HAL
open science

Les facteurs de localisation d'un nouveau type d'établissements tertiaires : les datacentres.

Henry Bakis

To cite this version:

Henry Bakis. Les facteurs de localisation d'un nouveau type d'établissements tertiaires : les datacentres.. 2014. hal-01017015

HAL Id: hal-01017015

https://hal.science/hal-01017015v1

Submitted on 1 Jul 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LES FACTEURS DE LOCALISATION D'UN NOUVEAU TYPE D'ETABLISSEMENTS TERTIAIRES : LES DATACENTRES

Henry Bakis[1]

UMR 5281 (ART-Dev)

Résumé - *Les centres de traitement de données ou datacentres*[2] *(data centers) sont de nouveaux types d'établissements tertiaires rendus nécessaires par suite du développement d'Internet (sites web, cloud*[3]*). Ils assurent notamment l'hébergement de serveurs (Housing) d'entreprises ou de particuliers en location ou colocation d'espaces.*

Cet article tente de présenter ce type d'établissements tertiaires et de mettre l'accent sur leurs enjeux en termes de localisation et d'environnement.

Mots clés - *Centres de traitement de données. Datacentre. Energie. Internet. Nuage. Localisation. Tertiaire. TIC. Services. Datacentre.*

Abstract - *Data processing centers (or data centers) are facilities needed by the development of the Internet (websites, cloud). In particular, data centers provide hosting servers (Housing) of companies or individuals for rent or roommate spaces.*

This paper focuses on location and environment related with the Internet and ICT.

Key words - *Data center. Energy. Internet. Cloud. ICT. Localisation. Services.*

~ Rapport de recherche ~

Version 1: 30 juin 2014

---

[1] Professeur de Géographie et Aménagement à l'Université de Montpellier III. Directeur de recherche à l'UMR 5281 (ART-Dev Acteurs, ressources et territoires pour le développement). L'auteur remercie Stéphane COURSIERE (UMR 5281, ART-Dev) pour la réalisation des figures utilisant un fond *Google Earth* et de celle relative à IBM Europe.

[2] Nous choisissons d'utiliser ce néologisme un peu francisé (ce que fait aussi OVH). Le mot, calqué sur l'anglais « data centers » est plus commode d'utilisation que l'expression souvent utilisée « *centres de traitement de données* ». De plus cette expression est imprécise, car ces centres ne font pas que traiter des données : ils les stockent, les sécurisent, les gèrent, les mettent sur le net à la demande des utilisateurs ou des internautes.

[3] Cette technologie permet de stocker des données de toutes sortes (textes, illustrations, photographies, vidéos, films) sur des serveurs localisés à distance. Elle est apparue en 2000.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
I. L'HEBERGEMENT INTERNET	4
La géographie des TIC : au croisement de l'espace réel et de l'espace virtuel	4
L'hébergement : une nouvelle activité de service	5
Les services et prestations des hébergeurs	6
II. LES FACTEURS DE LOCALISATION	8
L'approvisionnement en énergie	8
L'énergie sert au fonctionnement mais aussi au refroidissement des datacentres	8
Présentation de quelques cas	10
OVH dans le quartier du Sartel, Roubaix	10
OVH à Gravelines (Nord): la proximité de la plus grande centrale nucléaire d'Europe	12
Le datacentre d'OVH à Beauharnois (Québec) : la proximité d'une grande centrale hydro-électrique	14
Le datacentre Normandie d'Orange à Val-de-Reuil (Eure) : avantages du climat normand et redéploiement	17
Le datacentre d'IBM à Montpellier : proximité du réseau électrique à haute tension	19
Project 02. Le datacentre de Google à The Dalles (Oregon) : la proximité d'une grande centrale hydro-électrique	21
Le datacentre de Google à Hamina (Finlande): la proximité d'eaux marines froides	22
La contrainte de proximité des grandes artères numériques	24
A l'échelle locale- Le cas d'IBM Montpellier	24
Le réseau d'OVH	25
Les facteurs de localisation non spécifiques a l'activité des datacentres	27
Le rôle des collectivités territoriales	27
Le personnel	27
CONCLUSIONS	29
REFERENCES	31

INTRODUCTION

La généralisation du recours à l'informatique, aux TIC et plus particulièrement à l'Internet a eu pour conséquence la naissance de nouveaux types d'établissements tertiaires : les datacentres[4]. Des services nouveaux (sites web, informatique en nuages[5]) ont été développés pour répondre aux besoins de stockage à distance de données sur les serveurs. Car les données consultées par les usagers sont "dématérialisées" : elles ne sont plus logées dans un ordinateur local ou un disque dur externe, mais dans les serveurs d'hébergeurs (des entreprises fournissant ce service). Les datacentres assurent notamment l'hébergement de serveurs (*housing*) d'entreprises ou de particuliers en location ou colocation d'espaces. La capacité des datacentres se mesure aujourd'hui en téraoctets et même en péraoctects[6].

L'explosion de ces besoins se traduit par une explosion parallèle des besoins en infrastructures de transmission et en capacités et de stockage. Il en résulte depuis une dizaine d'années au moins, une compétition entre les grands opérateurs du Web et des TIC sur un marché disputé aussi par d'autres acteurs : hébergeurs informatiques et éditeurs de logiciels[7], grandes entreprises ou administrations d'Etats notamment. Ces acteurs investissent dans les centres de données plus ou moins massivement, tout en restant discrets sur leurs capacités réelles.

Alors que l'attention des aménageurs et des collectivités territoriales est éveillée sur les enjeux des infrastructures, les enjeux des centres de traitement des données ne sont pas toujours bien connus. Cet article tente d'introduire le sujet et de mettre l'accent sur les enjeux de ces établissements tertiaire en termes de localisation et d'environnement.

Après avoir présenté l'activité « hébergement » et donné quelques éléments quantitatifs sur cette activité économique cet article s'attardera sur les contraintes spatiales de ces présidant à la création de ces points névralgiques du réseau internet. On s'intéressera ici aux facteurs de localisation de ce centre de services particulier qu'est un centre d'hébergement de serveurs de l'Internet. Car, comme pour une usine ou un centre commercial, il est possible d'identifier les principaux facteurs de localisation d'un centre d'hébergement internet. On s'intéressera également aux enjeux environnementaux qui en découlent.

---

[4] On parle centres de traitement de données. Plus prosaïquement, ils sont parfois qualifiés de « fermes » ou « entrepôt de données », mais aussi de « centres de flux de données ». Leurs fonctions sont multiples : simple stockage d'archives, sécurisation, accessibilité des documents....

[5] *Cloud*, ou *cloud computing*, nuage. Claude Malaison (2013) a parlé de « l'infonuagique » et de « fournisseurs de services d'infonuagique ».

[6] Rappelons que le pétaoctec (Po en français ; Pb en anglais pour petabyte) correspond à 10^{15} octets soit 1000 téraoctets (terabytes). L'octet (byte) est une unité de mesure en informatique (symbole o) indiquant la capacité de mémorisation des mémoires informatiques. Il correspond en principe à une séquence de 8 bits codant une information. Dans le système binaire, un octet permet donc de nombreuses valeurs différentes (nombres ou caractères). On utilise des multiples de l'octet : Kilooctet (Ko) ; Mégaoctet (Mo) ; Gigaoctec (Go), Téraoctec (To), Pétaoctect (Po). Ces multiples décrivent la contenance de mémoires mais ils servent à décrire aussi la rapidité du transfert des informations lorsqu'on les associe à une durée (octets transmis par seconde). L'octet est en principe l'unité adressable de mémoire plus petite.

[7] Longtemps concentré sur les ventes de logiciels, Microsoft considère désormais l'informatique en nuages comme une priorité.

I. L'HEBERGEMENT INTERNET

LA GEOGRAPHIE DES TIC : AU CROISEMENT DE L'ESPACE REEL ET DE L'ESPACE VIRTUEL

L'inauguration d'un aéroport, d'une gare TGV, d'un port en eaux profondes, d'une ligne de tramway, met en branle les acteurs et marque durablement l'image d'un territoire. La mise en service d'un élément de réseaux de télécommunication ne donne pas lieu à un événement d'ampleur comparable, ni à une couverture médiatique similaire car, malgré l'évidence, ils ont été durablement perçus comme immatériels, laissant peu d'empreintes concrètes sur les paysages et les territoires. Les réseaux de télécommunications et de l'Internet marquent pourtant l'espace humain et ont toute leur place dans les paysages urbains et ruraux[8]. Les réseaux de câbles sous-marins n'ont rien de virtuel, ni d'ailleurs les réseaux satellitaires. Aujourd'hui, cette prise de conscience fait que les relais hertziens destinés à la téléphonie cellulaire sont reconnus comme tels et dénoncés par certaines associations de consommateurs en vertu du principe de précaution, suite aux risques sanitaires qu'ils feraient encourir aux populations.

Pourtant, le langage courant continue à situer les télécommunications dans un espace immatériel : l'imaginaire des internautes est amené à situer ce réseau dans « un nuage » ! Or ce réseau s'articule dans une réalité tout à fait matérielle.

Parmi les traces physiques des télécommunications sur l'espace géographique figurent les infrastructures (équipements de réseaux câblés et hertziens) mais aussi des lieux particuliers (immeubles et parcs réunissant les activités de l'économie numérique[9] ; centres d'hébergement de l'internet. L'hébergement des données est en effet une fonction technique indispensable au bon fonctionnement des services internet et des entreprises assurent et commercialisent cette fonction à l'articulation de l'espace réel et du cyberespace technique[10]. Car - est-il encore besoin de le rappeler ? - les réseaux de télécommunication ne sont en aucune manière détachés de l'espace « réel » et des contraintes spatiales qui en découlent[11].

Cet objet géographique est soumis à la loi commune : il révèle un espace marqué par les disparités entre les lieux. Le géographe se retrouve alors en terrain connu : celui du caractère hétérogène de l'espace[12]. Sur cette planète, certains lieux sont mieux connectés que d'autres ; c'est toujours le cas, à des degrés divers, pour les métropoles et les grandes agglomérations, y compris dans les pays les moins avancés.

---

[8] Infrastructures filaires, antennes, tour et relais hertziens, centres de commutation, tranchées ouvertes dans les rues lors de travaux de génie civil, bâtiments administratifs et agences des opérateurs, etc.. Voir le cahier photographique exposant la visibilité évidente des télécommunications dans les paysages et les espaces urbains. H. Bakis (1982).

[9] Voir : Henry Bakis (1988), « Technopôle et téléport: concepts et réalités », in *Problèmes économiques*, n° 2082, 6 juillet 1988, pp. 12-19**.** Bruno Moriset (2003), « Les forteresses de l'économie numérique. Des immeubles intelligents aux hôtels de télécommunications », *Géocarrefour* [En ligne], Vol. 78, 4, mis en ligne le 14 août 2007, 86.

[10] Ces datacentres sont de véritables "forteresses de l'économie numérique" plus encore que l'immobilier d'entreprise, les parcs d'activités numériques et autres téléports. L'expression "forteresses de l'économie numérique" est de Bruno Moriset (2003).

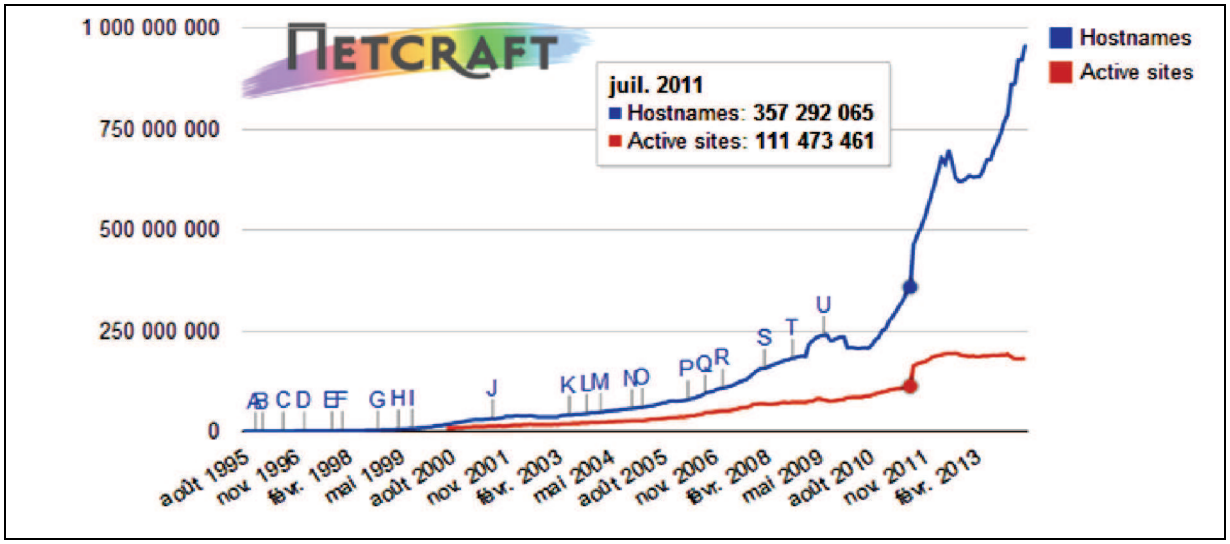
[11] C. Jacquin note justement : « Loin des spéculations, mythes et fantasmes on remarquera la pesanteur des facteurs techniques, mais aussi économiques, sociaux, et spatiaux » (2003, p. 23).

[12] A juste titre, G. Puel et Ch. Ullmann remarquent que l'Internet décentralisateur est un rêve ; que l'accès à cette technologie « n'est pas universel : des lieux sont très bien connectés, d'autres à l'écart », p. 97. Gabriel Dupuy note la connexion Internet rapide soulève de grands espoirs en matière d'innovation, de productivité et de compétitivité pour les entreprises, et comme indispensable outil de communication pour les particuliers. « Cependant, cet espoir se heurte à la réalité des accès aux réseaux, parfois inexistants, souvent insuffisants ou trop chers pour susciter les effets d'entraînement escomptés » (G. Dupuy (2004), « Internet : une approche géographique à l'échelle mondiale », *Flux*, Vol. 4, n°58, p. 5).

L'HEBERGEMENT : UNE NOUVELLE ACTIVITE DE SERVICE

Une activité économique spécifique est née de ces fonctions de services qu'impose le développement d'internet. Diverses entreprises, notamment françaises, sont actives sur ce marché. Toutes sortes de contenus peuvent être stockées : des sites web évidemment, mais aussi des données de radios, de jeux en lignes, etc. L'hébergeur est un partenaire incontournable pour la majorité des entreprises[13].

Selon les statistiques de Netcraft[14], on compte près de 182,14 millions de sites internet actifs dans le monde en avril 2014 contre 22,81 millions dix ans auparavant[15]. Le Net se dilate à une vitesse gigantesque : on a compté 5,1% de sites supplémentaires entre février et mars 2012 ! [16]



Evolution du nombre de sites web

Extrait de : http://news.netcraft.com/archives/category/web-server-survey/, copie d'écran, le 7 avril 2014.

Dans le monde la croissance des surfaces des datacentres et des capacités de mémoires s'accélère. La part du chiffre d'affaires des entreprises provenant du cloud augmente (celui d'IBM-France a été multiplié par 2,4 entre 2010 et 2011[17]).

Certains acteurs veillent à disposer et même à être pleinement propriétaires de leurs datacentres. C'est le cas pour les datacentres suivant d'ATT, situés aux Etats-Unis.

Data Center	Relation	Address	City	Country
AT&T 21561 Beaumeade	Owner	21561 Beaumeade Circle	Ashburn	USA
AT&T 21571 Beaumeade	Owner	21571 Beaumeade Circle	Ashburn	USA
AT&T 811 10th Ave	Owner	811 10th Avenue	New York	USA
AT&T Secaucus	Owner	15 Enterprise Ave	Secaucus	USA
AT&T 3175 Spring	Owner	3175 Spring Street	Redwood City	USA
AT&T 1301 W Univesity	Owner	1301 W University Drive	Mesa	USA

[13] « 84 % d'entre elles confient l'hébergement à un prestataire extérieur ». C. Jacquin (2003), p. 24.

[14] Depuis 1995, Netcraft mène des sondages mensuels automatisés d'Internet par nom de domaine (à la recherche de site Internet (serveurs http). Cette source est utile pour connaître le nombre de sites web actifs ce qui permet de mesurer la taille et l'évolution du World Wide Web. (D'après https://fr.wikipedia.org/wiki/Netcraft, 7 avril 2014)

[15] On en comptait près de 111,5 millions en juillet 2011, 83,46 en janvier 2010. La progression sort de l'ordinaire.

[16] http://www.businesscoot.com/le-march-de-l-h-bergement-de-sites-internet-67/.

[17] Christian Comtat, directeur en charge du cloud chez IBM France, cité par Christian Goutorbe (2012).

Source : Site web d'ATT (2014)

En France, près de 25 millions de personnes disposent d'une connexion haut début et plus de 2 millions disposent du très haut débit.

LES SERVICES ET PRESTATIONS DES HEBERGEURS

Diverses entreprises produisant des données (banques, assurances) ou des contenus (notamment ceux placés sur des sites web) ne disposent pas toujours des équipements indispensables pour la gestion, le stockage et la sécurité de ces données (en cas de problèmes de tous ordres, y compris en matière de cyber sécurité, l'entreprise doit pouvoir récupérer ses données). Elles ne sont pas toujours à même d'assurer par ailleurs le service technique indispensable pour que leur présence sur le net soit effective.

Aussi recourent-ils en général à des entreprises spécialisées : les hébergeurs qui créent et gèrent des établissements particuliers : les centres de traitement de données. Physiquement, ces établissements regroupent divers appareils et systèmes informatiques : des ordinateurs, des serveurs, des baies de stockage et des équipements de réseaux. Du point de vue fonctionnel, ces centres traitent des informations électroniques nécessaires à l'activité d'une entreprise ou bien de diverses entreprises clientes. Les hébergeurs proposent aussi à leurs clients une présence sur Internet, et des services dont ils assurent la maintenance et la sécurité (Web, Mail, Bases de données, PHP et MySQL, d'e-mails, FTP, programmes nécessaires, raccordement aux réseaux des opérateurs de télécommunication, sauvegarde, etc.). Ils fournissent pour l'essentiel un service d'hébergement Internet et peuvent être chargés de l'enregistrement des noms de domaines auprès des organismes internationaux régissant cette ressource.

En résumé, les entreprises ne possèdent généralement pas l'expertise nécessaire et les compétences techniques indispensables pour assurer elles-mêmes la réalisation et la gestion quotidienne d'un datacentre dédié à leurs activités[18]. Les compétences sont de divers ordres : énergie (performance énergétique, redondance, centrale de secours électrique), refroidissement (production et distribution de froid), sécurité (des ressources informatiques, des bâtiments et du personnel).

Les services des hébergeurs varient selon le tarif pratiqué. Certains proposent un hébergement gratuit mais l'image du site en pâti généralement car la « gratuité » a pour pendant la publication d'annonces ou bannières publicitaires avec le contenu du propriétaire du site. Cependant ce type d'hébergement a le mérite de permettre à des créateurs de site de se familiariser avec l'Internet[19]. L'hébergement mutualisé consiste au partage de l'espace mémoire d'un serveur entre plusieurs centaines de sites (de clients différents)[20]. L'hébergement dédié consiste à allouer au site du client un serveur propre, ce qui permet de meilleures performances en terme de capacités d'espace disque, de bande passante, de sécurité. Une autre formule existe : la location d'un espace dans un centre d'hébergement et d'une connexion au réseau Internet, permet une solution optimale au client. On parle de colocation[21].

[18] Des exemples d'utilisation de ces technologies par les entreprises sont présentés par exemple par IBM Global Technology Services - Integrated Technology Services sur son site http://www-935.ibm.com/services/fr/fr/it-services/lautre-data-center.html (consult. mai 2014).

[19] « Malgré ces nombreux handicaps, le rôle de l'hébergeur gratuit ne doit pas être minoré car il permet d'héberger une partie des sites personnels et par ce biais contribue à la persistance d'un Internet libre et gratuit». C. Jacquin (2003).

[20] « Le problème est que le serveur étant partagé, il suffit qu'un site devienne populaire pour que l'essentiel des ressources du serveur lui soit alloué, au détriment des autres sites qui pourtant auront payés le même prix.». C. Jacquin (2003).

[21] Le matériel est à la charge du client ainsi que la maintenance mais cette formule lui permet d'éviter certains investissements. Il doit disposer de son propre personnel technique localisé à proximité du centre d'hébergement afin

Technicienne à l'œuvre à l'intérieur du datacentre Google à The Dalles, Oregon
Cliché Google[22]

Datacentre de l'Agence Reuters (Londres, juin 2005)[23]

d'intervenir si besoin est dans les meilleurs délais. A la fin des années 1990, au lieu de disposer d'une équipe technique propre, l'entreprise choisissant la colocation loue en même temps les services d'une équipe d'intervention dédiée au site du client (on parle de MSP : Managed Services Providers). « Cette équipe assumera les fonctions de service pour un fonctionnement optimal du site au quotidien. En outre elle permet à l'entreprise propriétaire de ne plus se soucier de la localisation spatiale du centre ». C. Jacquin (2003).

[22] http://www.google.com/about/datacenters/inside/locations/the-dalles/ (mai 2014).

[23] Cliché Adrian Pingstone « released to the public domain'. http://fr.wikipedia.org/wiki/Centre_de_traitement_de_donn%C3%A9es#mediaviewer/Fichier:Reuters.london.arp.jpg, capture de l'image en mai 2014

II. LES FACTEURS DE LOCALISATION

Existe-t-il des facteurs de localisation spécifiques pour les activités tertiaires ? La localisation des activités économiques est un thème important en géographie économique. Les travaux pionniers de Von Thünen (1826) ont porté sur la localisation agricole ; ceux d'Alfred Weber ont eu le mérite de mettre l'accent sur l'importance des facteurs technico-naturels sur la localisation industrielle (Weber 1909) [24].

Les activités de services semblent a priori moins dépendantes du milieu que les activités agricoles, industrielles ou touristiques. Des contraintes de production et de fonctionnement existent cependant, les principales étant liées à la clientèle ou au niveau des salaires à qualification égale[25].

On pense moins à l'importance du branchement aux grands réseaux (TIC / haut débit ; puissance électrique) ou aux facteurs naturels (en dehors des sites touristiques). Le secteur des services de l'ére Internet compte un nouveau type d'établissements : les datacentres.

Or, les datacentres ont un besoin vital d'énergie électrique et de la proximité des artères de très haut débit des réseaux de l'internet. L'importante consommation électrique étant un facteur essentiel, cela implique des préoccupations énergétiques et environnementales. L'énergie sert à faire fonctionner les équipements, mais aussi à refroidir ces derniers. Aussi, le recours à l'air froid extérieur ou à l'eau froide de l'environnement débouche souvent sur le choix de sites en pays froids (Quebec, Canada ; Nord-Ouest des USA ; Nord de l'Europe) ou à des régions relativement fraîches.

On retrouve aussi des besoins non spécifiques à l'activité des datacentres : l'accès à une main d'œuvre spécialisée et à des fournisseurs, l'existence de disponibilités foncières[26] ainsi que l'existence d'aides (souvent consistantes) de la part des collectivités territoriales. Sur le site de Google présentant son datacentre de The Dalles (Oregon), on peut lire l'exposé des facteurs de localisation qui ont été déterminants pour choisir l'emplacement du datacentre : le site « dispose de la bonne combinaison, réunissant la capacité énergétique, la disponibilité de terrains à bâtir et la main-d'œuvre disponible nécessaire pour le datacentre »[27]. On constatera dans les cas suivants que ces mêmes facteurs jouent effectivement.

L'APPROVISIONNEMENT EN ENERGIE

La consommation électrique est une question centrale pour les datacentres particulièrement gourmands en énergie. Les gros datacentres sont de gros consommateurs d'électricité malgré les efforts faits (gains d'efficience énergétique des ordinateurs, optimisation des réseaux, meilleur efficacité énergétique des matériels informatiques). En dix ans, le coût de l'énergie d'un datacentre a été multiplié par 8 selon IBM[28]. En raison de l'explosion des besoins, un datacentre de 10.000 m² consommerait autant qu'une ville de 50.000 habitants et les plus grands consomment autant d'électricité que 250 000 foyers

[24] Il n'est pas dans notre propos d'évaluer la pertinence de la méthode, ou de méthodes en étant issues, de nos jours (voir : I. Géneau de Lamarlière, 2008).

[25] La localisation des activités de service a donné lieu à des études et revue bibliographiques, comme celle de : M Padeiro, *Localisation des activités économiques et développement durable des territoires Une revue de l'état actuel des recherches.*

[26] Pour les bâtiments nécessaires pour commencer l'activité, mais aussi pour d'éventuelles extensions.

[27] *« The Dalles has the right combination of energy infrastructure, developable land, and available workforce for the data center »* http://www.google.com/about/datacenters/inside/locations/the-dalles/ (consult. juin 2014).

[28] http://www-935.ibm.com/services/fr/fr/it-services/lautre-data-center.html (consult. mai 2014).

européens. Si le « cloud » était un pays, « il se classerait (en 2012) au 5e rang mondial en termes de demande en électricité. Or, ses besoins devraient tripler d'ici à 2020[29].

Sait-on que chaque recherche sur le moteur de recherche Google a une empreinte écologique estimée à 7 grammes d'émission de carbone[30].

L'implantation et le fonctionnement de ce genre d'établissement tertiaire est conditionné par la satisfaction d'un besoin vital en énergie (alimentation électrique sécurisée, refroidissement): des quantités de courant électrique non seulement importantes mais aussi croissantes compte tenu des perspectives du numérique et de l'usage du web. Le besoin d'énergie est si vital pour les datacentres qu'il fournit une clé pour comprendre la localisation de certains d'entre eux.

Le cas d'OVH mérite analyse pour le soin mis à implanter ses nouveaux établissements à proximité de sources énergétiques abondantes. Cet hébergeur français (OVH veut dire « On vous héberge ») a été créé à Roubaix en 1999. Il héberge aujourd'hui plus de 18 millions de sites dans le monde[31] et s'appuie sur 12 centres d'hébergement dont six le Nord-Pas-de-Calais et d'autres en région parisienne[32], à Strasbourg et à Beauharnois (Canada) [33]. Cet hébergeur fait état sur son site internet du soin qu'il met à sécuriser l'alimentation électrique de ses centres de données : double alimentation électrique systématique ; onduleurs de 250 KVA chacun ; groupes électrogènes d'une autonomie initiale de 48h ; deux arrivées réseau minimum jusqu'au centre. Il ajoute qu'à l'intérieur des bâtiments, deux salles réseau jumelles sont en mesure de prendre le relais l'une de l'autre[34].

L'énergie sert au fonctionnement mais aussi au refroidissement des datacentres

Le besoin d'énergie est double : l'énergie sert d'abord au bon fonctionnement des équipements mais elle permet aussi l'atténuation de la chaleur produite par ces matériels. En effet, il est important de minimiser la production de chaleur par les matériels informatiques pour éviter tout dysfonctionnement.

Dans les datacentres, les serveurs chauffent avec des pointes pouvant atteindre 120°, qu'il faut impérativement refroidir.

Au début des années 2000, un observateur notait : « on observe des systèmes d'aération particulièrement sophistiqués diffusant l'air frais par les dalles du sol afin de pénétrer directement dans les circuits des serveurs » [35]. Mais, une fois la chaleur produite, il convient de la réduire par la mise en œuvre de climatiseurs gourmands en énergie ou d'autres procédés visant à faire baisser la facture énergétique du nécessaire refroidissement. Les hébergeurs

---

[29] Greepeace (2012), *How clean is your cloud ?* , April, 52 p., http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2012/iCoal/HowCleanisYourCloud.pdf

[30] Miguet François (2014), p. 66.

[31] En Europe, OVH gère trois millions de noms de domaine. « Notre place de numéro 1 européen et de numéro 3 mondial repose sur notre innovation – un quart de notre effectif se consacre à la recherche et développement – et sur notre maîtrise de la chaîne de l'hébergement », confie Nicolas Boyer, le directeur financier d'OVH. Pratiquant des prix inférieurs à ceux de la concurrence (environ 25% moins cher), OVH a vu son chiffre d'affaires progresser de 35% en 2012 approchant dépassant les 150 millions d'euros. http://photo.capital.fr/ces-pme-francaises-qui-s-exportent-3322/ovh-infrastructures-internet-le-troisieme-plus-gros-hebergeur-de-sites-web-au-monde-51356, 7 avril 2014.

[32] Rogel Christian (2014), « Le plus grand hébergeur Internet d'Europe arrive en Bretagne » 6 février, http://www.agencebretagnepresse.com/fetch.php?id=32830.

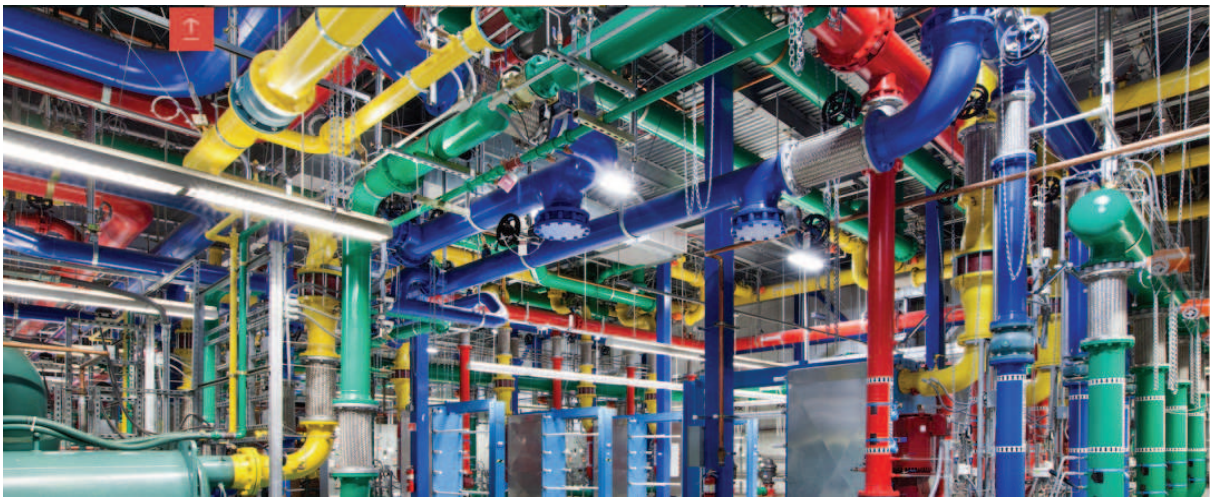
[33] Maheu Marie-Eve (2013), « Le plus grand centre d'hébergement web au monde à Beauharnois », 26 avril, http://blogues.radio-canada.ca/rive-sud/2013/04/26/centre-donnees-ovh-beauharnois/.

[34] Il s'agit d'OVH. http://www.ovh.com/fr/apropos/datacentres.xml. Page consultée en mai 2014.

[35] C. Jacquin (2003).

tentent de développer des technologies de refroidissement des serveurs. Ils utilisent la climatisation mais laissent la place à d'autres procédés[36].

L'illustration qui suit donne une idée du réseau de tuyauteries servant à amener et à évacuer l'eau d'un datacentre de Google (The Dalles, Oregon). Les couleurs choisies indiquent les tuyaux contenant de l'eau froide (bleu) ou chaude (rouge).



Refroidissement du datacentre de Google à The Dalles, Oregon

PRESENTATION DE QUELQUES CAS

Les fonctions des datacentres peuvent être assurées dans des bâtiments d'origine et d'architecture variées : bâtiments modernes (Reuters à Londres), usines désaffectées (Google à Hamina, OVH à Roubaix, Gravelines et Beauharnois), conteneurs aménagés posés sur un parking (OVH à Strasbourg[37]) ou même barges à flot contenant plusieurs étages de conteneurs (Google à San Francisco et Portland).

OVH dans le quartier du Sartel, Roubaix

Le besoin d'énergie constitue un facteur explicatif dans la décision d'OVH de s'implanter à Gravelines, localité est située à quelque 85 kilomètres du berceau de l'entreprise (Roubaix).

L'entreprise est née à Roubaix. Elle s'est développée dans le quartier du Sartel. Sur le cliché ci-dessous, on voit un paysage industriel du début du 20ème siècle : canal, usine de peignage d'Alfred Motte). Dans ce quartier, l'activité industrielle était sinistrée.

[36] Ainsi, OVH a-t-il utilisé « conjointement l'eau et la ventilation naturelle sous le climat tempéré du Nord de la France », Bonnaffé Hugo (2013d)

[37] Le concept de datacentre en containers sur un parking visait à obtenir un bâtiment modulaire et de rapide mise en œuvre. Un responsable d'OVH résume le projet : « nous prenons des boîtes que nous assemblons » (Lorine Schieber, 2012)

Le quai du Sartel à Roubaix. Bâtiments industriels et batellerie au début du 20ème siècle
Carte postale ancienne[38]

Aujourd'hui, le site de Roubaix est métaphoriquement appelé la Roubaix Valley par l'hébergeur lui-même. Il compte six datacentres dont le plus innovant (Roubaix4) a été inauguré en 2011 et dont un autre est en cours d'aménagement (Roubaix 6). Cet hébergeur s'est étendu dans son site historique mais, suite à sa croissance considérable, il trouve des difficultés à continuer à s'étendre sur ce site. OVH a pris en compte les limites prévisibles de son site historique, dit 'Roubaix Valley', quant à ses capacités électriques. Or, il comptait déjà cinq centres de données, un sixième étant en cours d'installation[39]. Les travaux, programmés avec ERDF devaient durer au moins un an et demi[40], soit une durée rédhibitoire pour l'entreprise qui ne pouvait attendre autant. D'autant que le site du siege social, serait arrivé à saturation avant la fin de ce chantier[41].

[38] Site de vente de cartes postales anciennes : http://www.delcampe.net/ (mai 2014).

[39] Par ailleurs, un développement s'opère en France (deux centres en Région parisienne et quatre à Strasbourg. Un développement se fait aussi en direction de l'Amérique du Nord avec les deux centres de l'établissement de Beauharnois (Québec).

[40] Lionel Deny, responsable d'exploitation chez OVH, cité par Bonnaffé Hugo (2013b), « Gravelines, le plus grand centre de données d'Europe », *OVH News. Le magazine d'actualités d'OVH.com*, n° 2, oct., pp. 12-15.

[41] Henryk Klaba, president du groupe OVH, cité par Bonnaffé Hugo (2013b), « Gravelines, le plus grand centre de données d'Europe », *OVH News. Le magazine d'actualités d'OVH.com*, n° 2, oct., pp. 12-15.

L'établissement de l'hébergeur OVH, Quai du Sartel à Roubaix au début du 21ème siècle.
Cliché (2012)[42]

L'hébergeur s'est donc mis en quête d'une nouvelle implantation dans la region Nord pour assurer son développement.

A Gravelines (Nord): la proximité de la plus grande centrale nucléaire d'Europe

Proche de la mer du Nord, un nouveau site a vu le jour à la fin de l'année 2012. Le site du nouveau datacentre d'OVH occupe 9 hectares et comprend 20000 m2 de bâtiments.[43] ; c'est le plus grand centre de données d'Europe.

Le datacentre d'OVH de Gravelines
Cliché OVH (2013)[44]

[42] https://lafibre.info/ovh-datacenter/ovh-vu-du-ciel-avant-apres/ (consult. Mai 2014).
[43] Bonnaffé Hugo (2013b), pp. 12-15.
[44] http://www.ovh.com/fr/undefined/a1141.datacenter-ovh-gravelines (mai 2014).

Cet établissement a hérité du site d'une ancienne usine de la société Rexam disponible. Outre le voisinage de la plus grande centrale nucléaire d'Europe de l'Ouest, cette usine présentait un autre intérêt du point de vue énergétique car elle se prêtait bien à la reconversion envisagée. Avant de fermer ses portes en décembre 2009[45], elle avait vu la fabrication de boîtes en acier étamé (autrement dit des canettes). Comme le travail de l'acier posait déjà la problématique de l'évacuation de la chaleur des machines, le bâtiment avait été conçu pour rendre possible une ventilation naturelle. L'ancienne usine Rexam disposait aussi d'une alimentation électrique de dix mégawatts[46], facilement extensible, ce qui était un avantage important pour OVH.

Gravelines est d'abord un site de production électrique remarquable par ses dimensions : c'est la centrale nucléaire la plus grande d'Europe[47]. Le site de l'établissement d'OVH montre une double proximité avantageuse pour l'hébergeur : la centrale nucléaire d'une part, le canal d'admission de l'eau de mer destinée à la centrale d'autre part. Cela rend possible, si nécessaire, à la fois un approvisionnement en énergie électrique et un approvisionnement en eau de refroidissement du datacentre.

Le site de l'établissement d'OVH à Gravelines
Cliché Google Earth (capture 2014)

[45] 137 salariés ont été licenciés. Les anciens salariés ont contesté les raisons économiques avancées par la direction de Rexam, affirmant que les raisons étaient stratégiques. Ils auraient été les victimes de la mondialisation et subi une délocalisation puisqu'une ligne de production affirment-ils a été installée au Brésil après avoir été démontée à Gravelines et que par ailleurs les débouchés de l'entreprise à l'exportation auraient été « progressivement rognés par les autres sites de production du groupe Rexam ». La direction expliquait quant à elle le plan social par « une surcapacité structurelle du marché français, une surcapacité conjoncturelle du marché européen, et l'augmentation du prix de l'acier ». Voir : *La voix du Nord*, 6 nov. 2009 ; 30 décembre 2009 ; 21 sept. 2011. *Le phare dunkerquois*, 16 mai 2012.

[46] Bonnaffé Hugo (2013b).

[47] Elle a été implantée à proximité de la mer du Nord de manière à pouvoir bénéficier du refroidissement permis par les eaux de mer.

La centrale nucléaire de Gravelines (2008)[48]

Le datacentre d'OVH à Beauharnois (Québec) : la proximité d'une grande centrale hydro-électrique

Dans le cadre de son développement mondial et suite à son intérêt pour le marché américain, OVH s'est implantée outre-Atlantique en janvier 2012. OVH a acquis le site d'une friche industrielle de 60000 mètres carrés située dans les environs de Montréal : l'usine de Beauharnois (Québec) qui a appartenu à l'entreprise Rio Tinto Alcan[49].

Sur le site de Beauharnois, un datacentre (dit BHS) a été mis en service à la fin de l'année 2012, et trois mois plus tard s'y est ajouté un second (dit BHS2) : il devait atteindre une capacité totale de 20000 serveurs au début de juillet 2013[50]. La perspective fixée par l'entreprise est de faire de ce centre l'un des plus importants au monde, avec 360 000 serveurs soit bien plus que l'actuelle capacité d'OVH en France (100000 serveurs)[51]. Les investissements sont à la mesure de cette ambition : 127,3 millions de dollars, soit quelque 100 millions d'euros[52].

Ce site fournit une intéressante démonstration du rôle fondamental de l'énergie comme facteur de localisation d'un centre d'hébergement de données. Justifiant le choix de ce site de à Beauharnois, la direction d'OVH affirme : « On est tombé amoureux du site, parce qu'il est fait pour notre technologie »[53].

La proximité d'un important barrage hydro-électrique (300 mètres environ) sur le fleuve Saint-Laurent a joué ici un rôle attractif comparable à celle de la centrale nucléaire de Gravelines, l'entreprise entendant sécuriser à long terme une fourniture énergétique abondante et proche. La centrale de Beauharnois est du type fil de l'eau (sans véritable réservoir) ; construite sur le Saint-Laurent à une quarantaine de kilomètres à l'ouest de Montréal, elle est exploitée par Hydro-Québec depuis la première nationalisation de l'électricité au Québec en 1944. Elle développe une puissance installée de 1 903 MW (2008)[54].

L'approvisionnement électrique du datacentre de Beauharnois est assuré par trois sources électriques distinctes (voir la figure ci-après). Notons que le septième datacentre mondial

---

[48] Cliché Douchet Quentin. http://fr.wikipedia.org/wiki/Centrale_nucl%C3%A9aire_de_Gravelines (consultation 12 mai 2014)

[49] Branche aluminium née du rachat d'Alcan par le groupe minier londonien Rio Tinto en 2007.

[50] Bonnaffé Hugo (2013d)

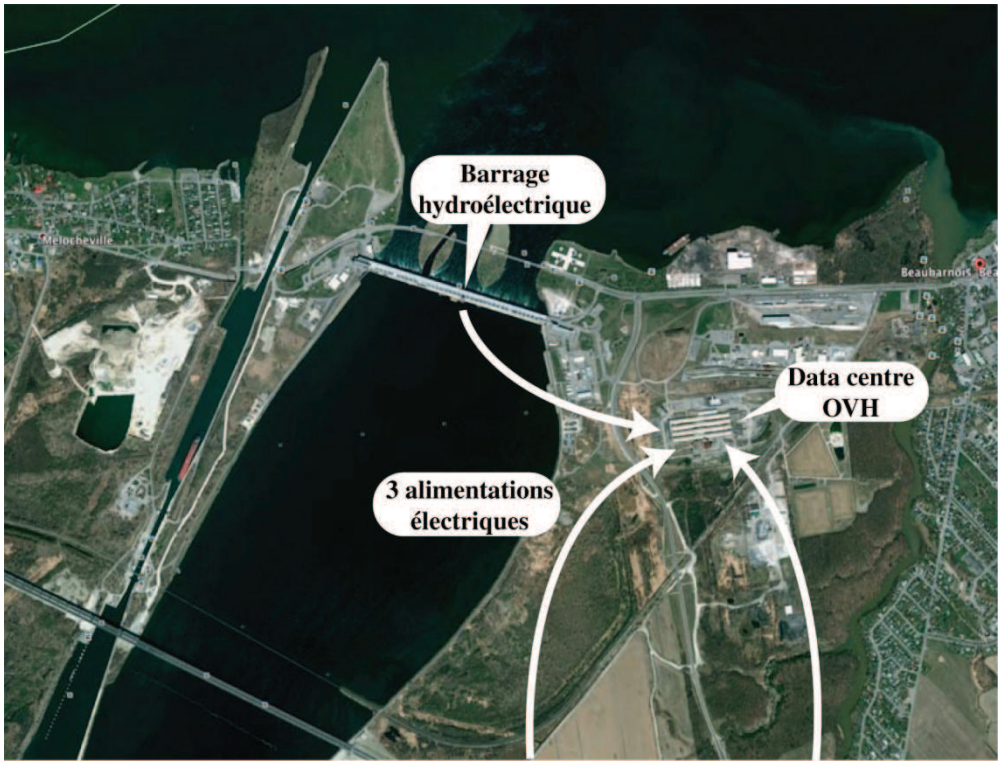
[51] D'après X (2014), *Alliancy le mag, Numérique & Business*, N° 7, février-avril http://www.alliancy.fr/dossier/cloud/le-plus-grand-datacenter-du-monde-construit-par-le-francais-ovh (consult. mai 2014).

[52] X (2014), *Alliancy le mag, Numérique & Business*, N° 7.

[53] Germain Masse, directeur mondial des centres de données d'OVH, cité par Maheu Marie-Eve (2013), « Le plus grand centre d'hébergement web au monde à Beauharnois », 26 avril, http://blogues.radio-canada.ca/rive-sud/2013/04/26/centre-donnees-ovh-beauharnois/.

[54] Hydro Québec (2009), *Rapport annuel 2008 : L'énergie de notre avenir*, Montréal, avril, p. 124 (cité par http://fr.wikipedia.org/wiki/Centrale_de_Beauharnois#cite_note-HQ2008-9).

d'IBM à Grabels (Montpellier, 2012) dispose également de trois sources différentes d'alimentation en énergie pour une meilleure sécurisation[55].



L'approvisionnement électrique du datacentre de Beauharnois
Cliché Google Earth (capture 2014)[56]

L'intérêt du site est compris par d'autres entreprises (climat et énergie) : ainsi, Ericsson a ouvert un datacentre jumelé à un centre de recherches dédié au cloud à Vaudreuil-Dorion (Québec) ; situé à proximité du datacentre OVH de Beauharnois, celui d'Ericsson a mobilisé un investissement de 1,2 milliard $.

Comme les autres entreprises vendant de l'hébergement numérique, OVH est conscient des enjeux environnementaux représenté par les datacentres, les matériels installés sur ces sites étant de gros consommateurs d'énergie pour leur fonctionnement et leur refroidissement. L'ancienne l'usine d'électrolyse de Beauharnois, en fonction depuis 1943, produisait des lingots d'aluminium. Elle utilisait une vieille technologie devant être abandonnée dans l'industrie de l'aluminium mondiale suite à une réglementation environnementale, et ce au plus tard en 2015[57]. La fermeture en juin 2009 a touché 220 employés[58].

[55] Goutorbe Christian (2012).

[56] http://ville.beauharnois.qc.ca/developpement-economique/parc-industriel/ (mai 2014).

[57] François Desjardins (2009), « Rio Tinto Alcan sort le couperet », *Le Devoir*, 21 janv. http://www.ledevoir.com/economie/emploi/228526/rio-tinto-alcan-sort-le-couperet

[58] André Simard (2009), « Rio Tinto Alcan ferme l'usine de Beauharnois », http://affaires.lapresse.ca/economie/200901/25/01-694000-rio-tinto-alcan-ferme-lusine-de-beauharnois.php
http://affaires.lapresse.ca/economie/200901/25/01-694000-rio-tinto-alcan-ferme-lusine-de-beauharnois.php

L'usine d'électrolyse de Rio Tinto Alcan avant sa réaffectation en datacentre.
Source : OVH [59]

La structure des bâtiments a a été mise à profit par OVH pour l'architecture interne de son nouvel établissement OVH : elle a été utilisée comme une coquille pour le centre de données : percée de toute part, elle permet des échanges d'air bienvenus évitant l'utilisation de la climatisation. L'entreprise réussit à abaisser la température des serveurs uniquement grâce à un système de refroidissement à l'eau qu'elle a mis au point. Elle couperait donc sa facture d'électricité en deux[60]. Pour « réduire les coûts de fonctionnement de ses équipements, tout en limitant son impact sur l'environnement, pour abaisser au maximum le prix de ses offres », OVH a réussi à éliminer totalement la climatisation au profit de la ventilation »61. Les enjeux sont économiques, mais ils sont présentés aussi sous leurs aspects environnementaux

La centrale hydro-électrique de Beauharnois
(en 1941)[62]

Implanté au début 2012, l'établissement de Beauharnois compte 6000 serveurs déjà en service en avril 2013. Les projets à cinq ans font état de l'accueil de 360 000 serveurs (l'équivalent de 288 millions de DVD) et même plus[63]. Si ces objectifs sont tenus, ce datacentre serait l'un des plus grands au monde. Beauharnois emploie 30 employés (2013) ; mais l'effectif pourrait grimper à 115 emplois, tous qualifiés. Outre cet avantage prévu au bénéfice de l'espace local, le maire relève le fait que cette implantation constitue « le renouveau du parc industriel, qui a été déserté, mais qui commence à reprendre vie »[64]. Il ne

[59] Bonnaffé Hugo (2013d), « BHS passe la seconde », 2 avril, http://www.ovh.com/ca/fr/blogue/a1043.bilan-datacentre-ovh-usa-canada

[60] G. Masse, cité par Maheu Marie-Eve (2013).

[61] X (2014), *Alliancy le mag, Numérique & Business*, N° 7.

[62] M. Deguise (Domaine public). Cette image est disponible à Bibliothèque et Archives nationales du Québec sous le numéro de référence E6,S7,SS1,P4934.

[63] Le chiffre de 400 000 serveurs a été évoqué. Bonnaffé Hugo (2013a), « OVH.com en Amérique du Nord ».

[64] Claude Haineault, maire de Beauharnois, cité par Maheu Marie-Eve (2013).

manque pas de souligner les revenus nouveaux dont disposera la municipalité (taxes). OVH a su obtenir de Beauharnois que le site lui soit cédé.

Le datacentre Normandie d'Orange à Val-de-Reuil (Eure) : avantages du climat normand et redéploiement

Ce datacentre est opérationnel depuis juin 2012. Complétant les centres d'Orange en matière de mémoire informatique, et accueillant notamment des serveurs de Cloud de cet opérateur, il a mis en œuvre des technologies plus économes en énergie (datacentre free cooling ou refroidissement par air) [65].

Un cadre dirigeant d'Orange a pu expliquer les raisons ayant conduit à une localisation sur ce site alors que d'autres sites avaient été envisagés (Rennes et Reims notamment). Sur ce site normand « les conditions météorologiques sont parfaites pour le free cooling et nous ne sommes pas sur une zone sismique… La qualité de l'air - ni trop froid, ni trop chaud, ni pollué - rend le système de refroidissement très efficace avec l'air ambiant » 66. La technologie du free cooling consiste refroidir les salles informatiques en utilisant l'air extérieur au maximum des possibilités du site (ici onze mois sur douze), De ce fait, le recours à une climatisation traditionnelle bien plus gourmande en énergie électrique est restreinte. Pourtant, compte tenu de la production de chaleur des serveurs, le climat normand ne suffit pas pour assurer une température inférieure à 22 degrés dans les salles du datacentre. Des équipements de climatisation sont toujours indispensables. Le nouveau datacentre permet cependant un très net progrès par rapport à d'autres datacentres d'Orange de faible efficacité énergétique car les bâtiments n'avaient pas été conçus pour la fonction d'hébergement de serveurs. Ils sont en effet installés dans des bâtiments qui étaient à l'origine destinés à accueillir des centraux téléphoniques[67].

Les économies énergétiques réalisées grâce à Val-de-Reuil grâce à ce procédé sont importantes. Elles doivent permettre à Orange d'économiser une énergie qui suffirait pour « alimenter en électricité une ville de 30 000 habitants pendant un an » [68]. Pour améliorer encore le bilan énergétique de ce centre, une autre option semble envisagée : l'accueil de panneaux solaires sur les toitures.

Les préoccupations énergétiques ont donc contribué au choix du site et du nouveau procédé de refroidissement. Elles n'expliquent pas, cependant, l'ampleur de la parcelle et des projets de développements d'Orange à Val-de-Reuil. La construction de cet établissement doit être être replacée dans la politique de l'entreprise en matière de datacentres.

L'activité actuelle de l'établissement - deux salles actives[69] sur les quatre du complexe terminé - amène à constater une sous utilisations. Or, les projets de développement sur le site concernent 16 autres salles informatiques. De plus, la parcelle permet de nouvelles extensions si nécessaire. Ce centre a été calibré pour héberger des milliards d'informations à terme

[65] Delphine Ernotte, Directrice exécutive d'Orange France, citée par Leblal Serge (2013), « Val de Reuil, un datacenter Orange qui profite du climat normand », http://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-val-de-reuil-un-datacenter-orange-qui-profite-du-climat-normand-55399.html 18 oct.

[66] Delphine Ernotte, Directrice exécutive d'Orange France, citée par Leblal Serge (2013)

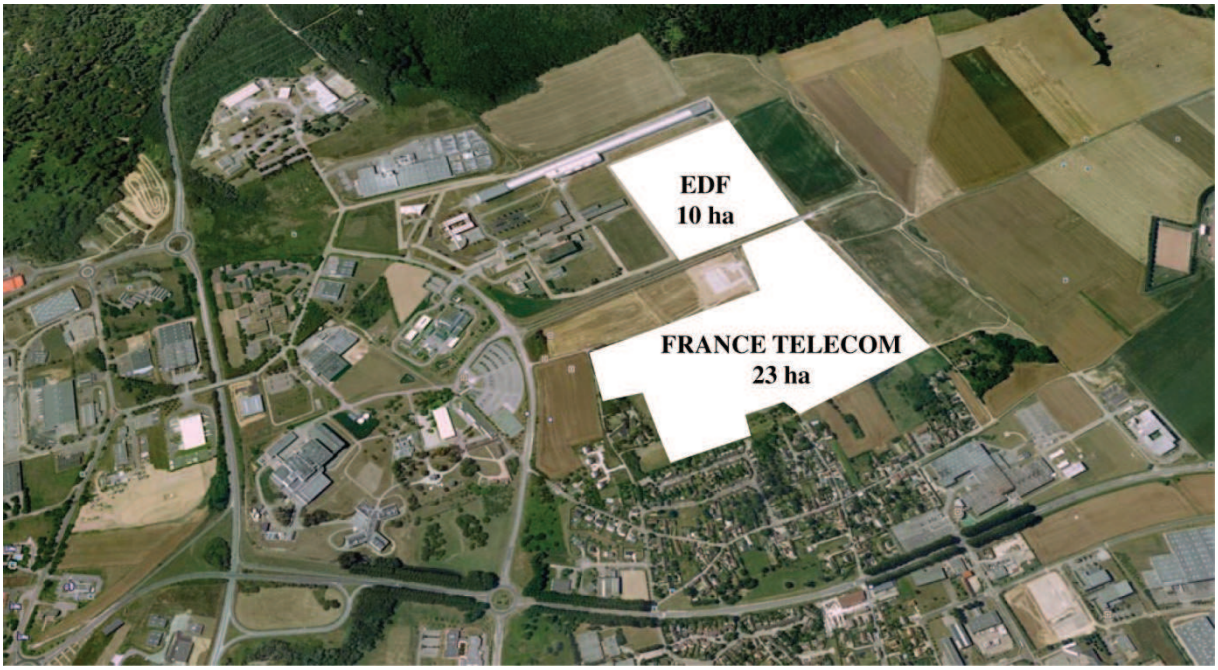
[67] Laurent Benatar, DSI et directeur technique d'Orange France, cité par Leblal Serge (2013), « Val de Reuil, un datacenter Orange qui profite du climat normand », http://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-val-de-reuil-un-datacenter-orange-qui-profite-du-climat-normand-55399.html 18 oct.

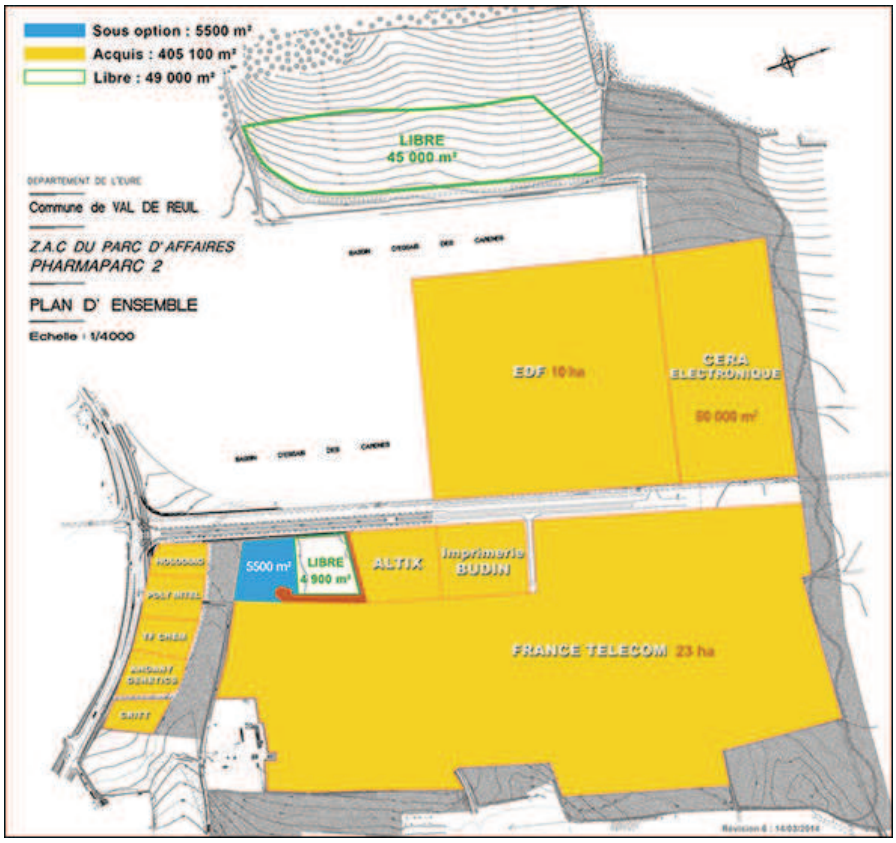
[68] Delphine Ernotte, Directrice exécutive d'Orange France, citée par Leblal Serge (2013).

[69] Trois bâtiments ont été construits (5000 m2) et chacun peut supporter jusqu'à 12,5 mégawatts.

Chaque salle a une surface de 1200 m2 (400 baies par salle et 40 serveurs par armoire). Deux salles sont actives dès à présent.

(applications d'Orange et de ses clients). Cet état de fait tient à des choix stratégiques d'Orange : concentrer ses datacentres sur moins de sites à l'avenir (3 ou 4 peut-être). Aujourd'hui, on en compte 16 en France (Rennes, Aubervilliers, Paris, Lyon., etc..) et une cinquantaine dans le monde.





Parcelle d'Orange dans la zone du parc d'activités technologiques Pharmaparc II à l'entrée de Val-de-Reuil (Eure). Document Sodevil [70]

Le site d'implantation dispose d'avantages variés pouvant expliquer la localisation de cet établissement. Il est situé dans une des villes nouvelles créées en France au début des années 1970 qui accueille des établissements de haute technologie. La zone d'activités Pharmaparc II en particulier est située à l'entrée de la ville (centres de calcul d'EDF et d'Altitude[71]). Il est situé à proximité de Paris-La Défense (50 minutes par l'autoroute), de Rouen (environ 30 km) capitale régionale comptant des pôles de recherche et d'enseignement supérieur.

Le datacentre d'IBM à Montpellier : proximité du réseau électrique à haute tension

IBM dispose de nombreux centres de données sur lesquels reposent son système "Bluehouse" conçu pour le marché des échanges entre entreprises et son service axé sur la continuité afin de faire face à tout problème d'interruption dans la disponibilité des données des entreprises clientes (BCRS - *Business continuity and resiliency services*).

En France, les datacentres (centres d'hébergement de serveurs) manquaient en 1998. Mais la croissance a été considérable car il est relativement facile de créer un centre d'hébergement[72]. Aussi, cette activité s'est-elle développée pour profiter de l'explosion du nombre de sites web. Parmi les acteurs : les opérateurs télécoms, les sociétés d'ingénierie, des start-up[73].

Infrastructures en France d'IBM BCRS[74]

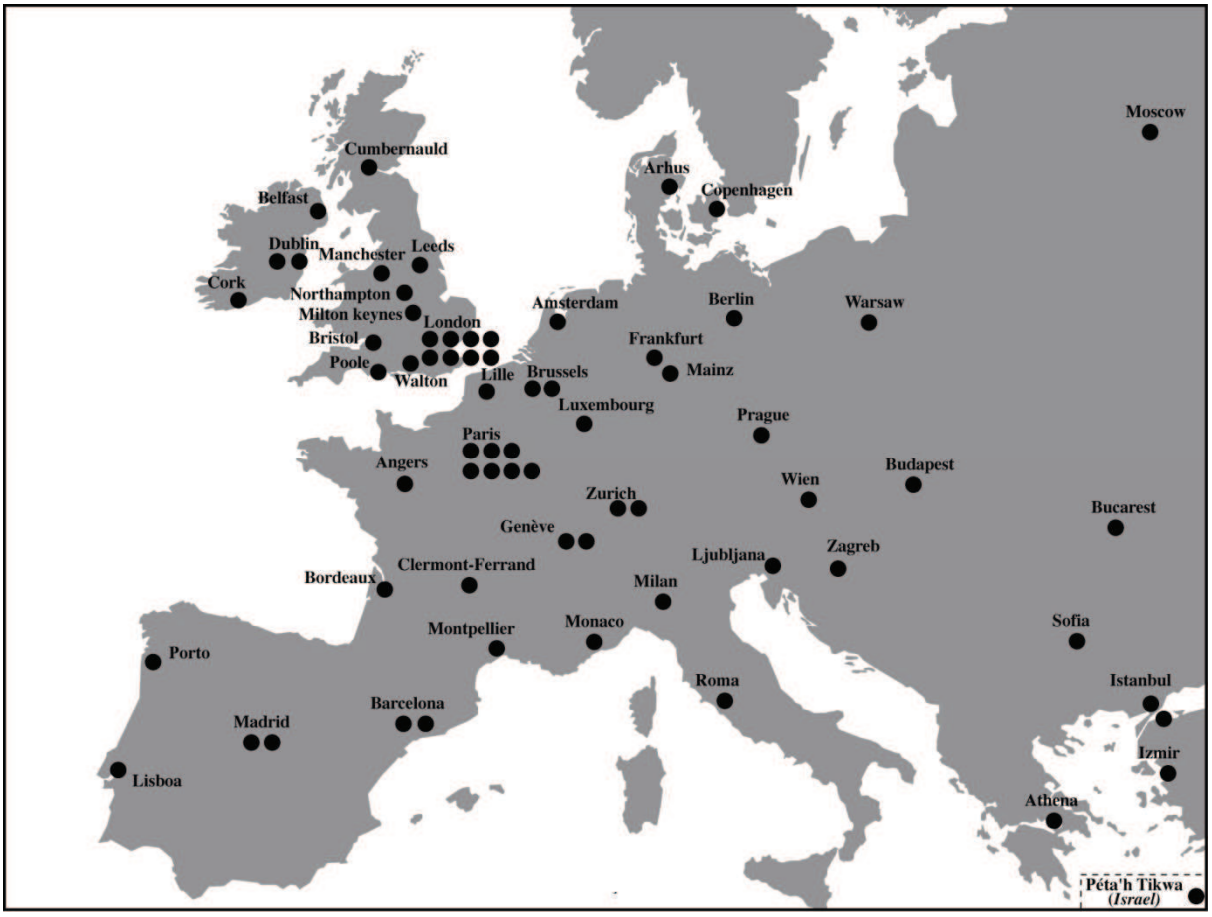
[70] Société d'Economie Mixte locale de Développement Economique et d'Aménagement. http://www.sodevil.com/rubrique.php?id_page=120 (mai 2014).

[71] Altitude Infrastructure (AI) est un opérateur (infrastructures télécoms depuis une dizaine d'années. Elle conçoit, construit, exploite et commercialiser des réseaux de télécommunications. Cet opérateur est tourné vers les besoins des collectivités territoriales, spécifiquement dans les zones à faible ou moyenne densité. La société travaille à des solutions d'aménagement permettant l'accès Haut et Très Haut Débit (les technologies hertziennes et filaires : fibre optique, xDSL, WiMAX, Wifi). D'après le site de la société http://www.altitudeinfrastructure.fr/qui-sommes-nous.html (mai 2014).

[72] « Vous prenez un entrepôt, vous créez un faux plancher pour faire circuler les câbles, vous l'alimentez en électricité et vous climatisez le tout. C'est à la portée du premier venu. » Rafi Haladjian (PDG de Fluxus) cité par Alain Steinmann, 2001).

[73] Le business de l'hébergement représentait un volume d'affaires de 400 millions d'euros (2,6 milliards de francs) en 2001 (Cabinet Pierre Audouin Conseil, cité par Alain Steinmann, 2001).

[74] Extrait de : *http://www-05.ibm.com/fr/events/studytour_BCRS_lille/Presentation_BCRS.pdf*, copie d'écran, 27 mai 2014.



Présence européenne d'IBM BCRS[75]

Le réseau haute-tension du Réseau de Transport d'Electricité 225 et 400 kV passe à proximité du datacentre d'IBM Montpellier.

Le réseau 225 et 400 kV de RTE dans le Sud-Est de la France[76]

[75] Réalisaton Stéphane : *http://www-05.ibm.com/fr/events/studytour_BCRS_lille/Presentation_BCRS.pdf*, copie d'écran, 27 mai 2014.

[76] Extrait de la carte de RTE, janvier 2013, http://www.rte-france.com/uploads/media/400_225_2013.pdf

Le datacentre de Seclin d'IBM BCRS est opérationnel depuis 2010 près de Lille, Nord

Project 02. Le datacentre de Google à The Dalles (Oregon) : la proximité d'une grande centrale hydro-électrique

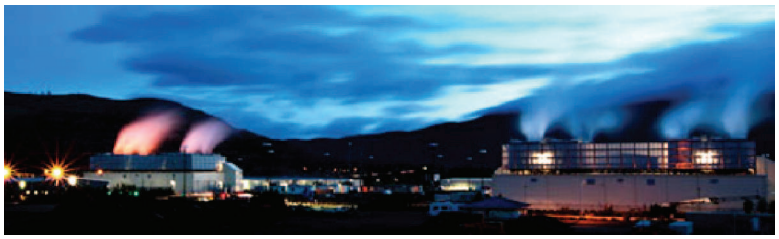
En 2006, Google a commencé la construction d'un centre de données principal à The Dalles (Oregon). 80 personnes sont employées à plein temps[77].

A la question « Pourquoi Google a-t-elle choisi The Dalles? », l'entrepise répond que ce site a la bonne combinaison de plusieurs facteurs : les infrastructures énergétiques, les disponibilités en terres, et la main-d'œuvre nécessaire pour le datacentre. Un accord à long terme a été établi avec l'Oregon.

La recherche d'une source d'énergie hydroélectrique fiable a conduit à ce choix de localisation, le long de la rivière Columbia au courant rapide[78].

Notons que le procédé de refroidissement utilisé crée des panaches de vapeur d'eau qui s'élèvent au-dessus des tours de refroidissement des bâtiments du centre de données. Ces plumes vaporeuses donnent au paysage crépusculaire une touche originale (voir le cliché ci-après).

Google (Portland, 2013) [79]



Datacentre de Google de The Dalles, Oregon. Plumes de vapeur

[77] http://www.google.com/about/datacenters/inside/locations/the-dalles/ (mai 2014).
[78] http://en.wikipedia.org/wiki/The_Dalles,_Oregon (consult. 12 mai 2014).

s'échappant des tours de refroidissement. Cliché Google[80]

Le datacentre de Google à Hamina (Finlande): la proximité d'eaux marines froides

Une usine du groupe papetier finlandais Stora Enso a été désaffectée en janvier 2008, causant la perte de 450 emplois, le groupe étant engagé dans une politique de redéploiement mondial et de désinvestissement en Scandinavie.

Au début de l'année 2009, cette usine littorale est achetée par Google pour 40 millions d'euros. Le symbole est intéressant : là où la pâte à papier était transformée en rouleaux de papier destinés à porter l'information imprimée (journaux, livres), Google a installé des serveurs servant à imprimer les journaux cède la place à des serveurs internet pour l'hébergement et la diffusion de l'information électronique.

Ancienne usine de papier à Hamina (vers 2007), Finlande
Cette usine a été reconvertie en datacentre par Google[81]

Ce datacentre est situé entre Helsinki et Saint-Pétersbourg, au bord du golfe de Finlande. C'est la proximité des eaux froides de bras oriental de la mer Baltique qui a joué un rôle déterminant dans la localisation de ce centre. Il est en relation avec les autres datacentres de Google, dont : ceux de The Dalles (Orégon, USA), Saint-Christin (bénéficiant d'une position

[79] « Google barge BAL0011, docked at Rickers Wharf Marine Facility, Portland, Maine, for installation of technological equipment by Cianbro Corp. Cliché Portland Press Herald https://en.wikipedia.org/wiki/Google_barges (consult. juin 2014). Voir: Tom Bell (2013), « Mystery barges offer more clues, jokes that a geek would love », 28 oct., http://www.pressherald.com/2013/10/28/barges_bear_high-tech_clues_about_mystery_structures_/ .

[80] http://www.google.com/about/datacenters/inside/locations/the-dalles/ (mai 2014).

[81] Source : Peter Marten (2010), « Google finds itself in Finland », May 2009, updated March 2010, http://finland.fi/Public/default.aspx?contentid=163306 (consultation juin 2014).

centrale en Europe. Belgique), Quilicura (Chili, 2014) Changhua County (le plus grand datacentre d'Asie, Taïwan), San Francisco et Portland (USA).

Eléments du système de refroidissement à base d'eau de mer
du datacentre de Google à Hamina (Finlande, vers 2010). Cliché extrait du site Google[82]

Le site du data centre de Google à Hamina (Finlande, vers 2010). Cliché Google[83]

[82] Extrait d'une copie d'écran : https://www.google.com/about/datacenters/inside/locations/hamina/ (consultation juin 2014). Pour une visite virtuelle de ce site, voir un document de 2011: https://www.youtube.com/watch?v=VChOEvKicQQ (consult. juin 2014).

[83] Extrait d'une copie d'écran : https://www.google.com/about/datacenters/inside/locations/hamina/ (consult. juin 2014)

LA CONTRAINTE DE PROXIMITE DES GRANDES ARTERES NUMERIQUES

Le cœur du métier de l'hébergeur est fait d'hébergement de données mais aussi de l'accessibilité de la plupart de ces données. Les internautes doivent pouvoir consulter dans les meilleures conditions possibles les sites internet hébergés : débit, fiabilité, etc. Il en résulte un cahier des charges exigent ne pouvant être assuré à trop grande distance des infrastructures du haut-débit.

La topologie des réseaux résulte, notamment, de contraintes techniques. A ces contraintes réelles s'ajoutent d'autres types de contraintes, d'ordre géographique. La proximité des grandes artères des réseaux de l'internet est un de ces facteurs[84] en vue d'une connectivité maximale au réseau. Aussi les hébergeurs cherchent-ils à localiser les datacentres à proximité des points de raccordement au Backbone de l'Internet. La vitesse des échanges en découle, tout en évitant de « tirer » des lignes à haut débit du datacentre au PoP (point d'accès au backbone)[85]. La localisation des datacentre est donc en étroite liaison avec celle des nœuds des réseaux des opérateurs. L'implantation de ces nœuds « répond à deux principes simples : des zones de forte densité et/ou au caractère stratégique dans le cadre d'une politique de développement à l'échelle européenne ou mondiale. Cette relation entre localisation des centre d'hébergement et points de présence des opérateurs est renforcée par le fait que nombre des opérateurs sont, en vertu de la confusion des rôles des prestataires Internet, également des hébergeurs »[86].

On ne sera donc pas étonné de savoir que, parmi les avantages de la localisation du site de Gravelines d'OVH, figure un facteur qui a constitué un argument de poids : la « proximité d'un nœud réseau de l'un des fournisseurs de fibre d'OVH » comme l'a remarqué l'un des responsables de cette entreprise[87].

A l'échelle locale- Le cas d'IBM Montpellier

La proximité des grandes artères numériques a joué pour la localisation à Montpellier du septième datacentre mondial d'IBM à Grabels (Montpellier). Ce datacentre, dédié aux applications « cloud » notamment destinées aux PME et PMI[88] françaises, occupe 1 380 m2 (sur les 10 880 m^2 totalisant les sept datacentre de cette firme dite Big Blue en 2012[89]).

L'intérêt de cette localisation du point de vue de la disponibilité des infrastructures numériques régionales ne fait aucun doute[90] ; un chorème préparé avec Alexandre Scho et déjà publié en rend compte[91]. Le Centre IBM est proche en effet des infrastructures

---

[84] « On observe une forte corrélation entre l'emplacement des centres d'hébergement et la topologie des réseaux de télécommunications des opérateurs » écrit C. Jacquin (2003, p. 23). C. Jacqui écrit aussi : « la localisation des hébergeur se justifie par une raison technique liée à la présence d'un partenaire essentiel, à savoir l'opérateur Internet. » (2003), pp. 29-30.

[85] « Les logiques économiques des acteurs reposent principalement sur la maîtrise des tuyaux, bien avant les contenus. Le choix des acteurs des télécommunications a été de déployer la plus grande capacité de bande passante sur les axes internationaux et de contrôler les répartiteurs sur les derniers kilomètres » écrivent G. Puel & Ch. Ullmann (2006).

[86] C. Jacquin (2003), p. 30.

[87] Bonnaffé Hugo (2013b). Nous avons précédemment mentionné deux autres facteurs : les caractéristiques du réseau électrique du site, et la proximité d'une abondante source d'énergie.

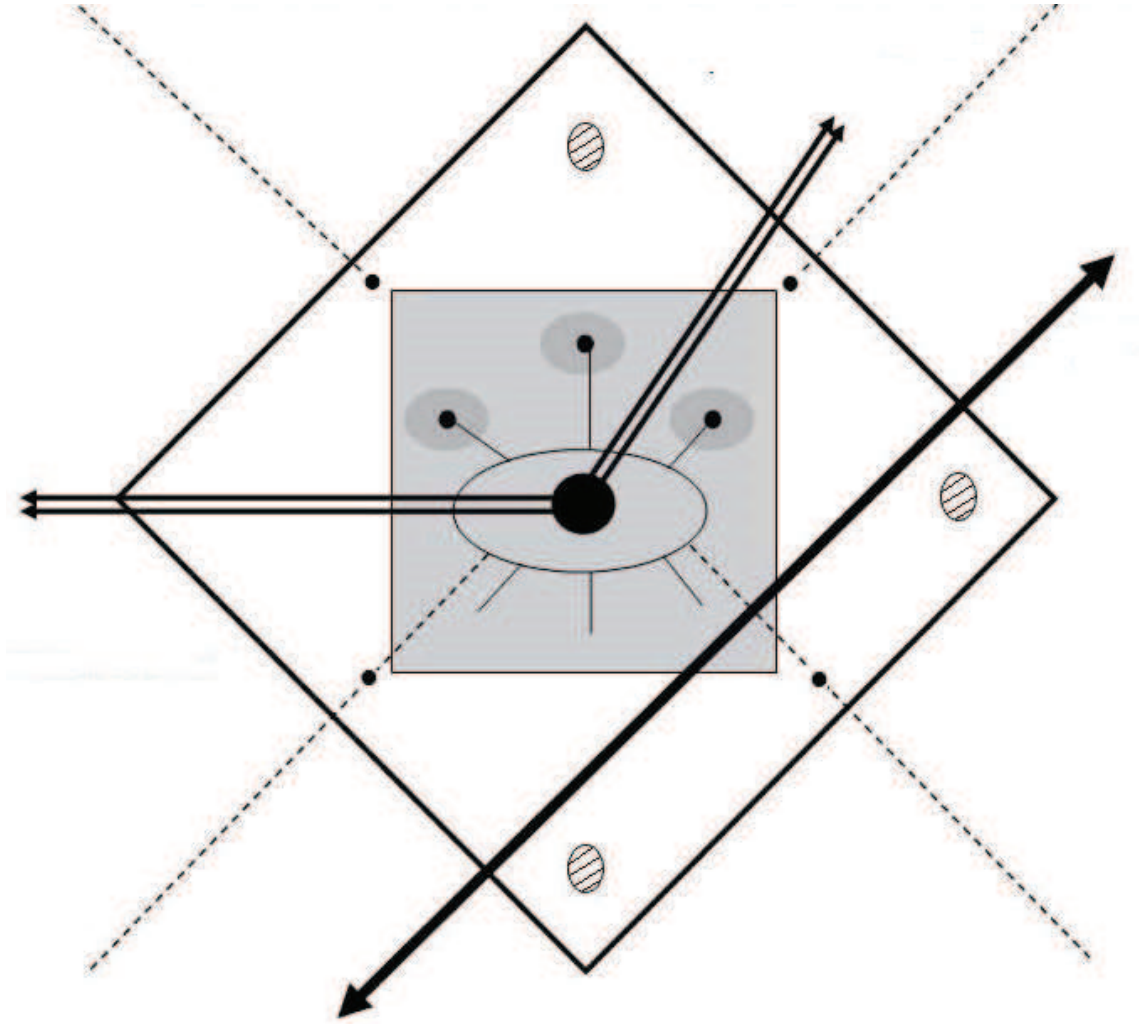
[88] IBM France propose à ces petites entreprises des services informatiques à distance dites SaaS (*Software as a Service*) dans le cadre d'un programme baptisé *Smart Cloud Enterprise* +.

[89] Christian Goutorbe (2012).

[90] Les artères de Montpellier ont été étudiées par Alexandre Schon. Mémoire de Master 2, Université de Montpellier III, juin 2011.

[91] Voir Bakis Henry & Schon Alexandre (2013), http://www.netcom-journal.com/volumes/articlesV263/Netcom275-306.pdf , chorème est reproduit à la page 298. Et Schon Alexandre (2011).

(backbone) constituant le passage dans la région de l'arc méditerranéen numérique d'importance nationale, européenne et mondiale.



Cet établissement IBM nous permet de mentionner un facteur supplémentaire jouant parfois pour la localisation des datacentres : l'implantation sur le territoire national du marché visé. En 2012, l'ouverture du datacentre de Montpellier intervient en effet dans le contexte de riposte par anticipation à la mise en place de clouds « souverains » [92] avec l'aide de l'Etat[93].

Le réseau d'OVH

Par la création de cet établissement canadien, OVH a concrétisé une stratégie de développement nord-américain. Ce cas précis illustre l'importance que revêtent les réseaux comme facteur de localisation et de développement. Les datacentres doivent impérativement situés dans la proximité des grandes dorsales de l'internet, qui fournissent la colonne vertébrale des infrastructures de l'internet.

[92] Tels : Numergy et Cloudwatt (en partie financés par l'Etat). Voir : Geneste Adrien (2012).

[93] Notons cependant que la localisation sur le territoire (national ou européen) du marché n'est pas spécifique aux datacentres. Dans le domaine de l'industrie automobile, les constructeurs japonais ont eu la volonté de développer les capacités de production installées dans l'Union Européenne avec comme arrière-pensées la possibilité de jouer jeu égal avec les constructeurs européens.

OVH s'est donc installé près de Montréal, mais, à partir de 2012, il y déploie un réseau propre aux Etats-Unis pour ne pas être dépendant d'un grand nombre d'opérateurs locaux. Il tente de la sorte de maîtriser intégralement l'acheminement des clients de ses clients américains et des internautes (les clients de ses clients). Les réseaux européen et américains n'en font plus qu'un : ils sont reliés par une vingtaine de liaisons transatlantiques qu'exploite OVH (fibres optiques empruntant les fourreaux de différents opérateurs)[94]

Réseau d'OVH.com en Amérique du Nord (fin 2012)
Source OVH[95]

Locaux brestois d'OVH, situés à proximité de l'aéroport Brest-Bretagne Cliché OVH[96]	OVH, Strasbourg (2012)

(Strasbourg, 2012) [97]Notons les liaisons transatlantiques au départ de Londres, l'une vers Montréal, l'autre vers Newark (USA) ; ainsi que la liaison du réseau continental européen de Gravelines à Londres.

A l'horizon 2017, OVH envisage d'ouvrir trois nouveaux datacentres au Canada et aux Etats-Unis (de manière à pouvoir satisfaire les besoins légaux de certains clients américains).

[94] Bonnaffé Hugo (2013a), « OVH.com en Amérique du Nord ».
[95] https://www.ovh.com/fr/anti-ddos/aspiration.xml (consult. mai 2014).
[96] Extrait de : http://www.ovh.com/fr/a1109.ovh-emploi-bretagne-brest, avril 2014.
[97] Cliché OVH , fev. 2012.

LES FACTEURS DE LOCALISATION NON SPECIFIQUES A L'ACTIVITE DES DATACENTRES

Le rôle des collectivités territoriales

Les acteurs publics souhaitent disposer d'offres locales et régionales en matière de services destinés à l'internet, et notamment de datacentres et de prestataires du traitement et de l'hébergement des données.

Ils ont compris qu'à laisser les choses suivre un cours « naturel », ce qui peut se constater en matière d'infrastructures de réseaux se constaterait aussi en matière de services liés à l'Internet. Aussi tentent-ils de corriger la tendance spontanée au renforcement de métropolisation et de la polarisation croissante des territoires, et, en conséquence, des disparités spatiales. Leur action concerne le développement d'infrastructures si les opérateurs peu motivés par les perspectives de marché, mènent une action jugée insuffisante. Les politiques publiques locales lancent alors des initiatives afin que leur territoire reste compétitifs d'une part (pour les activités déjà localisées sur leur territoire) et attractifs (pour d'autres entreprises susceptibles de décentraliser ou créer un établissement). De même, le contexte local doit rendre possible le besoin en équipements (pièces détachées provenant de ses fournisseurs) ou leur acheminement rapide : la bonne desserte en transports rapides (autoroute, aéroports) est indispensable.

L'action des collectivités territoriales pour favoriser la localisation de datacentres hors des grandes métropoles mondiale est un facteur de localisation supplémentaire de ces centres de traitement et d'hébergement des données. Mais il ne faut pas perdre de vue que la politique des grands acteurs publics (Régions, Agglomérations, etc.) se conjugue avec celle des grands opérateurs de télécommunications pour favoriser sur leurs territoires l'implantation de datacentres. Aussi nous semble-t-il que d'autres facteurs sont primordiaux : la disponibilité à proximité immédiate d'une source abondante d'énergie et des grandes autoroutes de l'information.

Le personnel

Les datacentres font travailler des « machines » (serveurs, ordinateurs, éléments de réseaux…) mais ils emploient également des êtres humains. Un datacentre de taille moyenne (3000 serveurs) emploie quelque 150 personnes : des personnels hautement qualifiés (informaticiens, spécialistes de réseaux) et des techniciens affectés à l'exploitation pour l'essentiel, mais aussi d'autres techniciens et opérateurs chargés de la maintenance des systèmes électriques (électriciens) ou de refroidissement (plombiers).

On retrouve donc, comme pour tout établissement de l'industrie ou des services une contrainte de localisation : la possibilité du recrutement des personnels nécessaires.

Les datacentres ont théoriquement nul besoin d'être localisés dans les grandes métropoles économiques mondiales ou dans les centres urbains. L'usage professionnel des télécommunications et leur situation à proximité des meilleures infrastructures nationales et internationales permettent une implantation performante hors des grands foyers d'activité et de population. Cela limite donc l'éloignement théoriquement possible des grandes zones d'activité économique. Ainsi, une fois de plus on constate donc que la potentielle dispersion des activités permise par les télécommunications se retrouve cadrée par la réalité de la géographie économique. Pour paradoxal que cela puisse sembler, c'est une incontournable réalité : les télécommunications permettent une théorique dispersion des activités économiques mais les acteurs n'en font pas un usage débridé. Ils restent sensibles aux avantages des métropoles et des espaces qui leurs sont proches car ce sont les lieux de résidences des informaticiens et autres personnels de la haute technologie. Cela peut laisser

espérer la réduction des investissements voir l'obtention d'aides à l'implantation de la part des services d'aménagement du territoire ou des collectivités territoriales. Mais un des facteurs majeurs de la localisation d'un centre d'hébergement est le besoin en main-d'œuvre qualifiée (informaticiens, ingénieurs et techniciens des réseaux de télécommunication).

Pourtant, les besoins en personnels sont relativement limités : fondée en 1999, OVH n'employait que 420 personnes dans le monde malgré son développement récent et l'ouverture des établissements de Gravelines et de Beauharnois. Le datacentre de Google à La Salle près de Portland n'employait que 150 personnes[98].

[98] Miguet François (2014à, « Dans les entrailles de Google », *Capital. Dossier spécial. Les clés pour comprendre le numérique*, n° 2, juin-août, pp. 64-67. Voir, p. 64

CONCLUSIONS

Ce texte n'est pas le lieu pour passer en revue les différentes entreprises utilisant ou possédant des datacentres. Il nous suffira dont d'avoir, par la présentation de quelques cas, montré l'étroite relation de ce type d'établissements avec la géographie : d'une part, les facteurs d'implantation font puissamment sentir leurs effets ; et d'autre part ces établissements posent des enjeux environnementaux spécifiques qui, en retour, peuvent alimenter des problématiques de développement local.

Ces quelques études de cas mettent l'accent sur l'importance des facteurs technico-naturels (que l'on attendrait plutôt pour les sites agricoles, industriels ou touristiques) sur la localisation de ce nouveau type d'établissements du secteur des services.

Le sujet des datacentres est revêt une acuité particulière depuis une dizaine d'années dans le double contexte de l'explosion des usages internet et de l'âpre compétition commerciale qui en résulte. La capacité de géants des TIC en centres de mémorisation des données et/ou d'hébergement de serveurs, est en effet devenue prioritaire pour eux.

Le géographe voit donc apparaître un nouvel objet d'étude dans le secteur des services. Ce nouveau type d'établissement tertiaire participe d'autres types d'établissement dont avait à connaître le géographe de l'économie, et notamment le géographe du commerce et des réseaux (transports, télécommunications, énergie, etc.) : les centres de conduite réseau (tels les centres de *dispatching* national ou régionaux pour l'électricité[99]), les grands centres de calcul informatique, les centres commerciaux, voire les entrepôts. Pour ces derniers, la comparaison s'applique aux fonctions stockage, sécurisation, réception et transmission du produit, certes très spécifique (ici des données).

On a maintes fois remarqué qu'au cœur de l'économie de l'immatériel, les TIC sont un objet d'étude parfaitement matériel même si elles ont une dimension immatérielle. Ces technologies mettent en œuvre des matériaux tangibles et sont mises en place au moyen d'infrastructures de réseaux (câbles et établissements par exemple). Elles ont des implications foncières, mobilisant des terrains repérables sur les cartes et photographies aériennes, occupant des parcelles précises à côté d'autres établissement des zones d'activités. Parfois ces établissements s'érigent en des lieux remarquables : environnements campagnards (d'où l'une de ses appellations : « fermes »), périurbains, etc. Ces établissements s'insèrent parfois dans des paysages intéressants.

Des relations entre les services de l'internet (les datacentres en particulier) et l'environnement mériteraient par ailleurs une attention particulière[100]. De fait, la dangerosité des réseaux et des centres gérant et traitant les données ne peut être comparée à celle des centrales nucléaires ou des usines chimiques. Il a été remarqué que l'historique est « vierge du point de vue des catastrophes (l'Internet n'a pas connu de Tchernobyl) »[101]. Pourtant, la question des effets sur santé des réseaux de la téléphonie mobile ou du wifi ressort périodiquement sur la scène médiatique. De même, la très importante consommation électrique des datacentres et leur production de chaleur posent de clairs enjeux environnementaux. De nos jours, les enjeux environnementaux sont devenus si importants en

[99] En France, le Centre National d'Exploitation du Système de Réseau de Transport d'électricité (RTE) gère l'équilibre entre la production et la consommation ainsi que les échanges d'électricité entre la France et les pays voisins (45 lignes d'interconnexion électrique). Les *dispatching* régionaux des sept unités régionales de RTE assurent notamment la surveillance du réseau de 400 000 volts et la maîtrise du plan de tension et des transits sur les réseaux inférieurs à 400 000 volts (225, 90 et 63 000 volts).

[100] Voir Charlotte Ullmann (dir., 2008), *TIC et développement durable : opportunités ou menaces ?, NETCOM* , vol. 22, n° 3/4.

[101] Bruno Moriset, « Les forteresses de l'économie numérique. Des immeubles intelligents aux hôtels de télécommunications », *Géocarrefour* [En ligne], Vol. 78/4 | 2003, mis en ligne le 14 août 2007, 86

termes d'image qu'un hébergeur met en valeur, sur son site internet, du soin qu'il met à obtenir des performances écologiques sur ses établissements. Il indique que 98% de ses salles d'hébergement sont dépourvues de climatiseurs. Il utilise le procédés du Watercooling pour dissiper 70 % de la chaleur émise l'Aircooling évacue les 30% restants. Cela a pour avantage corollaire de diviser par deux les coûts énergétiques et de réduire la consommation énergétique de ses datacentres [102]. La chaleur produite par les datacentres doit être réduite sans cesse. Cela est effectué par des systèmes de climatisation ou d'autres systèmes de refroidissement (introduction d'air naturellement froid, d'où l'importance du choix des sites pour la localisation de ces établissements).On voit apparaître aussi des initiatives de récupération de la chaleur produite[103].

Ces évolutions participent aussi à l'évolution de l'économie à l'heure du toyotisme et de la net économie. L'externalisation des centres de données de l'entreprise peut contribuer à la flexibilité de certaines organisations. Mais des préoccupations de sécurité devraient toutefois limiter ce type de recours pour les données les plus stratégiques[104] et celles nécessitant une protection contre toute panne subite du réseau.

A l'échelle mondiale ou continentale, la création des autoroutes de l'internet a renforcé les liaisons et interrelations entre pays, notamment entre la triade et plus généralement entre les pays développés. Pourtant, la topologie globale de l'Internet prend la forme d'une « étoile centrée sur les États- Unis »[105]. L'importance relative des différents flux est éloquente à cet égard. Il n'y a là rien pour étonner le géographe ou l'économiste : la topologie de l'internet découle d'une volonté d'un accès aux marchés par les opérateurs.

A l'échelle régionale, les réseaux d'infrastructures (backbones, nœuds d'interconnexion) peuvent-ils déboucher sur la création de services impulsant des dynamiques économiques et plus de croissance et d'emplois ? Ces équipements majeurs du réseau internet attirent l'attention des décideurs à l'échelle urbaine. Les grandes agglomérations s'y intéressent et mettent en œuvre en leur faveur des conditions d'acclimatation économique et sociale dans l'espace local. Mais attention ! Comme cela a été souligné dans une étude diagnostique sur les usages et services TIC dans une région française : « Le déploiement du très haut débit ne suscitera pas mécaniquement le développement de nouvelles activités»[106].

Les infrastructures numériques et les services de TIC tels les centres d'hébergement jouent dans le sens de la métropolisation renforçant les polarisations déjà effectives. Le phénomène de métropolisation (marchés, usagers professionnels ou non, niveau d'éducation, main d'œuvre) incite les opérateurs à renforcer leurs infrastructures et leurs services. Ce sont les métropoles qui, les premières par rapport au reste du territoire, disposent des nouveaux services, des nouveaux réseaux même si le « réseau cible » annoncé comprend en général l'ensemble du territoire ou presque. Mais le décalage temporel de la disponibilité du réseau

[102] Il s'agit d'OVH. http://www.ovh.com/fr/apropos/datacentres.xml. Page consultée en mai 2014.

[103] Comme dans le datacentre de Global Switch situé à Clichy en Région parisienne où l'utilité énergétique du datacentre a été prise en compte. La chaleur devait servir à chauffer une serre tropicale, la piscine municipale et des bâtiments en collaboration avec la CPCU (Compagnie parisienne de chauffage urbain). Marion Kindermans (2011).

[104] Exemple de préoccupation de sécurité électrique au sujet des deux datacentres d'Infomaniak (Genève) : « Des onduleurs pilotés indépendamment mais fonctionnant en parallèle fournissent une protection redondante contre les coupures. L'infrastructure électrique dispose d'un groupe électrogène d'une autonomie de 20 heures » *http://hebergement.infomaniak.com/housing-serveur/* (mai 2014).

[105] G. Puel & Ch. Ullmann (2006)

[106] Préfecture de la Région Alsace (2011), *Etude diagnostique et perspective des usages et services TIC en Alsace*, 56 p ., *http://www.e-alsace.net/documents/fck/file/documents_pdf/Etude%20TIC%20usages%20et%20services%20Alsace.pdf*, p. 52. Ce rapport poursuit : « Si les capacités numériques des Alsaciens ont progressé au cours des cinq dernières années, la région n'a, en revanche, pas pleinement tiré parti de l'explosion des usages numériques, en termes de développement économique ou de créations d'emplois. Son tissu d'entreprises numériques reste modeste ».

dans ces espaces « à câbler » renforce l'attrait des métropoles et des pôles majeurs de la hiérarchie urbaine actuelle. D'autant que le développement des réseaux de TIC répond à des logiques commerciales et non à des logiques relevant du service public ou de l'aménagement du territoire (comme au temps des opérateurs historiques, avant la libéralisation du secteur à partir des années 1980).

Dans ce contexte général, que peuvent apporter les centres de traitement de données à leurs espaces d'implantation ? En particulier, la localisation régionale des contenus (chez les hébergeurs) peut-elle laisser espérer une « création de valeur »[107] bénéfique pour l'espace économique local ?

REFERENCES

Argouarch Philippe (2013), « Informatique : Rennes devance Nantes et tire la Bretagne vers le haut », 16 mars, http://www.agencebretagnepresse.com/fetch.php?id=29420

Bakis Henry (1982), *Approche photographique des télécommunications*. Centre national d'Etudes des télécommunications, Issy-les-Moulineaux.

Bakis Henry (1988), « Technopôle et téléport: concepts et réalités », in *Problèmes économiques*, n° 2082, 6 juillet 1988, pp. 12-19.

Bakis Henry & Schon Alexandre (2013), « Ville de la connaissance et terreau numérique : le cas de Montpellier, France », vol. 26 (daté 2012), n° 3-4, pp. 275-306, http://www.netcom-journal.com/volumes/articlesV263/Netcom275-306.pdf

Bonnaffé Hugo (2013a), « Ovh.com en Amerique du Nord », 25 février, http://www.ovh.com/ca/fr/blogue/a973.ovh_en_amerique_du_nord_un_reseau_xxl_pour_bhs

Bonnaffé Hugo (2013b), « Gravelines, le plus grand centre de donnees d'Europe », *OVH News. Le magazine d'actualités d'OVH.com*, n° 2, oct., pp. 12-15

Bonnaffé Hugo (2013c), « Dans les coulisses d'un datacentre OVH.com », *OVH News. Le magazine d'actualités d'OVH.com*, n° 2, oct., pp. 16-19

Bonnaffé Hugo (2013d), « BHS passe la seconde », 2 avril, http://www.ovh.com/ca/fr/blogue/a1043.bilan-datacentre-ovh-usa-canada

Cassé Marie-Claude (1995), « Réseaux de télécommunications et production de territoire », in *Sciences de la société*, n° 35, pp. 61-77.

Cassé Marie-Claude (1995), « Réseaux de télécommunications et construction territoriale », in R. Ferras & D. Pumain ed., *Encyclopédie de la géographie*, Economica, pp. 1021-1038

Checola Laurent (2008), « L''informatique en nuages' s'envole », Le Monde.fr, 22 oct., http://www.lemonde.fr/technologies/article/2008/10/22/l-informatique-en-nuages-s-envole_1109586_651865.html

Dodge Martin & Kitchin Rob (2001), *Atlas of the Cyberspace*, Adison Wesley, Pearson Education Ltd.http://personalpages.manchester.ac.uk/staff/m.dodge/atlas/Atlas_with_cover_high.pdf

Duféal Marina & Grasland Loïc (2003), « La planification des réseaux à l'épreuve de la matérialité des TIC et de l'hétérogénéité des territoires », *Flux*, N° 54, Octobre-Décembre 2003, pp. 49-69

Dupuy Gabriel (2002), *Internet, géographie d'un réseau*, Ellipses

Dupuy Gabriel (2004), « Internet : une approche géographique à l'échelle mondiale », *Flux*, Vol. 4, n°58, pp. 5-19 www.cairn.info/revue-flux-2004-4-page-5.htm.

Engrand Damien (2014), « Les gros projets d'OVH à Gravelines », *Nord Littoral. Le journal de la Côte d'Opale*, janvier

Frémont-Vanacore Anne (2004), « Réseaux de télécommunications et aménagement du territoire en France : les collectivités locales au cœur du débat », Flux, 4ème tr., n° 58, pp. 20-31 ; http://olegk.free.fr/flux/Flux58/pdffl58/04Fremontpp20-31.pdf

Géneau de Lamarlière Isabelle (2008), « Une relecture des travaux d'Alfred Weber sur la localisation. À l'articulation de l'économique et du socioculturel », *Annales de géographie* 6/ 2008 (n° 664), p. 50-69 www.cairn.info/revue-annales-de-geographie-2008-6-page-50.htm

[107] G. Puel & Ch. Ullmann (2006).

Geneste Adrien (2012), « IBM ouvre son datacenter cloud à Montpellier pour riposter aux clouds souverains », *Le Monde informatique,* 15 oct., *http://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-ibm-ouvre-son-datacenter-cloud-a-montpellier-pour-riposter-aux-clouds-souverains-50840.html*

Goudard Guillaume & Gaudemer Julien (2013), *Datacenters. L'usine numérique du développement économique,* rapport IDATE, déc., Clapiers, M13411MRF, ISBN ISBN 978-2-84822-396-4.

Goutorbe Christian (2012), « Cloud computing : IBM installe à Montpellier son septième data center mondial », *http://www.latribune.fr/regions/languedoc-roussillon/20121015trib000724889/cloud-computing-ibm-installe-a-montpellier-son-septieme-data-center-mondial-.html,* 15 oct.

Jacquin Clément (2003), « Les services d'hébergement Internet en France », Networks and Communication Studies NETCOM, vol. 17, n° 1-2, 2003, pp. 23-34. *http://www.netcom-journal.com/volumes/articlesV171/Netcom23-34.pdf*

Kara Ahmed (2012), « OVH à la place de Rexam », *Le journal des Flandres*, *http://www.lejournaldesflandres.fr/actualite/a_la_une/LePhareDunkerquois/2012/06/18/ovh-a-la-place-de-rexam.shtml*

Kindermans Marion (2011), Global Switch inaugure un DataCenter de 200 millions d'euros à Clichy, Usine nouvelle, 28 novembre, *http://www.usinenouvelle.com/article/global-switch-inaugure-un-datacenter-de-200-millions-d-euros-a-clichy.N163806*

Laude-Tillerot F. (1999), « L'impact des nouveaux services de télécommunication sur l'organisation de l'espace breton. Essai d'une géographie d'internet », *Norois*, Volume 182, Numéro 182, pp. 257-273

Leblal Serge (2013), « Val de Reuil, un datacenter Orange qui profite du climat normand », *http://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-val-de-reuil-un-datacenter-orange-qui-profite-du-climat-normand-55399.html* 18 oct.

Malaison Claude (2013), « Finalement, le Québec se bouge... » juin, *http://emergenceweb.com/blog/2013/06/finalement-le-quebec-se-bouge-le-c-numerique-planqc/*

Miguet François (2014), « Dans les entrailles de Google », *Capital. Dossier spécial. Les clés pour comprendre le numérique*, n° 2, juin-août, pp. 64-67

Moriset Bruno (2003), « Les forteresses de l'économie numérique. Des immeubles intelligents aux hôtels de télécommunications », *Géocarrefour: Revue de géographie de Lyon*, Vol. 78, Nº. 4, 2003, págs. 375-388, *http://geocarrefour.revues.org/451*

Muller Andrée, 2001, *La Net économie*, Paris, Presses Universitaires de France, col. Que sais-je?, 128 p.

OVH (2013), informations diverses, in *Le magazine d'actualités d'OVH.com*, n° 2, oct., pp. 20-35

Padeiro Miguel, *Localisation des activités économiques et développement durable des territoires Une revue de l'état actuel des recherches.* Laboratoire Ville Mobilité Transports, UMR LVMT - ENPC, INRETS, UPEMLV, http://rp.urbanisme.equipement.gouv.fr/puca/consultations/Ao_eco_dd_biblio.pdf, vers 2010

Puel Gilles & Ullmann Charlotte (2006), « Les nœuds et les liens du réseau Internet : approche géographique, économique et technique », *L'Espace géographique*, tome 35, n°2, pp. 97-134

Rogel Christian (2013), « Pourquoi n'y-a-t-il pas de porte Internet en Bretagne? » 18 mars, *http://www.agencebretagnepresse.com/fetch.php?id=29451*

Rogel Christian (2014), « Le plus grand hébergeur Internet d'Europe arrive en Bretagne » 6 février, *http://www.agencebretagnepresse.com/fetch.php?id=32830*

Schieber Lorine (2012), « Strasbourg 1 : lancement d'un datacentre en containers », 15 février, *http://www.ovh.com/fr/news/a656.strasbourg_1_lancement_dun_datacentre_en_containers*

Schon Alexandre (2011), *Gouvernance, structuration et complémentarité des infrastructures haut débit en Languedoc-Roussillon*, Mémoire de Master 1, Université de Montpellier III, juin, 158 p.

Steinmann Alain (2001), « Analyse : l'hébergement Web en panne de croissance », janv., *http://www.01net.com/editorial/163150/analyse-lhebergement-web-en-panne-de-croissance/* .

Thünen J. H. von (1930), *Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*, Jena, Verlag von Gustav Fischer, 1re ed. 1826, 678 p.

Weber A. (1909), *Über den Standort der Industrien,* Erster Teil : *Reine Theorie des Standorts*, Tübingen, J. C. B. Mohr, 223 p., trad. angl. de C. J ? Friedrich, *Alfred Weber's Theory of Location of Industries,* Chicago, University of Chicago Press, 1929, 256 p.

www.01net.com : Source d'informations générales sur le Net et ses activités marchandes.

www.afa-France.com: Association des fournisseurs d'accès

www.afnic.fr: Institution chargée de l'attribution des noms de domaine français. Intéressante base de données.

www.internet.gouv.fr: Un ensemble de textes et d'études du gouvernement français

www.isocfrance.org : Site de la société Internet française, www.isoc.org est le site de la société Internet américain.

www.journaldunet.com

www.minefi.gouv.fr/minefi/chiffres/comelec/index.htm: Site du gouvernement français. Nombreux chiffres sur l'équipement des ménages et des entreprises.

www.observatoire-du-numerique.fr/