mot « *modèle* », tel qu'il est défini selon l'Encyclopédie Larousse, est tout ce qui est donné pour servir de référence ou pour être reproduit.<sup>111</sup> Pour les scientifiques la notion de *modèle* est entendue comme un instrument de production et d'exposition des connaissances<sup>112</sup>. La valeur de ces modèles réside dans le fait qu'ils fournissent des outils efficaces en vue de résoudre des problèmes particuliers<sup>113</sup>, mais aussi de prédire le comportement d'un système en fonction de sollicitations connues<sup>114</sup> et à simplifier une réalité complexe.

Selon Jean-Philippe Antoni, le terme « modèle » désigne :

*« Une attitude à imiter, une référence ou un paradigme. La notion de modèle peut renvoyer aussi à une personne, un fait ou un objet possédant au plus haut point certaines qualités ou caractéristiques qui en font le représentant d'une catégorie (...) Au-delà de la polysémie, la notion de modèle renvoie donc finalement soit à un objet réel dont on cherche à donner une représentation, soit à un concept qui est la représentation d'un objet à construire ou déjà existant. Le second sens dérive de la pratique des architectes et des ingénieurs consistant à élaborer d'abord un prototype, concret ou conceptuel qui servira de modèle à une construction réelle »<sup>115</sup>*

La modélisation est donc définie soit comme processus d'élaboration d'un modèle<sup>116</sup>, soit comme une opération par laquelle un modèle d'un système complexe est établi, afin d'étudier plus commodément

---

<sup>110</sup> Ewa Berezowska-Azzag, *Projet urbain Guide méthodologique: Connaitre le contexte du développement durable*, Synergie, p.57

<sup>111</sup> <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/mod%C3%A8le/51916>

<sup>112</sup> J.L. Le Moigne, *Qu'est-ce qu'un modèle ?*, les modèles expérimentaux et la clinique, confrontations psychiatriques, 1987, p.01

<http://archive.mcxapc.org/docs/ateliers/lemoign2.pdf>

<sup>113</sup> Soler Lena, *Qu'est-ce qu'un modèle scientifique ? Des caractéristiques du modèle qui importent du point de vue de l'enseignement intégré de science et de technologie*. In: Spirale. Revue de recherches en éducation, n°52, 2013, p.185

[https://www.persee.fr/doc/AsPDF/spira\\_0994-3722\\_2013\\_num\\_52\\_1\\_1067.pdf](https://www.persee.fr/doc/AsPDF/spira_0994-3722_2013_num_52_1_1067.pdf)

<sup>114</sup> [http://www.jnlog.com/model1\\_fr.htm](http://www.jnlog.com/model1_fr.htm)

<sup>115</sup> Jean-Philippe Antoni, *Modéliser la ville, formes urbaines et politiques de transport*, Economica, p.20

<sup>116</sup> *Ibid* p.21

et de mesurer les effets sur ce système des variations de ces éléments composants et de montrer ses aspects importants<sup>117</sup>. Selon George Marius :

*« L'utilité de modélisation se trouve aussi dans la recherche des relations de causalité logique dans le fonctionnement du « système modélisé » De ce point de vue, l'enjeu de la modélisation, dans n'importe quel domaine, est d'établir l'existence et la forme de ces relations, dans le but de faciliter la compréhension du fonctionnement du phénomène »<sup>118</sup>.*

### II.2.1. Définition de la modélisation systémique

L'insuffisance du modèle classique de la ville se voit complétée par la pensée systémique qui est liée à l'émergence, au cours du XX<sup>ème</sup> siècle, d'une réflexion approfondie autour de la complexité. Cette pensée va offrir les moyens nécessaires à l'appréhension, à la compréhension de la complexité d'une part, à l'action sur cette complexité d'autre part<sup>119</sup>. A ce propos Jean-Philippe Antoni observe :

*« Au début du 20<sup>ème</sup> siècle, les découvertes de la mécanique quantique ou les travaux de S. Freud dans le domaine de la psychanalyse bousculent assez violemment certains fondements scientifiques considérés comme acquis. Cet ébranlement aurait ainsi favorisé la prise de conscience des limites de la pensée classique pour comprendre un monde qui apparaît de plus en plus dans toute sa complexité. La volonté de dépasser les limites de l'approche analytique héritée du cartésianisme va aboutir à un courant de pensée connu sous le nom de systémique »<sup>120</sup>.*

Le paradigme de la modélisation systémique est un outil de l'épistémologie constructiviste, elle se définit selon Lecas comme étant :

*« La science qui se donne pour objet la conception de modèles de phénomènes complexes. Ce principe de modélisation consiste à représenter les phénomènes par et comme un système général ...qui entendu comme la représentation d'un phénomène actif perçu identifiable par ses projets dans un environnement actif, dans lequel il fonctionne et se transforme téléologiquement »<sup>121</sup>.*

La modélisation systémique « essaie de promouvoir certaines préoccupations relatives à l'ouverture des systèmes sur leur environnement, à la complexité d'organisation interne des systèmes et au comportement dynamique multiforme qui en résulte, permet d'appréhender la complexité générée par

---

<sup>117</sup> <http://www.cnrtl.fr/definition/mod%C3%A9lisation>

<sup>118</sup> George Marius Homocianu, L'interface transport-urbanisme et sa modélisation : Comprendre pour mieux appréhender la complexité et guider l'action publique, Novembre 2007, p.11  
<http://simbad.laet.science/documents/Autres/InterfaceTransportUrbanisme.pdf>

<sup>119</sup> Aurore Cambien (Certu/ URB-Our), Certu – Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, février 2007, p.09  
<http://lara.inist.fr/bitstream/handle/2332/1431/?sequence=1>

<sup>120</sup> Jean-Philippe Antoni, Modéliser la ville, formes urbaines et politiques de transport, Economica, p.30-31

<sup>121</sup> Géry Lecas, La modélisation systémique : outils méthodologiques pour économistes, Innovations 2006/2 (no 24), p.208

le phénomène observé »<sup>122</sup>, elle permet aussi de modéliser les phénomènes complexes de par leur nature et autorise des stratégies qui favorisent la réflexion et la création<sup>123</sup>.

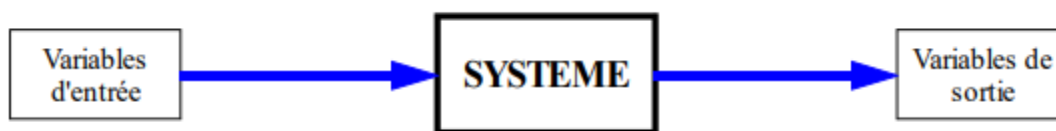
Pour modéliser un phénomène observé, quatre questions pourraient être posées <sup>124</sup>:

- Qu'est-ce que ça fait ? Quelles relations y a-t-il (ou doit-il y avoir) entre son projet, sa structure et ses performances ? (ce qui est désigné sous le terme « ACTIVITE »).
- Pourquoi c'est fait ? Quels projets sa structure et ses comportements révèlent-ils (ou doivent-ils révéler) ? (ce qui est identifié sous le terme « FINALITE »).
- Dans quel contexte cela est fait ? Quelle est (ou doit être) sa relation à son environnement ? (« ENVIRONNEMENT »).
- Comment est-ce que ça peut (pourrait) faire ? Comment l'objet d'étude s'est-il formé (ou peut-il être formé) ? (« EVOLUTION »).

Par ailleurs, Le Moigne a également considéré la modélisation systémique comme :

*« Pertinente et bienvenue pour les modélisateurs qui affrontent à fin d'intervention nombre de phénomènes dont ils perçoivent ou postule une complexité essentielle »<sup>125</sup>*

Les systèmes sont souvent représentés dans son apport avec l'environnement, cette forme de représentation est connue sous le nom de *boite noire* dans laquelle le système apparait comme un transformateur de variables d'entrées en variable de sortie<sup>126</sup>.



**Figure 11** : Notion de système, source : Aurore Cambien, 2007.

### Modélisation systémique en urbanisme

Les premières tentatives de systémisation de l'urbain ont d'abord été portées par les sciences de l'homme, il s'agissait essentiellement de proposer des modèles structurés en systèmes, ces derniers étant suffisamment sophistiqués pour s'adapter à des objets considérés comme très complexes<sup>127</sup>.

<sup>122</sup>Géry Lecas, Ibid p. 200

<sup>123</sup> Ibid p.225, 228

<sup>124</sup> Ibid p. 217, 218

<sup>125</sup> J.L. Le Moigne, Qu'est-ce qu'un modèle ?, Les modèles expérimentaux et la clinique, confrontations psychiatriques, 1987, p.13

<http://archive.mcxapc.org/docs/ateliers/lemoign2.pdf>

<sup>126</sup> Aurore Cambien (Certu/ URB-Our), Certu – Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, février 2007, p.21

<http://lara.inist.fr/bitstream/handle/2332/1431/?sequence=1>

<sup>127</sup> Mindjid Maïzia, Modélisation et systèmes urbains : une construction difficile, Pontificia Universidade Catolica da Parana, 2002, p.01

Nous avons vu en effet que la ville est un système complexe qui se compose de nombreux sous-systèmes (transport, économie, population, gouvernance...) en lien les uns avec les autres. Le critère d'arborescence caractéristique des systèmes complexes s'applique ainsi au système « ville ». Ce dernier pourrait être alors appréhendé par une approche systémique vu le degré élevé de sa complexité<sup>128</sup>. A ce propos, J-P Antoni confirme que :

*« La ville peut être conçue comme un système complexe, et invite à une saisie systémique de ses problèmes. Le développement de l'approche systémique a suscité un certain intérêt et de nombreux travaux dans différentes disciplines »<sup>129</sup>.*

La modélisation en urbanisme permet de pouvoir simuler des phénomènes de manière virtuelle mais réaliste, souvent dans un but prédictif. Cela permet d'analyser des risques et des options d'urbanisme et de tenter l'optimisation sans impacter directement le territoire, ce qui est évidemment attendu pour l'étude des risques majeurs par exemple.

D'autre part, la modélisation et la simulation permettent de pouvoir appréhender la complexité de phénomènes ou de données et ainsi de pouvoir analyser et évaluer les résultats<sup>130</sup>. Cette modélisation et simulation font partie des outils performants d'aide à la décision<sup>131</sup>.

Aujourd'hui, le domaine de la modélisation systémique de la ville qui simplifie la représentation de cette dernière et de son fonctionnement, compte plusieurs modèles qui se distinguent selon leurs finalités et selon les disciplines au sein desquelles ils situent leurs réflexions<sup>132</sup>.

## II.2.2. Types de modèles

Nous distinguerons, dans ce qui suit, quatre modèles fondamentaux théoriques qui pourraient s'appliquer à l'étude du comportement du système-ville : modèles arborescent, bayésien, réticulaire et aréolaire.

### II.2.2.1. Modèle hiérarchique arborescent

C'est une organisation hiérarchique des informations, dont la représentation rappelle un arbre et ses branches<sup>133</sup>. Cette présentation démarre d'une racine et suit une seule direction.

---

<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00129279/document>

<sup>128</sup> Aurore Cambien, Ibid p.32, 33

<http://lara.inist.fr/bitstream/handle/2332/1431/?sequence=1>

<sup>129</sup> Jean-Philippe Antoni, Modéliser la ville, formes urbaines et politiques de transport, Economica, p.34

<sup>130</sup> <https://interactions.utc.fr/thematiques/modelisation-urbaine-ville-durable-urbanisme/15-les-systemes-urbains-de-demain/la-modelisation-de-la-ville-un-enjeu-predictif.html>

<sup>131</sup> George Marius Homocianu, L'interface transport-urbanisme et sa modélisation : Comprendre pour mieux appréhender la complexité et guider l'action publique, novembre 2007, p.11

<http://simbad.laet.science/documents/Autres/InterfaceTransportUrbanisme.pdf>

<sup>132</sup> Jean-Philippe Antoni, Ibid, p.41

<sup>133</sup> [https://www.google.dz/search?biw=1366&bih=608&ei=7GbvW\\_D9LYfdgAbmqLbgDw&q=arborescence&q=arborescence&gs\\_l=psy-ab.3..0i7118.120131.120131..120316...0.0..0.0.0.....0....1..gws-wiz.kykkbofNNoo](https://www.google.dz/search?biw=1366&bih=608&ei=7GbvW_D9LYfdgAbmqLbgDw&q=arborescence&q=arborescence&gs_l=psy-ab.3..0i7118.120131.120131..120316...0.0..0.0.0.....0....1..gws-wiz.kykkbofNNoo)

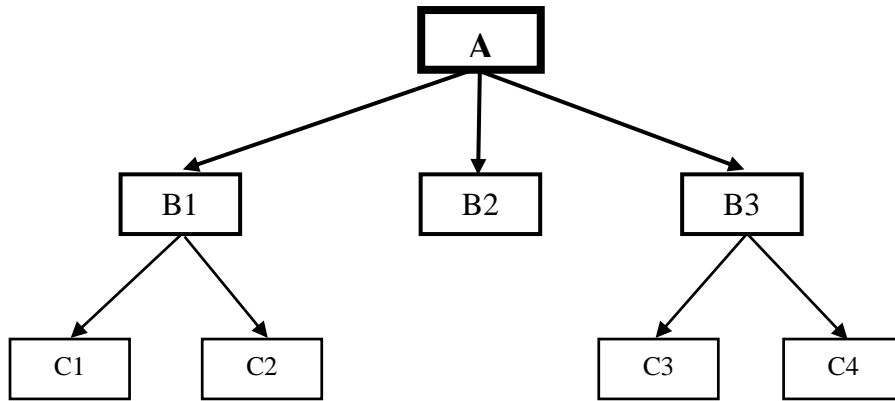


Schéma 4 : Modèle hiérarchique en arborescence, source : Auteur.

### II.2.2.2. Modèle bayésien

Introduite par Bayes dans son mémoire de 1763, ce modèle n'est rien d'autre qu'une méthode d'analyse descriptive, il permet, selon Zhu :

*« De couvrir une bonne partie des domaines d'applications des méthodes d'analyses habituelles : elle apporte à la fois des compléments appréciables dans la pratique expérimentale et des conclusions plus complètes ; elle permet d'améliorer les procédures existantes parfois mal adaptées à des situations particulières »<sup>134</sup>.*

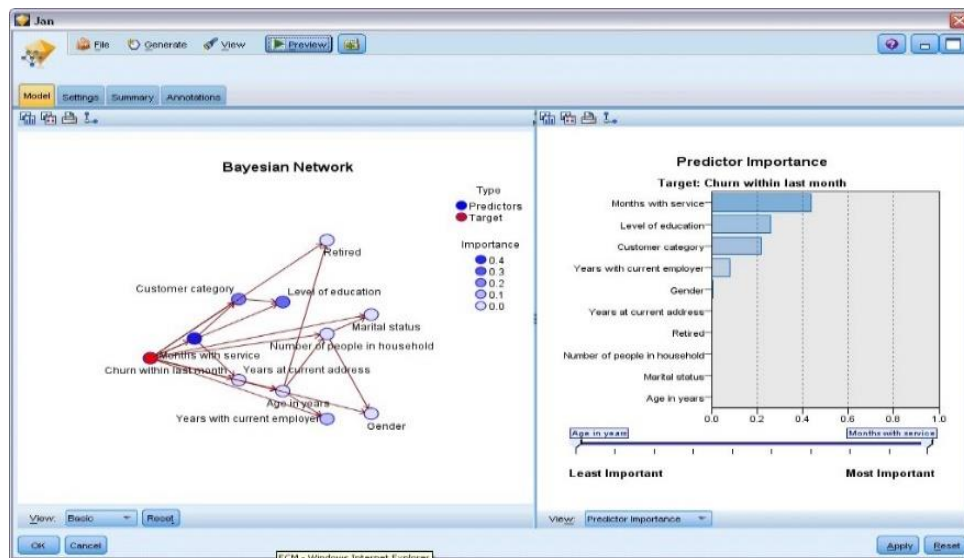


Figure 12 : Exemple de modèle du réseau bayésien

Source : [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/fr/SS3RA7\\_17.1.0/modeler\\_tutorial\\_ddita/clementine/example\\_bayesnet\\_retrain\\_browse.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/fr/SS3RA7_17.1.0/modeler_tutorial_ddita/clementine/example_bayesnet_retrain_browse.html)

<sup>134</sup> Qun Ying ZHU, Modèles bayésiens et application à l'estimation des caractéristiques de produits finis et au contrôle de la qualité, l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, Juillet 1991, p.03 <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-00529487/document>

### II.2.2.3. Modèle réticulaire

Il se présente comme un graphe en réseau (d'où le nom du modèle). Dans ce graphe les objets sont reliés entre eux à l'aide de pointeurs logiques. Tous les types de liens sont possibles<sup>135</sup>.

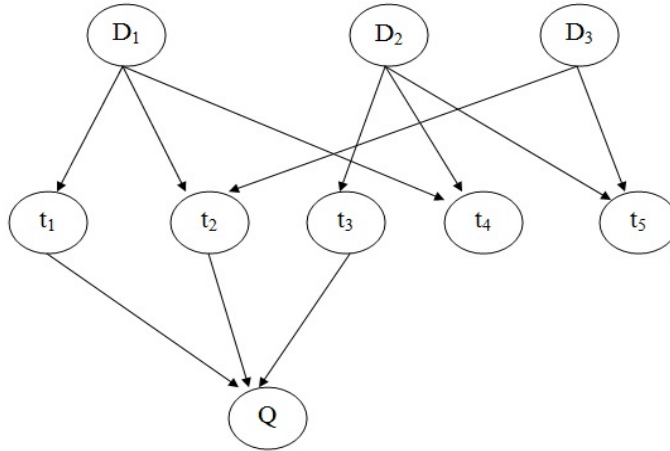


Figure 13 : Exemple du modèle en réseau

Source : [https://www.researchgate.net/figure/Modele-de-reseau-inferenciel\\_fig10\\_314118911](https://www.researchgate.net/figure/Modele-de-reseau-inferenciel_fig10_314118911).

### II.2.2.4. Modèle aréolaire

Ce modèle est caractérisé par une imbrication de plusieurs sphères les unes dans les autres, créant ainsi des intersections qui peuvent représenter des enjeux, des objectifs ou encore des relations communes. Exploité largement pour la représentation de l'écosystème urbain durable, ce modèle est le plus utilisé dans la littérature scientifique relative au développement durable, depuis les années 90.

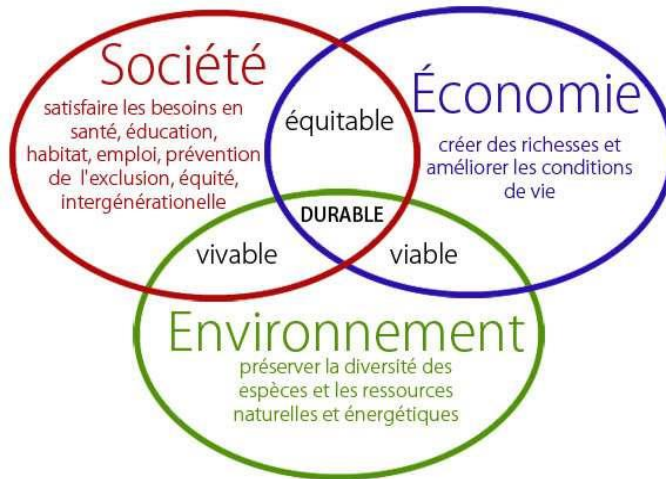


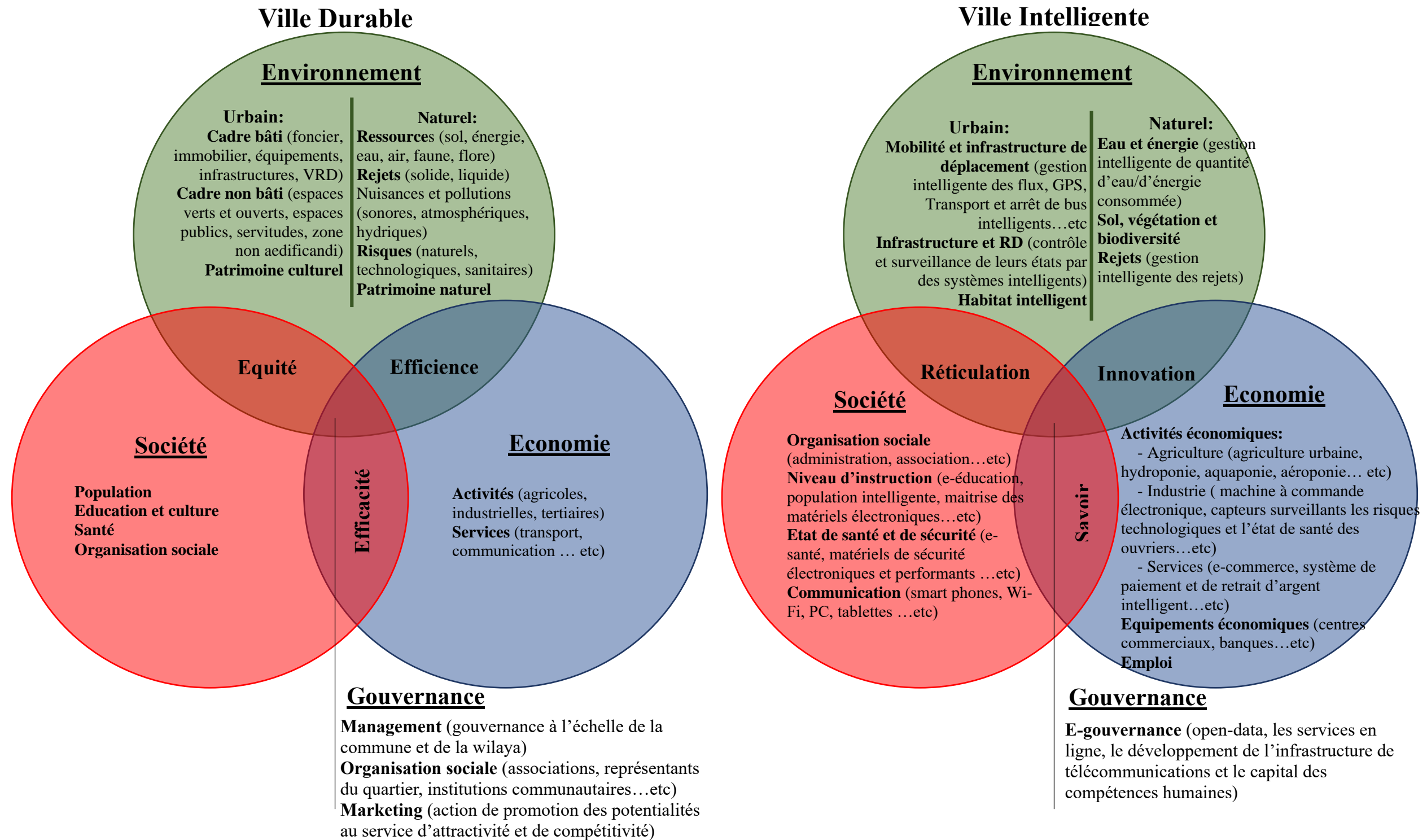
Schéma du développement durable

Figure 14 : Exemple du modèle aréolaire (ici les 3 piliers du développement durable). Source : <https://tpeecologievsroissanceeconomique.wordpress.com/2016/01/11/vers-un-modele-de-developpement-durable/>

Nous allons rappeler ci-dessous la structure de ce modèle, appliquée au système de la ville durable d'une part, et de la ville intelligente, d'autre part.

<sup>135</sup> <https://docplayer.fr/11383792-La-base-de-donnee-ista-tiznit-atv-2014-2015.html>

II.2.3. Modèle de la ville durable et de la ville intelligente



Source: E. Berezowska-Azzag; Projet urbain: Guide méthodologique, connaître le contexte du développement durable; Synergie; p 46  
-Cours Optionnel urbanisme durable nouvelles approches présenté par Professeur Berezowska-Azzag; 11/04/2018  
-Sidi Salah Nasri Zehour ; la gouvernance urbaine une demarche incontournable pour un habiter durable Cas de L'amélioration urbaine à la cité Zouaghi à Constantine ; Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de magister ; Université des frères Mentouri Constantine ; 1er mars 2010

Source: Aoudjit  
-Cours Optionnel urbanisme durable nouvelles approches présenté par Professeur Berezowska-Azzag; 11/04/2018  
-Alain Van Cuyck. L'open data comme nouvelle forme de gouvernance numérique : enjeux, marchés, modèles, idéologies.. XIX° colloque international franco-roumain " Culture et Responsabilité sociale dans la communication des organisations ", Mar 2013, Bucarest, Roumanie.

## II.3. Modélisation des impacts du Black-out Energétique sur la ville de demain

### II.3.1. Identification des impacts du BOE sur la ville

Une fois que nous avons défini les composantes des deux systèmes complémentaires, que sont la ville durable et la ville intelligente, nous allons nous intéresser aux impacts possibles ou probables de la survenue d'un risque du BOE sur ces deux systèmes, dans l'objectif de les mettre ensuite en relation. Le tableau ci-dessous synthétise les résultats de nos recherches bibliographiques relatives à ce phénomène, en listant d'abord les impacts et en les associant à leurs effets.

Domaine	Fonctions	Impact du BOE sur les enjeux		Effets	
		Système urbain intelligent	Système urbain durable	Système urbain intelligent	Système urbain durable
Economie	Secteur primaire (agriculture)	-Coupure de l'éclairage artificiel. -Toutes les méthodes de culture urbaine (hydroponie, aéroponie, aquaponie) qui nécessitent une grande quantité d'énergie vont être inefficaces <sup>136</sup> . -Dysfonctionnement des capteurs implantés dans les différents animaux (bovins, lapins, volaille, ovins...) qui surveillent leurs états de santé pour améliorer la qualité de leurs viandes <sup>137</sup> .	-Arrêt de tous ce qui utilise de l'électricité (traite de vache, ventilation, chauffage, différents matériels électriques, éclairage, irrigation, tracteurs et engins automoteurs, chambre froide...) <sup>138</sup> -Arrêt de production d'engrais et des matériels agricoles, qui exige une énorme quantité d'énergie <sup>139</sup> . -La rareté de l'eau indispensable pour l'irrigation des cultures qui elle aussi est générée et transportée grâce à l'énergie. -système de traitement de produits agricoles serait hors service <sup>140</sup> .	-Augmentation du prix des produits alimentaires. -La perte d'emplois pour beaucoup d'ouvriers. -Une diminution de la production de produits alimentaires (fruits, légumes, céréales, viande...) et non alimentaires (herbes médicinales et aromatiques). -Pertes humaines. -Dégradation de la qualité des aliments destinés aux citoyens.	-Une diminution de la production de produits alimentaires (fruits, légumes, céréales, viande...) et non alimentaires (herbes médicinales et aromatiques). -La sécurité alimentaire non assurée. -La perte d'emplois pour beaucoup d'ouvriers. -Le recyclage de déchets alimentaires serait freiné. -Crise alimentaire et augmentation du prix des produits alimentaires. -La perte de beaucoup d'espèces végétales. -Pertes humaines.

<sup>136</sup>La culture hydroponique est une technique ancienne, qui est en fait une culture hors-sol ; les plantes sont donc cultivées sous serre, la terre qui est habituellement utilisée est remplacée par un substrat stérile, à l'instar des billes d'argile ou de la laine de roche, l'eau qui contiennent les nutriments nécessaires est pompée en permanence.

-<https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/eau-fonctionne-culture-hydroponique-4828/>

La culture aquaponique repose sur un système de symbiose entre les poissons et la végétation, système, l'eau est pompée du réservoir de poissons vers le bac de culture où des bactéries décomposent les déchets de poisson en une solution nutritive organique pour la culture des légumes. Les plantes absorbent alors les éléments nutritifs de l'eau qui est ainsi nettoyée avant d'être remise en circulation pour un retour dans les bassins à poissons qui sont aérés par des pompes à air.

-<http://www.fao.org/3/a-br812f.pdf>

L'aéroponie est une évolution de l'hydroponie, les racines ne sont pas trompées dans la solution nutritive à travers un substrat mais c'est la solution qui est éjectée sur les racines à travers un pompage permanent de la solution. Cette technique permet de créer l'équilibre idéal entre la circulation de la solution nutritive et l'oxygénation, les racines se développent plus densément et la croissance de la plante est optimisée. Cette technique s'effectue en circuit fermé donc on ne trouve pas de déchet ni de rejet. La fertilisation automatique se régit par un programmeur, mécanique ou électronique, pour cyler ses apports et ainsi répondre progressivement aux besoins des plantes, en fonction du stade de culture.

-Anthony Besson ; Fermes verticales, pour une culture urbaine Agriculture, ville, architecture, densité, soutenabilité ; Aédification, Grands territoires, Villes - Article de Colloque, 2010, p.03-04

<http://www.besson-architecture.ch/pdf/Publications/fermesverticales.pdf>

-<https://www.growshops.fr/fr/content/155-l-aeroponie-c-est-quoi->

<sup>137</sup> Dave Evans, L'Internet des objets Comment l'évolution actuelle d'Internet transforme-t-elle le monde ?, Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), avril 2011, p.08

[https://www.cisco.com/c/dam/global/en\\_ca/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-fr.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/global/en_ca/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-fr.pdf)

<sup>138</sup> -Energie et agriculture, p.03

[http://www.iholdi-oztibarre.com/fileadmin/documents/economie/agriculture/Agriculture\\_et\\_energies.pdf](http://www.iholdi-oztibarre.com/fileadmin/documents/economie/agriculture/Agriculture_et_energies.pdf)

-E. Van Hecke professeur à la K.U.Leuven, Agriculture et énergie, Courrier hebdomadaire du CRISP 1980/6 (N° 871), p. 03-08-09

<https://www.cairn.info/revue-courrier-hebdomadaire-du-crisp-1980-6-page-1.htm>

-Ores, Pénurie d'électricité délestage blackout, guide pratique, p.14

<https://www.rendeux.be/ma-commune/infos-pratiques/ores-penurie-guide-pratique.pdf>

<sup>139</sup> Ibid

<sup>140</sup> Ibid

-Ores, Ibid.

	<b>Secteur secondaire (industrie)</b>	<p>-Internet des objets ne fonctionnerait plus<sup>141</sup>.</p> <p>-Mise hors service des capteurs qui détectent les dispositions ou les manœuvres dangereuses des ouvriers. Et ceux qui surveillent les conditions environnementales à risque et la présence des substances toxiques<sup>142</sup>.</p> <p>-Problèmes potentiels pour des machines à commande électronique lors de la coupure ou de la réalimentation (cartes électroniques endommagées)<sup>143</sup>.</p>	<p>-Arrêt de fonctionnement des appareils industriels (moteurs à haut rendement qui transforment l'énergie électrique en énergie mécanique, pompes, éclairage, matériels informatiques, les chaudières, climatisation, chauffage, réfrigération, façonnage, fabrication, les compresseurs qui compressent le fluide frigorigène, les ventilateurs qui fournissent de l'air pour la ventilation et pour les besoins industriels, les conditionneurs d'air qui contrôlent la température et l'humidité...)<sup>144</sup></p> <p>-Arrêt des systèmes de surveillance et sécurité (détection incendie et ses asservissements, détection de fuites, électrovannes de coupure, sprinklage, alerte / alarme, caméras, etc.)<sup>145</sup>.</p>	<p>-La faillite des entreprises.</p> <p>-Accidents de travail et pertes humaines.</p> <p>-Génération de risques technologiques.</p>	<p>-Arrêt des usines agro-alimentaires, une diminution voir une raréfaction des produits alimentaires vitaux pour la survie humaine.</p> <p>-Arrêt de production de différents produits essentiels pour la vie quotidienne des citoyens (les matériaux de construction, les produits pharmaceutiques essentiels pour la santé humaine, produits informatiques, produits textiles...)</p> <p>-La crise économique.</p> <p>-Explosion des usines.</p> <p>-Pertes humaines.</p> <p>-La perte d'emplois pour beaucoup d'ouvriers.</p>
<b>Economie</b>	<b>Secteur tertiaire marchand (commerce)</b>	<p>-Les plates-formes de vente et d'achat en ligne seraient inaccessibles<sup>146</sup>.</p> <p>-le matériel électronique utilisé dans le commerce (panneaux tactiles) serait hors disposition<sup>147</sup>.</p> <p>-Dysfonctionnement des caméras de surveillance et des systèmes d'alerte<sup>148</sup>.</p> <p>-Terminaux de paiement non fonctionnels<sup>149</sup>.</p>	<p>-Tous les appareils consommant de l'énergie électrique (chambre froide, éclairage, appareils antivols, appareils caisses...) ne fonctionneraient plus<sup>150</sup>.</p> <p>-Les produits réfrigérés et congelés dans les espaces de commerce ou dans les espaces de stockage, deviendraient non comestibles<sup>151</sup>.</p>	<p>-La faillite des entreprises surtout celle du e-commerce.</p> <p>-Difficulté des procédures de l'achat et vente sans matériels électroniques.</p>	<p>-Perte d'emplois.</p> <p>-Disparition des produits réfrigérés et congelés dans les espaces commerciaux.</p> <p>-Querelle dans les magasins.</p> <p>-Vol de produits.</p>

<sup>141</sup> Shawn DuBravac et Carlo Ratti, Internet des Objets : Évolution ou Révolution ?, Consumer Electronics Association, p.02  
<https://www.aigassurance.fr/content/dam/aig/emea/france/documents/publications/guides-rapports/aig-iot-french-repport2.pdf>

<sup>142</sup> Ibid, p.14

<sup>143</sup> Ores, Pénurie d'électricité délestage blackout, guide pratique, p.15

<https://www.rendeux.be/ma-commune/infos-pratiques/ores-penurie-guide-pratique.pdf>

<sup>144</sup> -Economie d'énergie dans l'industrie, les moteurs électriques, p.02

<https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/dai-fichsureindustrie-moteur-edition2010.pdf?ID=16788>

-La consommation d'énergie dans l'industrie au Canada : nouvelles tendances, Office national de l'énergie, novembre 2010, p.02

<https://www.neb-one.gc.ca/nrg/ntgrtd/mrkt/archive/2010ndstrlnrgscnd/ndstrlnrgscnd-fra.pdf>

-Ores, Ibid.

<sup>145</sup> Ibid

<sup>146</sup> -Ridha Loukil, Une panne du cloud d'Amazon met en panique tout l'internet mondial, l'Usine Nouvelle [En ligne], publié le 1/03/2017.

<https://www.usinenouvelle.com/article/une-panne-du-cloud-d-amazon-met-en-panique-tout-l-internet-mondial.N508689>

-Dominique filippone, AWS indisponible suite à une panne de courant, Le monde informatique [En ligne], 1 juin 2018.

<https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-aws-indisponible-suite-a-une-panne-de-courant-71914.html>

<sup>147</sup> Ademe Picarde, Rapport final, Diagnostique d'un supermarché de moyenne surface, Enertech, avril 2001, p.05-06-07

[https://www.energieplus-lesite.be/fileadmin/resources/04\\_technique/14\\_froid\\_alimentaire/Etudes/monitoring\\_supermache.pdf](https://www.energieplus-lesite.be/fileadmin/resources/04_technique/14_froid_alimentaire/Etudes/monitoring_supermache.pdf)

<sup>148</sup> Ibid

-Ores, Ibid, p14

<sup>149</sup> Crisiscentrum, conséquences d'une coupure de courant, Centre de crise [En ligne].

<https://crisiscentrum.be/fr/content/consequences-dune-coupure-de-courant>

-Ores, Ibid.

<https://www.rendeux.be/ma-commune/infos-pratiques/ores-penurie-guide-pratique.pdf>

<sup>150</sup> Ademe Picarde, Ibid.

-Ores, Ibid.

<sup>151</sup> Gérald Camier, Panne d'électricité chez Casino : des produits frais jetés et des clients choqués, La dépêche [En ligne], 7/08/2018.

<https://www.ladepêche.fr/article/2018/08/07/2847798-panne-electricite-chez-casino-produits-frais-jetes-clients-choques.html>

	<b>Secteur tertiaire non marchand (services)</b>	-Les plates-formes numériques des entreprises seraient inaccessibles.	-Tous les matériels qui utilisent de l'énergie comme source d'alimentation, seraient dysfonctionnels.	-Risque d'explosion du matériel informatique qui engendrerait des pertes humaines. -Dégradation de la qualité de services donnés aux citoyens	-Perte d'emplois. -Anarchie dans les sièges sociaux.
<b>Société</b>	<b>Etudes</b>	-Le système informatisé des bibliothèques serait interrompu. -Les plates-formes de l'éducation et d'enseignement en ligne seraient inaccessibles. -Tout le matériel électronique indispensable pour les études (PC, Tablettes, Imprimantes, Internet...) serait hors service.	-Eclairage, chauffage et climatisation non disponibles dans les établissements éducatifs <sup>152</sup> .	-Perte de documents informatiques dans les administrations des établissements. -Perte d'emplois et de vies humaines. -Vol de livres précieux dans les bibliothèques.	-Fermeture des établissements éducatifs et d'enseignement supérieur <sup>153</sup> . -Augmentation du taux de délinquance parmi les jeunes. -Décalage dans les années scolaires et universitaires.
	<b>Santé</b>	-Les dispositifs médicaux connectés (bracelet pour contrôler la qualité physique, pilulier intelligent, tensiomètre, brosse à dent connectée...), seraient mis à l'arrêt <sup>154</sup> . -Dysfonctionnement des applications de e-santé (rappel des rendez-vous chez le médecin et des heures de prise des médicaments...) -Dysfonctionnement des appareils de radio-conférence avec les médecins qui évitent les patients gravement malades de se déplacer. -Mise hors service des dispositifs portables compatibles IDO qui permettent aux docteurs de recueillir des informations sur la santé des patients qu'ils ignoraient <sup>155</sup> .	-Les appareils médicaux vitaux ne fonctionneraient plus <sup>156</sup> . -Dysfonctionnement des appareils comme l'échographie, la radiographie, le scanner <sup>157</sup> ... -Les appareils de remise en forme et de rééducation ne fonctionneraient plus.	-pertes humaines. -dégradation de la santé des gens. -difficulté des déplacements pour les personnes à mobilité réduite ou celles atteintes de maladies graves.	-Risque de mort pour les malades qui dépendent de façon vitale des appareils médicaux fonctionnant sur le secteur électrique. -pertes humaines et d'emplois. -dégradation de la santé des gens.
	<b>Sécurité et communication</b>	-Arrêt de tous les appareils de surveillance et de sécurité (vidéo surveillance, alarmes, portes sécurisées, détecteurs de fumée...) -La mise hors service des différents appareils de communication (téléphones, Wi-Fi, PC, tablettes, radios...) <sup>158</sup> .	-Défaillance du matériel qui nécessite une alimentation électrique dans le domaine policier.	-Augmentation du taux de délinquance au sein de la société. -Augmentation du taux de vol et de crime. -Pertes humaines et matériels considérables. -La sureté non assurée des biens des citoyens. -Anarchie au sein de la société.	

<sup>152</sup> Ameziane Athali, Panne d'électricité géante en Kabylie, Algérie1 [En ligne], 18/01/2017

<https://www.algerie1.com/actualite/panne-deelectricite-geante-en-kabylie>

<sup>153</sup> Ibid

<sup>154</sup> Shawn DuBravac et Carlo Ratti, Internet des Objets : Évolution ou Révolution ?, Consumer Electronics Association, p.13

<https://www.aigassurance.fr/content/dam/aig/emea/france/documents/publications/guides-rapports/aig-iot-french-repport2.pdf>

<sup>155</sup> Ibid

<sup>156</sup> -Centre intégré universitaire de santé et de service sociaux de la capitale nationale Québec, Avis de santé publique : panne d'électricité dans la capitale-nationale, 21/02/2018

<https://www.ciusss-capitalenationale.gouv.qc.ca/avis-de-sante-publique-panne-deelectricite-dans-la-capitale-nationale-0>

-Ores, Pénurie d'électricité délestage blackout ; guide pratique, p.13

<https://www.rendeux.be/ma-commune/infos-pratiques/ores-penurie-guide-pratique.pdf>

<sup>157</sup> Ibid.

<sup>158</sup> -<https://business.orange.be/fr/support/r%C3%A9seau-et-couverture/probl%C3%A8me-r%C3%A9seau/que-se-passe-t-il-en-cas-de-coupure-d%C3%A9lectricit%C3%A9>

-Ores, Ibid, p.11

				-Difficulté de transmission des instructions de secours par les acteurs d'intervention aux citoyens. -Difficulté d'appeler les secours et de perdre ainsi d'innombrables vies humaines. - La non possibilité d'appeler les proches et de s'orienter dans la ville.	
<b>Environnement</b>	<b>Urbain (mobilité et infrastructure)</b>	-Dysfonctionnement des arrêts de bus intelligents (panneaux tactiles et électriques qui nous informent des horaires et des directions du transport). -Dysfonctionnement des systèmes de localisation comme le GPS. -La mise hors service des capteurs de gestion des flux et de détection de places de parking. -Arrêt de moyens de transport qui fonctionnent à base d'électricité (tramway, métro, téléphérique, voitures électriques, véhicules sans conducteur...)¹⁵⁹. -Les capteurs qui assurent la sécurité des conducteurs et des véhicules (voitures, aéronefs, bateaux) et contrôlent l'état de ces derniers¹⁶⁰ ne fonctionneraient plus. -Défaillance des systèmes de surveillance des infrastructures (barrages, lignes ferroviaires, voies mécaniques...) utilisant des capteurs qui contrôlent leurs états et donnent des signaux en cas de danger¹⁶¹.	-Dysfonctionnement des appareils de signalisation et l'éclairage public¹⁶². -Aéroports, gares ferroviaires, gares routières, ports non fonctionnels¹⁶³. -Les pompes de stations de ravitaillement en carburant ne fonctionneraient plus¹⁶⁴. -Extinction des éclairages (routes, tunnels, bâtiments, caves, voies publiques, etc.)¹⁶⁵	-Passagers bloqués dans les moyens de transports et dans les différents aéroports et gares. -Augmentation du taux d'accidents et de pertes humaines. -Anarchie dans les places de stationnement et dans les parkings. -Accidents et catastrophes mortels causés par le mauvais état des infrastructures.	-Augmentation du nombre de véhicules empruntant la route. -Augmentation du taux d'accidents et de pertes humaines. -Anarchie dans les rues de la ville et les citoyens désorientés. -Les avions qui n'arrivent pas à s'orienter perdent leurs trajectoires causant ainsi des crashes d'avions et de nombreuses pertes humaines et matériels. -Transport de produits alimentaires bloqué sur les routes. -Accidents des véhicules de transport de matières dangereuses.
	<b>Urbain (cadre bâti)</b>	-La domotique qui permet d'avoir le contrôle de toute la maison grâce à des objets électroniques (tablettes, smart phones...) serait mis à l'arrêt. Par conséquent, toutes les actions connectées entre elles et pilotées par	-Le chauffage pendant les vagues de froid et la climatisation pendant les vagues de chaleur ne fonctionneraient plus¹⁶⁸. -Arrêt de tous les appareils alimentés par l'électricité (réfrigérateurs, robots, micro-	-Blocage de toutes les fonctions dans l'habitation. -Insécurité et augmentation de cambriolage des maisons.	-Pertes humaines à cause du froid ou de la forte chaleur. -Incendies causés par les bougies. -dégradation de santé des personnes âgées.

- Association des entreprises électriques suisses, Blackout électrique, p.02

[https://www.strom.ch/fileadmin/user\\_upload/Dokumente\\_Bilder\\_neu/010\\_Downloads/Basiswissen-Dokumente/29\\_Blackout\\_electrique\\_fr.pdf](https://www.strom.ch/fileadmin/user_upload/Dokumente_Bilder_neu/010_Downloads/Basiswissen-Dokumente/29_Blackout_electrique_fr.pdf)

¹⁵⁹ Crisiscentrum, conséquences d'une coupure de courant, Centre de crise [En ligne]. <https://crisiscentrum.be/fr/content/consequences-dune-coupure-de-courant>

-Association des entreprises électriques suisses, Ibid.

¹⁶⁰ Shawn DuBravac et Carlo Ratti ; Internet des Objets : Évolution ou Révolution ?, Consumer Electronics Association, p.10

<https://www.aigassurance.fr/content/dam/aig/emea/france/documents/publications/guides-rapports/aig-iot-french-repport2.pdf>

¹⁶¹ Ibid

¹⁶² Crisiscentrum, Ibid.

-Association des entreprises électriques suisses, Ibid.

¹⁶³ Ibid

¹⁶⁴ Ibid

-Ores, Pénurie d'électricité délestage blackout, guide pratique, p.12

<https://www.rendeux.be/ma-commune/infos-pratiques/ores-penurie-guide-pratique.pdf>

¹⁶⁵ Association des entreprises électriques suisses, Ibid.

¹⁶⁸Ores, Ibid, p.11.

-Association des entreprises électriques suisses, Ibid.

<p><b>Environnement</b></p>		<p>des automates sans fils (ouverture et fermeture des fenêtres, des portes et des stores, chauffage et climatisation automatique, système d'alarme et de sécurité, robots ménagers, contrôle de l'éclairage artificiel, pilotage des appareils électro-ménagers ou électroniques...) ne fonctionneraient plus<sup>166</sup>. -Les capteurs qui surveillent tout un éventail de risques d'incidents, notamment la présence de gaz dangereux, les invasions de termites, les défaillances de climatisation/chaudière et la dégradation générale et même l'état des réseaux électriques<sup>167</sup>.</p>	<p>ondes, cuisinières, lave-vaisselles, machines à laver, télévisions, éclairage, téléphones, chauffage, climatisation...) <sup>169</sup> -Ascenseurs mis hors service<sup>170</sup>. -La non disponibilité de l'eau chaude ou carrément de l'eau dans les robinets<sup>171</sup>.</p>		<p>-Les personnes à mobilité réduite se trouveraient bloquées à l'extérieur ou à l'intérieur des bâtiments à cause de la défaillance des ascenseurs. -Intoxication à la fumée.</p>
<p><b>Environnement</b></p>	<p><b>Naturel (ressources)</b></p>	<p>-Mise hors service des capteurs qui contrôlent et régulent le taux de consommation d'eau et de gaz<sup>172</sup>.</p>	<p>-Dysfonctionnement des pompes qui pompent l'eau des barrages, des lacs, des rivières ou encore de l'eau souterraine, des pompes qui la transportent jusqu'aux centres de traitement, et des pompes qui la transportent jusqu'à destination des usagers<sup>173</sup>. -Arrêt de fonctionnement des centres de traitement de l'eau, et des centres de recyclage des eaux usées<sup>174</sup>.</p>	<p>-Consommation excessive des ressources.</p>	<p>-Contamination et rareté de l'eau potable. -Propagation de maladies et des épidémies dues au non traitement des eaux usées. -L'eau est très vitale pour la vie quotidienne des personnes et des animaux, sa disparition couleraient la vie à ces derniers. -Pertes humaines à cause de la soif ou de maladies dues aux manques de propreté. -Indisponibilité de l'eau pour l'irrigation des espaces publics et des produits agricoles ou pour l'usage quotidien des citoyens.</p>

<sup>166</sup> -<https://www.dblconstructions.fr/maison-habitat-intelligent/>

-Ores, Ibid, p11.

<sup>167</sup> Shawn DuBravac et Carlo Ratti, Internet des Objets : Évolution ou Révolution ?, Consumer Electronics Association, p.11

<https://www.aigassurance.fr/content/dam/aig/emea/france/documents/publications/guides-rapports/aig-iot-french-repport2.pdf>

<sup>169</sup> Crisiscentrum, conséquences d'une coupure de courant, Centre de crise [En ligne].

<https://crisiscentrum.be/fr/content/consequences-dune-coupure-de-courant>

-Ores, Ibid.

<sup>170</sup> -Ores, Ibid, p.12

-Association des entreprises électriques suisses, Blackout électrique, p.02

[https://www.strom.ch/fileadmin/user\\_upload/Dokumente\\_Bilder\\_neu/010\\_Downloads/Basiswissen-Dokumente/29\\_Blackout\\_electrique\\_fr.pdf](https://www.strom.ch/fileadmin/user_upload/Dokumente_Bilder_neu/010_Downloads/Basiswissen-Dokumente/29_Blackout_electrique_fr.pdf)

<sup>171</sup> Ores, Ibid, p.11

<sup>172</sup> Shawn DuBravac et Carlo Ratti, Ibid, p.14

<sup>173</sup> Crisiscentrum, Ibid.

<sup>174</sup> Ibid.

	<b>Naturel (rejet)</b>	-Mise hors service des capteurs qui contrôlent le taux des déchets produits par chaque fonction de la ville.	-Dysfonctionnement des matériels dédiés à la récolte et au recyclage des déchets. -Arrêt de fonctionnement des centrales de recyclage des déchets.	-Production non contrôlée de déchets.	-Les déchets envahissent la ville. -Insalubrité et propagation des maladies et des épidémies. -Méthanisation des déchets qui est néfaste à l'environnement. -Pollution paysagère et olfactive.
<b>Gouvernance</b>		-Les plates-formes de l'open data, source d'information et qui rapprochent les citoyens du gouvernement (droit du citoyen d'accéder aux documents administratifs) seraient inaccessibles <sup>175</sup> . -Data centres mis hors service. -Mise à l'arrêt des différents moyens de communication électroniques (plates-formes numériques, boîtes mail ...etc) entre les différents acteurs (citoyens, secteurs privés et secteurs publics) <sup>176</sup> qui participent à l'aménagement et au développement du territoire. -Dysfonctionnement des plates-formes d'échange d'informations entre les citoyens (par exemple les plates-formes d'échange entre les étudiants d'une même spécialité).	-Tous les matériels qui utilisent de l'énergie comme source d'alimentation dans les administrations étatiques (APC, siège de la wilaya, siège de la daïra, Associations ...etc), seraient dysfonctionnels. -Interrompre les processus et le fonctionnement des institutions à travers lesquels les citoyens exercent leurs droits légaux et s'acquittent de leurs obligations <sup>177</sup> .	-Difficulté d'intervention pour les autorités à cause de non fonctionnement des appareils d'information et de télécommunication. -Risque d'explosion du matériel informatique qui engendrerait des pertes humaines. -Dégradation de la gouvernance urbaine qui se repose essentiellement sur trois institutions : l'état, la société civile, et le privé <sup>178</sup> . -Accentuer la marginalisation et l'individualisme dans la société <sup>179</sup> . -La démocratie représentative gagnerait sur la démocratie participative.	-Perte d'emplois. -Difficulté d'orientation des gens lors de la crise. -Anarchie dans les administrations. -Perte des documents informatisés et électroniques. -Effondrement des relations de respect et du bon voisinage entre les citoyens. -Approfondir la fragmentation qui touche à la fois l'espace, la société et les activités <sup>180</sup> .

**Tableau 4 :** Tableau représentant les différents impacts du Blackout Energétique sur les enjeux de la ville intelligente et la ville classique ainsi que leurs effets, sources : représentées en bas de page.

<sup>175</sup> Alain Van Cuyck. L'open data comme nouvelle forme de gouvernance numérique : enjeux, marchés, modèles, idéologies. XIX<sup>e</sup> colloque international franco-roumain " Culture et Responsabilité sociale dans la communication des organisations ", Mar 2013, Bucarest, Roumanie.

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00963337/document>

<sup>176</sup> Sidi Salah Nasri Zehour, La gouvernance urbaine une démarche incontournable pour un habiter durable Cas de L'amélioration urbaine à la cité Zouaghi à Constantine, Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de magister, Université des frères Mentouri Constantine, 1er mars 2010, p.35

<https://bu.umc.edu.dz/theses/architecture/SID5608.pdf>

<sup>177</sup> Ibid, p.39

<sup>178</sup> Ibid, p.35

<sup>179</sup> Ibid, p.37

<sup>180</sup> Larbi Icheboudène, Réflexion sur la gouvernance urbaine à Alger. Prerogatives institutionnelles et monopoles politiques, Revue algérienne d'anthropologie et de sciences sociales « Insaniyat » [En ligne].

<https://journals.openedition.org/insaniyat/491>

### II.3.2. Choix du modèle pour représenter les impacts du BOE sur la ville de demain

Pour répondre à cette question et sélectionner le modèle approprié pour une éventuelle modélisation des impacts du Black-out énergétique sur la ville de demain, nous comparerons les 4 modèles systémiques cités ci-dessus. Le tableau suivant présente les avantages et les inconvénients de chaque modèle.

Modèles	Avantages	Inconvénients
<b>Arborescent</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Il permet une hiérarchisation des éléments et des informations.</li> <li>-Il permet d’avoir des relations dans un seul sens entre les éléments principaux et secondaires.</li> <li>-Il permet d’avoir deux organisations avec deux sens opposés et d’établir des liens avec les deux.</li> <li>-Il permet d’établir des liens entre les éléments d’un même niveau ou entre des éléments de niveaux différents.</li> <li>-Facilité de compréhension.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Il va dans un seul sens et permet pas d’avoir plusieurs relations entre plusieurs éléments.</li> <li>- La non possibilité d’injecter des éléments et d’établir des relations entre eux et les autres éléments déjà existants.</li> <li>- Modèle limité par le nombre possible des niveaux hiérarchiques permettant de garder sa lisibilité.</li> </ul>
<b>Bayésien</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Il permet d’avoir plusieurs éléments et d’injecter d’autres.</li> <li>-Il permet d’avoir plusieurs liaisons entre les différents éléments.</li> <li>-Possibilité d’enlever et de rajouter des éléments et des liaisons (modèle ouvert).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Difficulté de compréhension.</li> <li>-Organisation chaotique.</li> <li>-Les éléments sont posés anarchiquement et ne montrent pas une certaine hiérarchie.</li> </ul>
<b>Aréolaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Il montre clairement les relations et l’interaction entre deux éléments du modèle.</li> <li>-Facilite la compréhension des éléments et les relations entre eux (quand cela ne dépasse pas un certain nombre d’éléments)</li> <li>-Facilite la représentation des croisements entre les éléments.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Il ne permet pas d’avoir plusieurs éléments et de définir les relations entre eux.</li> <li>-La difficulté de compréhension quand il dépasse un certain nombre d’éléments (il représente généralement 3 à 4 éléments).</li> <li>-Ne permet pas de montrer la hiérarchie des éléments.</li> <li>- La modélisation par sphères prend de l’espace et ne permet pas d’insérer des éléments d’appellation longs.</li> </ul>

**Tableau 05 :** Tableau des avantages et inconvénients des trois modèles arborescent, bayésiens et aréolaire.  
Source : Auteur (à travers une analyse de trois exemples de modèles<sup>181</sup>)

<sup>181</sup> -Berezowska-Azzag Ewa, Figure 28 : Types de seuils de développement urbain, Projet urbain Guide méthodologique : Connaître le contexte du développement durable, Synergie, p.64  
 - Berezowska-Azzag Ewa, Figure 27 : Mécanisme de croissance d’un organisme urbain et leurs seuils, Projet urbain Guide méthodologique : Connaître le contexte du développement durable, Synergie, p.63  
 - Jean-Philippe Antoni, Figure 1 : schéma des interactions complexes entre système urbain et système de transport en Ile-De-France, Modéliser la ville, formes urbaines et politiques de transport, Economica, p.87

Le modèle choisi pour la modélisation des impacts du BOE sur la ville intelligente, est le modèle hiérarchique arborescent, pour les raisons suivantes :

- Il est facile à comprendre.
- Il permettra de classer et de hiérarchiser les informations selon les domaines de l'écosystème identifiés préalablement.
- Il permettra d'établir plusieurs liens entre les différents éléments.
- Il permettra de faire deux organisations différentes avec deux sens opposés dans un même modèle.
- Il nous permettra de visualiser les impacts du BOE sur la ville intelligente et durable, établir des liens entre les différents enjeux, mais aussi il nous permettra d'attribuer des solutions pour chacun des impacts.
- Il donne la possibilité de faire correspondre deux arbres dans une démarche croisée.

### II.3.3. Modélisation des impacts du BOE et identification des solutions

Nous avons déployé le modèle aréolaire précédent en modèle arborescent pour pouvoir comparer entre la ville durable et la ville intelligente, en les mettant l'une face à l'autre. Le schéma ci-dessous explique le contenu général du modèle arborescent présenté ci-après.

L'explication des solutions figure en annexe de ce mémoire (Annexe 02).

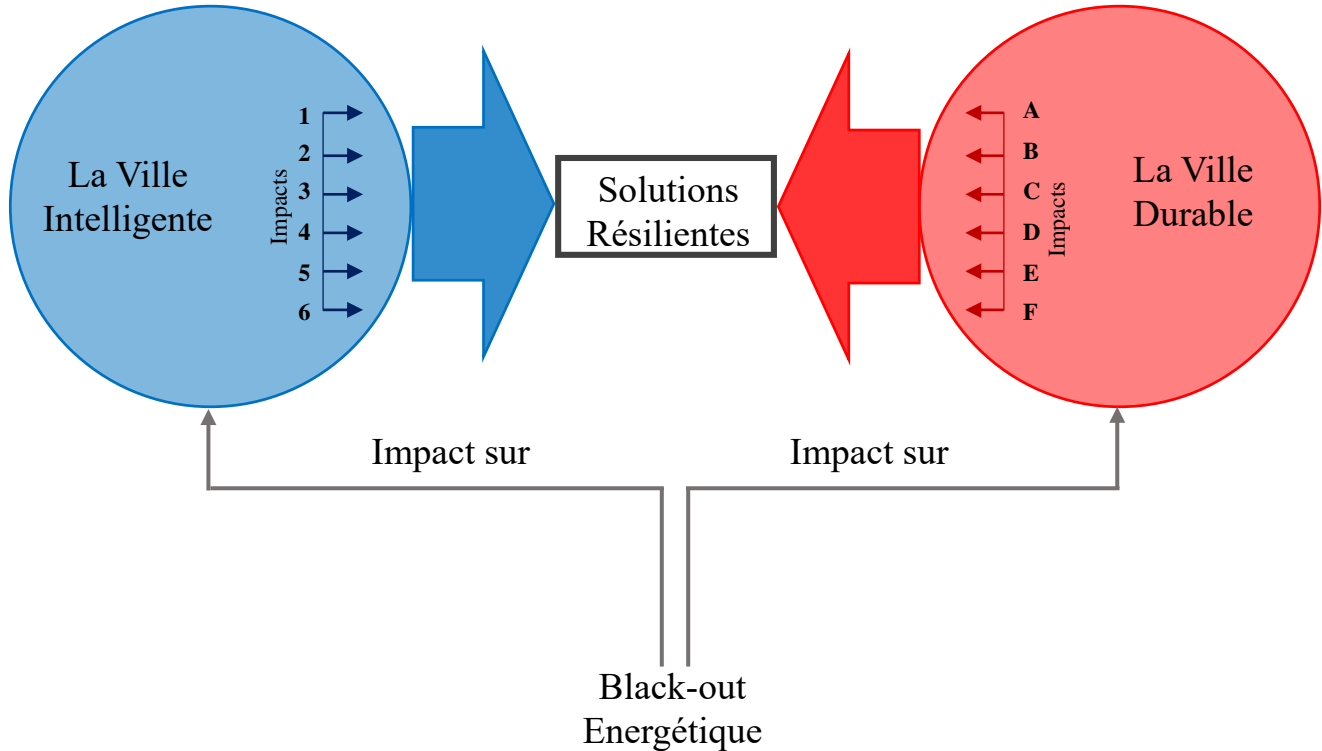
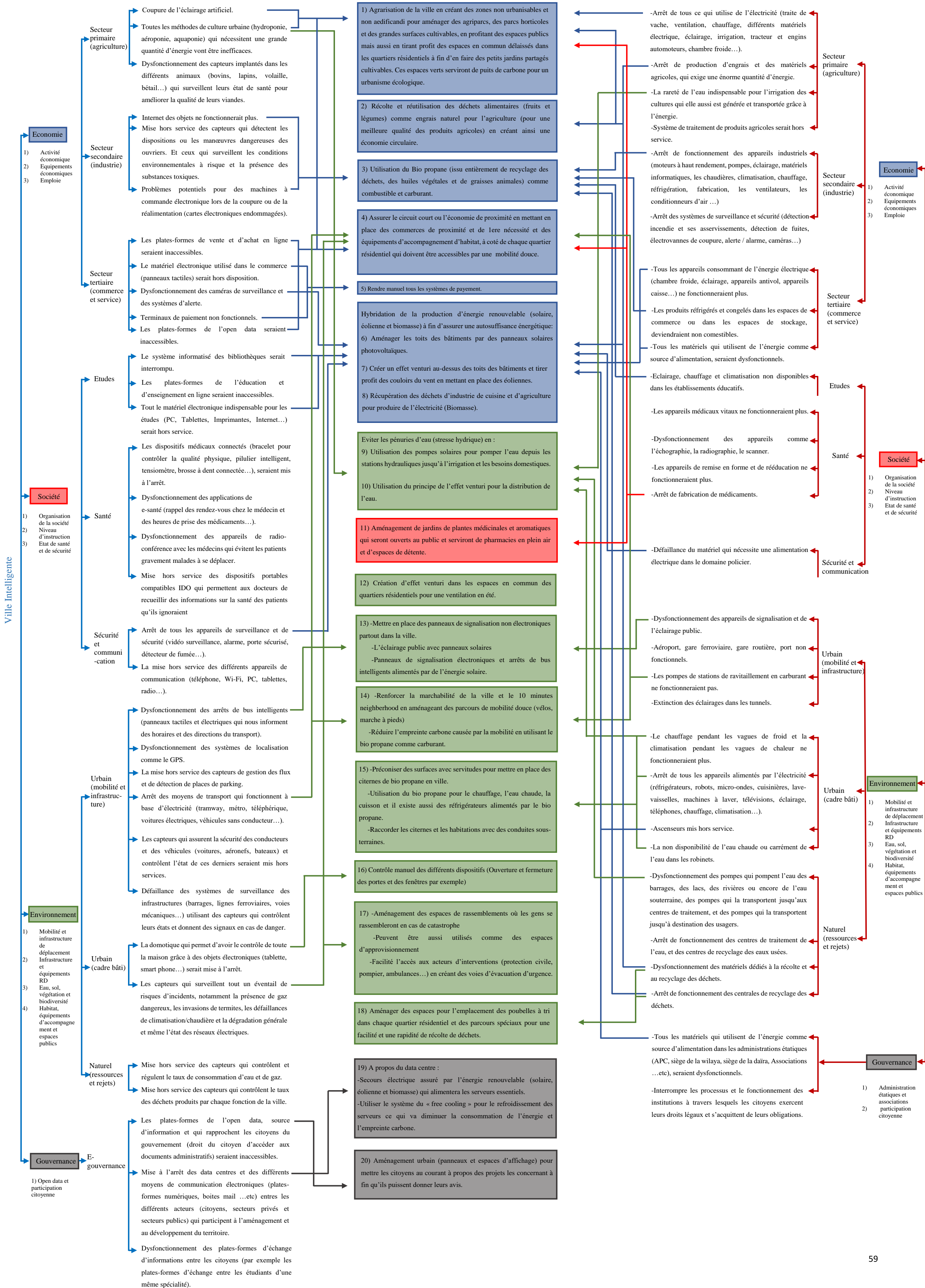


Schéma 5 : Explication du principe de croisement du contenu général du modèle arborescent, source : Auteur.



## Conclusion du Chapitre II

Les impacts d'un Black-out Energétique toucheraient tous les enjeux du système urbain complexe, qu'ils soient matériels ou humains. La ville intelligente souffrirait de sa vulnérabilité face à cette catastrophe bien plus que la ville durable du modèle classique, du fait de sa dépendance aux technologies, donc de la disponibilité de l'énergie électrique. Les solutions, lors de la survenue de ce risque nouveau, ne sont pas nombreuses, voire inexistantes pour certains enjeux de la ville intelligente. C'est donc bien avant qu'un tel phénomène ne se produise, qu'il faudrait penser aux solutions résilientes qui permettraient de s'en passer de l'énergie électrique et la remplacer par d'autres sources d'énergie, plus économiques et durables.

Certes, l'existence de quelques solutions disponibles déjà aujourd'hui, qui peuvent maintenir le bon fonctionnement de la ville, nous permettrait de garder la conscience tranquille. Cependant, elles ne sont pas toutes facilement réalisables et économiquement fiables, surtout sur une infrastructure urbaine déjà existante. En effet, une priorisation de ces solutions doit être étudiée pour pouvoir améliorer la résilience de la ville de demain face à ce risque majeur qu'est le « Black-out Energétique ». **Quelles seraient donc ces solutions prioritaires à mettre en place ? Comment les prioriser, afin d'assurer un minimum vital pour la population en cas de catastrophe ?** Le chapitre qui suit tentera d'apporter une réponse à ces questions.

# **Chapitre III**

**Analyse structurelle des solutions  
urbanistiques résilientes face au BOE**

## Chapitre III

# Analyse structurelle des solutions urbanistiques résilientes face au BOE

*« Voulons-nous que le monde change avec nous, sans nous ou contre nous? Poser la question, c'est déjà donner un penchant pour la réponse. L'avenir est notre affaire, ne nous laissons pas déposséder. La maîtrise du changement est d'abord une question de volonté et de capacité à entraîner les hommes vers un projet commun (...) S'adapter au changement c'est bien, mais l'orienter dans le sens des aspirations c'est encore mieux. »<sup>182</sup>*

Michel GODET

## Introduction du chapitre III

Un système urbain complexe se doit d'être résilient face aux menaces qui pourraient interrompre ses fonctions. Cette résilience est généralement étudiée et planifiée au préalable, avant que la catastrophe ne surgisse. Les architectes, les urbanistes, les économistes et tout autre acteur concerné devraient mettre en place des solutions qui diminueraient la vulnérabilité des enjeux humains et matériels. Ces solutions se doivent être conformes aux réglementations et aux potentialités du système urbain, mais aussi réalisables tant sur le plan urbanistique qu'économique.

Les solutions que nous avons identifiées précédemment, destinées à renforcer la résilience de la ville de demain contre le risque du black-out ne sont pas nombreuses, mais répondent à l'objectif initial. Néanmoins, une classification et une priorisation de celles-ci est nécessaire, surtout si elles sont adressées aux autorités locales afin de servir de base et de référentiel lors de la réalisation du projet d'Alger Smart City.

Ce troisième et dernier chapitre visera à hiérarchiser ces dites solutions et à exposer le potentiel que présente la commune d'Alger-Centre afin de les concrétiser. Ainsi, une troisième hypothèse de notre recherche pourrait être vérifiée.

---

<sup>182</sup> Michel Godet, Manuel de prospective stratégique, Tome 1 une indiscipline intellectuelle, 3eme édition DUNOD, p.1-2

[http://www.lapropective.fr/dyn/francais/ouvrages/la\\_prospective\\_strategique/t1-manuel-de-prospective-strategique-dunod-2007.pdf](http://www.lapropective.fr/dyn/francais/ouvrages/la_prospective_strategique/t1-manuel-de-prospective-strategique-dunod-2007.pdf)

## III.1. Prospective et analyse structurelle au service d'une priorisation des solutions

Estimer laquelle d'une série des solutions identifiées serait prioritaire, relève d'une opération de hiérarchisation. Toute analyse prospective se sert des méthodes de hiérarchisation, notamment pour identifier les objectifs de développement et les enjeux prioritaires pour les réaliser. Il est donc nécessaire pour nous de comprendre les approches de la prospective.

### III.1.1. Prospective comme démarche de construction des scénarios

Le monde actuel subit plusieurs mutations. Les incertitudes humaines sur l'avenir économique, écologique, politique et social, incitent les décideurs et les différents acteurs à établir des stratégies visant à améliorer la vie future. La prospective ne vise pas à éliminer ces incertitudes mais à les réduire et aider à prendre les bonnes décisions pour bâtir l'avenir souhaité<sup>183</sup>. M. Godet a défini la prospective en tant « ... qu'une attitude d'esprit (l'imagination et l'anticipation) et un comportement (l'espoir et la volonté) mobilisés pour assurer la qualité et la maîtrise de l'existence présente et future. La prospective réhabilite le désir comme force productive d'avenir »<sup>184</sup>. La prospective n'est donc ni une prophétie ni une prévision. Elle ne nous prédit pas l'avenir, elle nous aide à le construire<sup>185</sup>.

L'utilité d'une réflexion prospective dépend de la crédibilité de ses résultats et des objectifs stratégiques poursuivis par ceux qui la mènent. Selon Godet, ces derniers peuvent avoir pour objet<sup>186</sup> :

- D'orienter l'action présente à la lumière des futurs possibles et désirés.
- De baliser les futurs possibles de repères qui aident à distinguer, dans l'avalanche des faits du présent, les faits porteurs d'avenir.
- De mobiliser l'intelligence des hommes, au service de l'appropriation du changement par l'anticipation partagée, ainsi que pour des objectifs tactiques.
- De faire jouer l'effet d'annonce (dissuasif ou incitatif) pour essayer d'empêcher qu'un événement ne se produise ou pour tenter de favoriser son apparition (taux d'inflation, taux de croissance économique, etc.).
- De tester une hypothèse ou une idée.
- De se donner une image entreprenante et dynamique.

---

<sup>183</sup> Michel Godet, Ibid, p.06

[http://www.lapro prospective.fr/dyn/francais/ouvrages/la\\_prospective\\_strategique/t1-manuel-de-prospective-strategique-dunod-2007.pdf](http://www.lapro prospective.fr/dyn/francais/ouvrages/la_prospective_strategique/t1-manuel-de-prospective-strategique-dunod-2007.pdf)

<sup>184</sup> Ibid.

<sup>185</sup> Kouakou Rasoarilala Josther, Prospective et planification stratégique, Département Etudes Economiques et Financières, p.03

<sup>186</sup> Michel Godet, Ibid, p.10

- De développer la communication interne à l'organisation et son ouverture sur l'extérieur.
- De mettre en cause les idées reçues et les comportements néfastes.

Comme E. Berezowska-Azzag l'a souligné, la prospective exploite diverses méthodes :

*« Si la prospective est une 'indiscipline intellectuelle', elle a aussi besoin de rigueur et de méthodes pour éclairer l'action des hommes et l'orienter vers un futur désiré »<sup>187</sup>.*

Pour ce travail, nous adopterons la méthode d'analyse structurelle, à l'aide du logiciel MICMAC.

### **III.1.2. Description de la méthode de l'analyse structurelle avec l'aide de l'outil Micmac**

Avant de parler de l'analyse structurelle, il convient mieux de faire un petit aperçu sur ce que nous appelons la méthode des scénarios, la plus souvent utilisée en prospective. Selon F. Oble :

*« La méthode des scénarios s'efforce de concevoir les futurs possibles, et d'explorer les cheminements qui y conduisent en vue d'éclairer l'action présente. Cette approche intégrant plusieurs méthodes et outils a été élaborée dans le but d'appréhender l'évolution à long terme des systèmes complexes que forment, avec leur environnement, une entreprise, un secteur, un pays »<sup>188</sup>.*

Les principales étapes de cette méthode sont<sup>189</sup> :

- La définition des variables clés du système étudié, à partir desquelles l'étude prospective pourra se développer.
- L'élaboration des scénarios.
- La définition de la stratégie de développement.

La première étape de la méthode des scénarios s'appuie sur la méthode de l'analyse structurelle. Elle étudie les systèmes à travers leurs structures, qui constituent l'ensemble des relations des variables de ces mêmes systèmes. L'analyse structurelle est définie par M. Godet et P. Durance comme *«une méthode systématique, sous forme matricielle, d'analyse des relations entre les variables constitutives du système étudié et celles de son environnement explicatif »<sup>190</sup>* En effet, l'analyse structurelle inscrite dans le cadre de l'approche systémique, vise à appréhender le système à travers la complexité de ses interrelations<sup>191</sup>. Ces relations entre les différentes variables du système sont représentées par une matrice structurelle. A ce

---

<sup>187</sup> Ewa Berezowska-Azzag, *Projet urbain guide méthodologique : Comprendre la démarche du projet urbain, synergie*, 2012, p.310

<sup>188</sup> Frédéric Oble, *Intérêts et limites de l'analyse structurelle et de la méthode Delphi appliquées à l'étude de l'évolution des marchés alimentaires*, Institut National Polytechnique de Lorraine, Soutenu publiquement le 12 décembre 1992, p.24. [http://docnum.univ-lorraine.fr/public/INPL\\_T\\_1992\\_OBLE\\_F.pdf](http://docnum.univ-lorraine.fr/public/INPL_T_1992_OBLE_F.pdf)

<sup>189</sup> Ibid, p 25.

<sup>190</sup> Michel Godet et Philippe Durance, 2008 in Hans Dillaerts. *Analyse prospective du libre accès en France*. Document numérique et société, Aix-en-Provence, France, novembre 2010, p.04 [https://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic\\_00537239/document](https://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic_00537239/document)

<sup>191</sup> Frédéric Oble, Ibid, p.30

propos, E. Berezowska-Azzag a défini l'analyse structurelle comme un « *outil de structuration d'une réflexion collective. Elle offre la possibilité de décrire un système à l'aide d'une matrice mettant en relation tous les éléments constitutifs de ce système* »<sup>192</sup>.

Les techniques de traitement de cette dernière sont soit explicatives, soit descriptives. F. Oble a expliqué que :

« *Les techniques de traitement explicatives tentent de faire apparaître une hiérarchisation des variables les unes par rapport aux autres, celles descriptives ont pour but de dégager des groupes de variables qui aident à comprendre par leur agencement la structure globale du système. La méthode MIC-MAC développée par M. GODET appartient à la première catégorie, alors que la méthode développée par Louis DIRN a développé surtout le second aspect* »<sup>193</sup>.

Les objectifs de l'analyse structurelle sont multiples. D'après J.F. Lefebvre<sup>194</sup>, l'analyse structurelle peut :

- Aider à la réflexion sur un système, en vue de construire un modèle plus élaboré bien que s'inspirant toujours de l'analyse des systèmes.
- Etre utilisée seule, en vue par exemple de la réflexion sur des choix stratégiques.
- Prendre place dans une phase ultérieure pour la construction d'un modèle pour guider l'action, pour faciliter la communication ou l'adhésion d'un groupe à un objectif.

Pour d'autres auteurs, comme E. Berezowska-Azzag, l'analyse structurelle a pour objet « *de faire apparaître les principales variables influentes et dépendantes et par là les variables essentielles à l'évolution du système* »<sup>195</sup>. Après l'identification du système à analyser, qui est une phase très importante, l'analyse structurelle comprend trois étapes essentielles<sup>196</sup> :

- Le recensement des variables :

Une étape essentielle, selon F. Plassard : « *La richesse de l'analyse structurelle, en même temps que ses limites, tient dans le choix des variables* »<sup>197</sup>. Les variables doivent être exhaustives et définies de façon précise et claire<sup>198</sup>. Teniere-Buchot précise que :

---

<sup>192</sup> Ewa Berezowska-Azzag, *Projet urbain guide méthodologique : Comprendre la démarche du projet urbain*, Synergie, 2012, p.311

<sup>193</sup> Frédéric Oble, *Intérêts et limites de l'analyse structurelle et de la méthode Delphi appliquées à l'étude de l'évolution des marchés alimentaires*, Institut National Polytechnique de Lorraine, Soutenue publiquement le 12 décembre 1992, p.35

[http://docnum.univ-lorraine.fr/public/INPL\\_T\\_1992\\_OBLE\\_F.pdf](http://docnum.univ-lorraine.fr/public/INPL_T_1992_OBLE_F.pdf)

<sup>194</sup> Ibid, p.34

<sup>195</sup> Ewa Berezowska-Azzag, Ibid.

<sup>196</sup> Hans Dillaerts. *Analyse prospective du libre accès en France. Document numérique et société*, Aix-en-Provence, France, novembre 2010, p.04. [https://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic\\_00537239/document](https://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic_00537239/document)

<sup>197</sup> Plassard, 2003 in Hans Dillaerts, 2010, Ibid, p.06

<sup>198</sup> Frédéric Oble, *Intérêts et limites de l'analyse structurelle et de la méthode Delphi appliquées à l'étude de l'évolution des marchés alimentaires*, Institut National Polytechnique de Lorraine, Soutenue publiquement le 12 décembre 1992, p.37. [http://docnum.univ-lorraine.fr/public/INPL\\_T\\_1992\\_OBLE\\_F.pdf](http://docnum.univ-lorraine.fr/public/INPL_T_1992_OBLE_F.pdf)

« Tout va dépendre en effet du degré d'exhaustivité et de signification de la liste qui va être constituée. On doit signaler qu'un tel choix de départ conditionne nécessairement le déroulement, et donc les résultats de l'analyse »<sup>199</sup>.

Après l'établissement de la liste des variables, celles-ci doivent être classées en variables internes au système étudié et variables externes qui caractérisent son environnement<sup>200</sup>.

- Le repérage des relations dans la matrice d'analyse structurelle :

«Un système n'a de sens que lorsque nous arrivons à comprendre toutes les relations qui relient les variables entre elles »<sup>201</sup>.

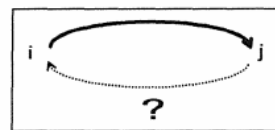
La mise en relation des différentes variables se fait par le biais de la matrice structurelle en répondant à la question **y a-t-il une relation entre la variable « a » et la variable « b » ?**<sup>202</sup> L'intersection de ligne « a » et la colonne « b » dans la matrice nous donne soit :

- 1= il existe une relation entre « a » et « b ».
- 0= il n'existe pas de relation entre « a » et « b ».

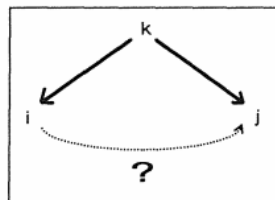
Il convient de noter que la relation entre les deux variables peut avoir une intensité (très forte, forte, moyenne, faible, très faible)<sup>203</sup>, que nous pouvons représenter par :

- 1= relation faible.
- 2= relation moyenne.
- 3= relation forte.
- 4= relation potentielle.

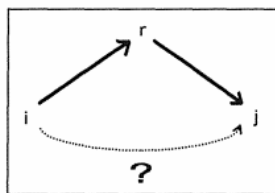
Afin d'éviter les erreurs dans le remplissage de la matrice, il convient mieux de préciser le sens des relations entre les variables<sup>204</sup> (voir figure 15).



1. Y-a-t-il bien action de la variable i sur la variable j ou bien la relation n'est-elle pas plutôt de j vers i ?



2. Y-a-t-il action de i vers j ou bien n'y-a-t-il pas colinéarité, une troisième variable k, agissant sur i et j ?



3. La relation de i à j est-elle directe ou bien passe-t-elle par l'intermédiaire d'une autre variable de la liste ?

**Figure 15 :** Le sens de relation entre des variables du système étudié.

Source : Frédéric Oble, 1992, p.40

<sup>199</sup> Teniere-Buchot, 1973 In Frederic Oble, 1992, Ibid, p.37

<sup>200</sup> Frédéric Oble, Ibid.

<sup>201</sup> Hans Dillaerts, Ibid, p.09

<sup>202</sup> Frédéric Oble, Ibid, p.38

<sup>203</sup> Ibid, p.39

<sup>204</sup> Frédéric Oble, Ibid, p.40

- L'identification des variables clés par le biais de l'outil Micmac.

Cette étape permet de découvrir les variables à prendre en compte de manière prioritaire, selon leur classement effectué par l'analyse structurelle de la matrice combinatoire des influences directes et indirectes des variables du système. Nous allons employer cet outil dans le cadre de notre recherche.

### III.1.3. Fonctionnement de l'outil MICMAC

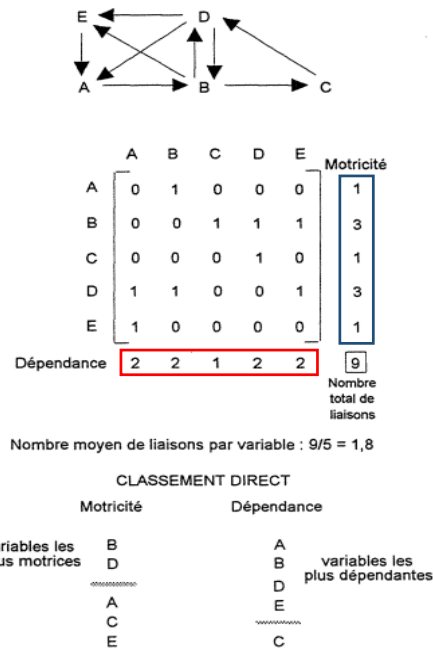
Avant de parler de l'outil Micmac, il convient de préciser que les variables passent par deux classements :

#### III.1.3.1. Classement direct

Cette première analyse directe se fait par la matrice structurelle construite au préalable, celle-ci ne tient compte que des relations directes entre les variables<sup>205</sup> (la variable « i » influence directement la variable « j »  $\longrightarrow$  j).

**Figure 16 :** Matrice structurelle des relations directes entre les variables.

Source : Frédéric Oble, 1992, p.42

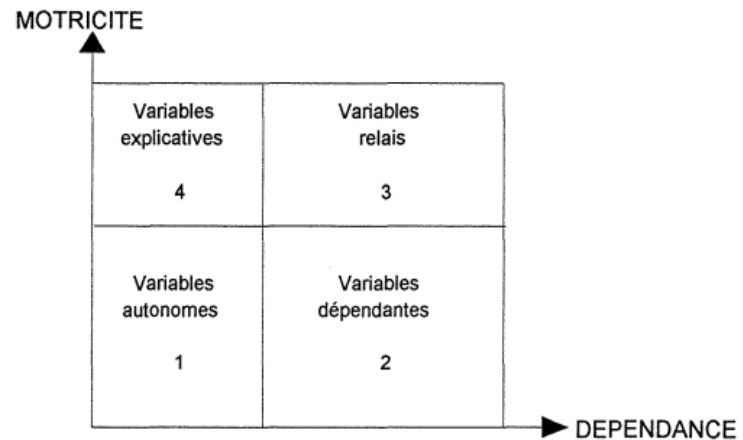


Dans la figure 16 ci-dessus, les variables sont représentées en A, B, C, D, E. Les numéros encadrés en rouge sont la somme des colonnes qui représentent les dépendances. Les numéros encadrés en bleu sont la somme des lignes qui représentent les motricités. C'est selon ces sommes que nous faisons le classement des variables. Par exemple dans la même figure, les variables les plus motrices sont B et D, et les variables les plus dépendantes sont A, B, D et E. Ainsi nous obtenons notre classement direct des variables.

<sup>205</sup> Ibid p.41

Après avoir établi la matrice structurelle des relations directes, nous pouvons placer les variables sur ce que nous appelons *plan de motricité/dépendance directe*.

**Figure 17 :** Plan motricité/dépendance direct  
Source : Frédéric Oble, 1992, p.43



Le plan consiste en un graphe avec la motricité sur l'axe des ordonnées et la dépendance sur l'axe des abscisses, nous plaçons ainsi les variables sur le plan selon leur motricité et dépendance.

Le plan se divise en 4 secteurs<sup>206</sup> :

- secteur 1, variables peu motrices et peu dépendantes : variables autonomes
- secteur 2, variables peu motrices et très dépendantes : **variables dépendantes**
- secteur 3, variables très motrices et très dépendantes : variables relais ;
- secteur 4, variables très motrices et peu dépendantes : **variables motrices** ou explicatives

Les matrices structurelles ne permettent pas de mettre en évidence les relations cachées et indirectes entre les variables qui peuvent avoir une forte influence sur l'évolution du système. Ce réseau de relations indirectes est tellement complexe qu'il ne peut être appréhendé par l'esprit humain. Il convient donc de se référer à des logiciels qui peuvent simplifier ces milliers de relations indirects pour appréhender l'essentiel, comme par exemple le logiciel MICMAC<sup>207</sup>. C'est un outil d'aide à la décision élaboré par le laboratoire LIPSOR (Laboratoire d'Investigation en Prospective Stratégique et Organisation) du CNAM à Paris, disponible en *open-source*.<sup>208</sup>

<sup>206</sup> Frédéric Oble, Ibid, p.44

<sup>207</sup> -Ibid.

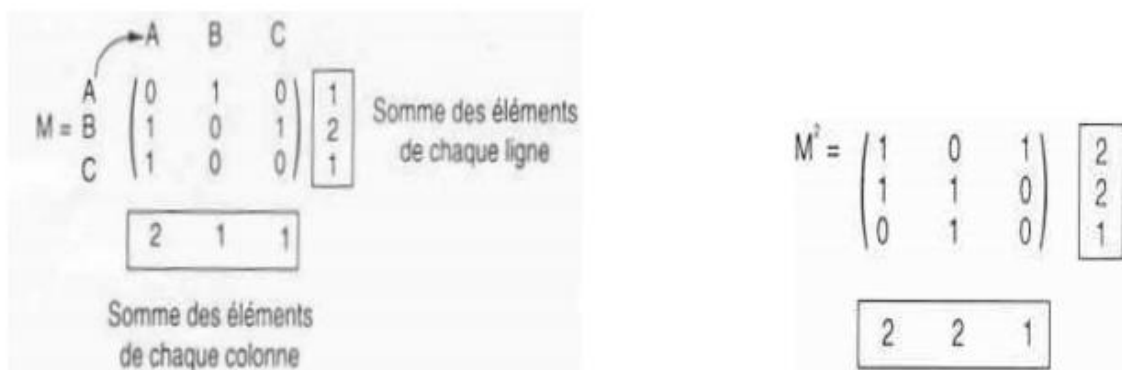
- Kouakou Rasoarilala Josther, Prospective et planification stratégique, Département Etudes Economiques et Financières, p.13

<sup>208</sup> In Ewa Berezowska-Azzag, Guide du Projet Urbain, Volume II, Comprendre la démarche du Projet Urbain, Synergie, Alger, pp.310-321. CNAM : Conservatoire National des Arts et Métiers, [www.institut-destree.eu](http://www.institut-destree.eu); [www.lapropective.fr](http://www.lapropective.fr)

### III.1.3.2. Classement indirect par MICMAC

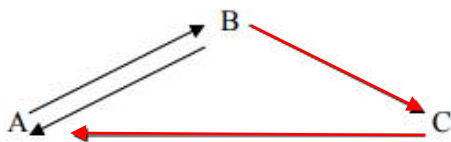
Matrice d'Impacts Croisés, Multiplication Appliquée à un Classement, l'outil MIC-MAC vise à faire apparaître les variables clés dans l'évolution du système en prenant compte les relations indirectes entre les variables. Son objectif est donc de faire ressortir les variables cachées du système qui ont un grand apport sur celui-ci par leurs grand nombre de relations indirectes<sup>209</sup>. Et ce par plusieurs multiplications de la matrice afin de l'élever en puissance et dresser ainsi un nouveau tableau des influences et dépendances, compte tenu des relations indirectes<sup>210</sup>.

Par exemple, nous prenons la matrice à 3 variables M (figure 18).



A a une influence directe sur B ; B n'a pas d'influence sur elle-même

-> graphe représentant la matrice M :



**Figure 18** : Exemple de multiplication de la matrice structurelle.

Source : Richard Runes ; synthèse du cours Méthode de prospective et d'analyse stratégique de M.Godet.

Dans la figure 18 ci-dessus, nous avons la matrice structurelle des relations directes M. Le logiciel Micmac consiste à élever la matrice M en puissance. Nous obtenons en 1<sup>er</sup> lieu la matrice M<sup>2</sup> qui tient compte des relations indirectes du 1<sup>er</sup> ordre (par ex : B influence A à travers un seul intermédiaire C) et nous mettons un 1 s'il y a une relation indirecte ou un 0 s'il n'y a pas de relations indirectes.

Après avoir fait la somme des lignes (motricité) et des colonnes (dépendance), le classement des variables change.

<sup>209</sup> Frédéric Oble, Ibid, p.35

<sup>210</sup> Kouakou Rasoarilala Josther, Ibid, p.15

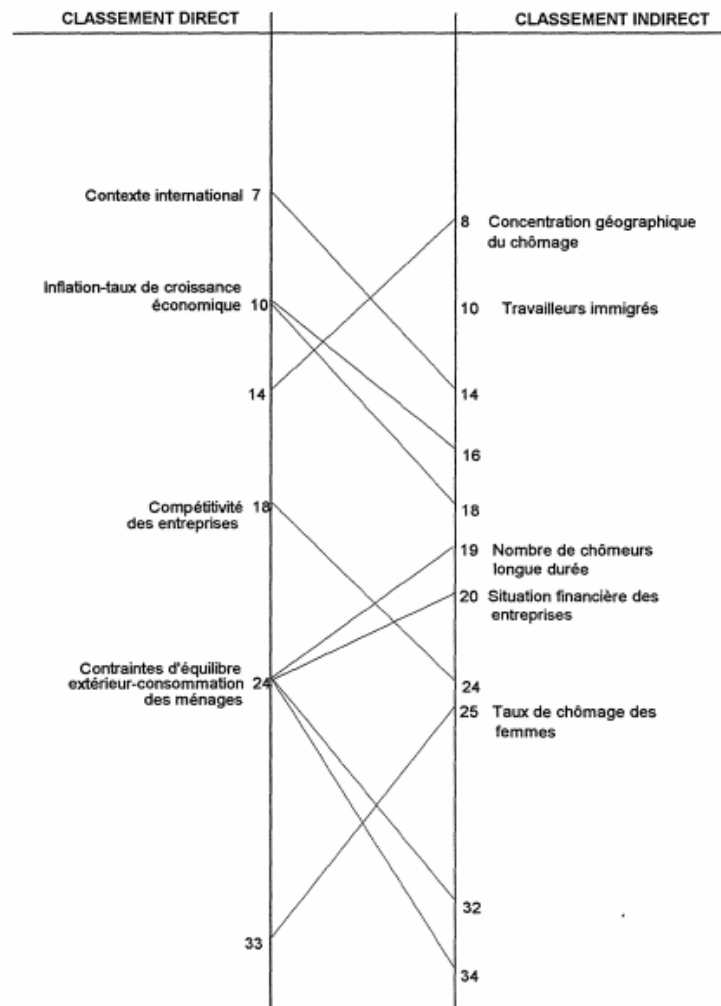
Nous pratiquons ainsi la même procédure pour M puissance 3, 4, 5 ... jusqu'à ce que nous obtenons un classement stable des variables. Ce dernier est obtenu généralement après une puissance de 7 ou 8. Et c'est cette hiérarchie de variables qui constitue le classement Micmac, considéré comme optimal.

La comparaison de la hiérarchie des variables dans les différents classements (direct, indirect) est riche d'enseignement. Elle permet de confirmer l'importance de certaines variables, mais également de dévoiler des variables qui, du fait de leurs actions indirectes, jouent un rôle prépondérant. (Figure 19).

**Figure 19 :** Comparaison entre le classement direct et indirect.

Source : Frédéric Oble ; 1992 ; p 50.

Les traits au milieu permettent de visualiser les variations de rang. Par exemple la variable *contexte international* a sauté du rang 7 dans le classement direct jusqu'au rang 14 dans le classement indirect.



## III.2. Application de l'analyse structurelle à l'aide de l'outil Micmac

### III.2.1. Identification du système (commune d'Alger-Centre)

Petite de sa superficie mais grande par sa taille démographique<sup>211</sup>, Alger est la capitale administrative et économique du pays. Considérée comme un pôle économique et culturel maghrébin et méditerranéen

<sup>211</sup> Ewa Berezowska-Azzag, Isma Abdelatif, Nadia Akrou, Ouafida Bouallag-Azoui, Mohamed Srir, Alger et ses communes : Baromètre des performances urbaines locales, les alternatives urbaines, Alger, 2015, p.11

important<sup>212</sup>, ces dernières années Alger accueille des projets de grandes envergures de revitalisation (du centre historique et la réhabilitation de la casbah), d'aménagement (de la baie d'Alger), d'embellissement, de restructuration (du port), de requalification (de la périphérie)<sup>213</sup> et de réalisation d'équipements touristiques, culturels, économiques, culturels et sportifs qui visent à promouvoir son image culturelle, socio-économique et environnementale à l'échelle internationale. Pour réaliser ses ambitions, la ville a bénéficié d'une intervention de différents experts et des instruments de planification urbaine à l'horizon 2035 (PDAU). Afin de réaliser l'ouverture sur le monde et intégrer ainsi la ville d'Alger dans le réseau des métropoles mondiales<sup>214</sup>, la capitale s'apprête à recevoir le projet de « Smart City », un projet ambitieux visant à transformer progressivement, à l'horizon 2035, Alger en une ville intelligente<sup>215</sup> pour une meilleure conception, une gestion plus efficace et un meilleur respect de l'environnement afin de garantir une meilleure qualité de vie à ses citoyens<sup>216</sup>. Ce projet connaîtrait ses débuts de concrétisation au niveau de la commune d'Alger-Centre.



**Figure 20** : Carte montrant les limites de la wilaya d'Alger, source : Carte Google map, traitée par l'auteur.

Avec une superficie de 370 ha et une population de 79 780 habitants (en 2015)<sup>217</sup>, la commune d'Alger-Centre forme, avec les communes de Belouizdad, d'Hussein Dey et de Mohammadia, le futur hyper

<sup>212</sup> Ibid.

<sup>213</sup> Ewa Berezowska-Azzag, *Projet urbain guide méthodologique : Comprendre la démarche du projet urbain*, Synergie, 2012, p.177

<sup>214</sup> Ibid, p 179.

<sup>215</sup> Algérie presse service [En ligne], Alger ville intelligente, un projet réaliste et réalisable, selon un expert international, 27/06/2018.

<http://www.aps.dz/sante-science-technologie/75653-alger-ville-intelligente-un-projet-realiste-et-realizable-selon-un-expert-international>

<sup>216</sup> Massinissa Mansour, Alger smart city, le projet exposé à Londres, Algérie Focus [En ligne], 10 mai 2018. <https://www.algerie-focus.com/2018/05/alger-smart-city-le-projet-expose-a-londres/>

<sup>217</sup> <http://www.wilaya-alger.dz/fr/wilaya/>

centre de la wilaya d'Alger<sup>218</sup>. « La municipalité d'Alger Centre a été créée en tant qu'entité administrative en vertu du décret 19 Janvier 1977 et elle est rattachée à la daïra de Sidi M'hamed. Elle constitue le cœur de la ville coloniale et compte les principales rues commerçantes et administratives avec le siège du gouvernement, l'Assemblée Populaire Nationale, le Conseil de la Nation, plusieurs ministères ainsi que le siège de la wilaya d'Alger. Sa façade maritime est entièrement occupée par le siège des forces navales, la pêche et le port, considéré comme l'un des plus importants au Maghreb »<sup>219</sup>.



**Figure 21 :** Carte montrant les limites de la commune d'Alger Centre, Source : Carte Google map, traitée par l'auteur.

**Superficie :** 370 Ha

**Populations (2015) :** 79 780 habitants

**Densité :** 21 562 Hab/Km<sup>2</sup>

### Equipements d'Alger-Centre en chiffres

Secteur	Equipement	Nombre
<b>Education</b>	Ecoles primaires	
	Collèges	06
	Lycées	04
	Office national des examens et concours	
	Direction de l'éducation	
	Ecole des sourds-muets	
<b>Enseignement supérieur</b>	Université d'Alger Ben Youcef Ben Khedda	100 827 étudiants
<b>Santé</b>	Centres de santé	03
	Unité d'exploration et de suivi scolaire	02
	Centre hospitalier spécialisé	03
	Cliniques privées	04
<b>Culture</b>	Centres culturels	04
	Bibliothèques	07

<sup>218</sup> Ewa Berezowska-Azzag, Isma Abdelatif, Nadia Akrou, Ouafida Bouallag-Azoui, Mohamed Srir, Alger et ses communes : Baromètre des performances urbaines locales, les alternatives urbaines, Alger, 2015, p.32

<sup>219</sup> Ewa Berezowska-Azzag, Isma Abdelatif, Nadia Akrou, Ouafida Bouallag-Azoui, Mohamed Srir, Ibid, p.32

	Musées	03
	Les salles de cinéma	12
	Espaces de divertissement	01
	Monuments	03
	Salles informatiques	03
	Musée du monde arabe (projeté)	01
<b>Sport</b>	Stades	04
	Salles omnisport	06
	Salles de sport spécialisées	01
	Aires de jeu	06
<b>Culte</b>	Mosquées	05
	Ecoles coraniques	05
	Eglise	01
<b>Poste</b>	Grande poste	
	Bureaux de poste	03
<b>Protection civile</b>	Unités de protection civile	02
<b>Institutions de sécurité</b>	Direction de la sécurité de la wilaya d'Alger.	
	Sécurité urbaine Asla Houcine.	
	Sécurité urbaine Didouche Mourad.	
	La sécurité urbaine Dhabih Cherif.	
	Sécurité urbaine Robertso.	
	Bande mobile de la police judiciaire	
	Gendarmerie Nationale	
<b>Financier</b>	La bourse d'Alger	
	Direction générale des douanes	
<b>Energie</b>	Direction générale de la société sonelgaz	
<b>Transport</b>	Direction régionale du transport ferroviaire	
<b>Tourisme</b>	Hôtels	22
<b>Administration</b>	Siège de l'assemblée populaire communale	01
	Siège du gouvernement	01
	Assemblée populaire nationale	01
	Conseil de la nation	01
	Ministère de l'intérieur et des collectivités locales	01
	Ministère de l'aménagement du territoire, de l'environnement, et de la ville	01
	Ministère de l'agriculture et du développement rural	01
	Ministère de l'habitat et de l'urbanisme	01
	Ministère du tourisme et de l'artisanat	01
	Ministère de la poste et des technologies de l'information et de la communication	01
	Ministère de la pêche et des ressources halieutiques	01

**Tableau 06** : Les différents équipements de la commune d'Alger centre, source : Site officiel de la mairie d'Alger Centre<sup>220</sup>

<sup>220</sup> <http://www.apc-algercentre.dz/decouvrir-alger-centre.php?cat=chiffre-alger-centre>

Afin que la concrétisation du projet Alger Smart City (qui est encore à l'étape des start-up) soit un véritable succès qui permettra à la ville de faire un pas géant vers sa mondialisation, une planification efficiente et préalable doit être mise en place. Parmi ce qui doit être pris en considération, le black-out énergétique constitue un défi de taille, une véritable menace au fonctionnement d'une ville intelligente. Tandis que le projet de la ville intelligente d'Alger se verrait faire ses premiers pas au niveau de la commune de l'hyper-centre « Alger-Centre », cette dernière devrait s'apprêter à prévoir un tel risque énergétique et à améliorer sa résilience. Pour ce faire, nous allons faire ressortir les variables-clés (solutions prioritaires) de la liste des solutions définies par le modèle préalablement mis en place. Et établir par la suite un référentiel de ces solutions prioritaires pour la commune d'Alger-Centre.

### III.2.2. Identification des variables et établissement de la matrice structurelle des relations directes

#### III.2.2.1 Liste des variables

Nous n'avons pris que les solutions relatives à l'aménagement urbain, celles qui nous intéressent en tant qu'architectes-urbanistes.

N°	Long label	Short label
1	Agraisation de la ville	agra
2	Récolte et réutilisation des déchets alimentaires	R-R dechet
3	économie de proximité	écon prox
4	Hybridation de la production d'énergie	hybri ener
5	aménager des jardins de plantes médicinales et aromatiques	plt med ar
6	création d'un effet venturi dans les quartiers résidentiels (ventilation)	venturi
7	panneaux de signalisation non électroniques	pan non el
8	renforcer la marchabilité de la ville	marchabi
9	aménagement des espaces de rassemblement en cas de catastrophe	esp rass
10	aménagement des espaces pour l'emplacement des poubelles à tri	esp poub
11	aménagement des panneaux et des espaces d'affichage	esp d'aff

Figure 22 : Variables prises en considération pour la matrice des relations directes et indirectes.  
Source : Logiciel Micmac

#### III.2.2.2. Matrice des relations directes

		1 : a	2 : R	3 : é	4 : h	5 : p	6 : v	7 : p	8 : m	9 : e	10 :	11 :
► 1 :		0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0
2 : Récolte et		1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
3 : économie		0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
4 :		1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
5 : aménager		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6 : création		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 : panneaux		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
8 : renforcer		1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0
9 :		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10 :		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 :		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 23 : Matrice des relations directes, source : Logiciel Micmac

Nous avons opté pour le barème de notation les valeurs suivantes :

0 : il n'y a pas d'influence

1 : il y'a une influence

Nous n'avons pas voulu utiliser les degrés d'influence (1, 2, 3, P) pour ne pas tomber dans la subjectivité. Ce type de notation nécessiterait l'emploi des méthodes participatives qui demandent du temps. Nous nous sommes référées à l'arborescence issue des recherches bibliographiques, pour définir si une telle variable a une relation directe avec une autre. De cette manière les résultats de la matrice seraient plus justes et plus fiables.

### III.2.2.3. Somme des relations directes

N°	Variable	Total number of rows	Total number of columns
1	Agrarisation de la ville	4	4
2	Récolte et réutilisation des déchets alimentaires	3	2
3	économie de proximité	2	4
4	Hybridation de la production d'énergie	3	1
5	aménager des jardins de plantes médicinales et aromatiques	2	3
6	création d'un effet venturi dans les quartiers résidentiels (ventilation)	0	0
7	panneaux de signalisation non électroniques	1	3
8	renforcer la marchabilité de la ville	6	4
9	aménagement des espaces de rassemblement en cas de catastrophe	1	1
10	aménagement des espaces pour l'emplacement des poubelles à tri	1	1
11	aménagement des panneaux et des espaces d'affichage	0	0
	Totals	23	23

Figure 24 : Tableau des résultats de la matrice des relations directes, source : Logiciel Micmac

A partir de ces résultats, nous pouvons déjà classer les variables :

- Les variables qui influencent le plus :
  1. Renforcement de la marchabilité de la ville
  2. Agrarisation de la ville
  3. Récolte et réutilisation des déchets alimentaires
  4. Hybridation énergétique
  5. Economie de proximité
  6. Aménagement de jardins de plantes médicinales et aromatique
- Les variables qui dépendent le plus :
  1. Agrarisation de la ville
  2. Economie de proximité
  3. Renforcement la marchabilité de la ville
  4. Aménagement des jardins de plantes médicinales et aromatiques
  5. Panneaux de signalisation non électronique ou fonctionnant avec de l'énergie solaire
  6. Récolte et réutilisation des déchets alimentaires
  7. Hybridation énergétique

### III.2.2.4. Plan des relations directes



Figure 25 : Plan montrant le classement des variables par rapport à leurs relations influence/dépendance directes.

Source : Logiciel Micmac.

- Les variables qui influencent le moins et dépendent le moins :
  - Aménagement des espaces d’affichage
  - Création d’effet venturi dans les quartiers résidentiels pour la ventilation naturelle
  - Création des espaces de rassemblement en cas de risque
  - Aménagement des espaces spéciaux pour les poubelles à tri
- Les variables qui influence le plus et dépendent le moins :
  - Hybridation énergétique
- Les variables qui dépendent le plus et influencent le moins :
  - Aménagement des jardins de plantes médicinales et aromatiques
  - Mise en place des panneaux de signalisation non électronique eu fonctionnant avec de l’énergie solaire
  - Economie de proximité
- Les variables qui influencent le plus et dépendent le plus :
  - Récolte et réutilisation des déchets
  - Agrarisation de la ville
  - La marchabilité de la ville

### III.2.3. Priorisation des solutions avec la matrice des relations indirectes

#### III.2.3.1. Matrice des relations indirectes

		1 : a	2 : R	3 : é	4 : h	5 : p	6 : v	7 : p	8 : m	9 : e	10 :	11 :
► 1 :		4	4	7	0	4	0	4	8	1	1	0
2 : Récolte et		4	2	5	1	5	0	4	5	2	2	0
3 : économie		2	2	4	0	2	0	2	3	1	1	0
4 :		5	2	6	1	4	0	4	4	2	2	0
5 : aménager		4	0	3	1	3	0	3	2	2	2	0
6 : création		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 : panneaux		1	2	3	0	1	0	1	3	0	0	0
8 : renforcer		6	1	5	2	6	0	6	5	3	3	0
9 :		1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0
10 :		2	1	2	0	1	0	1	2	0	0	0
11 :		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 26 : Tableau de la matrice des relations indirectes, source : Logiciel Micmac

#### III.2.3.2. Somme des relations indirectes

N°	Variable	Total number of rows	Total number of columns
1	Agrarisation de la ville	33	29
2	Récolte et réutilisation des déchets alimentaires	30	14
3	économie de proximité	17	36
4	Hybridation de la production d'énergie	30	5
5	aménager des jardins de plantes médicinales et aromatiques	20	27
6	création d'un effet venturi dans les quartiers résidentiels (ventilation)	0	0
7	panneaux de signalisation non électroniques	11	26
8	renforcer la marchabilité de la ville	37	33
9	aménagement des espaces de rassemblement en cas de catastrophe	7	12
10	aménagement des espaces pour l'emplacement des poubelles à tri	9	12
11	aménagement des panneaux et des espaces d'affichage	0	0
	Totals	23	23

Figure 27 : Tableau des résultats de la matrice des relations indirectes, source : Logiciel Micmac

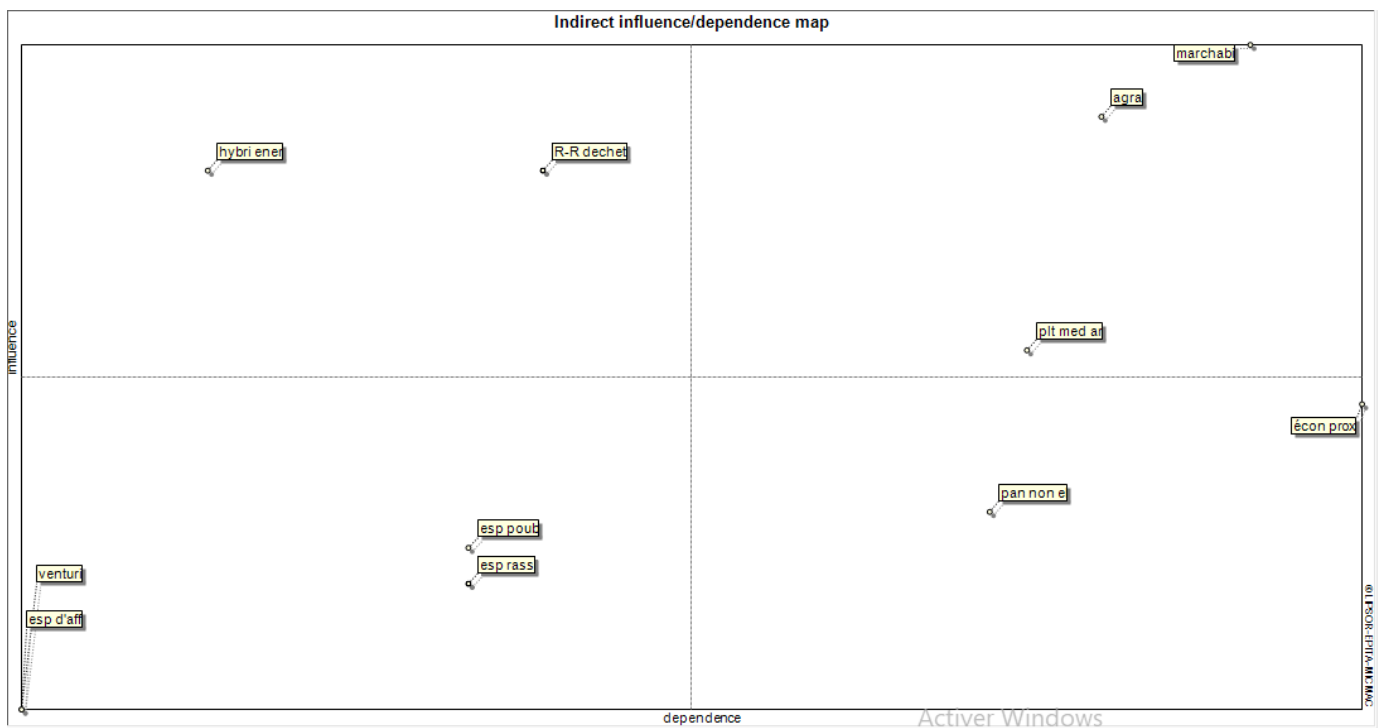
Nous obtenons ainsi le **classement final des variables** :

- Les variables qui influencent le plus :
  1. Renforcement de la marchabilité de la ville
  2. Agrarisation de la ville
  3. Récolte et réutilisation des déchets alimentaires
  4. Hybridation de la production de l'énergie
  5. Aménagement des jardins de plantes médicinales et aromatiques
  6. Economie de proximité
  7. Panneaux de signalisation non électronique ou fonctionnant avec de l'énergie solaire
  8. Aménagement des espaces pour l'emplacement des poubelles à tri
  9. Aménagement des espaces de rassemblement en cas de catastrophe

- Les variables les plus dépendantes :

1. Economie de proximité
2. Renforcement de la marchabilité de la ville
3. Agrarisation de la ville
4. Aménagement de jardins de plantes médicinales et aromatiques
5. Panneaux de signalisation non électronique ou fonctionnant avec de l'énergie solaire
6. Récolte et réutilisation des déchets alimentaires
7. Aménagement des espaces pour l'emplacement des poubelles à tri
8. Aménagement des espaces de rassemblement en cas de catastrophe
9. Hybridation de la production de l'énergie

### III.2.3.3. Plan des relations indirectes



**Figure 28 :** Plan montrant le classement des variables par rapport à leurs relations influence/dépendance indirectes.

Source : Logiciel Micmac

- Création d'effet Venturi dans les quartiers résidentiels pour une ventilation naturelle=0
- Aménagement des espaces d'affichage=0
- Les variables autonomes qui influencent le moins et qui dépendent le moins :
  - Aménagement des espaces pour l'emplacement des poubelles à tri
  - Aménagement des espaces de rassemblement en cas de catastrophe
- Les variables qui influencent le plus et qui dépendent le moins :
  - Récolte et réutilisation des déchets alimentaires
  - Hybridation de la production de l'énergie
- Les variables qui dépendent le plus et qui influencent le moins :
  - Economie de proximité
  - Panneaux de signalisation non électronique ou fonctionnant avec de l'énergie solaire
- Les variables qui influencent le plus et qui dépendent le plus :
  - Renforcement de la marchabilité de la ville
  - Agrarisation de la ville
  - Aménagement de jardins de plantes médicinales et aromatiques

Les solutions mises en rouge sont les plus importantes à prendre en considération. Elles seront donc jugées prioritaires.

### III.3. Cartographie et référentiel des solutions

Bien que l'analyse structurelle nous ait permis de réduire le nombre des solutions et de les classer selon leur importance pour la réussite d'adaptation urbaine, il ne suffit pas d'identifier seulement les variables prioritaires. La faisabilité d'application des solutions issues de l'analyse dépend non seulement de la disponibilité financière et des capacités technologiques existantes, mais aussi du potentiel de la commune à les implanter : disponibilité du foncier adéquat, des surfaces aménageables, des équipements aptes à recevoir les installations énergétiques de remplacement (renouvelables), capacité de restructuration éventuelle des voiries et des tissus urbains afin de les rendre mieux accessibles, etc. Un repérage des sites et des bâtisses qui pourraient être à la base de l'adaptation, ainsi que leur cartographie, seraient donc nécessaires. Ce repérage, estimatif seulement, est témoin du potentiel d'adaptation au risque du BOE de la commune et montre son « capital adaptation ».

#### III.3.1. Référentiel du potentiel d'application des solutions prioritaires

Le tableau 07 ci-après a été construit sur la base d'une observation directe (photos), de l'analyse cartographique sur le support de *Google Maps et Google Earth* et sur le plan AutoCAD, du rapport du PDAU d'Alger 2035.

Solutions prioritaires	Propositions et potentialités de la commune d'Alger Centre	Exemples
<p><b>Hybridation de la production de l'énergie</b></p>	<p>Panneaux solaires photovoltaïques sur les parkings à étages.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p><b>Figure 29</b> : Parking Tafourah Source : Auteur</p> <p><b>Figure 30</b> : Parking du port d'Alger Source : Auteur</p>	
	<p>Panneaux solaires photovoltaïques sur les équipements.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p><b>Figure 31</b> : Ministère des finances Source : Auteur</p> <p><b>Figure 32</b> : Office national des examens et concours Source : Auteur</p>	 <p><b>Figure 33</b> : Panneaux solaires photovoltaïques sur le toit du lycée Nelson Mandela, Nantes Source : <sup>221</sup></p>

<sup>221</sup> <http://www.mtechbuild.fr/portfolio-item/mtechbuild-verriere-lycee-nelson-mandela-nantes/>



**Figure 34** : Gare maritime d'Alger

Source : Auteur



**Figure 35** : Ministère du tourisme et de l'artisanat

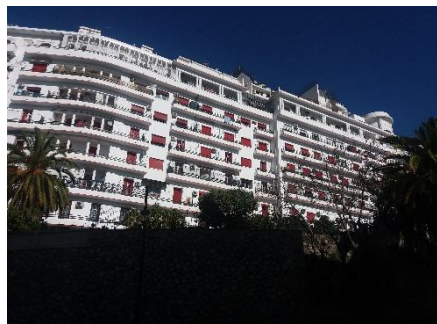
Source : Auteur



**Figure 36** : Panneaux solaires photovoltaïques sur l'école primaire Eliot River, Ile-du-Prince-Edouard

Source : <sup>222</sup>

Panneaux solaires photovoltaïques sur les nouveaux bâtiments d'habitats collectifs.



**Figure 37** : Résidences collectives

Source : Auteur



**Figure 38** : Résidences collectives

Source : Auteur



**Figure 39** : Panneaux solaires photovoltaïques sur les bâtiments d'habitat collectifs

Source : <sup>223</sup>

<sup>222</sup> Radio Canada, Une école primaire de l'Î.-P.-É. se dote de panneaux solaires, 15 mars 2017.

<sup>223</sup> <https://www.ernstschweizer.ch/fr/produits/references/systemes-de-capteurs-solaires.html>

Mettre en place un centre de cogénération (Biomasse) pour la production de l'électricité et de la chaleur prêt du pôle de traitement de déchets d'Ouled Fayet prévu par le Pdau 2016 et prêt du Parc Dounia et de l'agriparc prévus par le Pdau 2016 (déchets organiques)



**Figure 40 :** Centrale de Cogénération Biomasse de Metz-Chambière  
Source : <sup>224</sup>

Profiter de la position côtière de la commune d'Alger centre pour produire de l'énergie marémotrice non polluante et ne gâche pas le paysage de la baie d'Alger (la production de cette énergie se fait sous l'eau).



**Figure 41 :** Baie d'Alger  
Source : Auteur



**Figure 42 :** Usine Marémotrice de la Rance, France  
Source : <sup>225</sup>

<sup>224</sup> <http://www.spie.com/fr/centrale-biomasse-de-metz-chambiere>

<sup>225</sup> Rance, appel à mobilisation sur le barrage le 26 novembre, Le télégramme [En ligne], 18 novembre 2018.

Utilisation des aménagements urbains générant de l'électricité en les utilisant :

-Des bancs à pédales placés dans les abribus et les places publics permettent de générer de l'électricité en pédalant.

-Des revêtements de sol des allées piétonnes qui transforment l'énergie produite par les pas des piétons en une énergie électrique.

-Les ralentisseurs qui génèrent de l'électricité pour alimenter les feux de signalisations et les panneaux électroniques.



**Figure 43 :** Espace public Boulevard Zighoud Youcef  
Source : Auteur

-Récupération de l'énergie produite lors des phases de freinage des véhicules roulant sur chemin de fer (tramway, métro, train) et l'injecter dans le réseau de distribution d'énergie.



**Figure 44 :** Bancs générant de l'électricité

Source :<sup>226</sup>





**Figure 45 :** Revêtement de sol produisant de l'énergie électrique

Source :<sup>227</sup>

<sup>226</sup> Mariana Antoneag, Un arrêt de bus équipé de bancs avec pédales pour faire du sport et générer de l'électricité (image vu sur Facebook), 18 janvier 2017.

<sup>227</sup> BFM Business [En ligne], Cette rue de Londres utilise ses passants pour produire de l'électricité, 25 juillet 2017.

	<p>Mettre sous terre les fils électriques surtout ceux à côté des bâtiments résidentiels pour éviter tout danger.</p>  <p><b>Figure 46</b> : Fils électriques accrochés aux bâtiments résidentiels anciens.</p> <p>Source : Auteur.</p> <p>-Installer champs de petites éolienne « far-shore » à plusieurs Kilomètres de large pour ne pas nuire au paysage qu'offre la baie d'Alger.</p>	
<p><b>-Agrarisation de la ville</b></p> <p><b>-Aménagement de jardins de plantes médicinales et aromatiques</b></p>	<p>-Tirer profit des jardins et parc publics pour implanter des plantes médicinales et aromatiques et même pour créer des espaces agricoles (permaculture).</p>  <p><b>Figure 47</b> : parc Beyrouth</p> <p>Source : Auteur</p>  <p><b>Figure 48</b> : parc Beyrouth</p> <p>Source : Auteur</p>	 <p><b>Figure 49</b> : Jardin de plantes aromatiques</p> <p>Source :<sup>228</sup></p>

<sup>228</sup> <http://lesjoyeuseslucioles.eklablog.com/rimed-razie-les-plantes-medicinales-des-caraibes-a126592432>



**Figure 50 :** Jardin Tifariti

Source : Auteur

-Tirer profit de la délocalisation du port d'Alger prévu par le PDAU 2016 au profit d'un port de loisir, pour mettre des aménagements d'espaces verts cultivables qui serviraient au même temps de loisir scientifique, ce qui animerait le port et diminuerai de l'intensité de son béton.

-mettre en place des petites fermes verticales flottantes.



**Figure 51 :** Parc de la liberté

Source : Auteur



**Figure 52 :** Exemple de Permaculture

Source : <sup>229</sup>






**Figure 53 :** Exemple de Permaculture

Source : <sup>230</sup>

<sup>229</sup> <http://www.gammvert.fr/conseils/conseils-de-jardinage/7-points-cles-pour-faire-un-potager-en-permaculture>

<sup>230</sup> Ibid.

<p><b>Renforcement de la marchabilité de la ville</b></p>	<p>Encourager le circuit courts à travers :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Reconversion des friches et des anciens bâtiments pour en faire des points d’approvisionnements et de vente qui seront accessibles aux citoyens sans recourir aux moyens de transport mécanique (marchabilité, 10 minutes neighborhood, économie de proximité).</li> <li>-Utilisation de quelques places publiques comme points de relais.</li> </ul> <p>Ce qui va créer un nombre important d’emplois (les produits agricoles de leur plantation à leur vente, nécessitent une main d’œuvre importante).</p>	 <p><b>Figure 56</b> : Place publique transformée en un espace d’approvisionnement Source : <sup>231</sup></p>  <p><b>Figure 57</b> : une friche transformée en un espace d’approvisionnement Source : <sup>232</sup></p>
 <p><b>Figure 54</b> : Friche se situant sur la rue Ampère Source : Auteur</p>	 <p><b>Figure 55</b> : Place public sur le Boulevard Khmisti Source : Auteur</p>	

**Tableau 07** : Référentiel des solutions prioritaires, source : Auteur.

<sup>231</sup> Julie Lallouet-Geffroy, Les circuits courts alimentaires créent de nombreux emplois, Reporterre [En ligne], 25 janvier 2017.

<sup>232</sup> Anais Bazino, Les circuits courts vecteurs de démocratie alimentaire, INRA science et impact, 12 septembre 2017.

### III.3.2 Cartographie des solutions prioritaires

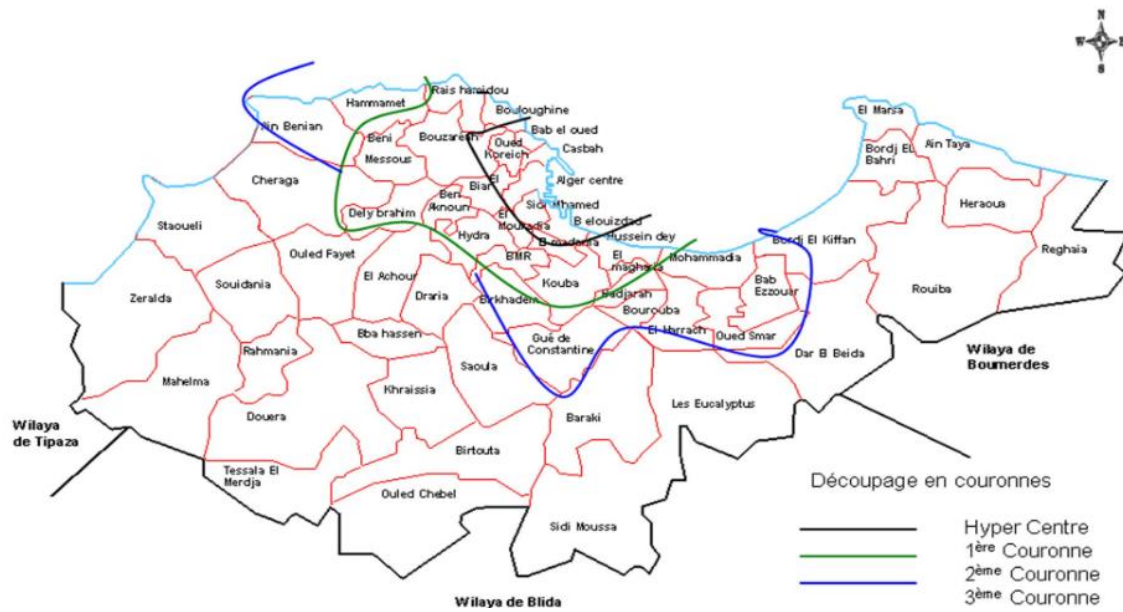


Figure 58 : Carte représentant l’hyper centre et les 3 couronnes d’Alger, source : Chabane Lila, 2016<sup>233</sup>.

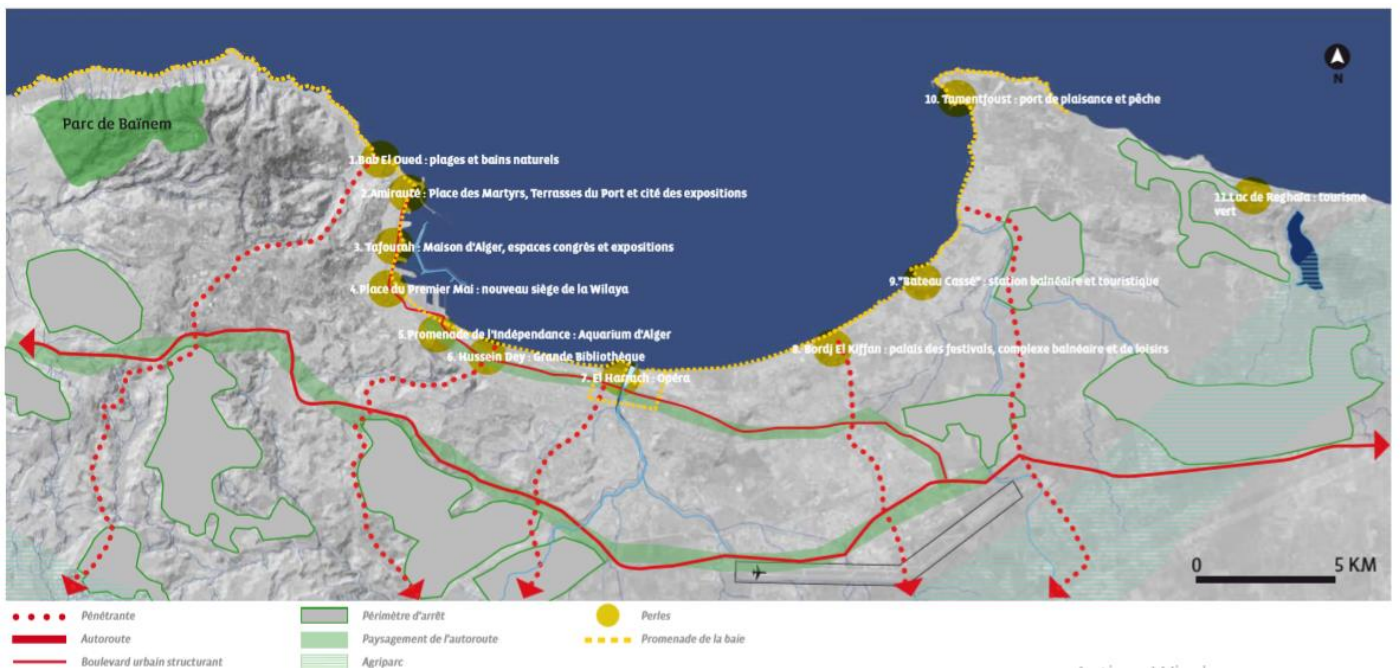
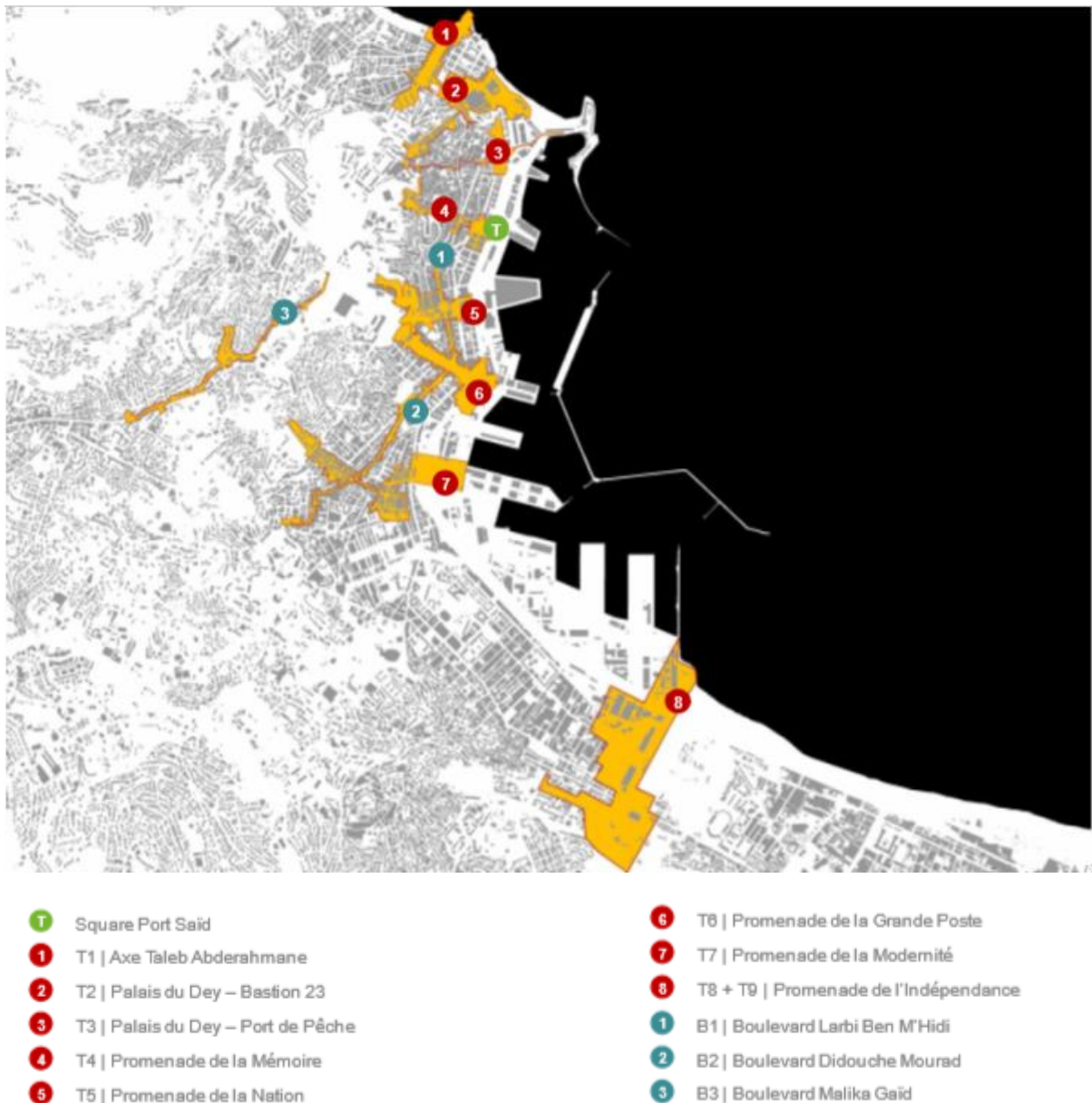


Figure 59 : Carte montrant les 11 perles d’Alger prévu par Arte Charpentier, source : Arte Charpentier, 2009.

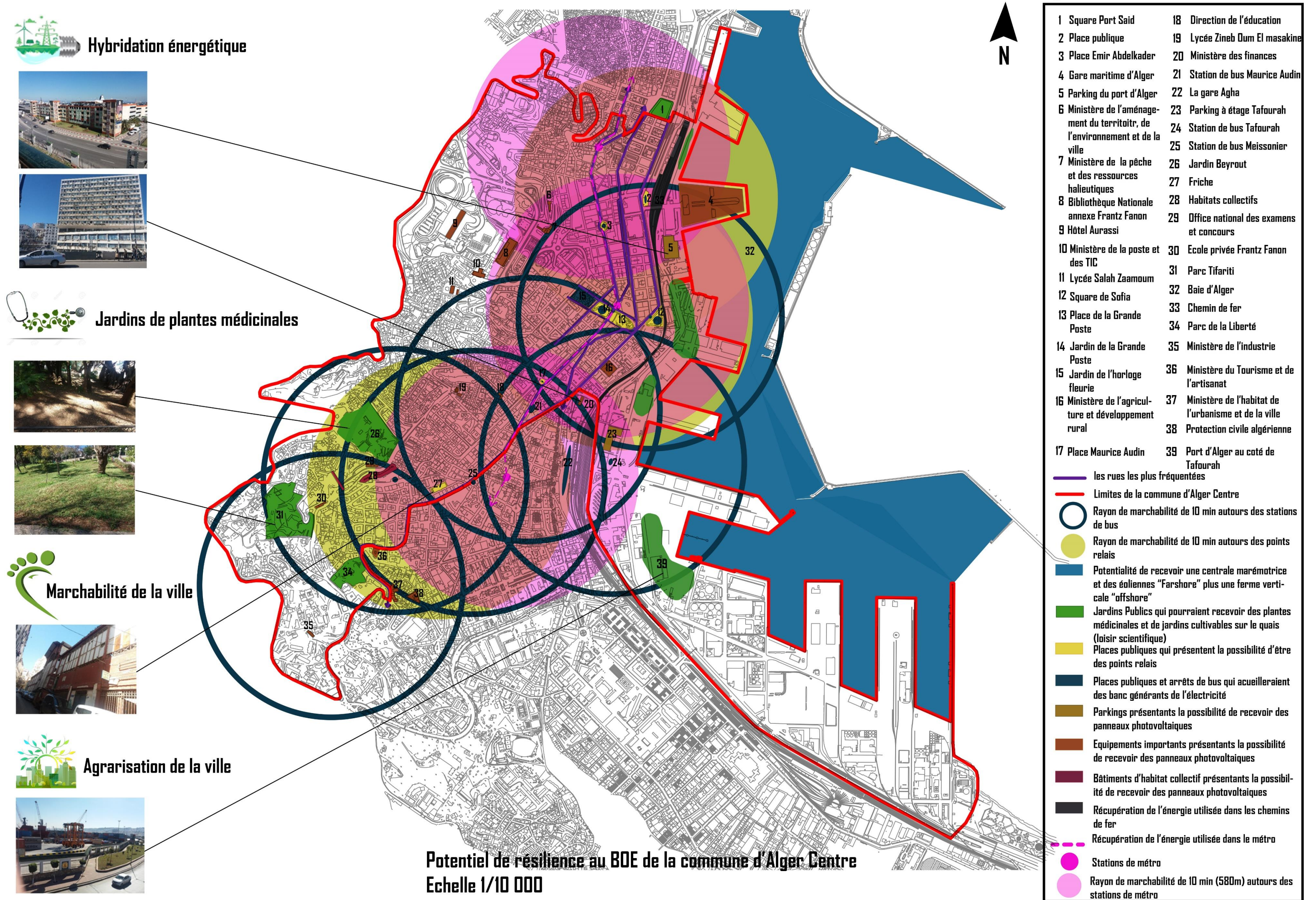
<sup>233</sup> Chabane Lila, Dynamiques socio-spatiales et typologie des communes de la ville d’Alger suivant les résultats des deux recensements de la population RGPH 1998 et RGPH 2008, Rapport de recherche de l’ODSEF, Québec, Juillet 2016, p.12



**Figure 60 :** Carte montrant les 8 promenades prévues par Parquexpo, source : Parquexpo, 2010.

L'hyper-centre d'Alger, dont la commune d'Alger-Centre fait partie, jouerait le rôle de réceptionniste de plusieurs projets d'aménagement structurants qui vont accompagner la concrétisation du projet de Smart City. La carte qui va suivre renforce cette idée qu'Alger-Centre renferme un potentiel qui lui permettrait de recevoir ce projet en exposant la faisabilité des solutions prioritaires déjà citées au sein de la commune.

Figure 61 : Cartographie du potentiel de la commune d'Alger-Centre à recevoir les solutions prioritaires, source : Auteur.



**Synthèse des quelques potentialités de la commune d'Alger-Centre à recevoir les solutions résilientes**

Solutions prioritaires	Potentialités en chiffre
<p><b>Hybridation Energétique</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 17 équipements repérés pour une possibilité d'installer les panneaux photovoltaïques sur leurs toitures.</li> <li>- 2 parkings à étages repérés pour une possibilité d'installer des panneaux photovoltaïques sur leurs toitures.</li> <li>- 3 bâtiments d'habitats collectifs l'un construit dans les années 50 (aéro-habitat) et deux autres construits récemment ont été jugés de pouvoir recevoir des panneaux photovoltaïques au-dessus de leurs toitures.</li> <li>- La baie d'Alger qui pourrait recevoir une centrale marémotrice (se situant sous l'eau), un champ de petites éolienne « farshore » (jusqu'à 35 Km) du large.</li> <li>- 12 voies caractérisées par un important flux piéton (rue Didouche mourad, rue ElArbi Ben M'hidi, Boulevard Zighout Youcef, Boulevard Mohammed Khmisti, Boulevard Mustapha Ben Boulaid, rue Asselah Hocine, rue Mohammed Ali Boumendjel, rue Patrice Lumumba, avenue Pasteur, rue Arezki Hamani, rue Hassiba Ben Bouali, rue Addoun) pour une possibilité de les aménager par des revêtements de sol générant de l'électricité par frottement des pieds.</li> <li>- 9 placettes et stations de bus qui peuvent recevoir des bancs générant de l'électricité.</li> </ul>
<p><b>Jardins de plantes médicinales</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 Parcs, un jardin et un square pouvant recevoir des plantes médicinales et aromatiques.</li> </ul>
<p><b>Agrarisation de la ville</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le port d'Alger qui deviendra un port de loisir pourrait accueillir des petites surfaces vertes qui serviraient de jardins potagers (une sorte de mini agriparcs).</li> <li>- La baie d'Alger recevrait des fermes vertes verticales flottantes sur la mer (avec un gabarit qui ne cause pas d'obstacle à la continuité visuelle).</li> </ul>
<p><b>Marchabilité de la ville</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 stations de métros (El Arbi Ben M'hidi, Tafourah et Khelifa Boukhalfa) avec un rayon d'accessibilité à pied de 10 min.</li> <li>- 6 stations de bus (Sofia, Tafourah, Messonier, Audin et boulevard Mohammed 5, les beaux arts) avec un rayon d'accessibilité pour piéton de 10 min.</li> <li>- 7 points d'approvisionnement repérés avec des rayons de marchabilité de 10 min.</li> </ul>
<p><b>Collecte des déchets</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Points de collecte de déchets d'une accessibilité 5-10 min pour un piéton.</li> <li>- Un circuit de collecte de déchets alimentaires qui mènera vers les fermes verticales (engrais)</li> <li>- Un circuit de collecte de déchet qui mènera vers la centrale de traitement de déchets puis de biomasse à Ouled Fayet.</li> </ul>

**Tableau 8 :** Synthèse des quelques potentialités repérées à Alger-Centre, source : Auteur.

## **Conclusion du Chapitre III**

Alger Smart City est un projet ambitieux de grande envergure, qui vise à assurer à la capitale algérienne une place dans la cour des grandes métropoles au niveau international. Ce projet touchera aussi la commune d'Alger-Centre. Cette dernière se doit être en mesure de l'accueillir tant sur le plan économique que social, mais aussi et surtout sur le plan urbanistique. Les solutions proposées dans le chapitre précédent pour renforcer la résilience de la ville de demain face au risque de BOE, et priorisées dans ce présent chapitre, sont en effet primordiales pour la réussite du projet d'Alger Smart City.

Certes, sur le plan urbanistique, toutes les solutions ne pourraient pas être réalisées au vu des disponibilités foncières, bâties, des capacités environnementales et du contexte procédural relatif à l'autonomie financière, à la réglementation des PS (Plans spéciaux) prévus par le PDAU d'Alger et à la gestion de la commune. Cependant, quelques-unes de ces solutions, jugées par le logiciel Micmac les plus motrices et les moins dépendantes, doivent être mises en place, surtout que la cartographie de la commune présentée antérieurement et qui ne met pas en évidence toutes les potentialités de cette dernière, nous montre en effet qu'Alger-Centre présente un potentiel (urbain) énorme qui pourrait faciliter la concrétisation des solutions prioritaires et nécessaires à la pérennité du projet de Smart City.

# **Conclusion Générale**

## Conclusion Générale

### 1. Retour sur la démarche de recherche et ses résultats

Ce travail de recherche nous a permis d'exposer le danger auquel la planète Terre pourrait être confrontée dans les années à venir. Ce danger est bel et bien la tempête solaire. Quelle relation avec l'urbanisme ? La réponse est le black-out énergétique. Or, ces dernières années, les grandes métropoles ont lancé une véritable course à la concurrence pour devenir des villes de demain. Comme leur nom l'indique, ces villes se reposent entièrement sur l'assurance de la disponibilité des technologies de l'information et de télécommunication, ainsi que sur les intelligences artificielles mises en place par l'intelligence humaine, afin d'apporter plus de confort et améliorer le cadre et la qualité de vie des citoyens. Cependant, si un black-out énergétique de longue durée arrive à frapper ces villes, issu des tempêtes magnétiques causées par l'affaiblissement du champ magnétique terrestre et le réchauffement climatique, un nombre d'impacts considérable serait engendré et rendrait la vie beaucoup plus difficile aux citoyens. Face à ce phénomène, l'homme se sentirait plus faible et plus vulnérable qu'il ne croyait l'être.

L'Algérie, qui s'apprête à mettre en place un projet de *smart city* au niveau de sa capitale pour rehausser son image à l'échelle internationale, est loin d'être épargnée. En effet, si un phénomène de tempête solaire surviendrait, elle serait aussi touchée par le BOE. C'est ce qui nous a amené à traiter le sujet d'une telle catastrophe électrique, d'identifier ses impacts et de tenter de proposer des solutions urbanistiques pour renforcer la résilience des villes de demain. Certains diraient que c'est un phénomène naturel d'une telle ampleur que, d'abord, l'homme n'est pas en mesure de prévoir et que, ensuite, aucune solution ne semble être suffisante devant l'ampleur des dégâts. Certes, mais l'homme, n'est-il pas en mesure d'encaisser le phénomène et de diminuer ses dommages ?

En tant qu'architectes-urbanistes, nous devrions réfléchir sur le sujet. Pas seulement comment une tempête magnétique pourrait être un risque pour la ville, que seraient ses impacts et quelles solutions pourrions-nous proposer pour diminuer la vulnérabilité des enjeux urbains, mais surtout quelles sont les solutions les plus prioritaires en terme de motricité à prendre en considération pour renforcer la résilience de la capitale algérienne, Alger.

Ce travail de recherche c'est efforcé de contribuer à éclairer ces questions. Nous avons tenté d'abord d'éclaircir la relation entre le champ magnétique terrestre, la tempête solaire, le black-out énergétique et la ville. Nous avons cherché à expliquer aussi la notion du risque avec ses éléments essentiels que sont la vulnérabilité et l'aléa, ce qui a permis de prouver qu'un BOE (black-out énergétique) est bel et bien un risque majeur qu'il faudrait prendre en considération. Par la suite et pour renforcer le premier objectif, le deuxième a consisté à définir les impacts du BOE sur la ville et proposer des solutions

d'aménagements résilientes, classées et priorisées selon leurs motricité et dépendance afin de sélectionner celles qui pourraient être réalisables et auxquelles la commune d'Alger-Centre présente des potentialités, et ce comme troisième et dernier objectif.

Le premier chapitre du mémoire avait pour but de répondre au premier objectif. Il a évoqué la notion du risque et les différentes définitions de sa terminologie (vulnérabilité, aléa, enjeux, catastrophe et résilience) en se basant sur une recherche bibliographique succincte. Nous avons aussi expliqué dans ce chapitre la relation entre le champ magnétique terrestre, le réchauffement climatique et son impact sur la production électrique. Ce qui nous a permis de classer le Black-out énergétique comme étant un risque majeur et de confirmer ainsi la première hypothèse.

L'aboutissement du premier chapitre a démontré la gravité du risque de BOE sur la ville de demain. Sa non-prise en considération par les autorités et les acteurs concernés ainsi que sa non-prise en charge par les instruments d'urbanisme devraient être changées, et ce par la sensibilisation sur ses impacts sur la ville. A cet effet, le deuxième chapitre a évoqué la ville comme un système complexe et vulnérable. Nous avons défini la modélisation systémique et ses différents modèles. Nous avons également identifié et comparé les impacts du BOE sur la ville intelligente et la ville durable à travers une modélisation arborescente croisée, qui a abouti à des solutions pour renforcer la résilience de la ville du futur. Les dernières issues d'une recherche bibliographique présentés dans le mémoire ne sont pas exhaustives et ne concernent pas seulement l'aménagement, d'où la nécessité de les trier et de les prioriser en fonction de la faisabilité de leur application sur une infrastructure urbaine déjà existante. Ce chapitre nous a permis de confirmer la deuxième hypothèse.

C'est à ce moment, que nous avons eu recours à la méthode d'analyse structurelle ainsi qu'au logiciel Micmac, pour faire ressortir les variables clés que sont les solutions les plus importantes. Dans le dernier chapitre, nous avons ainsi expliqué d'abord ce qu'est la prospective et l'analyse structurelle. Par la suite, nous avons défini et identifié les démarches de cette dernière ainsi que le fonctionnement du logiciel Micmac. Après la présentation de la wilaya d'Alger et des ambitions du PDAU 2035 à rehausser son image à l'échelle locale, mais surtout internationale à travers les différents projets prévus dont la *smart city*, nous avons constaté que celle-ci toucherait probablement la commune-témoin d'Alger-Centre qui contient les institutions les plus importantes du pays, d'où l'intérêt de choisir cette dernière en tant que cas d'étude.

L'application du logiciel Micmac, en utilisant les solutions reliées à l'aménagement comme des *inputs*, a abouti à un classement de celles-ci en fonction de leur motricité et dépendance les unes des autres. Cela nous a conduits à prendre en considération les solutions les plus motrices, capables d'enclencher une dynamique d'adaptation, et à étudier leur concrétisation au niveau de la commune d'Alger-Centre.

Nous avons élaboré une cartographie des potentialités que présente la commune et qui lui permettraient de recevoir ces solutions. Ce dernier chapitre nous a confirmé la troisième et dernière hypothèse.

## 2. Utilité de résultats obtenus

Ce travail de recherche est destiné à comprendre et décrire le phénomène de BOE comme un risque majeur, pour sensibiliser les acteurs concernés afin qu'ils prennent en considération le risque de Black-out dans leur projet d'aménagement dans le cadre d'Alger Smart City d'abord, mais aussi dans l'élaboration des instruments d'urbanisme en général (POS, PDAU).

Les instruments d'urbanisme réglementaires algériens sont restreints dans leur contenu et toute la panoplie d'outils de planification nous manque. Bien que l'Algérie ait adhéré à la convention de la COP21 en 2015 sur l'adaptation aux changements climatiques, et que des engagements nationaux ont été pris pour réduire les émissions de carbone<sup>234</sup>, les scénarios d'aménagement urbain capables de prendre en charge ce volet ne sont toujours pas élaborés à l'échelle locale. D'autres pays sont en revanche bien avancés sur ce sujet. Pour exemple, nous pourrions citer le Plan Climat Energie Territorial (PCET) en France<sup>235</sup>, étendu au Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET), qui « *est un projet territorial de développement durable dont la finalité est la lutte contre le changement climatique et l'adaptation du territoire. Il vise à atténuer/réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) pour limiter l'impact du territoire sur le changement climatique et pour réduire la vulnérabilité territoriale.* »<sup>236</sup> Ce plan concerne les collectivités locales de plus de 50.000 habitants, mais n'exclut pas des communes plus petites. Il propose un plan d'action et un programme de sa mise en œuvre, développé sur trois piliers : maîtrise d'énergie, développement des énergies renouvelables et déploiement des systèmes énergétiques intelligents.<sup>237</sup> Il s'agit de réaliser le diagnostic territorial (estimation des émissions des GES, de séquestration du carbone, de consommation énergétique, des réseaux de transport de l'énergie, de l'état de la production des énergies renouvelables et du potentiel de développement de celles-ci, ainsi que l'**analyse de la vulnérabilité du territoire aux effets du changement climatique**. Les secteurs de l'habitat, tertiaire, de transport, de l'agriculture, des déchets et de l'industrie sont concernés par le plan et doivent contribuer à l'élaboration d'une **stratégie d'action commune**, partagée par tous les acteurs.<sup>238</sup> Un tel outil devrait intégrer le volet de Prévention du Risque de Blackout Energétique (PRBE), qui est primordial concernant le plan urbanistique.

Sur le plan juridique et réglementaire, des prescriptions et réglementations d'urbanisme devraient être également être mises en place pour inciter les gestionnaires à enclencher une dynamique d'adaptation

---

<sup>234</sup> Voir Newsletter n°2, sous la direction de E.Berezowska-Azzag, QUEDD, Laboratoire VUDD, 2016

<sup>235</sup> Ce type de plan existe aussi dans d'autres pays, sous des appellations différentes (par exemple en Allemagne, aux Pays Bas, en Italie, au Maroc)

<sup>236</sup> Dictionnaire Environnement, [www.actu-environnement.com](http://www.actu-environnement.com)

<sup>237</sup> [www.bretagne.ademe.fr](http://www.bretagne.ademe.fr)

<sup>238</sup> [www.centre.developpement-durable.gouv.fr](http://www.centre.developpement-durable.gouv.fr)

de leurs territoires à tous les risques climatiques, parmi lesquels le BOE est un défi de taille. Se transformer à un **territoire à énergie positive** demande cependant un effort de la maîtrise d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre. La restructuration, la revitalisation des tissus urbains et la récupération des friches devraient prendre en charge la programmation des espaces destinés à l'hybridation et l'autonomisation énergétique collective.

Pour ce qui est du domaine architectural, il faudrait repenser la manière de conception et de construction des bâtiments destinés à l'habitat ou à d'autres fonctions, et ce non seulement en termes de consommation d'énergie – ce qui est déjà en cours (isolation de l'enveloppe, modes de consommation, équipements à basse consommation, etc), mais aussi en termes de conception des espaces destinées aux installations individuelles ou collectives d'adaptation au changement climatique et au BOE en premier lieu. Ce qui suppose la réorganisation du plan pour accueillir des installations d'hybridation et d'autonomisation individuelle d'approvisionnement en énergie.

En tant qu'architectes-urbanistes, il est de notre devoir de penser mieux et d'agir bien pour le confort de tous.

### **3. Limites de la recherche**

Vu la contrainte de temps qui a été imposée à ce travail de recherche, quelques limites ont été relevées :

- Nous n'avons pas pu citer tous les impacts et toutes les solutions, les premiers, vu leur nombre important et les secondes, vu leur complexité et technicité (elles ne sont pas toutes de l'ordre urbain).
- Nous n'avons pas pu cartographier toutes les potentialités de la commune d'Alger Centre, leur repérage nécessite une enquête plus approfondie, à réaliser dans le cadre d'une étude opérationnelle.
- L'engagement d'un certain nombre d'experts, dans le cadre de l'entrevue Delphi par exemple, est essentiel pour une meilleure évaluation de motricité et de dépendance des variables (solutions), ce que nous n'avons pas pu faire, alors nous étions obligé d'utiliser les valeurs de 0 et de 1 (non/oui) dans la matrice des relations directes lors de l'application du logiciel Micmac.
- Le sujet d'affaiblissement du champ magnétique terrestre est très récent (manque de documentation plus approfondie).
- Absence d'exemples de villes intelligentes qui ont mis en place des PPRBE, ce qui ne nous a pas permis de faire une analyse comparative et nous a conduit à tirer les solutions à partir des recherches bibliographiques.

#### **4. Perspectives de recherche**

Il faut dire qu'un travail sur une thématique de recherche traitant d'un risque qui pourrait frapper la ville de demain ne peut être exhaustif. Néanmoins, l'objectif initial de cette recherche, qui est d'identifier et modéliser les impacts, de mettre en place des solutions et de sensibiliser les acteurs concernés, peut être atteint et complété par d'autres pistes de recherche telles que :

- Evaluation de l'échelle de la gravité des impacts de BOE sur la ville de demain.
- Elaboration d'un référentiel de toutes les solutions d'ordre urbain destiné aux autorités concernées qui servirait de base à tout projet d'aménagement urbain et qui pourrait être pris en considération lors de l'élaboration des instruments d'urbanisme (POS, PDAU, mais aussi PCLE, PPRT et même ceux qui concernent le patrimoine comme le PPSMVSS).
- Evaluation de la capacité d'Alger-Centre à recevoir les solutions urbaines résilientes face au risque de BOE, dans le cadre de laquelle une estimation plus précise et chiffrée du potentiel identifié pourrait faire l'objet d'une recherche ultérieure.
- Possibilité d'intégration du risque du BOE dans la loi n°04/20 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

Nous espérons ainsi, modestement, avoir positivement contribué à la prise en charge des risques énergétiques liés au climat.

## Bibliographie

- ADHIKARI Surendra et IVINS Erik Roman**, 2016, *Climate-driven polar motion*, revue scientifique *Science Advances* Vol. 2, no. 4, e1501693, [En ligne] (8 Avril 2016).  
<http://advances.sciencemag.org/content/2/4/e1501693>
- AEES (association des entreprises électriques suisses)**, 2018, *Blackout électrique*, (janvier 2018), 6 p.
- AIT ALI Massyl**, 2017, *Alger smart city : le rêve est-il permis ?* Nticweb [En ligne], (30 juillet 2017).  
<http://www.nticweb.com/media-socio/14-dossier/9102-alger-smart-city-le-r%C3%AAve-est-il-permis.html>
- Algérie presse service**, 2018, *Alger ville intelligente, un projet réaliste et réalisable, selon un expert international* [En ligne], (27/06/2018). <http://www.aps.dz/sante-science-technologie/75653-alger-ville-intelligente-un-projet-realiste-et-realizable-selon-un-expert-international>
- AMAIPO (association des maires, des adjoints et de l'intercommunalité des Pyrénées-Orientales)**, 2018, *Guide pratique d'organisation des rassemblements, à l'usage des maires et des organisateurs*, Préfecture des Pyrénées-Orientales ; 31 p.
- ANTONI Jean-Philippe**, *Modéliser la ville, formes urbaines et politiques de transport*, Economica, 438 p.
- Architectes français à l'export**, *Penser la ville durable : l'approche française*, 40 p.
- ATHALI Ameziane**, 2017, *panne d'électricité géante en Kabylie*, Algérie1 [En ligne], (18/01/2017).
- BARBIER Anthony**, 2016, *L'efficacité énergétique dans les data centers*, ENR'CERT, (Novembre 2016), 30 p.
- BEREZOWSKA-AZZAG Ewa**, 2018, *Cours Optionnel urbanisme durable nouvelles approches*, (11/04/2018).
- BEREZOWSKA-AZZAG Ewa**, 2011, *Figure 27 : Mécanisme de croissance d'un organisme urbain et leurs seuils*, *Projet urbain Guide méthodologique : Connaitre le contexte du développement durable*, Synergie, Alger, 247 p.
- BEREZOWSKA-AZZAG Ewa**, 2011, *Figure 28 : Types de seuils de développement urbain*, *Projet urbain Guide méthodologique : Connaitre le contexte du développement durable*, Synergie, Alger, 247p.
- BEREZOWSKA-AZZAG Ewa**, 2011, *Guide du projet Urbain, Volume 1 : Connaitre le contexte de développement durable*, Synergie, (Alger 2011) ; 247 p.
- BEREZOWSKA-AZZAG Ewa, ABDELATIF Isma, AKROUR Nadia, BOUALLAG-AZOUI Ouafida, SRIR Mohamed**, 2015, *Alger et ses communes : Baromètre des performances urbaines locales, les alternatives urbaines*, (Alger 2015), 174 p.
- BEREZOWSKA-AZZAG Ewa**, 2011, *Programmation stratégique, prospecter pour façonner le devenir de la ville*, *Vie de ville H.S N°2*, (Juin 2011), pp 72-76.
- BEREZOWSKA-AZZAG Ewa**, 2012, *Projet urbain guide méthodologique : Comprendre la démarche du projet urbain*, Synergie, 387 p.
- BEREZOWSKA-AZZAG Ewa**, 2016, *Newsletter n°2*, QUEDD, Laboratoire VUDD.
- BESSON Anthony**, 2010, *Fermes verticales, pour une culture urbaine* *Agriculture, ville, architecture, densité, soutenabilité*, *Aédification, Grands territoires, Villes - Article de Colloque*, 10 p.

**BOUATTOU Asma**, 2015, "*Stratégies de rafraîchissement urbain à Alger. Pour l'adaptation climatique des communes thermiquement défavorables*", mémoire de magister, EPAU, novembre 2015.

**BOUATTOU Asma et BEREZOWSKA-AZZAG Ewa**, 2017, *Stratégies de rafraîchissement urbain à Alger : aider la ville à contrer son réchauffement*, Territoires d'Afrique N°9, mars 2017, pp 75-83.

**BREUX Sandra et DIAZ Jérémy**, 2017, *La ville intelligente. Origine, définitions, forces et limites d'une expression polysémique*, Institut national de la recherche scientifique Centre - Urbanisation Culture Société, (janvier 2017), 36 p.

**BRUCY Anne**, 2016, *les défis de la ville durable*, CNRS le journal [En ligne], (7/01/2016). <https://lejournal.cnrs.fr/articles/les-defis-de-la-ville-durable>

**BUI Anh Tuan**, 2011, *Caractérisation et modélisation du comportement des matériaux magnétiques doux sous contrainte thermique* (Thèse de doctorat), Université Claude Bernard - Lyon I, (soutenue le 19 avril 2011), 126 p.

**CAMBIEN Aurore**, 2007, *Une introduction à l'approche systémique : Appréhender la complexité*, CERTU (Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme), (Janvier 2007), 83 p.

**CAMIER Gérald**, 2018, *Panne d'électricité chez Casino : des produits frais jetés et des clients choqués*, La dépêche [En ligne] ; (7/08/2018). <https://www.ladepeche.fr/article/2018/08/07/2847798-panne-electricite-chez-casino-produits-frais-jetes-clients-choques.html>

**CASSAIGNE Bertrand**, 2009, *La ville durable*, Revue Projet N°313, pp 78-83.

**CDER (centre de développement des énergies renouvelables)**, 2012, *Le piratage du réseau électrique cause d'importantes pertes financières* [En ligne], (11 juin 2012) <https://portail.cder.dz/spip.php?article2345>

**CHABANE Lila**, 2016, *Dynamiques socio-spatiales et typologie des communes de la ville d'Alger suivant les résultats des deux recensements de la population RGPH 1998 et RGPH 2008*, Rapport de recherche de l'ODSEF, Québec, Juillet 2016, 46 p.

**CIUSSSCN (centre intégré universitaire de santé et de service sociaux de la capitale nationale) Québec**, *avis de santé publique : panne d'électricité dans la capitale-nationale* [En ligne], (21/02/2018). <https://www.ciusss-capitalenationale.gouv.qc.ca/avis-de-sante-publique-panne-delectricite-dans-la-capitale-nationale-0>

**Confédération suisse**, 2015, *Analyse nationale des dangers, dossier tempête solaire*, (30/06/2015), 11p.

Confédération de suisse, 2016, *Connaitre les dangers : panne de courant*, Alertsuisse [En ligne], 6 décembre. <https://blog.alertswiss.ch/fr/connaitre-les-dangers/panne-de-courant/connaitre-les-dangers-panne-de-courant/>

**COREDEM (communauté des sites ressources pour une démocratie mondiale)**, *Mobilité douce* [En ligne]. <http://lexicommon.coredem.info/article88.html>

**COUHERT Carole**, 2007, *Pyrolyse flash à haute température de la biomasse ligno-cellulosique et de ses composés : production de gaz de synthèse* (Thèse de doctorat), Energie électrique, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, 206 p.

**Crisiscentrum**, *conséquences d'une coupure de courant*, Centre de crise [En ligne]. <https://crisiscentrum.be/fr/content/consequences-dune-coupure-de-courant>

**CUYCK Alain Van**, 2013, *L'open data comme nouvelle forme de gouvernance numérique : enjeux, marchés, modèles, idéologie* ; XIX<sup>e</sup> colloque international franco-roumain « Culture et Responsabilité sociale dans la communication des organisations », Bucarest, Roumanie (Mars 2013), 13 p.

**D'EMILIO Luna**, 2012, *La ville durable*, les cahiers de la recherche architecturale, urbaine et paysagère, pp 97-102.

**D'ERCOLE Robert, THOURET Jean-Claude, DOLLFUS Olivier, ASTE Jean-Pierre**, 1994, *Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse*, Revue de géographie alpine, tome 82 ; n<sup>o</sup>4, pp 87-96.

**DILLAERTS Hans**, 2010, *Analyse prospective du libre accès en France*, Université Montpellier III, Aix-en-Provence, France (18 Novembre 2010), 21 p.

**DOUAY Nicolas et HENRIOT Carine**, 2016, *La Chine à l'heure des villes intelligentes*, revue de l'information géographique (Vol 80), pp 89-102.

**DUBRAVAC Shawn et RATTI Carlo**, 2015, *Internet des Objets : Évolution ou Révolution ?*, Consumer Electronics Association, 23 p.

**DAKHIA Karima**, cours optionnel « *Green architecture* », cours de 21-28/11/2018.

**EMELIANOFF Cyria**, 1999, Comment définir une ville durable ? [En ligne]. <http://base.d-ph.h.info/fr/fiches/dph/fiche-dph-8294.html#Haut>

**ENERGEEK**, 2018, *Le bio propane fait son entrée sur le marché français* [En ligne], (30 mars 2018). <https://lenergeek.com/2018/03/30/biopropane-primagaz-energie/>

**Energie de la biomasse**, *parce que les déchets organiques et le bois sont précieux*, suisse énergie, [En ligne], [https://www.unifr.ch/environnement/assets/files/excursion/brochure\\_energie\\_biomasse\\_ofen.pdf](https://www.unifr.ch/environnement/assets/files/excursion/brochure_energie_biomasse_ofen.pdf)

**Energie et agriculture**, 2006, 4 p.

**ERNWEIN Marion et SALOMON-CAVIN Joelle**, 2014, *Audela de l'agrarisation de la ville : l'agriculture peut-elle être un outil d'aménagement urbain ? Discussion à partir de l'exemple génévois*, Geocarrefour 89/1-2 ; pp 31-40.

**EVANS Dave**, 2011, *L'Internet des objets Comment l'évolution actuelle d'Internet transforme-t-elle le monde ?*, Cisco, (avril 2011), 13 p.

**EVENO Emmanuel et MESTRES Jean-Michel**, 2014, *Villes numériques, villes intelligentes ?*, revue urbanisme N<sup>o</sup>394 [En ligne] <https://www.urbanisme.fr/issue/report.php?code=394>

**EUA (énergie and utilities alliance)**, 2016, *Biopropane for the off-grid sector*, Camden house; (Fevrier 2016), 20 p.

**FAURSCHOU KNUDSEN Mads, RIISAGER Peter**, 2009, *Existe-t-il un lien entre le champ magnétique terrestre et les précipitations de basse latitude ?*, Revue Geology, (01 janvier 2009).

**FILIPPONE Dominique**, 2018, *AWS indisponible suite à une panne de courant*, Le monde informatique [En ligne], (1 juin 2018). <https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-aws-indisponible-suite-a-une-panne-de-courant-71914.html>

**GABRIEL Jean ; PIERRARD–VIRTON V.Hanus**, 2017, *Conception d'un système d'aspiration Venturi pour les épandeurs de lisier*, Revue Scientifique des Ingénieurs Industriels n°31, pp90-99.

**GAMBERINI Giulietta**, 2018, *Primagaz lance en France une nouvelle énergie renouvelable*, la tribune [En ligne], (29/03/2018) <https://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/energie-environnement/primagaz-lance-en-france-une-nouvelle-energie-renouvelable-773410.html>

**GIEC (groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) rapport**, 2014, « *Changements climatiques 2014 : Atténuation des changements climatiques* », (12 avril 2014).

**GODET Michel**, 2007, *Manuel de prospective stratégique, Tome 1 une indiscipline intellectuelle*, 3eme édition DUNOD, 292 p.

**GORDON Eric, CHILDRESS Amber, JEDD Theresa, KLEIN Roberta, LUKAS Jeff, McKEOWN Rebacca**, 2015, *Colorado climate change vulnerability study: a report submitted to the Colorado energy office*, Eric Gordon et Dennis Ojima, 176 p.

**GRMVE (gestion des risques majeurs dans les villes européennes)**, 1998, *Analyse des enjeux dans les villes, Application à la ville de Nice et comparaison avec les pratiques en Italie et en Espagne*, BRGM l'entreprise au service de la terre, novembre 1998, 231 p.

**GUTTON Rafaëlle**, 2010, *Elaboration, application et spatialisation, d'indicateurs géographiques de risques naturels en zones urbanisées*, rapport de stage de fin d'étude ; Master 2 professionnel Gestion des catastrophes et des risques naturels, (septembre 2010), 92 p.

**HAGEL Zoé**, 2013, *Ville durable : Des concepts aux réalisations, les coulisses d'une fabrique urbaine. Marseille ou l'exemple d'une ville méditerranéenne*, Aix-Marseille Université, (13/12/2013), 500 p.

**HELIOT Raphaele**, 2010, *Ville durable et écoquartiers*, Cédis, 122 p.

**HOCINE Mohamed**, 2018, cours optionnel de « *Changements et variabilités climatiques* », cours du 11 et 18 avril 2018.

**HOMOCIANU George Marius**, 2007, *L'interface transport-urbanisme et sa modélisation : Comprendre pour mieux appréhender la complexité et guider l'action publique*, (Novembre 2007), Agence d'urbanisme pour le développement de l'agglomération lyonnaise, 31 p.

**ICHEBOUDENE Larbi**, 2009, *Réflexion sur la gouvernance urbaine à Alger. Prérrogatives institutionnelles et monopoles politiques*, revue algérienne d'anthropologie et de sciences sociales « *Insaniyat / إنسانيات* », pp 97-113.

**JOHNSON Eric**, 2016, *Bio propane, production, economics and carbon footprint*, Atlantic Consulting, (mai 2016), 15 p.

**KOUAKOU RASOARILALA Josther**, *Prospective et planification stratégique*, Département Etudes Economiques et Financières, 45 p.

**LAMBERT Maxime**, 2011, *Le pôle nord magnétique se déplace de plus en plus vite*, magazine électronique *Maxiscience* [En ligne], (22 février 2011) [https://www.maxisciences.com/pole-nord-magnetique/le-pole-nord-magnetique-se-deplace-de-plus-en-plus-vite\\_art12722.html](https://www.maxisciences.com/pole-nord-magnetique/le-pole-nord-magnetique-se-deplace-de-plus-en-plus-vite_art12722.html)

**LANGLET Rachel**, 2012, *Argumentation sur le risque q'une éruption solaire de type « événement de Carrington » créé un black-out mondial. Impact sur les centrales nucléaires*, partie de la Thèse de physique, UFR ST Université de Franche-Comté Besançon, France. (Février 2012), 18 p.

**Le grand** ; *Data center solutions intégrées* ; [En ligne]. <https://www.legrand.com/fr/nos-solutions/data-center>

**LE MOIGNE Jean-Louis**, 1987, *Qu'est-ce qu'un modèle ? ; Les modèles expérimentaux et la clinique, confrontations psychiatriques* ; 21 p.

**LIVERMORE Phil, MOUND Jon**, 2017, *Why the earth's magnetic poles could be about to swap places, and how it would affect us*, Phys.org [En ligne], (27 Janvier 2017) <https://phys.org/news/2017-01-earth-magnetic-poles-swap-affect.html>

**LOUKIL Ridha**, 2007, *Une panne du cloud d'Amazon met en panique tout l'internet mondial*, l'Usine Nouvelle [En ligne], (1/03/2017). <https://www.usinenouvelle.com/article/une-panne-du-cloud-d-amazon-met-en-panique-tout-l-internet-mondial.N508689>

**LUCHESE Vincent**, 2017, *Tempête solaire : ce chaos mondial qui peut surgir en quelques heures*, Usbek et Rica [En ligne], (24 avril 2017). <https://usbeketrica.com/article/tempete-solaire-ce-chaos-mondial-qui-peut-surgir-en-quelques-heures>

**MAE (Ministère algérien de l'énergie et des mines)**, [En ligne]. <http://www.energy.gov.dz/francais/index.php?page=bilan-des-realizations-2>

**MAÏZIA Mindjid**, 2002, *Modélisation et systèmes urbains : une construction difficile* ; Pontificia Universidade Catolica da Parana, 10 p.

**MANSOUR Massinissa**, 2018, *Alger smart city, le projet exposé à Londres*, Algérie Focus [En ligne], (10 mai 2018). <https://www.algerie-focus.com/2018/05/alger-smart-city-le-projet-expose-a-londres/>

**METZGER Pascale et D'ERCOLE Robert**, 2011, *Les risques en milieu urbain : éléments de réflexion*, EchoGéo [En ligne], 18 | 2011, mis en ligne le 06 décembre 2011, consulté le 30 septembre 2016. 16 p. <https://journals.openedition.org/echogeo/12640>

**Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement de France**, *Gestion des risques majeurs dans les villes européennes, Analyse des enjeux dans les villes, Application à la ville de Nice et comparaison avec les pratiques en Italie et en Espagne. Etude réalisé dans le cadre des opérations de service public du BRGM 97-H-451*, novembre 1998, 231 p.

**MORETEAU Caroline**, 2014, *Le champ magnétique terrestre s'affaiblit plus vite que prévu*, magazine électronique *Maxiscience* [En ligne], (15 juillet 2014) [http://www.maxisciences.com/champ-magnetique/le-champ-magnetique-terrestre-s-affaiblit-plus-vite-que-prevu\\_art33043.html](http://www.maxisciences.com/champ-magnetique/le-champ-magnetique-terrestre-s-affaiblit-plus-vite-que-prevu_art33043.html)

**NASA Content Administrator**, 2011, *Magnetic pole reversal happens all the (geologic) time* [En ligne], (30 novembre 2011). <https://www.nasa.gov/topics/earth/features/2012-poleReversal.html>

**NDIAYE Ababacar**, 2013, *Étude de la dégradation et de la fiabilité des modules photovoltaïques - Impact de la poussière sur les caractéristiques électriques de performance* ; Sciences de l'ingénieur [physics] thèse de doctorat. Ecole Supérieure Polytechnique (ESP) - université Cheikh Anta Diop de Dakar, 189 p.

**OBLE Frédéric**, 1992, *Intérêts et limites de l'analyse structurelle et de la méthode Delphi appliquées à l'étude de l'évolution des marches alimentaires*, Institut National Polytechnique de Lorraine ; Soutenue publiquement le 12 décembre 1992, 441 p.

**ONE (office national de l'énergie)**, 2010, *consommation d'énergie dans l'industrie au Canada nouvelles tendances* ; (novembre 2010), 19 p.

**ORES (opérateurs des réseaux gaz et électricité)**, 2014, *Pénurie d'électricité délestage blackout ; guide pratique pour y voir plus clair*, 17 p.

**OUREMDANE Mehenni**, 2018, *Sommet smart city 2018 : Alger smart city, réalité ou chimère ?*, Algérie eco [En ligne], (28 juin 2018), <https://www.algerie-eco.com/2018/06/28/sommet-smart-city-2018-alger-smart-city-realite-ou-chimere/>

**OZIEL Céline**, 2013, *Des déchets urbains transformés en engrais naturels*, novethic [En ligne], (27 septembre 2013). <https://www.novethic.fr/actualite/environnement/recyclage/isr-rse/des-dechets-urbains-transformes-en-engrais-naturel-141477.html>

**PDAU (plan directeur d'aménagement et d'urbanisme)** d'Alger 2016 à l'horizon 2035.

**PDCG (plan directeur cantonal Genève) 2030** | Adopté par le Grand Conseil le 20 septembre 2013 ; promouvoir la mobilité douce, 6 p.

**PICARDIE Ademe**, 2001, *Diagnostic d'un supermarché de moyenne surface*, Rapport final, Enertech, (avril 2001), 83 p.

**Primagaz**, 2018, *Le bio propane, une énergie renouvelable nouvelle génération*, dossier de presse [En ligne], (mars 2018). <https://www.primagaz.fr/-/media/sites/france/presse/dp-biopropane-28-02-2018.pdf>

**Projet Alger ville intelligente**, appel à collaboration, 15 juillet 2017.

**Projet Alger ville intelligente**, 2018, *Laboratoire expérimental à grande échelle et Hub d'innovations technologiques*, Information et appel à commentaire [En ligne], (26 avril 2018). <https://fr.calameo.com/read/004091428e3d932e986d8>

**QUEDD**, 2018, *La communication des experts lors de la table ronde*, « Ville, intelligences plurielles », Journée d'étude organisée par l'équipe QUEDD Qualité Urbaine, Environnement et Développement Durable, Laboratoire VUDD, EPAU, (14 mai 2018).

**QUENAULT Béatrice, PIGEON Patrick, BERTRAND François, BLOND Nadège**, 2011, *vulnérabilité et résilience au changement climatique en milieu urbain : vers de nouvelles stratégies de développement urbain durable ?*, projet de recherche p. 20-2051, (Juin 2011), 203 p.

**Radio algérienne**, 2016, *Coupe de courant électrique dans plusieurs communes d'Alger due à une panne de réseau* [En ligne], (4 août 2016). <http://www.radioalgerie.dz/news/fr/article/20160804/85271.html>

**REGHEZZA Magali**, 2006, *Réflexions autour de la vulnérabilité métropolitaine : la métropole parisienne face au risque de crue centennale*, Thèse de doctorat, Université Paris X, Nanterre École doctorale Milieux, 5 décembre 2006, 382 p.

**Resilient communities and watersheds**, 2017, *resilient communities starter Kit*, Intermountain west region, 50 p.

**ENASS Papers 8**, Tempêtes solaires et réseaux d'électricité : quelles conséquences pour les (ré) assureurs ?, revue banque [En ligne], 6 novembre 2014. <http://www.revue-banque.fr/banque-detail-assurance/article/tempetes-solaires-reseaux-electricite-queelles-cons>

**ROCHEREUIL Chloé**, 2017, Le champ magnétique de la terre va-t-il bientôt s'inverser et tous nous plonger dans le noir ?, France 24 [En ligne], (20/1/2017). <https://www.france24.com/fr/20170130-le-champ-magnetique-terre-va-il-bientot-sinverser-tous-nous-plonger-le-noir>

**SENOUSSAOUI Faouzi**, 2017, *Panne de réseau de transport d'électricité*, Liberté [En ligne], (13 juillet 2017). <https://www.liberte-algerie.com/actualite/panne-du-reseau-de-transport-deelectricite-273471>

**SIDI SALAH NASRI Zehour**, 2010, *la gouvernance urbaine une démarche incontournable pour un habiter durable Cas de L'amélioration urbaine à la cité Zouaghi à Constantine*, Mémoire de magister ; Université des frères Mentouri Constantine, (1er mars 2010), 272 p.

**SOLER Léna**, 2013, *Qu'est-ce qu'un modèle scientifique ? Des caractéristiques du modèle qui importent du point de vue de l'enseignement intégré de science et de technologie*, In Spirale : Revue de recherches en éducation, n°52, pp 177-214.

**SONON Christian**, *Un jardin de plantes médicinales*, WAW magazine [En ligne]. <http://www.wawmagazine.be/fr/un-jardin-de-plantes-medicinales>

**SPW (service public de Wallonie)** ; 2010 ; *économie d'énergie dans l'industrie ; les moteurs électriques ; économisons l'énergie* ; 15 p.

**STATHOPOULOS Marco**, dans *Qu'est que la résilience urbaine ?*, Revue Urbanisme n°381

**SUdF (samu-urgences de France)**, 2014, *Recommandations d'experts, rassemblement de foule et gestion médicale événementielle*, 18 p.

**THIBAUT Christian**, 2015, *la résilience urbaine*, Institut d'aménagement et d'urbanisme, (Juin 2015), 19 p.

**TOUBIN Marie, LHOMME Serge, DIAB Youssef, SERRE Damien et LAGANIER Richard**, 2012, *La Résilience urbaine : un nouveau concept opérationnel vecteur de durabilité urbaine ?* ; Revue développement durable et territoires, Vol. 3, n° 1 ; Mai 2012, 18 p.

**UTD (université technique du Danemark)**, 2017, *Les tempêtes solaires déclenchent des phénomènes surprenants près de la terre*, Phys.org [En ligne], (3 mars 2017). <https://phys.org/news/2017-03-solar-storms-trigger-phenomena-earth.html>

**VAN HECKE Etienne**, 1980, professeur à la K.U.Leuven, *Agriculture et énergie* ; Courrier hebdomadaire du CRISP 1980/6 (N° 871), pp 1-37.

**VEYRET Yvette, REGHEZZA Magali**, 2006, *vulnérabilité et risque L'approche récente de la vulnérabilité*, Revue responsabilité & environnement N° 43, (juillet 2006), pp 9-3.

**ZHU Qun Ying**, 1991, *Modèles bayésiens et application à l'estimation des caractéristiques de produits finis et au contrôle de la qualité*, L'école nationale des ponts et chaussées, Paris, (Juillet 1991), 260 p.

## Webographie

[http://www.officiel-prevention.com/incendie/evacuation-des-personnes/detail\\_dossier\\_CHSCT.php?rub=106&ssrub=114&dossid=204](http://www.officiel-prevention.com/incendie/evacuation-des-personnes/detail_dossier_CHSCT.php?rub=106&ssrub=114&dossid=204)

<http://www.wilaya-alger.dz/fr/sommet-mondial-smart-cities-organise-par-smart-city-alger-pour-evaluer-les-dernieres-technologies-et-strategies-dinvestissement/>

<http://www.smartcityalgiers.com/>

<http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=smartcities-caracteristiques>

<http://www.cnrtl.fr/definition/mod%C3%A9lisation>

<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k10400876/f21.image>

<http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/risque-s>

<https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-catastrophe-naturelle-6507>

[https://www.total.com/sites/default/files/atoms/files/total\\_climat\\_vf\\_0210.pdf](https://www.total.com/sites/default/files/atoms/files/total_climat_vf_0210.pdf)

<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/mod%C3%A8le/51916>

[http://www.jnlog.com/modell\\_fr.htm](http://www.jnlog.com/modell_fr.htm)

<http://www.cnrtl.fr/definition/mod%C3%A9lisation>

[https://www.google.dz/search?biw=1366&bih=608&ei=7GbvW\\_D9LYfdgAbmqLbgDw&q=arborescence&oq=arborescence&gs\\_l=psy-ab.3..0i7118.120131.120131..120316..0.0.0.....0....1..gws-wiz.kykkbofNNoo](https://www.google.dz/search?biw=1366&bih=608&ei=7GbvW_D9LYfdgAbmqLbgDw&q=arborescence&oq=arborescence&gs_l=psy-ab.3..0i7118.120131.120131..120316..0.0.0.....0....1..gws-wiz.kykkbofNNoo)

<https://docplayer.fr/11383792-La-base-de-donnee-ista-tiznit-atv-2014-2015.html>

<https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/eau-fonctionne-culture-hydroponique-4828/>

<http://www.fao.org/3/a-br812f.pdf>

<https://www.growshops.fr/fr/content/155-l-aeroponie-c-est-quoi->

<https://business.orange.be/fr/support/r%C3%A9seau-et-couverture/probl%C3%A8me-r%C3%A9seau/que-se-passe-t-il-en-cas-de-coupure-d%C3%A9lectricit%C3%A9>

- <https://www.dblconstructions.fr/maison-habitat-intelligent/>
- <https://www.solaris-store.com/content/50-principe-de-fonctionnement-d-une-pompe-solaire.>
- <https://blog.oleomac.fr/les-plantes-medicinales/>
- [https://www.kirklandwa.gov/depart/planning/Topics/10\\_Minute\\_Neighborhood\\_Analysis.htm](https://www.kirklandwa.gov/depart/planning/Topics/10_Minute_Neighborhood_Analysis.htm)
- <https://gazissimo.fr/materiels/qu-est-ce-que-le-gaz-propane>
- <https://www.nantesmetropole.fr/pratique/dechets/tri-sac-23189.kjsp>
- <http://www.falaise.fr/pratique/proprete/collecte-et-tri-des-emballages-menagers/>
- <http://www.apc-algercentre.dz/decouvrir-alger-centre.php?cat=chiffre-alger-centre>
- <http://www.mtechbuild.fr/portfolio-item/mtechbuild-verriere-lycee-nelson-mandela-nantes/>
- <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1022451/ecole-primaire-panneaux-solaires-environnement>
- <https://www.ernstschweizer.ch/fr/produits/references/systemes-de-capteurs-solaires.html>
- <http://www.spie.com/fr/centrale-biomasse-de-metz-chambiere>
- <https://www.letelegramme.fr/cotes-darmor/dinan/rance-appel-a-mobilisation-sur-le-barrage-le-26-novembre-18-11-2016-11297356.php>
- <http://blog.bio-ressources.com/2013/04/11/le-dos-d%E2%80%99ane-nouvelle-source-denergie-renouvelable/comment-page-1/>
- <https://lavalisedecalibre.wordpress.com/category/faits-divers-entreprise/un-arret-de-bus-equipe-avec-pedales-pour-faire-du-sport-et-generer-de-lelectricite-vu-sur-facebook/>
- <https://bfmbusiness.bfmtv.com/entreprise/cette-rue-de-londres-utilise-ses-passants-pour-produire-de-l-electricite-1223605.html>
- <http://lesjoyeuseslucioles.eklablog.com/rimed-razie-les-plantes-medicinales-des-caraibes-a126592432>
- <http://www.gammvert.fr/conseils/conseils-de-jardinage/7-points-cles-pour-faire-un-potager-en-permaculture>
- <https://reporterre.net/Les-circuits-courts-alimentaires-creent-de-nombreux-emplois>
- <http://www.inra.fr/Grand-public/Economie-et-societe/Toutes-les-actualites/Les-circuits-courts-vecteurs-de-democratie-alimentaire>
- <https://www.neb-one.gc.ca/nrg/ntgrtd/mrkt/archive/2010ndstrlnrgscnd/ndstrlnrgscnd-fra.pdf>
- [http://www.enr.fr/userfiles/files/Kit%20de%20communication/2010102323\\_SERBiomasse\\_complet.pdf](http://www.enr.fr/userfiles/files/Kit%20de%20communication/2010102323_SERBiomasse_complet.pdf)
- [http://www.enr.fr/userfiles/files/Kit%20de%20communication/2010102323\\_SERBiomasse\\_complet.pdf](http://www.enr.fr/userfiles/files/Kit%20de%20communication/2010102323_SERBiomasse_complet.pdf)
- [https://www.propanecouncil.org/uploadedFiles/Council/Research\\_and\\_Development/FS\\_15866\\_Biopropane\\_WEB.pdf](https://www.propanecouncil.org/uploadedFiles/Council/Research_and_Development/FS_15866_Biopropane_WEB.pdf)
- <http://www.ville-geneve.ch/themes/environnement-urbain-espaces-verts/recyclage-dechets-menagers/>

[www.actu-environnement.com](http://www.actu-environnement.com)

[www.bretagne.ademe.fr](http://www.bretagne.ademe.fr)

<http://www.wilaya-alger.dz/fr/sommet-mondial-smart-cities-organise-par-smart-city-alger-pour-evaluer-les-dernieres-technologies-et-strategies-dinvestissement/>

<https://www.liberte-algerie.com/actualite/alger-smart-city-2018-rompre-lisolement-technologique-295151>

[www.centre.developpement-durable.gouv.fr](http://www.centre.developpement-durable.gouv.fr)

Dictionnaire Environnement, [www.actu-environnement.com](http://www.actu-environnement.com)

[www.bretagne.ademe.fr](http://www.bretagne.ademe.fr)

<http://wilaya-alger.dz/AlgiersSmartCityProject.pdf>

<https://www.mediaterre.org/actu,20181010181634,11.html>

<http://www.wilaya-alger.dz/fr/wilaya/>

# **Annexes**

## Annexe 01 : Alger Smart City, éléments d'information

La surpopulation de la ville d'Alger, la croissance démographique et tous les problèmes qu'elle érige (consommation des ressources, déchets, mobilité, l'accès aux différents services ...), l'avènement des nouvelles technologies de l'information et de communication ainsi qu'à la volonté de rehausser l'image de la capitale à l'échelle internationale ont incité les autorités algériennes notamment celles de la wilaya d'Alger à mettre en place une stratégie d'injection du nouveau concept de la ville intitulé « ville intelligente »<sup>239</sup>. Cependant, le surplus de population n'est pas l'unique raison qui a conduit à la réflexion sur ce projet, mais aussi la compétitivité à l'échelle maghrébine. En effet, le Maroc lance les projets de Casablanca ville intelligente et Tanger Tech. Du côté de la Tunisie, un projet de smart city à Bizerte commence à se faire entendre<sup>240</sup>.

Selon Mme Slimani, tout a commencé par une rencontre avec des startupper à Alger :

*« Le hasard a fait que nous nous tenions face à de jeunes startupper, alors que nous avions l'idée que tout ce qui est incubateurs se trouve dans le cyber parc de Sidi Abdella. Delors, nous avons décidé en tant que wilaya de les accompagner et de les mettre en contact avec des opérateurs économiques »<sup>241</sup>.*

Lancé en printemps 2017<sup>242</sup>, ce projet de ville intelligente géré par la wilaya d'Alger<sup>243</sup> est fondé sur une étude de plusieurs initiatives de smart cities au niveau mondial, des priorités, des objectifs et des contraintes de la ville d'Alger<sup>244</sup>. Ce projet vise essentiellement à améliorer la qualité de vie des habitants, à optimiser la gestion des ressources<sup>245</sup> et à augmenter les services offerts aux citoyens, mais aussi à moderniser la ville, promouvoir son tourisme et préserver son identité<sup>246</sup>. Et ce, à travers une exploitation des technologies d'information et de communication qui seraient au cœur de la conception de la Smart City, et comprendraient les aspects liés à l'acquisition de données (capteurs, etc.), à la transmission de données (réseaux sans fil, etc.), à la gestion des données (stockage, Cloud, grandes données, etc.), et à l'optimisation des activités de la ville (intelligence artificielle, analyse, etc.),

---

<sup>239</sup> AIT ALI Massyl, Alger smart city : le rêve est-il permis ? Nticweb [En ligne], 30 juillet 2017.

<http://www.nticweb.com/media-socio/14-dossier/9102-alger-smart-city-le-r%C3%AAve-est-il-permis.html>

<sup>240</sup> Ibid.

<sup>241</sup> Interview fait avec Mme Slimani, responsable du projet Alger Smart City, Réalisé par Mlle Aknouche. L, Dans le cadre de l'atelier projet urbain sous la direction de Dr Benali.N, 2eme année second cycle semestre 4, 20 mars 2018.

<sup>242</sup> OUREMDANE Mehenni, Sommet « Smart City 2018 » : Alger smart city réalité ou chimère ?, Algérie éco [En ligne], 28 juin 2018.

<https://www.algerie-eco.com/2018/06/28/sommet-smart-city-2018-alger-smart-city-realite-ou-chimere/>

<sup>243</sup> Projet Alger smart city, appel à collaboration

<http://wilaya-alger.dz/AlgiersSmartCityProject.pdf>

<sup>244</sup> Ibid.

<sup>245</sup>-OUREMDANE Mehenni, Ibid.

- Projet Alger smart city, Ibid.

<sup>246</sup>Interview fait avec Mme Slimani, Ibid.

appliquée aux différents composants de la Smart City<sup>247</sup>. « *Le plus important ce n'est pas d'introduire la technologie mais de l'utiliser pour améliorer la vie des citoyens* »<sup>248</sup>, a énoncé Mme Slimani.

L'exécution du plan stratégique du projet a nécessité un appel à des startups en organisant en avril 2017, une journée dédiée au développement de l'écosystème des startups sous le nom de « Algiers Startup Conference », cette journée a réuni des startups, les collectivités locales, les opérateurs économiques, les organismes de financement, d'accompagnement et de développement, des porteurs de projets ainsi que les universités<sup>249</sup>. A ce sujet, Mme Slimani a confirmé que :

*« Cette conférence des startups a fait en sorte qu'il ait une grande majorité des acteurs de l'écosystème (opérateurs économiques, des centre de recherche, des étudiants, des universitaires, des experts internationaux...) la rencontre de ces acteurs dans un même lieu a permis la fusion entre les startups ».*<sup>250</sup>

Aussi, Riadh Hartani, expert international en intelligences artificielles et consultant sur le projet Alger smart city a soutenu :

*« Je peux témoigner, moi qui accompagne des startups au niveau d'une vingtaine de pays à travers le monde, que les startups algériennes avec lesquelles je travaille sont au niveau des startups les plus avancées à l'échelle mondiale et elles proposent des solutions réelles »*<sup>251</sup>

L'appel à une collaboration a été aussi obligatoire, elle est lancée par la wilaya d'Alger le 15 juillet 2017<sup>252</sup> à l'adresse des différents acteurs spécialistes ou non en smart city (startups, laboratoire R&D, fournisseurs de solutions, vendeurs, universités, cabinets conseils, avocats ...).

*« Il a fallu aussi créer quelque chose spécial Algérie, donc nous avons lancé un appel à collaboration sur le net pour voir l'intérêt porté au projet de smart city, nous avons reçu au début plus de 150 propositions de collaboration de la réalisation du projet d'une 15aine de pays (Etat Unis, Japon, Chine, Australie..), les propositions sont parvenues par des multinationales, des incubateurs...etc. »*<sup>253</sup>, a rajouté Mme Slimani.

L'objectif était donc d'avoir connaissance sur leur implication générale et leur expertise dans le développement de solutions Smart City, sur leurs points de vue en termes de conception et de priorités

---

<sup>247</sup> Projet Alger smart city, appel à collaboration  
<http://wilaya-alger.dz/AlgiersSmartCityProject.pdf>

<sup>248</sup> Interview fait avec Mme Slimani, responsable du projet Alger Smart City, Réalisé par Mlle Aknouche. L, Dans le cadre de l'atelier projet urbain sous la direction de Dr Benali.N, 2eme année second cycle semestre 4, le 20 mars 2018.

<sup>249</sup> AIT ALI Massyl, Alger smart city : le rêve est-il permis ? Nticweb [En ligne], 30 juillet 2017.  
<http://www.nticweb.com/media-socio/14-dossier/9102-alger-smart-city-le-r%C3%AAve-est-il-permis.html>

<sup>250</sup> Interview fait avec Mme Slimani, Ibid.

<sup>251</sup> Algérie presse service [En ligne], *Alger ville intelligente un projet réaliste et réalisable selon un expert international*, 27 juin 2018.  
<http://www.aps.dz/sante-science-technologie/75653-alger-ville-intelligente-un-projet-realiste-et-realizable-selon-un-expert-international>

<sup>252</sup> -AIT ALI Massyl, Ibid.

<sup>253</sup> Interview fait avec Mme Slimani, Ibid.

pour le projet, mais aussi avoir une explication et une présentation de leurs solutions techniques et commerciales qui pourraient contribuer à ce projet<sup>254</sup>. Ces dernières pourraient être destinées à tous les domaines de la ville qui présentent une haute priorité (la régulation des transports, l'optimisation de l'énergie, la réglementation de l'eau, la sécurité, la prévention des maladies, l'urbanisme, la pénétration améliorée du haut débit...)<sup>255</sup> et seront testées et validées par le « laboratoire expérimental et du Hub d'innovation technologique » avant leur implémentation réelle dans la ville<sup>256</sup>. Ce dernier veillerait à ce que les grandes entreprises technologiques mondiales et les fournisseurs des solutions avancées puissent tester ces solutions, interagir et travailler conjointement avec la chaîne de valeur technologique locale (startups, entreprises, laboratoire R&D, incubateurs, universités...), celle-ci est soutenue aussi par ce laboratoire à fin d'accélérer la validation de leurs études et l'accès aux clients<sup>257</sup>.

Après cet appel à collaboration, une plate-forme numérique urbaine d'Alger Smart City a été mise en place par une équipe d'ingénieurs à leur tête l'expert des intelligences plurielles Mr Hartani, sur laquelle déjà une 30aine d'applications ont été déjà implémentées<sup>258</sup>.

Récemment, la wilaya d'Alger a accueilli le « Smart cities global technology and investment summit » le 27 et 28 juin 2018. Des maires de villes d'envergure internationale, des ministres, des leaders dans l'investissement de Smart Cities, des dirigeants des secteurs Télécommunications, Technologie, Infrastructure, Finance, Énergie, Sécurité et bien d'autres encore ont été présent<sup>259</sup>. Ce qui « *a renforcé les liens entre les compétences locales et étrangères et sortirait avec des propositions d'investissement et de partenariat* », affirme Mme Slimani, chef du projet Alger smart city et conseillère du wali Zoukh. Ouvert même aux étudiants, ce sommet leur a donné une occasion d'être en contact avec les experts locaux et étrangers<sup>260</sup>.

L'évènement a été aussi une occasion pour plusieurs entreprises à exposer leur programme de développement numérique à fin de contribuer à la mise en place du projet. Citons à titre d'exemple la convention signée entre l'entreprise des eaux et assainissement d'Alger SEAAL et la startup « Aquasafe » qui a développé un dispositif permettant de contrôler la qualité des eaux usées déversées par les usines<sup>261</sup>.

---

<sup>254</sup> Projet Alger smart city, appel à collaboration

<http://wilaya-alger.dz/AlgiersSmartCityProject.pdf>

<sup>255</sup> Projet Alger ville intelligente, appel à collaboration, 15 juillet 2017.

<sup>256</sup> Projet Alger ville intelligente, Laboratoire expérimental à grande échelle et Hub d'innovations technologiques, Information et appel à commentaire, 26 avril 2018.

<https://fr.calameo.com/read/004091428e3d932e986d8>

<sup>257</sup> Ibid.

<sup>258</sup> Interview fait avec Mme Slimani, responsable du projet Alger Smart City, Réalisé par Mlle Aknouche. L, Dans le cadre de l'atelier projet urbain sous la direction de Dr Benali.N, 2eme année second cycle semestre 4, 20 mars 2018.

<sup>259</sup> <http://www.wilaya-alger.dz/fr/sommet-mondial-smart-cities-organise-par-smart-city-alger-pour-evaluer-les-dernieres-technologies-et-strategies-dinvestissement/>

<sup>260</sup> Nabila saidoun, Alger Smart City 2018: romper l'isolement technoogique, Liberté [En ligne], 23 juin 2018.

<sup>261</sup>-AIT ALI Massyl, Alger smart city : le rêve est-il permis ? Nticweb [En ligne], 30 juillet 2017.

<http://www.nticweb.com/media-socio/14-dossier/9102-alger-smart-city-le-r%C3%AAve-est-il-permis.html>

Ce projet d'Alger Smart City vise à impliquer le citoyen dans la gestion de sa ville, mais aussi à promouvoir, à soutenir et à accompagner les idées novatrices des jeunes algériens qui sollicitent la confiance en leurs capacités à donner un plus à leurs pays<sup>262</sup>.

---

- Interview fait avec Mme Slimani, responsable du projet Alger Smart City dans le cadre de l'atelier, 2eme année second cycle semestre 4, 20 mars 2018.

<sup>262</sup>Interview fait avec Mme Slimani, Ibid.

## Annexe 02 : Explication des quelques solutions identifiées dans le mémoire

- 1) L'agriculturation de la ville : est un nouvel outil d'aménagement urbain, il s'agit de ramener l'agriculture à l'intérieur de la ville et de créer des grandes surfaces agricoles ou de petits jardins cultivables urbains dans chaque quartier de la ville. les grandes surfaces agricoles auront des zones d'influences qu'elles alimenteront. Pour ce fait, il faut stopper l'urbanisation des terres agricoles et commencer à exploiter les zones non urbanisables et les espaces publics pour une injection d'agriculture. Mais aussi, il doit y avoir un cadre règlementaire adapté à l'agriculturation de la ville<sup>263</sup>. Revenir aux anciennes méthodes de culture de nos ancêtres ce qui va créer de nombreuses opportunités de travail car cela nécessite de la main d'œuvre (les machines ne feront plus le travail à la place de l'homme).
- 2) Réutilisation des déchets organiques biodégradables des maisons comme compost pour une production agricole saine et de bonne qualité<sup>264</sup>.
- 3) Le bio propane est fabriqué à partir du recyclage de déchets issus de la production industrielle (huile de cuisson et la graisse animale), ils représentent 68% de la formule. On ajoute ensuite des huiles végétales certifiées durables (des huiles de palme et de colza qui représentent 32% de la formule), il est biosourcé et s'inscrit dans une logique de développement durable<sup>265</sup>. Outre sa simplicité d'usage, le bio propane dispose de qualités environnementales supérieures à celles des carburants d'origine fossile et comme le GPL, il réduit significativement les émissions de CO<sub>2</sub> (puisque'il est issu à partir de produits végétaux qui absorbent le CO<sub>2</sub> durant la photosynthèse), n'émet quasiment pas d'émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et aucune particule fine (détient un facteur d'émission de 60g/kWh, ce qui est 78% inférieur à celui du propane standard).<sup>266</sup> Le bio propane est utilisé comme combustible mais aussi comme carburant en réduisant ainsi les émissions de CO<sub>2</sub> produits par la mobilité.<sup>267</sup>

---

<sup>263</sup> Marion Ernwein et Joelle Salomon-Cavin, Audela de l'agriculturation de la ville : l'agriculture peut-elle être un outil d'aménagement urbain ? Discussion à partir de l'exemple genevois, Geocarrefour 89/1-2, 2014, p.31-40  
<https://journals.openedition.org/geocarrefour/9380>

<sup>264</sup> Céline Oziel, des déchets urbains transformés en engrais naturels, novethic [En ligne], 27 septembre 2013.  
<https://www.novethic.fr/actualite/environnement/recyclage/isr-rse/des-dechets-urbains-transformes-en-engrais-naturel-141477.html>

<sup>265</sup> -Energiegeek [En ligne], Le bio propane fait son entrée sur le marché français, 30 mars 2018.

<https://lenergeek.com/2018/03/30/biopropane-primagaz-energie/>

-Energy and Utilities Alliance (EUA); Biopropane for the off-grid sector; Février 2016.

<https://www.eua.org.uk/uploads/57304E46AB047.pdf>

-Propane education and research council; Biopropane production methods, research fact sheet.

[https://www.propanecouncil.org/uploadedFiles/Council/Research\\_and\\_Development/FS\\_15866\\_Biopropane\\_WEB.pdf](https://www.propanecouncil.org/uploadedFiles/Council/Research_and_Development/FS_15866_Biopropane_WEB.pdf)

<sup>266</sup> -Eric Johnson, Bio propane, production, economics and carbon footprint, mai 2016

<https://www.wlpga.org/wp-content/uploads/2016/05/4.-Eric-Johnson-Biopropane-New-Applications-2.pdf>

-Giulietta Gamberini, Primagaz lance en France une nouvelle énergie renouvelable, la tribune [En ligne], 29/03/2018.

<https://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/energie-environnement/primagaz-lance-en-france-une-nouvelle-energie-renouvelable-773410.html>

<sup>267</sup> Primagaz, Le bio propane, une énergie renouvelable nouvelle génération, dossier de presse [En ligne], mars 2018

- 4) Le commerce de 1ere nécessité et les équipements d'accompagnement de l'habitat doivent être à côté des quartiers résidentiels pour éviter les déplacements de longues distances et économiser ainsi du carburant et de temps.
- 5) Fini les cartes de crédit et le paiement par mobile et retour à la monnaie, la calculatrice et le paiement manuel.
- 6) Installation des panneaux photovoltaïques au-dessus des bâtiments et seront raccordés directement au réseau déjà existant dans ces derniers, pour une alimentation en électricité supplémentaire et aussi pour continuer la génération d'énergie en cas de coupure d'électricité, et dans ce cas une utilisation rationnelle de l'énergie est conseillée.
- 7) Une autre source de génération de l'électricité grâce à l'effet venturi (comme expliquer dans les figures 62-63).
- 8) La biomasse désigne tout ce qui se compose de matières organiques et renouvelables, elle est produite à partir des déchets de cuisine, d'industrie et d'agriculture<sup>268</sup>. La fermentation de ces déchets organiques permet d'obtenir du biogaz qui peut être utilisé pour la production de l'électricité, de la chaleur et du carburant dans une centrale de cogénération<sup>269</sup>. Ces déchets peuvent aussi être transformés en engrais à travers les digestats, des déchets produits par la fermentation<sup>270</sup>. La biomasse est une source d'énergie renouvelable neutre en CO2<sup>271</sup>.
- 9) Une pompe solaire à eau est alimentée directement par l'énergie solaire à travers les panneaux photovoltaïques, cette pompe est dotée de batterie qui stocke l'énergie pour un usage de nuit<sup>272</sup>.
- 10) L'effet Venturi est un phénomène physique qui, suite à une dépression dans une zone de conduite et à son rétrécissement engendrant l'accélération d'un fluide incompressible. Daniel Bernoulli a décrit le principe de l'effet Venturi de la manière suivante : lorsque la vitesse d'un fluide augmente, la pression qu'il exerce diminue<sup>273</sup>. Le système consiste à faire propulser l'eau dans la conduite en jouant avec les dimensions de cette dernière et la pression du fluide en question ce qui lui donnera une vitesse et ainsi générera un mouvement du fluide<sup>274</sup>.

---

<sup>268</sup> Origine et usage de la biomasse, p.01

[http://www.enr.fr/userfiles/files/Kit%20de%20communication/2010102323\\_SERBiomasse\\_complet.pdf](http://www.enr.fr/userfiles/files/Kit%20de%20communication/2010102323_SERBiomasse_complet.pdf)

<sup>269</sup> Energie de la biomasse : parce que les déchets organiques et le bois sont précieux, suisse énergie, p.06

[https://www.unifr.ch/environment/assets/files/excursion/brochure\\_energie\\_biomasse\\_ofen.pdf](https://www.unifr.ch/environment/assets/files/excursion/brochure_energie_biomasse_ofen.pdf)

<sup>270</sup> Ibid.

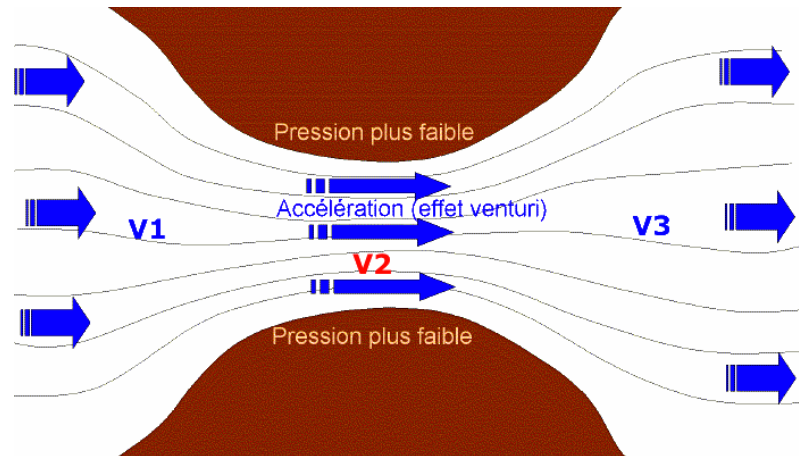
<sup>271</sup> Ibid.

<sup>272</sup> <https://www.solaris-store.com/content/50-principe-de-fonctionnement-d-une-pompe-solaire>.

<sup>273</sup> J. GABRIEL et V. HANUS PIERRARD –Virton, Conception d'un système d'aspiration Venturi pour les épandeurs de lisier, Revue Scientifique des Ingénieurs Industriels n°31, 2017, p.90

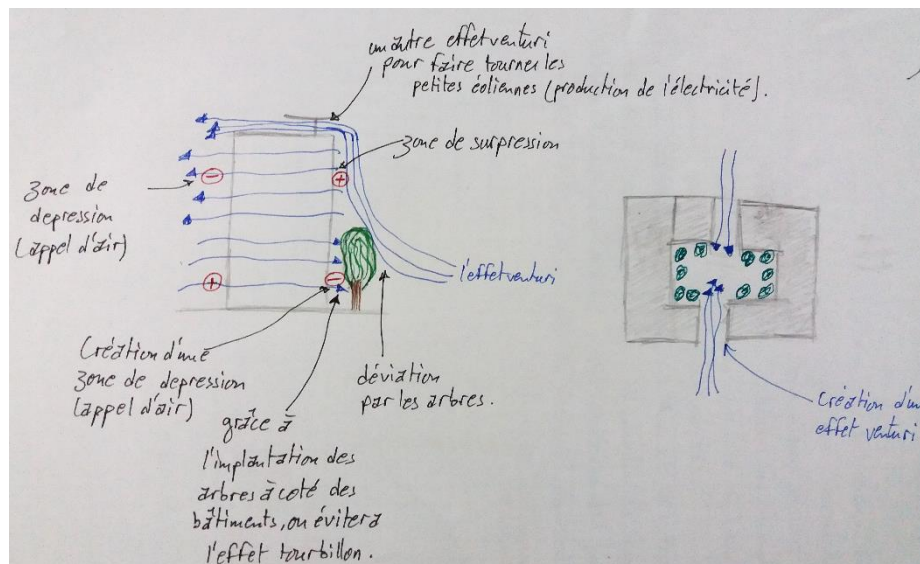
<http://www.isilf.be/Articles/ISILF17p89pierrard.pdf>

<sup>274</sup> Ibid, p.91-92



**Figure 62 :** Effet Venturi. Source : <https://tpe2016f1.wordpress.com/2016/02/23/lexique/>

- 11) Les jardins de plantes médicinales et aromatiques serviront à la fois d'espaces de détente avec un confort olfactif mais aussi de pépinière pour les plantes médicinales où les citoyens peuvent s'en servir pour des besoins de santé<sup>275</sup>. Revenir aux anciennes méthodes naturelles de soin de nos grands-parents encore plus efficaces que quelques médicaments d'aujourd'hui.
- 12) Création d'effet venturi dans les espaces en commun des quartiers résidentiels avec une implantation des arbres près des bâtiments au RDC pour éviter l'effet tourbillon et dévier le vent vers le haut en créant une zone de dépression au RDC (appel d'air) et de pression aux étages<sup>276</sup>.



**Figure 63 :** schéma expliquant le processus de ventilation naturelle des bâtiments.

Source : Auteur.

<sup>275</sup> -Christian Sonon, Un jardin de plantes médicinales, WAW magazine [En ligne].

<http://www.wawmagazine.be/fr/un-jardin-de-plantes-medicinales>

-<https://blog.oleomac.fr/les-plantes-medicinales/>

<sup>276</sup> En se basant sur le cours optionnel « green architecture » enseigné par Mme Dakhia, cours de 21-28/11/2018.

- 13) Pour éviter les accidents de véhicules, des panneaux de signalisation non électroniques doivent être mis en place ou bien opter pour des panneaux électroniques et des arrêts de bus intelligents alimentés directement par une énergie solaire comme est le cas de l'éclairage public.
- 14) La mobilité douce désigne ainsi plus largement l'utilisation de déplacements non polluants ou limitant l'émissions de gaz à effet de serre (marche à pied, vélos, covoiturage, TCSP...) <sup>277</sup>. Limiter la longueur des déplacements, c'est limiter la quantité de carburant à brûler et donc limiter ainsi l'empreinte carbone. Mais si cela devient nécessaire, opter pour les transports en commun et les covoiturages utilisant le bio propane comme carburant sera la meilleure solution, respectant ainsi des critères du développement durable. Pour se faire, il faudrait organiser la mobilité dans sa complexité dans la ville, aménager des parcours spéciaux pour chaque type de mobilité écologique mais aussi rapprocher les fonctions essentielles de la ville au domicile <sup>278</sup>.  
-« *Le 10 minutes neighborhood* » ou bien le quartier de 10 minutes est une communauté où les résidents peuvent parcourir de courtes distances à pied pour se rendre à des destinations qui répondent à leurs besoins quotidiens (commerces, transport en commun, travail, loisir ...etc), 10 minutes est le temps que prend un piéton pour marcher 800 m <sup>279</sup>.
- 15) Etant comme le propane, le bio propane peut être conservé sous l'état liquide dans des citernes et transporter ensuite à travers des conduites jusqu'au lieu de son utilisation. Sert principalement à la cuisson, au chauffage et à chauffer l'eau. Cependant, nous trouvons aussi des réfrigérateurs qui sont alimentés par le bio propane, comme il peut aussi servir de carburant pour les voitures <sup>280</sup>.
- 16) Etant donné que le contrôle à distance des différents dispositifs de maison, le contrôle manuel s'impose et prend le relais.
- 17) Les espaces publics doivent être de grandes surfaces pour permettre un rassemblement d'un grand nombre de gens, ils doivent être facilement accessibles par les citoyens à pied ou les intervenants véhiculés, protégés et loin des stationnements automobiles qui peuvent être des obstacles pour l'accès des citoyens et des intervenants comme ils peuvent présenter un danger en cas d'explosions d'automobiles. Identifier un point d'accueil des secours situé à côté de la zone de rassemblement <sup>281</sup>. L'évacuation du public en cas de danger commence au niveau du

---

<sup>277</sup> -Coredem ; Mobilité douce

<http://lexicommon.coredem.info/article88.html>

- Plan directeur cantonal Genève 2030 | Adopté par le Grand Conseil le 20 septembre 2013, promouvoir la mobilité douce, p.193

[http://ge.ch/geodata/SIAMEN/PDCn/PDCn\\_GC\\_03\\_Schema\\_ficheB05.pdf](http://ge.ch/geodata/SIAMEN/PDCn/PDCn_GC_03_Schema_ficheB05.pdf)

<sup>278</sup> Ibid.

<sup>279</sup> City of Kirkland official site, 10 minute neighbourhood analysis.

[https://www.kirklandwa.gov/depart/planning/Topics/10\\_Minute\\_Neighborhood\\_Analysis.htm](https://www.kirklandwa.gov/depart/planning/Topics/10_Minute_Neighborhood_Analysis.htm)

<sup>280</sup> -<https://gazissimo.fr/materiels/qu-est-ce-que-le-gaz-propane>

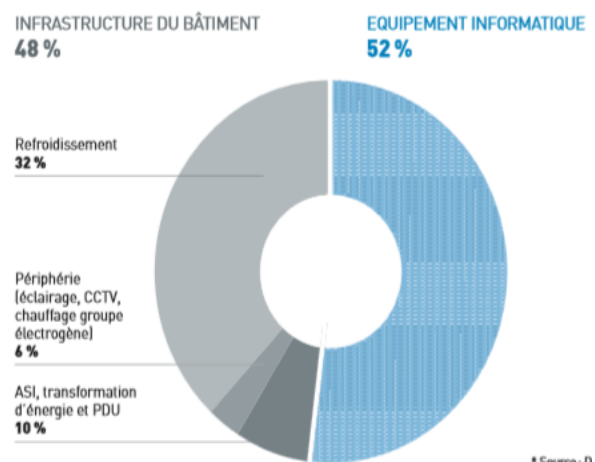
- Primagaz, Le bio propane, une énergie renouvelable nouvelle génération, dossier de presse [En ligne], mars 2018

<sup>281</sup> -Association des maires, des adjoints et de l'intercommunalité des Pyrénées-Orientales, Guide pratique d'organisation des rassemblements, à l'usage des maires et des organisateurs, Préfecture des Pyrénées-Orientales, p.05

domicile ou du lieu de travail, un plan d'évacuation ainsi que les consignes de sécurité doivent être prévus par les spécialistes pour chaque bâtiment (en particulier ceux qui reçoit du public) en prenant en compte toutes les tranches d'âge mais surtout les personnes à mobilité réduite<sup>282</sup>.

**18)** Disposer des bacs à tri dans chaque coin de la ville où les citoyens ramèneraient leurs déchets déjà triés à domicile et les mettre dans les bacs, ils sont aussi priés de respecter les horaires de collecte de déchets. Doter aussi les parcs et les espaces publics des bacs à tri. En ce qui concerne les déchets encombrants (meubles, électroménagers...), les citoyens doivent respecter les horaires de collectes de ce genre de déchets et ne pas encombrer les espaces à tri. Mettre en place des contrôleurs qui condamneraient l'incivilité de quelques personnes<sup>283</sup>.

**19)** Un data center consomme beaucoup d'énergie électrique (un data center de 10 000m<sup>2</sup> consomme l'équivalent d'une ville de 50 000 habitants<sup>284</sup>). De ce fait, il doit être toujours raccordé à un réseau électrique de secours issu d'une énergie renouvelable (solaire, éolienne ou biomasse) qui alimentera les serveurs essentiels lors d'un blackout énergétique.



**Figure 64 :** Taux de consommation de l'énergie électrique dans un data center

Source : data center solutions intégrées ; Le grand ; p 8.

Après les serveurs, le système de refroidissement constitue le 2eme consommateur d'énergie dans un data center. Donc l'utilisation du système de free cooling qui ne consomme pas beaucoup d'énergie est conseillé pour le refroidissement des serveurs. Cette technique consiste à séparer les allées chaudes et froides. L'air froid qui refroidit les serveurs provient de l'extérieur

[http://www.pyrenees-orientales.gouv.fr/content/download/22238/167660/file/Guide%20rassemblements%202018%20\(partie%201\).pdf](http://www.pyrenees-orientales.gouv.fr/content/download/22238/167660/file/Guide%20rassemblements%202018%20(partie%201).pdf)

- Samu-Urgences de France (SUdF) ; Recommandations d'experts, rassemblement de foule et gestion médicale événementielle.

[http://www.samu-urgences-de-france.fr/medias/files/155/794/sudf\\_1407\\_reco\\_rassemblements.pdf](http://www.samu-urgences-de-france.fr/medias/files/155/794/sudf_1407_reco_rassemblements.pdf)

<sup>282</sup> Officiel prévention, sûreté et sécurité au travail, avril 2010

[http://www.officiel-prevention.com/incendie/evacuation-des-personnes/detail\\_dossier\\_CHSCT.php?rub=106&ssrub=114&dossier=204](http://www.officiel-prevention.com/incendie/evacuation-des-personnes/detail_dossier_CHSCT.php?rub=106&ssrub=114&dossier=204)

<sup>283</sup> -ville de Genève, site officiel, tri et recyclage des déchets ménagers

<http://www.ville-geneve.ch/themes/environnement-urbain-espaces-verts/recyclage-dechets-menagers/>

- <https://www.nantesmetropole.fr/pratique/dechets/tri-sac-23189.kjsp>

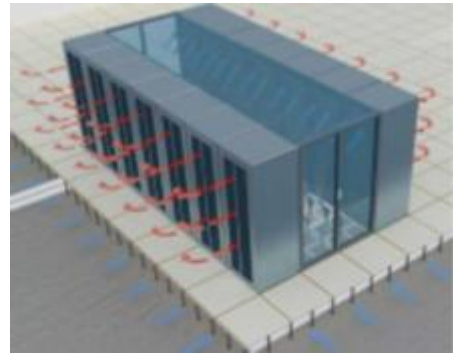
- <http://www.falaise.fr/pratique/proprete/collecte-et-tri-des-emballages-menagers/>

<sup>284</sup> Data center solutions intégrées, Le grand, p08

à travers le plancher et suit un cheminement séparé de celui de l'air chaud provenant des serveurs<sup>285</sup>.

**Figure 65** : système de refroidissement des serveurs « free cooling »

Source : Anthony BARBIER ; 2016 ; p 12



- 20) Aménager des espaces spéciaux d'affichage ou des panneaux interactifs, pour mettre les citoyens au courant des projets les concernant ou des activités des autorités afin de prendre leurs avis à travers les associations et les institutions communautaires.

---

<sup>285</sup> Ibid, p.11-12

-Anthony BARBIER – Ingénieur d'Etudes énergétiques, ENR'CERT ; L'efficacité énergétique dans les data centers, association technique énergie environnementale, novembre 2016, p.12-13