

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme « Le moudjahid Hocine AIT AHMED »

Laboratoire : Ville, Urbanisme et Développement Durable VUDD



Spécialité 2 : Architecture, Ville et Urbanisme Durable

Mémoire de Master recherche

CRITERES DE LOCALISATION ET DE DURABILITE DES DATACENTERS AU SERVICE DE LA VILLE INTELLIGENTE D'ALGER

Présenté par :

Mlle **BENAMARA Meryem**

Encadré par :

Dr **BENALI Nadja**

Devant le jury :

Presidente : Dr BOUALLAG-AZOUÏ O. Maître de conférences à l'EPAU

Examinatrice : Mme TIZOUÏAR O. Maître assistante à l'EPAU

Examinatrice : Mme SMAIL-CHAHBOUN Z. Enseignante associée à l'EPAU

Examineur : Mr DAOUD B. CEO de YOTTA (Bureau d'étude d'aménagement des datacenters)

Rapporteur : Dr BENALI N. Maître de conférences à l'EPAU

Soutenu le : 22 avril 2019

Je dédie ce travail à mes chers parents qui m'ont toujours soutenu jusqu'au bout à mes frères et surtout mon petit frère adoré Youcef, et à mes sœurs : Zineb, Wissam et Soumia.

Remercîments

Je remercie Dieu, le Tout Puissant, le Miséricordieux, qui m'a donné l'opportunité de mener à bien ce travail.

La beauté d'un travail de recherche réside dans le fait que c'est une expérience et parfois une aventure et un plaisir partagés avec d'autres.

C'est avec un grand plaisir que, j'adresse mes sincères remerciements à l'égard de mon encadreur, Mme BENALI, qui n'a ménagée aucun effort pour la bonne réussite de ce travail, pour ces précieux conseils tout au long de mes études, et sa contribution à l'accomplissement de mon mémoire.

Je réserve une pensée spéciale à tous les enseignants de l'école polytechnique d'architecture et d'urbanisme (EPAU) d'El Harrach, à leur tête Mr KAHOUL et Mr SI FODIL, qui ont su nous donner une formation didactique appréciable durant notre cycle d'étude.

Je remercie également très chaleureusement l'ensemble des représentants des organismes qui ont bien voulu m'accueillir et me doter des informations nécessaires à mon travail de terrain, notamment Mr DAOUD et Mr IDER du bureau d'étude YOTTA, Mr KALEM directeur de l'école d'informatique FORMINI, et Mr MADAOUI responsable chez IBM.

J'exprime toute ma gratitude aux membres du jury de ce mémoire, d'avoir accepté d'y participer, contribuer à améliorer cette réflexion et stimuler celle à venir inshallah : Dr. AZZOUÏ-BOUALAG, Mme TIZOUÏAGH, Mme SMAÏL-CHAHBOUN et Mr DAOUD.

Je remercie également ma famille qui m'a encouragé tout au long de mes études, de même que mon entourage proche et mes amis Zineb, Wissam et Soumia.

Enfin, je remercie toute personne ayant contribué de loin ou de près à l'aboutissement de mon mémoire.

Résumé

Depuis la nuit des temps, l'homme n'a jamais arrêté d'innover et de se développer. Aujourd'hui, nous assistons à l'ère du numérique ou la quatrième révolution industrielle (Industrie 4.0), qui conduit des mutations très rapides et des bouleversements nombreux sur les différents secteurs technologique, sociale et économique. Par conséquent, une nouvelle notion d'aménagement urbain et d'organisation des territoires s'appariaient, à savoir l'intelligence de la ville la « smart city » vers laquelle les attentions sont orientées. Cette industrie de numérique implique l'investissement profond dans le domaine des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTICs) comme domaine d'intérêt commun entre les différents acteurs de la ville, dite connectée ou intelligente. Le développement technologique rapide induit l'apparition de nouveaux besoins et de multiples exigences d'usage de l'espace urbain ; un espace qui se base essentiellement sur des objets connectés, d'usager connecté et de socle technique de traitement et de stockage des données partagées.

Dès lors, nous arrivons à notre objet de recherche, celui qui traite cette infrastructure indispensable et incontournable pour le fonctionnement des smart cities, à savoir les « datacenters » ou les « centres de traitements des données ». Une nouvelle infrastructure urbaine à intégrer dans l'aménagement des villes intelligentes. Le « datacenter » consiste en des espaces physiques de stockage et de traitement des données numériques, à 'image d'une grande usine numérique, gourmande en énergie électrique à cause des systèmes de refroidissement nécessaires pour le bon fonctionnement des serveurs. Par ailleurs, cette infrastructure pose d'autre problèmes en termes de localisation dans l'aménagement urbain, au vue de ces exigences multiples et ses caractéristiques sensibles, notamment la connectivité, la sécurité, le foncier, l'accessibilité, les risques naturels et technologiques, ...

Pour répondre à cette problématique du choix judicieux de localisation des datacenters dans l'écosystème urbain, nous avons effectué un travail de recherche qui consiste d'abord à cerner le contexte national et international à travers : la législation et la pratique dans l'aménagement des datacenters, les normes et références mondiales, les critères de localisation des secteurs d'activités et le benchmark des datacenters étrangers. Ce qui nous a permis de concevoir la grille des critères de localisation des datacenters comme outil d'aide à la décision au service du projet d'« Alger smart city » et d'autres villes algériennes.

Mots clés : Datacenter, critères de localisation, smart city, données numériques, écosystème urbain, Alger smart city

Abstract

For nights of time, people has never stopped innovating and developing. Today, we are witnessing and living the digital age or the fourth industrial revolution (Industry 4.0), which is driving a very quick changes and disruptions in various sectors: technological, social and economic. As a result, a new notion of urban planning and organization of territories appeared, namely the intelligence of the city "smart city" towards which attention is directed. This digital industry involves deep investment in the field of new information and communication technologies (NICTs) as an area of common interest between the various actors of the city, called connected or intelligent. Rapid technological development leads to the emergence of new needs and multiple requirements for the use of urban space ; a space that is based essentially on “connected objects”, connected user and a technical base for processing and storing shared data.

Therefore, we come to our research object, which deals with this indispensable and essential infrastructure for the functioning of smart cities, namely “datacenters” or “data processing centers”. A new urban infrastructure integrated into the development of smart cities. The "datacenter" consists of physical storage and digital data processing spaces, like a large digital factory, consuming a great deal of electrical energy because of the cooling systems necessary for the servers to function properly. In addition, this infrastructure poses other problems in terms of location in the urban planning, in view of these multiple requirements and its sensitive characteristics, notably connectivity, security, land accessibility, natural and technological risks ...

To answer this problem of the judicious choice of localization of datacenters in the urban ecosystem. We carried out a research work, which consists first to define the national and international context through legislation and practice in the management of datacenters, global standards and benchmarks, location criteria for business sectors, and the benchmark for foreign datacenters. This allowed us to design the datacenters locations criteria grid as a decision support tool for the Algiers Smart City project and other Algerian cities.

Keywords: Datacenter, location criteria, smart city, digital data, urban ecosystem, Algiers smart city.

ملخص

يشهد العالم الآن العصر الرقمي أو ما يسمى الثورة الصناعية الرابعة {الثورة الصناعية 4.0} وهو ما يقود الى تغييرات سريعة واضطرابات عديدة في مجالات عدة في مختلف القطاعات التكنولوجية، الاجتماعية والاقتصادية. كنتيجة لذلك، نرى الآن ظهور آليات وأفكار جديدة للتخطيط الحضري وتنظيم المناطق نذكر منها المدن الذكية والتي تحظى باهتمام بالغ هاته الأيام في جميع أنحاء العالم.

تتضمن هذه الصناعة الرقمية الحديثة استثمارا كبيرا في مختلف وسائل الاعلام والاتصال كوسيلة مشتركة بين مختلف الأعضاء الفاعلين في صنع المدينة الرقمية أو المتصلة. وفي نفس الوقت، فان التطور التكنولوجي السريع الذي يعرفه عصرنا الحالي يؤدي الى ظهور احتياجات ومتطلبات جديدة عديدة فيما يتعلق بالتخطيط الحضري الذي يتطلب مساحات جديدة تستند بشكل أساسي الى كائنات متصلة، مستخدمين متصلين وقاعدة بياناتية لمعالجة وتخزين البيانات المشتركة.

ومن هذا المنطلق، نصل الى موضوع بحثنا العلمي الذي يتحدث أساسا عن هاته البنية الأساسية التي لا عنى عنها في تشغيل وتحريك المدن الذكية، ما يعرف بمركز البيانات أو مركز معالجة البيانات الرقمية، هاته البنية التحتية التي يراد إدخالها في التخطيط الحضري للمدن الذكية.

مركز معالجة البيانات الرقمية هو عبارة عن مساحة تخزين ومعالجة للبيانات الرقمية، مثله كمثل مصنع رقمي كبير، يستهلك قدرا كبيرا من الطاقة وذلك يرجع الى مكيفات الهواء الضخمة التي تعمل على تبريد الخوادم لتضمن استمرارية عملها بالشكل الصحيح. من جهة أخرى، يطرح مركز معالجة البيانات الرقمية مشكلات أخرى من ناحية تموضعه في التخطيط الحضري للمدن وهذا يرجع الى كونه يتطلب خصائص عديدة وحساسة خاصة من الناحية الأمنية، المخاطر الطبيعية والتكنولوجية، إمكانية الوصول اليه وتوفير الأراضي المتاحة لتموضعه.

ولللإجابة على هاته الإشكالية المتمثلة في الاختيار الحكيم لتموضع وتوطين مركز البيانات، قمنا بإجراء هذا البحث العلمي الذي يبدأ أولا بتحديد السياق الوطني والدولي من خلال: التشريعات والممارسات في إدارة مراكز البيانات، المعايير والمقاييس العالمية ومعايير التموقع الخاصة بقطاعات الأعمال والمعايير لمراكز البيانات الأجنبية. سمح لنا ذلك بتصميم شبكة معايير تموقع مركز البيانات كأداة لدعم اتخاذ القرار لمشروع مدينة الجزائر الذكية والمدن الجزائرية الأخرى.

الكلمات المفتاحية: مركز معالجة البيانات، معايير التموقع، المدينة الذكية، بيانات رقمية، النظام الحضري، مدينة

الجزائر الذكية.

Table des matières

Résumé	III
Liste des figures	IX
Liste des tableaux	XI
Liste des abréviations	XII
INTRODUCTION GENERALE	01
Contexte et intérêt de la recherche	02
Problématique de la recherche	07
Objectifs et hypothèses	07
Méthodologie et structure du mémoire	08
PARTIE I : CADRE THEORIQUE ET MISE EN CONTEXTE : LE DATACENTER, INFRASTRUCTURE ESSENTIELLE DE LA SMART CITY	14
Chapitre 01 : Smart city et ses infrastructures: Définitions	15
Introduction	15
1.1 Smart city et ses facteurs	16
1.1.1 Smart city : Contexte d'apparition	16
1.1.2 Domaines de la smart city	18
1.1.3 Les TICs, cœur de la smart city	20
1.2 Flux numériques	21
1.2.1 Le numérique, l'épine dorsale de la ville intelligente	21
1.2.2 Données numériques	22
1.3 Datacenter : De quoi parle-t-on ?	23
1.3.1 Explosion des données numériques	24
1.3.2 Apparition et définition des datacenters	25
1.3.3 Caractéristiques des datacenters : classification, typologie	30
1.4 Ecosystème urbain	35
1.4.1 Définition de l'écosystème urbain	36
1.4.2 Le datacenter dans l'écosystème urbain	36
Conclusion	38
Chapitre 02 : Cadre normatif et juridique de la localisation des datacenters	39
Introduction	39
2.1 Datacenters dans le contexte algérien	40
2.1.1 Cadre législatif des datacenters en Algérie	40
2.1.2 Les datacenters dans la pratique algérienne	43

2.2	Normes et Références des datacenters dans le monde	44
2.2.1	Club des Responsables d'Infrastructures et de Production-CRIP (2009)	44
2.2.2	Groupe régional Partner (2009)	46
2.2.3	Groupe Caisse des Dépôts (2015)	46
2.2.4	Schneider Electric ITB (2011)	47
2.2.5	Syntec-numerique (2011)	48
2.2.6	Cercle de Réflexion et d'Etude pour le Développement de l'Optique- CREDO (2015)	48
2.2.7	Clubs des Responsables d'Infrastructures et de Production-CRIP (2010)	49
2.3	Classification et critères de localisation des datacenters dans les secteurs d'activités	50
2.3.1	Classification des datacenters dans les secteurs d'activités	50
2.3.2	Critères de localisation des activités : industries, services et tertiaire lourd .	55
	Conclusion	66
	Conclusion de la première partie	67
 PARTIE II : CADRE ANALYTIQUE ET PRATIQUE : CONSTRUCTION ET APPLICATION DE LA GRILLE DES CRITERES DE LOCALISATION DE DATACENTERS		68
 Chapitre 03 : Analyse et benchmark des exemples de datacenters étrangers		69
	Introduction	69
3.1	Analyse des datacenters à l'échelle internationale	70
3.1.1	Datacenter et les exigences énergétiques	70
3.1.2	Datacenter et les exigences de connectivité	75
3.1.3	Datacenter et les conditions météorologiques	88
3.1.4	Datacenter et autres exigences secondaires	93
3.2	Benchmarking des datacenters analysés	98
	Conclusion	100
 Chapitre 04 : Construction et application de la grille des critères de localisation des datacenters		101
	Introduction	101
4.1	Construction de la grille des critères de localisation des datacenters	102
4.1.1	Présentation de la grille des critères de localisation des datacenters	102
4.2	Etat des lieux des datacenters en Algérie et à Alger	106
4.2.1	Stratégies du projet Alger smart city	106
4.2.2	Hébergement des données numériques en Algérie	108
4.2.3	Les datacenters à Alger	109
4.3	Application de la grille des critères de localisation des datacenters sur les deux cas d'étude	110
4.3.1	Application pratique de notre grille pour l'évaluation du site de localisation d'un datacenter existant (Datacenter d'ELIT à Gué de Constantine, Alger) .	110

4.3.2 Application pratique de notre grille pour le choix de site d'implantation d'un projet de datacenter (datacenter d'EADN à Lakhdaria, Bouira)	115
4.3.2 Discussion des résultats	119
Conclusion	122
Conclusion de la deuxième partie	123
 CONCLUSION GENERALE	 124
Synthèse des résultats	125
Limites de la recherche	128
Perspectives de recherche	128
 BIBLIOGRAPHIE	 130
 ANNEXES	 I
Annexe I : Tableau de classification des datacenters dans le secteur d'activités industrielles	II
Annexe II : Tableau de classification des datacenters dans le secteur d'activités des services	XXIII

Liste des figures

Figure 01 :	Expansion de l'univers numérique	03
Figure 02 :	Démarche méthodologique de construction de la grille des critères de localisation des datacenters	09
Figure 03 :	Schéma de structure du mémoire	12
Figure 04 :	Protocole de recherche de notre objet de recherche	13
Figure 05 :	Les six piliers de la ville intelligente selon Giffinger	18
Figure 06 :	The smart city wheel	19
Figure 07 :	Socle technique de la ville numérique	24
Figure 08 :	Croissance des objets connectés dans le monde	25
Figure 09 :	L'intérieur de datacenter Mesa d'Apple aux Etats Unis	26
Figure 10 :	Modélisation prototype de datacenter	27
Figure 11 :	Vue d'ensemble sur le datacenter Microsoft en France	28
Figure 12 :	Évolution du trafic supportés par les datacenters de 2015 à 2018 en zettaoctets	29
Figure 13 :	Cartographie mondiale des objets connectés réalisée par le moteur Shodan, 2014	29
Figure 14 :	Schéma des flux d'énergie électrique dans un datacenter	32
Figure 15 :	Répartition approximative des consommations d'électricité dans un datacenter d'après EPA	32
Figure 16 :	Trois dimensions complémentaires et interactives de l'organisme urbain	35
Figure 17 :	Article 5 de chapitre 3 du JO.06 du 10 février 2015	41
Figure 18 :	Article 4 de l'arrêté interministériel du 23 mai 2017	41
Figure 19 :	Article 32 de l'Ordonnance 10-01 du 26 aout 2010	43
Figure 20 :	Processus de choix de site d'implantation des datacenters selon Benac et al (2015)	47
Figure 21 :	Deux catégories des risques pouvant perturber le fonctionnement d'un DC selon Syntec numérique	48
Figure 22 :	Classification des datacenters dans les secteurs d'activités	54
Figure 23 :	Deux grands facteurs de localisation des industries selon Mérenne-Schoumaker	56
Figure 24 :	Trois grands critères de localisation des services selon Mérenne-Schoumaker	60
Figure 25 :	Datacenter GRA à Graveline	71
Figure 26 :	Situation du datacenter GRA à proximité de la centrale nucléaire.....	71
Figure 27 :	Datacenter BHS1 à Beauharnois	72
Figure 28 :	Situation de BHS1 à proximités des sources énergétiques	73
Figure 29 :	Datacenter Saclay à Marcoussis	74
Figure 30 :	Datacenter TH2 à Paris Voltaire	76
Figure 31 :	Datacenter TH3 à Magny-les-Hameaux	77
Figure 32 :	Datacenter Limonest à Limonest	79
Figure 33 :	Datacenter PA3 à Saint Denis	80
Figure 34 :	Datacenter PA4 à Pantin	81
Figure 35 :	Datacenter Rock à Lyon	82
Figure 36 :	Datacenter d'Etix Everywhere à La Plaine image	83
Figure 37 :	Situation de Lille de France dans les grandes villes européennes	83
Figure 38 :	Datacenter MRS1 à Marseille	85
Figure 39 :	Datacenter MRS2 à Marseille	85
Figure 40 :	Datacenter MRS3 à Marseille	85
Figure 41 :	Situation des trois DC d'Interxion dans la zone portuaire de Marseille	86

Figure 42 :	Datacenter Marilyn à Champs-sur-Marne	87
Figure 43 :	Datacenter Normandie à Val-de-Reuil	88
Figure 44 :	Système de fonctionnement de free cooling au sein de Normandie	89
Figure 45 :	Parcelle de datacenter Normandie dans la zone de Pharmaparc II Val-de-Reuil	90
Figure 46 :	Datacenter Natick de Microsoft	91
Figure 47 :	Datacenter Deepdata à Champs-sur-Marne	92
Figure 48 :	Galeries souterraines Saumuroises	93
Figure 49 :	Datacenter BHS4 à Strasbourg	94
Figure 50 :	Situation du DC BHS4 dans le bassin de l'industrie	94
Figure 51 :	Datacenter de 1&1 à Karlsruhe	95
Figure 52 :	Datacenter flottant de Google	96
Figure 53 :	Schéma expliquant le système de refroidissement et de production d'énergie à partir des courants marins	97
Figure 54 :	Situation géographique du datacenter d'ELIT à Gué de Constantine	110
Figure 55 :	Situation géographique du datacenter d'EADN dans la station spatiale de Lakhdoria	115

Liste des tableaux

Tableau 01 :	Spécifications générales des niveaux de disponibilité selon l'Uptime Institute	33
Tableau 02 :	Trois modèles techniques de Cloud Computing	42
Tableau 03 :	Grille d'évaluation des datacenters en Algérie, élaboré par le bureau d'étude YOTTA	44
Tableau 04 :	Critères de localisation des datacenters selon le CRIP	45
Tableau 05 :	Recommandations de choix de site d'implantations des DC selon le CRIP (2010)	49
Tableau 06 :	Classification des datacenters selon la NACE-BEL (2008)	50
Tableau 07 :	Activités de la sous-classe « Traitement de données, hébergement et activités connexes » selon NACE-BEL (2008)	51
Tableau 08 :	Classification des datacenters selon la CITI Rev.4 2009	51
Tableau 09 :	Activités de la sous-classe « Traitement de données, hébergement et activités connexes » selon la CITI Rev.4 (2009)	52
Tableau 10 :	Classification des datacenters selon la ANZSIC 2006	53
Tableau 11 :	Classification des datacenters selon le SCIAN Version 3.0 2017	54
Tableau 12 :	Les trois cas de déplacement (liens) entre client et fournisseur	60
Tableau 13 :	Tableau récapitulatif des critères de localisation des sources théoriques	64
Tableau 14 :	Fiche technique du datacenter GRA à Graveline, France	71
Tableau 15 :	Fiche technique du datacenter BHS1 à Beauharnois, Canada	72
Tableau 16 :	Fiche technique du datacenter Saclay à Marcoussis, France	74
Tableau 17 :	Fiche technique du datacenter TH2 à Paris Voltaire, France	76
Tableau 18 :	Fiche technique du datacenter TH3 à Magny-les-Hameaux, France	77
Tableau 19 :	Fiche technique du datacenter Limonest à Limonest, France	79
Tableau 20 :	Fiche technique du datacenter PA3 à Saint Denis, France	80
Tableau 21 :	Fiche technique du datacenter PA4 à Pantin, France	81
Tableau 22 :	Fiche technique du datacenter Rock à Lyon, France	82
Tableau 23 :	Fiche technique du datacenter d'Etix Everywhere à La Plaine image ..	83
Tableau 24 :	Fiche technique du datacenter MRS1 à Marseille, France	85
Tableau 25 :	Fiche technique du datacenter MRS2 à Marseille, France	85
Tableau 26 :	Fiche technique du datacenter MRS3 à Marseille, France	85
Tableau 27 :	Fiche technique du datacenter Céleste à Champs-sur-Marne, France ...	87
Tableau 28 :	Fiche technique du datacenter Normandie à Val-de-Reuil, France	88
Tableau 29 :	Fiche technique du datacenter Natick, Ecosse	91
Tableau 30 :	Fiche technique du datacenter Deepdata, France	92
Tableau 31 :	Fiche technique du datacenter BHS4 à Strasbourg, France	94
Tableau 32 :	Fiche technique du datacenter 1&1 à Karlsruhe, Allemagne	95
Tableau 33 :	Fiche technique du datacenter 1&1 à Hanau, Allemagne	95
Tableau 34 :	Tableau récapitulatif des critères de localisation des datacenters analysés	98
Tableau 35 :	Grille des critères de localisation des datacenters	103
Tableau 36 :	Application pratique de notre grille pour l'évaluation du site de localisation du datacenter d'ELIT à Gué de Constantine, Alger	112
Tableau 37 :	Application pratique de notre grille pour le choix de site d'implantation du datacenter d'EADN à Lakhdaria, Bouira	116
Tableau 38 :	Classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) Canada 2017 version 3.0	II
Tableau 39 :	Classification des datacenters selon la ANZSIC 2006	V

Liste des abréviations

ANZSIC	: Australian and New Zealand Standard Industrial Classification
APRR	: Autoroutes Paris Rhin Rhône
ARPT	: Agence de régulation des postes et télécommunication
CITI	: Classification Internationale Type des Industries
CREDO	: Cercle de Réflexion et d'Etude pour le Développement de l'Optique
DC	: Datacenter
EADN	: Entreprise d'Appui au Développement Numérique
ELIT	: El Djazair Information Technology
EMEC	: Européen Marine Ennery Centre
EPAU	: Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme
ESI	: Ecole Supérieure d'Informatique
FAUDTIC	: Fonds d'Appropriation des Usages et du Développement des Technologies de l'Information et de la Communication
IaaS	: Infrastructure en tant que Service
IDC	: International Data Corporation
IOT	: Internet Of Things
NACE-BEL	: Nomenclature des Activités Economiques dans la Communauté Européenne
NTIC	: Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication
OCDE	: Organisation de coopération et de développement économiques
OVH	: On Vous Héberge
PaaS	: Plateforme en tant que Service
PCA	: Plans de Continuité d'Activité
PRA	: Plan de Reprise d'Activités
PUE	: Power Usage Effectiveness
RNDC	: Natural Resources Defense Council
SaaS	: Service en tant que Service
SCIAN	: Système de Classification des Industries de l'Amérique du Nord
THT	: Très Haute Tension
TIC	: Technologies de l'Information et de la Communication
USTHB	: Université des Sciences et de la Technologies Houari-Boumediene
ZAC	: Zone d'Aménagement Concerté

INTRODUCTION GENERALE

La quatrième révolution industrielle ne ressemble à rien de ce que l'humanité a connu par le passé. Avec les nouvelles technologies, la fusion des mondes physique, numérique et biologique porte autant de promesses que de dangers potentiels. Par sa rapidité et sa globalité, cette révolution nous oblige à repenser notre politique, notre économie, et le sens même de notre humanité.

(Schwab, 2017)

Contexte et intérêt de la recherche

Klaus Schwab (Even, 2018) explique qu'il y a déjà eu 3 révolutions industrielles : la 1^{ère} révolution de 1760 à 1840 comme l'inauguration de la production mécanisée par l'avènement de la machine à vapeur et que la fin de 19^{ème} siècle était marqué par l'apparition de la production de masse comme 2^{ème} révolution grâce à l'électricité et les chaînes de montages ; dans les années 1960, l'émergence de l'informatique a donné naissance à la 3^{ème} révolution industrielle (Even, 2018).

Ce même économiste estime que la 4^{ème} révolution industrielle démarre à la fin du 20^{ème} siècle avec l'universalité d'internet et le développement de l'intelligence artificielle, cette nouvelle révolution implique des changements profonds et systémiques et une diffusion beaucoup plus rapide et mondialisée que les précédentes, d'où la nécessité de s'intégrer et d'être à jour avec celle-ci (Even, 2018).

La banque Morgan Stanley avait prévu plus de 75 milliards d'objets connectés qui seront déployés dès 2018 à l'échelle mondiale (Texier, 2018). En 2020, les données numériques créées dans le monde s'élèveront à plus de 44 zétta-octets (Fig.01) ; pour rappel, le volume quotidien de données créé au niveau mondial en 1992 était de 100 giga-octets (Jolie, 2017), donc une évolution faramineuse de 44.10^{10} fois plus.

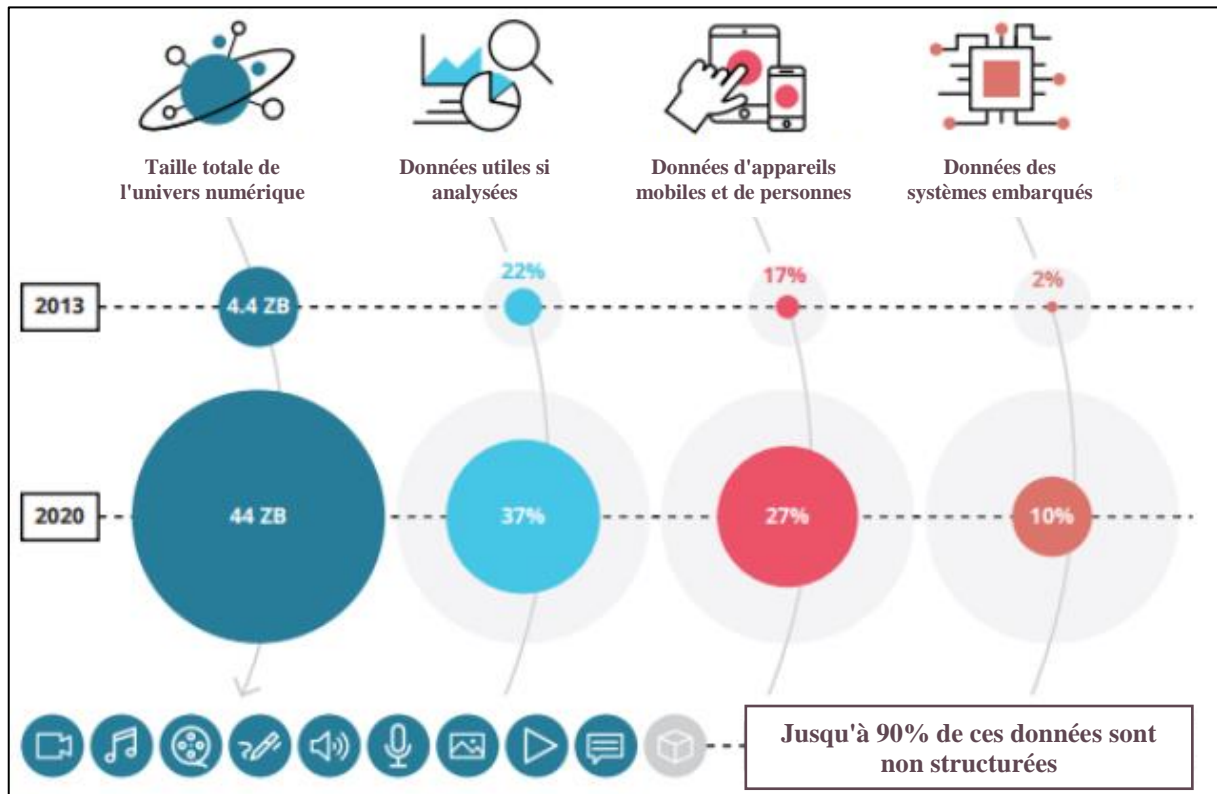


Figure 1: Expansion de l'univers numérique
(Source : Auteur, 2019 depuis Jolie, 2017)

A l'échelle mondiale, une grande problématique est apparue dans tous les pays du monde qui adoptent ou souhaitent adopter cette quatrième révolution numérique, précisément dans les projets de smart city. Il s'agit de la question de la collecte, du stockage, de la cyber sécurité (sécurité des données échangées) et surtout de la gestion de ce futur tsunami digital. Richard et Duguay directeurs de la commission de l'enseignement supérieur des Provinces maritimes (CESPM), s'accordent que ce nouvel aspect « d'entrepôt de données » qui est le « datacenter », est l'entrepôt dans lequel vont être déversées et collectées toutes sortes de données issues des nouvelles infrastructures (CESPM, 2016).

A l'instar d'autres villes et capitales du monde, la wilaya d'Alger a lancé le nouveau méga projet d'« Alger Smart City », en publiant un appel à collaborations afin de solliciter les informations et commentaires des différents acteurs de la chaîne de valeur Smart City en 06 juin 2017 (wilaya d'Alger, 2017).

Ce nouveau concept de la ville intelligente a fait son tour tout autour de la planète. Selon Caragliu et *al* (2011), « une ville est dite intelligente lorsque les investissements dans le capital humain, le capital social et les infrastructures classiques et modernes permettent une croissance économique durable, une meilleure qualité de vie et une gestion saine des ressources naturelles, à travers une gouvernance participative ». En outre, Horrisson et *al* (2010) affirment qu'une

ville intelligente est celle qui crée l'intelligence collective à partir de la mise en relation des infrastructures suivantes : l'infrastructure physique, l'infrastructure de l'information technologique, l'infrastructure sociale, et l'infrastructure commerciale.

A partir de ces deux définitions, on peut conclure que cette nouvelle ville dite intelligente apparue avec la révolution numérique et des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC), repose sur la donnée numérique comme clé de partage entre les différents acteurs physiques et humains de la ville.

A Alger, cette donnée numérique était le centre d'intérêt de plusieurs événements en 2018, où les différents acteurs du projet « Alger smart city » s'accordent sur la question de collecte et gestion des données entre appareil et usagers connectés. Dès lors, un premier questionnement s'apparait : Après la mise en place de ces différents objets connectés dans l'aménagement urbain de la capitale algéroise, **quelle infrastructure sera chargée de collecter les données produites par ces objets intelligents, ensuite les stocker et les traiter, et surtout les gérer ?**

En effet, cette nouvelle ville intelligente engendre de nouvelles fonctions urbaines : la gouvernance intelligente, la mobilité intelligente, l'économie intelligente, l'environnement intelligent, l'habitat intelligent et le citoyen intelligent (Simard, 2015). A titre d'exemple, le commerce 2.0 ou le e-commerce a pu s'introduire par un premier pas législatif dans nos villes algériennes, où l'activité a déjà connu un développement notable en Algérie en tant que des sites d'achat en ligne (Amokrane, 2018). D'après cette même source, Tekkour explique que le commerce électronique nécessite un texte de loi et la mise en ligne des sites web hébergés en Algérie. Le texte de loi est effectivement adopté et régie en loi n° 18-05 du 10 mai 2018 (JO.28 du 26 mai 2018). Alors que l'hébergement des données pose une grande problématique parce que la plupart des sites algériens sont hébergés à l'étranger. A partir de cette problématique, le projet « Alger smart city » risque d'être un projet mort-né qui n'a pas une base numérique sur laquelle il se repose, dans laquelle il stocke et gère son « Open Data »¹ ou « Big Data »² (Amokrane, 2018).

¹ « Une **donnée ouverte** est une donnée qui peut être librement utilisée, réutilisée et redistribuée par quiconque - sujette seulement, au plus, à une exigence d'attribution et de partage à l'identique » (Galoul, 2015)

² Big data, **méga-données**, grosses données ou encore **données massives**, il s'agit d'un « ensemble très volumineux de données qu'aucun outil classique de gestion de base de données ou de gestion de l'information ne peut vraiment travailler...Ce sont les informations provenant de partout » (Le Big data, s.d.)

Cet « Open data » est l'une des notions principales de la ville intelligente. Les nouveaux services intelligents proposés par la ville d'Alger reposent sur la collecte massive de données à partir de tous les éléments connectés repartis dans cette ville, de façon continue ou ponctuelle. Donc cet « Open Data » constitue un levier essentiel, à la fois pour la transformation ou la création d'une nouvelle ville intelligente » (Hub Smart city, 2018). La concrétisation de cet « Open Data » développe un programme de Datacenter comme une nouvelle infrastructure urbaine importante.

Un Datacenter ou « Centre de traitement des données » est défini comme un bâtiment nécessaire à intégrer dans la politique d'urbanisation, c'est un élément essentiel du fait de son double rôle, d'abord le rôle de traitement et de stockage de l'information, et aussi le rôle d'agrégateur de données numériques (Lanna, 2018). En effet, ce même auteur affirme que cette nouvelle infrastructure est assez nécessaire et importante à intégrer dans la nouvelle architecture de la ville intelligente, connectée et durable.

Cette nouvelle infrastructure -le datacenter- est par ailleurs un immense consommateur d'énergie. Planetoscope Statistiques estime que la consommation de ces datacenters représente 4% de la consommation énergétique mondiale en 2015, dont elle revient en 40 à 50% à la climatisation et les systèmes de refroidissement (Planetoscope, s.d.).

Le critère le plus important dans un projet de création d'un datacenter est sa localisation sur le territoire. Coulon (2012) définit les exigences du cahier des charges de cette localisation comme suit :

- Minimisation des risques naturels, industriels ou sociaux ;
- Source d'énergie électricité et efficacité des télécommunications, disponibilité, redondance, délai de raccordement ;
- Coûts de l'énergie ;
- Proximité des datacenters pour limiter les coûts liés à la distance ;
- Exclusion de la présence d'un même risque sur deux emplacements de deux sites en tandem ;
- Desserte des sites, transports, hébergement, distance entre sites ;
- Bassin d'emploi et présence des partenaires technologiques ;
- Qualité de l'accueil des collectivités locales ;
- Contraintes juridiques liées à la législation du lieu d'implantation.

En effet, les exigences d'un bon fonctionnement des datacenters peuvent être regroupées dans : la grande consommation énergétique (électricité et eau), l'excellente accessibilité au réseau internet, une grande surface du foncier avec prix abordable et la prévention contre les risques naturels et technologiques notamment les incendies.

Reynaud (2017) définit la ville intelligente comme une ville numérique, connectée qui fait référence au modèle de la smart city, celui de répondre au double objectif de satisfaire les nouveaux besoins des citoyens connectés en mettant à leur disposition des services adaptés, et de rendre la ville plus gérable pour ses administrateurs. Cette ville intelligente repose selon le même auteur sur 3 piliers fondamentaux :

- Le **citoyen**, comme une partie intégrante du système d'information numérique, elle est connectée aux services de la ville d'une façon permanente grâce à des terminaux mobiles ou intelligents ;
- Les **objets connectés**, qui collectent et agrègent en temps réel les données de leurs utilisateurs ;
- Les **datacenters**, où sont entreposées et traitées ces données numériques.

En citant ces trois piliers fondamentaux, il est beaucoup plus clair que la question qui se pose en Algérie et précisément à la métropole algéroise est celle de cette nouvelle infrastructure intelligente : **le datacenter**.

Les datacenters en Algérie se comptent facilement et rapidement, ils sont présents d'une manière très timide, on cite par exemple : Un à Oran, celui d'Issal (fournisseur de service cloud), et deux à Alger : celui du centre de recherche sur l'information scientifique et technique (CERIST, rattaché au ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche scientifique), et enfin celui de cyber Parc de la nouvelle ville de Sidi Abdellah. Ce dernier a une superficie inférieure à 100 m² hébergeant qu'une centaine de clients algériens.

La ministre de la poste et des technologies de l'information et de la communication, a annoncé en octobre 2017 le lancement d'un datacenter de dimension et références internationales qui sera implanté à la ville de Lakhdaria dans la wilaya de Bouira.

Problématique de la recherche

A partir de cette mise en contexte concernant la ville intelligente et ses nouvelles fonctions et infrastructures urbaines, notamment le datacenter qui constitue un des trois piliers fondamentaux de la ville intelligente et l'objet principal de notre recherche.

Nous nous posons la première question de notre problématique générale comme suit :

- Comment intégrer la nouvelle infrastructure numérique des datacenters dans l'aménagement urbain de nos futures villes intelligentes pour une meilleure gestion des données et une intégration urbaine durable dans l'écosystème intelligent ?

À la suite de cette problématique générale, d'autre question se pose à nous autour de la localisation et de l'impact de ces datacenters dans la ville intelligente :

- Quels sont les critères du choix de la localisation des datacenters dans un territoire urbain intelligent ?

Objectifs et hypothèses

Notre recherche s'inscrit dans une perspective d'intégration d'une nouvelle infrastructure dans la ville intelligente qui est le « datacenter », et particulièrement pour le cas du projet d'Alger smart city, en se focalisant sur son fonctionnement entre objet connecté-citoyen et surtout son impact spatial sur l'aménagement urbain de la ville. Ainsi, l'objectif de la présente recherche se définit comme suit :

- Démontrer que le datacenter est une nouvelle infrastructure nécessaire et essentielle à intégrer dans la planification de nos villes intelligentes ;
- Identifier et analyser les besoins et les exigences des datacenters en termes d'implantation dans le territoire urbain ;
- A partir des exigences d'implantation identifiées, concevoir une grille de critères d'aide à la décision et l'implantation des datacenters.

Avec l'avènement du nouveau concept de la nouvelle ville intelligente, l'utilisation de la donnée numérique devient de plus en plus importante, passant par un processus de collecte, de traitement ensuite de stockage de l'information à partir des objets connectés utilisés par l'homme jusqu'aux datacenters. Cette nouvelle infrastructure intelligente énergivore exige des lieux d'implantation spécifiques à cause de ces besoins et conditions de fonctionnement. Afin

de répondre aux questions posées dans notre problématique, nous nous sommes permis d'avancer les deux hypothèses suivantes :

Première hypothèse : Le datacenter, une infrastructure indispensable à la ville intelligente, qui a des exigences particulières de localisation dans le territoire urbain.

Deuxième hypothèse : Les datacenters sont des infrastructures énergivores et coûteux qui présentent des risques et même des potentiels que leur localisation doit impérativement tenir compte.

Méthodologie et structure de la recherche

Pour répondre aux objectifs énoncés et afin de vérifier nos hypothèses, une méthodologie multiple a été envisagée. Notre méthodologie d'élaboration de la grille des critères de localisation des datacenters (Fig.02) a pour objectif de tracer le tableau récapitulatif de toute la recherche élaborée, et qui sert à une grille des critères pour le choix et l'évaluation de la localisation des centres de traitement des données. Cette démarche se base sur les étapes suivantes :

- Définir les différents critères de localisation des datacenters à travers la législation algérienne et les organismes responsables ou qui sont dans le domaine de l'aménagement des datacenters en Algérie, notamment le bureau d'études d'aménagement des datacenters (YOTTA) ;
- Définir les différents critères de localisation des datacenters à travers les normes, les références et les expériences internationales, et aussi les multiples groupes et associations mondiaux qui codifient et traitent la problématique de choix de site d'implantation de ces bâtiments ;
- Définir les différents critères de localisation des datacenters à travers les facteurs de localisation des secteurs d'activités industrielles, des services et de tertiaire lourd, dont lesquels cette infrastructure appartient ;
- Analyser des exemples de datacenters étrangers dont ils ont des critères de choix de localisation différents pour pouvoir bien cerner la problématique, voir l'impact de choix de localisation de cette infrastructure urbaine sur son fonctionnement, efficacité et sa rentabilité. Enfin, déterminer le maximum de facteurs de localisation et surtout ceux qui ont un poids lourd dans le choix des site d'implantation ;

- Combiner et fusionner d'une manière interactive tous les résultats tirés précédemment pour ce qui concerne la localisation des datacenters (législation et pratique algériennes, normes et références internationales, localisation des activités (industries, services et tertiaire lourd) et l'analyse des exemples de localisation des datacenters étrangers) de chapitre 02 et 03 ;
- Tracer le tableau récapitulatif de toute cette recherche, qui sert comme grille de choix et d'évaluation de site d'implantation des datacenters.

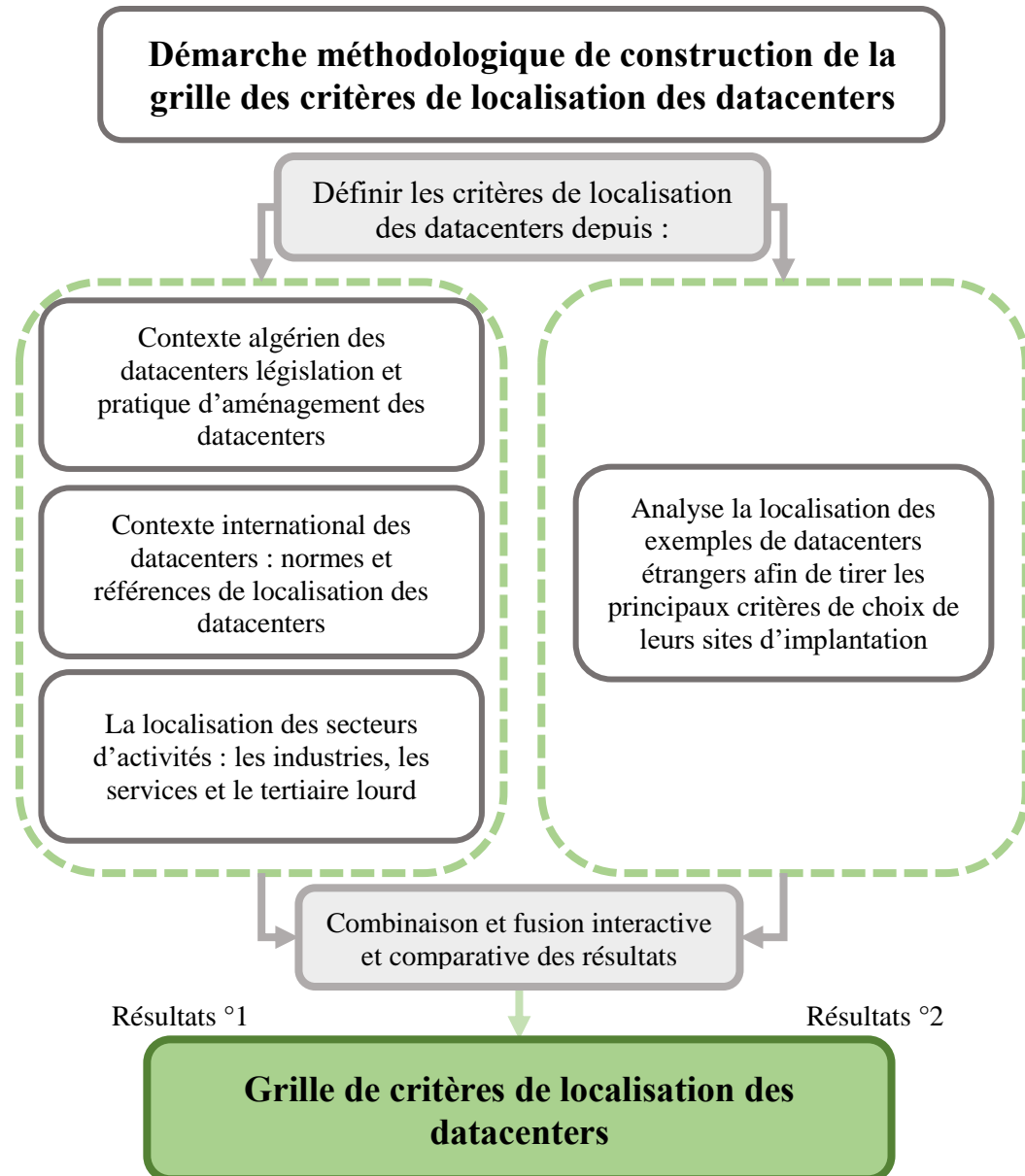


Figure 2 : Démarche méthodologique de construction de la grille des critères de localisation des datacenters

(Source : Auteur, 2019)

En conséquent, ce travail est organisé en deux parties, précédé par une introduction générale à la recherche. Ces deux parties constituent un enchaînement depuis la théorie à l'empirique.

La première partie constitue l'étape théorique. Cette partie traite basée sur une recherche documentaire bibliographique et webographique, qui traite le contexte général de l'objet de recherche. Composée de deux (2) chapitres, dont le premier repose sur une recherche bibliographique et webographique sur les notions et les concepts clés relatifs au thème de la recherche (datacenter), le deuxième chapitre est consacré à la mise en contexte nationale et internationale des datacenters à savoir : la législation algérienne, les normes et les références mondiales et les critères de localisations de l'activité relative à notre sujet. Cette partie vise à comprendre la situation et l'impact de datacenter sur l'écosystème urbain et construire une première base de critères et des exigences de sa localisation.

La deuxième partie est analytique et empirique, ayant recours au travail d'enquête sur terrain. Cette deuxième partie est constituée également de deux (2) chapitres. Dans un premier lieu, nous allons analyser un ensemble d'exemples de datacenters étrangers, visant à faire ressortir les critères de leur localisation. En deuxième lieu, nous allons construire la grille des critères de localisation des datacenters à partir des différentes informations théoriques et analytiques tirées dans les chapitres précédents. Ensuite cette grille va être appliquer sur deux cas : il s'agit d'évaluer la localisation d'un datacenter existant d'une part, et d'évaluer le choix de site d'implantation d'un projet de datacenter d'autre part, afin de pouvoir mieux comprendre le site, en profitant de ses potentialités et évitant / minimisant ses risques pour un bon fonctionnement de l'infrastructure et une bonne intégration durable dans l'écosystème urbain. Enfin, nous allons discuter et analyser les résultats obtenus, et finalement la conclusion générale de la recherche.

Notre travail utilisera une méthode qualitative se basant sur une enquête de terrain, utilisant des outils méthodologiques notamment l'observation directe et l'entretien semi-directif ciblé comme outils de collecte de données auprès des spécialistes dans le domaine de notre recherche, à savoir :

- D'une part, les différents acteurs concernés par le projet d'Alger smart city, il s'agit notamment de la cellule du projet d'Alger smart city à la wilaya d'Alger ;

- Le ministère de la poste et des technologies de l'information et de la communication ;
- Bureau d'étude d'aménagement et de conception des datacenters YOTTA ;
- Chercheurs et spécialistes dans le domaine des datacenters : responsables de datacenters, chercheurs de l'université des sciences et de la technologies Houari-Boumediene (USTHB) et l'école supérieure d'informatique (ESI) ;
- D'autre part, par la visite de quelques datacenters avec comme outil l'observation directe, et l'entretien semi-directif avec les gestionnaires de ces datacenters. Il est question du datacenter de Sidi Abdellah et d'Algérie Telecom à Benaknoun.

De même, il faut noter que notre grille des critères de choix et d'évaluation de site d'implantation des datacenters a une échelle d'application globale, dont faute de temps, on a fusionné l'ensemble des critères identifiés dans une seule grille.

Notre objet de recherche présente un certain caractère de confidentialité, ce qui nous a posé des obstacles en termes de collecte de données, surtout pour le recensement des datacenters existants à Alger, et même les projets programmés.

La structure et l'enchaînement du mémoire sont résumés dans le schéma de structure (Fig.03) et le protocole de recherche (Fig.04) ci-après :

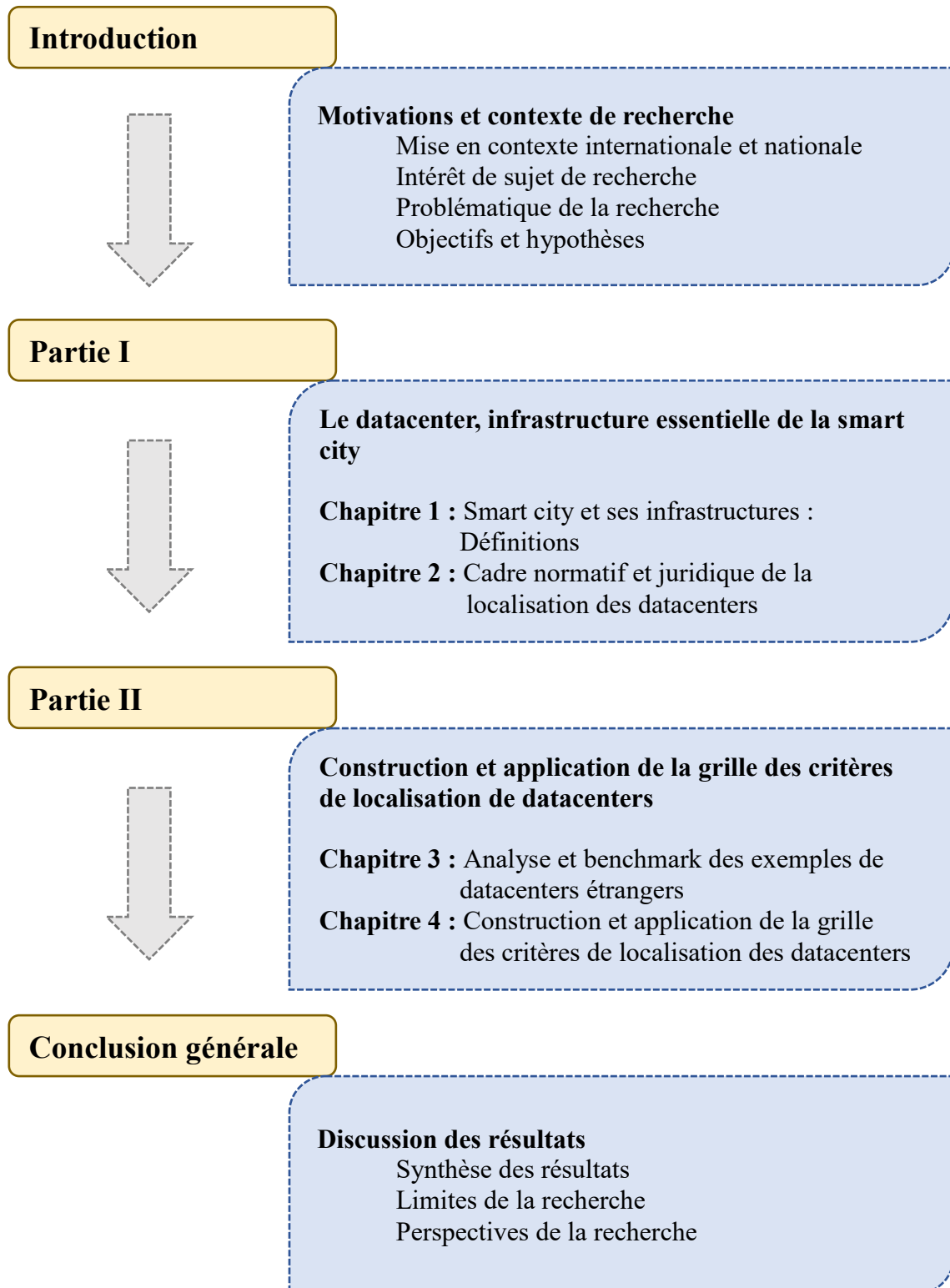


Figure 3 : Schéma de structure du mémoire
(Source : Auteur, 2019)

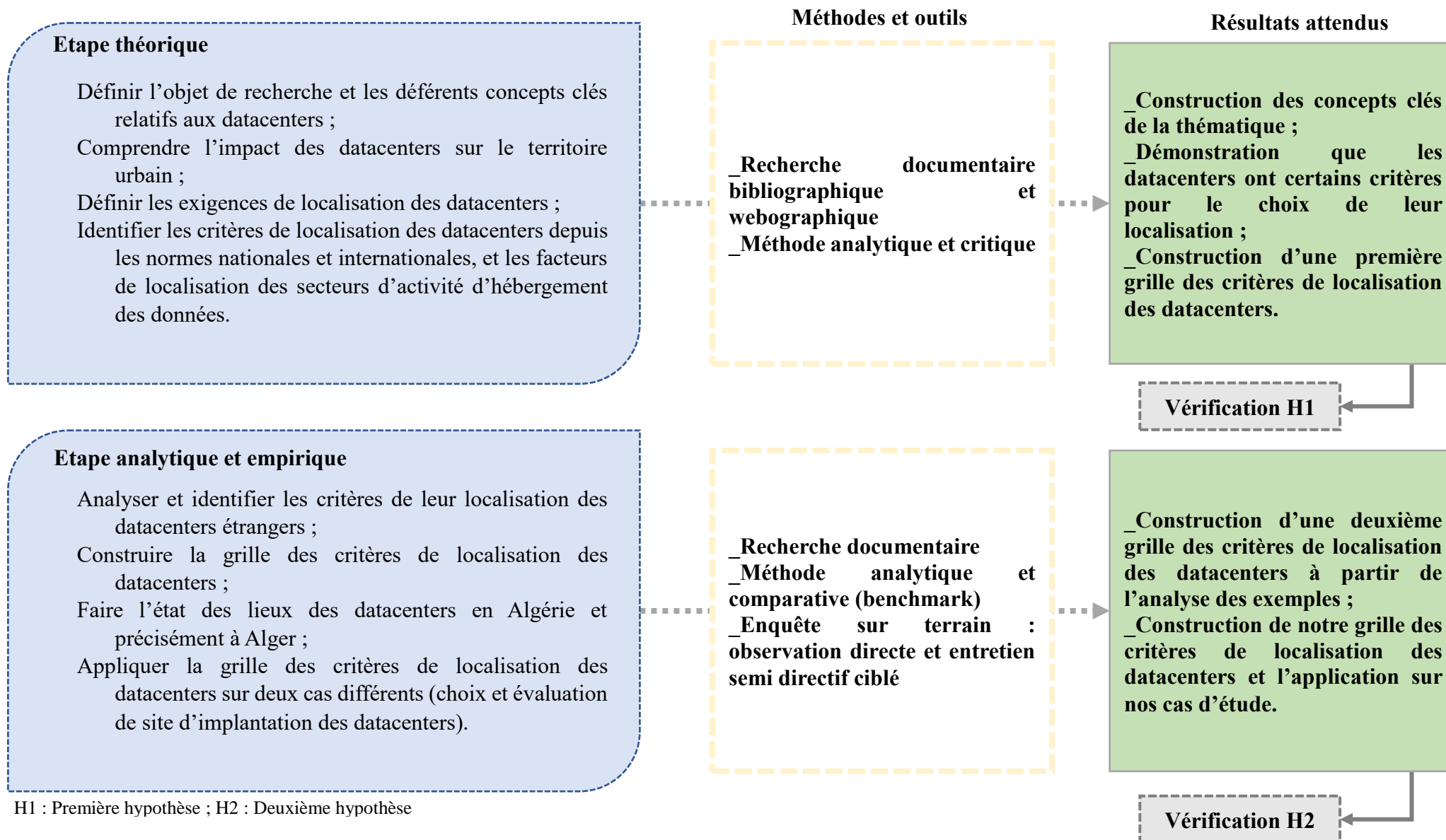


Figure 4 : Protocole de recherche de notre objet de recherche
(Source : Auteur, 2019)

PARTIE I : CADRE THEORIQUE ET MISE EN CONTEXTE

LE DATACENTER, INFRASTRUCTURE ESSENTIELLE DE LA SMART CITY

Dans cette première partie du mémoire, nous allons essayer de constituer une base théorique relative à notre objet de recherche et sa mise en contexte nationale et internationale. Il s'agit de comprendre la notion de datacenter comme nouvelle infrastructure urbaine de la ville intelligente, à travers la définition des différents concepts clés liés à l'implantation des datacenters en premier lieu. Ensuite, la mise en contexte internationale de l'objet de recherche (datacenter), en Algérie en deuxième lieu. Et ce en termes de législation, normes, et facteurs et critères de de localisation de cette nouvelle infrastructure urbaine (datacenter) dans un territoire donné. Cette partie constitue le premier jalon dans la compréhension des conditions et critères de localisation des datacenters dans l'écosystème urbain.

CHAPITRE 1 : SMART CITY ET SES INFRASTRUCTURES : DEFINITIONS

Introduction

Ce chapitre présente une synthèse de la définition des concepts clés relatifs à notre objet de recherche (datacenter). Il s'agit d'abord de cerner et définir le concept des centres de traitement des données et de tous les concepts clés et notions liées à celui-ci, à savoir : la smart city, le flux numérique, critères de localisation ainsi que l'écosystème urbain.

En deuxième lieu, on se focalise sur la définition et la compréhension des datacenters comme une nouvelle infrastructure urbaine nécessaire pour le fonctionnement de toute ville intelligente, en présentant, ses particularités, complexité, risques et son rôle indispensable dans le développement de ces smart cities.

L'objectif étant ainsi de cerner les différents concepts et notions liés à notre objet de recherche afin de pouvoir comprendre la relation étroite entre eux, et mieux se positionner sur le plan théorique et contextuel.

1.1 smart city et ses facteurs

La ville du futur était toujours le centre d'intérêt de plusieurs penseurs de l'urbain, ville où l'innovation et les technologies avaient toujours sa place. En effet cette série de réflexions a donné naissance à une nouvelle notion qui est l'intelligence de la ville ou la fameuse appellation « smart city ». Celle-ci est apparue dans un contexte particulièrement favorable, face à plusieurs phénomènes (Urbanisation croissante, changements climatiques et prise de conscience de la rareté des ressources, mondialisation de l'économie, démographie, dépendances des risques et des écologies, développements technologiques et la compétition des villes entre elles) (Moir et al, 2014). Dans la nécessité de répondre à ces défis, la smart city prend des NTIC, une possibilité de réponse efficiente qui répond clairement à une grande diversité d'usages et de besoins de la ville.

Cette ville a connu un grand succès dès son apparition et un développement assez remarquable. En 1997, le Forum mondial de « Smart cities » a estimé qu'environ cinquante-mille (50 000) villes et villages du monde entier adopteraient des initiatives intelligentes d'ici 2000 (Hollands, 2008). Ce nombre estimatif a été remplacé par une réalité de cent-soixante-mille (160 000) villes intelligentes d'après une publication de Straits Times en 1998.

1.1.1 Smart city : Contexte d'apparition

Plusieurs scientifiques ont défini la smart city d'une manière distincte suivant un contexte particulier, dont Albino et al (2015) ont recensé vingt-quatre (24) définitions différentes. Cette variété revient au fait que la smart city touche plusieurs domaines à la fois, ce qui constitue un objet de recherche multidisciplinaires (Angelidou, 2015).

Toutefois, certains auteurs considèrent que l'intégration des nouvelles technologies dans la ville est la clé de son intelligence. Caragliu et al (2009) affirment que le progrès économique et la qualité de vie de la ville intelligente sont alimentés par l'investissement dans le capital humain, social et les infrastructures de communication traditionnelles et modernes (technologies du transport et de la communication de l'information). Cette utilisation intelligente et coordonnée des technologies et des ressources disponibles permet un développement des centres urbains intégrés, habitables et durables (Barrionuevo et al. 2012) (Caragliu et al, 2009).

De même, Komninos (2006) et Hollands (2008) déclarent que « les villes intelligentes sont des territoires de forte capacité d'apprentissage et d'innovation qui intègrent la créativité

de leur population, leurs institutions de production de connaissances et leur infrastructure numérique pour la communication et la gestion des connaissances ».

Dameri (2013) définit la smart city comme « une zone géographique bien définie dans laquelle les technologies, tel que les Technologies de l'information et de la communication (TICs), la logistique, la production d'énergie, etc. coopèrent pour créer des avantages pour les citoyens en termes de bien-être, d'inclusion et de participation, de qualité environnementale et de développement intelligent »¹.

Quant à Hall et al (2000), affirment que la ville intelligente est celle qui intègre et contrôle les conditions de toutes ses infrastructures critiques, y compris les ponts, les tunnels, les voies ferrées / souterraines, les aéroports, les ports maritimes, les communications, l'eau, l'énergie et les bâtiments majeurs. Cela afin d'optimiser ses ressources, de planifier ses activités de maintenance, assurer la sécurité et les services à ses citoyens, détecter et gérer les problèmes de la ville en temps réel grâce aux capteurs intelligents intégrés dans l'aménagement de la ville (Hall et al, 2000).

Nam et Prado (2011) s'accordent à dire que cette ville intelligente doit être traitée comme un réseau, un système avec des sous-système (transports, énergie, éducation, soins de santé, bâtiments, infrastructures matérielles, nourriture, eau, sécurité publique, etc.), où chaque sous-système partage des données entre ses entités grâce à l'infrastructure physique d'information. Cette infrastructure indispensable permet l'identification rapide des problèmes après une catastrophe, la collecte et le partage des données pour permettre collaboration entre entités et domaines et enfin prendre de meilleures décisions (Nam et Prado, 2011).

Naphade et al (2011) expliquent quant à eux que la ville intelligente répond à la nécessité urgente de la gestion de son infrastructure et ses ressources afin de mieux répondre aux besoins actuels et futurs de ses citoyens, et surtout résoudre les problèmes d'urbanisation, de croissance économique, de progrès technologique et de durabilité de l'environnement.

¹“a smart city is a well defined geographical area, in which high technologies such as ICT, logistic, energy production, and so on, cooperate to create benefits for citizens in terms of well being, inclusion and participation, environmental quality, intelligent development; it is governed by a well defined pool of subjects, able to state the rules and policy for the city government and development” (Renata Dameri, 2013)

En effet, la définition de la smart city se diffère d'un auteur à un autre, ou plutôt d'un contexte à un autre. Mais, ils s'accordent sur un point très important, celui de la nécessité et l'importance des TICs comme clé de voute de toute ville intelligente.

1.1.2 Domaines de la *Smart city*

Plusieurs modèles de villes intelligentes sont présentés dans la littérature, mais ceux de Giffinger et Cohen sont les plus discutés et souvent utilisés pour classer les villes intelligentes selon des critères bien définis (Simard, 2015).

Le premier modèle est celui de Rudolf Giffinger (2007). Ce modèle présente six domaines d'actions pour devenir une ville intelligente ou classer l'intelligence d'une ville. Le schéma (Fig.05) suivant présente les six leviers de la ville intelligente.

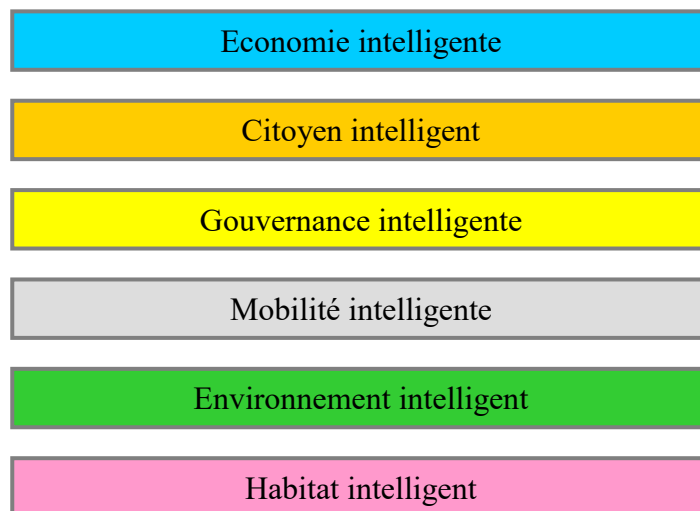


Figure 5 : Les six piliers de la ville intelligente selon Giffinger
(Source : Auteur, 2018 depuis Giffinger, 2007)

Le deuxième modèle est celui de Boyd Cohen (2015). En 2012, il a déclaré que : « the smart-cities movement is being held back by a lack of clarity and consensus around what a smart city is and what the components of a smart city actually are »². Il a élaboré « The smart city wheel »³ (Fig.06), une roue qui présente les six dimensions ainsi que leurs divers indicateurs afin de pouvoir évaluer et classer les villes selon leur niveau d'intelligence (Helene, 2016).

² « Le mouvement des villes intelligentes est freiné par un manque de clarté et de consensus sur ce qu'est une ville intelligente et ce qu'elle est réellement » (Traduction personnelle)

³ « La roue de la ville intelligente » (Traduction personnelle)

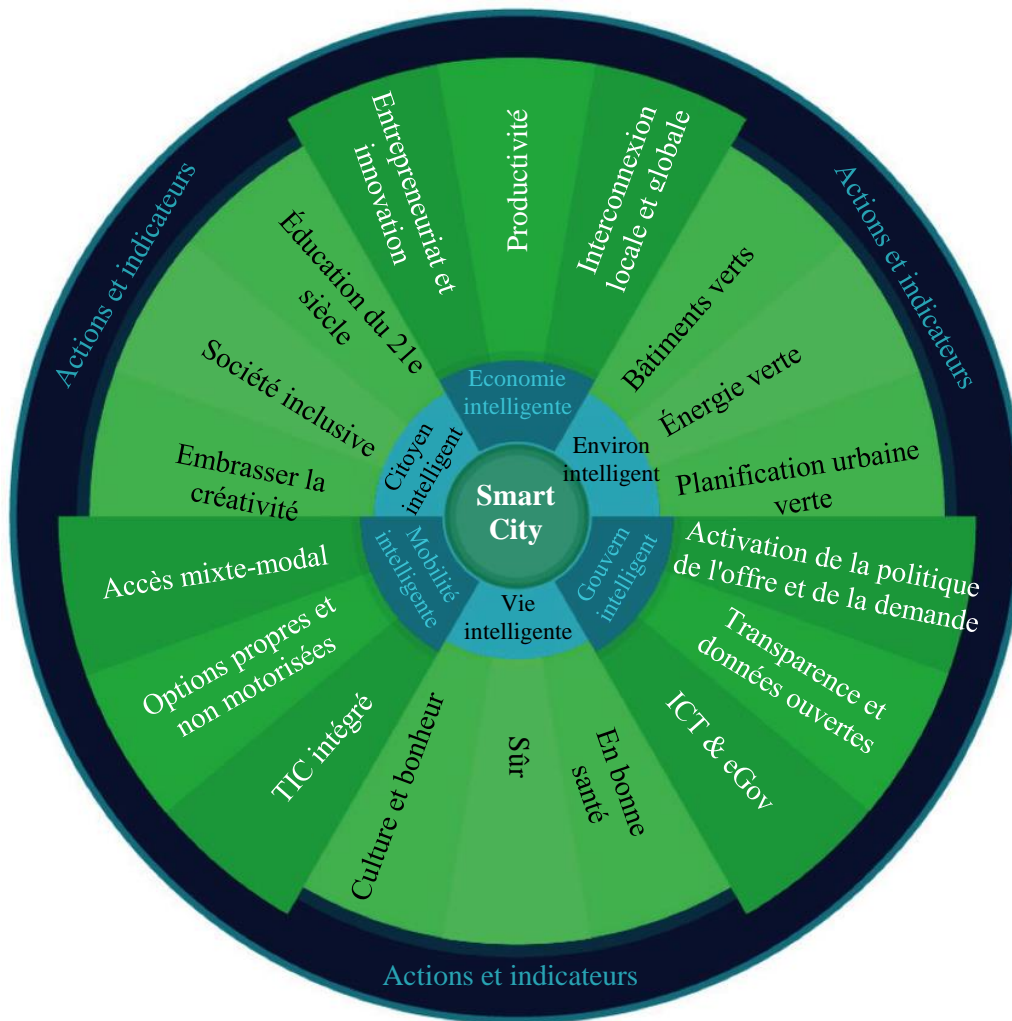


Figure 6: The smart city wheel
(Source: Auteur, 2018 depuis Cohen, 2015)

Les deux modèles sont très similaires et se ressemblent sensiblement. En comparant les deux figures précédentes (Fig. 05 et 06), on constate qu'elles présentent six dimensions proches, indispensables. Ces indicateurs ont été retenus par la plupart des villes lorsqu'elles voulaient devenir intelligentes, ou même mesurer leur niveau d'intelligence pour chaque indicateur.

Pour nous, la ville intelligente reflète l'image de celle de demain, reposée sur la donnée digitale, numérique et les technologies de l'information et de communication afin d'assurer la bonne gestion et de répondre aux nouveaux et futurs besoins de la ville dans ses différents secteurs d'activité (transport, énergie, économie, éducation, bâtiments, sécurité, santé, etc.). L'intégration vaste des TICs permet de traiter, modifier et échanger des informations (données numérisées) entre les différentes entités de la ville. En effet, **le développement, la collecte et la gestion de ces vagues digitales de données constituent l'épine vertébrale de la réussite de cette ville, afin d'améliorer la vie quotidienne de ses usagers et d'avoir un système**

autogestionnaire qui règle ses propres problèmes et besoins intelligemment et en temps réel dans tous ses différents sous-systèmes.

1.1.3 Les TICs, le cœur de la smart city

Quant aux TICs et selon l'affirmation de Harrison *et al* (2010), la mise en relation de l'infrastructure informatique, physique, sociale et commerciale garanti l'intelligence collective de la ville grâce à des politiques participatives.

Toutefois, ces écrits scientifiques s'accordent sur le point que les technologies d'information et de communication constituent une condition indispensable dans le développement et l'émergence des villes intelligentes, structurées par une connaissance actualisée en temps réel et une forme d'ubiquité permanente (Douay et Henriot, 2016).

Darmon et Claudon (2016) informent que l'intégration des TICs vise à répondre à un ou plusieurs des enjeux suivants :

- **Citoyenneté** : Information du citoyen, accès aux données et services de la ville ;
- **Qualité de vie** : diversité ethnique et culturelle, cohésion sociale ;
- **Mobilité et transport** : gestion du trafic, mobilité douce, voiture et vélo en partage, gestion de la multi-modalité et du stationnement, réduction de la pollution, ... ;
- **Économie** : pépinière d'entreprises, incubateurs, espaces de coworking, pôle de compétitivité, développement des TICs... ;
- **Environnement et énergie** : développement des énergies renouvelables, bâtiments positifs, gestion et valorisation des déchets, maîtrise des consommations d'eau et d'énergie, circuits courts... ;
- **Gouvernance** : démocratie participative/collaborative, vote électronique, open data, ...

Cependant, Mahizhnan (1999) affirme que l'intelligence de la ville ne se réduit pas seulement à la digitalisation des infrastructures et des services, mais, plus le degré de cette numérisation est important, plus la ville est smart, parce que cet indicateur permet à la ville de se transformer à un territoire de qualité, à condition que ce type d'intelligence soit intégré dans toutes les strates de la vie économique de ce territoire. Ce même auteur ajoute que cette notion de ville intelligente est très attachée aux technologies de l'information et de communication, « une ville est d'autant plus smart qu'elle est numérisée ».

1.2 Flux numériques

Depuis l'apparition et l'émergence de la ville intelligente, une nouvelle manière d'habiter le temps et l'espace est apparue grâce aux outils innovants et aux nouvelles technologies. Marchand et *al* (2016) s'accordent à dire que cette mode du numérique a bouleversé quasiment tous les domaines des activités humaines : politique, économie, finance, culture, transports, modes d'expression, bien-être, relations sociales, etc. La notion de ville connectée se traduit par : « une mise en réseau planétaire et instantanée des individus, des usages et des modes d'expression, ainsi que par l'amplification des capacités cognitives individuelles et collectives » (Marchand et *al*, 2016).

Le numérique de la ville constitue son vecteur de croissance, d'emplois et de nouveaux modèles économiques. De plus, il permettra de réduire l'impact environnemental de nos vies quotidiennes grâce à la gestion du trafic routier, à la modulation de l'éclairage public, à l'optimisation de la collecte des déchets, etc. (Weiss et *al*. 2017). Cette même source estime qu'en 2020, le numérique réduira de 15% les émissions des autres secteurs, réduisant ainsi leur facture énergétique de 500 milliards d'euros, ce qui mène à dire que « la balance environnementale du numérique est donc positive ».

1.2.1 Le numérique, l'épine dorsale de la ville intelligente

Darmon et Claudon (2016) déclarent que l'idée centrale du concept de smart city, et de toutes les démarches intelligentes engagées par les villes est la suivante : « le numérique va, d'une manière ou d'une autre, permettre d'apporter des réponses plus intelligentes, plus ingénieuses, moins onéreuses, plus coordonnées... aux nouveaux défis urbains auxquels toutes les villes du globe vont devoir faire face dans les prochaines décennies ».

De même, Attour et Rallet (2014) détaillent eux aussi que l'intelligence d'une ville se mesure à sa capacité de tenir aux objectifs de continuer à se développer tout en limitant les effets négatifs de leur croissance sur les coûts d'agglomération et le bien être des habitants. De plus, l'intelligence de la ville doit se former autour du développement des réseaux urbains qui sont considérés comme l'épine dorsale de l'intelligence, car les TICs permettent aux infrastructures de la ville de générer des services rendant la ville plus fluide et, de là, plus habitable (Attour et Rallet, 2014).

D'autre part, Bigirimana (2017) affirme que la multiplication des données générées par nos activités quotidiennes grâce à l'émergence des TICs affectent significativement notre

société et la rendre numérique. Ce même auteur détaille que la thématique d'intelligence et du numérique a été adoptée par les métropoles des pays industrialisés, mais aussi celles des pays en voie développement, afin de répondre à leurs enjeux de développement et d'attractivité, et surtout un levier d'accélération économique. Le numérique devient un outil de transformation et de réinvention, ajoutent Darmon et Claudon (2016).

Hall (2000) déclare que l'exploitation de la gigantesque masse des données générées de multiples manières ouvre une nouvelle époque ; grâce à l'Open Data l'exploitation de ces données devient possible par tous : l'état, les grandes compagnies, les entreprises spécialisées, les organisations de la société civile, voire de simples citoyens.

1.2.2 Données numériques

Cette donnée numérique a été défini par Bigirimana (2017) comme « une information dont la mémorisation a été confiée à un ordinateur. Pour cela, cette information doit être représentée dans un langage compatible avec la machine ». Elle est traitée avec des algorithmes après avoir d'être collectée par les smart grids (Technologie de captage de données) (Bigirimana, 2017).

D'autre part, Peres (2015) parle de la « data » comme : « une information numérique ou alphanumérique, codée, lisible par la seule machine, en vue de son enregistrement, traitement, conservation et communication ». Cette donnée figée et transmissible est mémorisée par un système informatique, et non pas par un papier par exemple (Peres, 2015).

Darmon et Claudon (2016) affirment quant à eux que notre société se digitalise grâce à l'utilisation des données numériques, notamment par :

- L'usage du smartphone dans les usages quotidiens ;
- L'émergence et le développement rapide des réseaux sociaux, surtout de la consommation collaborative ;
- La consommation importante des services digitaux qui génère une vague numérique de données.

De même, cette même source ajoute que la collecte et la mise en commun des données numériques assurent aux acteurs publics, privés et individuels de :

- Mieux comprendre la ville, son fonctionnement, ses consommations et ses dysfonctionnements ;
- Identifier de nouveaux besoins et inventer de nouveaux services, de nouveaux usages ;
- Décloisonner les champs d'intervention de chacun pour apporter des réponses cohérentes et coordonnées dans l'espace et dans le temps.

En effet, il s'agit de concevoir une ville connectée à travers l'utilisation de réseaux de capteurs qui permettent la collecte des données dans l'environnement urbain ; à titre d'exemple, la ville intelligente de Chicago collecte ainsi, quotidiennement, sept millions (7 000 000) de données brutes (Bigirimana, 2017).

Picon (2015), un architecte et professeur d'architecture à Harvard, a fait comparer la ville intelligente à un humain, c'est-à-dire à un vivant doté de conscience de soi, la ville connectée devient sensible et consciente de soi par l'intermédiaire de tous ceux qui contribuent à son développement, « Tout se passe comme si l'urbain paraissait tout à coup doté d'une sensibilité capable de déboucher sur une certaine forme de connaissance, voire de conscience de soi ».

1.3 Datacenter : De quoi parle-t-on ?

Aujourd'hui, notre quotidien repose sur les nouveaux outils et services numériques, ces derniers sont assurés par les trois composantes des systèmes d'information qui sont : les terminaux utilisateurs, les réseaux de télécommunication et les datacenters (Fig.07). Ainsi, ces datacenters constituent une première pierre de ces systèmes d'information et un acteur incontournable pour construire le socle technique de la ville intelligente et garantir un développement durable du secteur numérique (Weiss et al, 2017).

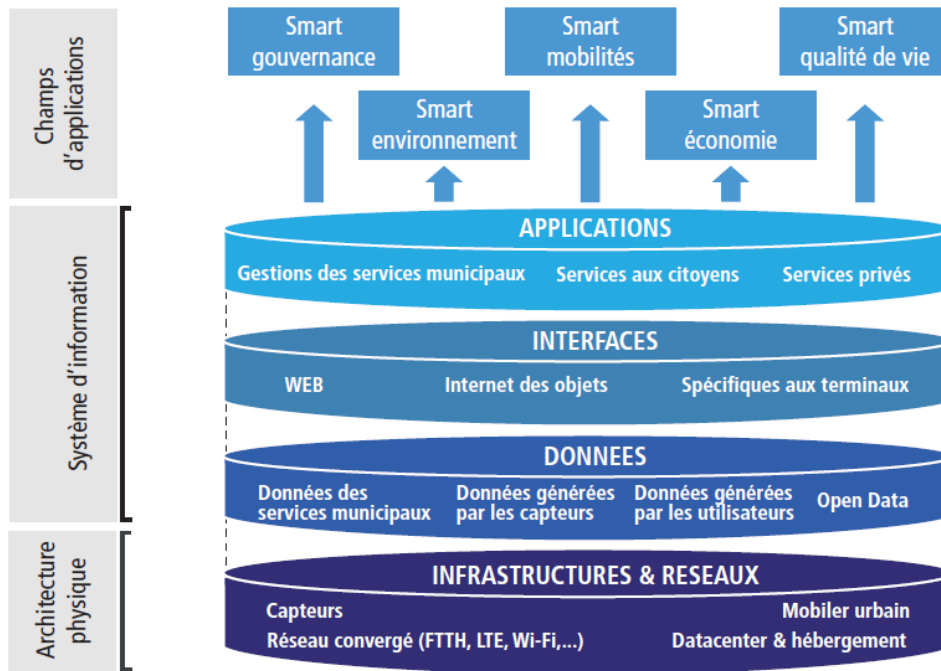


Figure 7 : Socle technique de la ville numérique
(Source : Marchand et al,2016)

1.3.1 Explosion des données numériques

Hauet (2015), affirme que le développement de l'économie de demain, la ville intelligente et ses secteurs, données massives, ..., repose sur la disponibilité des datacenters pour faire fonctionner ses applications et ses services 24 h sur 24 h. De plus, cette infrastructure numérique constitue une épine dorsale de cette nouvelle économie.

En effet, pour que cette reconfiguration soit réelle et fonctionnelle, il faut la collection des gigantesques masses de données générées par les capteurs et services de la ville, les opérateurs urbains, les entreprises et les citoyens (Darmon et Claudon, 2016). Il faut ensuite les centraliser, les modéliser, les mutualiser et les mettre à la disposition de tous les acteurs de la ville intelligente, qui peuvent les utiliser et les exploiter à des fins de création de valeur au sens large (Darmon et Claudon, 2016).

Lupieri (2012) informe que depuis l'apparition de la digitalisation de l'information et jusqu'à 2013, l'humanité avait généré cinq téraoctets (5 000 000 000 000 000) de données numériques, cette même quantité a été produite en deux (2) jours en 2010.

Peres (2015), déclare que chaque une seule minute sur la toile, trois cent cinquante mille (350 000) tweets, quinze millions (15 000 000) de SMS et deux cents millions (200 000 000)

de courriels sont envoyés au niveau mondial ; ce trafic produit par les téléphones mobiles devrait être multiplié par douze (12) d'ici à 2018. Ce même auteur cite les raisons de cette massification de données d'un côté : à la montée en puissance de la mémoire informatique et des microprocesseurs, à la généralisation du haut débit, aux réseaux sociaux, au Web 2.0, aux smartphones, à la réduction des coûts de collecte, de stockage et de traitement des informations, aux appareils photos numériques, à l'Internet des objets, aux nouvelles règles d'utilisation des moyens informatiques avec le cloud computing ; d'un autre côté, à l'effondrement du coût de la mémoire numérique : « le prix du mégaoctet était évalué en 1980 à 300 dollars. Il vaut aujourd'hui 0,00022 dollar ».

L'IDATE déclare que le monde comptera quatre-vingts milliards (80 000 000 000) d'objets connectés à l'horizon de 2020 (Fig.08) (Forsans, 2013). Dans un même temps, Weiss et al (2017) explique que cette multiplication des objets connectés occasionne une très forte croissance du volume de données numérique, de 8 à 44 zéttaoctets d'ici à 2020.

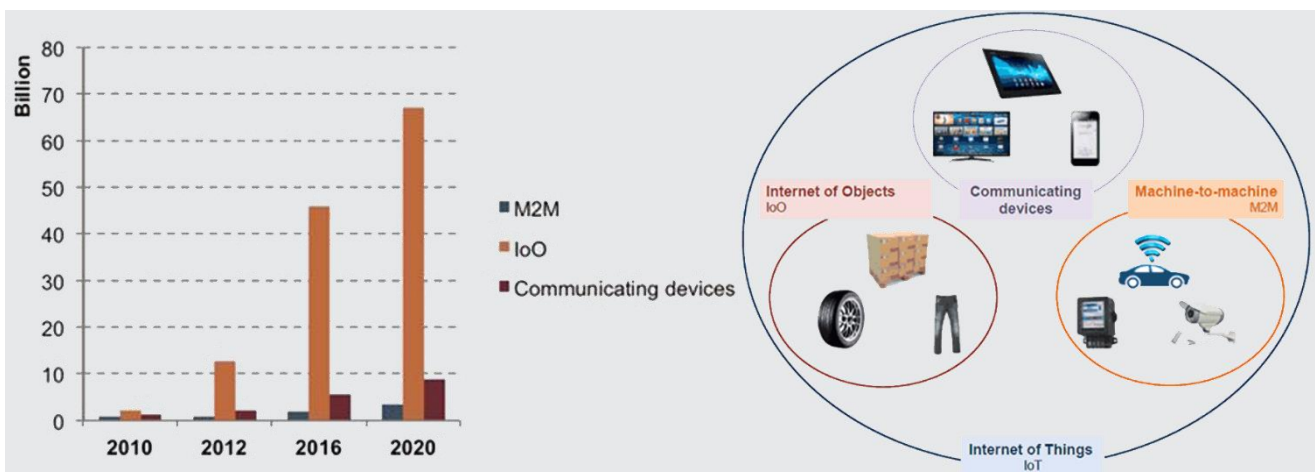


Figure 8 : Croissance des objets connectés dans le monde
(Source : IDATE, 2013)

1.3.2 Apparition et définition des datacenters

Depuis le début du 21ème siècle, les entreprises reposent sur le nouveau système d'information, qui permet le partage de données entre applications, collaborateurs et partenaires ; sans ce système, l'entreprise devient paralysée et ne peut plus fonctionner (Labaume et Molinari, 2011). Le data centre (Ou « centre de traitement des données » en français) apparait au centre de ce système d'information afin de concentrer et traiter les données nécessaires au fonctionnement des applications informatiques, c'est un site informatique de taille très variable, qui héberge l'ensembles des infrastructures logicielles et matérielles (serveurs, baies de stockage, équipements réseaux) permettant l'échange et le partage de

données informatiques (Labaume et Molinari, 2011). L'image suivante (Fig.09) présente l'intérieur d'un datacenter d'Apple (Mesa aux Etats Unis), il est composé essentiellement d'une succession de racks dont lesquels les serveurs sont placés.



Figure 9 : L'intérieur de datacenter Mesa d'Apple aux Etats Unis
(Source : Furno (2018))

Dans un même temps, Marchand et *al* (2016) affirment que **cette infrastructure informatique constitue un élément important dont la smart city qui y repose, et qui devient le support de la dématérialisation et de la numérisation des activités de la ville.** Les datacenters ont un rôle majeur dans la collecte, le stockage, l'analyse, le transport et le traitement des données liées à nos usages numériques, ce sont des fermes informatiques géantes disponibles 24h/24 et 7j/7 ; ainsi, Ils s'accordent que : « sans datacenters, pas de numérique » (Weiss et *al*, 2017).

Thépin (2015) affirme que les datacenters apparaissent avec le développement de l'informatique, ils étaient le fait de grands utilisateurs (banques, constructeurs informatiques, opérateurs de télécommunications, centres de recherche, administrations) comme un centre de traitement de leurs données. Cette **infrastructure devient plus indispensable surtout avec l'explosion de l'internet**, les applications qui exigent un certain traitement et stockage ultrasécurisé pour héberger les données collectées (Thépin, 2015). Ce même auteur ajoute que : « les datacenters sont d'une certaine façon la réalité concrète de l'économie virtuelle », Ils constituent des points de concentration des réseaux de télécommunication qui contribuent

au renforcement de la connectivité et le développement de l'économie numérique des territoires (Thépin, 2015).

Peres (2015) définit les datacenters comme un emplacement comportant des « **serveurs pour le traitement des données, des équipements de stockage, de transmission et de communication permettant les échanges internes et externes, des systèmes de refroidissement, des équipements pour fournir l'électricité** » (Fig.10).

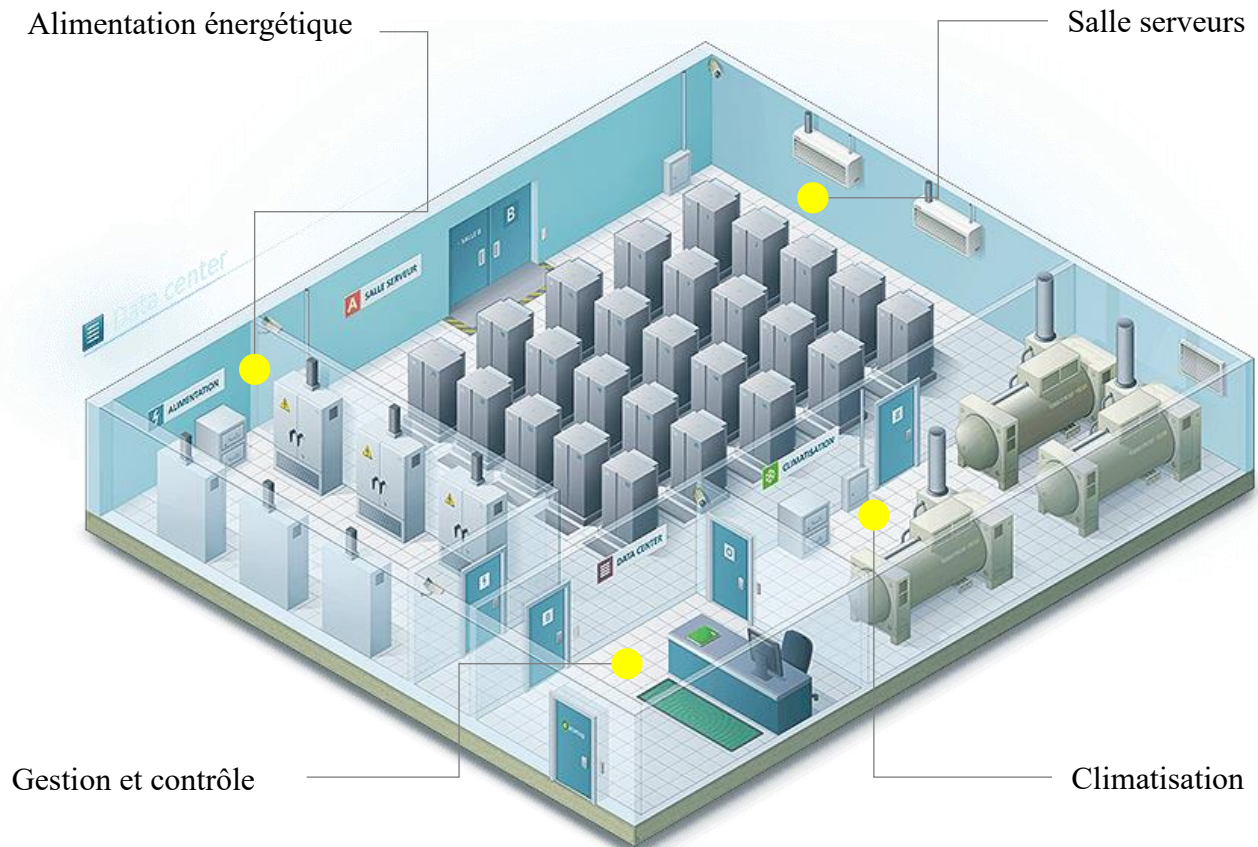


Figure 10 : Modélisation prototype de datacenter
(Source : Auteur, 2019 depuis Mignotte, 2017)

D'autre part, Hauet (2015) mentionne que ces datacenters présentent des sites conçus pour les ordinateurs, et non pas pour les hommes ; ces bâtiments abritant les installations informatiques sont en règle générale aveugles, ils ressemblent à des grands hangars sensibles, énergivores et souvent complètement automatisés. L'image (Fig.11) ci-dessous montre une vue d'ensemble sur le datacenter de Microsoft en France, il a l'aspect d'un grand hangar industriel avec une importante emprise au sol.



Figure 11 : Vue d'ensemble sur le datacenter Microsoft en France
(Source : Bergé, 2016)

Weiss et *al* (2017) expliquent que les datacenters ne servent pas uniquement à la collecte et le stockage des données, ce sont des véritables places de marché. L'implantation de cette infrastructure engendre un écosystème favorable à la digitalisation à travers la création de zones numériques où viendront s'installer des entreprises de services du numérique, ils fournissent à ces entreprises l'interconnexion nécessaire pour collaborer de manière sécurisée et instantanée avec leur écosystème (clients, fournisseurs, partenaires, opérateurs télécom et fournisseurs de service Cloud) (Weiss et *al*, 2017). En effet, la ville numérique basée sur l'échange de la donnée renforce ce besoin d'interconnexion, et donc le besoin de datacenters.

L'explosion massive des données numériques supportées par les datacenters a influencé sur le nombre de ces derniers. Selon une étude publiée par The Natural Resources Defense Council (RNDC) en 2014, le nombre de datacenters en service aux États-Unis était trois millions (3 000 000) en 2013 ce qui pourrait correspondre à environ six à sept millions (6 000 000 à 7 000 000) au niveau mondial (Hauet, 2015). De même, en 2014, une autre étude publiée par International Data Corporation (IDC) estime que ce nombre pourrait atteindre 8,6 millions (8 600 000) en 2017 (Hauet, 2015).

En faisant la même analyse par Cisco, il prévoit une forte croissance du trafic de données numériques (+ 23 % en moyenne sur 2013-2018) (Hauet, 2015) ; ainsi, comme ce trafic est supporté par les datacenters, sa croissance engendre l'augmentation de nombre des datacenters dans le monde (Fig.12).

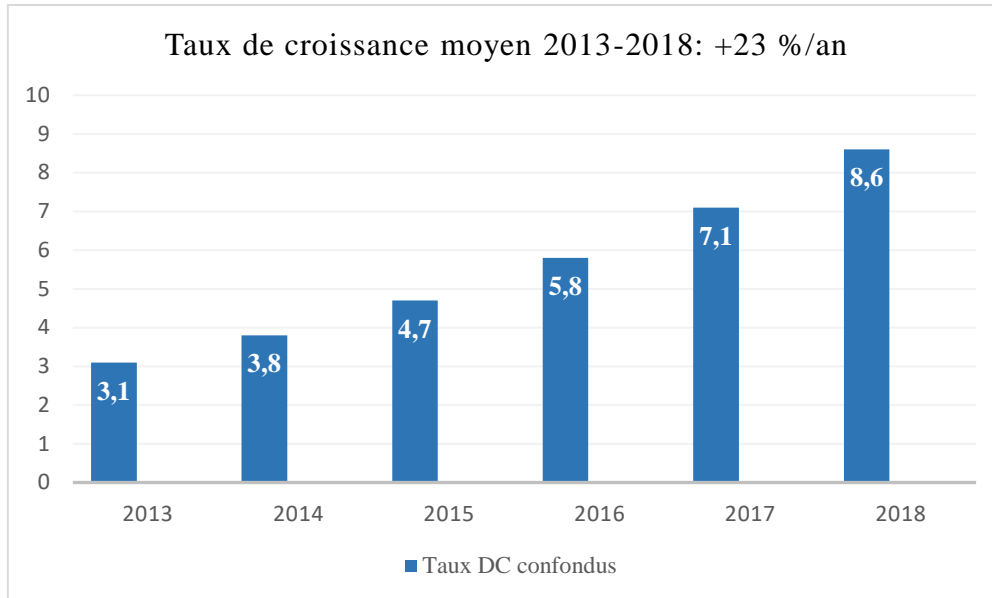


Figure 12 : Évolution du trafic supportés par les datacenters de 2015 à 2018 en zettaoctets (Source : Auteur, 2018 depuis Hauet, 2015)

La carte ci-dessous (Fig.13) montre la répartition des objets connectés dans le monde, réalisée par le moteur de recherche Shodan en 2014.

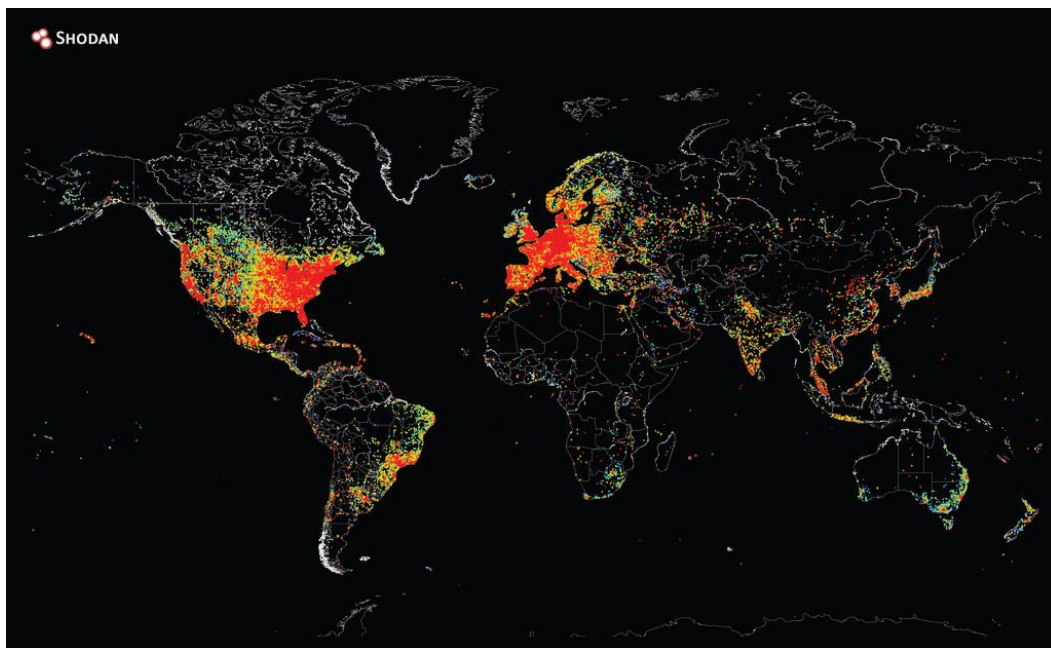


Figure 13 : Cartographie mondiale des objets connectés réalisée par le moteur Shodan, 2014 (Source : France info, 2014)

1.3.3 Caractéristiques des datacenters : classification, typologie

Le Groupe Legrand (2014), spécialiste mondial des infrastructures électriques et numériques du bâtiment, en adition, De Carlan et *al* (2017) s'accordent sur trois grands types de datacenter :

- **Entreprise** : Datacenters de petite taille répondant aux besoins d'entreprises de petite et moyenne taille où le cœur de métier n'est pas directement lié à l'informatique, ce sont beaucoup plus destinés à la recherche, à des laboratoires et à l'enseignement (universités, hôpitaux, mairies...). Ils assurent le traitement et le stockage des données à l'échelle régionale et nationale ;
- **Corporate** : Datacenters de taille moyenne à grande, destinés aux structures dont le cœur d'activité est directement lié au datacenter (banques, assurances, groupes pétroliers...). Ils sont utilisés par un seul client, avec un rayonnement international ;
- **Colocation** : Datacenters de grande taille destinés à la colocation et l'hébergement multi-clients et internationaux, dont différentes entités peuvent louer des serveurs ou des espaces libres afin d'y installer leurs propres équipements de traitement et stockage de données. Ils sont caractérisés par un niveau de sécurité très élevé.

En parallèle, d'après une étude américaine faite par le RNDC, on distingue cinq (5) segments de datacenters sur le marché :

- Les datacenters des petites et moyennes entreprises ;
- Les datacenters des grandes entreprises et des groupes ;
- Les datacenters partagés ;
- Les installations des grands fournisseurs de services de cloud computing (Amazon, Facebook, Apple, Google...) ;
- Les installations des opérateurs de calculs de haute performance (universités, centres de recherche).

Dans un autre contexte, Labaume et Molinari (2011) s'accordent sur la nécessité d'assurer une protection au bâtiment contre les évènements environnementaux internes (surchauffe, feu, décharge électrostatique, eau/fuite...) et externes ou son périmètre proche (incendie, inondation, foudre, séisme, explosion...). Pour donner suite à cela, le groupe Legrand déclare qu'en 2010, environ 10 % du budget de la construction d'un datacenter a été alloué à la sécurité du bâtiment, plus de la moitié étant dédiée à la détection et à la suppression du feu.

Les datacenters, monstres avides d'énergie : En 2014, Cailhol avait décrit ces **datacenters comme des monstres avides d'énergie, ce sont des bâtiments très énergivores qui exigent tout le temps la disponibilité de l'électricité.** Selon Labaume et Molinari (2011), cette fourniture électrique doit répondre à trois exigences obligatoires :

- Fournir de l'électricité en quantité suffisante (un datacenter de 10 000 m² consomme autant qu'une ville moyenne de 50 000 habitants) ;
- Fournir de l'électricité de haute-qualité ;
- Fournir de l'électricité secourue.

Cette même source ajoute que l'énergie électrique consommée par les installations informatiques est quasi intégralement convertie en chaleur, pour cela, un système de conditionnement d'air est indispensable pour faire retirer cette chaleur, sinon la température atteindrait en quelques minutes un seuil au-delà duquel les équipements cesseraient de fonctionner. **Ce système de refroidissement fait accroître encore la consommation énergétique du datacenter** ; à titre d'exemple, un datacenter de 1 000 m² dont la puissance dissipée au mètre carré est de 1 000 watts présente une consommation électrique annuelle d'environ 4 300 MWh pour le seul conditionnement d'air effectué à l'aide d'un système de climatisation en recyclage (Labaume et Molinari, 2011).

Entre 2000 et 2005, cette consommation électrique a plus que doublé dans le monde, une augmentation très importante qui est passée de « 300 watts/m² au début des années 2000 à plus de 1 500 watts/m² aujourd'hui » (Labaume et Molinari, 2011). Marchand et *al* (2016) ajoutent qu'en 2030, avec le volume de données multiplié par six d'ici 2020, la consommation des datacenters sera équivalente à celle d'une ville d'un million (1 000 000) d'habitants.

De même, une étude de Cook et Horn (2011), les datacenters consomment 1,5 à 2% de l'électricité mondiale totale, avec un taux de progression annuelle de 12% par an. Cette consommation a été aussi calculé par Ganguly et *al* (2016), ils informent que leur consommation d'électricité était quarante (40) fois supérieure à celle de bâtiments de bureaux usuels. En effet, Hauet (2015) annonce suite à l'explosion des données numériques, que si Internet était un pays, il serait le 11^{ème} ou le 12^{ème} pays consommateur d'électricité.

Du fait de la complexité de cette usine numérique, on y trouve beaucoup de fonctionnalités, principales ou annexes, qui sont à l'origine de cette consommation électrique, la répartition de cette consommation revient beaucoup plus aux équipements informatiques et les systèmes de refroidissement des serveurs et la climatisation des locaux (Fig.14 et 15) (Hauet, 2015).

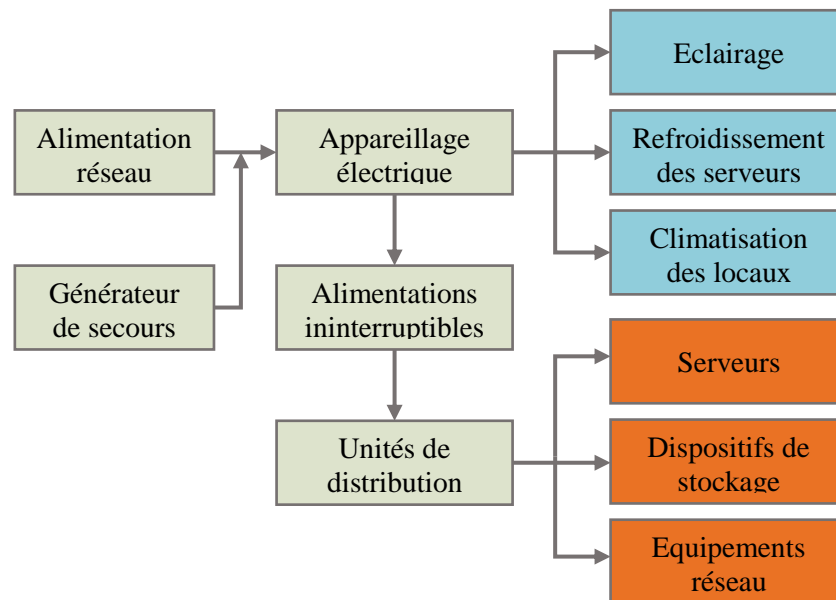


Figure 14 : Schéma des flux d'énergie électrique dans un datacenter
(Source : Auteur, 2018 depuis Hauet, 2015)

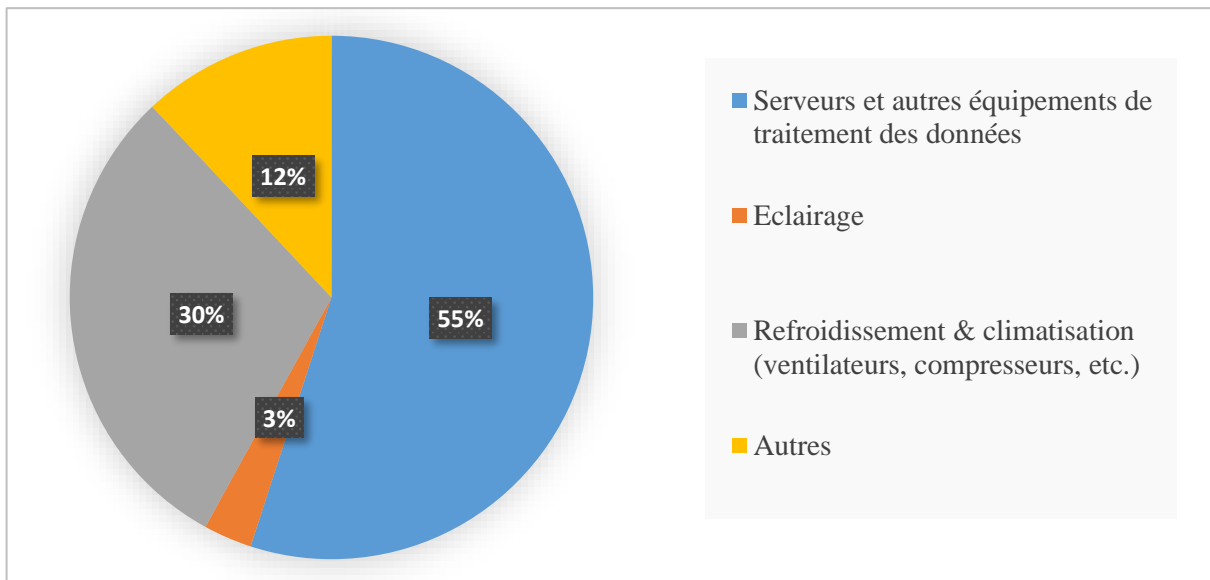


Figure 15 : Répartition approximative des consommations d'électricité dans un datacenter d'après EPA
(Source : Auteur, 2018 depuis Hauet, 2015)

Comme cette infrastructure présente des caractéristiques assez particulières et sensibles, le choix de sa localisation nécessite de plus en plus certains facteurs divers.

« L’optimisation de la localisation des datacenters constitue une priorité particulière pour le développement favorable de la ville numérique », Marchand et *al* (2016). Labaume et Molinari (2011) s’accordent eux aussi sur ce point, ils informent que **la situation géographique peut avoir un impact direct sur la fiabilité et le coût d’un datacenter**. Cette localisation est principalement dépendante de critères tels que :

- La qualité et la redondance de la distribution électrique ;
- La présence de services réseaux multi-opérateurs à très haut débit ;
- La présence de personnel qualifié ;
- L’absence de risques environnementaux.

D’après Hauet (2015), l’explosion massive des données numériques et l’arrivé du Big data vont rendre **les datacenters des infrastructures incontournables dans le fonctionnement de la ville intelligente**, ce sont les usines des temps modernes, qui constituent le socle technique de toutes les villes numériques, dites connectées.

Classification des datacenters selon la disponibilité : Hauet (2015) explique la disponibilité d’un datacenter par l’installation des différents dispositifs de redondance nécessaires afin d’assurer un certain niveau de garantie (niveaux de disponibilité), classé par l’organisation “Uptime Institute” comme suit (Tab.01) :

Tableau 1: Spécifications générales des niveaux de disponibilité selon l’Uptime Institute

Niveau	Disponibilité	Description générale
Tier I	99,67 %	28,8 heures d’interruption/an Aucune redondance
Tier II	99,75 %	22 heures d’interruption/an Redondance partielle mais alimentations électriques et climatisation non redondantes
Tier III	99,82 %	1,6 heures d’interruption/an Redondance N+1 – Alimentations électriques doublée mais fonctionnent en actif/passif
Tier IV	99,995 %	0,8 heures d’interruption/an Redondance N+1 – Alimentations électriques et climatisation fonctionnent en actif/actif

(Source : Auteur, 2019 depuis Hauet, 2015)

Efficacité énergétique d'un Datacenter : Selon Hauet (2015), on entend par « Efficacité énergétique » d'un datacenter ou PUE « Power usage effectiveness » sa performance énergétique et son empreinte écologique, calculée par le rapport suivant :

$$\text{PUE} = \frac{\text{Énergie totale consommée par le datacenter}}{\text{Énergie consommée par les serveurs informatiques}}$$

Ce ratio est considéré comme la norme mondiale de consommation énergétique des datacenters, il est d'autant plus faible (optimal), plus l'efficacité énergétique est élevée. Son optimisation est relative à la réduction de consommation énergétique des différents systèmes d'alimentation, du support et surtout de climatisation qui représente la plus grande consommation dans les centres de traitements des données (Rong et al, 2015).

Typologie des datacenters : Le monde de datacenter connaît deux grands types d'infrastructure : le « Cloud computing » ou l'hyperscale, et le « Fog computing » ou le datacenter de proximité.

D'abord, les méga-datacenters ou « l'hyperscale » sont des grands datacenters qui hébergent une masse importante de données (30 000 à plus de 50 000 serveurs), ils présentent une économie d'échelle importante, des coûts abordables, une exploitation centralisée et une efficacité énergétique améliorée, car ils s'implantent là où se trouve les plus importants points de connexion et les sources énergétiques puissantes (Filière 3^e, 2017)

En revanche, le deuxième modèle est apparu avec le développement d'usage de l'IOT (Internet of Things ou l'Internet des objets) suite à la croissance exponentielle des données numériques (Filière 3^e, 2018). Ces petits datacenters complètent les plus grands, à travers le désengorgement des autoroutes de l'information, ils se localisent à proximité des usagers afin de diminuer le chemin à parcourir entre l'appareil qui produit les données et ce petit bâtiment qui les traite (Filière 3^e, 2018). **Ce modèle est nécessaire pour le bon fonctionnement des villes intelligentes**, des appareils connectés, des voitures autonomes qui exige une vitesse de traitement très importante et donc une latence très réduite (Filière 3^e, 2018).

Outre la réactivité très rapide en temps réel, le datacenter de proximité présente une grande disponibilité et sécurité qui limite les conséquences d'une panne ou d'une attaque de hackers à une petite installation et aux applications locales supportées (Filière 3^e, 2018). « L'Edge computing permettra aux systèmes de mieux fonctionner, de travailler de manière

autonome et de délivrer l'information aux décideurs de manière plus rapide et plus efficace » affirme Giroud, directeur datacenters de Schneider Electric France (Filière 3^e, 2018).

En effet, la croissance exponentielle des objets connectés - voir cinquante milliards (50 000 000 000) à l'horizon de 2020 selon Cisco – implique l'apparition de nouveaux besoins (Filière 3^e, 2018). Elle remet en cause **la centralisation des données dans les méga-datacenters à une décentralisation près des usagers dans des datacenters plus petits afin de répondre aux nouveaux besoins en termes de vitesse de traitement et de transmission des données.**

1.4 Ecosystème urbain

On entend souvent par le terme « écosystème » tout ce qui est nature : forêts, mers, animaux, ... Aujourd'hui, Berezowska-Azzag (2011) affirme que depuis le XX^e siècle, plusieurs tentatives ont défini cette notion d'ensemble urbain comme un organisme vivant. Des lors, un organisme vivant a donc deux catégories : organisme humain et organisme urbain dont ils ont des ressemblances sur plusieurs niveaux, expliquées sur le schéma (Fig.16) suivant :

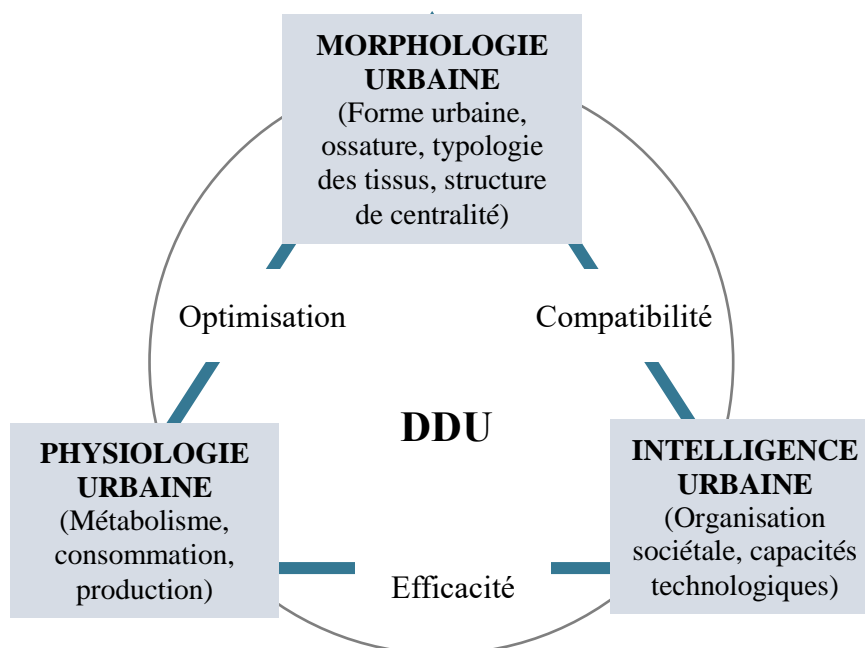


Figure 16 : Trois dimensions complémentaires et interactives de l'organisme urbain (Source : Auteur, 2018 depuis Berezowska-Azzag, 2011)

1.4.1 Définition de l'écosystème urbain

D'après le dictionnaire Hachette (2013), le terme écosystème veut dire un « ensemble écologique constitué par un milieu ou biotope (sol, eau, etc.) et une communauté d'êtres vivants ou biocénose, liés par des relations énergétiques, trophiques, etc. ». De même, Berezowska-Azzag (2011) revient à l'origine grec de ce terme « *oikos* » ou (endroit où on demeure), elle définit la notion d'écosystème comme un ensemble d'éléments qui interagissent les uns sur les autres pour former une totalité solidaire.

Ce même auteur rajoute que l'écosystème est défini écologie comme « l'unité écologique constituée sur le plan structurel par l'association de deux composantes en constante interaction d'une avec l'autre : un environnement physico-chimique, abiotique, ayant une dimension spatiotemporelle bien définie, dénommé biotope, associé à une communauté vivante, biotique, appelée biocénose ». En effet, ces écosystèmes forment des entités en équilibre dynamique, qui peuvent évoluer en fonction de changements spontanées ou provoquées par des facteurs exogènes, climatiques ou autres Berezowska-Azzag (2011).

En outre, Maschino et Scouarnec (2014) définit l'écosystème comme « un ensemble dynamique de sous-systèmes en interaction... en étant capable de conserver son identité et d'enrichir sa diversité interne », composé de différents systèmes de : gestion de l'énergie, de l'eau, de transports, d'écosystèmes climatiques locaux, d'habitants Par analogie avec l'organisme humain, Register explique que l'écosystème urbain a un système de fonctionnement par chaîne métabolique suivant le processus suivant : extraction/ transfert / stockage / transformation / production / consommation / rejets / gestion des flux (E Berezowska-Azzag, 2011).

Berezowska-Azzag (2011) cite les différentes approches et modèles traitant la notion d'écosystème, elle finit par conclure que l'écosystème urbain constitue un nouvel urbanisme, basé sur le concept de développement durable, et **donc la notion de ville est remplacée par celle d' « écosystème urbain » dans l'obligation d'être associée à son environnement naturel.**

1.4.2 Le datacenter dans l'écosystème urbain

Reynaud (2017) affirme que l'écosystème de la ville intelligente repose sur les trois (3) piliers fondamentaux suivants :

1. Le **citoyen**, comme une partie intégrante du système d'information numérique, elle est connectée aux services de la ville d'une façon permanente grâce à des terminaux mobiles ou intelligents ;
2. Les **objets connectés**, qui collectent et agrègent en temps réel les données de leurs utilisateurs ;
3. Les **datacenters**, où sont entreposées et traitées ces données numériques.

D'autre part, Weiss et *al* (2017) explique que notre écosystème actuel repose sur les nouveaux outils et services numériques, ces derniers sont assurés par les trois composantes des systèmes d'information qui sont : les terminaux utilisateurs, les réseaux de télécommunication et les datacenters. Ainsi, ces datacenters constituent une première pierre de ces systèmes d'information et un acteur incontournable pour construire le socle technique de la ville intelligente et garantir un développement durable du secteur numérique (Weiss et *al*, 2017).

Quant à Sachs (2016), il explique que plusieurs interactions dans la ville d'aujourd'hui « nécessite des serveurs présents dans chaque étape de la vie d'une information numérique ». Ces interactions multiples valident notre dépendance aux système numériques contemporains, et donc, à cette infrastructure de datacenter.

Suite aux différentes définitions de la ville intelligente, et de l'écosystème urbains, cette nouvelle infrastructure urbaine ou le datacenter dispose d'une place indispensable dans le fonctionnement des territoires urbains.

Conclusion

Ce chapitre constitue une première porte ouverte sur le monde du futur et du numérique. D'abord, il nous a permis de se familiariser avec les différentes notions liées à notre objet de recherche (datacenter), à savoir les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) qui ont été à la base d'apparition de nouveaux besoins et de nouvelles fonctions urbaines, celle de la smart city.

Ensuite, La mise en relation de ces différents concepts nous a permis de mieux positionner les datacenters dans ce nouvel écosystème intelligent, comme un socle technique de la ville qui assure le bon fonctionnement des activités et fonctions urbaines afin de répondre aux besoins des usagers d'une manière plus efficiente et efficace et en temps réel.

En effet, nous pouvons conclure que le datacenter constitue **une nouvelle infrastructure numérique indispensable pour le bon fonctionnement des villes d'aujourd'hui, et aussi un acteur incontournable pour construire les smart cities** qui reposent clairement sur l'interconnexion et donc sur les datacenters, comme moyen de stocker, gérer et sécuriser les données. De plus, ces infrastructures **présentent des exigences particulières en termes de localisation dans le territoire urbain.**

CHAPITRE 2 : CADRE NORMATIF ET JURIDIQUE DE LA LOCALISATION DES DATACENTERS

Introduction

Le deuxième chapitre traite de la problématique de localisation des datacenters en termes de législation, normes, références aux deux échelles nationale et internationale.

Il s'agit d'abord de définir et comprendre le contexte des datacenters en Algérie sur le plan législatif et expérimental (aménagement et implantation des datacenters en Algérie). Ensuite, nous allons voir quelques normes ou références étrangères qui codifient le choix de site d'implantation des datacenters dans quelques pays du monde. Enfin, Nous allons classer cette nouvelle infrastructure urbaine (datacenter) dans les secteurs d'activités afin de pouvoir sortir les critères de localisation par secteur d'activité.

Ce chapitre vise à faire ressortir et définir les exigences en termes de localisation des datacenters, et identifier les premiers critères de localisation des datacenters selon plusieurs sources locales et étrangères.

2.1 Datacenters dans le contexte algérien

2.1.1 Cadre législatif des datacenters en Algérie

Ali Kahlane, le président de l'Association des opérateurs des télécoms alternatifs informe que la réglementation algérienne travaille sur un environnement convenable pour la construction des datacenters à travers :

A. La Loi n° 2000-03 du 5 Joumada El Oula 1421 correspondant au 5 aout 2000 fixant les règles générales relatives à la poste et aux télécommunications : Cette loi a ouvert le secteur des télécoms en temps et en heure, « Elle a très utilement permis entre autres belles choses, la réalisation de datacenters » explique Ali Kahlane (Algeriepatriotique, 2018).

B. La stratégie e-Algérie 2013 : Après la mise en œuvre de la politique sectorielle des postes et des télécommunications engagées dès l'année 2000, la stratégie « Algérie électronique 2013 » vient avec un ensemble de treize (13) axes clairs et homogènes pour pouvoir construire une véritable société d'information et une économie numérique puissante (e-Commission, 2013). Ce qui nous intéresse dans cette stratégie est l'axe majeur « E. Renforcement de l'infrastructure des télécommunications à haut et très haut débit », qui explique le rôle fondamental de l'infrastructure des télécommunications dans le développement économique national d'une part, et il vise à la réalisation d'une infrastructure des télécommunications à haut et très haut débit, sécurisée et de haute qualité de service d'autre part (e-Commission, 2013).

Cet objectif majeur se décline en plusieurs objectifs spécifiques, dont celui qui nous intéresse est l'**Action E11** : « Mettre en place un centre national de traitement de données (Datacenter) » (e-Commission, 2013). Ali Kahlane explique que ce programme de réalisation des datacenters sur le territoire national profite bien du programme de fibre optique qui fait raccorder à plus de mille cinq cents (1 500) communes, et donc garantir un hébergement sécurisé et suffisant des données sur le territoire national, qu'à l'étranger (Algeriepatriotique, 2018).

C. Le Fonds d'appropriation des usages et du développement des technologies de l'information et de la communication (FAUDTIC) : institué par la loi n°08-21 correspondant au 30 décembre 2008 portant loi de finances pour 2009, il a été mis en place par le gouvernement algérien dans le cadre du financement des actions de mise en œuvre du programme stratégique e-Algérie 2013 (El Mouwatin, 2012). Ce programme prévoit une place de choix à la réalisation des datacenters, en favorisant l'hébergement et le développement de

contenu en «.dz », par **l'exonération d'impôts et taxes** de leur exploitation jusqu'en 2020 (Algeriepatriotique, 2018).

D. Loi n° 15-04 du 11 Rabie Ethani 1436 correspondant au 2er février 2015 fixant les règles générales relatives à la signature et à la certification électroniques : L'article 5 du chapitre 3 (Fig.17) interdit strictement aux institutions et entreprises publiques d'héberger des données sensibles, confidentielles ou stratégiques dans des serveurs situés en dehors du territoire national algérien (JO.06 du 10 février 2015).

Art. 5. — Toutes les données et informations à caractère personnel recueillies par les prestataires de service de certification électronique, les tiers de confiance et les autorités de certification électronique ainsi que les bases de données qui les contiennent doivent être hébergées sur le territoire national et ne peuvent être transférées en dehors de celui-ci que dans les cas prévus par la législation en vigueur.

Figure 17 : Article 5 de chapitre 3 du JO.06 du 10 février 2015
(Source : Extrait du JO.06 du 10 février 2015, p. 07)

E. Arrêté interministériel du 26 Chaabane 1438 correspondant au 23 mai 2017 fixant l'organisation de l'administration centrale du ministère de l'intérieur et des collectivités locales, en bureaux : L'article 4 (Fig.18) indique l'utilisation des datacenters dans l'organisation de la direction générale de la modernisation, de la documentation et des archives (JO.56 du 28 septembre 2017).

Art. 4. — La direction générale de la modernisation, de la documentation et des archives est organisée comme suit :

b) La sous-direction de la gestion des accès aux bases de données, composée de deux (2) bureaux :

- le bureau de l'administration des accès ;
- le bureau de la gestion et de la sécurité du data center.

Figure 18 : Article 4 de l'arrêté interministériel du 23 mai 2017
(Source : Auteur, 2019 depuis JO.56 du 28 septembre 2017, p. 10)

F. La décision N° 48 /SP/PC/ARPT/17 du 29/11/2017 : Portant approbation du cahier des charges définissant les conditions et les modalités d'établissement et d'exploitation des services d'hébergement et de stockage de contenu informatisé au profit d'utilisateurs distants dans le cadre des services dits d'informatique en nuage ou cloud computing. L'Agence de régulation

des postes et télécommunication (ARPT) indique quatre (4) articles relatifs à la réglementation d'hébergement des données :

Article 4 : Le Titulaire de l'autorisation peut offrir les services d'hébergement et de stockage de données selon trois (03) modèles techniques d'utilisation de Cloud Computing suivants (Tab.02) :

Tableau 2 : Trois modèles techniques de Cloud Computing

Infrastructure en tant que Service (IaaS)	Plateforme en tant que Service (PaaS)	Service en tant que Service (SaaS)
Le Titulaire met en service un ensemble de ressources matérielles virtualisées pour le traitement et le stockage des données. Il est responsable de l'administration des ressources.	Le Titulaire met en service une plateforme composée de serveurs d'application, base de données et un environnement d'exécution qui permettent aux clients de développer, déployer, gérer et exécuter leurs propres applications développées ou acquises. Le Titulaire gère l'ensemble de la plateforme.	Le titulaire met à disposition de ses clients un ensemble d'applications utilisables à la demande, qui sont gérés par lui-même.

(Source : Auteur, 2019 depuis ARPT, 2017)

Article 6 : conditions d'octroi de l'autorisation : « Toute personne physique ou morale désirant établir et/ou exploiter un service d'hébergement et de stockage de contenu informatisé au profit d'utilisateurs distants dans le cadre des services dits d'informatique en nuage ou Cloud Computing, doit introduire une demande auprès de l'Autorité de régulation ». De plus, « Toute personne morale désirant établir et/ou exploiter ce service doit se constituer en la forme d'une société de droit algérien avec un siège social en Algérie » (ARPT, 2017).

Article 9 : période de démarrage d'exploitation du service : « Le Titulaire est tenu de procéder à l'installation des équipements et logiciels nécessaires à l'établissement et à l'exploitation des services dans un délai maximum d'une (01) année, et ce à compter de la date de notification de l'autorisation ». De plus, « Une période d'une année (01) supplémentaire peut être accordée dans le cas de force majeure. Passé ce délai, l'autorisation sera retirée par l'Autorité de régulation » (ARPT, 2017).

Article 10 : obligations du titulaire : Ce même titulaire est soumis à des obligations, dont ce qui nous intéresse sont les suivantes :

- Implanter son infrastructure sur le territoire national et en intégrant les technologies les plus récentes et les plus avérées ;
- Les données des clients doivent être hébergées et stockées sur le territoire national ;

- Assurer la disponibilité et la continuité du service fourni à ses clients sauf cas de force majeure ;
- Garantir une solution de sauvegarde " Backup " des données hébergées ou stockées (ARPT, 2017).

G. Ordonnance n° 10-01 du 16 Ramadhan 1431 correspondant au 26 aout 2010 portant loi de finances complémentaire pour 2010 : Elle précise que certains frais sont exemptés de la taxe sur la valeur ajoutée, depuis la date de publication de l'ordonnance au Journal officiel (JO.49 de 29 août 2010) et jusqu'au 31 décembre 2020 (Fig.19). Ce qui nous intéresse sont les frais liés à **l'hébergement de serveurs web au niveau des centres de données (datacenter) implantés en Algérie et en .DZ (point dz)** (JO.49 de 29 août 2010).

Art. 32. — A compter de la date de publication de la présente ordonnance au Journal officiel et jusqu'au 31 décembre 2020, sont exemptés de la taxe sur la valeur ajoutée :

— les frais et redevances liés aux services d'accès fixe à internet ;

— les frais liés à l'hébergement de serveurs web au niveau des centres de données (Data centre) implantés en Algérie et en .DZ (point dz) ;

Figure 19 : Article 32 de l'Ordonnance 10-01 du 26 aout 2010
(Source : JO.49 du 29 aout 2010, p.10)

2.1.2 Les datacenters dans la pratique algérienne

L'entreprise dénommée YOTTA, est une société algérienne spécialiste dans l'aménagement des datacenters, elle fait l'étude, la conception et la réalisation des datacenters d'une part, et la maintenance des infrastructures existantes d'autre part. Cette société a été créée le 31 aout 2017, se trouve à 58 cité Makoudi 2, El Alia, Oued Smar 16270, Alger. Son directeur Mr DAOUD Bakir nous a ouvert ses portes pour travailler ensemble sur le sujet qui le trouve très intéressant pour leur travail, il a accepté de partager la fiche d'évaluation (Tab.03) utilisée par l'entreprise dans le choix de site d'implantation des datacenters. Cette fiche est constituée de 30 critères, réparties dans trois grands groupes, à savoir :

- La localisation environnementale et naturelle ;
- La localisation environnementale industrielle, sociétal & technologique ;
- Les ressources énergétiques & technologiques.

Tableau 3 : Grille d'évaluation des datacenters en Algérie, élaboré par l'organisme YOTTA

Analyse de la localisation environnementale naturelle	Classification du site	zone protégée pour l'environnement ?
		zone classée pour l'environnement ?
		zone de sécurité renforcée / secret défense
	Risques naturels	Séisme
		Kérauniques
		Inondation
		Cyclones
Ensoleillement		
Analyse de la localisation environnementale industrielle, sociétal & technologique	Risques industriels	SEVESO
		ATEX
	Risques socio-économiques	Vandalisme (indisponibilité, destruction totale ou partielle, perte/vol de données)
		Sabotage (indisponibilité, destruction totale ou partielle, perte/vol de données)
	Risques technologiques	Zone aérienne
		Zone de champs électromagnétique (radio, opérateurs mobiles, radars...)
	Accessibilité du site	Routes (voirie suffisamment large, et adaptée pour la livraison, ...)
		Secours (accès aux services de secours, raccordement aux réseaux de protection incendie, évacuation efficace en cas d'urgence)
		Parking
		Accès bâtiment (proximité des bâtiments générant de la circulation)
		Livraison par poids lourds (quai, aire de retournement, largeur et consistance de la voirie, réseaux sous voirie)
	Analyse des ressources énergétiques & technologiques	Analyse des ressources disponibles sur site
Eau (approvisionnement, autonomie minimale)		
Data (liens fibre optique, opérateurs Telecom, débits importants, sécurité des accès, double adduction)		
Electricité (disponibilité, puissance nécessaire, sécurité d'accès énergie)		
Gaz (production d'énergie, approvisionnement)		
Analyse des ressources énergétiques renouvelables		Géothermie
		Eolien
		Solaire
		Autre renouvelable
Analyse des possibilités de contribution énergétique (valorisation des calories)		

(Source : Auteur, 2019 depuis Daoud, 2019)

2.2 Normes et Références des datacenters dans le monde

Plusieurs normes, références et spécialistes dans le domaine des datacenters ont pris en considération de choix de localisation comme un point primordial et essentiel dans le processus de la réalisation, notamment :

2.2.1 Club des Responsables d'Infrastructures et de Production-CRIP (2009)

Cattier *et al* (2010) présentent dans leur livre blanc un extrait d'une étude de critères de localisation des datacenters dans le monde. Cette dernière intitulée « L'observatoire des

directeurs d'infrastructures et de production – mai 2009 », est mené par le CRIP. D'abord, cette étude résume les différents risques auxquels les datacenters sont exposés, classés en trois (3) catégories :

- **Les risques naturels :**
 - Les désordres climatiques (foudre, tornade, sécheresse, tempête de glace...);
 - Les accidents géologiques (séismes, volcan, tsunamis, glissements de terrain.);
 - Les accidents hydrauliques (torrents, avalanches...).
- **Les risques d'origine humaine comme le terrorisme ;**
- **Les risques techniques (Finlay et Nordstrom, 2009).**

Ensuite, le CRIP identifie les différents facteurs à prendre en compte dans le choix du territoire d'implantation des datacenters (Tab.04), à savoir :

Tableau 4 : Critères de localisation des datacenters selon le CRIP

L'environnement Général des Affaires : Le « climat des affaires » est un aspect primordial à évaluer sur plusieurs niveaux	La stabilité économique et financière
	L'éthique des affaires et de la bureaucratie, l'aspect stratégique du pays (pour la société qui envisage de s'y implanter)
	Les aides financières ou exonérations à l'installation ;
	La qualité du support des agences locales pour l'implantation
La confidentialité : plusieurs réglementations et préoccupations gèrent la protection des données, alors la société (datacenter) doit vérifier sa politique de sécurité des données avec celle de territoire d'implantation	la législation encadrant la collecte, l'usage et la conservation des données
	la législation concernant les diverses déclarations à faire et les autorités qui les enregistrent
	les règles anti-blanchiment d'argent
	la législation encadrant l'utilisation d'outils tels que la cryptographie, d'authentification et d'identification
	les divers accords entre pays ou l'existence d'une réglementation supranationale respectée
	les normes en vigueur dans le pays
L'accès à du personnel qualifié : on entend par les compétences essentielles qualifiées	la capacité à poursuivre et faire valoir ses droits
	l'importance du bassin d'emploi local
	l'existence de personnels qualifiés en informatique, d'ingénieurs
	la présence de jeunes diplômés
	l'existence de formations appropriées et de bon niveau
L'accès aux vendeurs, constructeurs et éditeurs	l'absence de goulots d'étranglement en termes de recrutement
	L'existence d'autres centres informatiques dans la zone visée est un plus
	Le niveau de support offert par les fournisseurs clés doit être compatible avec les objectifs fixés en termes de qualité et réactivité
	La présence de partenaires locaux de ces fournisseurs est intéressante
L'énergie : L'accès aux ressources énergétiques est un point primordial pour le bon fonctionnement de l'infrastructure	La présence sur place ou à proximité, de stock de pièces, de machines de rechange et de personnel d'intervention est un plus
	la disponibilité des sources (fiabilité, intervention rapide)
	la possibilité d'avoir des alimentations distinctes et gérées par des acteurs différents
	l'existence de fournisseurs concurrents dans un cadre réglementé
	l'existence de fournisseurs d'énergie renouvelable

	l'historique des pratiques locales (coupures, délai de prévenance sur les arrêts, ;détérioration de la qualité, etc.)
	les pratiques contractuelles
Le Télécom : Offrir une bande passante optimale pour les clients dépend de	la fiabilité et disponibilité des accès réseau
	la qualité des connexions, stabilité des débits, faible latence, etc.
	la diversité des offres technologiques pratiquées
	le cadre réglementaire
	l'existence d'une concurrence viable
	les délais d'accès pour les utilisateurs existants et à venir
	la relation contractuelle avec le ou les fournisseurs
L'accessibilité : le site d'implantation doit être facilement accessible (personnel et les ingénieurs)	La facilité d'accès par les lignes aériennes à partir d'aéroports proches et fréquentés
	La facilité d'accès à partir des autres sites de l'entreprise
	La facilité d'accès à partir du pays d'origine et des moyens de transports à disposition

(Source : Auteur, 2019 depuis Cattier et *al*,2010)

2.2.2 Groupe Regional Partner (2009)

Regional Partner, conseil et opérateur en développement économique cite les différents critères de choix de site d'implantation des datacenters, à savoir :

- **Mobilité géographique des investissements ;**
- Eléments techniques positifs :
 - **Proximité des sources/infrastructures d'énergie électriques** (sécurité des approvisionnements, coûts de raccordements, puissance électrique) ;
 - **Proximité des infrastructures télécom** (diminution des coûts de raccordements, connectivité et vitesse de débit, présence locale d'opérateurs télécom).
- **Eléments techniques négatifs : Risques locaux :** inondations, activités sismiques, activités industrielles à risque, perturbation sur réseau électrique, proximité d'aéroport /mines /lignes TGV... ;
- **Critères généraux : Coût du terrain, discrétion du site, atouts sécurité** (ensemble éléments limitant les actes de malveillance...) ;
- **Eléments organisationnels : Délais de réalisation :** réflexion amont longue, mais volonté de réalisation rapide (Regional Partner, 2009).

2.2.3 Groupe Caisse des dépôts (2015)

Il identifie les différents facteurs d'implantation des datacenters, afin de déterminer la faisabilité technique de mise en place de telle infrastructure d'une part, et de définir son potentiel économique d'autre part. Le choix de site d'implantation se fait sur deux phases (Fig.20) :

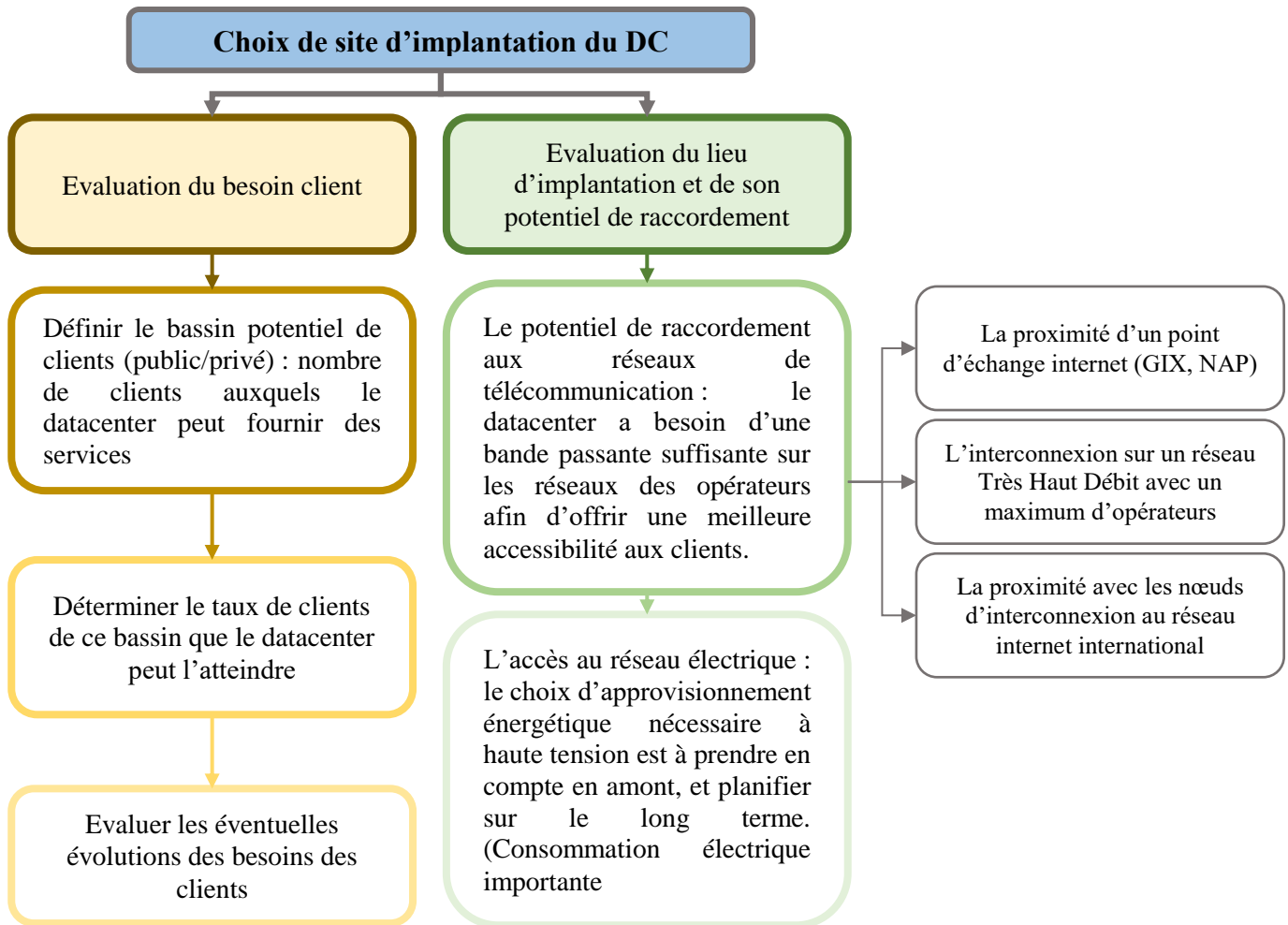


Figure 20 : Processus de choix de site d'implantation des datacenters selon Benac et *al* (2015)
(Source : Auteur, 2019 depuis Benac et *al*, 2015)

2.2.4 Schneider Electric ITB (2011)

Le groupe Schneider Electric a défini plusieurs facteurs pour le choix de site d'implantation des datacenters, tel que :

- Eviter les périmètres Seveso / identifier le niveau de seuil et l'impact ;
- Eviter la proximité de zone dangereuse (axes décollage, fret ferroviaire, ligne HT, inondable...) ;
- S'assurer de la proximité de source énergétique et de la disponibilité de puissance nécessaire (énergie disponible + possibilité de redondance) ;
- S'assurer de la proximité de réseau de fibres ;
- Vérifier les contraintes de voisinage (bruit, vibrations, rayonnement) ;
- Récupérer les statistiques météo et/ou spécificités géologiques ;
- Identifier les opportunités de voisinage (récupération de chaleur...) (Giroud, 2011).

2.2.5 Syntec-numérique (2011)

Le datacenter est une infrastructure très sensible, dont plusieurs risques peuvent perturber son fonctionnement, classés en deux (2) catégories (Fig.21) :

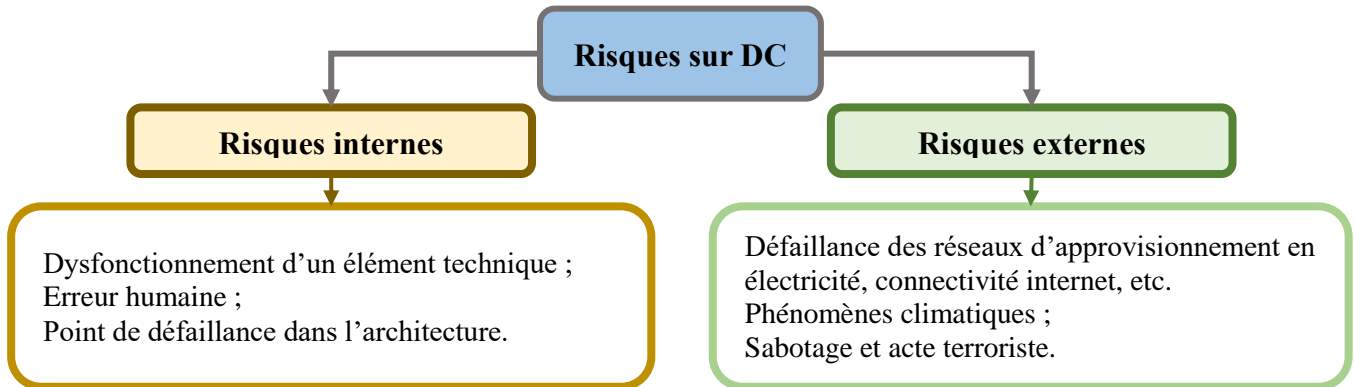


Figure 21 : Deux catégories des risques pouvant perturber le fonctionnement d'un DC selon Syntec numérique
(Source : Auteur, 2019 depuis Syntec-numérique, 2011)

Pour cela, le site d'implantation de cette infrastructure doit répondre à quelques facteurs, afin de garantir sa fiabilité avec le moindre coût. Le choix de site dépend de :

- La qualité et la redondance de la distribution électrique ;
- La présence de services réseaux multi opérateurs à très haut débit ;
- La présence de personnel qualifié ;
- L'absence des risques environnementaux ;
- Conditions météorologiques : zone froide et peu humide pour réduire les besoins de refroidissement (Syntec-numérique, 2011).

2.2.6 Cercle de Réflexion et d'Etude pour le Développement de l'Optique-CREDO (2015)

CREDO (2015) explique que la réglementation française impose quelques exigences en termes de stockage de données, à travers des mesures visant à minimiser les risques comme les PRA (Plans de Reprise d'Activité) et les PCA (Plans de Continuité d'Activité). Dans le secteur bancaire, deux (2) exigences "Bâle 4" et "Vinci" imposent la triple configuration suivante des datacenters :

- Un site **primaire pour la production** ;
- Un site **de secours** le plus souvent installé entre 10 km et 35 km du site de production qualifié aussi de backup à chaud ;

- Un site **distant éloigné** quant à lui de plusieurs centaines de km (Site hors région qualifié le plus souvent de site de reprise à froid).

Cette configuration des datacenters permet de garantir la continuité, la préservation et la survie des données face aux chocs extrêmes (Cercle-CREDO, 2015).

2.2.7 Club des Responsables d'Infrastructures et de Production-CRIP (2010)

Stern (2010) explique le processus de choix de site d'implantation d'un datacenter comme suit. D'abord, fixer les recommandations générales sur le type de site :

- Typologies (Campus, twin sites, ...);
- Usage (On-line business, production, back-up, ...);
- Criticité, Tiers.

Ensuite, identifier les recommandations de localisation de l'infrastructure suivantes (Tab.05) :

Tableau 5 : Recommandations de choix de site d'implantations des DC selon le CRIP (2010)

Risques naturels	Volcanismes, séismes
	Tsunamis, raz de marée, inondations
	Glissements de terrains, effondrements
	Tornades, cyclones, orages, etc.
	Incendies
Risques politiques	Instabilité du régime en place
	Nature de régime
	Législations locales
	Risques pour la protection des données
	Emeutes – mouvements sociaux
	Rupture des chaînes d'approvisionnement
	Guerre – terrorisme
	Risques fonciers
Risques Seveso	Proximité de sites classés Seveso 1 ou 2
Risques liés aux émissions électromagnétiques	Proximité de sources d'émissions électromagnétiques pouvant perturber l'activité du site : Radars, bases militaires, aéroports, antennes, relais, ...
Climatologie du lieu d'implantation	Température et hygrométrie moyenne annuelle
	Potentiel de refroidissement de type « free cooling »
Qualité et fiabilité du réseau électrique	Nature de la production d'énergie locale : Renouvelable, charbon, fuel, nucléaire, ...
Potentiel d'utilisation d'énergies renouvelables : solaire, éolien, ...	
Qualité de fiabilité du réseau télécom	
Qualité des infrastructures locales (routes, voies ferrées)	
Accessibilité du site : Proximité de nœuds de desserte (aéroports, ports, gares, ...)	
Proximité des mainteneurs d'équipements	
Proximités des services publics (pompiers, police, hôpital, ...)	

(Source : Auteur, 2019) depuis Stern, 2010)

2.3 Classification et critères de localisation des datacenters dans les secteurs d'activités

La localisation des activités se diffèrent d'un secteur à un autre (agriculture, industrie ou services). En effet, il est indispensable de bien cerner l'infrastructure étudiée (datacenter) dans son secteur afin de pouvoir établir les dynamiques de leurs localisations.

2.3.1 Classification des datacenters dans les secteurs d'activités

Plusieurs nomenclatures d'activités (Nord-Américain, Australie, Europe,) ont classé cette nouvelle infrastructure urbaine (datacenter) dans différents secteurs.

NACE-BEL 2008 : La nomenclature des activités NACE de l'Union européenne (2008), classe les datacenters dans la rubrique « 63.11 Traitement de données, hébergement et activités connexes » (Tab.06).

Tableau 6 : Classification des datacenters selon la NACE-BEL (2008)

Section	Groupe	Classe et Sous-classe		
J -- INFORMATION ET COMMUNICATION	58 Edition	58.1 Édition de livres et de périodiques et autres activités d'édition		
		58.2 Édition de logiciels		
	59 Production de films cinématographiques, de vidéo et de programmes de télévision; enregistrement sonore et édition musicale	59.1 Activités cinématographiques, vidéo et de télévision		
		59.2 Enregistrement sonore et édition musicale		
	60 Programmation et diffusion de programmes de radio et de télévision	60.1 Diffusion de programmes radio		
		60.2 Programmation de télévision et télédiffusion		
	61 Télécommunications	61.1 Télécommunications filaires		
		61.2 Télécommunications sans fil		
		61.3 Télécommunications par satellite		
		61.9 Autres activités de télécommunication		
	62 Programmation, conseil et autres activités informatiques	62.0 Programmation, conseil et autres activités informatiques		
	63 Services d'information	63.1 Traitement de données, hébergement et activités connexes; portails Internet	63.11 Traitement de données, hébergement et activités connexes	
			63.12 Portails Internet	
		63.9 Autres services d'information		

(Source : Auteur, 2018 depuis Versonnen,2011)

Cette rubrique comprend les activités dont l'objectif essentiel est de fournir les infrastructures destinées aux services d'hébergement, de traitement des données et d'autres activités de ce type (Versonnen, 2011). A ce niveau, on parle de datacenter comme infrastructure indispensable pour la distribution, le traitement et l'hébergement des données.

En effet, les datacenters sont classés dans la sous-classe « 63.110 Traitement de données, hébergement et activités connexes » qui englobe les activités suivantes (Tab.07) :

Tableau 7 : Activités de la sous-classe « Traitement de données, hébergement et activités connexes » selon NACE-BEL (2008)

63.110 Traitement de données, hébergement et activités connexes
<ul style="list-style-type: none"> - la fourniture d'infrastructures destinées aux services d'hébergement, de traitement des données et à d'autres activités de ce type - les activités d'hébergement spécialisées comme: <ul style="list-style-type: none"> • services d'hébergement de sites Web • services de diffusion continue • services d'hébergement d'applications - la fourniture de services applicatifs - la fourniture générale à temps partagé de gros ordinateurs destinés aux clients - les activités de traitement des données: <ul style="list-style-type: none"> • traitement complet des données fournies par le client • préparation de rapports spécialisés à partir des données fournies par le client • numérisation de documents - les services de saisie des données

(Source : Versonnen, 2011)

D'après cette classification de NACE-BEL (2008), les datacenters sont classés comme des infrastructures destinées aux services d'hébergement et de traitement des données. Alors, on considère cette infrastructure « datacenter » comme **service**.

CITI Rev.4 2009 : La classification internationale type, par industrie, de toutes les branches d'activité économique ou (CITI), est une norme internationale de référence relative aux activités économiques. La NACE, citée précédemment, est une dérivée de la CITI, dont l'objectif est d'obtenir une nomenclature mieux adaptée aux structures économiques européennes. Le tableau (Tab.08) suivant montre la classification des datacenters selon la CITI Rev.4 2009 :

Tableau 8 : Classification des datacenters selon la CITI Rev.4 2009

Section	Division	Classe et Description
J INFORMATION ET COMMUNICATION	58 Activités d'édition	581 Édition de livres, revues et autres activités d'édition
		582 Édition de logiciels
	59 Activités de production de films cinématographiques et vidéo, de programmes de télévision, d'enregistrements sonores et d'édition musicale	591 Activités de production de films cinématographiques et vidéo, et de programmes de télévision
		592 Activités d'enregistrement du son et d'édition musicale.

J INFORMATION ET COMMUNICATION	60 Activités de programmation et de diffusion	601 Radio diffusion	
		602 Activités de production et de diffusion de programmes de télévision	
	61 Télécommunications	611 Activités de télécommunications par câble	
		612 Activités de télécommunications sans fil	
		Activités de télécommunications par satellite	
		619 Autres activités de télécommunications	
	62 Programmation informatique; conseils et activités connexes	620 Programmes informatiques, conseils et activités connexes	
	63 Activités de services d'information	631 Activités de traitement des données, d'hébergement et activités connexes; portails d'entrée sur le Web	6311 Traitement de données, hébergement et activités connexes
			6312 Portails d'entrée sur le Web
		639 Autres activités de services d'information	

(Source : Auteur, 2018 depuis Nations Unis, 2009)

La CITI Rev.4 classe les datacenters dans la rubrique « 6311 Traitement de données, hébergement et activités connexes », elle comprend toutes les activités suivantes liées aux services de traitement et d'hébergement des données (Tab.09).

Tableau 9 : Activités de la sous-classe « Traitement de données, hébergement et activités connexes » selon la CITI Rev.4 (2009)

Traitement de données, hébergement et activités connexes
— fourniture d'infrastructure pour les services d'hébergement, de traitement de données et activités connexes
— activités d'hébergement spécialisées telles que :
♦ hébergement Web
♦ enregistrement et lecture en continu
♦ hébergement d'application
— fourniture de services d'applications
— fourniture d'installation générale de gros ordinateurs aux clients en temps partagé
— activités de traitement des données
♦ traitement complet des données fournis par les clients
♦ élaboration de rapports spécialisés à partir d'informations fournies par les clients
— fourniture de services d'entrée des données

(Source : NationsUnis, 2009)

En effet, selon la CITI Rev.4 2009, cette infrastructure « datacenters » est classée dans les activités de fourniture de services de traitement et d'hébergement des informations numériques. Alors on considère les datacenters comme des **services**.

ANZSIC 2006 : La ANZSIC, est la Nomenclature type des activités économiques de l’Australie et de la Nouvelle-Zélande (Australian and New Zealand Standard Industrial Classification ou ANZSIC), sa structure est plus proche de la CITI et la NACE.

Cette classification (ANZSIC 2006) range les datacenters dans la rubrique « 5922 Services de stockage d’informations électroniques » (Tab.10)

Tableau 10 : Classification des datacenters selon la ANZSIC 2006

Code	Secteur	Sous-secteur		
J MÉDIAS D'INFORMATION ET TÉLÉCOMMUNICATIONS	54 Publication (sauf Internet et édition de musique)	541 Publication de journaux, de périodiques, de livres et de répertoires		
		542 Publication de logiciels		
	55 Activités d'enregistrement de films et de sons	551 Activités cinématographiques et vidéo		
		552 Enregistrement sonore et édition de musique		
	56 Radiodiffusion (sauf Internet)	561 Radiodiffusion		
		562 Télédiffusion		
	57 Publication et diffusion sur Internet	570 Publication et diffusion sur Internet		
	58 Services de télécommunications	580 Services de télécommunications		
	59 Fournisseurs de services Internet, portails de recherche Web et services de traitement de données	591 Fournisseurs de services Internet et portails de recherche Web	5910 Fournisseurs de services Internet et portails de recherche Web	
		592 Services de traitement de données, d'hébergement Web et de stockage d'informations électroniques	5921 Services de traitement de données et d'hébergement Web	
5922 Services de stockage d'informations électroniques				
60 Bibliothèque et autres services d'information	601 Bibliothèques et Archives			
	602 Autres services d'information			

(Source : Auteur, 2018 depuis Trewin & Brian, 2006)

A partir de ce tableau, les infrastructures destinées au traitement, hébergement Web et stockage des informations numériques sont rangées dans le secteur « service de traitement de données ». Donc, selon la ANZSIC 2006, les datacenters sont considérés comme des **services**.

SCIAN Version 3.0 2017 : Le SCIAN est le Système de classification des industries de l’Amérique du Nord (North American Industry Classification System ou NAICS), il définit les activités économiques des trois pays nord-américains (le Canada, le Mexique et les États-Unis). Ce système classe les infrastructures de traitement et d’hébergement des données dans le secteur « Industrie de l’information et industrie culturelle » (Tab.11)

Tableau 11 : Classification des datacenters selon le SCIAN Version 3.0 2017

Code	Secteur	Sous-secteur
51	Industrie de l'information et industrie culturelle	511- Édition
		512- Industries du film et de l'enregistrement sonore
		515- Radiotélévision (sauf par Internet)
		517- Télécommunications
		518- Traitement de données, hébergement de données et services connexes
		519- Autres services d'information

(Source : Auteur, 2018) depuis StatCan,2017))

Au contraire des autres classifications (NACE-BEL 2008, CITI Rev.4 2009 et ANZSIC 2006), le SCIAN classe les datacenters comme infrastructure industrielle de l'information, il les considère donc comme des **industries**.

D'autre part, **Henry Bakis (2013)** déclare que : « Le secteur des services de l'ère Internet compte un nouveau type d'établissement : datacenter ». Il s'agit d'un nouvel établissement tertiaire, donc on parle de secteur des services de l'internet. En effet, les datacenters sont rangés dans le secteur des **services**.

En revanche, Mérenne-Schoumaker (2018) nous a informé que ce type d'infrastructure « datacenter » est un service un peu particulier, il fait partie du « tertiaire lourd », vu que les datacenters impliquent d'importantes surfaces au sol et dans ce cas spécifique beaucoup d'énergie. Leurs facteurs de localisation sont un peu spécifiques combinant des facteurs plus typiques des industries (terrain et énergie) et d'autres plus proches des services (proximité des marchés). Donc, les datacenters sont rangés dans le secteur de **tertiaire lourd**.

Ce travail de classification des datacenters nous a mené à ranger cette infrastructure de traitement et d'hébergement des données numériques « datacenters » comme suit (Fig.22) :

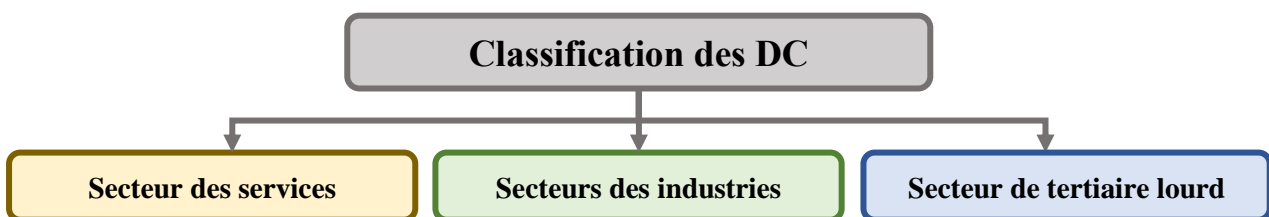


Figure 22 : Classification des datacenters dans les secteurs d'activités
(Source : Auteur, 2018 depuis Mérenne-Schoumaker, 2018)

2.3.2 Critères de localisation des activités : industries, services et tertiaire lourd

Afin de déterminer les facteurs de localisation des datacenters, nous allons tout d'abord définir et comprendre la notion de critère de localisation, ensuite étudier les facteurs de localisation des différentes activités économiques : services, industries et tertiaire lourd.

Critères de localisation : Mérenne-Schoumaker (1994 et 2004), considère la localisation comme un concept central et une propriété spatiale essentielle dans le domaine de la géographie. Cette propriété indique la position ou localisation absolue d'un lieu ou d'un phénomène « exprimée par les coordonnées géographiques : latitude, longitude et parfois altitude » ; en outre ; elle désigne surtout sa position relative, c'est-à-dire sa situation géographique ou localisation par rapport à d'autres points ou d'autres phénomènes (par exemple, un port, une ville, une université, un marché, etc.).

Ce même auteur ajoute que l'échelle d'analyse des localisations est essentielle, parce qu'elle détermine le choix des références, et ensuite l'espace car « les distributions et les répartitions des localisations s'opèrent dans des territoires qu'elles transforment souvent et qui peuvent aussi les avoir induites par leurs ressources tant immatérielles que matérielles et ce à toutes les échelles » (Mérenne-Schoumaker, 2004).

Par la suite, quand on parle de localisation des activités ou des infrastructures, on parle de critères ou facteurs de leur implantation ou de leur localisation. Ce critère est défini par le dictionnaire Larousse comme étant un « principe, élément de référence qui permet de juger, d'estimer, de définir quelque chose ». En outre, Mérenne-Schoumaker (1994) explique qu'il s'agit de « tout phénomène susceptible d'influencer d'une manière ou d'une autre sur le choix d'une localisation ». Elle synthétise quatre grands principes des critères de localisation :

- L'emplacement ne peut être choisi à partir d'un seul facteur ; même s'il s'agit de l'existence d'une matière première, le choix d'implantation ne peut être effectué à cause de cette dernière, car ce facteur est une condition nécessaire mais pas suffisante ;
- Un même facteur peut exercer des influences diverses ; ainsi la présence d'une main d'œuvre qualifiée peut attirer certaines entreprises et en pousser d'autres ;
- Le choix d'une localisation est la résultante de plusieurs facteurs dont le poids et la diversité varient fortement d'une situation à l'autre ;

- La sélection finale d'une localisation est toujours une question de compromis et d'options. C'est normal, car, comme le dit R. Muther, « il est rare de trouver un emplacement parfait, permettant une implantation parfaite pour un prix parfait ».

De plus, Mérenne-Schoumaker (2004) cite cinq (5) considérations générales qui doivent être formulées avant de traiter de l'influence des différents facteurs :

- Tout facteur comprend des aspects tangibles et des aspects non tangibles ;
- Les aspects tangibles peuvent être estimés parce qu'ils peuvent être traduits en termes de coûts ; en revanche ; les aspects non tangibles, comme la sécurité ou la qualité de l'environnement par exemple, ne peuvent pas être mesurés ;
- Les aspects non tangibles doivent être pris en compte, car ils ont une réelle influence, même s'il est très difficile à les estimer ;
- La prudence s'impose dans l'interprétation des conditions individuelles de localisation : de faibles taxes sont, bien entendu, préférés à des taxes élevées, mais ces faibles taxes impliquent souvent un faible niveau de services collectifs ou une faible qualité des équipements offerts aux entreprises ;
- Beaucoup de facteurs sont liés à d'autres, par exemples les économies externes ou le climat entrepreneurial de la région.

I. La localisation des industries : Mérenne-Schoumaker (2004) regroupe les facteurs de localisation des industries dans deux groupes majeurs, suivant le schéma suivant (Fig.23) :

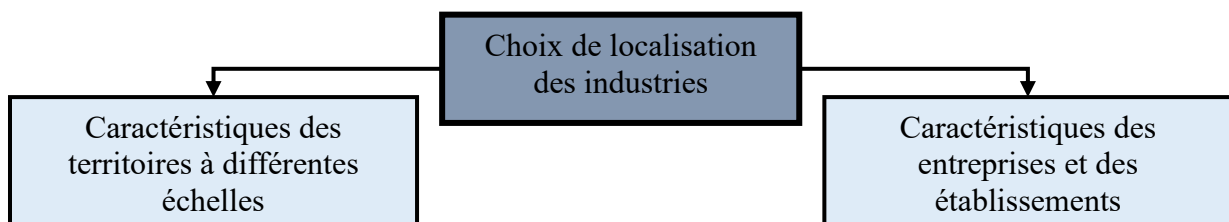


Figure 23 : Deux grands facteurs de localisation des industries selon Mérenne-Schoumaker
(Source : Auteur, 2018 depuis Mérenne-Schoumaker, 2004)

A. Caractéristiques des territoires : Dans notre recherche, nous étudions les critères de localisation des datacenters à un niveau spatial plus restreint, celui des régions, des localités, des terrains (échelles méso- et micro spatiale), plusieurs facteurs orientent le choix, à savoir :

- **Situation géographique :** La position relative du pays vis-à-vis des marchés ou des réseaux de transports peut orienter les choix, en raison des changements pouvant toucher les marchés, conditions de transport, conventions et accords internationaux.

- **Marché** : Ce facteur est très lié à l'accessibilité et le taux espéré de croissance, ce sont très puissant pour pouvoir accéder à un marché et le conquérir.

- **Matières premières, l'énergie et l'eau** : L'influence de ces trois (3) facteurs est très variable d'une activité à l'autre. Mérenne-Schoumaker précise que l'absence des sources énergétiques ou les prix très élevés d'électricité peuvent décourager certains choix. Souvent, les grands consommateurs d'eau (pour le refroidissement notamment) s'implantent en bordure des cours d'eau. Cependant, certaines activités exigent une certaine qualité d'eau (par exemple : l'industrie alimentaire). De plus, ce facteur présente certaine préoccupation (législation) en termes des eaux usées qui peuvent avoir des répercussions sur le choix de localisation.

- **Transports** : un des facteurs les plus sensibles, ses couts résultent le choix de localisation de l'activité industrielle lorsqu'ils dépassent les 5% de prix de revient des produits. La majorité des activités ont des exigences qualitatives en termes de déplacement des marchandises et du personnel, ainsi aux réseaux et operateurs présents dans la région. La plupart des nouvelles zones d'activités sont implantées à proximité des autoroutes, des ports ou des aéroports. En revanche, cette proximité n'implique pas nécessairement son utilisation. Ce choix des zones portuaires et aéroportuaires ne revient pas à leur accessibilité facile, mais aux potentiels fonciers qu'elles présentent : terrains vaste, prix abordable, loin de l'habitat (peu de voisinage). De plus, les réseaux de télécommunications ont un point très lourd dans le choix de localisation. Ils empêchent l'implantation dans les zones où les délais de raccordement sont longs, et ils orientent vers les nœuds riches et de qualité, d'où la réussite des téléports qui « combinent généralement des équipement et infrastructures en télécommunications, un programme immobilier et des opérateurs privés et publics ».

- **Disponibilités en terrains et en bâtiments** : Deux aspects de terrains ont une influence : Le prix peu élevé et la qualité de l'environnement. D'autre part, la réutilisation des bâtiments disponibles récents et/ou en bon état présente un facteur majeur dans le choix d'implantation.

- **Aspects quantitatifs et qualitatifs de la main-d'œuvre** : La main-d'œuvre présente un des facteurs majeurs de localisation des industries, elle est définie par quatre (4) aspects essentiels : La disponibilité, la qualification, la réputation et le cout. De plus, elle a d'autres aspects à prendre en considération : l'Age, le sexe, la régularité (absentéisme, exactitude), la rapidité (de formation, dans le travail), l'adresse, l'efficacité, la stabilité, les exigences, la tradition syndicale, les tendances politiques, ...

- **Environnement économique :** L'implantation d'une nouvelle infrastructure à proximité d'autres entreprises présentes sur le site peut constituer un critère de localisation, elle traduit une relation directe de sous-traitance, clientèle, ... Cette proximité recherche un certain voisinage : des établissements de même nationalité, de même importance, de même activité, mais parfois le contraire, où une petite ferme préfère s'installer près d'une plus grande. Ce facteur procède généralement la minimisation des risques, la prise en considération du climat économique de la région.

- **Préoccupations et les contraintes de l'environnement :** la politique d'aménagement du territoire et de protection de l'environnement freine souvent les possibilités de choix de localisation pour plusieurs industries. Elle touche spécialement les établissements polluants et/ou dangereux, dite SEVESO. En effet, cet environnement devient un point « psychologique » très sensible pour le choix d'implantation de nouvel établissements, les entrepreneurs préfèrent les espaces arborés et s'éloignent des anciens tissus industriels, ce qui freine la réaffectation de ces friches industrielles.

- **Cadre de vie :** Il est défini par plusieurs éléments : des coordonnées du cadre physique (paysages, durée de l'ensoleillement), conditions de logements (disponibilité, prix et qualité), l'attractivité touristique, la présence d'établissement d'enseignement, le commerce, des soins médicaux, ... aspects ne sont pas décisifs, mais ils orientent la décision, grâce à l'image de marque qu'ils donnent à la région.

- **Interventions des pouvoirs publics :** « Les interventions des responsables régionaux et locaux sont fréquemment plus déterminantes, en raison de l'importance accordé par les dirigeants aux « structure d'accueil » à une collaboration franche, loyale et constante avec les autorités locales ».

B. Caractéristiques des entreprises et des établissements : La localisation des entreprises et établissements varient selon leurs propres caractéristiques, à savoir :

- **Branche d'activité de l'établissement et cycle de vie du produit :** Chaque activité a ses propres exigences spécifiques, ainsi son cycle de vie influence sur ces besoins, et donc sur les facteurs de choix de localisation.

- **Taille de l'établissement :** On entend par taille de l'établissement ses besoins en main-d'œuvre et en surface. Plus cette taille est importante, elle présente des difficultés dans le choix de localisation : lorsque la taille est grande, le nombre de choix diminue (les vastes terrains sont rarement bien situés, main-d'œuvre indisponible...).

- **Fonction de l'établissement** : Entre le tertiaire industriel et les activités de production, différents facteurs d'implantation se manifestent. Le premier nécessite une localisation à proximité des centres urbains afin de profiter de la qualification de la main-d'œuvre, à l'opposé, les activités de production s'attirent aux petites villes et rurales qui ont un nombre de main-d'œuvre plus important avec le moindre coût.

- **Nature de l'opération de localisation** : Il existe trois (3) types de situation de décision : la création d'un établissement, l'extension d'une entreprise existante et le transfert (partiel ou total) de l'activité. Dans le premier cas d'une création, le choix de localisation est souvent lié au domicile de l'entrepreneur. Par contre, dans le cas d'une extension ou transfert, la localisation est relative à leur origines (foncier, immobilier ou d'accessibilité), dont la distance entre l'ancienne et la nouvelle unité dépend de liens entre ces deux dernières : réduire les distances pour conserver la clientèle, le personnel, les sous-traitants et le cadre de vie, en revanche, lorsque l'objectif est de conquérir de nouveaux marchés ou de réduire les coûts de la main-d'œuvre, les distances sont des fois beaucoup plus importantes.

- **Caractéristiques propres des entreprises** : Un facteur majeur dans le choix de site d'implantation, il s'agit de quatre (4) niveaux de présence géographique qui présentent des caractéristiques de comportement très variés, on distingue :

- **Firmes multinationales ou sociétés internationales de grande envergure** : présentent sur plusieurs parties dans le monde, elles traitent des problèmes très sensibles avec les autorités nationales.
- **Firmes étrangères de pays limitrophes de taille plus restreinte** : Elles s'installent près de limites, pour conserver les liens de déplacement entre les nouvelles unités et la maison-mère, tout en répondant à leurs besoins en termes de : main-d'œuvre, foncier, financement, réglementation, ...
- **Sociétés nationales** : Reparties sur le territoire national, sa localisation est relative souvent au facteur marché dans le cas d'un nouvel établissement, à l'opposé, de facteur main-d'œuvre dans le cas d'une extension ou d'un transfert.
- **Sociétés régionales ou locales** : Possèdent souvent un seul établissement, elles connaissent très bien leur milieu, et donc très sensibles aux petits avantages et aux aspects locaux.

II. La localisation des services : La localisation des services dépend de trois (3) éléments (Fig.24) :

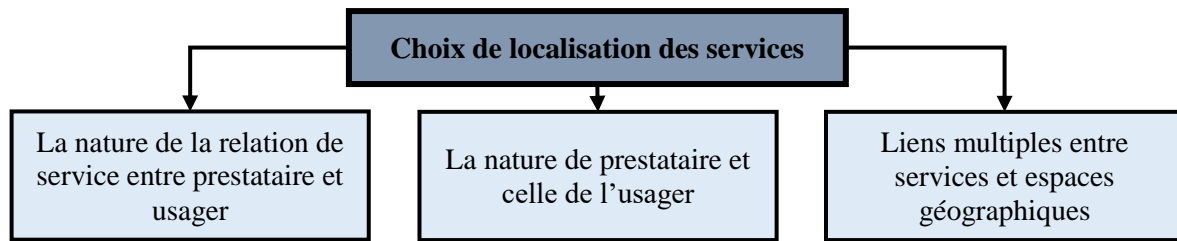


Figure 24 : Trois grands critères de localisation des services selon Mérenne-Schoumaker
(Source : Auteur, 2018 depuis Mérenne-Schoumaker, 2003)

1. Le type de relation entre le prestataire et l'utilisateur : Il existe trois (3) aspects de lien :

a. Le partenaire qui se déplace : on distingue trois (3) cas possibles (Tab.12) :

Tableau 12 : Les trois cas de déplacement (liens) entre client et fournisseur

Le client rend chez le fournisseur de service	Le fournisseur de service se rend chez le client	La transaction n'impose aucun déplacement
relation est très présente pour les services aux personnes (commerce, loisirs, éducations, santé, ...)	La poste, les taxis, certains réparateurs, ...	grâce à la croissance des télécommunications
Le choix de localisation est plus dépendant de la répartition des clients, de leur mobilité, de leur volonté ou capacité d'assumer le cout de déplacement (cout monétaire, temps, fatigue, ...). En effet, une localisation à proximité de la clientèle	Le choix de localisation est dépendant de la distribution des clients, il se rapproche aux industries, car le fournisseur fait la production et sa distribution avec un moindre cout du rapport qualité/prix	Le choix de localisation est plus libre vis-à-vis la répartition de la clientèle, mais limité par certaines contraintes spatiales : le cout et la qualification de la main-d'œuvre et les disponibilités foncières et immobilières

(Source : Auteur, 2018 depuis Mérenne-Schoumaker, 2003)

b. L'importance du copilotage et de la coproduction ; Le degré de ces deux aspects « copilotage et coproduction » engendrent des contraintes de proximité spatiale. Lorsque le copilotage et la coproduction sont importantes, une localisation proche aux clients est essentielle pour les opérateurs, des personnels de conception et de contrôle.

c. Le type de recours au service : Un service assuré de façon permanente, tangible et d'une manière fréquente exige une localisation à proximité des usagers, contrairement au service occasionnel.

2. La nature de prestataire et celle de l'utilisateur : La localisation des services privés est différente de celles des services publics, les premiers visent le profit, d'autre part, les services publics ont une savante combinaison entre moyens financiers et équité. De plus, la localisation des services aux ménages requise la proximité des clients (dispersion spatiale), alors que celle des services aux entreprises est moins dépendantes de leurs clients (concentration spatiale) mais très contraints par la réduction des coûts de transaction ou la qualification de la main-d'œuvre.

3. Liens multiples entre services et espaces géographiques : Le choix d'une localisation des services est la résultante de plusieurs critères, classés en deux (2) groupes : caractéristiques des territoires, caractéristiques des entreprises et des établissements.

A. Caractéristiques des territoires : on compte huit (8) facteurs suivants :

- **Contexte économique, politique, social et culturel :** Les économies ouvertes et développées comptent plus de services et de services diversifiées. De plus, ces services dépendent des choix politiques et culturels (services publics, intérêt du secteur privé).

- **Marché :** Un facteur déterminant, qui dépend de deux paramètres : le volume de clients susceptibles d'être fréquenter le site et la concurrence. Le premier est relatif à la distance entre clientèle et lieu d'implantation du service, cette distance varie selon les densités de population, le degré d'élasticité de la demande et de degré de mobilité.

- **Transports, accessibilités et possibilités de communication :** Ce facteur est relié au précédent, car le marché dépend de la capacité de lieu de service à être atteint par les clients, et donc « l'accessibilité », et par la suite, les transports qui assurent ce déplacement. L'importance du contact entreprise-client et entre entreprises du même secteur ou voisin influe sur les possibilités de communication : contact « face à face » ou par des moyens thématique (téléphone, ...). La majorité des contacts « face à face » sont utilisés dans les liaisons fonctionnelles (cadres supérieurs et de commandement) exigent la proximité spatiale, mais aussi dans le cadre informel autorisé par la proximité. En revanche, les contacts par moyens thématiques exigent le bon réseau, ils sont souvent entre le personnel exécutant ou les services les plus courant.

- **Marché du travail :** l'aspect « main-d'œuvre » explique généralement la localisation des services aux entreprises dans les agglomérations urbaines et leur regroupement dans des pôles intra-urbains (center ou pole périphérique). Cette existence dans une agglomération urbaine en lien direct avec la division spatiale socio-économique influe les possibilités de localisation et de mobilité intra-urbaines des entreprises.

- **Marché foncier et immobilier** : Un facteur très important dans le choix de localisation, il est lié à la disponibilité et au prix de l'offre. Par conséquent, le centre très cher rejette les fonctions banales et consommatrices d'espaces vers la périphérie.

- **Environnement économique et social** : A l'échelle macrospatiale, la localisation est relative à trois types de coûts : les coûts de communication du service final au client, les coûts de l'information et les coûts des ressources humaines. De l'autre côté, à l'échelle micro spatiale, la localisation dépend du facteur de proximité des services similaires ou complémentaires, ce qui accentue l'attractivité de lieu, et ainsi réduit les risques.

- **Cadre de vie** : Il est moins important, sauf pour certains services aux entreprises qui cherchent la qualité de la vie au sein des agglomérations.

- **Politiques et interventions des pouvoirs publics** : Le choix de localisation est influencé par : les cadres légaux réglementaires, les politiques d'aménagement du territoire et de l'urbanisme, les plans de circulation et de parcage...

B. Caractéristiques des entreprises et des établissements : On compte cinq (5) :

- **Activité de l'établissement et le cycle de vie du produit** : Les exigences et l'organisation intrinsèque (manière de produire, vendre, de gérer, ...) de chaque service contribuent au choix de sa localisation. Dans le cas des services aux entreprises, la flexibilité spatiale est souvent recherchée, ce qui permet une meilleure organisation de la gestion, de la logistique et du travail. Ce besoin rejette l'implantation dans des anciens bâtiments qui ne répond pas vraiment aux nouveaux besoins en termes de télécommunications.

- **Taille de l'établissement** : La localisation est très relative à taille et à l'aire de marché, elle doit répondre aux besoins exigés par l'activité en termes de surface.

- **Fonction de l'établissement** : il y'a deux (2) catégories d'établissements en termes de clientèle : front offices et back offices. Les premiers sont accessibles à la clientèle, c'est-à-dire un contact de « face à face », et donc ils doivent être à proximité des usagers. En revanche, les établissements non accessibles à la clientèle peuvent être éloignés de leur clientèle (pour réduire les coûts de production).

- **Nature de l'opération de localisation** : Suivant les trois (3) situations de décision citées précédemment (la création d'un établissement, l'extension d'une entreprise existante et le transfert (partiel ou total) de l'activité), le choix de localisation varie d'une à l'autre. Dans le premier cas (une création), le choix de localisation est souvent lié au domicile de l'entrepreneur et aux disponibilités foncières et immobilières. Par contre, dans les deux derniers cas (Extension et transfert), la localisation est relative à leur origines (foncier, immobilier ou d'accessibilité),

dont la distance entre l'ancienne et la nouvelle unité dépend de l'objectif de cette décision : réduire les distances pour conserver la clientèle, le personnel et le cadre de vie, en revanche, lorsque l'objectif est de conquérir de nouveaux marchés ou de réduire les coûts de la main-d'œuvre, les distances sont des fois beaucoup plus importantes.

- **Caractéristiques des entreprises :** Les grands groupes raisonnent souvent en termes de réseaux et de formules standards. Par contre, les PME et TPE raisonnent en termes de leurs conditions locales.

La localisation du tertiaire lourd : Outre les exigences en surfaces et en transports de secteur tertiaire, le secteur tertiaire lourd présente des similitudes importantes avec les activités de production, comme le commerce de gros, les sociétés de transport de marchandises, des garages pour poids lourds, des lavoirs industriels... Selon Mérenne-Schoumaker (1981), ces activités présentent des facteurs de localisation suivants :

- Disponibilité et superficie du terrain ;
- Disponibilité et qualités des locaux disponibles ;
- Situation au centre-ville ;
- Situation en périphérie de la ville ;
- Position centrale par rapport au marché ;
- Potentiel et dynamisme économique du milieu environnant ;
- Proximité de la gare ou delà douane ;
- Qualités générales du quartier ;
- Accès aisé ;
- Proximité de voies rapides (autoroutes – routes) ;
- Raccordement au chemin de fer ou accès direct à la voie d'eau ;
- Reprise d'une firme existante ;
- Proximité de la localisation précédente ;
- Proximité du domicile du directeur.

L'étude des différentes sources théoriques précédentes nous a permis d'identifier plusieurs critères de localisation de cette infrastructure urbaine (datacenter). Dès lors, cette première partie de notre travail nous guidé à tracer le tableau récapitulatif (Tab.13) des différents critères tirés, ce tableau est composé de 16 critères, et 111 indicateurs structurés dans deux grandes catégories (caractéristiques externes (site d'implantation) et internes (datacenters)).

Tableau 13 : Tableau récapitulatif des critères de localisation des sources théoriques

Critères	Indicateurs	
Caractéristiques des territoires (site d'implantation)	Ressources énergétiques	Disponibilité des ressources énergétiques
		Disponibilité et proximité des points de livraison d'électricité : centrales électriques, postes de transformation, ...
		Disponibilité de la puissance électrique nécessaire (haute tension, très haute tension, Installation sur les anciens sites industriels, ...)
		Sécurité, qualité et fiabilités des approvisionnement
		Possibilité de redondance : des raccordements distincts (fournisseurs différents)
		Historique des pratiques locales (coupures, perturbation, délai de prévenance sur les arrêts, détérioration de la qualité, etc.)
		Nature de la production d'Energie locale : renouvelable, charbon, fuel, nucléaire, ...
		Disponibilité des ressources énergétiques pour la production ou de secours : fuel, gaz, ...
		Potentiel d'utilisation d'énergie renouvelable : géothermique, éolienne, solaire, ...
	Connectivité	Présence locale optimale et proximité des opérateurs télécom
		Fiabilité et disponibilité des accès réseau à très haut débit
		Qualité des connexions, stabilité et vitesse des débits, faible latence, etc.
		Diversité des offres technologiques pratiques
		Cadre réglementaire
		Existence d'une concurrence viable
		Délais d'accès pour les utilisateurs existants et à venir
		Relation contractuelle avec le ou les fournisseurs
		Existence d'une bande passante suffisante
		Proximité d'un point d'échange Internet (GIX, NAP)
	Conditions météorologiques	Ensoleillement / Exposition
		Température et hygrométrie moyenne annuelle (zone froide et peu humide pour réduire les besoins de refroidissement)
		Potentiel de refroidissement de type free ou water cooling (installation dans les régions froides, sous-marine, ...)
	Foncier	Coût de terrain
		Disponibilité du foncier constructible et pas cher
		Zones portuaires et aéroportuaires : disponibilité du foncier, prix abordable, peu de voisinage (loin de l'habitat), ...
	Accessibilité	Facilité d'accès et proximité de nœuds de desserte surtout pour les ingénieurs envoyés par les clients : aéroports, ports, gares, ...
		Facilité d'accès à partir d'autres site de l'entreprise
		Disposition des moyens de transports (personnel, ingénieurs des clients, ...)
		Qualité des infrastructures locales (routes, voies ferrées, ...)
		Facilité d'accès pour la livraison par poids lourds (voirie large et adapté, quai, aire de retournement,)
		Facilité d'accès aux services de secours et évacuation efficace en cas d'urgence
		Possibilité de raccordement aux réseaux de protection incendie
		Eloignement de toute infrastructure recevant un public important afin d'éviter le blocage de la circulation
Proximité des mainteneurs d'équipements		
Proximité des services publics (pompiers, policiers, hôpital, ...)		
Marché d'investissement	Aces au personnel qualifié	
	Importance du bassin d'emploi local	
	Existence de personnels qualifiés en informatique, d'ingénieurs	
	Présence de jeunes diplômés	
	Disponibilité de personnel qualifié, réputé et avec un coût abordable	
	Existence de formations appropriées et de bon niveau	
	Absence de goulots d'étranglement en termes de recrutement	
	Accès au clients	
	Existence d'autres centres informatiques dans la zone visée	
	Niveau de support offert par les fournisseurs clés doit être compatible avec les objectifs fixés en termes de qualité et réactivité	
	Présence de partenaires locaux de ces fournisseurs	
	Présence sur place ou à proximité, de stock de pièces, de machines de rechange et de personnel d'intervention	
	Mobilité géographique des investissements	
	Importance de bassin potentiel de clients auquel l'infrastructure peut fournir des services	
	Taux de bassin potentiel de clients auquel l'infrastructure peut l'atteindre	
Eventuelles évolutions des besoins des clients		
Environnement politique	Politique d'hébergement des données	
	Divers accords entre pays ou l'existence d'une réglementation supranationale respectée	
	Cadres légaux réglementaires, les politiques d'aménagement de territoires et de l'urbanisme, les plans des circulations et de parcage, ...	
	Normes en vigueur dans le pays	
	Capacité à poursuivre et faire valoir ses droits	
	Stabilité de régime en place	
	Nature de régime	
	Législations locales	
	Position relative du pays vis-à-vis des marchés ou des réseaux de transports (conventions et accords internationaux)	
	Interventions des pouvoirs publics : responsables régionaux et locaux	
	Politique de sécurité des données	
	Législation encadrant la collecte, l'usage et la conservation des données	
	Législation concernant les diverses déclarations à faire et les autorités qui les enregistrent	
	Législation encadrant l'utilisation d'outils tels que la cryptographie, d'authentification et d'identification	

Tableau 13 : Tableau récapitulatif des critères de localisation des sources théoriques (Suite)

Caractéristiques des territoires (site d'implantation)	Risques naturels	Désordres géologiques
		Séisme
		Volcan
		Tsunamis
		Effondrement
		Glissement de terrain
		Désordres climatiques
		Inondation
		Cyclone
		Foudre
		Tornade
		Sécheresse
		Tempête de glace
		Orages
		Incendie
	Animaux	
	Risques industriels	Périmètres SEVECO (pollution, contamination, explosion et incendie)
		ATEX (zone à atmosphère explosive)
	Risques socio-économiques	Vandalisme (indisponibilité, destruction totale ou partielle, perte/vol de données)
		Sabotage
		Terrorisme
		Emeutes
		Mouvements sociaux
Risques technologiques	Zone aérienne (Proximité d'un aéroport)	
	Zone de champs électromagnétique CEM (Radio, opérateurs mobiles, radars, bases militaires, antennes, ...)	
	Proximités des mines	
	Proximités d'une ligne TGV (train à grande vitesse)	
	Proximités d'une ligne haute tension (HT), Fret ferroviaire	
Environnement économique	Stabilité économique et financière	
	Ethique des affaires et de la bureaucratie, l'aspect stratégique du pays	
	Aides financières ou exonérations à l'installation	
Voisinage / Environnement immédiat	Opportunités de voisinage (récupération de la chaleur dégagée, ...)	
	Contraintes de voisinages (bruit, vibrations, rayonnement)	
Préoccupations et contraintes de l'environnement	Classification du site	
	Site protégé	
	Site classé	
	Site de sécurité renforcé / secret défense	
	Impact environnemental	
Préoccupation législative environnementale : eaux usées, déchets, ...		
Caractéristiques des établissements (datacenters)	Caractéristiques des datacenters	Taille de l'établissement
		Besoins surfaciques
		Besoins en main d'œuvre (personnel)
	Nature de l'opération de localisation	Création d'un nouvel établissement (souvent lié au domicile de l'entrepreneur / l'entreprise)
		Extension d'une entreprise existante (Foncier, immobilier, accessibilité, clientèle, personnel, sous-traitants, ...)
		Transfert total ou partiel de l'activité (Foncier, immobilier, accessibilité, clientèle, personnel, sous-traitants, ...)
		Types d'entreprise
		Firmes multinationales ou sociétés internationales de grandes envergures (problèmes très sensibles avec les autorités nationales)
		Firmes étrangères de pays limitrophes de taille plus restreinte (installation près des frontières : garder le déplacement entre les différentes unités et la maison mère, ...)
	Sociétés nationales (création : marché, extension ou transfert : main d'œuvre)	
	Sociétés régionales ou locales (sensibles aux aspects et avantages du site)	
	La fonction de l'établissement	Site primaire pour la production
		Site de secours (backup à chaud)
		Site éloigné hors région (backup à froid)
	Configuration des bâtiments	Réutilisation des bâtiments disponibles récents en bon état
		Eléments organisationnels
	Délais de réalisation (volonté de réalisation rapide, ...)	

Conclusion

A travers ce deuxième chapitre, nous avons pu cerner notre objet de recherche, et pu répondre en partie à notre problématique posée à propos des critères de localisation des datacenters.

Ce chapitre nous a permis de ce fait d'identifier une grande masse des critères de localisation de cette infrastructure qui sont tirés principalement à partir des expériences étrangères, notamment : les normes et références internationales et les facteurs de localisation des différentes activités dont lesquelles de datacenter fait partie.

Nous avons constaté par ailleurs la pauvreté de la législation algérienne dans le secteur d'hébergement des données et spécifiquement dans le domaine des datacenters. En revanche, nous avons pu trouver une structure d'étude d'aménagement de cette infrastructure, qui prend en considération l'importance de notre sujet de recherche, à savoir les facteurs de choix de site d'implantation des datacenter

Conclusion de la première partie

Cette première partie nous a permis de mieux comprendre l'objet de recherche de cette recherche, un sujet qui se voit futuriste pour nos villes algériennes, et constitue actuellement un des grands défis des différentes villes de par le monde. A travers les deux chapitres de cette partie nous avons pu obtenir quelques résultats. D'abord, le datacenter constitue la fibre dorsale de toute ville dite connectée ou intelligente, il prend une partie assez importante voire essentielle dans le fonctionnement des nouveaux écosystèmes intelligents, et dans le socle technique ou de base technique des villes. Cette nouvelle infrastructure urbaine devient indispensable pour nos villes afin de pouvoir répondre aux nouveaux besoins des usagers apparus avec la mondialisation et le développement des nouvelles technologies.

Outre la nécessité de cet établissement, le datacenter présente des caractéristiques et des exigences particulières qui le rend très sensible. Il s'agit de ses immenses besoins énergétiques qui se comparent à ceux des villes de plus de 10 000 habitants. De plus, cette infrastructure de stockage et traitement des données nécessite des sources de connexion afin d'assurer l'interaction entre client, objet connecté et le datacenter.

En Algérie, nous avons fait le constat de la pauvreté de la réglementation en la matière et particulièrement la prescription en termes d'hébergement des données numérique d'une part, et de réglementation d'implantation des datacenters d'autre part. Ce domaine des datacenters est vraiment dans ces prémices en termes de législation, par contre un établissement responsable de ce type d'infrastructure pris en considération le nécessité et l'importance de bien choisir le site d'implantation des datacenters.

Nous sommes arrivés également à identifier les différents critères de localisations des datacenters à travers plusieurs références académiques et expériences étrangères, ce qui nous a permis de classer cette infrastructure dans trois types d'activités : dans le secteur de l'industrie selon certaines sources, et dans le secteur des services et du tertiaire lourd selon d'autres sources. Ainsi, cette classification nous a permis d'identifier les différents critères selon chaque secteur d'activités mais qui soit en homogénéité avec la définition et les exigences des datacenters.

Cette première partie nous a enfin permis d'apporter une première réponse à notre problématique et ainsi la vérification de notre première hypothèse, qui sera plus détaillée dans la partie suivante analytique et pratique.

PARTIE II : CADRE ANALYTIQUE ET PRATIQUE

CONSTRUCTION ET APPLICATION DE LA GRILLE DES CRITERES DE LOCALISATION DE DATACENTERS

Dans cette deuxième partie du mémoire, nous allons commencer par l'analyse de plusieurs exemples de datacenters de pays étrangers afin de définir l'impact de choix de site des datacenters sur leur fonctionnement et leur rendement, et de tracer à la fin un tableau des différents critères de localisation tirés de cette analyse et le benchmark de ces exemples choisis.

En deuxième lieu, nous aborderons la construction notre grille des critères de localisation des datacenters dans un site donné à partir des différents résultats théoriques et analytiques des chapitres précédents. Nous finirons par la mise en contexte des datacenters en Algérie et surtout à Alger, ainsi, l'application de la grille sur deux cas différents de localisation des datacenters à Alger.

CHAPITRE 3 : ANALYSE ET BENCHMARK DES EXEMPLES DE DATACENTERS ETRANGERS

Introduction

Notre troisième chapitre est consacré à la présentation et l'analyse d'un ensemble de datacenters étrangers afin de mieux comprendre et voir la manière et les conditions de s'implanter dans des contextes urbains et objectifs différents d'un exemple à l'autre. Cela pour mieux comprendre et valider les différents critères tirés de la recherche théorique précédente.

A cette phase, l'objectif étant de faire ressortir les critères qui étaient à la base de choix du site d'implantation pour chacun des exemples de datacenters analysés, et de construire une deuxième grille de critères de localisation des datacenters à partir de l'analyse et du benchmark des exemples choisis.

3.1 Analyse des datacenters à l'échelle internationale

Le choix des exemples étrangers a été fait sur la base de plusieurs facteurs notamment : des datacenters qui ont des caractéristiques propres différents, des critères de localisations variés et la disponibilité de l'information. Cela afin de mieux comprendre chacun des exemples et pouvoir identifier les causes qui ont été à la base de choix de sa localisation d'une part, et de pouvoir sortir et définir des critères multiples et surtout de localisation des datacenters.

- Caractéristiques différentes : ce facteur consiste aux caractéristiques internes de l'infrastructure ou à la stratégie de l'entreprise d'implantation de leur datacenter, à savoir : la taille, la surface, la capacité, l'activité, ...
- Critères de localisation différents : ce facteur consiste à choisir des datacenters qui ont des critères de localisation différents afin de pouvoir voir la majorité des cas de localisation et d'identifier à la fin des critères multiples et différents.
- Disponibilité de l'information : ce facteur est très important dans le choix de nos exemples, il nous permet de mieux cerner l'objet à analyser pour pouvoir tirer ensuite les différents critères de localisation. De plus, comme notre objet de recherche est assez innovant, l'information était disponible que sur internet ce qui explique que la majorité des exemples sont des datacenters français, même si, certaines données sur quelques exemples restent discrètes.

Les exemples choisis à analyser sont groupés selon leurs critères majeurs de choix de site d'implantation, des lors, on diffère trois (3) grands groupes, à savoir :

- Datacenters et les exigences énergétiques ;
- Datacenters et les exigences de connectivité ;
- Datacenters et les conditions météorologiques ;
- Datacenters et la configuration des bâtiments.


3.1.1 Datacenter et les exigences énergétiques

A. Datacenter GRA d'OVH à Gravelines, France (2013)

OVH (traduction : « On Vous Héberge »), une société spécialiste dans les infrastructures internet et de cloud, basé à Roubaix depuis sa création en 1999 par Octave Klaba, elle détient 356 000 serveurs physiques répartis dans 28 datacenters répartis dans le monde pour

un total de 1,4 millions de clients (Dufourg, 2018). OVH est classé le deuxième plus important hébergeur dans le monde par Netcraft depuis 2014 (Crochet-Damais, 2018).

Tableau 14 : Fiche technique du datacenter GRA à Graveline, France

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
 <p>Figure 25 : Datacenter GRA à Graveline (Source : Gros (2016))</p>	Adresse : 59820 Gravelines, France.
	Ouverture : 2013 (Dufourg, 2018).
	Surface : terrain de 9 ha (20 000 m ² construit) (Dufourg, 2018).
	Capacité : 410 000 serveurs (Guerrier, 2012)
	Cout du projet : 180 millions d'euros (Guerrier, 2012)
	Classification : PUE de 1,09 (Ovh, s.d)
	Alimentation (Energie / Connectivité) : 2 onduleurs + 2 groupes électrogènes 2 fourreaux de fibre optique (Ovh, s.d) 2 arrivées électrique (Ovh, s.d)

Avec la croissance exponentielle du groupe, son premier site à « Roubaix valley » qui comporte 6 datacenters arrive à la saturation de 95 %, surtout en termes de capacité électrique, « Il était donc indispensable d'envisager une autre implantation dans la région » déclare Klab, président du groupe (Ovh, s.d). En effet, OVH a pris possession d'un ancien site industriel (usine Rexam) à Gravelines pour les raisons suivantes (Dufourg, 2018) :

- **Ressources énergétiques / Centrale nucléaire** : REXAM, ancienne usine de production de cannete, située à proximité de la plus grande centrale nucléaire d'Europe (Fig.26) (Bastin, 2014). Cette friche industrielle possède un immense potentiel pour ce projet en termes d'alimentation électrique, sachant qu'elle peut l'alimenter avec une capacité de 100 MW (Guerrier, 2012). De plus, Meyer (2017) ajoute que « la municipalité a diminué drastiquement le taux de la taxe professionnelle grâce à la rente nucléaire afin d'attirer des entreprises ».



Figure 26 : Situation du datacenter GRA à proximité de la centrale nucléaire
(Source : Auteur, 2018 depuis Google Earth, 2019)

- **Connectivité** : Klabla explique que le site de Graveline est situé à proximité du nœud de fibre optique d'OVH vers le Royaume-Uni (moins de 25 Km) (Bastin, 2014), ce qui garantit ensuite la meilleure connectivité de l'infrastructure.


- **Configuration des bâtiments** : Ercolani (2012) informe que les bâtiments de l'ancien occupant du site sont des locaux en bon état. D'autre part, Guével, responsable du site, explique que la configuration de ces bâtiments est identique à celle d'un datacenter, « le travail de l'acier posait déjà la problématique d'évacuer la chaleur de machines qui en dégagèrent énormément. Si bien que le bâtiment a été conçu pour favoriser une ventilation naturelle » poursuit-il (Ovh, s.d).

- **Source de refroidissement** : Henris Bakis (2013) précise que le site de Graveline possède une double proximité potentielle, d'abord la centrale nucléaire comme source électrique, et le canal d'admission de l'eau de mer destinée à cette dernière, ce qui constitue une source d'approvisionnement en eau pour le refroidissement du datacenter (Bakis, 2013). Ce système de refroidissement liquide permet de diminuer la consommation électrique du bâtiment à la moitié (Ercolani, 2012).

B. Datacenter BHS1 d'OVH à Beauharnois, Canada (2013)

En 2013, le nordiste OVH a inauguré son premier datacenter sur le continent nord-américain au Canada, à Beauharnois (à quelques kilomètres au sud de Montréal) sur une ancienne aluminerie de Rio Tinto Alcan (Ferland, 2014). Selon OVH, BHS1 est le plus grand datacenter au monde, il est dédié aux clients « nord-américains, mais aussi les européens qui développent leur activité outre-Atlantique » (Juhan, 2013).

Tableau 15 : Fiche technique du datacenter BHS1 à Beauharnois, Canada

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
 <p>Figure 27 : Datacenter BHS1 à Beauharnois (Source : Wood, 2016)</p>	Adresse : 50 Rue de l'Aluminerie, Beauharnois, QC J6N 0C2, Canada
	Ouverture : 2013 (Juhan, 2013)
	Surface : 60 000 m ² (Alliancy, 2013)
	Capacité : 360 000 serveurs (Juhan, 2013)
	Cout : 100 millions d'euros (Alliancy, 2013)
	Alimentation (Energie / Connectivité) : 40 MVA (Alliancy, 2013) 2 lignes électriques THT de 120 000 V, provenant de deux centrales différentes (Nextinpack) 2 sorties distinctes de fibre optique (vers New York et Toronto), avec une bande passante théorique de 3.5 Tbps (Nextinpack) PUE < 1,1 (Juhan, 2013)

La situation géographique du datacenter BHS1 était choisie suivant les critères suivants :

- **Connectivité** : Masse informe que le site est très proche des Etats-Unis en termes de connectivité, « On est à 8 ou 9 millisecondes de New York » déclare-t-il (Bécard, 2013). Sachant qu'OVH déploie son propre réseaux internet (33 points d'interconnexion couvrant l'Europe et l'Amérique du Nord), avec une capacité de 2,5 Tbit/s (Juhan, 2013). Sur ce site canadien, il garantit son temps de réponse grâce à la grande boucle de fibre optique qui passe par New York, Miami, Los Angeles, Palo Alto, au cœur de la Silicon Valley (Bécard, 2013).

Ressources énergétiques : Le site Beauharnois est à 300 m d'un barrage hydroélectrique (Fig.28), une source d'énergie renouvelable (Verge, 2013). Il présente une opportunité très forte pour avoir une alimentation électrique importante, « Le barrage nous a tout de suite tapés dans l'œil comme étant un avantage très important pour notre centre de données : un accès à une énergie illimitée, propre et extrêmement stable » explique Masse, directeur mondial des centres de données d'OVH (Forum Imigrer, 2013). Cette immense centrale de presque un kilomètre de long peut délivrer une puissance électrique de 2 000 MW (Nextinpack). De plus, c'est un emplacement stratégique pour les couts électriques très élevés pour ce type d'établissement, sachant que « le coût de l'électricité est presque deux fois moins élevé qu'en France » (Nextinpack).

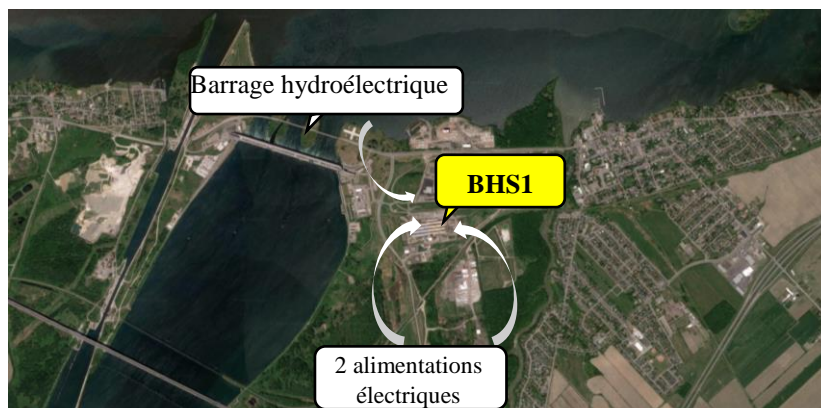


Figure 28 : Situation de BHS1 à proximités des sources énergétiques
(Source : Auteur, 2018 depuis Bakis, 2013 et Google Earth, 2019)

- **Refroidissement par eau** : BHS1 est situé dans une zone industrielle près du fleuve Saint-Laurent (Ferland, 2014). Une opportunité qui permet au datacenter d'éliminer la climatisation très énergivore, et d'aller vers un système de refroidissement à l'eau (Verge, 2013) ; ce qui devise la facture d'électricité par deux (Forum Immigrer, 2013).

- **Marché d'investissement** : Le site de Beauharnois présente un emplacement intéressant comme porte d'entrée vers l'est des États-Unis (situé à 80 Km de la frontière

américaine), « un marché que l'hébergeur web souhaite investir » (Forum Immigrer, 2013). Ainsi, Le groupe OVH pourra proposer ses services avec un prix quatre fois moins cher que ses concurrents américains (Alliancy, 2013).


- **Conditions météorologiques :** Beauharnois possède un climat frais la plupart du temps, et pas trop chaud pendant l'été, une situation motivante pour minimiser les coûts de refroidissement des datacenters (Forum Immigrer, 2013). Le datacenter BHS1 utilise un système de refroidissement à l'eau et à l'air, dont l'air frais « sert à dissiper 30 % de chaleur d'un serveur qui n'est pas dissipée par le refroidissement à l'eau » affirme Masse Ferland (2014)

- **Configuration du bâtiment existant :** Bécard (2013) affirme que la configuration des bâtiments de l'ex-occupant Rio Tinto Alcan répond parfaitement aux exigences des datacenters en termes de ventilation, sachant que l'ancienne usine fabriquait l'aluminium ce qui dégage une immense quantité de chaleur. Cette température est réfléchiée dès le début pour être ventilée, « elle est percée de toute part pour permettre les échanges d'air » affirme Masse (Forum Immigrer, 2013).

C. Datacenter Saclay de DATA4 à Marcoussis, France (2007)

DATA4, une société spécialiste dans les centres d'hébergement de données créée en 2007, elle est présente en France, en Italie et au Luxembourg (Manière, 2016). Le campus DATA4 de Paris-Saclay constitue le plus grand parc de fermes de données en Europe, un site de 110 ha sur le plateau de Saclay, dont 80 ha de bois classés, 10 dédiés à l'hébergement et 20 ha destinés aux bureaux et laboratoires (Bidault, 2016). Un potentiel foncier important est raccordé par des lignes électriques haute tension de 90 000 à 100 000 MW, et connecté par plusieurs boucles de fibres vers des nœuds d'interconnexion importants (Jacob, 2017).

Tableau 16 : Fiche technique du datacenter Saclay à Marcoussis, France

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
 <p>Figure 29 : Datacenter Saclay à Marcoussis (Source : Manière (2016))</p>	Adresse : 3 Route de Marcoussis, 91620 Nozay, France
	Surface : 19.000 m ² (Basyn, 2016). Réserves foncières (111ha) (data4group, s.d).
	Ouverture : 2007 (Manière, 2016).
	Capacité : 50 000 m ² (Jacob, 2017)
	Classification: PUE atteint 1.25 (Jacob, 2017)
	Alimentation (Energie / Connectivité) : Capacité de 100 MW (Jacob, 2017) 2 lignes souterraines de 90.000 V, à 100 MW de puissance (Basyn, 2016) Interconnexion à plus de 70 opérateurs Télécom + Accès direct à plus de 145 plateformes de cloud public (data4group, s.d)

Le plateau de Saclay présente un lieu stratégique pour l'emplacement de ce groupe, car il possède plusieurs paramètres forts, à savoir :

- **Ressources énergétique** : Le site de DATA4 à Marcoussis possède une réserve électrique très importante, à savoir une double boucle de raccordement direct au plus gros poste de transformation d'Europe, situé à 5 km (Bidault, 2016). De plus, cette région parisienne présente un potentiel électrique compétitif, par la qualité et les prix de son électricité (Dcloudnews). Ce campus consomme de l'énergie renouvelable à 100 %, produite à partir des sources électriques renouvelables (hydraulique et éolienne) (Data4group, s.d).

- **Connectivité** : L'emplacement géographique de ce campus est un carrefour numérique qui est connecté directement à plus de 145 destinations Cloud, et à plus de 70 opérateurs Télécom et fournisseurs d'accès Internet de Paris-Saclay, Milan et Luxembourg (Data4group, s.d).

- **Marché d'investissement** : Manière (2016) affirme que le campus DATA4 situé au sein de cluster Paris-Saclay dispose d'une situation stratégique, grâce à la présence : de nombreuses startups, grandes entreprises, des incubateurs, des écoles, des instituts et des centres de recherche dans le domaine high-tech... Levine, directeur commercial de DATA4 affirme que le marché est très riche de clients potentiels qui « veulent être proches des datacenters qui hébergent leurs données ou leurs applications » déclare-t-il, cette proximité permet l'acheminement des données plus rapidement, ce qui diminue la latence et ensuite la facture télécoms (Manière, 2016).

- **Climat** : Ce campus de datacenters utilise l'air frais de l'extérieur pour la climatisation des bâtiments, ce système de free cooling utilisé 85 % du temps permet de réduire la consommation électrique de groupe de 20 à 30 % (Jacob, 2017)

- **Disponibilité de foncier** : les immenses terrains constructibles du plateau Paris-Saclay constituent un point important en termes de capacité de stockage pour le campus, surtout pour les futures extensions (Jacob, 2017).

3.1.2 Datacenter et les exigences de connectivité


A. Datacenter TH2 de Telehouse à Paris Voltaire, France (2000)

Telehouse, est une filiale de l'opérateur télécoms mobiles japonais KDDI (Bienfait, 2016). Elle compte 47 datacenters dans le monde, et 4 en France qui hébergent le principal hub internet de Paris et constituent un point d'échange Internet très important du pays, il permet

d'accéder directement au réseau mondiale de Telehouse et à plus de 50 opérateurs télécoms internationaux (Telehouse, s.d).

Telehouse Installe son datacenter TH2 au sein d'un immeuble haussmannien, en plein cœur de Paris (Fig.28) (Col, 2016). Il constitue un nœud d'échange Internet incontournable, qui héberge et gère une grande partie de flux numérique de différents opérateurs français et internationaux (Lepoint, 2011).

Tableau 17 : Fiche technique du datacenter TH2 à Paris Voltaire, France

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
 <p>Figure 30 : Datacenter TH2 à Paris Voltaire (Source : Telehouse, s.d)</p>	Adresse : 137 Boulevard Voltaire, 75011 Paris, France
	Surface : 60 000 m ² (Alliancy, 2013)
	Ouverture : 2000 (Guillaume, 2009)
	Surface : 14.000 m ² (Lepoint, 2011), dont 7 000 m ² espace d'hébergement (Bienfait, 2016)
	Alimentation (Energie / Connectivité) : 2 arrivées électriques d'EDF de 10 MW chacune (Lepoint, 2011) 6 groupes électrogènes (autonomie de 72h) (Lepoint, 2011) + 3 citernes (Telehouse, s.d)


Telehouse a choisi Voltaire comme site d'implantation de son datacenter TH2, car il bénéficie d'un taux de **connectivité** très important. Ce datacenter TH2 a un emplacement stratégique, comme le noyau central le plus connecté où passe 80 % du trafic Internet direct en France, il héberge plus de 70 opérateurs nationaux et internationaux (Telehouse, s.d). De même, il est situé au cœur des autoroutes de l'information, lié au réseau MAN de fibre optique noire d'Interoute couvrant le centre de Paris et les principaux quartiers d'affaires de l'Île de France d'une part, et surtout à la backbone national d'Interoute (BB) vers Bordeaux, Strasbourg, Lille et Lyon d'autre part (Interoute, s.d).

De plus, Basyn (2009) ajoute que l'hébergeur Telehouse s'est implanté à Paris en 1996 près d'un **marché riche** « Nous nous sommes installés dans un site près de la bourse qui a accueilli 25 opérateurs » indique Pecqueron, Business développement manager. De même, le site de Voltaire était choisi pour la même raison « Ensuite nous avons ouvert 15.000 m² supplémentaires boulevard Voltaire, un centre qui permet quant à lui l'accès à une cinquantaine d'opérateurs » ajoute Pecqueron (Basyn, 2009).

B. Datacenter TH3 de Telehouse à Magny-les-Hameaux, France (2009)

Le groupe Telehouse a installé son datacenter TH3 à Magny-les-Hameaux, en 2009.

Tableau 18 : Fiche technique du datacenter TH3 à Magny-les-Hameaux, France

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
 <p>Figure 31 : Datacenter TH3 à Magny-les-Hameaux (Source : Telehouse, s.d)</p>	Adresse : 1 Rue Pablo Picasso, 78114 Magny-les-Hameaux, France
	Début de construction : site racheté en 2008 à EADS (Bazan, 2009)
	Ouverture : 2009 (Telehouse, s.d)
	Surface : 15 000 m ² dans un complexe de 6 ha (Guillaume, 2009)
	Cout : 160 millions d'euros, dont 50 millions d'euros pour réhabiliter le lieu (Dailly, 2009)
	Alimentation (Energie / Connectivité) : 2 arrivées électriques privatisées de deux sous-stations différentes (30 MW) (Bazan, 2009) 6 groupes électrogènes et plusieurs bancs d'onduleurs (autonomie de 30 min) (Dailly, 2009) 3 arrivées télécoms à très haut débit (fibres optiques) (Guillaume, 2009)

Le choix de site d'implantation de TH3 à Magny-les-Hameaux était porté sur plusieurs facteurs, on cite :

- **Zone pas de datacenter** : Pecqueron explique que parmi les différents critères qui ont mené à choisir Magny-les-Hameaux, c'est qu'elle ne contient pas de datacenters (Basyn, 2009).
- **Disponibilité du foncier** : Chesnel, directeur général adjoint de Telehouse informe que « Pour nous, le premier pari est de nous installer en dehors d'une capitale ... Il devient très difficile aujourd'hui, d'exploiter des centres d'hébergement à l'intérieur même des villes », vu que leurs besoins en infrastructure augmentent, ce qui présente une difficulté énorme de les gérer dans la capitale (sécurité et environnement) (Basyn, 2009). Il ajoute : « ...nous avons besoin de plus en plus de puissance électrique, et donc de beaucoup d'espace pour ne pas concentrer toute cette énergie sur des points chauds » (Basyn, 2009).
- **Eloigné de la capitale** : Guillaume (2009) affirme que l'opérateur Telehouse a implanté ses trois datacenters dans Paris intra-muros ou en périphérie, mais l'implantation de ce nouveau datacenter TH3 s'est tournée vers l'extérieur pour trouver des infrastructures correspondantes à leurs exigences. Cet éloignement du centre de Paris constitue un point important pour séduire les clients qui souhaitent mettre en œuvre des PRA (Guillaume, 2009).
- **Récupération des bâtiments** : Le TH3 est implanté sur un ancien site militaire (Guillaume, 2009). Chesnel confirme que les bâtiments existants répondaient parfaitement aux attentes de cette nouvelle infrastructure, en termes de charge et hauteur de plafond (Bazant, 2009). De plus, des galeries souterraines reliant les six bâtiments ont été utilisées pour l'installation des câblages et de la tuyauterie (télécoms et énergie) (Guillaume, 2009).

- **Accessibilité** : Pecqueron explique aussi que le site profite d'un hélicoptère, qui le rend plus accessible surtout pour les clients pressés qui souhaiteraient envoyer des ingénieurs en urgence sur le site (Guillaume, 2009)

- **Volanté de la communauté** : Chesnel ajoute « Notre projet coïncidait parfaitement avec la volonté de la commune et de la communauté d'agglomération de Saint-Quentin en Yvelines d'accueillir une activité à forte valeur ajoutée high-tech... », de plus, cette commune peut profiter de cette infrastructure, notamment par la récupération de la chaleur produite, et la réutiliser pour chauffer les bâtiments publics (Bazan, 2009).

- **Besoin des clients** : Le site se trouve dans le prolongement de la Défense, ce qui constitue une priorité pour Telehouse afin de répondre aux besoins de leurs clients, « Ce site correspondait également aux besoins de nos clients et à notre déploiement prévu dans les cinq prochaines années » indique Chesnel (Bazan, 2009).

- **Ressources énergétiques** : Le campus de TH3 bénéficie d'une sécurité électrique, garanti par deux arrivées électriques privatisées et prioritaires provenant de deux sous stations différentes de 15 MW chacune (Guillaume, 2009). Chesnel explique que ce site répond à leurs exigences en termes de disponibilité et de sécurité électrique, sachant que celui de Voltaire (TH2) souffre de la chaleur dégagée de la combinaison d'une puissance de 10 MW dans un espace réduit (Bazan, 2009).


- **Connectivité** : Le datacenter des Yvelines (TH3) dispose de de trois arrivées pour les câbles de la fibre optique qui assure une connectivité entre les datacenters de Telehouse, surtout celui de Voltaire, vu qu'il est un nœud d'échange très important (Guillaume, 2009).

- **Sécurité** : Le datacenter Telehouse 3 est installé sur l'ancien site aérospatial et militaire d'EADS, qui offre dès le départ un espace sûr, « C'était un site militaire, et c'est une des raisons pour laquelle nous avons été intéressé car nous bénéficions déjà d'un campus très bien sécurisé » souligne Pellegrin, directeur commercial et marketing (Bazan, 2009). Pecqueron lui aussi affirme que : « c'est un endroit rêvé car on ressent les effets d'une construction basée sur la très haute sécurité » (Guillaume, 2009). Ce site est équipé de plusieurs équipements de sécurité, notamment « de barbelés électrifiés, d'un chemin de ronde, de caméras infrarouges et d'un tunnel qui relie les bâtiments entre eux » indique Pecqueron (Bazin, 2009). De plus, la proximité de la gendarmerie à quelques centaines de mètres, et l'existence de plusieurs services de l'état sur le site portent une certaine attention particulière au TH3 (Guillaume, 2009).

C. Datacenter Limonest de DCforDATA à Limonest, France (2011)

DCforDATA, est une entreprise française d'hébergement des données informatiques, elle s'est implanté en 2011 dans le nord de Lyon, sur l'ancien site d'APRR (Autoroutes Paris Rhin Rhône) (Armand, 2013). Ce positionnement unique dans la région donne un large choix en matière d'opérateurs télécoms (Laposte).

Tableau 19 : Fiche technique du datacenter Limonest à Limonest, France

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
 <p>Figure 32 : Datacenter Limonest à Limonest (Source : Marin, 2017)</p>	Adresse : 1 Rue des Vergers, 69760 Limonest, France
	Ouverture : 2011 (Alonso, 2018)
	Surface : 1100 m ² (Yann, 2014)
	Capacité : 200 racks (Alonso, 2018)
	Classification : Tier III (Yann, 2014)
	Alimentation (Energie / Connectivité) : Distribution électrique doublée (Yann, 2014) Puissance électrique de 1MW (DCforDATA, s.d)

Le choix de Limonest comme site d'implantation revient à plusieurs critères, à savoir :


- **Connectivité** : Le datacenter de Limonest se situe dans une zone d'activité à proximité de l'autoroute A6, où passent des fibres optiques (Col, 2016). Ce qui assure une connectivité avec 19 opérateurs comme Orange, SFR et Céleste (Benayoun, 2015). Cette situation géographique fait de Limonest un véritable carrefour connecté
- **Marché d'investissement** : Ce datacenter se positionne en complément avec l'autre datacenter de DCforDATA, celui de Vitry-sur-Seine, permettant de répondre aux besoins des clients en termes des PRA (Yann, 2014).
- **Ressources énergétiques** : Le site bénéficie d'une sécurité électrique. Limonest dispose de deux arrivées électriques d'ERDF de 20 000 V (Benayoun, 2015).
- **Zone hors risque** : Il est situé hors zones de risques, à savoir les risques sismiques, zone non inondable, non seveso, loin des couloirs aériens, et des risques de foudre (DCforDATA, s.d).
- **Accessibilité** : Enfin, le site est facilement accessible (DCforDATA, s.d).

D. Datacenter PA3 d'Equinix à Saint Denis, France (2007)

Equinix, un opérateur qui forme un écosystème de plusieurs datacenters repartis dans les cinq continents, « Nos 177 centres sont des plateformes d'interconnexion qui permettent aux

entreprises d'être en relation avec quelque 1500 opérateurs télécoms dans le monde, dont 160 en France » indique Castagné, directeur général d'Equinix pour la France, l'Italie et la Suisse (Caulier, 2017). Cet écosystème d'interconnexion permet une grande sécurité des données avec une réduction des coûts de connexion (Caulier, 2017).

Tableau 20 : Fiche technique du datacenter PA3 à Saint Denis, France

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
 <p>Figure 33 : Datacenter PA3 à Saint Denis (Source : Col, 2016)</p>	Adresse : 114 Rue Ambroise Croizat 93200 Saint Denis France (Equinix, 2015)
	Ouverture : 2007 (Equinix, 2015)
	Surface : 6 300 m ² (Equinix, 2015)
	Cout : 211 million de dollars (Cushman & Wakefield, 2017)
	Alimentation (Energie / Connectivité) : 99,999 +% de disponibilité (Equinix, 2015) Puissance électrique de 10 MW 3 fournisseurs de services publics entrants d'EDF (Equinix, 2015) 5 GB/s de connectivité Internet (Business-aptitude, s.d)

Parmi les critères de localisation du datacenter PA3, on cite :

- **Connectivité** : La commune de Saint Denis dispose d'un réseau étoffé de lignes ferroviaires, d'axes routiers et de canaux, indispensables pour enfouir les câbles de fibre optique sans avoir à faire de gros travaux. Le site d'implantation de PA3 profite d'une connectivité très importante, il est lié au réseau MAN de fibre optique noire et à la backbone national d'Interoute (BB) (Interoute, s.d). Il dispose d'une bande passante de 5 GB/s vers les plus importants opérateurs et aux principaux nœuds d'échange de trafic Internet (NAP) (Business-aptitude, s.d).

- **Etablissement numériques sur le site** : Gautier, directeur marketing d'Equinix affirme que la Seine-Saint-Denis accueille plusieurs établissements de datacenters : « cette concentration est en train de faire de la Seine-Saint-Denis un +hub numérique+ » (L'express, 2014). Cette zone fait partie du triangle d'or de cloud France, elle regroupe une vingtaine d'établissements sur les 130 recensés en France (L'Express, 2014).

- **Accessibilité** : Ce datacenter bénéficie d'une localisation privilégiée, il est accessible par un réseau routier étoffé et des lignes ferroviaires (L'express, 2014). De plus, il se situe à 6,4 km de la gare du Nord de Paris, à 22 km de l'aéroport Paris-Charles de Gaulle, et à 8,9 km du centre de Paris (Equinix, 2015).

- **Disponibilité de foncier / Pas très cher** : Neveux (L'express, 2014) explique que la Seine-Saint-Denis dispose du foncier et qui n'est pas cher, ce qui répond aux exigences d'espaces de ce type d'établissement.

- **Zone non inondable** : Ce même auteur ajoute que " c'est aussi une zone qui n'est pas inondable », ce qui est une indispensabilité pour l'implantation des datacenters.

- **Ressources énergétiques** : (L'express, 2014) affirme que cette localisation « bénéficie d'une très bonne alimentation électrique", ce qui est l'héritage du passé industriel de département.

E. Datacenter PA4 d'Equinix à Pantin, France (2012)

Au cœur de la ville de Pantin, sur les friches de la banlieue parisienne, le datacenter PA4 d'Equinix s'étend sur 11 000 m² (L'express, 2014). Il est à côté des voies ferrées de l'ancien centre de tri postal de la SNCF sur lequel ce datacenter est construit (Manière, 2016).

Tableau 21 : Fiche technique du datacenter PA4 à Pantin, France

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
	Adresse : 16 Avenue du Général Leclerc, 93500 Pantin, France
	Début de construction : 2011 (Bouygues Construction, 2011).
	Ouverture : 2012 (Bouygues Construction, 2011).
	Surface : 16 222 m ² bruts Equinix, 2015).
	Cout : 160 millions d'euros (Ton, 2014).
	Alimentation (Energie / Connectivité) : 99,999 +% de disponibilité (Equinix, 2015). 2 arrivés électriques (Equinix, 2015). 22 générateurs (autonomie de 72h) (Equinix, 2015).
<p>Figure 34 : Datacenter PA4 à Pantin (Source : Chéri, 2012)</p>	

Le datacenter PA4 se situe à 9 Km de PA3, ce qui fait ils ont presque les mêmes critères de choix de cette localisation. Brignano, directeur général France d'Equinix déclare que ce site répond aux quatre paramètres indispensables pour l'implantation de datacenter, à savoir :

- **Connectivité** : Il précise que le site se trouve « à proximité du périphérique par lequel transite majoritairement la fibre optique nécessaire aux connexions », ce qui résulte une concentration importante des datacenters dans la zone (Duffé, 2011).

- **Zone non inondable** : Il se trouve dans une zone non inondable (Duffé, 2011).


- **Ressources énergétiques** : Le site dispose d'une « alimentation suffisante en électricité », indique Brignano (Duffé, 2011). Ce datacenter dispose d'une puissance électrique à pleine capacité de 14 400 MW (soit 1,5 KW/m²) (Bouygues Construction, 2011).

- **Accessibilité** : Enfin, le site est à 22 km de l'aéroport Paris Charles de Gaulle, de 8 km du centre de Paris et à 8,8 km de PA3 Saint Denis (Equinix, 2015). Cette proximité relative et le réseau routier et ferroviaire disponible sur la zone permettent le déplacement des clients et des techniciens informatiques (Duffé, 2011).

F. Datacenter Rock de DCforDATA à Lyon, France (2012)

Le datacenter Rock vient répondre à une demande d'hébergement croissante des clients de DCforDATA, il constitue le plus important datacenter dans la région lyonnaise intra-muros (Marin, 2016). A partir de Rock, DCforDATA propose des services de « dual sites » avec l'autre datacenter de Limonest, ce qui permet une continuité et reprises d'activités en cas de besoin (Lamandé, 2018). Il est classé Tier III avec un PUE de 1,35 (DCforDATA, s.d).

Tableau 22 : Fiche technique du datacenter Rock à Lyon

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
 <p>Figure 35 : Datacenter Rock à Lyon (Source : DCforDATA, 2018)</p>	Adresse : 60 Avenue Rockefeller, 69008 Lyon, France
	Ouverture : 2018 (Groupe-qualiconsult, s.d)
	Surface : 3 658 m ² (Marin, 2016).
	Capacité : 35 000 serveurs (DCforDATA, s.d)
	Cout : 10 millions d'euros (Alonso, 2018).
	Alimentation (Energie / Connectivité) : Puissance électrique de 5 MW (Lamandé, 2018) 4 groupes électrogènes de 2500 kVA + cuve de 60 000 L (autonomie de 4 jours) (DCforDATA, s.d) Connectivité immédiate à 100 Gbps (Lamandé, 2018)


L'emplacement de ce datacenter (Rock) a été choisi suivant des critères communs, notamment la **connectivité** du site qui se trouve sur une artère de télécommunication sur l'axe Paris-Lyon-Marseille, sachant que la région l'Île-de-France concentre 90% de l'offre nationale en matière d'hébergement des données (Alonso, 2018). De plus, sa situation dans **une zone accessible** facilement et **hors risques** cités précédemment (**zone non sismique, non inondable, non seveso, loin des couloirs aériens, et des risques de foudre**) (DCforDATA, s.d).

G. Datacenter d'Etix Everywhere à La Plaine image, France (2017)

Etix Everywhere, société française spécialiste dans la construction et l'exploitation de datacenters (Courtel, 2017). L'entreprise créée en 2012, basée à Luxembourg dispose de plusieurs sites en Europe, Afrique et en Amérique (Courtel, 2017). Etix a implanté des centres de données dans le nord de la France, à la Plaine Images, sur un ancien site industriel, destiné

aux industries créatives (audiovisuel, réalité virtuelle, jeux vidéo, e-learning, marketing digital...) (Plaine-images, s.d).

Tableau 23 : Fiche technique du datacenter d'Etix Everywhere à La Plaine image, France

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
 <p>Figure 36 : Datacenter d'Etix Everywhere à La Plaine image (Source : Plaine-images, s.d)</p>	<p>Ouverture : 2017 (Telecomnewsroom, 2017)</p>
	<p>Surface : 1 200 kVA de capacité IT (4 salles informatiques de 240 m²), ainsi que 200 m² d'espaces de bureau (Plaine-images, s.d)</p>
	<p>Classification : Conçue «pour répondre aux normes de niveau 3» (Dawn-Hiscox, 2017)</p>
	<p>Alimentation (Energie / Connectivité) : 1 200 KVA (Telecomnewsroom, 2017)</p>

Cet emplacement englobe : 125 entreprises, 40 000m² de bureaux, 1 800 (salariés, chercheurs, étudiants, coworkers), 35 projets en incubation, écoles (Pôle IIID, 3W academy et le Fresnoy (studio national des arts contemporains)), centres de recherche (Plaine-images, s.d)

Connectivité : A la croisée des chemins entre Amsterdam, Bruxelles, Francfort, Luxembourg, Londres et Paris, Lille est une implantation stratégique pour le développement de réseau de datacenters de groupe Etix Everywhere (Courtel, 2017). La Plaine image est à moins de 80 min de Paris, Bruxelles et Londres (Fig.37), elle profite d'une situation de porte d'entrée sur l'Europe (Plaine-images, s.d). Cette localisation bénéficiera de la présence des opérateurs télécoms nationaux et internationaux

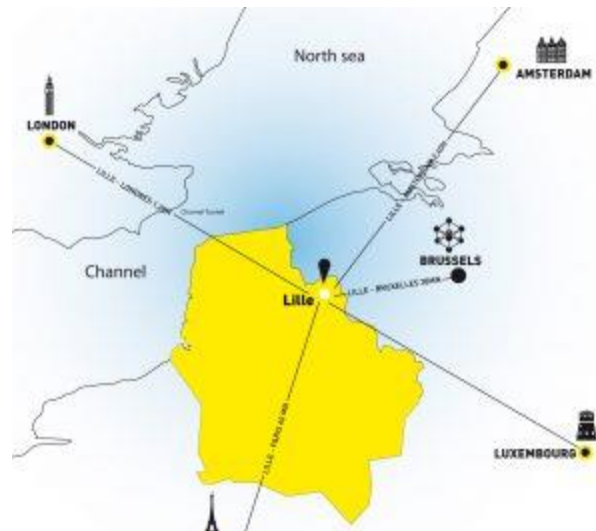


Figure 37 : Situation de Lille de France dans les grandes villes européennes
(Source : Plaine-images)

garantissant une excellente connectivité et une faible latence aux clients (Courtel, 2017).

- **Conditions météorologiques** : Courtel (2017) précise que le nord de la France bénéficie d'un climat très propice pour le système de refroidissement « free cooling », ce qui entraîne des économies sur les couts de l'acticité consommée par le bâtiment.

- **Marché d'investissement** : Tricart, coordinateur stratégique de la plaine images, affirme que l'implantation de ce datacenter est une « une opportunité fantastique pour la centaine d'entreprises déjà implantée sur le site » déclare-t-il (Dawn-Hiscox, 2017). Cette implantation répond aux besoins des entreprises et clients présents sur le site, il permet de limiter le temps de latence, ainsi une meilleure connectivité (Courtel, 2017). De plus, Etix Everywhere a implanté son centre de traitement dans une zone consacrée aux médias numériques et aux industries créatives, un choix qui profite de développement futur du cluster d'entreprises (Telecomnewsroom, 2017).


H. Datacenter MRS1, MRS2 et MRS3 de Interxion à Marseille, France (2015,2018)

Interxion est l'un des principaux fournisseurs de services de centres de données de colocation en Europe, il dessert un large éventail de clients via 42 datacenters situés sur 11 pays européens (Soares, 2016). Il a plusieurs hubs connectés pour grâce plus de 700 fournisseurs de connectivité et 21 échanges Internet européens (Subcableworld, 2018).

Lors des Data Cloud Awards et l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) organisé à Monaco, la ville de Marseille a été élue « best datacenter location » au niveau mondial. Elle dispose d'une connexion hyper efficace et de services de protection et de stockage très fiables grâce aux différentes infrastructures présentes dans la ville (Madeinmarseille, 2018). Le groupe Interxion dispose de trois datacenters d'Interxion (MRS1, MRS2 et MRS3), repartis sur une surface totale de 18 100 m² sur ce nœud d'échange névralgique, cette position géographique lui permet d'être l'un des principaux pôles connectés pour l'Europe du Sud et l'Afrique (Madeinmarseille, 2018).


MRS1 : Avec une capacité de 152 To sur site, il est destiné aux entreprises de médias numériques, aux fournisseurs de cloud, aux réseaux de distribution de contenu et à quatre points de vente sur Internet (Dawn-Hiscox, 2018). Le datacenter MRS1 possède 100 fournisseurs de cloud, ce qui renforce sa position comme l'un des sites les plus connectés en Europe, « en tant que principal centre d'interconnexion pour l'Europe du Sud, l'Afrique et le Moyen-Orient » a affirmé Hollands, directeur du marketing et du développement commercial chez Interxion. (Capacitymedia, 2016). Il sert de passerelle attrayante de connexion, vu qu'il est relié à des câbles sous-marins qui font connecter la ville de Marseille aux trois continent (l'Europe, l'Asie et l'Afrique) (Ba, 2017).

Tableau 24 : Fiche technique du datacenter MRS1 à Marseille, France

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
 <p>Figure 38 : Datacenter MRS1 à Marseille (Source : Madeinmarseille, 2018)</p>	Adresse : 40 Avenue Roger Salengro, 13003 Marseille.
	Ouverture : 2015 (Madeinmarseille, 2018)
	Surface : 6 200 m ² (Madeinmarseille, 2018)
	Capacité : 152 To (Dawn-Hiscox, 2018)
	Cout : 45 millions d'euros (August, 2014)
	Energie : 6 mégawatts (August, 2014)

MRS2 : Quelques années après l'acquisition de MRS1, le groupe Interxion décide de renforcer encore sa présence par la création de deux autres datacenters MRS2 et MRS3 formant un campus connecté. L'extension se fait sur des anciens ateliers navals, inoccupés depuis les années 90, dans le Grand Port Maritime de Marseille Fos (Bellin, 2018). Le chantier prévoit une réhabilitation complète de la zone, seule les façades et la structure voûtée du bâtiment étant conservés (Dawn-Hiscox, 2018). Cet emplacement est à proximité du site de débarquement d'un câble sous-marin (Capacitymedia, 2016).

Tableau 25 : Fiche technique du datacenter MRS2 à Marseille, France

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
 <p>Figure 39 : Datacenter MRS2 à Marseille (Source : Madeinmarseille, 2018)</p>	Adresse : 13015 Marseille, France
	Ouverture : 2018 (Bellin, 2018)
	Surface : 4400 m ² (Bellin, 2018)
	Cout : 76 millions d'euros (Bellin, 2018)
	Alimentation (Connectivité) : 7 MW (Bellin, 2018)

MRS3 : Pour le MRS3, il est adjacent au précédent, dans un bâtiment datant de la seconde guerre mondiale (Capacitymedia, 2016).

Tableau 26 : Fiche technique du datacenter MRS3 à Marseille, France

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
 <p>Figure 40 : Datacenter MRS3 à Marseille (Source : Madeinmarseille, 2018)</p>	Surface : 7 500 m ² (Madeinmarseille, 2018)
	Cout : 110 millions d'euros (Madeinmarseille, 2018)

Le groupe Interxion implanté ces trois datacenters (MRS1, MRS2, MRS3) dans une zone portuaire (Fig.41) de la ville de Marseille afin de profiter d'un point assez important, il s'agit des câbles sous-marins de fibre optique :



Figure 41 : Situation des trois DC d'Interxion dans la zone portuaire de Marseille
(Source : Auteur, 2018 depuis Google Earth, 2019)

Bellin (2018) déclare que la position stratégique de Marseille constitue un port d'accès clé à la connectivité, la présence de 13 câbles sous-marins de télécommunications lui rendent la capitale méditerranéenne pour les échanges télécoms et des données par excellence. Ces câbles relient la ville de Marseille à des dizaines de pays jusqu'à Singapour et la Chine, ce qui la met dans un hub stratégique connecté avec l'Europe du Sud, l'Afrique, le Moyen-Orient, et l'Asie (Bellin, 2018). Cette passerelle numérique (Marseille) entre les trois continents s'inscrit dans la liste des villes internationale comme Miami et Singapour, « où l'échange est plus important que la capacité de traitement » (Dawn-Hiscox, 2018). Selon Coquio, directeur général d'Interxion France, ce rassemblement de fournisseurs d'internet dans le même endroit « ne crée pas seulement une dissipation des risques, mais permet également aux entreprises impliquées de réaliser des économies de coûts » explique-t-il (Dawn-Hiscox, 2018).


I. Datacenter Marilyn de Céleste à Champs-sur-Marne, France (2015)

La société Céleste est un opérateur français implanté à Marne La Vallée, il propose des services d'accès à Internet, d'interconnexion de sites ou de téléphonie et d'hébergement pour les petites et moyennes entreprises (Olagno,2018). Grâce à 2 500 Km de fibre optique, le groupe fait connecter 25 agglomérations françaises (Olagno,2018).

Cet opérateur est un client de plusieurs datacenters. En 2015, il décide de construire son propre datacenter qui répond à ses besoins en termes d'hébergement, d'électricité et de disponibilité (Celeste). Ce datacenter est le premier datacenter écologique et haute-densité au

monde grâce à l'architecture du bâtiments et les solutions innovantes intégrées (www.musee-seine-et-marne.fr).

Tableau 27 : Fiche technique du datacenter Céleste à Champs-sur-Marne, France

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
 <p>Figure 42 : Datacenter Marilyn à Champs-sur-Marne (Source : Céleste)</p>	Adresse : 20 Rue Albert Einstein, 77420 Champs-sur-Marne, France.
	Ouverture : 2015 (Olagno1,2018)
	Surface : 19.000 m ² (Basyn, 2016).
	Cout : 8 millions d'euros (celeste.fr).
	Capacité : deux tours de cinq étages (100 baies dans chacune) (Olagno1,2018)
	Classification : PUE atteint 1.25 (Jacob, 2017)
	Alimentation (Energie / Connectivité) : Double chaîne électrique avec arrivée ERDF 3MW (Céleste) 2 groupes électrogènes (Céleste) Adduction fibre optique à de nombreux opérateurs pour un back-up de l'infrastructure des connexions (Céleste) La puissance souscrite par baie peut atteindre 15 kVA (Céleste)

Le groupe Céleste s'est implanté à Champs-sur-Marne pour les raisons suivantes :

- **Connectivité** : Comme étant un grand fournisseur d'accès internet, Céleste s'appuie sur les réseaux de fibre optique afin de satisfaire les besoins de ces clients en termes de connectivité. Son centre de données Marilyn s'est implanté dans une zone névralgique « Seine et Marne », dotée de l'un des plus grands réseaux de connexion dans le pays, à savoir 1 100 km de fibre optique (Céleste).

- **Refroidissement par l'air** : Olagno1 (2018) explique que le datacenter possède un système de refroidissement basé sur une ventilation qui injecte l'air frais extérieur dans le bâtiment, bien qu'une partie de la chaleur dégagée est récupérée pour chauffer les bureaux. Le climat à Marne-la-Vallée présente des caractéristiques propices à ce système de free cooling (les températures sont à un minimum inférieur de 20°C tous les jours, et elles dépassent 32°C seulement 2% du temps) (Musee-seine-et-marne, s.d.), qui fonctionne automatiquement avec les conditions météorologiques de site. Cette innovation de free cooling permet de réduire la consommation électrique de 35 % par rapport à un datacenter traditionnel (Céleste).

- **Construction verticale** : Outre le système innovant de refroidissement basé sur l'air frais extérieur, cette opportunité vient d'être renforcée par une conception architecturale du bâtiment. Le Marilyn repose sur construction verticale, une disposition novatrice pour ce type d'établissement, il est constitué de deux tours aménagées sur cinq niveaux ce qui assure un effet


de tirage naturel et d'une optimisation des rendements aérauliques (Céleste). Cette disposition à la verticale présente de multiples avantages, notamment l'optimisation de la surface au sol des datacenters, la possibilité d'implantation en milieu urbain, ce qui réduit ensuite le cout unitaire de baie installé (Céleste).

3.1.3 Datacenter et les conditions météorologiques

A. Datacenter Normandie d'Orange à Val-de-Reuil, France (2012)

France Télécom-Orange est l'un des leaders mondiaux des opérateurs de télécommunications, présent dans 32 pays (servant 231 millions de clients fin 2012) (Orange, 2013). Pour répondre aux besoins informatiques croissants, Orange a conçu le datacenter « Normandie », qui vient compléter son infrastructure mondiale de 50 datacenters répartis dans le monde (Orange, 2013). Mais ce nombre est appelé à se réduire, l'opérateur entend refonder son infrastructure informatique en fermant les plus petits datacenters et n'en garder que les plus grands. Cette stratégie « Conquête 2015 » vise « des économies d'échelle et une amélioration de la fiabilité et de la sécurité pour les clients (Orange, 2013).

Tableau 28 : Fiche technique du datacenter Normandie à Val-de-Reuil, France

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
 <p>Figure 43 : Datacenter Normandie à Val-de-Reuil (Source : Leblal, 2013)</p>	<p>Adresse : 7 Voie de l'Orée, 27 100 Val-de-Reuil, France</p>
	<p>Début de construction - Ouverture : septembre 2010 – juin 2012 (Orange 2013).</p>
	<p>Cout: 100 millions d'euros (Crochet-Damais, 2013)</p>
	<p>Surface : Un terrain de 18 ha, dont 5 000 m² de salles informatiques (Orange, 2013).</p>
	<p>Capacité : 20 000 m² de surfaces informatiques (Orange 2013) Capacité de 12,5 MW pour chaque bâtiment (4 bâtiments) (Leblal, 2013).</p>
	<p>Alimentation (Energie / Connectivité) : Double adduction EDF (Guerrier, 2013), chaque salle dispose d'une capacité potentielle de 2400 KW (Orange 2013). Raccordé au réseau fibre optique d'Orange (Barathon, 2013).</p>

Selon le classement d'Uptime Institue, le « Normandie » a obtenu un niveau élevé vis-à-vis de la tolérance des pannes, entre le Tier III et le Tier IV (Crochet-Damais, 2013). Le site est en effet équipé de deux alimentations EDF, et doté de groupes électrogènes de secours redondés (autonomie de 72 h) (Crochet-Damais, 2013). Il lui manque que la possibilité d'avoir un double fournisseur électrique (la norme TIER IV n'est pas encore accessible en France)

(Leblal, 2013). Outre l'alimentation énergétique, ce datacenter est raccordé aux datacenters voisins (Rennes et la région parisienne) par trois liens réseaux, afin d'assurer la sauvegarde et la réplication des données (Leblal, 2013). Il garantit un taux de disponibilité théorique des services supérieur à 99,995% (Guerrier, 2013).

Il est classé parmi les meilleurs centres « éco-efficaces » mondiaux, grâce à son PUE annuel qui ne dépasse pas 1,3 (Aouizerate, 2013). Cet indicateur optimal revient aux dispositifs utilisés de free cooling et de la récupération de l'air chaud (Crochet-Damais, 2013).

Dans le choix de localisation de ce datacenter, plusieurs sites ont été envisagé (à Rennes, à Reims et dans le nord de la France), mais le choix été porté sur celui de Val-de-Reuil car il bénéficie de plusieurs atouts (Leblal, 2013), à savoir :

- **Conditions météorologiques :** « les conditions météorologiques sont parfaites pour le free cooling » a déclaré Ernotte, directrice exécutive d'Orange France. Elle explique que la qualité de l'air « ni trop froid, ni trop chaud, ni pollué » assure une efficacité importante pour le système de refroidissement, et ainsi des économies d'énergie (pourront correspondre à la consommation électrique domestique annuelle d'une ville de 30 000 habitants) (Leblal, 2013).

A Normandie, les périodes de fortes chaleurs sont rares, ce qui garantit un refroidissement à l'air frais ambiant normand 11 mois sur 12, et donc réduire le recours à une climatisation artificielle, plus de 80% de l'année (Fig.44) (Crochet-Damais, 2013). Afin de rendre le système de free cooling plus efficace, un mur végétal de 23 000 plantes a été installer sur la façade du bâtiment, de façon à capter l'air froid, et d'évacuer l'air chaud aisément (Crochet Damais,2013).



Figure 44 : Système de fonctionnement de free cooling au sein de Normandie (Source : Orange, 2013)

- **Ressources énergétiques :** Le « Normandie » est situé à proximité de deux centrales nucléaires, ce qui lui permet de posséder deux arrivées électrique de 90 KV (correspond à l'alimentation d'une ville de 75 000 habitants) (Aouizerate, 2013).

- **Zone d'activité :** Le datacenter est construit dans la Zone d'Aménagement Concerté (ZAC) « Parc d'affaires des portes de Val-de-Reuil » (Orange, 2017). C'est l'une des neuf nouvelles villes fondées par Georges Pompidou dans les années 70, elle accueille des établissements de haute technologie, aussi des centres de calcul (d'EDF et d'Altitude Télécom) dans la zone d'activité Pharmaparc II (Fig.45) (Leblal, 2013).

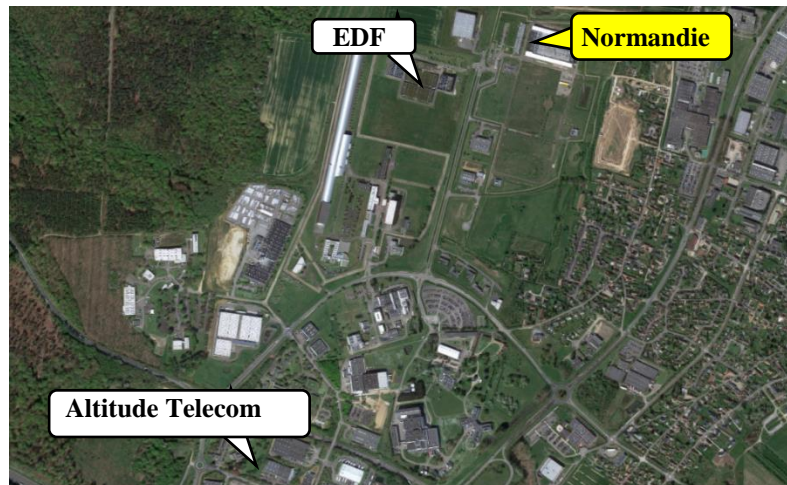


Figure 45 : Parcelle de datacenter Normandie dans la zone de Pharmaparc II Val-de-Reuil

(Source : Auteur,2018 depuis Google Earth, 2019)

(Leblal, 2013).

- **Proximité relative de Paris :** Cette zone d'activité est à 50 min par de route Paris-La Défense, et de 30 Km de Rouen (pôles de recherche et d'enseignement supérieur) (Bakis, 2013).

Le site d'implantation dispose d'autres avantages variés pouvant expliquer la localisation de cet établissement, on cite :


- La **connectivité** de site (accès aux télécoms) ;
- **Infrastructures d'accès favorables ;**
- **Zone sans risque sismique** et à faibles **risques industriels ;**
- Le **volontarisme** de développement économique de site (élus de la Communauté d'Agglomération Seine-Eure et de Val-de-Reuil) (Orange, 2013) ;
- Zone **non inondable**, qui n'est pas dans un **couloir aérien** (Gourvennec, 2014).

B. Datacenter Natick de Microsoft à Champs-sur-Marne, Ecosse (2018)

Microsoft, un géant de l'informatique a implanté un datacenter d'une nouvelle génération, immergé par 35 mètres de fond au large des îles Orcades, au nord de l'Ecosse (Zaffagni, 2018). Ce projet baptisé « Natick » (nom d'une ville nord-américaine de l'État du Massachusetts) est construit à partir des matériaux recyclés et recyclables pour répondre à leur

objectif de projet « zéro émission », il peut fonctionner pendant cinq ans sans maintenance, et avec une durée de vie de vingt ans (Zaffagni, 2016).

Tableau 29 : Fiche technique du datacenter Natick, Ecosse

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
 <p>Figure 46 : Datacenter Natick de Microsoft (Source : Lausson, 2018)</p>	Adresse : immergée par 35 m de fond au large des îles Orcades, au nord de l'Écosse (Zaffagni, 2018)
	Ouverture : 2014 (Zaffagni, 2018)
	Surface : conteneur cylindrique de douze mètres de long (Zaffagni, 2018)
	Capacité : 864 serveurs (Jérôme G, 2018)
	Alimentation (Energie / Connectivité) : Alimentation par des énergies renouvelables (courants marins et des vents) (Lausson, 2018)

Microsoft a immergé cette capsule numérique dans le fond de l'océan près de l'archipel des Orcades au nord de l'Écosse pour répondre à des objectifs multiples, on cite :

- **Ressources énergétiques** : Cellan-Jones (2018) explique que le site bénéficie de la présence d'EMEC (Européen Marine Ennery Centre), un expert dans les énergies renouvelables (énergie des marées et des vagues depuis 14 ans). Kermode, directeur général d'EMEC a déclaré que "Nous avons énormément d'énergie renouvelable ici", le site produise assez d'énergie pour pouvoir accueillir une telle infrastructure énergivore de Microsoft (Cellan-Jones, 2018). En outre, Lausson (2018) ajoute que le datacenter Natick profite de l'énergie renouvelable et écologique, issue du milieu marin pour alimenter ses serveurs.

- **Conditions météorologiques** : Ce projet profite des bienfaits naturels de l'océan dans la région nord de l'Ecosse (Lausson, 2016). Ce même auteur explique ce datacenter repose sur le système de « water cooling » afin de dissiper la chaleur dégagée par le fonctionnement des serveurs. En outre, Cutler, responsable du projet Natick chez Microsoft Research affirme que « L'installation sous-marine nous permet de réduire les besoins énergétiques liés au refroidissement de près de 95 % » (Jérôme G, 2018)

- **Rapidité de mise en service** : Autre avantage mis en avant est la rapidité de déploiement de ce type de datacenter, cette capsule a été opérationnelle après 90 jours, en revanche, un datacenter sur terre peut prendre environ deux ans de travaux pour l'aménager (Lausson, 2016). Outre la rapidité de mise en service de conteneur, il est sensé fonctionner cinq ans sans maintenance, avec une dure de vie d'une vingtaine d'années (Lausson, 2016). Une fois la durée de vie est atteinte, la capsule sera récupérée et recycler (Lausson, 2016).

- **Connectivité** : Un autre intérêt de sous datacenter sous-marin est d'améliorer la connectivité et les performances des services en ligne. Le géant Microsoft a démarré d'un constat, qui explique que la moitié de la population se concentre dans un rayon situé à environ 200 km près des côtes, ce qui lui laisse réfléchir à installer ses centres de données au niveau des rivages (Lausson, 2018). Cette installation sous-marine permet de réduire la distance, et donc réduire le délai de latence (Zaffagni, 2016). D'autre part, Gallois (2018) ajoute que cette situation côtière présente deux avantages à la fois en termes de connectivité, celui de la proximité des utilisateurs, et également des câbles sous-marins par lequel passe le trafic numérique, et donc une navigation très rapide.


- **Maintenance contre la corrosion** : Cutler (Cellan-Jones, 2018) explique que le datacenter sous-marin élimine tout l'oxygène dans son atmosphère, vu qu'il ne y'a pas de personnel à l'intérieur, ce qui réduit ensuite la corrosion qui est un problème majeur dans ce type d'infrastructure sensible

- **Impact environnemental** : Enfin, Cutler affirme que l'effet de la chaleur dégagée de ce datacenter sous-marin sera minime, par rapport à ceux qui sont sur terre, « l'eau à quelques mètres en aval se réchaufferait au maximum de quelques millièmes de degré » explique-t-il (Cellan-Jones, 2018).

C. Datacenter Deepdata de Céleste à Saumur, France (2015)

Deep Data est un projet de datacenter à haute performance énergétique, chapoté par l'opérateur d'accès d'internet « Céleste » dans des carrières souterraines de la région de Saumur (France). Il s'agit d'un container de 15 m² situé à quelques dizaines de mètres à pied sous terre, dans un ensemble de 10 km de galeries courant sur 35 ha, avec une capacité de 3 000 To (Delavaud, 2016). Delavaud (2016) affirme que le datacenter « Deepdata » a été dévoilé après trois ans d'études et d'expérimentations dans un endroit tenu secret. Ce datacenter atteint PUE d'environ 1,10 quand la valeur idéale, jamais atteinte, est de 1 (Datacenter-mag, 2016).

Tableau 30 : Fiche technique du datacenter Deepdata, France

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
 <p>Figure 47 : Datacenter Deepdata à Champs-sur-Marne</p>	Adresse : Les troglodytes du saumurois (Guimard, 2016)
	Ouverture : 2016 (Guimard, 2016)
	Surface : 15 m ² (Thual, 2016)
	Cout : 500 000 euros (Guimard, 2016)
	Capacité : 3.200 To (Thual, 2016)
	Classification : PUE avoisinant 1,10 (Guimard, 2016)

L'enjeu principal de choisir cet endroit souterrain est de profiter de la fraîcheur des sous-sols pour refroidir de manière naturelle les serveurs informatiques. Cependant ces galeries troglodytes présentent d'autres avantages, tel-que :

- **Conditions météorologiques** : Les études ont permis de valider le fonctionnement thermique et technique de datacenter afin d'utiliser la régularité d'une température ambiante maintenue naturellement entre 11°C et 12°C grâce à la forte hygrométrie du tuffeau (Thual, 2016). Les ingénieurs porteurs de ce projet ont choisi un système de refroidissement par eau, et non pas par air qui risque d'assécher les pierres de tuffeau (Fig.48) (Thual, 2016). Chazelle, d'Enia Architectes déclare que « la facture énergétique baisserait ainsi de 20% à 25% », grâce à ce système de refroidissement basé sur la stabilité thermique des caves souterraines Saumuroises (Thual, 2016).



Figure 48 : Galeries souterraines Saumuroises
(Source : la Région des Pays de la Loire, 2016)

- **Sécurité** : Guimard (2016) affirme que l'emplacement de Deepdata est « naturellement sécurisé et confidentiel par sa localisation souterraine », il est à l'abri des regards. De plus, il est « plus facile à sécuriser qu'un bâtiment extérieur » (Brenon, 2016).

- **Foncier** : Ces galeries abandonnées présentaient un très important potentiel foncier (environ 35 ha) (Brenon, 2016).


3.1.4 Datacenter et autres exigences secondaires

A. Datacenter BHS4 d'OVH à Strasbourg, France (2012)

SBG4 est l'un des datacenters d'OVH installés à Strasbourg, et qui sont initialement dédiés à l'Europe Centrale et de l'Est (Feugey, 2013). Il est implanté sur un ancien site industriel d'ArcelorMittal qui présente un fort potentiel énergétique (Feugey, 2013). De plus les 5000

serveurs sont installés dans des anciens containers, ce qui permet l'agrandissement ou la modification du datacenter facilement (Top10hebergeurs, 2012).

Tableau 31 : Fiche technique du datacenter BHS4 à Strasbourg, France

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
 <p>Figure 49 : Datacenter BHS4 à Strasbourg (Source : Loukil, 2016)</p>	Adresse : 9 Rue du Bassin de l'Industrie, 67000 Strasbourg, France
	Début de construction-Ouverture : 2011 à 2012 (Archi-wiki, s.d)
	Surface : 60 000 m ² (Alliancy, 2013)
	Capacité : 5000 serveurs (Feugey, 2013)
	Cout : 100 millions d'euros (Alliancy, 2013)
	Alimentation (Energie / Connectivité) : 40 MVA (Alliancy, 2013) 2 lignes électriques THT de 120 000 V, provenant de deux centrales différentes (Nextinpack)

Le groupe OVH a installé son datacenter SBG4 sur le Bassin de l'industrie pour les raisons suivantes :



Figure 50 : Situation du DC BHS4 dans le bassin de l'industrie
(Source : Auteur, 2018 depuis Google Earth, 2019)


- **Connectivité** : Le site de Strasbourg a un immense avantage en termes de connectivité, il est tout proche de l'Italie, la Suisse et l'Allemagne, là où les internautes de communication sont présentes (Top10hebergeurs, 2012)
- **Ressources énergétiques** : D'autre part, l'implantation sur un ancien site industriel présente un grand avantage en termes de puissance énergétique importante (Feugey, 2013).
- **Refroidissement** : Cet emplacement donne aussi sur le Rhin, un fleuve considéré comme une source de refroidissement pour le watercooling (Fig.48) (Lafibre.info, s.d).

B. Datacenter de 1&1 à Karlsruhe, Allemagne (2008)

1&1, un des principaux fournisseurs mondiaux d'Internet, spécialiste des services et équipements réseaux (Clech, 2008). Il est présent sur plusieurs marchés mondiaux, il possède

7 datacenters dans le monde, qui installent 70 000 serveurs (Bfmbusiness.bfmtv, 2014). Le groupe allemand héberge 45 millions de comptes répartis dans 11 pays (Debise, 2014).

Tableau 32 : Fiche technique du datacenter 1&1 à Karlsruhe, Allemagne

Photo du datacenter	Fiche technique du datacenter
 <p>Figure 51 : Datacenter de 1&1 à Karlsruhe (Source : Leblanc,2008)</p>	Adresse : Ernst-Frey-Straße 9, 76135 Karlsruhe, Allemagne
	Surface : 2000 m ² (Debise, 2014)
	Cout : 20 millions d'euros (Debise, 2014)
	Capacité : 40 000 serveurs (Debise, 2014)
	Alimentation (Energie / Connectivité) : consommation électrique équivalente à celle d'une petite ville de 20 000 habitants (Debise, 2014), intégré dans l'anneau de 20 kV de la Stadtwerke Karlsruhe (Ionos, s.d) 5 groupes électrogènes + citerne de 40 000 L + 6 onduleurs de 200 kVA (Debise, 2014) backbone fibre optique de 10 Go (Ionos, s.d)

Dans un pays très en pointe en matière d'énergies propres, le groupe 1&1 alimente ses infrastructures énergivores par des énergies provenant de ressources renouvelables (énergie éolienne, hydraulique ou solaire) (Guillaume, 2009)

- **Zone d'ingénierie informatique** : La ville de Karlsruhe est l'un des grands berceaux technophiles en l'Allemagne, elle possède 9 universités dont un (le KIT) est spécialisé dans l'ingénierie et l'informatique (Debise, 2014). Le groupe 1&1 implante son infrastructure informatique au sein de ce marché riche, pour développer et se développer dans un écosystème similaire.

- **Connectivité** : A cet emplacement, le datacenter est lié aux deux backbone principaux de l'Allemagne, afin d'offrir une couverture optimale du réseau Internet et garantir une meilleure connectivité avec ses clients (Debise, 2014).

Sur un autre site, dans la ville d'Hanau, l'hébergeur 1&1 implante un datacenter sur une ancienne installation à combustible nucléaire construite dans les années 1980 (Leblanc, 2008). Cette usine appelle « New MOX » était destiné pour la production de barres à oxyde mixte, faites d'uranium et de plutonium enrichis (Clech, 2008).

Tableau 33 : Fiche technique du datacenter 1&1 à Hanau, Allemagne

Fiche technique du datacenter
Adresse : Ernst-Frey-Straße 9, 76135 Karlsruhe, Allemagne
Ouverture : 2009 (Leblanc, 2008)
Surface : 10.000 m ² (Leblanc, 2008)

Cout : 15 millions d'euros (Guillaume, 2009)
Capacité : 100 000 serveurs (Clech, 2008)
Alimentation (Energie / Connectivité) : Alimentation en électricité de 55.000 serveurs via des ressources renouvelables (Leblanc, 2008) Consommation de 30 MW sur les 40 disponibles (Guillaume, 2009)

Le choix de site de ce datacenter était fait par rapport aux avantages suivants :

- **Economie de construction** : Mink, responsable des datacenters 1&1 en Europe, affirme que cette implantation sur des bâtiments existants assure une véritable économie par rapport à la construction d'un bâtiment neuf (Guillaume, 2009)
- **Sécurité** : Ce site présente un double avantage de sécurité. D'abord, il est « assez loin de nos installations de Karlsruhe ce qui permet une reprise d'activité en cas de désastre naturel » reprit Mink (Guillaume, 2009). De plus, ce datacenter est installé dans une construction très sécurisé, avec une épaisseur des murs de 1,80 m, à tel point qu'elle pourrait résister à la chute d'un avion (Guillaume, 2009)

En 2006, l'opérateur 1&1 décide d'implanter un autre datacenter d'une capacité de 26 000 à 30 000 serveurs, sur un ancien bâtiment à Otan (Allemagne), il s'agit d'une ancienne forteresse de l'armée française construite en 1951, qui faisait partie d'Ex-base militaire de « Baden-Baden » (Les échos, 2010). Ce type de bâtiments présentes une véritable sécurité pour une telle infrastructure qui doit bien garder ses données face à tout type d'avarie ou d'accident (Les échos, 2010).

C. Datacenter de Google à San Francisco, USA

Le géant Google a installé un datacenter sur un porte-container, placé sur un des quais de l'île artificielle de Treasure Island, dans la baie de San Francisco (Californie) (Fig.52) (Feugey, 2013). Sa structure est composée de containers informatiques sur quatre étages (Leblal, 2013).



Figure 52 : Datacenter flottant de Google
(Source : journaldugeek, 2013)

Bohic (2013) explique que ce projet de datacenter flottant exploite l'eau de mer pour la production d'électricité nécessaire à son fonctionnement d'un côté, et pour le refroidissement de ses composants informatiques de l'autre côté (Fig.53).

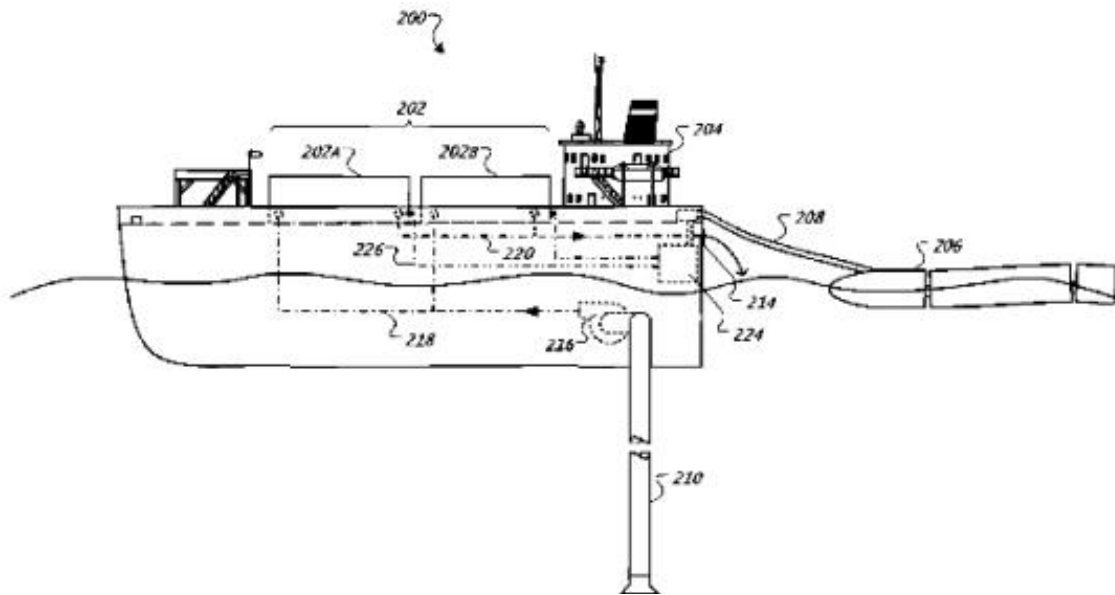


Figure 53 : Schéma expliquant le système de refroidissement et de production d'énergie à partir des courants marins (Source : Treacy, 2013)

Plusieurs facteurs ont été à l'origine de choix de cet emplacement, notamment :

- **La sécurité** : Leblal (2013) indique que l'emplacement de ce projet présente une sécurité importante pour ce type d'infrastructure sensible.
- **Conditions météorologiques** : L'installation de ce datacenter sur une plate-forme flottante permet de profiter de l'eau de mer pour refroidir les serveurs (Feugey, 2013)
- **Foncier cher** : Leblal (2013) ajoute que le prix de foncier est très cher à San Francisco, ce qui mène le groupe Google à s'installer à cet endroit.
- **Ressources énergétiques** : Outre l'immobilier abordable de cet emplacement, l'énergie était toujours le centre de préoccupation numéro 1 pour la construction des datacenters. Sur cette plateforme flottante, le datacenter produit sa propre énergie à partir des sources renouvelables (vagues et vents), ce qui assure l'autosuffisance de cette plate-forme en termes d'énergie (20minutes).
- **Mobilité** : Crochet-Damais (2013) explique la mobilité du datacenter comme un avantage par rapport aux datacenters traditionnels. Cette caractéristique flottante permet à l'infrastructure de pouvoir se déplacer en fonction de la demande, au gré des alertes maritimes, et ainsi se prémunir de toute catastrophe naturelle majeure.

3.2 Benchmarking des datacenters analysés

L'analyse de localisation des différents exemples précédents nous a permis d'identifier plusieurs critères qui ont été à la base de choix de leurs sites d'implantation. Dès lors, cette analyse nous guidé à tracer le tableau récapitulatif (Tab.34) des différents critères tirés à partir des 22 datacenters analysés, ce tableau est composé de 51 critères, structurés par ordre d'importance suivants les besoins et les exigences de cette infrastructure urbaine en termes de localisation, à savoir essentiellement :

- Les ressources énergétiques ;
- La connectivité ;
- Les conditions météorologiques ;
- La configuration des bâtiments, marché d'investissement, foncier, accessibilité, sécurité, zone hors risques, ...

Tableau 34 : Tableau récapitulatif des critères de localisation des datacenters analysés

Critères	Indicateurs
Ressources énergétiques	Situation à proximité de centrale nucléaire, barrage hydroélectrique
	Situation à proximité de centrale électrique, poste de transformation
	Situation portuaire : utilisation d'énergie renouvelables (courants marins)
	Implantation sur un ancien site industriel (grande puissance énergétique)
	Disponibilité et sécurité électrique : deux ou plusieurs sources énergétiques différentes (privatives, prioritaires pour le datacenter...)
	Qualité et prix de l'électricité : pas élevé, stable, ...
Connectivité	Situation à proximité d'un nœud ou boucle de fibre optique
	Situation à proximité des internautes de communication
	Disponibilité d'un ou de plusieurs arrivées pour les câbles de la fibre optique
	Situation dans un réseau étoffé (réseau routier, lignes ferroviaires et canaux) indispensable pour enfouir les câbles de fibre optique sans avoir à faire de gros travaux
	Situation à proximité de débarquement d'un câble sous-marin (zone portuaire)
	Situation à la croisée des chemins de connectivité internationales
	Situation dans les rivages / proximité des utilisateurs (réduire la distance (utilisateurs est dans un rayon de 200 km près des côtes, et donc réduire le délai de latence)
Conditions météorologiques	Climat frais la plupart du temps, et pas trop chaud pendant l'été (free ou water cooling)
	Stabilité thermique de site (caves souterraines) (water cooling)
	Installation sous-marine (water cooling)
	Situation à proximités des sources d'eau : canal d'admission de l'eau de mer, fleuve, etc. (Utilisation du système water cooling)

Configuration des bâtiments anciens	Installation sur des bâtiments industriels qui ont la même configuration d'un datacenter (Intégration des systèmes de ventilation naturelle pour faire évacuer la chaleur dégagée par les machines – serveurs)
	Répondre aux exigences des DC en termes de charge et hauteur de plafond
Marché d'investissement	Situation dans des ZAC accueillant des établissements de haute technologie, des industries créatives, datacenters ...
Marché d'investissement	Site qui répond aux besoins des clients
	Situation à proximité des frontières pour répondre aux besoins des marchés étrangers
	Situation à proximité des startups, grandes entreprises, incubateurs, écoles, instituts et des centres de recherche dans le domaine high-tech...
	Situation complémentaire avec un autre DC qui répond aux besoins des clients en termes de PRA
	Implantation dans une région qui n'a pas de datacenters
	Situation loin de la capitale pour répondre aux besoins de clients en termes de PRA
	Implantation dans une région qui n'a pas de datacenters
	volontarisme de développement économique de site
	Volonté des collectivités locales d'accueillir des activités à forte valeur ajoutée high-tech ...
Accessibilité	Récupération de la chaleur dégagée pour chauffer les bâtiments publics
	Disponibilité d'un réseau routier étoffé et des lignes ferroviaires
	Situation à proximités des gares, aéroports, hélicoptère
Foncier	Site facilement accessible
	Disponibilité du foncier constructible et pas cher
	Utilisation des carrières souterraines abandonnés
Sécurité	Implantation sur des sites anciens industriels
	Implantation sur des sites anciens à haute sécurité : site militaire, site aérospatial, ...
	Implantation souterraine
Zone sans risque	Implantation sous-marine
	Zone sans risque sismique
	Zone à faibles risques industriels
	Zone non inondable
	Zone loin d'un couloir aérien
	Zone non seveso
Conception architecturale	Zone loin des risques de foudre
	Construction verticale qui optimise la surface au sol
	Construction qui répond aux difficultés l'implantation en milieu urbain
Maintenance	Construction à base de centaines, capsules (Rapidité de mise en service)
	Installation sous-marine : Maintenance contre la corrosion (pas d'oxygène)
Impact environnemental	Réduire l'impact environnemental des datacenters (Chaleur dégagée) par une installation sous-marine
	Implantation sous terrain (carrières absorbants la chaleur dégagée)

(Source : Auteur, 2019)

Conclusion

A travers ce chapitre analytique et comparatif, nous avons pu mieux comprendre l'impact des différents critères de localisation sur le fonctionnement, l'efficacité et la rentabilité des datacenters. Dès lors, il est beaucoup plus clair, que le choix de site d'implantation d'un datacenter est une étape cruciale et assez nécessaire afin de comprendre les potentialités et les risques que représente le site.

A partir de l'analyse de 22 datacenters étrangers, nous avons pu identifier 51 critères différents qui ont été à la base de choix de leurs localisations, ces critères sont classés suivant leur importance dans douze (12) rubriques, dont quatre (4) sont les plus importants.

En effet, nous avons constaté que les majeures préoccupations des datacenters analysés étaient autour les ressources énergétiques (disponibilité, puissance et qualité), la connectivité (disponibilité, latence) et les ressources de refroidissement ou les conditions météorologiques. En revanche, d'autres critères interviennent en position secondaire, notamment, l'accessibilité physique, la disponibilité du foncier, la sécurité, ...

CHAPITRE 4 : CONSTRUCTION ET APPLICATION DE LA GRILLE DES CRITERES DE LOCALISATION DES DATACENTERS

Introduction

Le quatrième ou le dernier chapitre de notre mémoire vient appliquer l'ensemble des critères de localisation des datacenters tirés à partir des informations théoriques et analytiques des chapitres précédents. D'abord nous allons construire notre grille des critères de localisation des datacenters à partir des deux tableaux récapitulatifs précédents.

En deuxième lieu, nous allons faire un état des lieux sur le projet Alger smart city, et étudier le contexte des datacenters en Algérie et surtout à Alger. En dernier lieu, nous finirons par l'application de notre grille de critères de localisation des datacenters sur deux cas d'étude choisis, celui de choix de site d'implantation d'un datacenter (datacenter d'EADN à Lakhdaria, Bouira), et celui de l'évaluation de la localisation d'un datacenter existant (datacenter d'Elite à Gué de Constantine, Alger).

4.1 Construction de la grille des critères de localisation des datacenters

Ce chapitre consiste à construire notre grille des critères de localisation des datacenters a partir d'une combinaison interactive et comparative des deux tableaux établies dans les recherches précédentes (chapitre 2 et 3).

4.1.2 Présentation de la grille des critères de localisation des datacenters

Le tableau (Tab.35) ci-après constitue l'aube de notre recherche, à savoir : la grille des critères de localisation des datacenters. Cette grille constitue un outil d'aide à la décision qui pourra être utilisé à deux (2) niveaux (deux cas) :

- Choisir le site d'implantation pour un projet de datacenter : elle permet de mieux comprendre le site, ses potentialités et risques, pour les prendre en compte dès le début ;
- Evaluer la localisation d'un datacenter existants, afin de faire ressortir ses potentialités et prévoir les risques externes que représente le site.

Cette grille est composée de 151 indicateurs, structurés dans 16 critères. Ces critères sont classés par ordre d'importance, comme suit :

D'abord, les exigences les plus importants, qui sont :

- Ressources énergétiques ;
- Connectivité ;
- Conditions météorologiques ;

Ensuite, des exigences secondaires, à savoir :

- Foncier ;
- Accessibilité ;
- Sécurité ;
- Marché d'investissement ;
- Environnement politique ;
- Risques naturels ;
- Risques industriels ;
- Risques socio-économiques ;
- Risques technologiques ;
- Environnement économique ;
- Voisinage / Environnement immédiat ;
- Préoccupations et contraintes de l'environnement ;
- Caractéristiques des datacenters.

Tableau 35 : Grille des critères de localisation des datacenters

Domaine	Critères (16)	Indicateurs (151)
Caractéristiques des territoires (site d'implantation)	Ressources énergétiques	Disponibilité des ressources énergétiques
		Disponibilité et proximité des points de livraison d'électricité : centrales électriques, postes de transformation, ...
		Disponibilité de la puissance électrique nécessaire (haute tension, très haute tension, installation sur les anciens sites industriels, ...)
		Sécurité, qualité et fiabilités des approvisionnement
		Intervention rapide pour le raccordement électrique
		Possibilité de redondance : des raccordements distincts (fournisseurs différents)
		Historique des pratiques locales (coupures, perturbation, délai de prévenance sur les arrêts, détérioration de la qualité, etc.)
		Pratiques contractuelles
		Coûts de raccordements
		Nature de la production d'Énergie locale : renouvelable, charbon, fuel, nucléaire, ...
		Disponibilité des ressources énergétiques pour la production ou de secours : fuel, gaz, ...
		Proximité des centrales nucléaires, barrage hydroélectriques
		Prix d'électricité
		Possibilité d'un raccordement privatif et prioritaire
		Ressources énergétiques renouvelables
		Existence de fournisseurs d'énergie renouvelables
	Potentiel d'utilisation d'énergie renouvelable : géothermique, éolienne, solaire, ...	
	Installation portuaire (potentiel d'utilisation d'énergie produites à partir des courants marins)	
	Connectivité	Présence locale optimale et proximité des opérateurs télécom
		Fiabilité et disponibilité des accès réseau à très haut débit
		Qualité des connexions, stabilité et vitesse des débits, faible latence, etc.
		Diversité des offres technologiques pratiques
		Cadre réglementaire
		Existence d'une concurrence viable
		Délais d'accès pour les utilisateurs existants et à venir
		Relation contractuelle avec le ou les fournisseurs
		Coûts de raccordements (situation dans un réseau étoffé pour enfouir les câbles de fibre optique sans avoir à faire de gros travaux (réseau routier, lignes ferroviaires et canaux), ...
		Existence d'une bande passante suffisante
		Proximité d'un point d'échange Internet (GIX, NAP)
		Proximité avec les nœuds et les boucles de fibre optique d'interconnexion au réseau internet international (situation portuaire à proximité de débarquements des câbles sous-marins, au croisé des chemins de connectivité internationales...)
		Possibilité de redondance : des adductions internet distinctes (fournisseurs différents)
		Proximité des utilisateurs (dans les rivages où la majorité des utilisateurs est dans un rayon de 200 km près des côtes)
	Conditions météorologiques	Ensoleillement / Exposition
		Température et hygrométrie moyenne annuelle (zone froide et peu humide pour réduire les besoins de refroidissement)
		Potentiel de refroidissement de type free ou water cooling (installation dans les régions froides, sous-marine, ...)
		Implantation en bordures des cours d'eau : canal d'eau, fleuve, mer, océan, ... (utilisation du système watercooling)
	Stabilité thermique de site (caves souterraines, ...)	
	Foncier	Coût de terrain
		Disponibilité du foncier constructible et pas cher
		Utilisation des carrières souterraines abandonnés
		Implantation sur des sites anciens industriels
		Zones portuaires et aéroportuaires : disponibilité du foncier, prix abordable, peu de voisinage (loin de l'habitat), ...
	Accessibilité	Facilité d'accès et proximité de nœuds de desserte surtout pour les ingénieurs envoyés par les clients : aéroports, ports, gares, ...
		Facilité d'accès à partir d'autres site de l'entreprise
		Disposition des moyens de transports (personnel, ingénieurs des clients, ...)
		Qualité des infrastructures locales (routes, voies ferrées, ...)
		Facilité d'accès pour la livraison par poids lourds (voirie large et adapté, quai, aire de retournement,)
		Facilité d'accès aux services de secours et évacuation efficace en cas d'urgence
		Possibilité de raccordement aux réseaux de protection incendie
		Eloignement de toute infrastructure recevant un public important afin d'éviter le blocage de la circulation
Proximité des mainteneurs d'équipements		
Sécurité	Discretion du site (installation sous-terrain, sous-marine, ...)	
	Atouts sécurité (ensemble éléments limitant les actes de malveillance	
	Proximité des services publics (pompiers, policiers, hôpital, ...)	
	Implantation sur des anciens sites à haute sécurité (site militaire, site aérospatial, ...)	
Maintenance : installation sous-marine (maintenance contre la corrosion : inexistance d'oxygène), ...		
Marché d'investissement	Aces au personnel qualifie	
	Importance du bassin d'emploi local	
	Existence de personnels qualifiés en informatique, d'ingénieurs	
	Présence de jeunes diplômés	
	Disponibilité de personnel qualifié, réputé et avec un cout abordable	
	Existence de formations appropriées et de bon niveau	
	Absence de goulots d'étranglement en termes de recrutement	
	Accès au clients	
	Existence d'autres centres informatiques dans la zone visée	
	Niveau de support offert par les fournisseurs clés doit être compatible avec les objectifs fixés en termes de qualité et réactivité	
	Présence de partenaires locaux de ces fournisseurs	

(Source : Auteur, 2019)

Tableau 35 : Grille des critères de localisation des datacenters (Suite)

Caractéristiques des territoires (site d'implantation)	Marché d'investissement	Présence sur place ou à proximité, de stock de pièces, de machines de rechange et de personnel d'intervention
		Mobilité géographique des investissements
		Importance de bassin potentiel de clients auquel l'infrastructure peut fournir des services
		Taux de bassin potentiel de clients auquel l'infrastructure peut l'atteindre
		Eventuelles évolutions des besoins des clients
		Proximité des frontières pour répondre aux besoins des marchés étrangers
		Proximité des startups, grandes entreprises, incubateurs, écoles, instituts et centre de recherche dans le domaine high-tech, ... (Sous-traitance, clientèle, minimisation des risques,)
		Situation complémentaire avec un autre datacenter pour répondre aux besoins des clients en termes de RPA (loin du premier datacenter, loin de la capitale, ...)
		Implantation dans des zones qui n'ont pas le même type d'infrastructure (datacenter)
		Occupants
		Volontarisme de développement économique de site
		Volonté des collectivités locales d'accueillir des activités à forte valeur ajoutée high-tech ...
		Récupération de la chaleur dégagée pour chauffer les bâtiments publics
	Environnement politique	Politique d'hébergement des données
		Divers accords entre pays ou l'existence d'une réglementation supranationale respectée
		Cadres légaux réglementaires, les politiques d'aménagement de territoires et de l'urbanisme, les plans des circulations et de parcage, ...
		Normes en vigueur dans le pays
		Capacité à poursuivre et faire valoir ses droits
		Stabilité de régime en place
		Nature de régime
		Législations locales
		Position relative du pays vis-à-vis des marchés ou des réseaux de transports (conventions et accords internationaux)
		Interventions des pouvoirs publics : responsables régionaux et locaux
		Politique de sécurité des données
		Législation encadrant la collecte, l'usage et la conservation des données
		Législation concernant les diverses déclarations à faire et les autorités qui les enregistrent
	Législation encadrant l'utilisation d'outils tels que la cryptographie, d'authentification et d'identification	
	Risques naturels	Désordres géologiques
		Séisme
		Volcan
		Tsunamis
		Effondrement
		Glissement de terrain
Désordres climatiques		
Inondation		
Cyclone		
Foudre		
Tornade		
Sécheresse		
Tempête de glace		
Orages		
Incendie		
Accidents hydrauliques		
Avalanche		
Torrents		
Raz de marré		
Animaux		
Risques industriels	Périmètres SEVECO (pollution, contamination, explosion et incendie)	
	ATEX (zone à atmosphère explosive)	
Risques socio-économiques	Vandalisme (indisponibilité, destruction totale ou partielle, perte/vol de données)	
	Sabotage	
	Terrorisme	
	Emeutes	
	Mouvements sociaux	
Guerre		
Risques technologiques	Zone aérienne (Proximité d'un aéroport)	
	Zone de champs électromagnétique CEM (Radio, opérateurs mobiles, radars, bases militaires, antennes, ...)	
	Proximités des mines	
	Proximités d'une ligne TGV (train à grande vitesse)	
Proximités d'une ligne haute tension (HT), Fret ferroviaire		
Environnement économique	Stabilité économique et financière	
	Ethique des affaires et de la bureaucratie, l'aspect stratégique du pays	
	Aides financières ou exonérations à l'installation	
	Qualité du support des agences locales pour l'implantation	
Proximité des établissements de haute technologie, des industries créatives, ...		
Voisinage / Environnement immédiat	Opportunités de voisinage (récupération de la chaleur dégagée, ...)	
	Contraintes de voisinages (bruit, vibrations, rayonnement)	

(Source : Auteur, 2019)

Tableau 35 : Grille des critères de localisation des datacenters (Suite)

Caractéristiques des territoires (site d'implantation)	Préoccupations et contraintes de l'environnement	Classification du site
		Site protégé
		Site classé
		Site de sécurité renforcé / secret défense
		Impact environnemental
		Réduire l'impact environnemental des datacenters (Chaleur dégagée) par une installation sous-marine
		Implantation sous terraine (carrières absorbants la chaleur dégagée)
		Préoccupation législative environnementale : eaux usées, déchets, ...
Caractéristiques des établissements (datacenter)	Caractéristiques des datacenters	Taille de l'établissement
		Besoins surfaciques
		Besoins en main d'œuvre (personnel)
		Aire de marché
		Nature de l'opération de localisation
		Création d'un nouvel établissement (souvent lié au domicile de l'entrepreneur / l'entreprise)
		Extension d'une entreprise existante (Foncier, immobilier, accessibilité, clientèle, personnel, sous-traitants, ...)
		Transfert total ou partiel de l'activité (Foncier, immobilier, accessibilité, clientèle, personnel, sous-traitants, ...)
		Types d'entreprise
		Firmes multinationales ou sociétés internationales de grandes envergures (problèmes très sensibles avec les autorités nationales)
		Firmes étrangères de pays limitrophes de taille plus restreinte (installation près des frontières : garder le déplacement entre les différentes unités et la maison mère, ...)
		Sociétés nationales (création : marché, extension ou transfert : main d'œuvre)
		Sociétés régionales ou locales (sensibles aux aspects et avantages du site)
		La fonction de l'établissement
		Site primaire pour la production
		Site de secours (backup à chaud)
		Site éloigné hors région (backup à froid)
		Configuration des bâtiments
		Réutilisation des bâtiments disponibles récents en bon état
		Installation sur des bâtiments industriels qui ont la même configuration d'un datacenter (Intégration des systèmes de ventilation naturelle pour faire évacuer la chaleur dégagée par les machines – serveurs)
		Installation sur des bâtiments industriels qui répondent aux exigences des DC en termes de charge et hauteur de plafond
		Conception architecturale
		Construction verticale qui optimise la surface au sol
		Construction qui répond aux difficultés l'implantation en milieu urbain
Construction à base de centaines, capsules (Rapidité de mise en service)		
Éléments organisationnels		
Délais de réalisation (volonté de réalisation rapide, ...)		

(Source : Auteur, 2019)

4.2 ETAT des lieux DES DATACENTERS EN Algérie et à Alger

4.2.1 Stratégies du Projet Alger smart city

Alger Smart City est un projet lancé en Avril 2017, géré par la Wilaya d'Alger. Le projet ne possède pas des lois mais plutôt des actions au fur et à mesure qui le font évoluer dans plusieurs domaines (application comme YASIR, l'installation d'un datacenter qui héberge les données et permet de faire rentrer de l'argent à travers la consultation des informations de la part des entreprises étrangères). Le projet concerne les 57 communes de la Wilaya d'Alger, mais il existe des sites prioritaires.

C'est un appel à collaboration de tous les acteurs de la chaîne de valeur Smart City et qui est constitué de : Start-ups, laboratoire R&D, fournisseurs de solution, vendeurs, universités, cabinets conseils, cabinets d'avocats...etc. La collaboration de l'ensemble des acteurs constitue le principal succès du projet.

Ce projet est né dans un contexte particulier qui a favorisé son apparition, il est caractérisé par les événements suivants :

- Surpeuplements des villes algériennes de littoral ;
- Décennie noire ;
- La course aux smart cities au Maghreb (Casablanca au Maroc, et Bizerte en Tunisie) ;
- La difficulté dans la maîtrise dû à la pression démographique ;
- Crise du pétrole ce qui nécessite une diversification de l'économie (autres secteurs) (Oxford business group, 2018).

En outre, le projet d'Alger smart city met une stratégie qui donne la priorité au domaine de transport, eau et énergie pour l'intégration de l'Internet des objets, la technologie du cloud et l'innovation. Outre les domaines prioritaires, cette stratégie vise prioritairement à :

- Optimiser la gestion de la ville afin d'améliorer la qualité de vie et de services de ses citoyens, et d'assurer ainsi la durabilité et l'efficacité de la ville, la viabilité et l'innovation ;
- Rééquilibrage territorial en transférant la population au sud ;
- Se focaliser sur le développement du domaine du TIC (l'augmentation du taux de pénétration de l'internet) et le partage des données entre les différents départements de la ville et des citoyens ;

- La création d'un HUB technologique au niveau de la Wilaya d'Alger, afin de mettre Alger comme une ville visible et touristique tout en améliorant son image ;
- Rehausser l'image du pays et développer son économie en attirant les investisseurs (un projet a un but économique (Oxford business group, 2018).

En effet, cette stratégie repose sur quatre principes primordiaux et qui sont : une implication des Start-ups dans le processus, une comparaison avec les villes intelligentes ailleurs dans le monde, la collaboration avec les leaders technologiques et la mobilisation des talents locaux (Oxford business group, 2018).

D'abord, en ce qui concerne les start-ups et les entreprises innovantes, il s'agit d'un encouragement afin de concevoir des solutions pour une ville intelligente et de créer un environnement d'innovation (Oxford business group, 2018). De plus, la comparaison avec les villes intelligentes consiste à assurer des partenariats et des échanges avec ces villes afin d'en tirer des apprentissages et les adapter dans notre contexte (Oxford business group, 2018). Par rapport à l'implication des leaders technologiques comme Facebook, Apple, Microsoft, Google est effectué afin de lutter contre le défi IDC à Alger (Oxford business group, 2018). Et dernièrement, la mobilisation des talents nationaux qui possèdent des compétences et de la qualité afin de contribuer dans le développement. L'implication des start-ups a un double effet à travers la mobilisation des talents locaux dans le domaine d'innovation tout en développant l'écosystème des start-ups (Oxford business group, 2018).

D'autre part, le projet d'Alger smart city tient compte de difficultés qui s'opposent à la construction de la ville intelligente et qui sont : l'isolement des technologies, la dépendance dans le transfert technologique depuis les pôles mondiaux vers les initiatives locales (limité) et la confiance qui manque dans les start-ups et les entreprises pour l'élaboration et aux développements de différentes solutions, c'est ce qu'on appelle le défi IDC (Oxford business group, 2018). De plus, il existe un autre défi dont les responsables du projets Alger smart city font face et qui est le « cascading technology trap » qui signifie l'évolution rapide de la technologie est plus rapide que les prises de décisions et qui fait dépasser les autorités. En revanche, le financement n'est pas considéré comme un obstacle (Oxford business group, 2018).

Aujourd'hui, le projet d'Alger smart city a connu quelques initiatives qui participent à son développement, à savoir :

- L'organisation d'une compétition des start-ups avant le sommet Alger smart city de 2018, la sélection s'est faite sur les critères de qualité, le management et le potentiel pour le développement de partenariats avec des multinationales ;
- Le laboratoire expérimental et le HUB d'innovation technologique d'Alger ;
- Digitalisation de l'entreprise algérienne afin de participer activement à l'évolution de la société, et l'ouverture de l'accès aux données en temps réel ;
- Le recours vers un nouveau modèle de ville comme le cas de Boughezoul (les nouveaux pôles urbains) ;
- Le plan d'action soumis par le gouvernement qui prévoit la modernisation de l'administration publique (le self-service, e-administration...etc.) ;
- Plusieurs séminaires et colloques ont été organisés depuis 2015 autour du concept de ville intelligente et tous ces constituants (Oxford business group, 2018).

4.2.2 Hébergement des données numériques en Algérie

Pour pouvoir connaître l'état de l'hébergement numérique en Algérie, et surtout celui des datacenters, nous avons fait des entretiens semi-directifs aux personnes spécialistes et chercheurs dans le domaine des datacenters. Cela nous a permis d'avoir plusieurs réponses sur les principaux points qui suivent :

- L'hébergement des données numériques algériennes à l'étranger ;
- Réparation des datacenters en Algérie et à Alger ;
- Les critères de localisation des datacenters algériens ;

D'abord, les données de nos entreprises algériennes sont hébergées hors le territoire national, à cause de plusieurs raisons, tel que la qualité d'hébergement étranger, comme :

- Fiabilité et confidentialité d'hébergement ;
- Meilleure qualité de service (Haute disponibilité, meilleure connectivité, offres plus diversifiées et compétitives, support clients performant, ...) ;
- La stabilité de la connexion internet et la redondance dans les équipements et des solutions soft ;
- Les normes des datacenters ;
- Sécurité des données et expertise technique de l'hébergeur ;
- Disposition des technologies avancées par rapport à l'Algérie
- Contraintes juridiques.

En revanche, l'hébergement des données numériques en Algérie est présent d'une façon très timide, les entreprises DZ hébergent leurs données soit dans leur locaux « petites salles machine », soit à l'étranger vu que le marché algérien n'offre pas un vrai service d'hébergement. Cela revient à :

- Manque des réglementations de sécurité des données ;
- Médiocrité de la bande passante et le prix très élevé de la connexion ;
- Les entreprises algériennes négligent l'existence des datacenters en Algérie ;
- Il n'existe pas de datacenter au norme (Uptime institut) en Algérie. Aussi par manque de confiance (pas de contrat SLA, tolérance aux pannes) ;
- L'état n'encourage pas ce créneau d'hébergement des données ;
- Pas de data centres en Algérie, mauvais service chez les hébergeurs Existants.

4.2.3 Les datacenters à Alger

Aux normes internationales il n'y en a pas de datacenter en Algérie, si on exclue ceux des banques étrangères et de quelques multinationales installées en Algérie. De plus le nombre des pseudo datacenters existant en Algérie reste difficile à déterminer ou à estimer, vu que leur localisation est très confidentielle.

La plus grande partie des datacenters (pseudo datacenter) sont ceux des administrations publiques et entreprises publiques, les grandes sociétés privées : ministères, opérateur mobiles et télécom, les banques, les entreprise pétrolière et les fournisseurs de service Cloud. Les datacenters en Algérie sont principalement (à 80 %) situé à Alger. En revanche, il y'a quelque infrastructure implantée dans les villes internes ou de sud (Sétif, Msila, Laghouat, Bouira, ...) dont on pense qu'il s'agit des datacenters répondant aux besoins de PRA.

Parmi les datacenters qu'on a pu identifier actuellement à Alger, on cite : AT (Algérie Telecom) à Benaknoun, Icosnet, Cerist, ISSAL (Oran), Sidi Abdallah, EBS, Ooredoo, Mobilis, Elite, CDTA, Seaal, ... D'autre part, il y'a un programme de réalisation de deux datacenters à Lakhdaria, un autre programme pour le groupe pharmaceutique à Sidi Abdallah, un datacenter à Hassi Messaoud avec 80% de l'énergies solaire d'ici 2022, mais ça reste minime en termes de développement de ce secteur à cause de la crise que connait le pays.

4.3 Application de la grille des critères de localisation des datacenters

Notre grille des critères de localisation des datacenters sera être appliquée sur deux cas différents, notamment :

- Evaluer la localisation d'un datacenter existant, celui d'El Djazair innovation technology (ELIT) du groupe Sonelgaz à Gué de Constantine (Alger) afin de faire ressortir ses potentialités et prévoir les risques externes que représente le site ;
- Choisir le site d'implantation pour un projet de datacenter nouveau, celui de l'entreprise d'appui au développement numérique (EADN) à Lakhdaria (Bouira) : elle permet de mieux comprendre le site, ses potentialités et risques, afin de les prendre en compte dès le début.

4.3.1 Application pratique de notre grille pour l'évaluation du site de localisation d'un datacenter existant (Datacenter d'ELIT à Gué de Constantine, Alger)

ELIT (El Djazair Innovation technology) est une filiale du groupe Sonelgaz, elle a lancé l'activité en janvier 2009, elle se trouve au niveau de la route nationale n°38, Bp 818 Kouba, Gué de Constantine, Alger, 16260 (Fig.54).

Cette société (ELIT) a une salle machine (datacenter) sur un étage, avec une capacité de 250 KW.



Figure 54 : Situation géographique du datacenter d'ELIT à Gué de Constantine
(Source : Auteur 2019 depuis Google Earth, 2019)

Le tableau ci-après (Tab.36) est une application pratique de notre grille pour l'évaluation de site de localisation du datacenter d'ELIT à Gué de Constantine, afin de pouvoir comprendre le site (ses potentialités) et minimiser les risques externes.




Tableau 36 : Application pratique de notre grille pour l'évaluation du site de localisation du datacenter d'ELIT à Gué de Constantine, Alger)







Domaine	Critères	Indicateurs	Notation	Observations
Caractéristiques des territoires (site d'implantation)	Ressources énergétiques	Disponibilité des ressources énergétiques		
		Disponibilité et proximité des points de livraison d'électricité		Deux arrivées électriques
		Disponibilité de la puissance électrique nécessaire		/
		Sécurité, qualité et fiabilités des approvisionnement		/
		Intervention rapide pour le raccordement électrique		/
		Possibilité de redondance : des raccordements distincts		Deux raccordements différents
		Historique des pratiques locales		/
		Pratiques contractuelles		/
		Coûts de raccordements		/
		Nature de la production d'Énergie locale : renouvelable, charbon, fuel, nucléaire, ...	Gaz	/
		Disponibilité des ressources énergétiques pour la production ou de secours		Station à proximité
		Proximité des centrales nucléaires, barrage hydroélectriques		/
		Prix d'électricité		/
		Possibilité d'un raccordement privatif et prioritaire		/
		Ressources énergétiques renouvelables		
		Existence de fournisseurs d'énergie renouvelables		/
		Potentiel d'utilisation d'énergie renouvelable : géothermique, éolienne, solaire, ...		/
	Installation portuaire (potentiel d'utilisation d'énergie marine)		/	
	Connectivité	Présence locale optimale et proximité des opérateurs télécom		Câble de fibre optique dédié
		Fiabilité et disponibilité des accès réseau à très haut débit		Deux arrivées de 50 M
		Qualité des connexions, stabilité et vitesse des débits, faible latence, etc.		/
		Diversité des offres technologiques pratiques		Un seul fournisseur AT
		Cadre réglementaire		/
		Existence d'une concurrence viable		Un seul fournisseur AT
		Délais d'accès pour les utilisateurs existants et à venir		/
		Relation contractuelle avec le ou les fournisseurs		/
		Coûts de raccordements		/
		Existence d'une bande passante suffisante		/
		Proximité d'un point d'échange Internet (GIX, NAP)		/
		Proximité avec les nœuds et les boucles de fibre optique d'interconnexion au réseau internet international		/
		Possibilité de redondance : des adductions internet distinctes		Un seul fournisseur AT
		Proximité des utilisateurs		/
	Conditions météorologiques	Ensoleillement / Exposition		Exposition cotée Est
		Température et hygrométrie moyenne annuelle		Zone humide
		Potentiel de refroidissement de type free ou water cooling		/
		Implantation en bordures des cours d'eau : canal d'eau, fleuve, mer, océan, ...		/
		Stabilité thermique de site (caves souterraines, ...)		/
	Foncier	Cout de terrain		Leur propriété
		Disponibilité du foncier constructible et pas cher		Leur propriété
		Utilisation des carrières souterraines abandonnés		/
		Implantation sur des sites anciens industriels		/
		Zones portuaires et aéroportuaires		/
	Accessibilité	Facilité d'accès et proximité de nœuds de desserte surtout pour les ingénieurs envoyés par les clients		A proximité de l'aéroport HB
Facilité d'accès à partir d'autres site de l'entreprise			/	
Disposition des moyens de transports (personnel, ingénieurs des clients, ...)			/	
Qualité des infrastructures locales (routes, voies ferrées, ...)			/	
Facilité d'accès pour la livraison par poids lourds (voirie large et adapté, quai, aire de retournement,)			/	
Facilité d'accès aux services de secours et évacuation efficace en cas d'urgence			/	
Possibilité de raccordement aux réseaux de protection incendie			/	
Eloignement de toute infrastructure recevant un public important afin d'éviter le blocage de la circulation			Zone un peu encombrée	
Sécurité	Proximité des mainteneurs d'équipements		/	
	Discrétion du site (installation sous-terrain, sous-marine, ...)		/	
	Atouts sécurité		Agents de sécurité dans la zone	
	Proximité des services publics (pompiers, policiers, hôpital, ...)		/	
	Implantation sur des anciens sites à haute sécurité		/	
Marché d'investissement	Maintenance			
	Installation sous-marine (maintenance contre la corrosion : inexistence d'oxygène)		/	
	Accès au personnel qualifié			
	Importance du bassin d'emploi local		/	
	Existence de personnels qualifiés en informatique, d'ingénieurs		/	
	Présence de jeunes diplômés		/	
	Disponibilité de personnel qualifié, réputé et avec un cout abordable		/	
	Existence de formations appropriées et de bon niveau		/	
	Absence de goulots d'étranglement en termes de recrutement		/	
	Accès au clients			
	Existence d'autres centres informatiques dans la zone visée		/	
	Niveau de support offert par les fournisseurs clés doit être compatible avec les objectifs fixés en termes de qualité et réactivité		/	
	Présence de partenaires locaux de ces fournisseurs		/	
	Présence sur place ou à proximité, de stock de pièces, de machines de rechange et de personnel d'intervention		/	
	Mobilité géographique des investissements		/	
	Importance de bassin potentiel de clients auquel l'infrastructure peut fournir des services		/	
	Taux de bassin potentiel de clients auquel l'infrastructure peut l'atteindre		/	







Tableau 36 : Application pratique de notre grille pour l'évaluation du site de localisation du datacenter d'ELIT à Gué de Constantine, Alger) (Suite)

Caractéristiques des territoires (site d'implantation)	Marché d'investissement	Eventuelles évolutions des besoins des clients		/	
		Proximité des frontières pour répondre aux besoins des marchés étrangers		Frontière maritime	
		Proximité des startups, grandes entreprises, incubateurs, écoles, instituts et centre de recherche dans le domaine high-tech, ...		/	
		Situation complémentaire avec un autre datacenter pour répondre aux besoins des clients en termes de RPA		/	
		Implantation dans des zones qui n'ont pas le même type d'infrastructure (datacenter)		/	
		Occupants			
		Volontarisme de développement économique de site		/	
		Volonté des collectivités locales d'accueillir des activités à forte valeur ajoutée high-tech		/	
		Récupération de la chaleur dégagée pour chauffer les bâtiments publics		/	
		Environnement politique	Politique d'hébergement des données		
	Divers accords entre pays ou l'existence d'une réglementation supranationale respectée			/	
	Cadres légaux réglementaires, les politiques d'aménagement de territoires et de l'urbanisme, les plans des circulations et de parcage, ...			Voir le chapitre 2	
	Normes en vigueur dans le pays			Voir le chapitre 2	
	Capacité à poursuivre et faire valoir ses droits			/	
	Stabilité de régime en place			/	
	Nature de régime			/	
	Législations locales			Législation pauvre	
	Position relative du pays vis-à-vis des marchés ou des réseaux de transports			/	
	Interventions des pouvoirs publics : responsables régionaux et locaux			/	
	Politique de sécurité des données				
	Législation encadrant la collecte, l'usage et la conservation des données				
	Législation concernant les diverses déclarations à faire et les autorités qui les enregistrent				
	Législation encadrant l'utilisation d'outils tels que la cryptographie, d'authentification et d'identification				
	Risques naturels	Désordres géologiques			
		Séisme		Construction parasismique	
		Volcan		/	
		Tsunamis		/	
		Effondrement		/	
		Glissement de terrain		/	
		Désordres climatiques			
		Inondation		/	
		Cyclone		/	
		Foudre		Zone a foudre	
		Tornade		/	
		Sécheresse		/	
		Tempête de glace		/	
		Orages		/	
		Incendie		Raffinerie Sidi Rezine à proximité	
		Accidents hydrauliques			
		Avalanche		/	
		Torrents		/	
		Raz de marré		/	
Animaux					
Risques industriels		Périmètres SEVECO (pollution, contamination, explosion et incendie)		Raffinerie Sidi Rezine à proximité	
		ATEX (zone à atmosphère explosive)		/	
Risques socio-économiques	Vandalisme (indisponibilité, destruction totale ou partielle, perte/vol de données)		/		
	Sabotage		/		
	Terrorisme		/		
	Emeutes		/		
	Mouvements sociaux		/		
	Guerre		/		
Risques technologiques	Zone aérienne (Proximité d'un aéroport)		Proximité de l'aéroport HB		
	Zone de champs électromagnétique CEM		/		
	Proximités des mines		/		
	Proximités d'une ligne TGV (train à grande vitesse)		/		
	Proximités d'une ligne haute tension (HT), Fret ferroviaire		/		
Environnement économique	Stabilité économique et financière		/		
	Ethique des affaires et de la bureaucratie, l'aspect stratégique du pays		/		
	Aides financières ou exonérations à l'installation		/		
	Qualité du support des agences locales pour l'implantation		/		
	Proximité des établissements de haute technologie, des industries créatives, ...		/		
Voisinage / Environnement immédiat	Opportunités de voisinage (récupération de la chaleur dégagée, ...)		/		
	Contraintes de voisinages (bruit, vibrations, rayonnement)		/		
Préoccupations et contraintes de l'environnement	Classification du site				
	Site protégé		/		
	Site classé		/		
	Site de sécurité renforcé / secret défense		/		
	Impact environnemental				
	Réduire l'impact environnemental des datacenters (Chaleur dégagée) par une installation sous-marine		/		
	Implantation sous terraine (carrières absorbants la chaleur dégagée)		/		
Préoccupation législative environnementale : eaux usées, déchets, ...		/			

Tableau 36 : Application pratique de notre grille pour l'évaluation du site de localisation du datacenter d'ELIT à Gué de Constantine, Alger) (Suite)

Caractéristiques des établissements (datacenter)	Caractéristiques des datacenters	Taille de l'établissement		
		Besoins surfaciques		Disponibilité de la surface
		Besoins en main d'œuvre (personnel)		/
		Aire de marché		/
		Nature de l'opération de localisation		
		Création d'un nouvel établissement		/
		Extension d'une entreprise existante		/
		Transfert total ou partiel de l'activité		/
		Types d'entreprise		
		Firmes multinationales ou sociétés internationales de grandes envergures		/
		Firmes étrangères de pays limitrophes de taille plus restreinte		/
		Sociétés nationales	///	/
		Sociétés régionales ou locales		/
		La fonction de l'établissement		
		Site primaire pour la production	///	/
		Site de secours (backup à chaud)		/
		Site éloigné hors région (backup à froid)		/
		Configuration des bâtiments		
		Réutilisation des bâtiments disponibles récents en bon état		/
		Installation sur des bâtiments industriels		/
		Installation sur des bâtiments industriels qui répondent aux exigences des DC en termes de charge et hauteur de plafond		/
		Conception architecturale		
		Construction verticale qui optimise la surface au sol		/
		Construction qui répond aux difficultés l'implantation en milieu urbain		/
		Construction à base de centaines, capsules (Rapidité de mise en service)		/
		Eléments organisationnels		
		Délais de réalisation (volonté de réalisation rapide, ...)		/

0		Absence d'opportunité
1		Très faible
2		Faible
3		Moyen
4		Fort
5		Très fort

0		Absence du risque
1		Très faible
2		Faible
3		Moyen
4		Fort
5		Critique

4.3.1 Application pratique de notre grille pour le choix de site d'implantation d'un projet de datacenter (datacenter d'EADN à Lakhdaria, Bouira)

EADN (Entreprise d'appui au développement numérique) est un catalyseur pour l'écosystème des TIC et du numérique en Algérie, dans l'optique de mutualiser la ressource humaine, les infrastructures et les plateformes informatiques des administrations et organismes publics pour offrir un service public de qualité aux citoyens.

Il s'agit de deux datacenters similaires, connectés par une liaison fibre optique de 10 Gbps, situés dans un rayon de moins de 100 Km autour d'Alger. Le datacenter de Lakhdaria a une surface totale de 1200 m² dont 500 m² net pour la zone propre qui pourra accueillir environ 200 racks avec une capacité totale de 1,2MW. Le projet vise à avoir une certification de Tier III par l'organisme Uptime Institut (EADN, 2018).

Ce datacenter est situé dans un site très sécurisé, il se trouve dans la station spatiale (Fig.55)



Figure 55 : Situation géographique du datacenter d'EADN dans la station spatiale de Lakhdaria

(Source : Auteur 2019 depuis Google Earth, 2019)




Tableau 37 : Application pratique de notre grille pour le choix de site d'implantation du datacenter d'EADN à Lakhdaria, Bouira






Domaine	Critères	Indicateurs	Notation	Observations
Caractéristiques des territoires (site d'implantation)	Ressources énergétiques	Disponibilité des ressources énergétiques		
		Disponibilité et proximité des points de livraison d'électricité		Station électrique à coté
		Disponibilité de la puissance électrique nécessaire		Station électrique à coté
		Sécurité, qualité et fiabilités des approvisionnement		/
		Intervention rapide pour le raccordement électrique		Site isolé
		Possibilité de redondance : des raccordements distincts		/
		Historique des pratiques locales		Bonne qualité
		Pratiques contractuelles		/
		Coûts de raccordements		/
		Nature de la production d'Énergie locale : renouvelable, charbon, fuel, nucléaire, ...	Gaz	/
		Disponibilité des ressources énergétiques pour la production ou de secours		Station à proximité
		Proximité des centrales nucléaires, barrage hydroélectriques		/
		Prix d'électricité		/
		Possibilité d'un raccordement privatif et prioritaire		/
		Ressources énergétiques renouvelables		
		Existence de fournisseurs d'énergie renouvelables		/
		Potentiel d'utilisation d'énergie renouvelable : géothermique, éolienne, solaire, ...	solaire	/
	Installation portuaire (potentiel d'utilisation d'énergie marine)		/	
	Connectivité	Présence locale optimale et proximité des opérateurs télécom		Fibre optique et satellitaire
		Fiabilité et disponibilité des accès réseau à très haut débit		Très haut débit
		Qualité des connexions, stabilité et vitesse des débits, faible latence, etc.		Très haut débit
		Diversité des offres technologiques pratiques		Fibre optique et station spatiale
		Cadre réglementaire		/
		Existence d'une concurrence viable		Un seul fournisseur AT
		Délais d'accès pour les utilisateurs existants et à venir		/
		Relation contractuelle avec le ou les fournisseurs		/
		Coûts de raccordements		/
		Existence d'une bande passante suffisante		/
		Proximité d'un point d'échange Internet (GIX, NAP)		/
		Proximité avec les nœuds et les boucles de fibre optique d'interconnexion au réseau internet international		Station spatiale
		Possibilité de redondance : des adductions internet distinctes		/
		Proximité des utilisateurs		/
	Conditions météorologiques	Ensoleillement / Exposition		Potentiel pour l'énergie solaire
		Température et hygrométrie moyenne annuelle		Zone relativement froide propice pour le free cooling
		Potentiel de refroidissement de type free ou water cooling		Free cooling
		Implantation en bordures des cours d'eau : canal d'eau, fleuve, mer, océan, ...		/
		Stabilité thermique de site (caves souterraines, ...)		/
	Foncier	Cout de terrain		Leur propriété
		Disponibilité du foncier constructible et pas cher		Leur propriété
		Utilisation des carrières souterraines abandonnés		/
		Implantation sur des sites anciens industriels		/
		Zones portuaires et aéroportuaires		/
	Accessibilité	Facilité d'accès et proximité de nœuds de desserte surtout pour les ingénieurs envoyés par les clients		A 5min d'autoroute Est-Ouest
		Facilité d'accès à partir d'autres site de l'entreprise		/
		Disposition des moyens de transports (personnel, ingénieurs des clients, ...)		/
		Qualité des infrastructures locales (routes, voies ferrées, ...)		/
		Facilité d'accès pour la livraison par poids lourds (voirie large et adapté, quai, aire de retournement,)		/
		Facilité d'accès aux services de secours et évacuation efficace en cas d'urgence		/
		Possibilité de raccordement aux réseaux de protection incendie		/
		Eloignement de toute infrastructure recevant un public important afin d'éviter le blocage de la circulation		/
Sécurité	Proximité des mainteneurs d'équipements		A 1h de route depuis Alger	
	Discrétion du site (installation sous-terrain, sous-marine, ...)		/	
	Atouts sécurité		Agents de sécurité dans la zone	
	Proximité des services publics (pompiers, policiers, hôpital, ...)		/	
	Implantation sur des anciens sites à haute sécurité		/	
Marché d'investissement	Maintenance			
	Installation sous-marine (maintenance contre la corrosion : inexistence d'oxygène)		/	
	Accès au personnel qualifié			
	Importance du bassin d'emploi local		/	
	Existence de personnels qualifiés en informatique, d'ingénieurs		/	
	Présence de jeunes diplômés		/	
	Disponibilité de personnel qualifié, réputé et avec un cout abordable		/	
	Existence de formations appropriées et de bon niveau		/	
	Absence de goulots d'étranglement en termes de recrutement		/	
	Accès au clients			
	Existence d'autres centres informatiques dans la zone visée		/	
	Niveau de support offert par les fournisseurs clés doit être compatible avec les objectifs fixés en termes de qualité et réactivité		/	
	Présence de partenaires locaux de ces fournisseurs		/	
	Présence sur place ou à proximité, de stock de pièces, de machines de rechange et de personnel d'intervention		/	
	Mobilité géographique des investissements		/	
Importance de bassin potentiel de clients auquel l'infrastructure peut fournir des services		/		






Tableau 37 : Application pratique de notre grille pour le choix de site d'implantation du datacenter d'EADN à Lakhdaria, Bouira (Suite)

Caractéristiques des territoires (site d'implantation)	Marché d'investissement	Taux de bassin potentiel de clients auquel l'infrastructure peut l'atteindre		/	
		Eventuelles évolutions des besoins des clients		/	
		Proximité des frontières pour répondre aux besoins des marchés étrangers		Frontière maritime	
		Proximité des startups, grandes entreprises, incubateurs, écoles, instituts et centre de recherche dans le domaine high-tech, ...		/	
		Situation complémentaire avec d'autre datacenter pour répondre aux besoins des clients en termes de RPA		/	
		Implantation dans des zones qui n'ont pas le même type d'infrastructure (datacenter)		/	
		Occupants			
		Volontarisme de développement économique de site		/	
		Volonté des collectivités locales d'accueillir des activités à forte valeur ajoutée high-tech		/	
		Récupération de la chaleur dégagée pour chauffer les bâtiments publics		/	
	Environnement politique	Politique d'hébergement des données			
		Divers accords entre pays ou l'existence d'une réglementation supranationale respectée		/	
		Cadres légaux règlementaires, les politiques d'aménagement de territoires et de l'urbanisme, les plans des circulations et de parcage, ...		Voir le chapitre 2	
		Normes en vigueur dans le pays		Voir le chapitre 2	
		Capacité à poursuivre et faire valoir ses droits		/	
		Stabilité de régime en place		/	
		Nature de régime		/	
		Législations locales		Législation pauvre	
		Position relative du pays vis-à-vis des marchés ou des réseaux de transports		/	
		Interventions des pouvoirs publics : responsables régionaux et locaux		/	
		Politique de sécurité des données			
		Législation encadrant la collecte, l'usage et la conservation des données			
		Législation concernant les diverses déclarations à faire et les autorités qui les enregistrent			
		Législation encadrant l'utilisation d'outils tels que la cryptographie, d'authentification et d'identification			
	Risques naturels	Désordres géologiques			
		Séisme		Zone sismique 2	
		Volcan		/	
		Tsunamis		/	
		Effondrement		/	
		Glissement de terrain		Situation dans une cuvette	
		Désordres climatiques			
		Inondation		Surélévation / Faux plancher	
		Cyclone		/	
		Foudre		Structure métallique haute à proximité	
		Tornade		/	
		Sécheresse		/	
		Tempête de glace		/	
		Orages		/	
		Incendie		/	
		Accidents hydrauliques			
		Avalanche		/	
		Torrents		/	
		Raz de marré		/	
		Animaux			
		Risques industriels	Périmètres SEVECO (pollution, contamination, explosion et incendie)		/
ATEX (zone à atmosphère explosive)				/	
Risques socio-économiques	Vandalisme (indisponibilité, destruction totale ou partielle, perte/vol de données)		/		
	Sabotage		/		
	Terrorisme		/		
	Emeutes		/		
	Mouvements sociaux		/		
	Guerre		/		
Risques technologiques	Zone aérienne (Proximité d'un aéroport)		/		
	Zone de champs électromagnétique CEM		Station spatiale		
	Proximités des mines		/		
	Proximités d'une ligne TGV (train à grande vitesse)		/		
	Proximités d'une ligne haute tension (HT), Fret ferroviaire		/		
Environnement économique	Stabilité économique et financière		/		
	Ethique des affaires et de la bureaucratie, l'aspect stratégique du pays		/		
	Aides financières ou exonérations à l'installation		/		
	Qualité du support des agences locales pour l'implantation		/		
	Proximité des établissements de haute technologie, des industries créatives, ...		/		
Voisinage / Environnement immédiat	Opportunités de voisinage (récupération de la chaleur dégagée, ...)		/		
	Contraintes de voisinages (bruit, vibrations, rayonnement)		/		
Préoccupations les contraintes de l'environnement	Classification du site				
	Site protégé		/		
	Site classé		/		
	Site de sécurité renforcé / secret défense		/		
	Impact environnemental				
	Réduire l'impact environnemental des datacenters (Chaleur dégagée) par une installation sous-marine		/		
	Implantation sous terraine (carrières absorbants la chaleur dégagée)		/		
	Préoccupation législative environnementale : eaux usées, déchets, ...		/		

Tableau 37 : Application pratique de notre grille pour le choix de site d'implantation du datacenter d'EADN à Lakhdaria, Bouira (Suite)

Caractéristiques des établissements (datacenter)	Caractéristiques des datacenters	Taille de l'établissement		
		Besoins surfaciques		Disponibilité de la surface
		Besoins en main d'œuvre (personnel)		/
		Aire de marché		/
		Nature de l'opération de localisation		
		Création d'un nouvel établissement	///	/
		Extension d'une entreprise existante		/
		Transfert total ou partiel de l'activité		/
		Types d'entreprise		
		Firmes multinationales ou sociétés internationales de grandes envergures		/
		Firmes étrangères de pays limitrophes de taille plus restreinte		/
		Sociétés nationales	///	/
		Sociétés régionales ou locales		/
		La fonction de l'établissement		
		Site primaire pour la production	///	/
		Site de secours (backup à chaud)	///	/
		Site éloigné hors région (backup à froid)		/
		Configuration des bâtiments		
		Réutilisation des bâtiments disponibles récents en bon état		/
		Installation sur des bâtiments industriels		/
		Installation sur des bâtiments industriels qui répondent aux exigences des DC en termes de charge et hauteur de plafond		/
		Conception architecturale		
		Construction verticale qui optimise la surface au sol		/
		Construction qui répond aux difficultés l'implantation en milieu urbain		/
		Construction à base de centaines, capsules (Rapidité de mise en service)		/
		Eléments organisationnels		
	Délais de réalisation (volonté de réalisation rapide, ...)		/	

0		Absence d'opportunité
1		Très faible
2		Faible
3		Moyen
4		Fort
5		Très fort

0		Absence du risque
1		Très faible
2		Faible
3		Moyen
4		Fort
5		Critique

4.3.1 Discussion des résultats

L'application de la grille des critères de localisation des datacenters sur les deux cas algériens (datacenter d'ELIT à Gué de Constantine, Alger et le datacenter d'EADN à Lakhdaria, Bouira) nous a permis de comprendre la logique d'aménagement des datacenters et la pratique algérienne dans ce domaine.

D'abord, nous avons constaté que le choix de site d'implantation d'un datacenter était un des sites propriétaires du maître d'ouvrage, ils installent leur infrastructure là où ils ont le foncier. Dans le cas d'ELIT, le datacenter est une salle équipée de serveurs aménagée dans une partie dans le siège social de l'entreprise. Au contraire, les datacenters étrangers analysés sont des bâtiments dédiés qu'à l'hébergement et le traitement des données, tel que : le datacenter GRA d'OVH à Gravelines, le datacenter Saclay de DATA4 à Marcoussis, le datacenter PA4 d'Equinix à Pantin, le datacenter Normandie d'Orange à Val-de-Reuil, etc.

D'autre part, à l'opposé du datacenter d'ELIT de Gué de Constantine, le datacenter d'EADN à Lakhdaria est constitué d'un hangar pour la seule activité d'hébergement des données numériques. Outre la configuration du bâtiment d'hébergement, le choix de site d'implantation des datacenters étrangers ne se limite pas aux sites du propriétaire, ils cherchent la localisation judicieuse pour le bon fonctionnement de leur projet.

Ensuite, l'application pratique de la grille sur le contexte algérien nous a justifié l'impossibilité d'avoir des datacenters de type Tier IV sur le territoire Algérie à cause de deux critères majeurs suivants :

- L'existence d'un seul fournisseur d'électricité, qui est Sonelgaz, et donc on ne pourra pas avoir deux raccordements de deux fournisseurs différents, ce qui diminue la redondance du datacenter ;
- L'existence d'un seul fournisseur de connectivité, à savoir Algérie Telecom. Cette monopolisation de la connectivité limite encore la redondance du datacenter d'avoir deux raccordement de deux opérateurs différents.

La monopolisation de l'électricité et de la connectivité augmente aussi le risque de défaillance du datacenter en cas de panne de ces fournisseurs (coupures, perturbations, ...), ce qui causera par la suite, l'arrêt de tous les sites et les applications des clients hébergés dans le datacenter.

En effet, ces datacenters minimisent le risque de coupure d'électricité par l'aménagement des équipements de production d'énergie électrique, notamment : les onduleurs, les batteries, les groupes électrogènes et les citernes de fuel.

L'application de la grille des critères de localisation des datacenters sur le datacenter d'ELIT nous a expliqué sa logique d'aménagement dans un bâtiment administratif d'une part, et les risques que représente le site de Gué de Constantine d'autre part, notamment :

- Les risques naturels (séisme, inondation, foudre et incendie) ;
- Les risques industriels dus à sa proximité de la raffinerie de sidi Rezine (risque d'explosion) ;
- Les risques technologiques (proximité de l'aéroport Houari Boumediene, proximité d'une ligne ferroviaire, proximité d'une ligne HT, ...) ;
- Les risques socio-économiques.

L'identification de ces risques nous permet par la suite de réfléchir à les éviter, les minimiser ou les cohabiter afin de minimiser leurs impacts.

En outre, l'application pratique de cette grille des critères de localisation des datacenters pour le choix des sites d'implantation du datacenter d'EADN nous a permis d'identifier les différentes potentialités d'une part, et ses inconvénients (risques) d'autre part, notamment :

D'abord, les avantages du site de Lakhdaria :

- Disponibilité d'une puissance électrique sur site très importante suffisante pour l'aménagement du datacenter et même leur future extension ;
- Disponibilité d'une redondance en termes de connectivité, grâce à la station spatiale de Lakhdaria à côté, qui assure l'interconnexion mondiale en cas de coupure de la connexion nationale ;
- Les conditions météorologiques propices pour l'intégration du système de refroidissement « free cooling » qui utilisent principalement l'air ambiant du site ;
- La sécurité importante du site, par sa situation dans une cuvette d'une part, et son aménagement dans le périmètre de la station spatiale qui présente déjà un certain degré de sécurité très élevé ;

- Le site de Lakhdaria présente un potentiel du foncier très important, grâce aux vastes terrains qui peuvent répondre aux futurs besoins d'extension de l'infrastructure ;
- L'accessibilité du site est facilitée par sa proximité de l'autoroute Est-Ouest (5 min de route).

Ensuite, les différents risques externes que présente le site :

- Les risques naturels (séisme, glissement du terrain, inondation foudre) ;
- Les risques technologiques (proximité de la station spatiale de Lakhdaria).

En effet, l'application de la grille des critères de localisation sur le datacenter d'EADN à Lakhdaria nous a permis de profiter des différents avantages que présente le site, à savoir l'intégration du système de free cooling grâce au climat de la zone, et de garantir les autres exigences pour le bon fonctionnement (énergie électriques, connectivité, sécurité, accessibilité, ...). Outre les avantages, des inconvénients ou plutôt des risques étaient à identifier (risques naturels et technologiques), ce qui nous mène par la suite à les prendre en considération dans la phase de conception du projet (construction parasismiques, surélévation de l'infrastructure, faux-planchers, installation des parafoudres, orientation du bâtiment, etc.).

Conclusion

Ce dernier chapitre nous a permis de tracer le récapitulatif de toute cette recherche, à savoir « La grille des critères de localisation des datacenters », une grille qui s'est définie à travers tous les critères tirés à partir des informations théoriques et analytiques des chapitres précédents.

De plus, malgré la confidentialité très importante du sujet, on a pu avoir des informations sur les datacenters en Algérie et à Alger par le biais de plusieurs techniques, notamment le questionnaire et les entretiens aux et avec des spécialistes dans ce domaine. Ces informations résument la présence timide de cette infrastructure dans tout le territoire national, d'ailleurs, elle n'est pas connue que par ces clients ou son personnel.

Au final, nous avons pu appliquer la grille des critères de localisation des datacenters sur deux cas totalement différents, ce qui nous a révélé l'importance de notre grille des critères de localisations et de son application en amont sur le choix de site d'implantation de cette nouvelle infrastructure urbaine (les datacenters) en Algérie.

Conclusion de la deuxième partie

La deuxième partie de ce mémoire nous a permis de mieux comprendre la thématique de localisation des datacenters, à travers l'analyse et le benchmark de plusieurs exemples de datacenter étrangers en premier lieu, et de construire et d'appliquer la grille des critères de localisation sur deux exemples algériens en deuxième lieu.

D'abord, l'analyse des exemples de datacenters étrangers nous a servi comme moyen de compréhension des résultats de la première partie de ce mémoire, à savoir les critères de localisation des datacenters à travers les données récoltées des sources théoriques. Cette lecture analytique de chaque datacenter nous a guidé à confirmer l'importance de choix de site d'implantation des datacenters d'un côté ; et de bien comprendre l'impact et le poids de chaque critère sur le bon fonctionnement de l'infrastructure et de son écosystème, dont lequel elle est inscrite.

Ensuite, nous avons pu consigner après l'analyse des différents résultats théoriques et ceux de l'analyse et de benchmark des exemples, d'une manière interactive afin de mieux choisir les critères pertinents qui ont constitué notre grille. Cette grille classe les critères de localisation des datacenters par degré d'importance, depuis les exigences énergétiques et de connectivités jusqu'aux caractéristiques de l'établissement implanté ou à implanter. Notre grille s'applique dans le choix de site d'implantation d'un projet de datacenter et dans l'évaluation de site de localisation d'un datacenter existant afin de minimiser les risques et les effets néfastes de l'infrastructure sur son environnement.

Enfin, l'état des lieux des datacenters en Algérie et à Alger spécifiquement nous a permis de comprendre la situation de notre pays vis-à-vis l'aménagement d'une telle infrastructure. A travers notre travail de terrain, nous avons constaté que ce domaine est « très timide » et qui obéit à un critère similaire dans tous les datacenters identifiés à Alger, à savoir : l'intégration des datacenters dans un étage ou une partie de la direction générale de l'Enterprise, à l'exception des deux derniers projets de datacenters à Lakhdaria.

Dans le dernier chapitre de cette partie, nous avons confronté des contraintes en termes de confidentialités des données relatives à la localisation des datacenters, une problématique qui revête un intérêt certain pour le développement de cette infrastructure pour les villes intelligentes et l'ensemble de l'écosystème urbain. On conclut par la vérification et la validation de notre deuxième hypothèse de ce travail.

CONCLUSION GENERALE



Aujourd'hui nous assistons à l'ère du numérique, une nouvelle manière de concevoir et de vivre l'espace urbain, il s'agit d'une nouvelle révolution numérique qui implique des changements profonds et systémiques de tout le système économique et des différents composants de l'écosystème urbain. Cette quatrième révolution industrielle, celle du numérique est caractérisée par un développement des mutations très rapides, qui se changent d'un jour à un autre grâce à l'émergence important des nouvelles technologies d'informations et de la communication. En effet, La course avec ses nouvelles technologies devient une exigence à atteindre par les villes aux quatre (4) coins du le monde qui souhaitent adopter la notion de ville intelligente, d'où le nécessité d'être à jour par ce bouleversement mondial.

Ces changements radicaux de la structure des villes sont supportés par des infrastructures responsables de la collecte, le calcul et le stockage des données numériques dégagées par les objets connectés repartis dans toute la ville intelligente. On parle de datacenter, comme une nouvelle infrastructure pour la ville, il s'agit d'un établissement physique qui regroupe tous les équipements nécessaires aux systèmes de télécommunications de stockage et de traitement des données numériques. En effet, cet établissement présente des exigences assez spécifiques qui sollicite par la suite une localisation particulière, choisis à partir de plusieurs critères distincts.

L'objectif de la présente recherche est de **concevoir une grille des critères pour le choix de site d'implantation des futurs projets des datacenters d'une part, et pour l'évaluation des datacenters existants à l'échelle de la ville d'Alger d'autre part.**

Dans cette conclusion, nous allons mettre en avant la synthèse et des résultats obtenus pour chaque partie et expliquer par la suite les limites et les perspectives de recherches ultérieures.

Synthèse des résultats

La première partie de cette recherche s'est appuyée en premier lieu sur la définition et la mise en relation des concepts clés et les notions théoriques liées à notre objet de recherche (datacenter) d'une part, et d'identifier l'impact spatio-fonctionnel et l'importance des datacenters dans l'aménagement des écosystèmes urbains intelligents d'autre part. Nous avons pu cerner la définition des datacenters à une nouvelle infrastructure essentielle pour la ville d'aujourd'hui, il s'agit d'un bâtiment relativement opaque qui reflète la forme grandiose et standard des hangars industriels, dont lequel se trouve les différents équipements nécessaires

aux systèmes de télécommunications de stockage et de traitement des données numériques, ainsi les équipements indispensables pour le fonctionnement du bâtiment, à savoir l'alimentation et le refroidissement des serveurs.

En deuxième lieu, nous avons pu identifier les obligations de la réglementation algérienne à propos des datacenters qui se limite essentiellement à la condition d'hébergement des données algériennes dans le territoire national. Ensuite, nous avons tirés les différents conditions ou critères de localisation des datacenters à partir de multiples normes et références internationales. De plus, la classification de cette infrastructure dans les différentes nomenclatures d'activités mondiales nous a permis de les grouper dans trois (3) secteurs d'activités à savoir : les industries, les services et le tertiaire lourd, ce qui nous a guidé par la suite à identifier les critères de localisation de chaque activité.

La seconde partie vient en amant pour construire la grille des critères de localisation des datacenters. D'abord, nous avons analysé plusieurs exemples de datacenters étrangers et tracer par la suite un premier tableau récapitulatif des différents critères qui étaient à la base de choix de site d'implantation de ces exemples. Puis, nous avons pu combiner les résultats théoriques et analytiques ultérieurs dans une seule grille, qui englobe plusieurs critères de localisation des datacenters par degrés d'importance, depuis les ressources énergétiques jusqu'à la satisfaction des minimales besoins et caractéristiques de cet établissement.

Ensuite, nous avons pu faire un état des lieux des datacenters en Algérie et à Alger malgré les obstacles que nous avons eu en termes de collecte de données vu la sensibilité et la confidentialité du sujet. Nous avons constaté que la majorité des données algériennes sont hébergées à l'étranger même si notre législation interdit tout hébergement de données en dehors de territoire national. Cette confusion revient principalement à la mauvaise qualité et sécurité des offres d'hébergement locaux, à la fiabilité, aux prix et au retard que connaît notre pays dans le domaine des TICs. Après ce constat, nous avons choisis deux cas d'étude pour l'application de notre grille, à savoir le site de Lakhdaria pour l'implantation de projet de datacenter d'EADN à Bouira d'une part, et celui de datacenter d'ELIT à Gué de Constantine, Alger d'autre part.

L'application de la grille sur le premier cas nous a permis de faire ressortir les différents potentiels qu'a le site de Lakhdaria en termes de ressources énergétiques, de connectivité, de refroidissement et de sécurité d'une part, et d'identifier les risques naturels présents. Cependant, l'application de la grille sur un datacenter existant, celui d'ELIT, nous a permis d'évaluer sa

localisation qui présente des avantages énergétiques et de connectivités d'une part, et des risques divers naturels, industriels, technologiques et socio-économiques d'autre part.

De ce fait, nous avons pu à travers ce modeste mémoire sortir avec des résultats d'ordre méthodologique et d'autres d'ordre empirique. D'abord, sur le plan méthodologique, cette recherche nous a permis de construire une grille des critères de localisation des datacenters qui servira comme guide pour le choix de site d'implantation pour les futurs projets de datacenters, et une grille d'évaluation des datacenters existants à la fois. Outre la méthodologie, ce mémoire nous a permis de construire un fond empirique en termes de localisation des datacenters à Alger, le questionnaire et les différents entretiens auprès des spécialistes nous a montré la manière d'implantation de ces infrastructures particulières, qui réside au simple aménagement d'un étage ou d'une petite salle dans le bâtiment de la direction générale de l'entreprise. De plus. Cette recherche nous a montré la pauvreté de ce secteur d'hébergement des données sur tout le territoire national qui se limite à des petites salles machines, à l'exception des datacenters programmés récemment.

Dès lors, il est possible de répondre à notre problématique de recherche qui est : **Comment intégrer la nouvelle infrastructure numérique des datacenters dans l'aménagement urbain de nos futures villes intelligentes pour une meilleure gestion des données et une intégration urbaine durable dans l'écosystème intelligent ? Quels sont les critères du choix de la localisation des datacenters dans un écosystème urbain intelligent ?** et de confirmer nos deux hypothèses de recherche qui annonce que **le choix de site d'implantation des datacenters suit ses exigences en termes d'alimentations électriques, de connectivité et de refroidissement essentiellement, ce qui mène à une Implantation périphérique ou dans les zones moins densifiées afin de profiter des avantages environnementaux. Mais aussi, dans les tissus urbanisés à proximité des usagers, à travers la réhabilitation des anciens bâtiments industriels et l'aménagement des petites entités de datacenters.**

De plus, ce travail de recherche nous a confirmé que l'étude de site est une priorité indispensable pour tout projet de réalisation de datacenter afin de mieux mesurer les potentialités et les risques que présente cette localisation. Dès lors, il est possible d'utiliser cette grille des critères de localisation des datacenters pour l'évaluation de la localisation des datacenters existants, et de mieux choisir le site d'implantation des futurs projets de datacenters d'autres part.

Limites de recherche

Toutefois, la recherche réalisée possède des limites relatives à la construction de la grille des critères de localisation des datacenters. Cet objet de recherche a deux aspects qui ont limité l'évolution et la richesse de notre recherche, il s'agit d'abord de l'aspect innovant qui limite la disponibilité des informations sur terrain et au niveau des sources classiques, et donc la plus grande partie de nos données se base sur des sources numériques. D'autre part, l'aspect évolutif rapide de cette thématique nous pose le problème de dépassement rapide des données recueillies, à l'exception des articles de journaux et de quelques rapports scientifiques.

De plus, la confidentialité et la sensibilité du sujet nous a limité l'accès à toutes les données relatives et nécessaires à la localisation de ces datacenters jusqu'à l'anonymat du nom de la plupart des datacenters. Cependant, nous avons pu récolter un bon nombre de données et d'informations sur leur stratégie de localisation à l'aide de questionnaire et des entretiens semi directs auprès des personnes qualifiées dans le domaine des datacenters.

Mais cela ne diminue pas de l'ampleur de notre grille car malgré la difficulté d'accéder à des données récentes et la courte durée allouée à cette recherche, la grille des critères de localisation englobe les différents aspects internes et externes qui peut guider le choix de site de localisation des datacenters, de plus, cette grille a été conçu et appliquer sur deux cas d'étude distincts.

De plus, la courte durée allouée à cette recherche ne nous a pas permis de spécifier notre grille des critères de localisation des datacenters, qui a une échelle d'application globale.

Perspectives de recherche

Cette recherche nous a ouvert d'autres pistes et perspectives de recherche. La grille des critères de localisation des datacenters peut être conjuguer avec **le Système d'Information Géographique (SIG)** afin de constituer un outil d'aide à la décision pour le choix de site d'implantation des futurs projets de datacenters à Alger, et voir dans d'autres villes d'Algérie.

Cette grille peut constituer également un fonds pour l'élaboration **des cahiers de charges ou des livres blancs** pour les datacenters en Algérie. D'ailleurs, c'était une proposition d'un spécialiste à intégrer la grille dans un Livre blanc des datacenters en Algérie vu le manque de réglementation nationale dans ce domaine.

De plus, notre grille peut constituer une base pour l'élaboration d'autres grilles des critères de localisation des datacenters spécifiques suivant la typologie et le rayon d'impact du datacenter, à titre d'exemple : le datacenter de proximité et l'hyperscale.

BIBLIOGRAPHIE

- Albino, V., Berardi, U. & Dangelico, R. (2015). Smart cities: Definitions, Dimensions, Performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22 (1), pp. 1723-1738.
- Angelidou, M. (2015). Smart cities: A conjuncture of four forces. *Cities*, (47), pp. 95-106.
- Attour, A., & Rallet, A. (2014). Le role des territoires dans le developpement des systemes trans-sectoriels d'innovation locaux: le cas des smart cities. *Innovations*, 1 (43), pp. 253-279.
- Bakis, H. (2013). Les facteurs de localisation d'un nouveau type d'établissements tertiaires : les datacentres. *Netcom Association*, (27), pp. 351-384.
- Barrinuevo, J. M., Berrone, P., & Ricart, J. (2012). *Smart cities, sustainable progress*. IESEinsight, 21 (3/4), pp. 209-225.
- Berezowska-Azzag, E. (2011). *Projet urbain, guide methodologique: connaitre le contexte de développement durable*. Volume 1. Alger: Editions Synergie.
- BENALI, N. (2016). *Contribution au monitoring des impacts des centres commerciaux sur l'écosysteme urbain algérois* ». These de Doctorat : Urbanisme et Environnement. Alger : EPAU.
- Breux, S., & Diaz, J. (2017). *La ville intelligente - Origines, définitions, forces et limites d'une expression polysémique*, rapport déposé à la ville de Repentigny, INRS-UCS.
- Caragliu, A., Chiara, D., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18 (2), pp. 65-82.
- Cook, G., & Horn, J. V. (2011). *How dirty is your data? A Look at the Energy Choices that Power Cloud Computing*. Greenpeace International, pp. 1-36.
- Coulon, A. (2012). Centres de traitement des données (datacenters). *La lettre d'ADELI n°88 été 2012* , pp. 32-38.
- Dameri, R. (2013). Searching for smart city definition: a comprehensive proposal. *International Journal of Computers & Technology*, 11 (5), pp. 2544-2551.
- Delforge, P., & Whitney, J. (2014). *Data center Efficiency Assessment- Scaling Up Energy Efficiency Across the Data Center Industry : Evaluating Key Drivers and Barriers*. New York, USA, NRDC (Natural Resources Defense Council).
- Dictionnaire Hachette. (2013).
- Douay, N., & Henriot, C. (2016). La chine à l'heure des villes intelligentes. *L'information géographique*, 2016/3 (80), pp. 89-102.
- EADN. (2018). *Appel d'offres national et international N°01/ EADN/ 2018 portant elaboration d'une etude de conception détaillée et suivi de la realisation des aménagements interieurs et exterieurs (environnements et autres) de deux (2) centres de données (datacenters)*.

- Finlay, A., & Nordstrom, L. (2009). *Observatoire mondial de la société de l'information : L'accès à l'information et au savoir en ligne – faire avancer les droits humains et la démocratie*. APC et Hivos.
- Galoul, A. (2015). *Les villes intelligentes: L'Open data contribue-t-il à leur développement ?*. Louvain, Belgium : Louvain school of Management, Université catholique de Louvain.
- Ganguly, S. et al., (janvier 2016). *Accelerating Energy Efficiency in Indian Data Centers: Final Report for Phase I Activities*. Energy Technologies Area.
- Giffinger, R. et al., (2007). *Smart cities-Ranking of European medium-sized cities, 17*. Vienne: Centre of Regional Science.
- Hall, R. E. (2000). The vision of a smart city. *2nd International Life Extension Technology Workshop*. Paris, France.
- Harrison, C. et al., (2010, Juillet). Foundations for smarter cities. *International Business Machines, 54 (4), pp. 1-16*.
- Hauet, J.-P. (2015). Les data centers. *REE - Revue de l'Electricité et de l'Electronique*, pp. 55-66.
- Helene, T. (2016). *Smart cities: Du concept aux pratiques*. Ecole d'ingénieurs polytechnique de l'université de Tours.
- Hollands, R. G. (2008). Will the real smart city please stand up? Intelligent, progressive or entrepreneurial? *City : analysis of urban trends, culture, theory, policy action. City, 12 (8), pp. 303-320*.
- Journal officiel de la république algerienne n° 06. (20 Rabie Ethani 1436 correspondant à 10 février 2015). *Loi n° 15-04 du 11 Rabie Ethani 1436 correspondant au 2er fevrier 2015 fixant les regles générales relatives à la signature et à la certification électroniques*.
- Journal officiel de la republique algerienne n° 49. (19 Ramadhan 1431 correspondant au 29 aout 2010). *Ordonnance n° 10-01 du 16 Ramadhan 1431 correspondant au 26 aout 2010 portant loi de finaances complémentaire pour 2010*.
- Journal officiel de la république algerienne n° 56. (7 Moharram 1439 correspondant au 28 septembre 2017). *Arreté interministériel du 26 Chaabane 1438 correspondant au 23 mai 2017 fixant l'organisation de l'administration centrale du ministère de l'intérieur et des collectivités locales, en bureaux*.
- Journal officiel de la république algerienne n°28. (24 chaabane 1439 correspondant au 10 mai 2018). *Loi n°18-05 du 24 chaabane 1439 correspondant au 10 mai 2018 relative au commerce électronique*.
- Journal officiel de la république algérienne. (6 jourmada El OUla 1421 correspondant au 6 aout 2000). *Loi n° 200-03 du 5 jourmada El Oula 1421 correspondant au 5 aout 2000 fixant les regles générales relatives à la poste et aux télécommunications*.
- Komninos, N. (2011). Intelligent cities: Variable geometries of spatial intelligence. *intelligent Buildings international, 3 (3), PP. 172-188*.
- Mahizhan, A. (1999). Smart cities - The Singapore case. *Cities, 16 (1), pp. 13-18*.

- Marchand, J.-L., Distinguin, S., & Beylat, J.-L. (2016). *Livre blanc - Le numérique & la ville*. Paris, France: Systematic-Paris-Region.
- Maschino, L., & Scouarnec, A. (2014). *De la gestion des villes à la conception d'écosystèmes urbains durables*. Puyrivard: Aix Marseille Université CERGAM.
- Mérenne-Schoumaker, B. (1981). Le commerce de gros à Liège : Permanence et renouveau des localisations. *Bull. de la Soc. géographique de Liège*, pp. 49-64.
- Mérenne-Schoumaker, B. (1994). *La localisation des industries : Mutations récentes et méthodes d'analyse*. France: Nathan.
- Mérenne-Schoumaker, B. (2003). *Géographie des services et des commerces*. France: Barnéoud.
- Mérenne-Schoumaker, B. (2003). *Géographie des services et des commerces*. France: Barnéoud.
- Mérenne-Schoumaker, B. (2004). *La localisation des industries : Enjeux et dynamiques*. France: Barnéoud.
- Moir, E., Moonen, T., & Clark, G. (2014). *What are future cities? Origins, meanings and uses*. Future cities Catapult/Government Office for Science, London.
- Nam, T., & Padro, T. (2011). Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People, and Institutions. *The Proceedings of the 21th Annual International Conference on Digital Government Research Sun*, 12 Jun 2011, Centre for Technology in Government, University of Albany, New York.
- Naphade, M., Banavar, G., Harrison, C., Paraszczak, J., & Morris, R. (2011, juin). Smarter cities and their innovation challenges. *Computer*, pp. 32-39.
- Nations Unies. (2009). *Classification internationale type, par industrie, de toutes les branches d'activité économique (CITI) - Révision 4*. New York: Nations Unies.
- Oxford business group. (2018). The report : *Alger smart city : Pratique et pragmatique*. Alger.
- Peres, E. (2015). *Les données numériques: un enjeu d'éducation et de citoyenneté*. Paris, France: Direction de l'information légale et administrative.
- Picon, A. (2013). *Smart cities - Théorie et critique d'un idéal auto-réalisateur*. Paris, B2.
- Regional Partner. (2009). Opération concertée Datacenters : Proposition pour un positionnement territorial pionnier sur un secteur à fort potentiel des TIC.
- Rong, H. et al., (2016). Optimizing energy consumption for data centers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, pp. 674-691.
- Simard, J. (2015). *La ville intelligente comme vecteur pour le développement durable: le cas de la ville de Montréal*. Université de Sherbrooke.
- Trewin, D., & Brian, P. (2006). *Australian and New Zealand Standard Industrial Classification (ANZSIC) 2006*.
- Versonnen, A. (2011). *NACE-BEL 2008 Nomenclature des activités économiques*. Bruxelles: Direction générale Statistique et Information économique.
- YOTTA. (2018). *Grille d'évaluation des datacenters en Algérie de l'organisme YOTTA*.

WEBOGRAPHIE

- 20minutes. (2013). *Google: Un datacenter flottant en construction?*. 20minutes, 28 octobre [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.20minutes.fr/high-tech/1241875-20131026-20131026-google-construirait-data-center-flottant>> [Consulté le 02 janvier 2019].
- Algeriepatriotique. (2018). *Interview – Ali Kahlane : «Le data center hypothèque notre souveraineté»*. Algeriepatriotique, 09 janvier [en ligne]. Disponible sur: <<https://www.algeriepatriotique.com/2018/01/09/lexpert-ali-kahlane-a-algeriepatriotique-projet-de-data-center-hypothèque-souverainete/>> [Consulté le 26 octobre 2018].
- Alliancy. (2013). *Le plus grand Datacenter du monde construit par le français OVH*. Alliancy, 30 janvier [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.alliancy.fr/dossier/cloud/le-plus-grand-datacenter-du-monde-construit-par-le-francais-ovh>> [Consulté le 31 décembre 2018].
- Amokrane, I. (2018). «*L'hébergement des sites web en Algérie laisse à désirer*». Liberte algerie, 02 mars [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.liberte-algerie.com/actualite/lhebergement-des-sites-web-en-algerie-laisse-a-desirer-288037>> [Consulté le 01 juin 2018].
- Aouizerate, J. (2013). *visite guidée du datacenter « Normandie »*. Orange-business, 11 octobre [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.orange-business.com/fr/blogs/cloud-computing/datacenter/visite-guidee-du-datacenter-normandie>> [Consulté le 28 décembre 2018].
- Archi-wiki. (s.d.). *Datacenter OVH (Strasbourg)*. Archi-wiki [en ligne]. Disponible sur: <[https://www.archi-wiki.org/Adresse:Datacenter_OVH_\(Strasbourg\)](https://www.archi-wiki.org/Adresse:Datacenter_OVH_(Strasbourg))> [Consulté le 31 décembre 2018].
- ARPT. (2017). *La decision N° 48 /SP/PC/ARPT/17 Portant approbation du cahier des charges définissant les conditions et les modalités d'établissement et d'exploitation des services d'hébergement et de stockage de contenu informatise au profit d'utilisateurs distants da.* Disponible sur : <https://www.arpce.dz/fr/doc/reg/dec/2017/DEC_N48_29_11_2017.pdf>.
- Armand, J. (2013). *DCforData double la surface de son datacenter lyonnais*. Channelnews, 15 mars [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.channelnews.fr/dcfordata-double-la-surface-de-son-datacenter-lyonnais-15142>> [Consulté le 30 décembre 2018].
- August, J. (2014). *Interxion buys SFR's Marseille Interconnection Hub*. 07 aout [en ligne]. Disponible sur : <<http://greenlsi.die.upm.es/interxion-buys-sfrs-marseille-interconnection-hub/>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Ba, R. (2017). *Colt ouvre un point d'accès (PoP) à Marseille*. Colt, 27 avril [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.colt.net/fr/resources/colt-ouvre-un-pop-a-marseille/>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Barathon, D. (2013). *Orange installe à Val-de-Rueil un datacenter de nouvelle génération*. Réseaux-télécoms, 14 octobre [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.reseaux-telecoms.net/actualites/lire-orange-installe-a-val-de-reuil-un-datacenter-de-nouvelle-generation-26530.html>> [Consulté le 28 décembre 2018].

- Bastin, C. (2014). *Le plus grand datacenter du monde s'installe dans la "Ch'tilicon Valley"*. Wedemain, 24 janvier [en ligne]. Disponible sur : <https://www.wedemain.fr/Le-plus-grand-datacenter-du-monde-s-installe-dans-la-Ch-tilicon-Valley_a410.html> [Consulté le 29 décembre 2018].
- Basyn, D. (2009). *Telehouse ouvre un datacenter très sécurisé*. Channelnews, 23 février [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.channelnews.fr/telehouse-ouvre-un-datacenter-tres-securise-2486>> [Consulté le 13 février 2019].
- Basyn, D. (2016). *Data4 va construire 3 nouveaux datacenters à Paris-Saclay*. Channelnews, 08 juillet [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.channelnews.fr/data4-va-construire-3-nouveaux-datacenters-a-paris-saclay-64763>> [Consulté le 31 décembre 2018].
- Bazan, M. (2009). *centerTelehouse construit à Magny-les-Hameaux un grand centre de gestion de données numériques dédié aux entreprises*. Docplayer [en ligne]. Disponible sur : <<https://docplayer.fr/2528275-Sqy-entreprises-immobilier-d-entreprise-l-invite-telehouse-leader-du-data-center-defense-eads-lance-le-projet-satelis-dossier-special.html>> [Consulté le 13 février 2019].
- Bécard, T. (2013). *Voyage au coeur du plus grand data center du monde*. Telerama, 12 juillet [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.telerama.fr/medias/voyage-au-coeur-du-plus-grand-data-center-du-monde,100088.php>> [Consulté le 31 décembre 2018].
- Bellin, O. (2018). *Interxion prépare son deuxième data center à Marseille*. Channelbp, 17 mai [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.channelbp.com/content/interxion-pr%C3%A9pare-son-deuxi%C3%A8me-data-center-%C3%A0-marseille>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Benac, J. et al., (2015). *Guide sur le Cloud Computing et les dataCenters à l'attention des collectivités locales*. Caisse des Dépôts, Disponible sur : <https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/secteurs-professionnels/numerique/guide-cloud-computing-et-datacenters-2015.pdf>.
- Benayoun, A. (2015). *DCforData nous ouvre les portes de son data center de Lyon*. Degroupnews, 15 octobre [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.degroupnews.com/aladeux/dcfordata-nous-ouvre-les-portes-de-son-data-center-de-lyon>> [Consulté le 30 décembre 2018].
- Bergé, F. (2016). *Comme Amazon, Microsoft va disposer de data centers en France*. Bfmbusiness, 05 octobre [en ligne]. Disponible sur : <<https://bfmbusiness.bfmtv.com/entreprise/comme-amazon-microsoft-va-installer-des-data-centers-en-france-1044539.html>> [Consulté le 04 mars 2019].
- Bfmbusiness.bfmtv. (2014). *1&1, plus de 25 ans d'hébergement*. Bfmbusiness.bfmtv, 18 septembre [en ligne]. Disponible sur : <<https://bfmbusiness.bfmtv.com/01-business-forum/1-and-1-plus-de-25-ans-dhebergement-627056.html>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Bidault, M. (2016). *Data4 partie sur le dynamisme de Paris Saclay pour ses data centers*. Les echos, 17 février [en ligne]. Disponible sur : <https://www.lesechos.fr/17/02/2016/LesEchos/22131-363-ECH_data4-parie-sur-le-dynamisme-de-paris-saclay-pour-ses-data-centers.htm> [Consulté le 31 décembre 2018].

- Bienfait, T. (2016). *Telehouse se cloudifie avec des partenaires surtout connue pour ses data centers*. Preprod.1001mags, mai [en ligne]. Disponible sur : <<http://preprod.1001mags.com/parution/e-d-i-/numero-58-mai-2016/page-46-47-texte-integral>> [Consulté le 13 février 2019].
- Bigirimana, A. (2017). Les données numériques et les villes intelligentes. Disponible sur : <http://arct.gov.bi/images/jmt2017/big_i.pdf>.
- Bohic, C. (2013). *Googlz fait-il émerger un data center flottant?*. Itespresso, 28 octobre [en ligne]. Disponible sur : <https://www.itespresso.fr/google-fait-il-emerger-data-center-flottant-69360.html?inf_by=5c2602ef671db8af7c8b5434> [Consulté le 02 janvier 2019].
- Bouygues Construction. (2011). Bouygues construction lance les travaux de son dix-septieme data center.
- Brenon, F. (2016). *Maine-et-Loire: Un datacenter ultra performant dans les galeries souterraines de Saumur*. 20minutes, 16 novembre [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.20minutes.fr/nantes/1962539-20161116-maine-loire-datacenter-ultra-performant-galeries-souterraines-saumur>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Business-aptitude. (s.d.). *Hébergement et services inetrnet*. Business-aptitude [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.business-aptitude.com/hebergement-et-services-internet/>> [Consulté le 30 décembre 2018].
- Buyse, L. N. (2016). *Douze nouveaux "data centers" pour l'hébergeur de sites OVH*. Les echos, 19 février [en ligne]. Disponibles sur : <https://www.lesechos.fr/19/02/2016/LesEchos/22133-112-ECH_douze-nouveaux---data-centers---pour-l-hebergeur-de-sites-ovh.htm> [Consulté le 29 décembre 2018].
- Cailhol, A. (2014). *Les data centers, monstres avides d'énergie*. Libération, 24 aout [en ligne]. Disponible sur : <https://www.liberation.fr/futurs/2014/08/24/les-data-centers-monstres-avides-d-energie_1086175> [Consulté le 25 juillet 2018].
- Capacitymedia. (2016, novembre 04). *Interxion to launch two new Marseille data centres*. Capacitymedia, 04 novembre [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.capacitymedia.com/articles/3601650/Interxion-to-launch-two-new-Marseille-data-centres>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Cattier, P. et al., (2010). *Datacenters - Une chance pour la France*. Disponible sur : <<http://www.gimelec.fr/content/download/977/8592/version/13/file/Plaque+Datacenters+une+chance+pour+la+France++mars+2010.pdf>>.
- Caulier, S. (2017). *Pour Equinix, les datacenters sont au coeur des nouveaux écosystemes*. Lemagit, 27 juin [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.lemagit.fr/actualites/450421523/Pour-Equinix-les-datacenters-sont-au-cur-des-nouveaux-ecosystemes>> [Consulté le 30 décembre 2018].
- Celeste. (s.d.). Celeste [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.celeste.fr/datacenter>> [Consulté le 01 janvier 2019]
- Cellan-Jones, R. (2018). *Microsoft sinks data centre off Orkney*. Bbc, 06 juin [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.bbc.com/news/technology-44368813>> [Consulté le 01 janvier 2019].

- Cercle-CREDO. (2015). *Les datacentres régionaux de nouvelle génération*. Paris, France, Disponible sur : <<https://www.cercle-credo.com/docs/datacentresregionauxdenouvellesgenerations.pdf>>.
- CESPM. (2016). *Faits saillants de l'année 2015-2016*. Canada, Disponible sur : <<http://www.partnershipagainstcancer.ca/wp-content/uploads/2016/07/cpac-annual-highlights-2015-16-fr-final.pdf>>.
- Clech, G. (2008). *1&1 installe un immense datacenter sur un ancien site nucléaire*. Channelbiz, 05 décembre [en ligne]. Disponible sur : <https://www.channelbiz.fr/2008/12/05/11-installe-un-immense-datacenter-sur-un-ancien-site-nucleaire/?inf_by=5c2c7eef671db844308b4cb5> [Consulté le 02 janvier 2019].
- Cohen, B. (2015). *The Smartest Cities In The World 2015: Methodology*. Fast company [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.fastcompany.com/3038818/the-smartest-cities-in-the-world-2015-methodology>> [Consulté le 22 octobre 2018].
- Col, P. (2016). *Où sont les datacenters français les mieux connectés?*. Zdnet, 15 septembre [en ligne]. Disponibles sur : <<https://www.zdnet.fr/blogs/infra-net/ou-sont-les-datacenters-francais-les-mieux-connectes-39841926.htm>> [Consulté le 29 décembre 2018].
- Courtel, A. (2017). *TOURCOING Un datacenter de location s'implante à la Plaine Images*. Lavoixdunord, 27 mars [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.lavoixdunord.fr/139070/article/2017-03-27/un-datacenter-de-location-s-implante-la-plaine-images>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Crochet-Damais, A. (2013). *Google construirait un data center flottant*. Journaldunet, 28 octobre [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.journaldunet.com/solutions/cloud-computing/1130276-google-construirait-un-data-center-flottant/>> [Consulté le 02 janvier 2019].
- Crochet-Damais, A. (2013). *Normandie: les coulisses du data centre géant d'Orange*. Journal du net [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.journaldunet.com/solutions/cloud-computing/1128334-normandie-les-coulisses-du-data-center-geant-d-orange/>> [Consulté le 18 décembre 2018].
- Crochet-Damais, A. (2018). *OVH : de l'hébergeur français au cloud mondial*. Journal du net, 28 mai [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.journaldunet.com/solutions/cloud-computing/1193432-ovh-de-l-hebergeur-francais-au-cloud-mondial/>> [Consulté le 29 décembre 2018].
- Dailly, M. (2009). *Continuité de service : Telehouse ouvre un troisième datacenter à Paris*. Clubic, 12 février [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.clubic.com/actualite-257378-telehouse.html>> [Consulté le 13 février 2019].
- Darmon, P., & Claudon, R. (2016). *Smart cities: Le role determinant du Big Data dans les nouvelles transformations urbaines*. France: Keyrus. Disponible sur : <<https://www.journaldunet.com/solutions/expert/63391/smart-cities---le-role-determinant-du-big-data-dans-les-nouvelles-transformation-urbaines.shtml>>.
- Data4group. (s.d.). *Notre campus de datacenters en France*. Data4group [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.data4group.com/data-center-paris-france/>> [Consulté le 31 décembre 2018].

- Datacenter-mag. (2016). *"Deepdata" : un data center souterrain au PUE record*. Datacenter-mag, 25 novembre [en ligne]. Disponible sur : <<http://datacenter-mag.fr/innovation/deepdata-un-data-center-souterrain-au-pue-record/>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Dawn-Hiscox, T. (2017). *Etix Everywhere to build data center in Lille*. Datacenterdynamics, 22 mars [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.datacenterdynamics.com/news/etix-everywhere-to-build-data-center-in-lille/>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Dawn-Hiscox, T. (2018). *La prise de Marseille: Interxion and France's new interconnectivity hub*. Datacenterdynamics, 21 mars [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.datacenterdynamics.com/analysis/la-prise-de-marseille-interxion-and-frances-new-interconnectivity-hub/>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- DCforDATA. (s.d.). *Lyon, un positionnement stratégique*. DCforDATA [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.dcfordata.com/nos-datacenters/>> [Consulté le 30 décembre 2018].
- De Carlan, F., Guiot, T., Leonard, J.-C., & Castagna, G. (2017). *Data center - Etat des lieux*. Champs-sur-Marne, France: Efficacity, Disponible sur : <https://www.efficacity.com/wp-content/uploads/2017/12/170407_Rapport-Datacenter.pdf>.
- Debise, C. (2014). *Au coeur du plus grand data center de 1&1*. Journaldunet, 02 septembre [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.journaldunet.com/solutions/cloud-computing/1141538-eportage-centre-de-donnees-1-1/>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Delavaud, J. (2016). *Datacenter. Expérience souterraine concluante en Pays de Loire*. Ouest-France, 16 novembre [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.ouest-france.fr/pays-de-la-loire/nantes-44000/informatique-stockage-de-donnees-experience-souterraine-concluante-4612464>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Dufourg, O. (2018). *HébergementOVH va doubler la capacité du datacenter de Gravelines*. La voix du nord, 29 octobre [en ligne]. Disponible sur : <<http://lavdn.lavoixdunord.fr/478363/article/2018-10-29/un-plan-d-investissement-d-1-5-milliard-d-euros-pour-les-datacenters-d-ovh>> [Consulté le 29 décembre 2018].
- e-comission. (2008). *Synthese E-Algerie 2013*, Disponible sur : <<http://www.algerianembassy.ru/pdf/e-algerie2013.pdf>>.
- echos, L. (2010). *Des données informatiques hébergées dans un ancien bunker*. Les echos, 16 novembre [en ligne]. Disponible sur : <https://www.lesechos.fr/16/11/2010/LesEchos/20805-134-ECH_des-donnees-informatiques-hebergees-dans-un-ancien-bunker.htm> [Consulté le 01 janvier 2019].
- El Mouwatin. (2012). *Fonds d'appropriation des usages et du développement des technologies de l'information et de la communication*, Disponible sur : <http://www.elmouwatin.dz/IMG/article_PDF/article_a5267.pdf>. Equinix. (2015). *PA4 PARIS PANTIN IBX+ DATA CENTER*, Disponible sur : <<https://cloudscene.global.ssl.fastly.net/FacilityPDF/42/42.pdf>>.
- Ercolani, E. (2012, juin 11). *OVH : datacenter dans le Nord, à Gravelines*. Linformaticien, 11 juin [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.linformaticien.com/actualites/id/25159/pager/15810925/page/2.aspx>> [Consulté le 29 décembre 2018].

- Even, A. (2018,). Fiche de lecture. « *La quatrième révolution industrielle* » De Klaus Schwab, Disponible sur : <<http://nxu-thinktank.com/880-2/>>.
- Ferland, J.-F. (2014). *De grandes aspirations pour le centre de données d'OVH.com au Québec (1/2)*. Direction informatique, 25 aout [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.directioninformatique.com/de-grandes-aspirations-pour-le-centre-de-donnees-dovh-com-au-quebec-12/29700>> [Consulté le 31 décembre 2018].
- Feugey, D. (2013). *Google veut installer un datacenter flottant dans la baie de San Francisco*. Silicon, 28 octobre [en ligne]. Disponible sur : <https://www.silicon.fr/google-installer-datacenter-flottant-baie-san-francisco-90419.html?inf_by=5c25fe78671db865788b531e> [Consulté le 02 janvier 2019].
- Feugey, D. (2013). *OVH renforce son datacenter strasbourgeois*. Silicon, 18 fevrier [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.silicon.fr/ovh-renforce-son-datacenter-strasbourgeois-83612.html>> [Consulté le 29 décembre 2018].
- Filière 3e. (2017). *Micro-datacenters : des datacenters de proximité pour les nouveaux usages*. Filière 3e, 20 novembre [en ligne]. Disponibles sur : <<https://www.filiere-3e.fr/2017/11/20/micro-datacenters-datacenters-de-proximite-nouveaux-usages>> [Consulté le 04 mars 2019].
- Filière 3e. (2018). *Edge computing : retour à un datacenter de proximité*. Filière 3e, 28 mars [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.filiere-3e.fr/2018/03/28/edge-computing-retour-a-un-datacenter-de-proximite/>> [Consulté le 04 mars 2019].
- Forsans, E. (2013). *L'Idate prévoit une croissance considérable de l' " Internet of Things "*. Afjv, 06 septembre [en ligne]. Disponible sur : <https://www.afjv.com/news/2847_80-milliards-d-objets-connectees-a-l-internet-des-2020.htm> [Consulté le 25 juillet 2018].
- Forum Immigrer. (2013). *Le plus grand centre de données web au monde est au Québec*. Forumimmigrer, 26 avril [en ligne]. Disponible sur : <<https://forum.immigrer.com/topic/125113-le-plus-grand-centre-de-donnees-web-au-monde-est-au-quebec/>> [Consulté le 31 décembre 2018].
- France Info. (2014). *monde, Une carte montre tous les appareils connectés à internet dans le monde*. France Info, 14 septembre [en ligne]. Disponible sur : <https://www.francetvinfo.fr/internet/une-carte-montre-tous-les-appareils-connectes-a-internet-dans-le-monde_693879.html> [Consulté le 04 septembre 2018].
- Furno, N. (2018). *Apple entrouvre la porte de son data center de Mesa*. Macg, 15 aout [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.macg.co/aapl/2018/08/apple-entrouvre-la-porte-de-son-data-center-de-mesa-103314>> [Consulté le 04 mars 2019].
- Gallois, S. (2018). *Naval Group et Microsoft plongent un data center sous la mer, au large de l'Écosse*. Ouest-France, 06 juin [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.ouest-france.fr/economie/economie-de-la-mer/naval-group-et-microsoft-plongent-un-data-center-sous-la-mer-au-large-de-l-ecosse-5807127>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Garcin, J. (2018). *Microsoft déploie un data center sous-marin au nord de l'Écosse*. Generation-nt, 07 juin [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.generation-nt.com/microsoft-data-center-sous-marin-natick-actualite-1954530.html>> [Consulté le 01 janvier 2019].

- Giroud, D. (2011). Ang datacenter autrans Oct 2011. *Construire sa salle IT : une approche globale*. Schneider Electronic ITB. Disponible sur : < <https://docplayer.fr/1141381-Ang-datacentre-autrans-oct-2011-construire-sa-salle-it-une-approche-globale.html>>.
- Giroud, D. (2016). *IoT, Edge Computing : pourquoi l'avenir des datacenters est-il dans la proximité ?*. Journal du net, 08 mars [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.journaldunet.com/solutions/expert/63741/iot--edge-computing---pourquoi-l-avenir-des-datacenters-est-il-dans-la-proximite.shtml>> [Consulté le 04 mars 2019].
- Gourvenec, Y. (2013). *voyage au cœur du data center Normandie, éco responsable et ultramoderne*. Orange-business, 09 décembre [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.orange-business.com/fr/blogs/cloud-computing/datacenter/voyage-au-coeur-d-un-data-center-eco-responsable-et-ultramoderne>> [Consulté le 28 décembre 2018].
- Gros, M. (2016). *OVH installe des datacenters en Allemagne et en Angleterre*. Le monde informatique, 26 décembre [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-ovh-installe-des-datacenters-en-allemande-et-en-angleterre-66882.html>> [Consulté le 29 décembre 2018].
- Groupe-qualiconsult. (s.d.). *Première pierre pour la construction du data center Rock à Lyon 8ème*. Groupe-qualiconsult [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.groupe-qualiconsult.fr/actualites/premiere-pierre-construction-data-center-rock-lyon/>> [Consulté le 30 décembre 2018].
- Guerrier, P. (2012). *OVH sur le point d'implanter son dixième data center en France*. Itespresso, 11 août [en ligne]. Disponible sur : <https://www.itespresso.fr/ovh-data-center-gravelines-france-54086.html?inf_by=5c2602ef671db8af7c8b5434> [Consulté le 29 décembre 2018].
- Guerrier, P. (2013). *Galerie photos : Orange inaugure le plus grand data center "free cooling" de France*. Itespresso, 19 octobre [en ligne]. Disponible sur : <https://www.itespresso.fr/galerie-photos-orange-inaugure-grand-data-center-free-cooling-france-69090.html?inf_by=5c2602ef671db8af7c8b5434> [Consulté le 28 décembre 2018].
- Gueugneau, R. (2012). *La bataille s'intensifie sur le marché français des "data centers"*. Les echos, 11 juillet [en ligne]. Disponible sur : <https://www.lesechos.fr/11/07/2012/LesEchos/21224-091-ECH_la-bataille-s-intensifie-sur-le-marche-francais-des---data-centers--.htm> [Consulté le 30 décembre 2018].
- Guillaume, N. (2009). *Hébergement: I&I s'installe dans un ancien centre nucléaire*. Itespresso, 20 mars [en ligne]. Disponible sur : <https://www.itespresso.fr/hebergement-11-sinstalle-dans-un-ancien-centre-nucleaire-24636.html?inf_by=5c2602ef671db8af7c8b5434> [Consulté le 02 janvier 2019].
- Guillaume, N. (2009). *Telehouse choisit un ancien site militaire pour son troisième centre de données*. Itespresso, 12 février [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.itespresso.fr/telehouse-choisit-un-ancien-site-militaire-pour-son-troisieme-centre-de-donnees-24352.html/2>> [Consulté le 13 février 2019].

- Guimard, E. (2016). *Le data center troglodyte de Deepdata se dévoile*. Agence-api, 16 novembre [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.agence-api.fr/article/le-data-center-troglodyte-de-deepdata-se-devoile>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Interoute. (s.d.). *Fibre Noire Metro Paris (MAN)*. Interoute [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.interoute.fr/IT-unifiee/connectivite/C3%A9/fibre-noire-metro>> [Consulté le 30 décembre 2019].
- ionos. (s.d.). *Cloud d'entreprise – Data centers en Allemagne et en Amérique du Nord*. Ionos [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.ionos.fr/pro/cloud-d-entreprise/data-centers/>> [Consulté le janvier 01 2019].
- Jacob, M. (2017). *Hybrid IT & Cloud: DATA4 annonce l'ouverture d'un data center nouvelle génération*. Globalsecuritymag, octobre [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.globalsecuritymag.fr/Hybrid-IT-Cloud-DATA4-annonce-1,20171018,74538.html>> [Consulté le 31 décembre 2018].
- Jolie, P. (2017). *Construire la smart city Monégasque*. Gouvernement Princier. Disponible sur : <<http://www.chambre-monegasque-nouvelles-technologies.net/wp-content/uploads/2017/10/Presentation-M.-Paul-Jolie-Construire-la-Smart-City-Monegasque.pdf>>.
- Juhan, V. (2013, janvier 24). *OVH lance le "plus grand datacenter du monde" au Canada*. Journal du net, 24 janvier [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.journaldunet.com/solutions/cloud-computing/1107057-ovh-lance-le-plus-grand-datacenter-du-monde-au-canada/>> [Consulté le 31 décembre 2018].
- Labaume, T., & Molinari, L. (2011). *Livre vert : Datacenters et développement durable - Etat de l'art et perspectives*. Paris: Syntec numerique.
- Lafibre-info. (s.d.). Lafibre-info [en ligne]. Disponible sur : <<https://lafibre.info/ovh-datacenter/ovh-vu-du-ciel-avant-apres/>> [Consulté le 29 décembre 2018].
- Lamandé, E. (2018). *DCforDATA annonce la mise en production de son nouveau Datacenter "Rock", à Lyon*. Globalsecuritymag, septembre [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.globalsecuritymag.fr/DCforDATA-annonce-la-mise-en-20180925,81075.html>> [Consulté le 30 décembre 2018].
- Lanna, M. (2015). *La data center, pilier de la smart city?*. La cité des smart cities, 22 octobre [en ligne]. Disponible sur : <blogcitesmartcities.e-monosite.com/blog/breves/le-data-center-pilier-de-la-smart-city.html> [Consulté le 01 juin 2018].
- Laposte. (s.d.). Laposte [en ligne]. Disponible sur : <<https://annuaire.laposte.fr/autres-activites-de-telecommunication/dcfordata-52962682200017/>> [Consulté le 30 décembre 2018].
- Lausson, J. (2016). *Natick : pourquoi Microsoft invente des data centers sous-marins*. Numerama, 01 février [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.numerama.com/tech/142279-natick-pourquoi-microsoft-invente-des-data-centers-sous-marins.html>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Lausson, J. (2018). *Projet Natick : Microsoft teste son data center sous-marin au large de l'Écosse*. Numerama, 07 juin [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.numerama.com/tech/383407-projet-natick-microsoft-teste-son-data-center-sous-marin-au-large-de-lecosse.html>> [Consulté le 01 janvier 2019].

- Le big data. (s.d.). *Définition: Qu'est-ce que le big data?*. Le big data [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.lebigdata.fr/definition-big-data>>.
- Legrand. (2014). *Data center - Solutions intégrées*. Limoges Cedex, France.
- Le Mao, M. (2016). *A Saumur, un data-center ultra performant installé au cœur des carrières souterraines*. Usine-digitale, 17 novembre [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.usine-digitale.fr/article/a-saumur-un-data-center-ultra-performant-installe-au-c-ur-des-carrieres-souterraines.N465198>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Leblal, S. (2013). *Un datacenter flottant chez Google*. Lemondeinformatique, 28 octobre [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-un-datacenter-flottant-chez-google-55501.html>> [Consulté le 02 janvier 2019].
- Leblal, S. (2013). *Val de Rueil, un datacenter Orange qui profite de climat Normandie*. Le monde informatique, 18 octobre [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-val-de-reuil-un-datacenter-orange-qui-profite-du-climat-normand-55399.html>> [Consulté le 28 décembre 2018].
- Leblal, S. (2018). *Microsoft immerge un datacenter en Ecosse*. Lemondeinformatique, 07 juin [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-microsoft-immerge-un-datacenter-en-ecosse-71969.html>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Leblanc, B. (2008). *1&1 : un nouveau datacenter de 10.000 m2 sur un ancien site nucléaire à Hanau*. Usinenouvelle, 08 décembre [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.usinenouvelle.com/article/1-1-un-nouveau-datacenter-de-10-000-m2-sur-un-ancien-site-nucleaire-a-hanau.N27369>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Lepoint. (2011). *En plein Paris, le plus névralgique des datacenters joue les discrets*. Lepoint, 12 octobre [en ligne]. Disponible sur : <https://www.lepoint.fr/societe/en-plein-paris-le-plus-nevralgique-des-datacenters-joue-les-discrets-12-10-2011-1383591_23.php> [Consulté le 13 février 2019].
- Lexpress. (2014). *La Seine-Denis, eldorado français des "fermes de données"*. Lexpress, 30 juillet [en ligne]. Disponible sur : <https://www.lexpress.fr/actualites/1/societe/la-seine-saint-denis-eldorado-francais-des-fermes-de-donnees_1562973.html> [Consulté le 30 décembre 2018].
- Lupeiri, S. (2012). *Big data : devant nous le déluge*. Les Echos, 01 octobre [en ligne]. Disponible sur : <<http://archives.lesechos.fr/archives/2012/Enjeux/00294-036-ENJ.htm>> [Consulté le 25 juillet 2018].
- Madeinmarseille. (2017). *MRS2 – Interxion inaugure son deuxième data center à Marseille*. Madeinmarseille, 25 avril [en ligne]. Disponible sur : <<https://madeinmarseille.net/25709-data-center-interxion-mrs2-mrs3/>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Magnotte, P. (2017). *Philippe-mignotte* [en ligne. Disponible] sur : <<https://www.philippe-mignotte.fr/portfolio/illustration-isometrique-dun-data-center/>> [Consulté le 04 mars 2019].
- Manière, P. (2016). *Au data center de Pantin, Equinix connecte le monde économique*. Latribune, 25 janvier [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.latribune.fr/technos->

- medias/au-data-center-de-pantin-equinix-connecte-le-monde-economique-544796.html> [Consulté le 30 décembre 2018].
- Marin, L. (2018). *DCforDATA obtient l'agrément Hébergeur de Données de Santé à caractère personnel*. Disponible sur : <<https://www.dcfordata.com/wp-content/uploads/2018/04/CP-HDS.pdf>>.
- Meyer, T. (2017). *Le nucléaire et le territoire : regards sur l'intégration spatiale des centrales en France*. Geoconfluences.ebs-lyon, 11 décembre [en ligne]. Disponible sur : <<http://geoconfluences.ens-lyon.fr/actualites/eclairage/nucleaire-territoires-france>> [Consulté le 29 décembre 2018].
- Musee-seine-et-marne. (s.d.). *Céleste – Champs-sur-Marne*. Musee-seine-et-marne [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.musee-seine-et-marne.fr/celeste-champs-sur-marne>>.
- Olagnot, J. (2018). *Champs-sur-Marne. Marilyn, le data center de Céleste voit la vie en vert*. Leparisien, 12 mars [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.leparisien.fr/seine-et-marne-77/champs-sur-marne-marilyn-le-data-center-de-celeste-voit-la-vie-en-vert-12-03-2018-7604331.php>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Infonormandie. (2013). *Orange ouvrira début 2014 le plus grand datacenter au monde à Val-de-Reuil*. Info normandie, 10 octobre [en ligne]. Disponible sur : <https://www.infonormandie.com/Orange-ouvrira-debut-2014-le-plus-grand-datacenter-au-monde-a-Val-de-Reuil_a2620.html> [Consulté le 28 décembre 2018].
- Orange. (2013). *data center "Normandie"*. Disponible sur : <https://www.orange.com/fr/content/download/15652/294518/version/2/file/DP%20DC_Normandie_VDEF.pdf>.
- Ovh. (s.d.). *Gravelines, le plus grand centre de données d'Europe*. Ovh [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.ovh.com/fr/a1141.datacenter-ovh-gravelines>> [Consulté le 29 décembre 2018].
- Plaine-images. (s.d.). *Etix Everywhere : Un datacenter sur la Plaine Images*. Plaine-images [en ligne]. Disponible sur : <http://www.plaine-images.fr/actualites_evenements/actualites/etix-everywhere-datacenter-plaine-images/> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Plaine-images. (s.d.). *Un site d'excellence dédié aux industries créatives*. Plaine-images [en ligne]. Disponible sur : <https://www.plaine-images.fr/la_plaine_images/a-propos-de/> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Planetoscope. (s.d.). *Energie consommée par les datacenters*. Planetoscope [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.Planetoscope.com/electronique/230-energie-consommee-par-les-data-centers.html>> [Consulté le 02 juin 2018].
- Reynaud, M. (2017). *Comment rendre la ville intelligente smart and secure*. Observatoire Fic, 17 mai [en ligne]. Disponible sur : <<https://observatoire-fic.com/comment-rendre-la-ville-intelligente-smart-and-secure/>> [Consulté le 01 juin 2018].
- Sachs, M. (2016). *Data center : infrastructure pour la ville*. Disponible sur : <<https://infoscience.epfl.ch/record/222631?ln=fr>>.
- SCIAN. (s.d.). Disponible sur : <http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p3VD_f.pl?Function=getVD&TVD=1181553>.

- Souares, K. (2016). *Interxion signe le 100ème réseau télécom au sein de son Datacenter marseillais*. Amft, 01 novembre [en ligne]. Disponible sur : <<https://amft.io/ecosysteme/interxion-signe-100eme-reseau-telecom-sein-de-datacenter-marseillais/>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Stern, E. (2010). *Référentiel CRIP de qualification des centres de calculs Vers l'efficacité énergétique*. Slideplayer, 10 novembre [en ligne]. Disponible sur : <<https://slideplayer.fr/slide/3204848/>> [Consulté le 22 février 2019].
- Subcableworld. (2018). *Interxion Opens Second Data Center in Marseille*. Subcableworld, 31 mai [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.subcableworld.com/newsfeed/data-centers/interxion-opens-second-data-center-in-marseille>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Telecomnewsroom. (2017). *Northern france is becoming a hotspot for european data center development*. Telecomnewsroom, 23 mars [en ligne]. Disponible sur : <<https://telecomnewsroom.com/northern-france-is-becoming-a-hotspot-for-european-data-center-development/>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Telehouse. (s.d.). *Datacenter TH2*. Telehouse [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.telehouse.fr/data-centers/emea/france/paris>> [Consulté le 29 décembre 2018].
- Telehouse. (s.d.). *Telehouse Paris Voltaire*. Telehouse [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.telehouse.fr/data-centers/emea/france/paris/telehouse-paris-voltaire>> [Consulté le 29 décembre 2018].
- Texier, B. (2017). *L'open data au service des villes intelligentes*. Archimag, 01 novembre [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.archimag.com/univers-data/2017/11/01/open-data-smart-city-donnees-publiques>> [Consulté en 2018].
- Thépin, D. (2015, avril). *Les data centers franciliens : un essor sous contraintes? Note Rapide*. Disponible sur : <https://www.iau-idf.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude_1166/NR680_data_centers_Web.pdf>.
- Thual, F. (2016). *Deep Data valide le stockage des données dans les souterrains du saumurois*. Latribune, 27 novembre [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.latribune.fr/regions/pays-de-loire/deep-data-valide-le-stockage-des-donnees-dans-les-souterrains-du-saumurois-619993.html>> [Consulté le 01 janvier 2019].
- Ton, E. (2014). *En Seine-Saint-Denis, les "fermes de données" fleurissent*. France3-regions.francetvinfo, 30 juillet [en ligne]. Disponible sur : <<https://france3-regions.francetvinfo.fr/paris-ile-de-france/seine-saint-denis/en-seine-saint-denis-les-fermes-de-donnees-fleurissent-525191.html>> [Consulté le 30 décembre 2018].
- Top10hebergeurs. (2012). *Inauguration du nouveau Datacenter OVH : Strasbourg 1*. Top10hebergeurs, 29 février [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.top10hebergeurs.com/guide/hebergement-web/inauguration-du-nouveau-datacenter-ovh-strasbourg-1/>> [Consulté le 31 décembre 2018].
- Verge, J. (2013). *OVH Goes Big and Green With New Quebec Data Center*. Datacenter knowledge, 17 janvier [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.datacenterknowledge.com/archives/2013/01/17/ovhs-big-green-hydro-powered-facility-in-quebec-opens>> [Consulté le 31 décembre 2018].

- Wakefield, C. &. (2017). *Data center Snapshot*. Disponible sur : <http://www.cushmanwakefield.com/~media/reports/singapore/DATA%20CENTER%20REPORT%202017.pdf?_ga=2.179556071.2123143529.1555446839-1117894150.1555446839>.
- Wilaya d'Alger. (2017). *Projet "Alger, smart city", Appel à collaboration*. Wilaya d'Alger, 06 juin [en ligne]. Disponible sur : <www.wilaya-alger.dz/fr/projet-alger-smart-city-appel-a-collaboration/> [Consulté le 01 juin 2018].
- Weiss, C. et al., (2017). *Les datacenters - La premiere brique d'un numérique durable*. Gimelec et France Datacenter. Disponible sur : <<http://www.gimelec.fr/Publications-Outils/Les-Data-Centers-la-premiere-brique-d-un-numerique-durable>>.
- Yann. (2014). *Gros plan sur DCforDATA, datacenter Tier III à Lyon*. Celeonet, 10 septembre [en ligne]. Disponible sur : <<http://blog.celeonet.fr/2014/09/10/gros-plan-sur-dcfordata-datacenter-tier-iii-a-lyon/>> [Consulté le 30 décembre 2018].
- Zaffagni, M. (2018). *Projet Natick de Microsoft : un datacenter sous-marin au large de l'Écosse*. Futura-sciences, 08 juin [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.futura-sciences.com/tech/actualites/informatique-projet-natick-microsoft-datacenter-sous-marin-large-ecosse-61458/>> [Consulté le 01 janvier 2019].

ANNEXES

Annexe I	: Classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) Canada 2017 version 3.0	II
Annexe II	: Classification des datacenters selon la ANZSIC 2006	V

Annexe I : Tableau de classification des datacenters dans le secteur d'activités industrielles

Tableau 38 : Classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) Canada 2017
version 3.0

Code	Secteur	Sous-secteur
11	Agriculture, foresterie, pêche et chasse	111- Cultures agricoles
		112- Élevage et aquaculture
		113- Foresterie et exploitation forestière
		114- Pêche, chasse et piégeage
		115- Activités de soutien à l'agriculture et à la foresterie
21	Extraction minière, exploitation en carrière, et extraction de pétrole et de gaz	211- Extraction de pétrole et de gaz
		212- Extraction minière et exploitation en carrière (sauf l'extraction de pétrole et de gaz)
		213- Activités de soutien à l'extraction minière, pétrolière et gazière
22	Services publics	221- Services publics ^{EU}
23	Construction	236- Construction de bâtiments
		237- Travaux de génie civil
		238- Entrepreneurs spécialisés
31- 33	Fabrication	311- Fabrication d'aliments
		312- Fabrication de boissons et de produits du tabac
		313- Usines de textiles
		314- Usines de produits textiles
		315- Fabrication de vêtements
		316- Fabrication de produits en cuir et de produits analogues
		321- Fabrication de produits en bois
		322- Fabrication du papier
		323- Impression et activités connexes de soutien
		324- Fabrication de produits du pétrole et du charbon
		325- Fabrication de produits chimiques
		326- Fabrication de produits en plastique et en caoutchouc
		327- Fabrication de produits minéraux non métalliques
		331- Première transformation des métaux
		332- Fabrication de produits métalliques
		333- Fabrication de machines
		334- Fabrication de produits informatiques et électroniques
		335- Fabrication de matériel, d'appareils et de composants -électriques
		336- Fabrication de matériel de transport
		337- Fabrication de meubles et de produits connexes
339- Activités diverses de fabrication		
41	Commerce de gros	411- Grossistes-marchands de produits agricoles ^{CAN}
		412- Grossistes-marchands de pétrole et de produits pétroliers ^{CAN}
		413- Grossistes-marchands de produits alimentaires, de boissons et de tabac ^{CAN}
		414- Grossistes-marchands d'articles personnels et ménagers ^{CAN}
		415- Grossistes-marchands de véhicules automobiles, et de pièces et d'accessoires de véhicules automobiles ^{CAN}
		416- Grossistes-marchands de matériaux et fournitures de construction ^{CAN}
		417- Grossistes-marchands de machines, de matériel et de fournitures ^{CAN}
		418- Grossistes-marchands de produits divers ^{CAN}
		419- Commerce électronique de gros entre entreprises, et agents et courtiers ^{EU}
		44- 45
442- Magasins de meubles et d'accessoires de maison ^{EU}		
443- Magasins d'appareils électroniques et ménagers ^{EU}		
444- Marchands de matériaux de construction et de matériel et fournitures de jardinage ^{EU}		
445- Magasins d'alimentation ^{EU}		
446- Magasins de produits de santé et de soins personnels ^{EU}		

		447- Stations-service ^{EU}
		448- Magasins de vêtements et d'accessoires vestimentaires ^{EU}
		451- Magasins d'articles de sport, d'articles de passe-temps, d'articles de musique et de livres ^{EU}
		452- Magasins de marchandises diverses ^{EU}
		453- Magasins de détail divers ^{EU}
		454- Détaillants hors magasin ^{EU}
48-49	Transport et entreposage	481- Transport aérien
		482- Transport ferroviaire
		483- Transport par eau
		484- Transport par camion
		485- Transport en commun et transport terrestre de voyageurs
		486- Transport par pipeline
		487- Transport de tourisme et d'agrément
		488- Activités de soutien au transport
		491- Services postaux
		492- Messageries et services de messagers
	493- Entreposage	
51	Industrie de l'information et industrie culturelle	511- Édition
		512- Industries du film et de l'enregistrement sonore
		515- Radiotélévision (sauf par Internet)
		517- Télécommunications
		518- Traitement de données, hébergement de données et services connexes
		519- Autres services d'information
52	Finance et assurances	521- Autorités monétaires - banque centrale
		522- Intermédiation financière et activités connexes
		523- Valeurs mobilières, contrats de marchandises et autres activités d'investissement financier connexes
		524- Sociétés d'assurance et activités connexes
		526- Fonds et autres instruments financiers ^{CAN}
53	Services immobiliers et services de location et de location à bail	531-Services immobiliers
		532-Services de location et de location à bail
		533-Bailleurs de biens incorporels non financiers (sauf les œuvres protégées par le droit d'auteur)
54	Services professionnels, scientifiques et techniques	541-Services professionnels, scientifiques et techniques
55	Gestion de sociétés et d'entreprises	551-Gestion de sociétés et d'entreprises
56	Services administratifs, services de soutien, services de gestion des déchets et services d'assainissement	561-Services administratifs et services de soutien
		562-Services de gestion des déchets et d'assainissement
61	Services d'enseignement	611-Services de gestion des déchets et d'assainissement
		621-Services de soins de santé ambulatoires
62	Soins de santé et assistance sociale	622-Hôpitaux
		623-Établissements de soins infirmiers et de soins pour bénéficiaires internes
		624-Assistance sociale
71	Arts, spectacles et loisirs	711-Arts d'interprétation, sports-spectacles et activités connexes
		712-Établissements du patrimoine
		713-Divertissement, loisirs, jeux de hasard et loteries
72	Services d'hébergement et de restauration	721-Services d'hébergement
		722-Services de restauration et débits de boissons
81	Autres services (sauf les administrations publiques)	811-Réparation et entretien
		812-Services personnels et services de blanchissage
		813-Organismes religieux, fondations, groupes de citoyens et organisations professionnelles et similaires
		814-Ménages privés
91	Administrations publiques	911-Administration publique fédérale ^{CAN}

	912-Administrations publiques provinciales et territoriales ^{CAN}
	913-Administrations publiques locales, municipales et régionales ^{CAN}
	914-Administrations publiques autochtones ^{CAN}
	919-Organismes publics internationaux et autres organismes publics extra-territoriaux ^{CAN}
	Sous-secteur
	111- Cultures agricoles
	112- Élevage et aquaculture

(Source : Auteur, 2018 depuis SCIAN)

CAN : Classe canadienne seulement

Aucun indice supérieur : Classes canadienne, mexicaine et américaine comparables

ÉU : Classes canadienne et américaine comparables

MEX : Classes canadienne et mexicaine comparables

Annexe II : Tableau de classification des datacenters dans le secteur d'activités des services

Tableau 39 : Classification des datacenters selon la ANZSIC 2006

Division	Subdivision	Group	Class
A AGRICULTURE, FORESTRY AND FISHING	01 Agriculture	011 Nursery and Floriculture Production	0111 Nursery Production (Under Cover)
			0112 Nursery Production (Outdoors)
			0113 Turf Growing
			0114 Floriculture Production (Under Cover)
			0115 Floriculture Production (Outdoors)
		012 Mushroom and Vegetable Growing	0121 Mushroom Growing
			0122 Vegetable Growing (Under Cover)
			0123 Vegetable Growing (Outdoors)
		013 Fruit and Tree Nut Growing	0131 Grape Growing
			0132 Kiwifruit Growing
			0133 Berry Fruit Growing
			0134 Apple and Pear Growing
			0135 Stone Fruit Growing
			0136 Citrus Fruit Growing
			0137 Olive Growing
			0139 Other Fruit and Tree Nut Growing
		014 Sheep, Beef Cattle and Grain Farming	0141 Sheep Farming (Specialised)
			0142 Beef Cattle Farming (Specialised)
			0143 Beef Cattle Feedlots (Specialised)
	0144 Sheep-Beef Cattle Farming		
	0145 Grain-Sheep or Grain-Beef Cattle Farming		
	0146 Rice Growing		
	0149 Other Grain Growing		
	015 Other Crop Growing	0151 Sugar Cane Growing	
		0152 Cotton Growing	
		0159 Other Crop Growing n.e.c.	
	016 Dairy Cattle Farming	0160 Dairy Cattle Farming	
	017 Poultry Farming	0171 Poultry Farming (Meat)	
		0172 Poultry Farming (Eggs)	
	018 Deer Farming	0180 Deer Farming	
	019 Other Livestock Farming	0191 Horse Farming	
		0192 Pig Farming	
		0193 Beekeeping	
0199 Other Livestock Farming n.e.c.			
02 Aquaculture	020 Aquaculture	0201 Offshore Longline and Rack Aquaculture	
		0202 Offshore Caged Aquaculture	
		0203 Onshore Aquaculture	
03 Forestry and Logging	030 Forestry and Logging	0301 Forestry	
		0302 Logging	
04 Fishing, Hunting and Trapping	041 Fishing	0411 Rock Lobster and Crab Potting	
		0412 Prawn Fishing	
		0413 Line Fishing	
		0414 Fish Trawling, Seining and Netting	
		0419 Other Fishing	
042 Hunting and Trapping	0420 Hunting and Trapping		
	051 Forestry Support Services	0510 Forestry Support Services	
		0521 Cotton Ginning	

	05 Agriculture, Forestry and Fishing Support Services	052 Agriculture and Fishing Support Services	0522 Shearing Services 0529 Other Agriculture and Fishing Support Services
B MINING	06 Coal Mining	060 Coal Mining	0600 Coal Mining
	07 Oil and Gas Extraction	070 Oil and Gas Extraction	0700 Oil and Gas Extraction
	08 Metal Ore Mining	080 Metal Ore Mining	0801 Iron Ore Mining
			0802 Bauxite Mining
			0803 Copper Ore Mining
			0804 Gold Ore Mining
			0805 Mineral Sand Mining
			0806 Nickel Ore Mining
			0807 Silver-Lead-Zinc Ore Mining
	0809 Other Metal Ore Mining		
09 Non-Metallic Mineral Mining and Quarrying	091 Construction Material Mining	0911 Gravel and Sand Quarrying 0919 Other Construction Material Mining	
	099 Other Non-Metallic Mineral Mining and Quarrying	0990 Other Non-Metallic Mineral Mining and Quarrying	
10 Exploration and Other Mining Support Services	101 Exploration	1011 Petroleum Exploration 1012 Mineral Exploration	
	109 Other Mining Support Services	1090 Other Mining Support Services	
C MANUFACTURING	11 Food Product Manufacturing	111 Meat and Meat Product Manufacturing	1111 Meat Processing 1112 Poultry Processing 1113 Cured Meat and Smallgoods Manufacturing
		112 Seafood Processing	1120 Seafood Processing
		113 Dairy Product Manufacturing	1131 Milk and Cream Processing
			1132 Ice Cream Manufacturing
			1133 Cheese and Other Dairy Product Manufacturing
		114 Fruit and Vegetable Processing	1140 Fruit and Vegetable Processing
		115 Oil and Fat Manufacturing	1150 Oil and Fat Manufacturing
		116 Grain Mill and Cereal Product Manufacturing	1161 Grain Mill Product Manufacturing
			1162 Cereal, Pasta and Baking Mix Manufacturing
		117 Bakery Product Manufacturing	1171 Bread Manufacturing (Factory based)
			1172 Cake and Pastry Manufacturing (Factory based)
			1173 Biscuit Manufacturing (Factory based)
			1174 Bakery Product Manufacturing (Non-factory based)
		118 Sugar and Confectionery Manufacturing	1181 Sugar Manufacturing 1182 Confectionery Manufacturing
	119 Other Food Product Manufacturing	1191 Potato, Corn and Other Crisp Manufacturing	
1192 Prepared Animal and Bird Feed Manufacturing			
1199 Other Food Product Manufacturing n.e.c.			
12 Beverage and Tobacco Product Manufacturing	121 Beverage Manufacturing	1211 Soft Drink, Cordial and Syrup Manufacturing	
		1212 Beer Manufacturing	
		1213 Spirit Manufacturing	
		1214 Wine and Other Alcoholic Beverage Manufacturing	
	122 Cigarette and Tobacco Product Manufacturing	1220 Cigarette and Tobacco Product Manufacturing	
13 Textile, Leather, Clothing and Footwear Manufacturing	131 Textile Manufacturing	1311 Wool Scouring	
		1312 Natural Textile Manufacturing	
		1313 Synthetic Textile Manufacturing	
	132 Leather Tanning, Fur Dressing and Leather Product Manufacturing	1320 Leather Tanning, Fur Dressing and Leather Product Manufacturing	
	133 Textile Product Manufacturing	1331 Textile Floor Covering Manufacturing	
		1332 Rope, Cordage and Twine Manufacturing	
		1333 Cut and Sewn Textile Product Manufacturing	
1334 Textile Finishing and Other Textile Product Manufacturing			
134 Knitted Product Manufacturing	1340 Knitted Product Manufacturing		

	135 Clothing and Footwear Manufacturing	1351 Clothing Manufacturing 1352 Footwear Manufacturing
14 Wood Product Manufacturing	141 Log Sawmilling and Timber Dressing	1411 Log Sawmilling
		1412 Wood Chipping
		1413 Timber Resawing and Dressing
	149 Other Wood Product Manufacturing	1491 Prefabricated Wooden Building Manufacturing
		1492 Wooden Structural Fitting and Component Manufacturing
		1493 Veneer and Plywood Manufacturing
		1494 Reconstituted Wood Product Manufacturing
	1499 Other Wood Product Manufacturing n.e.c.	
15 Pulp, Paper and Converted Paper Product Manufacturing	151 Pulp, Paper and Paperboard Manufacturing	1510 Pulp, Paper and Paperboard Manufacturing
	152 Converted Paper Product Manufacturing	1521 Corrugated Paperboard and Paperboard Container Manufacturing
		1522 Paper Bag Manufacturing
		1523 Paper Stationery Manufacturing
		1524 Sanitary Paper Product Manufacturing
	1529 Other Converted Paper Product Manufacturing	
16 Printing (including the Reproduction of Recorded Media)	161 Printing and Printing Support Services	1611 Printing 1612 Printing Support Services
	162 Reproduction of Recorded Media	1620 Reproduction of Recorded Media
17 Petroleum and Coal Product Manufacturing	170 Petroleum and Coal Product Manufacturing	1701 Petroleum Refining and Petroleum Fuel Manufacturing
		1709 Other Petroleum and Coal Product Manufacturing
18 Basic Chemical and Chemical Product Manufacturing	181 Basic Chemical Manufacturing	1811 Industrial Gas Manufacturing
		1812 Basic Organic Chemical Manufacturing
		1813 Basic Inorganic Chemical Manufacturing
	182 Basic Polymer Manufacturing	1821 Synthetic Resin and Synthetic Rubber Manufacturing
		1829 Other Basic Polymer Manufacturing
	183 Fertiliser and Pesticide Manufacturing	1831 Fertiliser Manufacturing 1832 Pesticide Manufacturing
	184 Pharmaceutical and Medicinal Product Manufacturing	1841 Human Pharmaceutical and Medicinal Product Manufacturing
		1842 Veterinary Pharmaceutical and Medicinal Product Manufacturing
	185 Cleaning Compound and Toiletry Preparation Manufacturing	1851 Cleaning Compound Manufacturing 1852 Cosmetic and Toiletry Preparation Manufacturing
	189 Other Basic Chemical Product Manufacturing	1891 Photographic Chemical Product Manufacturing
		1892 Explosive Manufacturing
1899 Other Basic Chemical Product Manufacturing n.e.c.		
19 Polymer Product and Rubber Product Manufacturing	191 Polymer Product Manufacturing	1911 Polymer Film and Sheet Packaging Material Manufacturing
		1912 Rigid and Semi-Rigid Polymer Product Manufacturing
		1913 Polymer Foam Product Manufacturing
		1914 Tyre Manufacturing
		1915 Adhesive Manufacturing
		1916 Paint and Coatings Manufacturing
		1919 Other Polymer Product Manufacturing
	192 Natural Rubber Product Manufacturing	1920 Natural Rubber Product Manufacturing
20 Non-Metallic Mineral Product Manufacturing	201 Glass and Glass Product Manufacturing	2010 Glass and Glass Product Manufacturing
	202 Ceramic Product Manufacturing	2021 Clay Brick Manufacturing
		2029 Other Ceramic Product Manufacturing
		2031 Cement and Lime Manufacturing

	203 Cement, Lime, Plaster and Concrete Product Manufacturing	2032 Plaster Product Manufacturing 2033 Ready-Mixed Concrete Manufacturing 2034 Concrete Product Manufacturing			
	209 Other Non-Metallic Mineral Product Manufacturing	2090 Other Non-Metallic Mineral Product Manufacturing			
21 Primary Metal and Metal Product Manufacturing	211 Basic Ferrous Metal Manufacturing	2110 Iron Smelting and Steel Manufacturing			
	212 Basic Ferrous Metal Product Manufacturing	2121 Iron and Steel Casting 2122 Steel Pipe and Tube Manufacturing			
		213 Basic Non-Ferrous Metal Manufacturing	2131 Alumina Production 2132 Aluminium Smelting 2133 Copper, Silver, Lead and Zinc Smelting and Refining 2139 Other Basic Non-Ferrous Metal Manufacturing		
	214 Basic Non-Ferrous Metal Product Manufacturing		2141 Non-Ferrous Metal Casting 2142 Aluminium Rolling, Drawing, Extruding 2149 Other Basic Non-Ferrous Metal Product Manufacturing		
			22 Fabricated Metal Product Manufacturing	221 Iron and Steel Forging	
				222 Structural Metal Product Manufacturing	2210 Iron and Steel Forging 2221 Structural Steel Fabricating 2222 Prefabricated Metal Building Manufacturing 2223 Architectural Aluminium Product Manufacturing 2224 Metal Roof and Guttering Manufacturing (except Aluminium) 2229 Other Structural Metal Product Manufacturing
	223 Metal Container Manufacturing	2231 Boiler, Tank and Other Heavy Gauge Metal Container Manufacturing 2239 Other Metal Container Manufacturing			
		224 Sheet Metal Product Manufacturing (except Metal Structural and Container Products)			2240 Sheet Metal Product Manufacturing (except Metal Structural and Container Products) 2291 Spring and Wire Product Manufacturing 2292 Nut, Bolt, Screw and Rivet Manufacturing 2293 Metal Coating and Finishing 2299 Other Fabricated Metal Product Manufacturing n.e.c.
23 Transport Equipment Manufacturing	231 Motor Vehicle and Motor Vehicle Part Manufacturing				2311 Motor Vehicle Manufacturing 2312 Motor Vehicle Body and Trailer Manufacturing 2313 Automotive Electrical Component Manufacturing 2319 Other Motor Vehicle Parts Manufacturing
					239 Other Transport Equipment Manufacturing
		24 Machinery and Equipment Manufacturing	241 Professional and Scientific Equipment Manufacturing	2411 Photographic, Optical and Ophthalmic Equipment Manufacturing 2412 Medical and Surgical Equipment Manufacturing 2419 Other Professional and Scientific Equipment Manufacturing	
				242 Computer and Electronic Equipment Manufacturing	
	243 Electrical Equipment Manufacturing				

		244 Domestic Appliance Manufacturing	2449 Other Domestic Appliance Manufacturing
		245 Pump, Compressor, Heating and Ventilation Equipment Manufacturing	2451 Pump and Compressor Manufacturing 2452 Fixed Space Heating, Cooling and Ventilation Equipment Manufacturing
		246 Specialised Machinery and Equipment Manufacturing	2461 Agricultural Machinery and Equipment Manufacturing
			2462 Mining and Construction Machinery Manufacturing
			2463 Machine Tool and Parts Manufacturing
			2469 Other Specialised Machinery and Equipment Manufacturing
		249 Other Machinery and Equipment Manufacturing	2491 Lifting and Material Handling Equipment Manufacturing
	2499 Other Machinery and Equipment Manufacturing n.e.c.		
	25 Furniture and Other Manufacturing	251 Furniture Manufacturing	2511 Wooden Furniture and Upholstered Seat Manufacturing
			2512 Metal Furniture Manufacturing
			2513 Mattress Manufacturing
			2519 Other Furniture Manufacturing
		259 Other Manufacturing	2591 Jewellery and Silverware Manufacturing
			2592 Toy, Sporting and Recreational Product Manufacturing 2599 Other Manufacturing n.e.c.
	26 Electricity Supply	261 Electricity Generation	2611 Fossil Fuel Electricity Generation
2612 Hydro-Electricity Generation			
2619 Other Electricity Generation			
262 Electricity Transmission			
2620 Electricity Transmission			
263 Electricity Distribution		2630 Electricity Distribution	
264 On Selling Electricity and Electricity Market Operation		2640 On Selling Electricity and Electricity Market Operation	
27 Gas Supply		270 Gas Supply	2700 Gas Supply
28 Water Supply, Sewerage and Drainage Services		281 Water Supply, Sewerage and Drainage Services	2811 Water Supply
			2812 Sewerage and Drainage Services
29 Waste Collection, Treatment and Disposal Services	291 Waste Collection Services	2911 Solid Waste Collection Services	
		2919 Other Waste Collection Services	
	292 Waste Treatment, Disposal and Remediation Services	2921 Waste Treatment and Disposal Services 2922 Waste Remediation and Materials Recovery Services	
30 Building Construction	301 Residential Building Construction	3011 House Construction	
		3019 Other Residential Building Construction	
	302 Non-Residential Building Construction	3020 Non-Residential Building Construction	
		310 Heavy and Civil Engineering Construction	3101 Road and Bridge Construction
3109 Other Heavy and Civil Engineering Construction			
32 Construction Services	321 Land Development and Site Preparation Services	3211 Land Development and Subdivision	
		3212 Site Preparation Services	
	322 Building Structure Services	3221 Concreting Services	
		3222 Bricklaying Services	
		3223 Roofing Services	
		3224 Structural Steel Erection Services	
	323 Building Installation Services	3231 Plumbing Services	
		3232 Electrical Services	
3233 Air Conditioning and Heating Services			
3234 Fire and Security Alarm Installation Services 3239 Other Building Installation Services			

		324 Building Completion Services	3241 Plastering and Ceiling Services
			3242 Carpentry Services
			3243 Tiling and Carpeting Services
			3244 Painting and Decorating Services
			3245 Glazing Services
		329 Other Construction Services	3291 Landscape Construction Services
			3292 Hire of Construction Machinery with Operator
			3299 Other Construction Services n.e.c.
F WHOLESALE TRADE	33 Basic Material Wholesaling	331 Agricultural Product Wholesaling	3311 Wool Wholesaling
			3312 Cereal Grain Wholesaling
			3319 Other Agricultural Product Wholesaling
		332 Mineral, Metal and Chemical Wholesaling	3321 Petroleum Product Wholesaling
			3322 Metal and Mineral Wholesaling
			3323 Industrial and Agricultural Chemical Product Wholesaling
		333 Timber and Hardware Goods Wholesaling	3331 Timber Wholesaling
			3332 Plumbing Goods Wholesaling
			3339 Other Hardware Goods Wholesaling
	34 Machinery and Equipment Wholesaling	341 Specialised Industrial Machinery and Equipment Wholesaling	3411 Agricultural and Construction Machinery Wholesaling
			3419 Other Specialised Industrial Machinery and Equipment Wholesaling
		349 Other Machinery and Equipment Wholesaling	3491 Professional and Scientific Goods Wholesaling
			3492 Computer and Computer Peripheral Wholesaling
			3493 Telecommunication Goods Wholesaling
	35 Motor Vehicle and Motor Vehicle Parts Wholesaling	350 Motor Vehicle and Motor Vehicle Parts Wholesaling	3501 Car Wholesaling
			3502 Commercial Vehicle Wholesaling
			3503 Trailer and Other Motor Vehicle Wholesaling
			3504 Motor Vehicle New Parts Wholesaling
			3505 Motor Vehicle Dismantling and Used Parts Wholesaling
	36 Grocery, Liquor and Tobacco Product Wholesaling	360 Grocery, Liquor and Tobacco Product Wholesaling	3601 General Line Grocery Wholesaling
			3602 Meat, Poultry and Smallgoods Wholesaling
			3603 Dairy Produce Wholesaling
			3604 Fish and Seafood Wholesaling
			3605 Fruit and Vegetable Wholesaling
			3606 Liquor and Tobacco Product Wholesaling
	37 Other Goods Wholesaling	371 Textile, Clothing and Footwear Wholesaling	3711 Textile Product Wholesaling
			3712 Clothing and Footwear Wholesaling
372 Pharmaceutical and Toiletry Goods Wholesaling		3720 Pharmaceutical and Toiletry Goods Wholesaling	
		373 Furniture, Floor Covering and Other Goods Wholesaling	3731 Furniture and Floor Covering Wholesaling
			3732 Jewellery and Watch Wholesaling
			3733 Kitchen and Diningware Wholesaling
			3734 Toy and Sporting Goods Wholesaling
			3735 Book and Magazine Wholesaling
			3736 Paper Product Wholesaling
3739 Other Goods Wholesaling n.e.c.			
38 Commission-Based Wholesaling	380 Commission-Based Wholesaling	3800 Commission-Based Wholesaling	
G RETAIL	39 Motor Vehicle and Motor Vehicle Parts Retailing	391 Motor Vehicle Retailing	3911 Car Retailing
			3912 Motor Cycle Retailing
			3913 Trailer and Other Motor Vehicle Retailing
	392 Motor Vehicle Parts and Tyre Retailing	3921 Motor Vehicle Parts Retailing	
		3922 Tyre Retailing	

	40 Fuel Retailing	400 Fuel Retailing	4000 Fuel Retailing	
	41 Food Retailing	411 Supermarket and Grocery Stores	4110 Supermarket and Grocery Stores	
		412 Specialised Food Retailing	4121 Fresh Meat, Fish and Poultry Retailing	4121 Fresh Meat, Fish and Poultry Retailing
			4122 Fruit and Vegetable Retailing	4122 Fruit and Vegetable Retailing
			4123 Liquor Retailing	4123 Liquor Retailing
	42 Other Store-Based Retailing	421 Furniture, Floor Coverings, Houseware and Textile Goods Retailing	4211 Furniture Retailing	4211 Furniture Retailing
			4212 Floor Coverings Retailing	4212 Floor Coverings Retailing
			4213 Houseware Retailing	4213 Houseware Retailing
			4214 Manchester and Other Textile Goods Retailing	4214 Manchester and Other Textile Goods Retailing
		422 Electrical and Electronic Goods Retailing	4221 Electrical, Electronic and Gas Appliance Retailing	4221 Electrical, Electronic and Gas Appliance Retailing
			4222 Computer and Computer Peripheral Retailing	4222 Computer and Computer Peripheral Retailing
			4229 Other Electrical and Electronic Goods Retailing	4229 Other Electrical and Electronic Goods Retailing
		423 Hardware, Building and Garden Supplies Retailing	4231 Hardware and Building Supplies Retailing	4231 Hardware and Building Supplies Retailing
			4232 Garden Supplies Retailing	4232 Garden Supplies Retailing
		424 Recreational Goods Retailing	4241 Sport and Camping Equipment Retailing	4241 Sport and Camping Equipment Retailing
			4242 Entertainment Media Retailing	4242 Entertainment Media Retailing
			4243 Toy and Game Retailing	4243 Toy and Game Retailing
			4244 Newspaper and Book Retailing	4244 Newspaper and Book Retailing
			4245 Marine Equipment Retailing	4245 Marine Equipment Retailing
		425 Clothing, Footwear and Personal Accessory Retailing	4251 Clothing Retailing	4251 Clothing Retailing
	4252 Footwear Retailing		4252 Footwear Retailing	
	4253 Watch and Jewellery Retailing		4253 Watch and Jewellery Retailing	
	4259 Other Personal Accessory Retailing		4259 Other Personal Accessory Retailing	
	426 Department Stores	4260 Department Stores	4260 Department Stores	
		427 Pharmaceutical and Other Store-Based Retailing	4271 Pharmaceutical, Cosmetic and Toiletry Goods Retailing	4271 Pharmaceutical, Cosmetic and Toiletry Goods Retailing
			4272 Stationery Goods Retailing	4272 Stationery Goods Retailing
			4273 Antique and Used Goods Retailing	4273 Antique and Used Goods Retailing
			4274 Flower Retailing	4274 Flower Retailing
	4279 Other Store-Based Retailing n.e.c.	4279 Other Store-Based Retailing n.e.c.		
	43 Non-Store Retailing and Retail Commission Based Buying and/or Selling	431 Non-Store Retailing	4310 Non-Store Retailing	
		432 Retail Commission-Based Buying and/or Selling	4320 Retail Commission-Based Buying and/or Selling	
	H ACCOMMO	44 Accommodation	440 Accommodation	4400 Accommodation
		45 Food and Beverage Services	451 Cafes, Restaurants and Takeaway Food Services	4511 Cafes and Restaurants
4512 Takeaway Food Services				4512 Takeaway Food Services
4513 Catering Services				4513 Catering Services
452 Pubs, Taverns and Bars	4520 Pubs, Taverns and Bars			
453 Clubs (Hospitality)	4530 Clubs (Hospitality)			
I TRANSPORT, POSTAL AND WAREHOUSING	46 Road Transport	461 Road Freight Transport	4610 Road Freight Transport	
		462 Road Passenger Transport	4621 Interurban and Rural Bus Transport	4621 Interurban and Rural Bus Transport
			4622 Urban Bus Transport (Including Tramway)	4622 Urban Bus Transport (Including Tramway)
			4623 Taxi and Other Road Transport	4623 Taxi and Other Road Transport
	47 Rail Transport	471 Rail Freight Transport	4710 Rail Freight Transport	
		472 Rail Passenger Transport	4720 Rail Passenger Transport	
	48 Water Transport	481 Water Freight Transport	4810 Water Freight Transport	
		482 Water Passenger Transport	4820 Water Passenger Transport	
	49 Air and Space Transport	490 Air and Space Transport	4900 Air and Space Transport	
	50 Other Transport	501 Scenic and Sightseeing Transport	5010 Scenic and Sightseeing Transport	
502 Pipeline and Other Transport		5021 Pipeline Transport	5021 Pipeline Transport	
		5029 Other Transport n.e.c.	5029 Other Transport n.e.c.	
		5101 Postal Services		

	51 Postal and Courier Pick-up and Delivery Services	510 Postal and Courier Pick-up and Delivery Services	5102 Courier Pick-up and Delivery Services		
	52 Transport Support Services	521 Water Transport Support Services	5211 Stevedoring Services 5212 Port and Water Transport Terminal Operations 5219 Other Water Transport Support Services		
		522 Airport Operations and Other Air Transport Support Services	5220 Airport Operations and Other Air Transport Support Services		
529 Other Transport Support Services		5291 Customs Agency Services 5292 Freight Forwarding Services 5299 Other Transport Support Services n.e.c.			
	53 Warehousing and Storage Services	530 Warehousing and Storage Services	5301 Grain Storage Services 5309 Other Warehousing and Storage Services		
		54 Publishing (except Internet and Music Publishing)	541 Newspaper, Periodical, Book and Directory Publishing	5411 Newspaper Publishing	
5412 Magazine and Other Periodical Publishing					
5413 Book Publishing					
5414 Directory and Mailing List Publishing					
5419 Other Publishing (except Software, Music and Internet)					
	55 Motion Picture and Sound Recording Activities	551 Motion Picture and Video Activities	5420 Software Publishing		
			5511 Motion Picture and Video Production 5512 Motion Picture and Video Distribution 5513 Motion Picture Exhibition 5514 Post-production Services and Other Motion Picture and Video Activities		
		552 Sound Recording and Music Publishing	5521 Music Publishing 5522 Music and Other Sound Recording Activities		
	56 Broadcasting (except Internet)	561 Radio Broadcasting	5610 Radio Broadcasting		
		562 Television Broadcasting	5621 Free-to-Air Television Broadcasting 5622 Cable and Other Subscription Broadcasting		
J INFORMATION MEDIA AND TELECOMMUNICATIONS	57 Internet Publishing and Broadcasting	570 Internet Publishing and Broadcasting	5700 Internet Publishing and Broadcasting		
	58 Telecommunications Services	580 Telecommunications Services	5801 Wired Telecommunications Network Operation 5802 Other Telecommunications Network Operation 5809 Other Telecommunications Services		
			59 Internet Service Providers, Web Search Portals and Data Processing Services	591 Internet Service Providers and Web Search Portals	
				5910 Internet Service Providers and Web Search Portals	
		60 Library and Other Information Services	592 Data Processing, Web Hosting and Electronic Information Storage Services	5921 Data Processing and Web Hosting Services 5922 Electronic Information Storage Services	
			601 Libraries and Archives 602 Other Information Services	6010 Libraries and Archives 6020 Other Information Services	
	K FINANCIAL AND INSURANCE SERVICES	62 Finance	621 Central Banking	6210 Central Banking	
			622 Depository Financial Intermediation	6221 Banking 6222 Building Society Operation 6223 Credit Union Operation 6229 Other Depository Financial Intermediation	
				623 Non-Depository Financing	6230 Non-Depository Financing
				624 Financial Asset Investing	6240 Financial Asset Investing
63 Insurance and Superannuation Funds			631 Life Insurance	6310 Life Insurance	
		632 Health and General Insurance	6321 Health Insurance 6322 General Insurance		
			633 Superannuation Funds	6330 Superannuation Funds	
		64 Auxiliary Finance and Insurance Services	641 Auxiliary Finance and Investment Services	6411 Financial Asset Broking Services 6419 Other Auxiliary Finance and Investment Services	
			642 Auxiliary Insurance Services	6420 Auxiliary Insurance Services	
				6611 Passenger Car Rental and Hiring	

	66 Rental and Hiring Services (except Real Estate)	661 Motor Vehicle and Transport Equipment Rental and Hiring	6619 Other Motor Vehicle and Transport Equipment Rental and Hiring	
		662 Farm Animal and Bloodstock Leasing	6620 Farm Animal and Bloodstock Leasing	
		663 Other Goods and Equipment Rental and Hiring	6631 Heavy Machinery and Scaffolding Rental and Hiring	
			6632 Video and Other Electronic Media Rental and Hiring	
	664 Non-Financial Intangible Assets (Except Copyrights) Leasing	6639 Other Goods and Equipment Rental and Hiring n.e.c.	6640 Non-Financial Intangible Assets (Except Copyrights) Leasing	
	67 Property Operators and Real Estate Services	671 Property Operators	6711 Residential Property Operators	
		672 Real Estate Services	6712 Non-Residential Property Operators	6720 Real Estate Services
	M PROFESSIONAL, SCIENTIFIC AND TECHNICAL SERVICES	69 Professional, Scientific and Technical Services (Except Computer System Design and Related Services)	691 Scientific Research Services	6910 Scientific Research Services
			692 Architectural, Engineering and Technical Services	6921 Architectural Services
				6922 Surveying and Mapping Services
6923 Engineering Design and Engineering Consulting Services				
6924 Other Specialised Design Services				
6925 Scientific Testing and Analysis Services				
693 Legal and Accounting Services		6931 Legal Services	6932 Accounting Services	
694 Advertising Services		6940 Advertising Services		
695 Market Research and Statistical Services		6950 Market Research and Statistical Services		
696 Management and Related Consulting Services		6961 Corporate Head Office Management Services	6962 Management Advice and Related Consulting Services	
		697 Veterinary Services	6970 Veterinary Services	
699 Other Professional, Scientific and Technical Services		6991 Professional Photographic Services	6999 Other Professional, Scientific and Technical Services n.e.c.	
70 Computer System Design and Related Services		700 Computer System Design and Related Services	7000 Computer System Design and Related Services	
N ADMINISTRATIVE AND SUPPORT SERVICES	72 Administrative Services	721 Employment Services	7211 Employment Placement and Recruitment Services	
		722 Travel Agency and Tour Arrangement Services	7212 Labour Supply Services	
		729 Other Administrative Services	7220 Travel Agency and Tour Arrangement Services	
	73 Building Cleaning, Pest Control and Other Support Services	731 Building Cleaning, Pest Control and Gardening Services	7291 Office Administrative Services	
			7292 Document Preparation Services	
			7293 Credit Reporting and Debt Collection Services	
		7294 Call Centre Operation		
		7299 Other Administrative Services n.e.c.		
732 Packaging Services	7311 Building and Other Industrial Cleaning Services	7312 Building Pest Control Services		
7313 Gardening Services	7320 Packaging Services			
O PUBLIC ADMINISTRATION AND	75 Public Administration	751 Central Government Administration	7510 Central Government Administration	
		752 State Government Administration	7520 State Government Administration	
		753 Local Government Administration	7530 Local Government Administration	
		754 Justice	7540 Justice	
	755 Government Representation	7551 Domestic Government Representation	7552 Foreign Government Representation	
76 Defence	760 Defence	7600 Defence		
		7711 Police Services		

	77 Public Order, Safety and Regulatory Services	771 Public Order and Safety Services	7712 Investigation and Security Services	
			7713 Fire Protection and Other Emergency Services	
			7714 Correctional and Detention Services	
			7719 Other Public Order and Safety Services	
		772 Regulatory Services	7720 Regulatory Services	
P EDUCATION AND TRAINING	80 Preschool and School Education	801 Preschool Education	8010 Preschool Education	
		802 School Education	8021 Primary Education	
			8022 Secondary Education	
			8023 Combined Primary and Secondary Education	
			8024 Special School Education	
	81 Tertiary Education	810 Tertiary Education	8101 Technical and Vocational Education and Training	
		8102 Higher Education		
82 Adult, Community and Other Education	821 Adult, Community and Other Education		8211 Sports and Physical Recreation Instruction	
			8219 Adult, Community and Other Education n.e.c.	
	822 Educational Support Services		8220 Educational Support Services	
Q HEALTH CARE AND SOCIAL ASSISTANCE	84 Hospitals	840 Hospitals	8401 Hospitals (Except Psychiatric Hospitals)	
			8402 Psychiatric Hospitals	
	85 Medical and Other Health Care Services	851 Medical Services		8511 General Practice Medical Services
				8512 Specialist Medical Services
		852 Pathology and Diagnostic Imaging Services		8520 Pathology and Diagnostic Imaging Services
			853 Allied Health Services	8531 Dental Services
		8532 Optometry and Optical Dispensing		
		8533 Physiotherapy Services		
	8534 Chiropractic and Osteopathic Services			
		8539 Other Allied Health Services		
	859 Other Health Care Services		8591 Ambulance Services	
			8599 Other Health Care Services n.e.c.	
	86 Residential Care Services	860 Residential Care Services		8601 Aged Care Residential Services
				8609 Other Residential Care Services
	87 Social Assistance Services	871 Child Care Services		8710 Child Care Services
879 Other Social Assistance Services			8790 Other Social Assistance Services	
R ARTS AND RECREATION SERVICES	89 Heritage Activities	891 Museum Operation	8910 Museum Operation	
		892 Parks and Gardens Operations	8921 Zoological and Botanical Gardens Operation	
			8922 Nature Reserves and Conservation Parks Operation	
	90 Creative and Performing Arts Activities	900 Creative and Performing Arts Activities		9001 Performing Arts Operation
				9002 Creative Artists, Musicians, Writers and Performers
				9003 Performing Arts Venue Operation
	91 Sports and Recreation Activities	911 Sports and Physical Recreation Activities		9111 Health and Fitness Centres and Gymnasias Operation
				9112 Sports and Physical Recreation Clubs and Sports Professionals
				9113 Sports and Physical Recreation Venues, Grounds and Facilities Operation
				9114 Sports and Physical Recreation Administrative Service
		912 Horse and Dog Racing Activities		9121 Horse and Dog Racing Administration and Track Operation
				9129 Other Horse and Dog Racing Activities
913 Amusement and Other Recreation Activities		9131 Amusement Parks and Centres Operation		
		9139 Amusement and Other Recreational Activities n.e.c.		
92 Gambling Activities	920 Gambling Activities		9201 Casino Operation	
			9202 Lottery Operation	
			9209 Other Gambling Activities	
S OTHER	94 Repair and Maintenance	941 Automotive Repair and Maintenance	9411 Automotive Electrical Services	
			9412 Automotive Body, Paint and Interior Repair	
			9419 Other Automotive Repair and Maintenance	
			9421 Domestic Appliance Repair and Maintenance	

	942 Machinery and Equipment Repair and Maintenance	9422 Electronic (except Domestic Appliance) and Precision Equipment Repair and Maintenance 9429 Other Machinery and Equipment Repair and Maintenance
	949 Other Repair and Maintenance	9491 Clothing and Footwear Repair 9499 Other Repair and Maintenance n.e.c.
95 Personal and Other Services	951 Personal Care Services	9511 Hairdressing and Beauty Services 9512 Diet and Weight Reduction Centre Operation
	952 Funeral, Crematorium and Cemetery Services	9520 Funeral, Crematorium and Cemetery Services
	953 Other Personal Services	9531 Laundry and Dry-Cleaning Services
		9532 Photographic Film Processing
		9533 Parking Services
		9534 Brothel Keeping and Prostitution Services 9539 Other Personal Services n.e.c.
	954 Religious Services	9540 Religious Services
955 Civic, Professional and Other Interest Group Services	9551 Business and Professional Association Services 9552 Labour Association Services 9559 Other Interest Group Services n.e.c.	
96 Private Households Employing Staff and Undifferentiated Goods- and Service-Producing Activities of Households for Own Use	960 Private Households Employing Staff and Undifferentiated Goods- and Service-Producing Activities of Households for Own Use	9601 Private Households Employing Staff
		9602 Undifferentiated Goods-Producing Activities of Private Households for Own Use
		9603 Undifferentiated Service-Producing Activities of Private Households for Own Use